



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DEL HÁBITAT
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

TEMA:

**OPORTUNIDADES DE CIRCULARIDAD EN EL SECTOR
MANUFACTURERO DE MOBILIARIO**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DEL HÁBITAT
LINEA DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN Y DISEÑO DEL PRODUCTO

PRESENTA:

L.D.I. XICOTENCATL SAUCEDO ANAYA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. CLAUDIA RAMÍREZ MARTÍNEZ

SINODALES:

MPS. MARIA DE JESÚS DE LA MORA MARTÍNEZ

DR. HÉCTOR FERNANDO GARCÍA-SANTIBAÑEZ SAUCEDO

DICIEMBRE 2018



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Para la realización de esta tesis se conto con el apoyo CONACYT
No. **446956**

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a mis hermanos, a mi padre y mi madre por su apoyo incondicional, han sido mi mayor motivación. A todos mis amigos y compañeros que de alguna forma contribuyeron en este proyecto, gracias por su ayuda y buena voluntad.

Profundo agradecimiento a los docentes y personal de la Maestría en Ciencias del Hábitat por todas las atenciones brindadas. A los asesores que con su experiencia y conocimiento me orientaron y manifestaron total apoyo durante todo el proceso de investigación.

ÍNDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	6
CAPITULO II TEORÍAS DE LA CIRCULARIDAD	12
2.1 Paradigma de la Sustentabilidad.....	12
2.1.1 Ecología Industrial	13
2.1.2 Ingeniería Concurrente	15
2.1.3 Ecodiseño	16
2.1.4 Ciclo de vida del producto.....	17
2.1.5 Economía Circular.....	20
2.2 Estrategias para la circularidad	23
2.2.1 Ecodiseño en la Economía Circular	23
2.2.2 Estrategias de fin de vida	28
2.2.3 Diseño circular en el producto	32
2.3 Normas y regulaciones ambientales	37
2.3.1 Introducción	37
2.3.2 Medidas de transición circular en la política Europea	40
2.3.3 Deficiencias en las políticas para la Economía Circular.....	42
2.4 Sector de mobiliario hacia la circularidad	44
2.4.1 Descripción del sector del mobiliario.....	45
2.4.2 Debilidades del sector	47
2.4.3 Atributos de circularidad en el mobiliario.....	50
CAPITULO III MÉTODO. PLAN ESTRATÉGICO PARA LA CIRCULARIDAD	53
3.1 ACERCAMIENTO	53
3.1.1 Variables detectadas.....	53
3.1.2 Estructura del plan estratégico	55
3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA EMPRESA.....	56
3.2.1 Caso de Estudio	56
3.2.2 Modelo de Negocio Actual.....	56
3.2.3 Infraestructura	59
3.2.4 Unidad de Análisis	59
3.2.5 Proceso de Fabricación	60
3.2.6 Tabla de materiales	64
3.3 ANÁLISIS DE CIRCULARIDAD ACTUAL.....	65

3.3.1 Optimización de material	65
3.3.2 Diseño del producto	78
3.3.3. Servicio al usuario	82
3.4 ESTRATEGIAS POSIBLES PARA MEJORAR	83
3.4.1 Optimización de material	84
3.4.2 Diseño de producto	97
3.4.3 Servicio al usuario	104
CAPITULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO	112
4.1 Optimización de materia prima	112
4.2 Diseño de producto	119
4.3 Servicio al usuario	122
CAPITULO V	125
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	125
Oportunidades y limitaciones para la optimización de materiales.....	125
Oportunidades y limitaciones en el diseño del producto	126
Oportunidades y limitaciones en el servicio al usuario.....	127
Retos y alcances en la circularidad.....	128
Anexos.....	129
<i>Anexo 1. Lienzo de modelo de negocio</i>	<i>129</i>
<i>Anexo 2. Lista de materia prima crítica.....</i>	<i>130</i>
Abreviaciones.....	131
Índice de tablas	132
Índice de esquemas.....	133
Índice de figuras	133
Índice de gráficas.....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	135

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está dominada por una economía de crecimiento donde la lógica no es crecer para cubrir las necesidades sino crecer para acumular riquezas materiales. Un enfoque que nace de una economía heredada por la revolución industrial, gracias a la eficiencia productiva superior a la mano de obra. Desde el siglo XIX la producción mecánica redujo los costos e incrementó el volumen de los bienes, esto nos llevó a tal punto que obtener un producto nuevo era más barato que reparar el viejo, lo que provoca una sobreutilización de recursos naturales para la producción de una amplia gama de productos en los distintos sectores del mercado.

A lo largo del tiempo el sistema económico ha evolucionado por el impacto que ha generado la globalización tanto económica como cultural, donde no solo se han dado transformaciones en producción, distribución o comercialización del producto, sino que también ha traído nuevas relaciones entre el consumidor y los objetos (Martínez Barreiro, 2012, pág. 151). Es decir, se han aplicado una serie de tácticas que incentivan la producción y estimulan el consumo de productos, con el único objetivo que la economía se mantenga en marcha.

Junto con el incesante crecimiento poblacional y el comportamiento del consumidor, las empresas de producción masiva son responsables de la ruptura del equilibrio en el ecosistema. La empresa es quien consume, transforma recursos y consecuentemente genera emisiones y desechos provenientes de dichos procesos productivos. (Heras, 2008, pág. 13). Es importante recordar que el entorno natural no solo se desempeña como proveedor de esos recursos naturales, también recibe los residuos generados de los procesos de producción. El quitarle recursos y tener que soportar la carga de los residuos de la industria provoca serios impactos negativos en el medioambiente. Se responsabiliza principalmente a las empresas productivas porque además siguen una dinámica donde se producen bienes con tiempo de vida muy corto, con el fin de que el consumidor adquiera otro nuevo en poco tiempo, siendo métodos de manipulación en los hábitos del consumidor.

Uno de las técnicas de manipulación más practicadas ha sido la *obsolescencia programada*, concepto que nace desde 1932 por Bernard London, donde se proponía una planeación de la obsolescencia en la producción de bienes como una medida para salir de la gran depresión que se vivía en Estados Unidos en la primera mitad del siglo XX. El término se popularizó y está plasmado en un texto llamado *Ending the Depression Through Planned Obsolescence*. Consiste en que tras un periodo de tiempo, el producto se vuelve obsoleto, no funcional, inútil o inservible. Es la programación o determinación del fin de vida útil de un producto.

También surge la *cultura del bajo costo*, nacida de una globalización de tendencias, de producción y comunicación. El origen puede estar en la moda rápida, según (Martínez Barreiro, 2012, pág. 165), esto deriva de la relación directa del debilitamiento de la clase media y el surgimiento de la sociedad de bajo costo. Por consiguiente, la aparición de empresas “*Low cost*”, generando nuevas prácticas de consumo como el “*usar y tirar*”.

El resultado de estas nuevas relaciones entre el consumidor y el producto se expresa en un concepto que Sennett llama de *pasión que se autoconsume*. “*El consumidor utiliza las cosas, las gasta, las consume y se desechan, puede sentir un deseo muy vivo de tener algún objeto, pero al poco tiempo de haberlo comprado y usado, el deseo decae notablemente*” (Sennett, 2006, pág. 19).

Con el paso del tiempo estas prácticas siguen siendo utilizadas por el sistema económico para incentivar el consumo en la sociedad. No obstante, el comportamiento del consumidor ha cambiado aunque el consumo no ha disminuido. De acuerdo con Lipovsky, el consumidor es motivado por la difusión de valores hedonistas, hay un deseo de novedad, de conocer sensaciones de viaje, intensificar el presente, el hedonismo se ha vuelto un valor legítimo. El consumo se ha convertido en una forma de compensar la miseria cotidiana, la soledad, la frustración y las decepciones de la sociedad actual. (Lipovetsky G. , 2007).

Desde esta perspectiva la sociedad está inmersa dentro de una dinámica de producción y consumo de una *economía lineal*. Definida como una estructura de utilización de recursos naturales, producción, distribución, consumo de bienes y servicios. Este sistema siempre demandará un mayor crecimiento a costa de la sobreexplotación de recursos naturales. En términos reales ha causado que el precio de las materias primas haya aumentado en aproximadamente el 150% entre 2002 y 2010, así como el aumento en la acumulación de residuos tanto de los procesos de fabricación como de la disposición final de los productos. Esto por su puesto ha generado un deterioro considerable en el medioambiente citando a (Cuevas Tello, 2017, pág. 38).

Diferente a la *economía lineal*, abordamos el concepto de *circularidad* considerado por el Foro económico mundial (WEF *por sus siglas en inglés*), un conductor tangible de innovaciones industriales y creación de valor para la economía global del siglo XXI (WEF, 2014, pág. 13). Esta perspectiva pretende transformar el modelo económico actual por un modelo visto como un ciclo de desarrollo positivo. Esto se entiende desligando el desarrollo basado en la utilización de recursos finitos por uno donde el uso de recursos y energías se aprovechan al máximo, además de preservar el capital natural. Es también vista como una estrategia comercial práctica para evitar riesgos complejos e interconectados de suministro de recursos, volatilidad del precio en productos básicos, las nuevas tecnologías de materiales y las cambiantes demandas de los consumidores.

El sistema circular dará crecimiento económico con mayores ingresos por actividades circulares emergentes y menor costo de producción por la utilización más efectiva de insumos que influyen en el suministro, la demanda y precios de toda la economía. En una senda de desarrollo económico circular, el producto interno bruto europeo (PIB) podría crecer hasta un 11 % para 2030 y un 27 % para 2050, comparado con los porcentajes del 4 % y el 15 % del escenario de desarrollo actual según estima la Fundación Ellen McArthur (McArthur, 2015, pág. 12).

Además existe potencial para la creación de empleos debido principalmente al aumento del gasto, impulsado por los precios menores de lo esperado en los distintos

sectores y a la intensidad de la mano de obra de las actividades de reciclaje de alta calidad y los trabajos altamente cualificados en la refabricación.

Los empleos se crearían en los sectores industriales, mediante el desarrollo de logística inversa local, con pequeñas y medianas empresas, por medio de una mayor innovación y emprendimiento, así como una nueva economía basada en los servicios. (McArthur, 2015, pág. 12).

Otro de los puntos importantes en una economía circular es la innovación. El objetivo de sustituir productos unidireccionales por productos circulares por diseño y generar redes de logística inversa y otros sistemas para respaldar la economía circular es un potente estímulo para las nuevas ideas.

El diseño y manufactura de productos es fundamental en una economía circular, de acuerdo con (McArthur, 2015), una de las características importantes de este modelo es que es deliberadamente restaurativo y regenerativo, lo que convierte al diseño en un elemento esencial para proyectar esas cualidades en el producto. Es importante que la optimización de la vida útil tanto del producto como del material, se realice desde la fase de diseño. Solo así se puede transitar hacia ciclos cerrados de suministro tal y como lo propone una economía circular.

El sector manufacturero en México: Una oportunidad hacia la circularidad.

En países de Europa ya se tiene un gran avance en políticas para la economía circular y algunos mercados están adoptando prácticas *circulares* haciendo redes con empresas, con el objetivo de intercambiar residuos por recursos, selección de proveedores locales y otras acciones que conforman un sistema industrial circular.

Estos mercados han logrado crear valor al reconfigurar continuamente sus redes de proveedores múltiples, son mercados capaces de proporcionar flujos sólidos de materiales, componentes y productos de manera confiable y responden a las fluctuaciones de la demanda. No obstante, mercados a "*escala industrial*" aún no consiguen integrarse a una economía compartida adecuada para llevar a cabo ciclos inversos, lo que dificulta o imposibilita que las empresa aseguren materiales o

componentes secundarios confiables y de calidad para llevar las acciones de reutilización de productos, componentes y materiales dentro de la empresa.

En el caso de México, las normas y regulaciones en materia de desarrollo de productos son deficientes en comparación con sectores manufactureros de otros países. Desde el contexto empresarial en Mexico, el sector manufacturero de mobiliario se ha enfrentado con problemas a causa de la globalización del sector, sustituyendo antiguas prácticas y técnicas por factores de economizar en materia prima, en mano de obra y en los procesos de producción. Se importan nuevos materiales y componentes por su bajo costo pero de baja calidad, lo que a su vez ocasiona la baja calidad del mobiliario.

A partir de esta globalización han surgido empresas de “*escala industrial*” similares a un modelo maquilador. El presente estudio se realizó en una empresa de manufactura de mobiliario maquilador intermedio, es decir, la empresa importa componentes, maquila los muebles y los distribuye a otras mueblerías. No cuenta con una identidad de marca, ni del producto y no tiene una estructura organizacional bien definida. Para esta empresa solo importan estándares estéticos, cae en la constante imitación de estilos y se olvida de las consideraciones medioambientales en el diseño del mueble. Otras de las características que no son muy bien vistas en un modelo maquilador incluyen las largas jornadas, pésimas condiciones laborales, salarios bajos y alta rotación de personal. Por lo delicado del tema, en la presente investigación se mantendrá condifencial la identidad de la empresa. Se ha omitido información que ponga en riesgo la imagen e integridad de la empresa.

Aclarados los puntos anteriores y desde el contexto empresarial en México, ¿Puede una empresa maquiladora intermedia tener oportunidades de circularidad?, ¿Qué estrategias son posibles para lograr la transformación de la empresa a un sistema industrial circular?, ¿Cuáles son los elementos que permiten la circularidad en la empresa maquiladora intermedia de fabricación de mobiliario? y ¿Cuáles son los elementos que no permiten la circularidad en la empresa maquiladora intermedia de

fabricación de mobiliario? Estas **preguntas de investigación son guías para el desarrollo del presente estudio.**

El objetivo principal de esta investigación es presentar un plan estratégico para la transición de una empresa maquiladora fabricante de mobiliario hacia un sistema circular. Mediante:

- I. Establecer las estrategias posibles para la transformación de la empresa hacia un sistema industrial circular.
- II. Identificar los elementos que permiten la circularidad en la empresa maquiladora intermedia de fabricación de mobiliario.
- III. Identificar los elementos que no permiten la circularidad en la empresa maquiladora intermedia de fabricación de mobiliario.

La hipótesis se plantea con base en la problemática del sector manufacturero en México respecto a la economía circular donde una empresa del tipo maquiladora intermedia puede desarrollar/cubrir/cumplir elementos de circularidad en su proceso completo por medio del diseño del producto, el flujo de materiales, y el servicio posterior a la producción sin que se realice su circularidad completa.

El sector manufacturero tiene la responsabilidad de garantizar que los productos se diseñen y fabriquen con un impacto mínimo en el medio ambiente durante todo el ciclo de vida del producto. La industria tienen la oportunidad de ofrecer servicios adicionales de valor agregado como reparación / mantenimiento, reutilización / redistribución, reacondicionamiento / refabricación y venta de productos como un servicio. De esta manera se estaría optimizando el rendimiento de los recursos y se estaría desvinculando al desarrollo económico global del consumo de recursos finitos.

CAPITULO II TEORÍAS DE LA CIRCULARIDAD

2.1 Paradigma de la Sustentabilidad

La sustentabilidad, un concepto complejo aplicado en diversas de las actividades del ser humano, nació de la creciente conciencia global sobre asuntos como el aumento de los problemas ambientales, cuestiones socioeconómicas como la pobreza y la desigualdad, y de una preocupación por un futuro saludable para todos, de acuerdo con (Hopwood, 2005). Según el informe Brundtland *“el Desarrollo Sustentable es definido como un desarrollo que satisface la necesidad de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”*. (Bermejo G. , pág. 16).

La relación que tiene el crecimiento económico con el aumento de los problemas ambientales que se producen, sobre en todo en los países desarrollados y países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2017), y la consecuente acumulación de las emisiones que provoca destrucciones en el medio como cambio climático, destrucción de la capa de ozono, daño a los recursos forestales, etc., tanto en escala local como global, es uno de los tema principales que preocupan al paradigma sustentable.

Recordemos que la sustentabilidad se orienta a un balance de tres dimensiones principalmente; económica, ambiental y social. La realidad como nos dice (Giddings, 2002), es que la economía domina tanto a la sociedad como al ambiente, siendo que este depende de estos últimos. Un ejemplo de esto son las grandes compañías internacionales que tienen mayor poder de decisión incluso sobre algunos gobiernos, buscando siempre generar ganancias económicas sin tomar en cuenta al entorno natural.

Frente a este nuevo paradigma sustentable, las empresas únicamente se concentran en los beneficios económicos que le pudieran traer nuevas prácticas ecológicas, como el aplicar la eficiencia en la utilización de recursos y energía, además de las ventajas competitivas que crea el marketing verde. Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal del sistema actual ha sido la acumulación de la producción, el consumo y el capital.

No se trata de ya no producir más, producir es la esencia del sistema económico en el que estamos inmersos. Esto lo podemos ver en una de las críticas hacia el discurso del desarrollo sustentable, citando a (Capalbo, 2000), donde nos dice que “*la sustentabilidad se preocupa en producir en un modo más limpio, se propone consumir recursos renovables, enfatiza en la prevención —si es posible— o la minimización de los impactos negativos, pero jamás se menciona la idea de producir menos*”.

La cuestión reside en que la dinámica de producción y consumo está llegando a su etapa final, pues a pesar de mejorar la calidad de vida del hombre, también se ha generado importantes deterioros en el ambiente.

2.1.1 Ecología Industrial

El consumidor a pesar de ser manipulado por el sistema económico, también carga con una responsabilidad en la preservación del entorno. No obstante, la actividad industrial ha sido quien dispone de los recursos para su transformación en bienes que terminarán en residuos. Es por eso que ha sido muy señalada y es foco de estudio de quienes están en el tema de protección ambiental.

Dentro del marco sustentable tenemos un enfoque que se ha desarrollado para tratar el tema del impacto negativo al medioambiente causado por la desmedida producción industrial, *Ecología Industrial*. Su origen parte de la analogía del ecosistema natural con un sistema industrial, es decir, de la relación del sistema industrial con la biosfera. Presenta las bases para generar modificaciones dentro del proceso productivo, reduciendo el impacto negativo sobre el medioambiente. Esto se logra por medio de una optimización de materias primas principalmente provenientes de la naturaleza (recursos naturales), así como de una optimización en el uso de energías y de capital.

Dicha optimización conseguirá la reducción del consumo en valores tales que la biosfera pueda reemplazarlo, así como una disminución en las emisiones de residuos. Además, la aplicación de un modelo de *ecología industrial* busca incrementar la productividad, reducir costos y maximizar el rendimiento, donde según (Aguayo G., 2013, pág. 29), esto implica incluir un conjunto de límites, criterios y especificaciones apoyados en las legislaciones y directivas actuales. Otro de los principios que rigen a la ecología industrial según (Ayres, 2001) es que el flujo de residuos de una industria se incorpore a otra convirtiéndose en materia prima para la segunda, con lo que se busca cerrar el ciclo de materia.

Para (Erkman, 2003) citado por (Cervantes Torres-Marín & al., 2009) la *ecología industrial* transforma el modelo lineal de los sistemas productivos en un modelo cíclico, incrementando la eficiencia en los procesos industriales. De esta manera se impulsan las interacciones entre economía, ambiente y sociedad, para lograr así un desarrollo sustentable.

Las tres más importantes estrategias para la realización de la *ecología Industrial*, según (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2004) son:

- i. *Parques Eco Industriales o sistemas Industriales Sostenibles*; diseñar zonas industriales donde los flujos de entrada de materia y energía así como su salida se reduzcan drásticamente.
- ii. *Desmaterialización*; eficiencia del ciclo de vida del producto; mejor aprovechamiento de los materiales a lo largo del proceso, menor cantidad de materia prima en los productos y una mayor eficiencia energética en su fabricación (Diseño del proceso industrial y de producto).
- iii. *Gestión Medioambiental de las Empresas (GMA)*; La función de la gestión es fundamental para la empresa contribuya a la consecución de la Ecología Industrial.

A pesar que esta visión tiene como objetivo minimizar los daños al ambiente, no pone en juego al crecimiento industrial. Las acciones medioambientales van dirigidas hacia un beneficio para la empresa que las adopta.

La *desmaterialización* como una de las estrategias fundamentales para la práctica de la Ecología Industrial esta muy ligada al término *Ecoeficiencia* definida como el conjunto de objetivos hacia la desmaterialización.

La definición de Ecoeficiencia por Marcos Lehni citado por (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2004, pág. 46) explica de forma precisa el objetivo de la Ecoeficiencia. “Se dice que una empresa consigue la Ecoeficiencia cuando oferta productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas incrementando su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo de vida reducen progresivamente el impacto ambiental y la intensidad del uso de los recursos, al menos hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta”. A partir de esta definición se puede decir que la *Ecoeficiencia* es el equilibrio entre el beneficio económico para la empresa, un servicio que proporcione calidad de vida al usuario y un reducido impacto medioambiental.

2.1.2 Ingeniería Concurrente

Un precedente importante de la aplicación del diseño para mejorar el desempeño en los productos y procesos, es la *Ingeniería Concurrente*. Su objetivo primordial es la competitividad de la empresa, apuesta por un aumento de la calidad, así como la reducción de costos y tiempo, citando a (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2004). No se considera al medioambiente desde este enfoque, sin embargo evidencia al diseño y al ciclo de vida del producto como elementos imprescindibles para intervenir en la industria.

Esta perspectiva surgió como un método sistémico para dar cambios significativos dentro de los sistemas de diseño, fabricación y organización de la producción. Su enfoque integrado de producción considera de forma conjunta todo el ciclo de vida del producto, considerando la concepción, diseño, prototipo, producción, comercialización, utilización y eliminación. Cuando se diseña se deben considerar algunas especificaciones y requerimientos en el producto, definidos por diferentes factores tanto externos como internos de la empresa, determinados por el mercado, los medios de producción, la capacidad de los empleados, la tecnología con la que se cuenta, la

relación con el medioambiente y otros factores que influyen con el producto en todo su ciclo de vida.

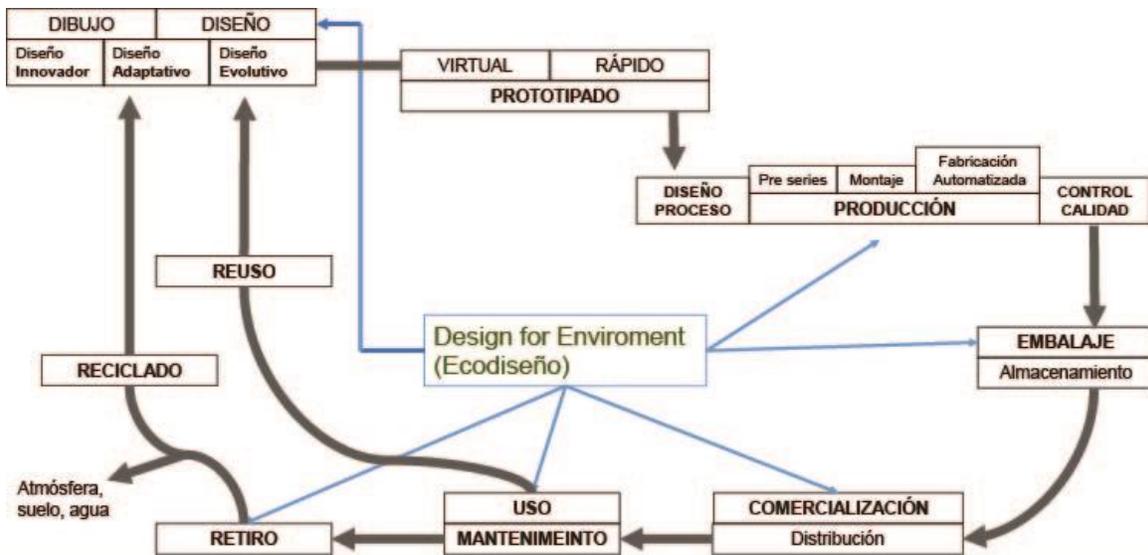
Para la ingeniería concurrente la intervención del diseño tanto del producto como del proceso de fabricación resulta necesario pues es en la etapa de conceptualización del producto donde se consideran todos los factores que afectarán durante todo el ciclo de vida. A partir de las consideraciones dadas por los aspectos del entorno del diseño, surge entonces el Diseño para X-bilidad (*Design for X*) una serie de técnicas propuestas para que el producto final cumpla con una serie de características de producción, calidad, logística, uso, y fin de vida. (Moreno T., 2011).

La finalidad de cada una de estas técnicas es la de resolver los problemas que se presentan en su fabricación, montaje, inspección, embalaje, almacenaje, uso, mantenimiento y retiro.

Una de las técnicas orientadas al medioambiente es Diseño para el medio ambiente (DfE *por sus siglas en inglés*) o mejor conocido como ecodiseño, que es parte y tiene su origen en la ingeniería concurrente.

2.1.3 Ecodiseño

Se han desarrollado diferentes herramientas y métodos para llevar a cabo la sustentabilidad en los proyectos de fabricación de productos. Han surgido conceptos como el diseño sustentable y diseño para el medio ambiente o ecodiseño. El ecodiseño se presenta como una metodología que sostiene que es en la fase de diseño cuando más eficazmente pueden introducirse mejoras medioambientales en los productos y procesos industriales. En el siguiente cuadro observamos estas fases y se explica claramente como el ecodiseño influye en el desempeño ambiental de los productos y procesos.



ESQUEMA 1. RELACIÓN DEL DFE (ECODISEÑO) CON LAS FASES DEL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS. FUENTE: CAPUZ, R. (1999).

Capuz Rizo menciona algunas de las innovaciones que aporta el ecodiseño primordialmente la incorporación de los criterios medioambientales dentro de la organización a las metodologías de diseños sistémicos de productos. Esto lleva a los aspectos ambientales a un nivel de importancia estratégica en la empresa. (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2004).

De esta forma cuando se diseña para el medio ambiente, se consideran todos esos requerimientos o necesidades que demandan tanto factores internos como externos de la empresa, que están vinculados con el desempeño respecto al medio ambiente.

2.1.4 Ciclo de vida del producto

Los distintos enfoques que han surgido dentro del marco sustentable y que se ejecutan mediante la aplicación del diseño, también comparten un concepto llamado ciclo de vida. Un concepto que permite entender y analizar a la empresa, al proceso o al producto desde una perspectiva holística para resolver los problemas más complejos en las distintas etapas o fases de un ciclo.

Este concepto aplicado en la gestión industrial surgió como un método sistémico para dar cambios significativos dentro de los sistemas de diseño, fabricación y organización

de la producción desde la llamada *ingeniería concurrente*. La ecología industrial también transforma el modelo lineal de los sistemas productivos en un modelo cíclico, incrementando la eficiencia en los procesos industriales. (Cervantes Torres-Marín & al., 2009).

Por otra parte, una de las definiciones base del término ecodiseño declarada por Fiksel es; *“consideración sistemática de la función del diseño con respecto a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida completo del producto y del proceso”* Fiksel, (1996). Otra definición que encontramos en (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2004) nos dice: “El diseño de productos y procesos tales que, sin disminuir su calidad y precio, reduzcan el impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida.” En las dos definiciones anteriores se menciona el ciclo de vida del producto y es que es importante para el diseño el actuar en todas y cada una de las etapas para evitar solucionar problemas que se trasladan a otra fase del ciclo.

Medición de Impactos en el ciclo de vida

Actualmente la gestión medioambiental llevada a cabo en las empresas, se ha enfocado principalmente en los impactos ambientales que genera la producción, dejando a un lado la fase de uso y la disposición final. Que a fin de cuentas estas últimas fases pueden representar mayor impacto si hablamos de un corto tiempo de vida útil en el producto.

Esto lo podemos ver en la herramienta más utilizada por el ecodiseño para medir los impactos ambientales, el ACV (Análisis de Ciclo de Vida). Este método estudia los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o un servicio. La importancia de hablar de un ciclo de vida en este análisis es porque así de manera cíclica permite identificar las entradas y salidas del proceso que significarían un impacto negativo. El análisis del ciclo de vida es considerado un modelo complejo y es por esto que se ajusta a un protocolo ya establecido en la normativa y en este caso la International Standard Organisation (ISO) establece cuatro normas que refieren al ACV. Muestra las fases por las que pasa el producto desde la obtención de materia prima hasta su disposición final y es ahí donde un ACV actúa.

Atribuye al producto los impactos ambientales que arrojan desde la obtención de la materia prima hasta la disposición final, entre ellos las emisiones y residuos generados por el proceso de producción así como los efectos negativos sobre el ambiente procedente del fin de vida del producto.

No obstante, los impactos que pudieran surgir en las etapas de uso, y en la etapa de disposición final poco se conocen. Un ejemplo de ello podría ser que un producto ha sido fabricado con tecnología limpia, con el menor uso de materia prima, menores residuos en su fabricación y con esto se podría pensar que es un producto sustentable por sus características de producción pero al momento de pasar a la etapa de su utilización resulta un producto con una vida útil corta y genera el reemplazo prematuro obligando al usuario a entrar en la dinámica del *usar y tirar*. O en caso contrario, podría ocurrir que al fabricar un producto con características que lo hagan un producto durable, podría ser que en la etapa de uso se deriven impactos ambientales mayores o su producción sea insostenible.

Esta apego en el diseñador por evaluar únicamente la fase de producción es una cuestión clave para suponer que el problema del reemplazo anticipado de los bienes, sea cual sea la situación, está ligada al hecho de que las consideraciones medioambientales en las etapas de uso y de fin de vida del producto no son contempladas al momento de conceptualizar el producto. En otras palabras, se pueden optimizar materiales, optimizar el uso de energías, disminuir las emisiones contaminantes, etc. pero una vez que el producto llega al usuario se presentan otras consideraciones medioambientales importantes en las fases de uso y final de vida. Consideraciones que el usuario desconoce y que se le responsabiliza por los impactos que resultan en esta etapa. Entonces es cuando pensamos que algunas prácticas importantes como es la reparación, reutilización o el reciclaje son difíciles de ejecutar por el usuario.

La manufactura de mobiliario como cualquier otra actividad transformadora, lleva asociado una serie de *“Impactos Ambientales”*, entendiendo por estos, *“cualquier cambio al medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte*

de las actividades, productos y servicios de una organización”. Se han identificado para el sector manufacturero de mobiliario los impactos siguientes:

- i. *Disminución de los Recursos Naturales:* Uso desmedido y gestión ineficaz de combustibles fósiles y otros bienes básicos (agua, minerales, madera, etc.) que agotan los recursos naturales.
- ii. *Contaminación del suelo y deposición incontrolada de Residuos:* La contaminación por deposición incontrolada por residuos, fugas y accidentes, hipoteca la utilización del suelo para múltiples usos (parques, agricultura, etc.), pone en riesgo la salud humana a través de las aguas subterráneas y la bioacumulación, y altera la flora y la fauna.
- iii. *Contaminación atmosférica:* La generación de emisiones atmosféricas de dióxido de carbono y dióxido de azufre, provoca el efecto invernadero, reduce la capa del ozono y genera la lluvia ácida.
- iv. *Salud Humana:* El proceso de fabricación de muebles genera, por su naturaleza, ruidos, vibraciones, polvos, etc., que van directamente sobre la salud humana.
- v. *Contaminación del Agua:* Los vertidos de sustancias tóxicas o de excesiva materia orgánica generan una elevada mortandad piscícola, alteran la flora y fauna (biodiversidad) acuática y pone en riesgo la salud humana. (Guzmán, 2002, pág. 768).

2.1.5 Economía Circular

La *circularidad* igual que otros conceptos dentro de la sustentabilidad que hemos indicado anteriormente, fundamenta su análisis en el ciclo de vida de los productos o servicios. Además propone nuevas interrelaciones entre los actores implicados en la dinámica de producción y consumo, donde usuario, productor y diseñador tienen una responsabilidad con el medioambiente y con la sociedad. La economía circular surge como una perspectiva más ambiciosa ya que se presenta como un paradigma que transformará el modelo económico lineal por uno circular, bien

fundamentado y que ha dado muestra de ellos en países principalmente en la Unión Europea.

La economía circular como su nombre lo dice, aplica el ciclo de vida en los sistemas productivos y también toma el diseño como eje central para su ejecución. Este nuevo paradigma representa en la actualidad una vía inevitable para contribuir a solucionar la crisis medioambiental y socioeconómica. Su objetivo es que el valor de los productos, materiales y recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible y se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se opone a la economía lineal que se caracteriza por extraer, fabricar, consumir y tirar (Hannequart, 2017).

El modelo económico circular se define por (McArthur, 2017, pág. 8), como un sistema industrial que es regenerativo y restaurador por intención y por diseño. Sustituye el concepto de “caducidad” por el de “restauración”, motivado por el uso de energías renovables, evita el uso de químicos tóxicos que perjudican la reutilización, y el retorno a la biosfera. Busca optimizar en materiales, en procesos y en los productos.

Su potencial es enorme. En el año 2015, el Club de Roma publicó un estudio sobre el impacto de la Economía Circular en la economía sueca, donde se calcula que se podrán reducir en un 70% los gases de efecto invernadero, y que la creación de empleo supondrá un aumento del 3% del capital humano de acuerdo con Walter Stahel citado por (Hannequart, 2017).

Por otro lado los beneficios medioambientales que trae consigo un desarrollo económico circular demostrado por la Fundación Ellen McArthur son:

- i. *Menores emisiones de dióxido de carbono.* Una senda de desarrollo económico circular podría reducir a la mitad las emisiones de dióxido de carbono de aquí a 2030 desde los niveles actuales (reducción del 48 % de las emisiones de dióxido de carbono para 2030 en movilidad, sistemas de alimentación y el entorno construido, o el 83 % para 2050).
- ii. *Consumo de materias primas.* Reducción en el consumo de materias primas (medido por los materiales de coches y construcción, suelo inmobiliario, fertilizantes sintéticos, pesticidas, uso de agua agrícola, combustibles y electricidad no renovable) del 32 % de aquí a 2030 y del 53 % de aquí a 2050 con respecto a la actualidad.

- iii. *Productividad y salud del suelo.* La mayor productividad del suelo, Al mover mucho más materia biológica a través del proceso de compostaje o digestión anaeróbica y de vuelta al suelo, la economía circular reducirá la necesidad de reposición con nutrientes adicionales. Si Europa decide seguir un enfoque económico circular en los sistemas de alimentación, el consumo de fertilizantes sintéticos podría reducirse hasta un 80 % de aquí a 2050.

En el caso de las oportunidades que tiene el sector manufacturero con un desarrollo económico circular demostrador por la Fundación Ellen McArthur son:

- i. *Menor volatilidad y mayor seguridad del suministro.* El paso a una economía más circular supone un menor uso de materias vírgenes y un mayor uso de insumos reciclados, con un porcentaje mayor de costes laborales, lo que reduce la exposición de una empresa a unos precios de las materias primas cada vez más volátiles y genera una mayor resiliencia. La amenaza de interrupción de las cadenas de suministro por culpa de desastres naturales o desequilibrios geopolíticos también se reduce, porque los operadores descentralizados ofrecen fuentes de materiales alternativas.
- ii. *Nueva demanda de servicios empresariales.* Una economía circular generaría demanda de nuevos servicios empresariales, como por ejemplo: Empresas de recogida y logística inversa que respalden el fin de la vida útil de los productos que se reintroducen en el sistema. Revendedores de productos y plataformas de ventas que facilitan la mayor vida útil o utilización de los productos. Fabricación de piezas y componentes y reacondicionamiento de productos que ofrezcan conocimiento especializado. La recogida, el desmontaje, el reacondicionamiento de productos, la integración en el proceso de refabricación y llevar los productos a los usuarios requieren competencias especializadas y conocimiento experto de los procesos. (McArthur, 2015, pág. 15)
- iii. *Mayor interacción y lealtad de los clientes.* Las soluciones circulares ofrecen nuevas formas para interactuar de forma creativa con los clientes. Los nuevos modelos empresariales, como los alquileres o los contratos de arrendamiento establecen una relación a más largo plazo con los clientes, ya que el número de contactos se incrementa durante la vida útil de un producto. Estos modelos

empresariales ofrecen a las empresas la oportunidad exclusiva de poder conocer las pautas de uso que pueden conducir a un ciclo virtuoso de productos mejorados, un mejor servicio y una mayor satisfacción del cliente.

La visión de la circularidad propone acciones que se ajustan a la optimización de la vida útil de los productos, y demuestran el potencial para construir y galvanizar una red en torno a las oportunidades que ofrece el diseño. (RSA, 2016, pág. 14).

2.2 Estrategias para la circularidad

2.2.1 Ecodiseño en la Economía Circular

Existen varios autores que proponen diferentes categorías de las estrategias de diseño para mejorar el desempeño ambiental de un producto. Todas ellas consisten en principios agrupados en decisiones a lo largo del proceso de desarrollo del producto y conforme a las fases del ciclo de vida que revisamos anteriormente. Las estrategias se pueden clasificar con base a las fases del producto, las cuales se dividen según (Suris, 2005) en cinco; Obtención de materiales; Producción; Distribución, Uso (mantenimiento y durabilidad), y Fin de vida.

En 1992, IDSA (Industrial Designers Society of America), estableció por primera vez los 12 principios del ecodiseño para los productos, Uno de los objetivos más importantes era la reducción de uso de recursos. Los 12 principios del ecodiseño son los siguientes:

- I. Durables
- II. Fáciles de reparar
- III. Diseñados para que puedan ser remanufacturados
- IV. Diseñados para que puedan ser reutilizados
- V. Uso de materiales reciclados
- VI. Uso de materiales comúnmente reciclables

- VII. Simples para poder separar los componentes reciclables de un producto de los componentes no reciclables
 - VIII. Eliminación de componentes tóxicos/problemáticos de un producto o hacer que sea fácil reemplazarlos o separarlos antes de desecharlos
 - IX. Hacer productos más recurso/energía eficientes
 - X. Usar el diseño de productos para educar sobre el medio ambiente
 - XI. Trabajar hacia el diseño de productos que induzcan a una reducción de recursos
 - XII. Ajustar el diseño del producto para reducir el empaquetado
- (IDSA, Sociedad de Diseñadores Industriales de América)

Existe otra clasificación que se presenta más elaborada por C. van Hemel, la cual abordaremos puesto que se presenta más detallada e incluye consideraciones que otros autores no plantean.

Estrategias del Ecodiseño

1.-Selección de Materiales de Bajo Impacto	<i>Selección de materiales limpios:</i> Evitar el uso de algunos materiales y aditivos por ser causantes de emisiones peligrosas durante su producción o eliminación
	<i>Selección de materiales renovables:</i> La búsqueda de alternativas a materiales antes de que se conviertan en escasos constituye una estrategia sostenible.
	<i>Selección de materiales con bajo contenido energético</i> Un material tiene un alto contenido energético si en su extracción u obtención ha sido necesaria una alta cantidad de energía.
	<i>Selección de materiales reciclados;</i> Aprovechar la energía invertida en la obtención de estos materiales y disminuir su eliminación como residuos.
2.-Reducción del uso de materiales	<i>Reducción de peso;</i> Menos peso supone menos cantidad de material, por lo tanto menos residuos. Disminución del impacto ambiental al transportar el producto.
	<i>Reducción del volumen;</i> Se persigue la reducción del impacto durante el almacenaje y el transporte.
	<i>Técnicas de producción alternativas;</i> Deberán buscarse tecnologías de producción más limpias.

3.-Optimización de las técnicas de producción	<i>Reducción de etapas del proceso de fabricación;</i> Reducir algunas etapas de producción significa reducir consumo de energía, los movimientos de materiales, los costes e incluso los residuos generados.
	<i>Menor consumo de energía y consumo de energía limpia</i>
	<i>Reducción de residuos.</i>
	<i>Consumo de menos recursos o consumo de recursos más limpios.</i>
4.-Optimización de los sistemas de distribución	<i>Embalaje menor/limpio/reutilizable;</i> Busca la reducción de residuos de embalaje y la optimización del espacio durante el transporte.
	<i>Modos de transporte energéticamente más eficiente</i>
	<i>Logística energéticamente más eficiente;</i> Optimización de recorridos de cargas, estandarización de embalajes.
5.-Reducción del impacto durante el uso	<i>Asegurar un bajo consumo energético;</i> Se pretende reducir las emisiones de CO2, NOX Y SOX para reducir el efecto invernadero y la acidificación.
	<i>Empleo de fuentes de energía limpias;</i> Hidráulica, as natural, solar, eólica, etc.
	<i>Reducción de consumibles;</i> reducir el consumo de agua, lubricantes, filtros etc.
	<i>Consumibles limpios;</i> Repuestos como un producto individual con su propio ciclo de vida.
6.-Optimización de la vida del producto	<i>Alta fiabilidad y durabilidad;</i> Supone una reducción importante del impacto ambiental y debe ser adoptado como objetivo en detrimento de los productos de “usar y tirar”.
	<i>Facilidad de mantenimiento y reparación;</i> Si estas operaciones se facilitan desde el diseño se contribuye a asegurar un mantenimiento limpio y apropiado.
	<i>Estructura de producto modular y adaptable.</i>
	<i>Conseguir un diseño clásico;</i> Desde la perspectiva medioambiental, el objetivo del diseño consiste en lograr que la vida estética del producto sea similar o superior a su vida técnica.
	<i>Fuerte relación producto-usuario;</i> Si el usuario tiene un apego hacia el producto por algún valor añadido y se facilitan las labores de mantenimiento, se conseguirá prolongar la vida del mismo.
7.-Optimización del fin de vida del sistema	<i>Favorecer la reutilización del producto completo.</i>
	<i>Favorecer la refabricación o el reacondicionamiento;</i> Cuando la reutilización del producto no es posible, se puede tratar de aprovechar algunas partes o componentes antes de convertirse en desecho.

	<i>Favorecer el reciclaje</i> ; Aquí se intenta recuperar al menos los materiales en los tres niveles de reciclaje; Para el mismo fin que el material original, para aplicaciones de menor exigencia, descomposición química del material en sus elementos.
	<i>Incineración segura</i> ; Recuperación energética.
	<i>Eliminación segura</i> ; Por último los desechos deben ser tratados o almacenados convenientemente
8.-Desarrollo de Nuevos conceptos	Esta estrategia en particular hace referencia al desarrollo de conceptos radicalmente innovadores, que planteen mejoras medioambientales significativas en cualquier etapa del ciclo de vida

TABLA 1. ESTRATEGIAS DE ECODISEÑO DE VAN HEMEL 1997. ELABORACIÓN PROPIA

Además establece algunas consideraciones que no están dentro de las fases del ciclo de vida, pero si influyen en términos medioambientales al momento de conceptualizar el producto:

- i. *Desmaterialización*; Eliminar la necesidad de un producto componente
- ii. *Uso compartido del producto*.
- iii. *Integración de funciones*; Se consigue un importante ahorro de material y espacio al incorporar varias funciones a un mismo producto.
- iv. *Optimización funcional*; Se reconsideran las funciones del producto y se distinguen principales de las auxiliares pueden identificarse algunas, como superfluas permitiendo su eliminación.

La economía circular se enfoca principalmente en la recuperación de materiales y productos, no quiere decir que solo se dirige al final del uso, sino que se posibilita en la fase de diseño (p. ej., mediante la elección de los materiales o un diseño de montaje). El ecodiseño es parte importante de la economía circular, el diseño se emplea para desarrollar nuevos productos.

En las diez reglas de oro del ecodiseño de (Luttropp, 2013), se muestran estrategias que sirven para llevar a un producto a la circularidad. Están presentes en las últimas cuatro reglas en la fase de uso y post-uso:

- i. Uso de mejores materiales, tratamientos de superficie o arreglos estructurales para proteger los productos de suciedad, corrosión y desgaste.
- ii. Actualización, reparación y reciclaje a través de la capacidad de acceso, etiquetado, módulos, puntos de ruptura, manuales
- iii. Promover la actualización, la reparación y el reciclaje utilizando pocos materiales simple, reciclados, no mezclados y sin aleaciones.
- iv. Utilizar pocos elementos de unión como sea posible y utilizar tornillos, adhesivos, soldadura, ajustes a presión, bloqueo geométrico, etc. de acuerdo con el escenario del ciclo de vida.

Posteriormente para el 2014 Bakker, C presenta seis estrategias de diseño de producto para la circularidad.

1. Diseño para el accesorio del producto y la confianza: Creando productos que serán amados, queridos o de confianza por más tiempo.
2. Diseño para la durabilidad del producto; Desarrollar productos que pueden desgastarse sin romperse.
3. Diseño para estandarización y compatibilidad; Crear productos con partes o interfaces que se ajusten también a otros productos.
4. Diseño por facilidad de mantenimiento y reparación; Permitir que los productos se mantengan en condiciones óptimas.
5. Diseño para actualización y adaptabilidad; Permitiendo una futura expansión y modificación.
6. Diseño para desmontar y volver a montar; Garantizar que los productos y las piezas se puedan separar y volver a ensamblar fácilmente.

Si se toma al ecodiseño como metodología fundamental para llevar a cabo cambios que conduzcan a la empresa a una circularidad, se enfocará únicamente en el diseño del producto como tal, y no como una cambio en toda la organización estructural de la empresa que pueda llevar un servicio con el usuario para hacer posible acciones como la remanufactura o el mantenimiento.

La economía circular aborda el problema de una manera más holística, en comparación a las prácticas de diseño para la gestión en las empresas, que por aplicarse de una manera aislada unas con otras, los problemas medioambientales solo se trasladaban entre etapas. La economía circular busca cambiar toda la dinámica para hacer una transformación en el modelo económico más factible y real desde la modificación en los modelos de negocio de las empresas.

Tomar las metodologías de la economía circular resulta interesante puesto que no solo incluye estrategias que en ecodiseño ya se trataban desde antes, sino que además se ajustan perfectamente a los modelos de negocios de las empresas. Como lo menciona (McArthur, 2015), la economía circular es consciente de que diseñar productos y procesos circulares dentro de una empresa implica hacer cambios en las interrelaciones de los distintos elementos del modelo de negocios, que será clave para valorar escenarios posibles e impactos de cada cambio.

Es interesante ver como una colaboración entre las partes puede llevar a un desarrollo sustentable más óptimo cubriendo todo el ciclo de vida del producto. Pasar del producto a una dinámica de servicios impulsa las prácticas de reuso, remanufactura y reciclado puesto que la relación de productor y usuario se hace más estrecha. (Korhonen, 2017, pág. 39).

2.2.2 Estrategias de fin de vida

Cuando usar y tirar no era parte de la cultura, valores como conservar, cuidar y sobre todo reparar eran parte de la sociedad (Trias de Bes, 2006, pág. 86). Para el autor la solución al asunto de usar y tirar, es conservar y en la actualidad conservar es fracaso. El final de vida útil es el punto donde el producto ya no satisface las necesidades del propietario original, sin embargo, ha empezado una preocupación generalizada en la sociedad por cambiar esta dinámica.

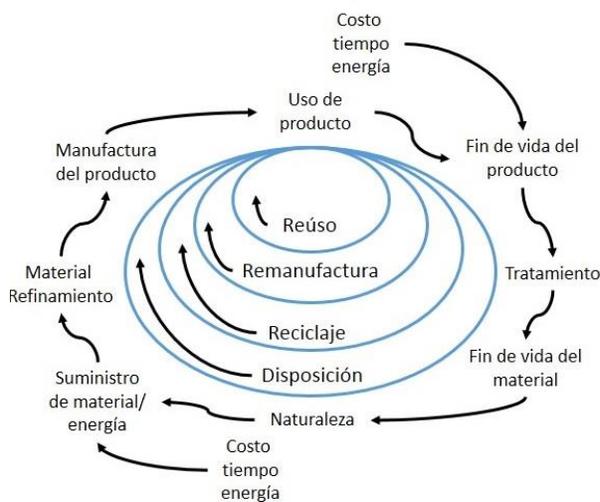
Las primeras acciones tomadas por la industria respecto a la conciencia ambiental se limitaba solo a la “contaminación”, es decir, la atención se enfocaba emisiones a la

atmósfera, al suelo y al agua generadas por los procesos productivos. Estas medidas son llamadas como *estrategias de final de tubería*, donde se abordan el problema de las emisiones locales y son un claro ejemplo de cómo se segmenta el problema ambiental. Por su puesto no se pensaba en las consecuencias del producto en su ciclo de vida. ¿Qué pasará con el producto al terminar su vida útil?

Esta y otras consideraciones se generan del análisis detallado del ciclo del producto, lo que nos lleva a pensar en lo que acontece durante el fin de vida.

Las estrategias al fin de vida útil se pueden jerarquizar de la siguiente forma; el servicio, la reutilización, la refabricación, el reciclaje con el desmontaje, el reciclaje sin desmontaje y eliminación. Se han realizado investigaciones sustanciales sobre el procesamiento de productos al final de la vida, pero se han realizado pocas investigaciones para mejorar los productos, de modo que se alcancen niveles más altos en la jerarquía al final de la vida útil. El campo de investigación está fragmentado y desorganizado, lo que dificulta que las empresas encuentren soluciones rápidas y sencillas que puedan implementar para una amplia variedad de productos según (Rose, 2000).

La creciente preocupación por la disposición final de los productos está empujando a



ESQUEMA 2. CONCEPTO ACTUAL DE LA ECONOMÍA CIRCULAR. OBTENIDO DE (YLI-OPAS, BUSINESS MODELS FOR CONSUMER PRODUCT REUSE, 2016).

las empresas a establecer programas para recuperarlos. Actualmente, estas empresas confían en nuevos modelos de negocios como sistemas de optimización de fin de vida de los productos.

En la esquema 2, podemos ver las acciones propuestas en la economía circular y como se priorizan centrandose en el fin de vida del producto. En los círculos internos inicia con el reúso, demanda menor recurso y energía, también es más económico. Después de

haber agotado todas las opciones, lo último que resta sería la disposición final del producto. De acuerdo con (Yli-Opas, 2016, pág. 4) en la mayoría de los casos se prefieren los circuitos internos de reutilización y remanufactura porque requieren menos recursos naturales y energía.

La importancia de que el fabricante contemple el fin de vida del producto antes de su producción y de llevar a cabo una dinámica de servicios con el usuario, haría posible una mejor ejecución del reúso, la remanufactura, el reciclado y como última alternativa su disposición en vertederos. El objetivo es maximizar el tiempo del valor de los recursos en los circuitos interiores. Bajo este esquema la disposición final o eliminación es la etapa del ciclo de vida del producto donde se puede determinar su destino.

Las erres como estrategia para el fin de vida del producto

La importancia de la responsabilidad sobre la producción de bienes y su consumo, se evidencian en las estrategias que propone una campaña de concientización por parte de Greenpeace, una de las organizaciones con mayor reconocimiento a nivel global por su labor en defensa del medioambiente. Una estrategia conocida como las tres erres, referente al *reducir, reusar y reciclar*.

Reducir, sería el objetivo primordial y está enfocado al consumo, “reducir el consumo”. En el centro de la crisis ambiental se encuentra nuestra sociedad de consumo. Lo mejor que podemos hacer por el planeta es explotarlo lo menos posible con un enfoque justo, ético y utilizar sus recurso de manera sustentable (Greenpeace, 2017).

Reusar. Actualmente se vive en una sociedad desechable, otra vez *usar y tirar*, la sociedad esta inmersa en un entorno cultural donde se fomenta comprar artículos nuevos y mejores, reemplazando incluso los que aún tiene utilidad. Greenpeace advierte buscar artículos durables y que pueden ser reutilizados, si no para la misma función podría ser un nuevo uso.

Reciclar. Es una de las acciones en beneficio del medioambiente que ha tenido mucho desarrollo, sin embargo su efectividad aún está en duda. Castells (2012) describe el reciclaje como la operación compleja que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos, ya sea total o parcial en la composición

definitiva. Por lo tanto, el reciclaje y los residuos, responden a diversas actividades que pueden llevarse a cabo sobre los diferentes flujos de residuos para aprovecharse, desde el mismo uso hasta otra aplicación.

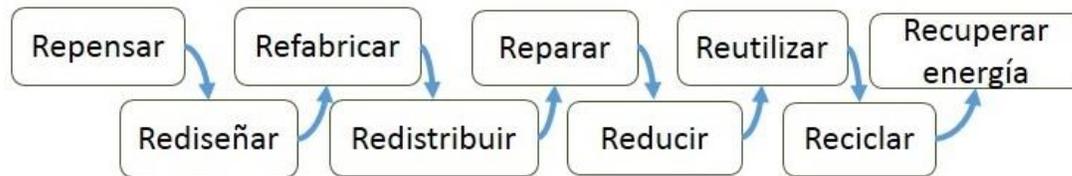
Lupulescu expone seis estrategias importantes para la optimización y rediseño de los productos industriales, tres más a parte de las señaladas anteriormente. A lo que el autor llama de la filosofía de las 6R. (Lupulescu, 2016, pág. 271)

1. Repensar el producto y sus funciones (por ejemplo, cómo se puede usar de manera más efectiva el producto).
2. Reducir el consumo de materiales y energía durante todo el ciclo de vida.
3. Reemplazar sustancias peligrosas por alternativas de ambiente amigable.
4. Reciclar. Elegir materiales que puedan reciclarse y pensar en el producto para que pueda desmontarse fácilmente y reciclarse.
5. Reutilización. Diseñe su producto para que sus componentes se puedan reutilizar.
6. Reparación. Considere un producto fácil de reparar, para que no sea necesario reemplazarlo demasiado rápido.

El reciclaje es una de las acciones que más se realizan en beneficio del medioambiente, y que han contribuido en buena medida a la disminución de residuos, no obstante su efectividad deja mucho que desear, puesto que a veces en el mismo proceso de reciclaje se generan mayores impactos negativos, estos proceso requieren de energía y emiten sustancias toxicas, el eficiencia de esta acción aún no está comprobada. Hay casos en los que es más viable desechar o lo que es peor incinerar el producto.

Por otro lado considerar materiales biodegradables crea más valor de circularidad que un reciclable. La elección de material determinará la reciclabilidad, aunque dependerá del desarrollo en la industria del reciclaje y la medida en que pueden separarse unos de otros. En definitiva, la economía circular trasciende al reciclaje y sostiene que los productos se piensan, se diseñan y se fabrican teniendo en cuenta toda su vida útil: producción, transporte, distribución, utilización y fin de vida. Para la economía circular es el modelo económico de las 6R, las estrategias de fin de vida son fundamentales

y se establecen en un principio llamado jerarquía multi-R de gestión de residuos. (Hannequart, 2017, pág. 10). Aquí se suman otras tres estrategias a las ya planteadas. Por esto se menciona que la economía circular es el modelo económico de las erres



ESQUEMA 3. EL PRINCIPIO DE LA JERARQUÍA "MULTI-R" DE GESTIÓN DE RESIDUOS. ELABORACIÓN PROPIA. (HANNEQUART, 2017, PÁG. 10)

2.2.3 Diseño circular en el producto

El diseño del producto tiene la capacidad de tratar la eficiencia del material para asegurar su durabilidad, reparabilidad, modularidad, y facilidad de reciclaje. Hay que recordar que el 80% del impacto medio ambiental de los productos está determinado por la fase de diseño. Sin embargo, mucho del conocimiento que se tiene sobre el tema de economía circular principalmente obtenido de la Fundación Ellen McArthur deja aún espacio para múltiples interpretaciones en la terminología que utiliza, como reutilización, restauración y remanufactura por mencionar algunos, lo que da como resultados malos entendidos al momento de aplicar los principios para un plan de estrategias.

De acuerdo con (Bakker & van den Berg, 2015), reutilización está mal definida, pues no se puede tomar como una estrategia muy distinta a reciclaje o remanufactura ya que la acción de reutilizar, está en cada una de las etapas del producto. La reutilización no implica remanufactura, puesto que no presupone un trabajo de reparación o conservación y no conlleva ninguna garantía de que un producto reusado funcione como lo haría uno nuevo. (Salazar Ruiz, 2014).

Para la economía circular el material, componente o producto regresa a un punto en el ciclo al terminar su vida útil, que es efectivamente la reutilización. Aunque para Rose

(2000) la reutilización o reuso es el producto que es reutilizado después de su primer uso, es decir, son bienes de segunda mano que son utilizados de acuerdo a sus características de diseño originales, para (Bakker & van den Berg, 2015), la reutilización directa mediante la reventa / redistribución donde un producto se utiliza para el mismo propósito sin ningún cambio, es parte de un modelo comercial y no del diseño del producto, aunque tal modelo comercial hará que la longevidad de los productos sea más atractiva.

Para terminar con malas interpretaciones, desde una perspectiva del diseño del producto (Bakker & van den Berg, 2015) propone un modelo de diseño circular, el cual divide en cinco características para tener una mejor comprensión de los criterios más importantes en el diseño circular. Esto permite que los productos sean a prueba de futuro (de largo uso y de larga duración) y que puedan ser desmontados, mantenidos (productos), refabricados (componentes) y reciclados (materiales). (Bakker & van den Berg, 2015, pág. 368)

La descripción general de la lista de directrices agrupa y ordena todos los temas relevantes para el diseño circular del producto. (Bakker & van den Berg, 2015, pág. 367).

Prueba del futuro	Larga duración (last long) Largo Uso (Use long)
Desensamblable	Conexiones Arquitectura del producto
Mantenimiento (Reuso de productos)	Mantenimiento Pronóstico de por vida
Rehacer (Reuso de partes o componentes)	Modularidad Evaluación de confiabilidad Logística (Inversa)
Reciclaje (Reuso de materiales).	Materiales Electrónicos Conexiones

TABLA 2. LISTA DE DIRECTRICES PARA EL DISEÑO DE PRODUCTO PROPUESTO POR (BAKKER & VAN DEN BERG, 2015, PÁG. 369).

Es importante remarcar los ciclos cerrados por los que deben pasar los productos antes de su disposición final. La Real Sociedad para el fomento de las Artes, Manufacturas y Comercio (RSA, *por sus siglas en inglés*) dentro del *Recovery report*

propone cuatro modelos de diseño esenciales para una economía circular mismo que son cotejados con los propuestos por Bakker. Por orden de importancia y preferencia tenemos primeramente el diseño para la longevidad, es decir, el producto deber ser duradero y se pueda utilizar por más tiempo a lo que Bakker llama de *Prueba del futuro*. Sin embargo son contados los productos que se consideran durables, dependerá del producto y del segmento al que va dirigido, puesto que algunas veces no hay interés por un producto que dure toda la vida, recordemos que una de la prácticas para estimular el consumo era el crear deseos de lo nuevo.

El arrendamiento y el servicio como segundo principio llevará a la empresa a ofrecer no un producto sino el uso del producto permitiendo recuperarlo lo que nos llevaría al tercer principio o modelo sobre la reutilización, pensar en el reemplazo de piezas y la restauración a su estado original del producto traería beneficios tanto a la empresa como al cliente. (RSA, 2016, pág. 14).

Y por último principio, el diseño va hacia la recuperación del material, del reciclaje. Pensar en los residuos como recursos, aprovechándose una y otra vez en un proceso cíclico. Estos principios permiten al diseñador ver que en cada nivel existe también una necesidad de conocimientos clave que se pueden implementar si se trabaja en colaboración con otras disciplinas. (RSA, 2016, pág. 14).

Ahora para prolongar la vida útil de los productos o la reutilización de materiales es importante que se tenga en cuenta acciones como el desmontaje que según (Bakker & van den Berg, 2015, pág. 367) para realizar mantenimiento o reparación al producto, se debe priorizar el desmontaje no destructivo, ya que el desmontaje destructivo es más apropiado para el reciclaje según (Peeters, Vanegas, Dewulf y Duflou, 2012). *Rehacer*, consiste en todas las acciones realizadas cuando un producto regresa del cliente. Rehacer se utiliza como término genérico para restauración, refabricación, remanufactura y reacondicionamiento, ya que se interpretan de manera diferente según el sector industrial (Parker, 2007) citado por (Bakker & van den Berg, 2015, pág. 367), no obstante para rehacer también es importante tomar en cuenta el desmontaje del producto.

El proceso de retorno de un producto usado a una condición igual a la de uno nuevo, incluyendo la garantía, es lo que se conoce como remanufactura, Ijomah citado por (Salazar Ruiz, 2014). Un proceso simplista de la remanufactura debe incluir: clasificación, inspección, desensamble, limpieza, reproceso y reensamblaje. Las partes que no pueden ser utilizadas en su forma original son reemplazadas por nuevas, siendo el producto final una mezcla de componentes nuevos y usados.

En remanufactura, el acopio de productos descartados es fundamental y *logística inversa* es un término que refiere al control de los elementos por los cuales una empresa recupera su producto, ya utilizado, del consumidor final; se define como la gestión eficiente y efectiva del flujo de recursos desde el eslabón donde perdieron su vida útil. (Salazar Ruiz, 2014). Para el reciclaje de materiales al igual que para la reparación y remanufactura por parte de la fábrica es necesario aplicar acciones para la recolección del producto usado. Es importante determinar cómo recuperar el material a través de la logística inversa.

Logística Inversa

Al igual que la tendencia del sector industrial de deslindarse de los impactos ambientales que se generan en sus procesos productivos, también se ignora el destino final de sus productos al término de su vida útil. Como consecuencia una gran parte de los productos terminan incinerado o en vertederos. La logística inversa trata los aspectos derivados de trasladar los bienes desde el consumidor hasta el fabricante, si es procedente de devoluciones por cualquier causa o hasta los centros de recogida si es un bien fuera de uso, con el fin de proceder a su reutilización o destrucción según (López P, 2017).

El movimiento, recolección, tratamiento y redistribución de los recursos utilizados o excedentes, incluidos el transporte, la clasificación, el almacenamiento, el desembalaje, el desensamble y la segmentación del final del uso, son parte de las cadenas inversas y deben concebirse de forma efectiva al principio del proceso de diseño para gestionar la devolución y la recompra. Deben desarrollarse nuevas

relaciones y procesos, tales como el retorno a través de contratos a largo plazo, incentivos al cliente, devolución del correo y pago por uso. (NZWC, 2016, pág. 16).

El proceso de logística inversa incluye la recogida de los productos, el proceso de selección o la destrucción o eliminación de los mismos. Si los productos son utilizables pueden entrar en un proceso de reutilización o de remanufactura que, con la distribución adecuada, pueden ser utilizados bien para lo que fueron fabricados originalmente o para otros usos. El adecuado canal de comercialización lo hará llegar al usuario. (López P, 2017).

De acuerdo con Handfield y Nichols (1998) citados por (López P, 2017). “la cadena de suministro incluye todas las actividades asociadas al flujo de transformación de las materias primas en mercancías hacia el consumidor final, sea quien sea ese consumidor final y sea como sea esa mercancía que pasa a convertirse en materia prima en la logística inversa, así como los flujos de información asociados”.

Las empresas deberían apostar por materias puras en sus procesos de producción, dado que son más fáciles de clasificar al final de la vida útil. Aparte de la selección de materiales, otros aspectos importantes para un diseño circular exitoso desde el punto de vista económico son los componentes estandarizados, los productos diseñados para durar, el diseño para una fácil clasificación al final de la vida útil, la separación o reutilización de los productos y materiales, y los criterios de diseño para fabricación que tienen en cuenta las posibles aplicaciones útiles de los derivados y residuos. Al diseñar los productos, deberían tenerse también en cuenta los modelos empresariales económicos circulares. Por último, deberían desarrollarse mecanismos de retroalimentación entre las actividades del diseño y del fin del uso. (McArthur, 2015)

Una perspectiva unificada que considere aspectos estratégicos, ambientales y de diseño supondrá la implementación de programas rentables para la circularidad. La presente investigación apoyada en los principios de la economía circular busca adoptar las metodologías de diseño circular en el sector de mobiliario en México para el desarrollo de un plan estratégico e identificar oportunidades circulares a lo largo de toda la cadena de valor de la empresa, desde la materia prima hasta nuevos servicios

a sus clientes. No obstante, para ofrecer nuevos servicios no basta con el diseño circular del producto o la selección óptima de los materiales. Se tiene que considerar poner en marcha diferentes acciones para dar un servicio al usuario transformando el plan de negocios para generar esos servicios postventa como la logística inversa, que hacen posible el mantenimiento, la remanufactura y el reciclaje para transformar un sistema industrial lineal a circular.

2.3 Normas y regulaciones ambientales

2.3.1 Introducción

Las normas ambientales y de calidad establecidas principalmente en países Europeos han permitido importantes avances al desarrollo sustentable dentro el sector productivo mediante sistemas de gestión y por medio de herramientas de diseño como las señaladas anteriormente.

El desempeño ambiental en cada empresa está condicionado por restricciones endógenas y exógenas, como factores financieros y el tipo de régimen comercial que rigen sus transacciones externas, respectivamente. En este contexto, las autoridades y otras instancias competentes imponen, mediante regulaciones ambientales, un costo en el que las empresas deben incurrir para cumplir con tal normativa. (Carrillo J. , 2005, pág. 25)

Como lo menciona (Suris, 2005), uno de los agentes externos que influyen en las decisiones y acciones de la empresa es el *mercado*, el cual tiene una gran influencia sobre la posición que toma la empresa respecto al medioambiente, pues la importancia que le dé el mercado, se verá reflejado en las acciones que tome la organización en términos medioambientales. Sin embargo, el autor sostiene que el mercado también reacciona a estímulos de la empresa, es por esto que la empresa tendría que ofrecer productos que beneficien al medioambiente en un intento por descubrir su potencial en el mercado ecológico.

El problema está en que dicho mercado no refleja los costos de los daños generados sobre el medioambiente por parte de la actividad económica, estos daños no incurren en las decisiones del consumidor, ni del productor. Suris señala que si el mercado no es capaz de asignar los recursos de acuerdo a las expectativas del bienestar social, entonces le corresponde al Estado intervenir para su funcionamiento. Entonces sugiere incorporar mecanismos de mercado para simular precios de la degradación ambiental que los contaminadores incorporan a sus costos. Internalizando las externalidades.

Una correcta intervención del estado es fundamental, la Hipótesis de Porter sostiene que *“una estricta regulación ambiental aumenta la eficacia e innovación empresarial, incentiva una mayor inversión empresarial en la investigación y uso de tecnologías más limpias beneficiando al medio ambiente por un lado y la innovación y mejora de procesos de producción más eficientes por el otro”*. Los ahorros en los costos que pueden ser alcanzados serían suficientes para compensar los gastos ocasionados para cumplir con las nuevas regulaciones así como los costos de innovación. (Porter y Van der Linde, 1995).

Reconocer la intervención del Estado, ha sido fundamental para presionar en la actuación de las empresas, por medio de legislaciones y regulaciones, así como las presiones sociales por grupos y organizaciones ambientalistas que demandan un mejor sistema productivo en beneficio del medioambiente.

Existen posturas optimistas sobre la responsabilidad del sistema económico sobre el medio ambiente donde apuestan en las tecnologías limpias para hacer frente a la problemática, la selección de nuevos materiales ecológicos, el rediseño de los procesos de producción, así como las buenas prácticas dentro de la empresa mediante una serie de modificaciones en los hábitos ocupacionales de fácil aplicación que representan un aumento de la calidad ambiental y optimización del proceso de producción (DAMA, 2004). No obstante, Wallerstein citado por (Cuevas, 2009, pág. 27) sostiene que el apostar en tecnología limpia y en la aplicación de medidas

ecológicas resulta insuficiente pues para el sistema económico es poco conveniente dejar de acaparar ganancias.

Claver y Molina (2000), también reconoce estas dos perspectivas en las empresas respecto al medio ambiente en relación con las ventajas competitivas. Por un lado tenemos la perspectiva pesimista donde el medio ambiente representa una amenaza para la empresa, puesto que cualquier mejora que se le pueda ofrecer al entorno natural se hará a costa de la merma de la competitividad y las rentabilidad de la empresa. La necesidad de destinar recurso financieros, técnicos y humanos a los aspectos medioambientales genera costos a la empresa.

Por otra lado existe la perspectiva mucho más optimista en la relación empresa-ambiente que asegura que una buena gestión medioambiental dentro de la empresa puede generar una mejora tanto en el entorno natural como en la competitividad de la empresa, se reconoce que la introducción de consideraciones ambientales dentro de la empresa repercute en el incremento de algunos costos, sin embargo, pueden verse compensado por el ahorro de otros.

La relación que tiene la actividad industrial y sus efectos sobre el medio ambiente está sujeta a los elementos externos que influyen en las decisiones y acciones de la empresa.

En México, la conducta ambiental de los agentes económicos, incluidas las empresas maquiladoras y no maquiladoras, está regulada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Un ejemplo es el art. 10 de esta Ley, en el que se establece que se requieren permisos especiales para la instalación y operación de los sistemas de almacenaje, transporte y manejo de residuos peligrosos. (Carrillo J. , 2005, pág. 26). La reacción del sector manufacturero en México ante las regulaciones ambientales se muestra con dificultades para su cumplimiento pues hay un rezago de tecnologías limpias y peor aún, existe un desconocimiento generalizado de la implantación de gestión medioambiental. No existe una asistencia técnica y se

ignoran los beneficios que podría traer el cumplimiento de estas regulaciones para la empresa.

Esto se dá por varios factores, uno de ellos es que aún siguen un sistema industrial clásico, enfocado solo en flujos económicos, y en materia medioambiental solo se aplica el control de la contaminación por medio de la reducción de residuos y de energía degradada. Además no se toman en cuenta otras consideraciones, como por ejemplo que el residuo de una industria podría ser materia prima para otra, o que el producto puede convertirse tarde o temprano en un residuo.

Los múltiples paquetes de políticas ambientales que existen principalmente en la Unión Europea sirven de referencia para desarrollar las propias en países como México que tienen un rezago en política medioambiental.

2.3.2 Medidas de transición circular en la política Europea

Una de las políticas pioneras implementadas hacia el sector productivo fue la directiva europea sobre residuos 2008/98/EC, en la que se consideraba la reutilización y la reparación como formas de extender la vida de los productos *“Los Estados miembros tomarán las medidas que proceda para fomentar la reutilización de los productos y las actividades de preparación para la reutilización, promoviendo el establecimiento y apoyo de redes de reutilización y reparación, el uso de instrumentos económicos, los requisitos de licitación, los objetivos cuantitativos u otras medidas”* (art. 11).

Aún se trabaja en aspectos regulatorios y financieros que van hacia una economía más circular. Surgen políticas de residuos más ambiciosas pero con objetivos realistas, además existe una serie de políticas y medidas que ya entraron en vigor en la Unión Europea que aborda parte de la transición a una economía circular propuesta por Comisión Europea (2014).

Uno de los países que más ha perfeccionado sus políticas medioambientales y que cumplen con el marco de la economía circular, son los países bajos. En el documento señalado por (Rijksoverheid, 2014) *“De los residuos a los recursos”* se establecen ocho estrategias que tienen como objetivo avanzar hacia a una economía circular:

1. Hacer sostenible el frente de la cadena de suministro
2. Hacer que los patrones de consumo sean sostenibles
3. Mejora de la separación y recolección de desechos
4. Focalizar las políticas actuales de residuos en la economía circular
5. Abordar cadenas específicas y corrientes de desechos
6. Desarrollar incentivos financieros y de mercado
7. Conectar el conocimiento y la educación a la economía circular
8. Simplificar herramientas de medición, indicadores y etiquetas

La Unión Europea establece en 2008 el texto modificado de la Directiva 2008/98/CE (European Union, 2008) relativa a los residuos, conocida como Directiva Marco sobre Residuos (DMR), la cual establece el marco para regular la gestión de residuos en la Unión Europea, impulsando el uso eficiente de los recursos y la reducción de los posibles residuos depositados en vertedero. Para ello, reconoce la existencia de una jerarquía flexible entre los posibles escenarios de fin de vida de los productos. Esta jerarquía prioriza las cinco posibilidades existentes para gestionar residuos, que son: 1. Reducir. 2. Reutilizar. 3. Reciclar. 4. Recuperar o valorizar. 5. Desechar.

Esta jerarquía se basa en la lógica de que lo más eficaz, en lo que se refiere al uso eficiente de los recursos, es no generar residuos o generar la mínima cantidad posible, reducir el consumo.

La segunda mejor opción es reutilizar, es decir, utilizar el mismo artículo múltiples veces. Si no es posible reutilizar, entonces hay que reciclar los productos siempre y cuando sea más ecoeficiente que la recuperación desde el punto de vista del ciclo de vida o recuperar y valorizarlo. El último recurso es desechar el producto. Esta opción debería limitarse al mínimo. (Plasticseurope, 2008).

Para el diseño de producto la Unión Europea ha desarrollado una directiva (Directiva 2009/125/EC), que establece los requerimientos para los productos energéticos y

mejorar su actuación medioambiental. Los productos que no cumplen con los requisitos no pueden estar en el mercado, tampoco los productos importados. Solo permite que los productos accedan al mercado bajo un marco de condiciones, criterios y procedimientos basados en la economía circular.

La legislación Europea pone especial atención al diseño implementando requisitos para los productos de dos maneras: mediante el diseño técnico, fomentando el uso homogéneo de materiales para facilitar la separación y requisitos para poder desarmar, reparar y reciclar; y mediante el diseño del material, definiendo requisitos de la composición química de los productos, libres de tóxicos y que se puedan usar en el futuro sin perder la calidad.

2.3.3 Deficiencias en las políticas para la Economía Circular

Aún existen mejoras por hacer en las políticas que apoyan el impulso de una economía circular, se han identificado áreas donde hace falta mejorar las políticas, esto incluye cambiar los impuestos y extender la responsabilidad del productor.

El Estado puede trabajar en políticas para avanzar hacia una economía más circular, a través de nueve acciones propuestas por The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO, 2013).

1. Crear una estrategia clara, interdepartamental y consistente para construir una economía circular.
2. Desarrollar un plan coherente de educación e investigación para la economía circular.
3. Hacer una evaluación exhaustiva de las reglas y regulaciones existentes con respecto a los residuos.
4. Aumentar el conocimiento y la conciencia de las materias primas en cada cadena de valor.
5. Asegurar que los candidatos reciban una ventaja permanente y verdadera. Es decir incentivar a las organizaciones que se transforman hacia una economía circular.
6. Revisar la efectividad de un amplio conjunto de incentivos fiscales y financieros para promover el comportamiento circular.

7. Determinar el impacto de las plantas de incineración en la viabilidad de casos comerciales circulares.
8. Desarrollar el papel del gobierno como un *cliente de lanzamiento* activo.
9. Utilizar el conocimiento en el campo de juego internacional para ayudar a la economía circular a difundirse en otros países.

También existe la necesidad de cambiar los impuestos del trabajo al uso y consumo de los recursos naturales. Los impuestos sobre los recursos aumentan el reciclaje y reducen la extracción de recursos. Los impuestos más bajos sobre el trabajo permitirían aprovechar la abundancia de talentos y capacidades de las personas. Aunque un cambio en los impuestos es un presupuesto neutral para los gobiernos, fundamentalmente cambia los márgenes dentro de los cuales operan las empresas, los consumidores y los gobiernos. (Project, 2014).

Los cambios regulatorios a nivel europeo pueden tardar fácilmente cinco años antes de que la acción se materialice a nivel nacional, en cambio la ventaja de las iniciativas de economía circular está en que estas podrían comenzar en menos de un año a nivel local. El conjunto de todas las iniciativas de abajo hacia arriba es decir de lo local hacia lo general podría crear una dinámica que puede superar la de los cambios introducidos por las regulaciones.

Vemos que en el contexto Europeo aunque las políticas medioambientales aún tienen deficiencias ya se han desarrollado e implementado con éxito. En el contexto de México, hay un atraso alarmante en cuestión de políticas medioambientales especialmente en el desarrollo de productos. No obstante, las iniciativas que se den en lo local contribuirán a una transición del modelo económico. Uno de los propósitos de esta investigación es demostrar que aún en nuestro contexto, con las deficiencias que tiene sector productivo principalmente el sector del mobiliario, se pueden implementar acciones que optimicen la vida de sus productos y que constituyan ventajas competitivas para la empresa.

El diseño de productos y procesos circulares requiere competencias avanzadas, informaciones y métodos de trabajo que actualmente tienen poca disponibilidad. Las

empresas, las instituciones gubernamentales, organizaciones y la misma sociedad están tomando acciones para transformar los modos de producción y consumo. Mientras en el caso de México se habla de desarrollo sustentable en los diversos sectores productivos, aún falta tomar acciones que supongan cambios reales.

2.4 Sector de mobiliario hacia la circularidad

A pesar de que implementar consideraciones medioambientales incrementa algunos costos dentro en las empresas, actualmente podemos encontrarnos con algunos ejemplos que demuestran que con una buena gestión medioambiental puede mejorar el desempeño ambiental de sus procesos y sus productos mejorando la competitividad de la empresa. Es decir los costos pueden verse compensados por el ahorros de otros. Esto podría ser un motivo para que la empresa adopte estas medidas.

La preocupación de las empresas esta en el cambio que se deba dar desde la estructura organizacional, los procedimientos y los procesos de producción, es decir, cualquier cambio que se haga dentro de la organización son perdidas económicas y perdidas en la competitividad frente a las demás empresas.

Desde la perspectiva de la economía circular, la incertidumbre sobre las consecuencias de los cambios organizacionales en la empresa se reduce, pues este sistema industrial interviene en todo el ciclo de vida del producto generando acciones en la estructura organizacional de la empresa, sin trasladar los problemas de una fase a otra en el ciclo, así como de formar redes con otras empresas para el intercambio de recursos.

Además, la sensibilidad por el medio ambiente conduce a la proyección de una imagen positiva en el mercado. El descubrimiento de los beneficios asociados con las estrategias de un producto "verde", era uno de los primeros pasos para desarrollar una estrategia proactiva y superar el temor de las empresas a la transformación de su estructura.(Lupulescu, 2016).

2.4.1 Descripción del sector del mobiliario

La industria de mobiliario en México se considera como una actividad de tradición familiar. Es por eso que se sigue un sistema industrial clásico, además de ser un sector joven, con conciencia de cambio y predominantemente artesanal de acuerdo con (Guzmán, 2002), de esta manera ha tenido dificultades para competir en el mercado internacional. Según datos del portal para la información gob.mx (Economía, 2015), la industria del mueble está integrada por pequeñas, medianas y grandes empresas ubicadas en diversas regiones del país.

La industria nacional trabaja en un proyecto de sustitución de insumos que podría reducir la dependencia del exterior, principalmente de Asia, lo que ayudaría a la proveeduría mexicana a fabricar con mayor contenido nacional con una oferta productiva.

La importancia del sector de muebles en el mundo representa el 0.7% del comercio total. Comercio de muebles del TPP (Tratado de Asociación Transpacífico), representa el 28.3% del comercio total de la Industria.

Producto Interno Bruto del mueble 2013- 2015				
	Millones de pesos (1)	% del PIB Manufacturero (1)	Variación a precios constantes	
			Anual a precios Constantes (%)	Acumulado en el sexenio (%)
2013	32187	1.19	-5.8	2.7
2014	32,210	1.12	-1.8	Promedio en el sexenio (%)
2015	35,607	1.15	7.5	0.7

TABLA 3. PRECIOS CORRIENTES. (2) A PRECIOS CONSTANTES 2008. FUENTE INEGI.

De 2007 a 2015, los países del Tratado de Asociación Transpacífico (TPP), canalizaron 77.2 Millones de dólares (Mdd) de inversiones directas hacia la industria de muebles en México, mientras el resto de los países acumularon flujos negativos por 18.6 Mdd. Los países inversionistas son, EE.UU. que invirtió 83.4 Mdd, Japón, Singapur, Chile y Canadá disminuyeron sus inversiones en 6.2 Mdd

Existe una desgravación arancelaria entre los países de la TPP para la industria del mueble, para poder recibir el arancel preferencial del TPP, un producto debe cumplir con las “reglas de origen”, que son los requisitos pactados para definir las condiciones bajo las cuales un bien puede calificar como originario. Estos requisitos se refieren a un conjunto mínimo de procesos productivos, operaciones de fabricación o la aportación de un valor agregado que se deben llevar a cabo en los países integrantes del Tratado.

La regla de origen aplicable a las partes y componentes para muebles permite traer insumos de terceros países para su manufactura (plásticos, metal, textiles, madera, materias vegetales, herrajes, y accesorios, entre otros) como en la tabla 4.

Análisis a nivel de fracción arancelaria

Principales productos importados del TPP	2015 Mdd	Part. imp. prov. del TPP
9401.90.99 Las demás partes de asientos.	123	23.7%
9403.20.99 Los demás muebles de metal.	90	17.4%
9403.90.01 Partes de los demás muebles.	62	11.9%
9403.60.99 Los demás muebles de madera.	45	8.6%
9401.61.01 Los demás asientos, con armazón de madera tapizados (con relleno)	35	6.7%
Resto	165	31.8%

TABLA 4. NIVEL DE FRACCIÓN ARANCELARIA EN LOS PRODUCTOS IMPORTADOS DEL TPP. FUENTE: BANCO DE MÉXICO (ECONOMÍA, 2015)

Se requiere que el sector mejore su proceso productivo en términos de acabado, funcionalidad de productos, nuevos canales de distribución y algo muy importante, el desarrollar diseño de productos más respetuosos con el medio ambiente. Un fuerte desarrollo de la producción de mobiliario en México exige esfuerzos sustanciales en organización, información comercial, procesos para mejorar la calidad y optimizar costos, y desarrollar canales de distribución conjunta. Asimismo empezar a aplicar acciones en los proceso de producción que consideren al medioambiente.

En el contexto económico global es importante tener en cuenta la articulación de la industria del mueble y de la madera con otras actividades económicas. La industria del mueble se vincula en última instancia con el sector forestal que proporciona la madera como principal materia prima. También se le relaciona con el sector agrícola, el manufacturero y con los subsectores de fabricación de cuchillería, herramientas de mano, ferretería, pinturas, barnices y otros productos de revestimiento. (Espinosa, 2012).

2.4.2 Debilidades del sector

La producción de muebles ha experimentado una rápida globalización en los años recientes. Esto se debe al efecto de cadenas de producción global establecidas por fabricantes y comerciantes que han buscado reducir costos en un contexto muy competitivo. La globalización de la industria se ha facilitado por innovaciones tecnológicas y por la reducción global de barreras a la inversión, sin embargo, la industria de muebles en México aún está deteriorada por falta de tecnologías y diseño en los productos.

La tendencia global causó que la industria de mobiliario, así como en otros sectores, adoptarán un modelo empresarial del tipo maquilador. La maquiladora considerada como el principal medio de inserción internacional de la economía mexicana, supone por sí sola 22% del total de exportaciones de América Latina y el Caribe (CEPAL, 2003). A partir de 1995, tras la firma del TLCAN, se produce un boom, lo cual se refleja en el aumento del número de establecimientos y en el empleo en dichas empresas, que alcanzó en 2002, 3.4% del empleo total y 28.6% del empleo industrial total. (Gómez Vega, 2004)

No obstante, el problema en México han sido las limitaciones de la maquila para actuar como motor o catalizador del desarrollo económico mexicano, consecuencia de su escasa vinculación con la estructura productiva local debido al elevado consumo de inputs importados. Por lo tanto, cualquier estrategia de desarrollo productivo en México implica aumentar el grado de conexión entre maquilas y empresas proveedoras locales de acuerdo con (Gómez Vega, 2004, pág. 75).

Esto explica la preocupación del bajo escalamiento industrial de la maquila en México, lo que involucra un cambio en las estrategias de productividad hacia estrategias más sostenibles en el largo plazo contribuyendo a la modernización y desarrollo de la industria mexicana.

Para el sector de mobiliario, la globalización ha permitido la importación de muebles de bajo costo, principalmente de Asia (Becerril, El financiero, 2014), y eventualmente la importación de nuevos materiales derivados de la madera. La industria del mueble en el país ha permitido el uso de estos materiales, tanto que la producción de tableros nacionales no abastece la creciente producción de mobiliario, siguiendo esta tendencia de sustituir las antiguas prácticas por factores de economizar en materia prima, además de seguir estándares estéticos cayendo en la constante imitación de estilos y olvidándose de las consideraciones medioambientales en el diseño del mueble.

La competencia con el creciente producto importado es en precios y en logística de mercado. En calidad, el mueble mexicano compite de forma pareja y tiene buena aceptación en el mercado nacional e internacional por medio de muebles de estilo rustico y trabajos artesanales. En costos de producción México encuentra grandes problemas, lo que deja a los fabricantes nacionales fuera del mercado o los obliga a entrar en modelos empresariales maquiladores, y producir mobiliario con insumos de bajo costo pero que al fin de cuentas el producto es de muy baja calidad, lo que conlleva a un ciclo corto de vida y un reemplazo prematuro. Se ha reemplazado la composición del mobiliario, obedeciendo más a una tendencia global.

En una entrevista realizada en el año 2016 por (Economista, 2016), Rigoberto Chávez Director del consejo de AFAMJAL, comenta que la industria de mobiliario en occidente tiene como objetivo el desarrollo de diseño e innovación, que incluirá también el desarrollo de materias primas, ya que hay un déficit en la producción de madera, MDF y aglomerados. En el año 2015 se importaba el 70% de estos materiales provenientes de Chile y Estados Unidos principalmente. Otro de los objetivos es atraer más compradores internacionales.

Considerando las declaraciones del directivo de esta asociación, se hace evidente la prioridad de producir más y mejor mobiliario que posicione a la industria de México en los primeros lugares. Hay una inclinación hacia la homogenización del producto, justificando la utilización de materiales importados por la demanda actual, diferente a la de muebles rústicos o clásicos que se fabricaban anteriormente. Las organizaciones o asociaciones del sector del mueble no ponen sobre la mesa aspectos como el impacto ambiental que genera esta producción de muebles, hay un interés solo en crecimiento económico.

Por otra parte, el presidente del Consejo Empresarial Forestal explica que otra de las desventajas del sector está en la materia prima. La madera como principal insumo en la fabricación de mobiliario se ve afectada por la tala ilegal de árboles, lo que ha provocado la disminución de la producción, obligando a importar materiales de menor calidad como el triplay y laminados, y consecuentemente aumentando el costo en la madera. (Becerril, El Financiero, 2014).

En el siguiente cuadro se exponen otras debilidades que presenta el sector de mobiliario desde el contexto Europeo según (Forrest, 2017, pág. 16) para tener en cuenta al momento de concretar las estrategias circulares en el sector empresarial de nuestro país.

- i. Materiales de menor calidad y diseño deficiente.
- ii. Utilización de sustancias químicas. (Reglamento REACH).
- iii. Poca información del consumidor y disponibilidad de repuestos.
- iv. Infraestructura limitada de recolección y logística inversa.
- v. Alto costo de reparación y reacondicionamiento.
- vi. Debilidad en la demanda de muebles de segunda mano.
- vii. La escasa demanda de materiales reciclados.
- viii. Conductores de políticas poco convincentes.

Por tratarse de un tema de carácter urgente, la acumulación de residuos en el entorno, la sobreexplotación de recursos y todas las consecuencias sobre el medioambiente, es importante enfocar la atención en esta problemática. El diseño está relacionado

directamente con la producción industrial y los efectos negativos que puede traer al medioambiente es responsabilidad del diseñador. Aplicar estrategias de diseño como las que se proponen dentro del marco de la economía circular en el contexto del sector empresarial en México es un primer paso para transitar hacia un modelo económico y de desarrollo de productos que prometen revertir la carga negativa sobre el entorno natural. Con una visión estratégica, el sector podría ocupar nuevos nichos de mercado, con un mayor valor agregado.

2.4.3 Atributos de circularidad en el mobiliario

A pesar de las dificultades del sector, existen casos de empresas donde se han aplicado estrategias de economía circular en el mobiliario, y se han convertido en pioneras hacia la transición a un nuevo modelo económico, creando relaciones creativas entre actores involucrados dentro de la dinámica de producción y consumo. Tenemos dos casos particulares de dos compañías de los Países Bajos, justamente donde se desarrolla estas nuevas perspectivas de consumo.

Estudio de caso 1 - Muebles modulares IKEA®

La compañía IKEA presenta propuestas para lanzar una gama de mobiliario modular en 2018, como parte del compromiso con la extensión de la vida útil del producto. La introducción de productos de mobiliario con la intención de que los clientes tengan la opción de personalizar y construir / agregar o extender la función de productos individuales. Esto incluye un diseño estandarizado para permitir a los clientes actualizar o convertir artículos de mobiliario en usos alternativos, incluida la conversión de sofás en una cama, el reemplazo de reposabrazos o la adición de mesas auxiliares.

Estudio de caso 2 - Modelos de negocios de ecodiseño, arrendamiento y devolución Gispén®

Como diseñador y productor de mobiliario de oficina, el modelo de negocio de Gispén se basa en principios de economía circular, trabaja bajo una filosofía en torno a productos duraderos, bien diseñados, larga vida útil y uso óptimo. Después de la

instalación, Gispen también ofrece logística inversa para muebles y servicios de actualización y reconfiguración de muebles, a medida que evolucionan los requisitos de mobiliario para espacios de oficinas.

Si bien se centró principalmente en el diseño y el fabricante, el modelo de negocio de Gispen se ha desplazado hacia la prestación de servicios de gestión de instalaciones a su base de clientes. El enfoque para el diseño y suministro de productos de mobiliario circular sigue los principios rectores, incluida la selección de materiales sostenibles, el potencial de desensamblaje, el mantenimiento, la capacidad de actualización, y la capacidad de reciclaje. Gispen ofrece una variedad de modelos de financiamiento a sus clientes que incluye pago por uso. Bajo este modelo de negocio, Gispen conserva la propiedad del producto, con contratos estructurados según la implementación y el uso del mobiliario. La cantidad que pagan los clientes se refleja en la cantidad de estaciones de trabajo requeridas, necesidades funcionales y estéticas, y el período de uso / intensidad de uso.

Existen otras empresas de fabricación de mobiliario que no están dentro de un modelo de negocio circular como tal, pero llevan a cabo prácticas que pueden ser parte de las estrategias que conducirían hacia una economía circular, tanto en la optimización de sus materiales, como de sus procesos hasta el servicio que pueden ofrecer al usuario para facilitar la consecución de algunas estrategias de fin de vida del producto.

Una de estas empresas es VIESSO, una empresa de fabricación de mobiliario ubicada en la ciudad de Los Ángeles, California. Entre sus tantos objetivos está el ofrecer productos respetuosos con el medio ambiente. Y esto lo hace precisamente en la optimización de los recursos que utilizan para la fabricación de su mobiliario.

Hace falta en el sector industrial en México incluyendo el de mobiliario una concientización y formación medioambiental. Los muebles son parte del cúmulo de productos que terminan en vertederos, siguiendo con el usar y tirar. La inserción de nuevos materiales de bajo costo en el mercado, estandarizados, factores formales, y

aspectos estéticos han permitido de que el mobiliario está dentro de la dinámica de lo desechable.

En la aplicación de la circularidad en el sector de mobiliario, es importante hacer un trabajo conjunto del diseño con la empresa para llevar a cabo el desarrollo de productos más respetuosos con el medio ambiente.

La eficiencia en el uso de los recursos, como objetivo primordial de la economía circular hace frente a prácticas como la obsolescencia programada, o el usar y tirar de las cuales el sector del mobiliario no está exento. Es importante actuar en todo el ciclo de vida del producto, con la optimización del producto, de los componentes y materiales además de crear las condiciones necesarias para que tanto el productor como el consumidor impulsen la transición a una economía circular.

CAPITULO III MÉTODO. PLAN ESTRATÉGICO PARA LA CIRCULARIDAD

3.1 ACERCAMIENTO

Se presenta un análisis sustentado en los principios de economía circular aplicado al contexto del sector industrial mexicano. El estudio se dirige a un modelo de negocio del tipo maquilador intermedio de fabricación de mobiliario, el cual no cuenta con una estructura organizacional bien definida y la relación con el usuario es nula. Se analiza una unidad compuesta por varios elementos, componentes y materiales para identificar las oportunidades y las limitaciones en la transformación de la empresa hacia un sistema industrial circular.

3.1.1 Variables detectadas

Las variables operadas en este estudio se establecieron a partir de identificar la gestión en el uso eficiente de los recursos, esencial dentro de la economía circular. En el esquema 4 exponemos estas tres variables que constituirían un sistema industrial circular. La *Optimización de material*, el *Diseño de producto* y *Servicio al usuario*, son clave para conformar en la empresa un sistema con las características de una economía circular. En cada una se mencionan los indicadores *circulares* que se evaluarán y su relación con acciones como la optimización de material, el mantenimiento, la remanufactura y el reciclaje.



ESQUEMA 4. VARIABLES, INDICADORES Y SUB-INDICADORES. ELABORACIÓN PROPIA.

Para hacer uso óptimo de la materia prima, mantenimiento (producto), remanufactura (componentes) y reciclaje (materiales), se debe tener en cuenta tres elementos fundamentales.

La *optimización del material* asegura que el diseñador o la persona responsable en seleccionar el material tome en cuenta factores que favorecen la circularidad del producto.

El segundo elemento es el *diseño del producto*, aquí los criterios de estandarización, desensamble y desmaterialización son importantes en el desarrollo de productos circulares para su gestión en las cadenas inversas.

Como tercer elemento esta el *servicio al usuario*, la relación con el usuario será el medio para hacer factible el mantenimiento, remanufactura y reciclaje de sus productos al final de su vida útil. Es necesario que la empresa cuente con un base de datos que permita el contacto con los clientes para ofrecer soporte técnico, garantías Y principalmente que sea posible la logística inversa. Se conoce y evalúa a la empresa

para obtener la información suficiente y así proponer estrategias que posteriormente se valorarán para conocer el grado de circularidad.

3.1.2 Estructura del plan estratégico

En la tabla 5 se presenta la estructura metodológica del presente estudio, dividido en cuatro etapas respectivamente.

TABLA DE CONTENIDO				
ETAPA 1	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA EMPRESA			
	Conocer y perfilar a la empresa			
	Introducción Modelo de Negocio Infraestructura Unidad de Análisis Proceso de Fabricación Tabla de materiales			
ETAPA 2	ANÁLISIS DE CIRCULARIDAD ACTUAL			
	Optimización de material		Diseño de producto	Servicio al usuario
	Suministro de material		Estandarización	Base de Datos Soporte Técnico Garantías Logística inversa
	Tipo	Toxicidad	Identificación	
	Origen	Composición	Intercambiabilidad	
	Proveedor	Disponibilidad	Desensamble	
Certificación		Inspección		
Eficiencia de Disposición Final		Separación de pieza		
Residuos en proceso		Limpieza		
Residuos en fin de vida		Desmaterialización		
Tabla de Evaluación		Limitación de materiales		
ETAPA 3	ESTRATEGIAS POSIBLES PARA MEJORAR			
	Optimización de material		Diseño de producto	Servicio al usuario
	Suministro de material		Estandarización	Base de Datos Soporte Técnico Garantías Logística Inversa
	Eficiencia de disposición final		Desensamble	
		Desmaterialización		
ETAPA 4	RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO			
	Optimización de material		Diseño de producto	Servicio al usuario

TABLA 5. ETAPAS DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA CIRCULARIDAD. ELABORACIÓN PROPIA.

3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA EMPRESA

3.2.1 Caso de Estudio

El análisis se realiza en una empresa que pertenece al sector del mobiliario, su propuesta de valor está en la fabricación y comercialización de sillones con inclinación tipo americano. Su modelo de negocio se caracteriza por ser del tipo maquilador intermedio, importa componentes maquilados en Asia, solo fabrica para distribuidores, sin tener relación directa con el usuario y no tiene una estructura organizacional adecuada.

Para documentar el modelo existente y valorar los escenarios posibles hacia un modelo de circularidad, se describe a la empresa utilizando la guía *model bussiness canvas* de (Osterwalder & Pigneur, 2010) (ANEXO 1), reconocido como un instrumento que facilita la gestión para el desarrollo de nuevos modelos de negocio. Por cuestión de confidencialidad, no se describe la identidad de la empresa como tal, se omitirá el nombre y ubicación. Se detalla el perfil y la cadena de valor mediante aspectos de infraestructura, oferta, clientes y finanzas, todos ellos descritos por este instrumento.

Se realizó una entrevista no estructurada, con preguntas abiertas y flexibles, con la intención de que se adapten a la situación y características particulares de la empresa. Aunque regidas por los objetivos de esta investigación.

3.2.2 Modelo de Negocio Actual

A continuación en la tabla 7 se muestra la descripción de los aspectos clave de la empresa.

Lienzo de modelo de negocio	
ASPECTOS	
Segmento de clientes	<p>Los clientes principales son mueblerías de todo el país, así como cadenas grandes, algunos de sus clientes son:</p> <p>GD comercializadora del Bajío S.A DE C.V GD comercializadora noroeste S.A DE C.V SEARS Muebles Plasencia S.A DE C.V Muebles Troncoso S.A DE C.V</p> <p>Se dirige a un mercado masivo sin embargo su producto se dirige hacia clientes de clase media alta por el tipo de mobiliario y el costo. No tienen ningún contacto con el usuario final del producto.</p>
Propuesta de valor	<p>Su principal propuesta de valor está en el producto, con un diseño robusto y calidad en el tapizado, además de todas las opciones que ofrece su configuración; Estático o mecedora, Sistema apertura y cierre manual o eléctrico, pistón de elevador, todas las unidades cuenta con un sistema de masaje (Individual). Además de tener una amplia gama de colores y materiales para el tapizado. Todas estas características son apreciadas por el comprador (mueblería).</p>
Canales	<p>Las visitas comerciales es el canal que mejor funciona para acercarse al cliente, a través de cuatro agentes de venta repartidos en cuatro zonas que abarca todo el territorio nacional. Además, como medio para llegar a los clientes clave, la empresa asiste a por lo menos dos exposiciones importantes de muebles en los meses de agosto y febrero en Guadalajara, Jalisco. Y una tercera expo en junio en San Luis Potosí, SLP. A pesar que se cuenta con página en las redes sociales, el contacto con cliente por este medio es mínimo.</p>
Relación con clientes	<p>La relación con los clientes se mantiene vía telefónica en su mayoría. Dependiendo del cliente es la relación, pues hay quienes hacen la compra personalmente con el agente. Los agentes de venta hacen servicio de postventa, si existe algún inconveniente y si requiere un trato presencial aunque no es muy frecuente</p>
Fuente de ingresos	<p>La única fuente de ingresos es la comercialización de los muebles. Se cobra únicamente por las unidades vendidas. Los mecanismos de pago depende de la preferencia del cliente.</p>
Recursos clave	<p>Recursos Físicos Materia Prima; <i>Madera de pino, OSB, Espuma de PU, Fibra de PL, Costal, Alambre acartonado, Resorte, Laminado PU, Mecanismos) metal, (Tornillo, pija) y Adhesivos.</i> Infraestructura. Tres Bodegas (Almacén, Carpintería y Producción) Transporte (Entrega de muebles) Recursos Humanos (40 empleados divididos por áreas de trabajo)</p>

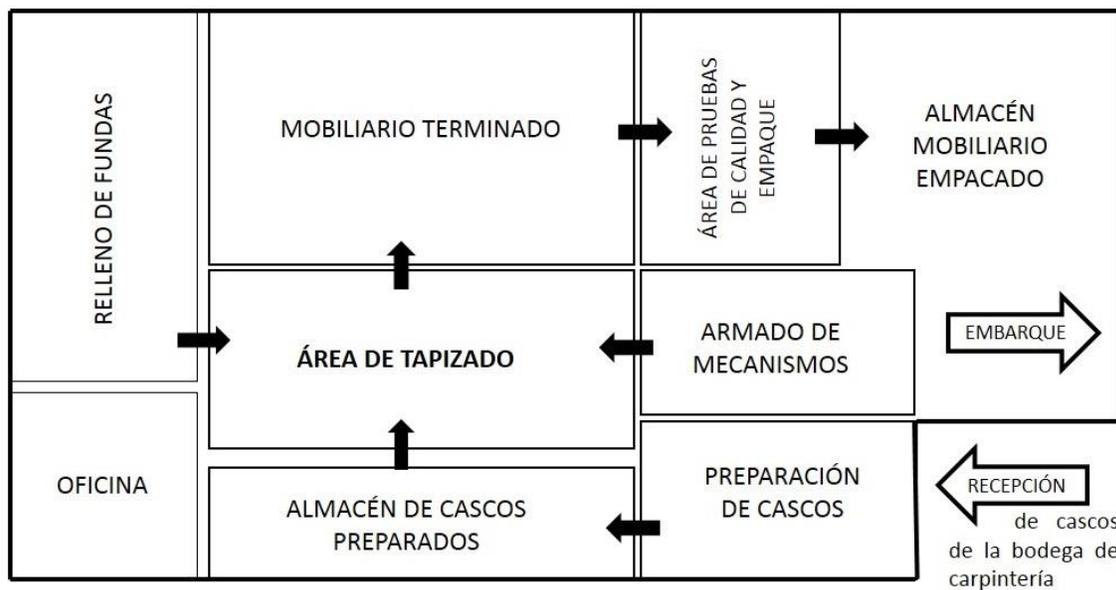
Actividades clave	<p>Las actividades nucleares de la empresa en producción son;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Armado de cascos (Carpintería) • Armado de mecanismos • Tapicero (Enfundado) <p>Subcontratado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tapiz costurado (Funda) • Mecanismos para el movimiento 	<p>Las actividades nucleares de la empresa en logística</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empaque • Embarque • Entrega 	
Socios clave	Los proveedores más importantes para la empresa son los proveedores internacionales, provenientes de Asia. Seguido de los proveedores nacionales procedente de Jalisco		
		Producto	Proveedores
	IMPORTADO	Mecanismos de reclinación, sistemas de asientos y componentes.	Leggett Pratt® Asia.
		Fundas para armar el tapizado	No disponible Asia
	NACIONAL	Madera de pino 3ra, seca al aire.	Pinares del sur S.A de C.V Cd Guzmán, Jalisco
		Espuma y fibra de Poliuretano	Ureblock® Guadalajara, Jalisco
Adhesivo para madera y laminado		Liderz® Guadalajara, Jalisco	
Tornillos, Pija, Rondana, Grapas casquera (2"), Grapa tapicera (71.10) y Tira tachuela. Rafia		OIMSA Guadalajara, Jalisco	
Estructura de costos	<p>Los costos más importantes para la empresa son</p> <p>Los recursos importados (por costo y por tiempo)</p> <p>Madera y consumibles.</p> <p>Pago de personal (Tapiceros, empacadores, personal administrativo, etc)</p> <p>Renta de dos bodegas, (Almacén y Carpintería)</p> <p>Contrato de empresa de logística</p> <p>Renta de transporte para personal (lunes a sábado)</p>		

TABLA 6. MODELO DE NEGOCIO DE EMPRESA FABRICANTE DE MOBILIARIO. ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.3 Infraestructura

Para la manufactura del producto, desde el proceso de fabricación, hasta el embarque, se cuenta con tres áreas de trabajo distantes entre sí. En la primera se fabrica la estructura de madera que da soporte al sillón reclinable. En la segunda área se realiza el proceso de armado y finalizado del producto, así como las oficinas administrativas de la empresa. La tercera área es utilizada como almacén para el embarque del producto. En el esquema 5 se muestra la distribución de los espacios de trabajo en el proceso de armado y embalaje.

DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO



ESQUEMA 5. AREAS DE TRABAJO DENTRO DE LA FÁBRICA. ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.4 Unidad de Análisis

Asimismo, después de describir el modelo de negocio de la empresa, es importante realizar el análisis en el producto. Se elige una unidad de análisis para conocer la composición del mobiliario, clasificando los materiales, los componentes, y su proceso de fabricación. Esta información es indispensable para plantear las estrategias de cambio en el producto.

La empresa ofrece distintas líneas o modelos de salas, cada modelo se diferencia por la forma de su estructura interna (cascos) y en las fundas de los tapizados, las dimensiones varían muy poco.

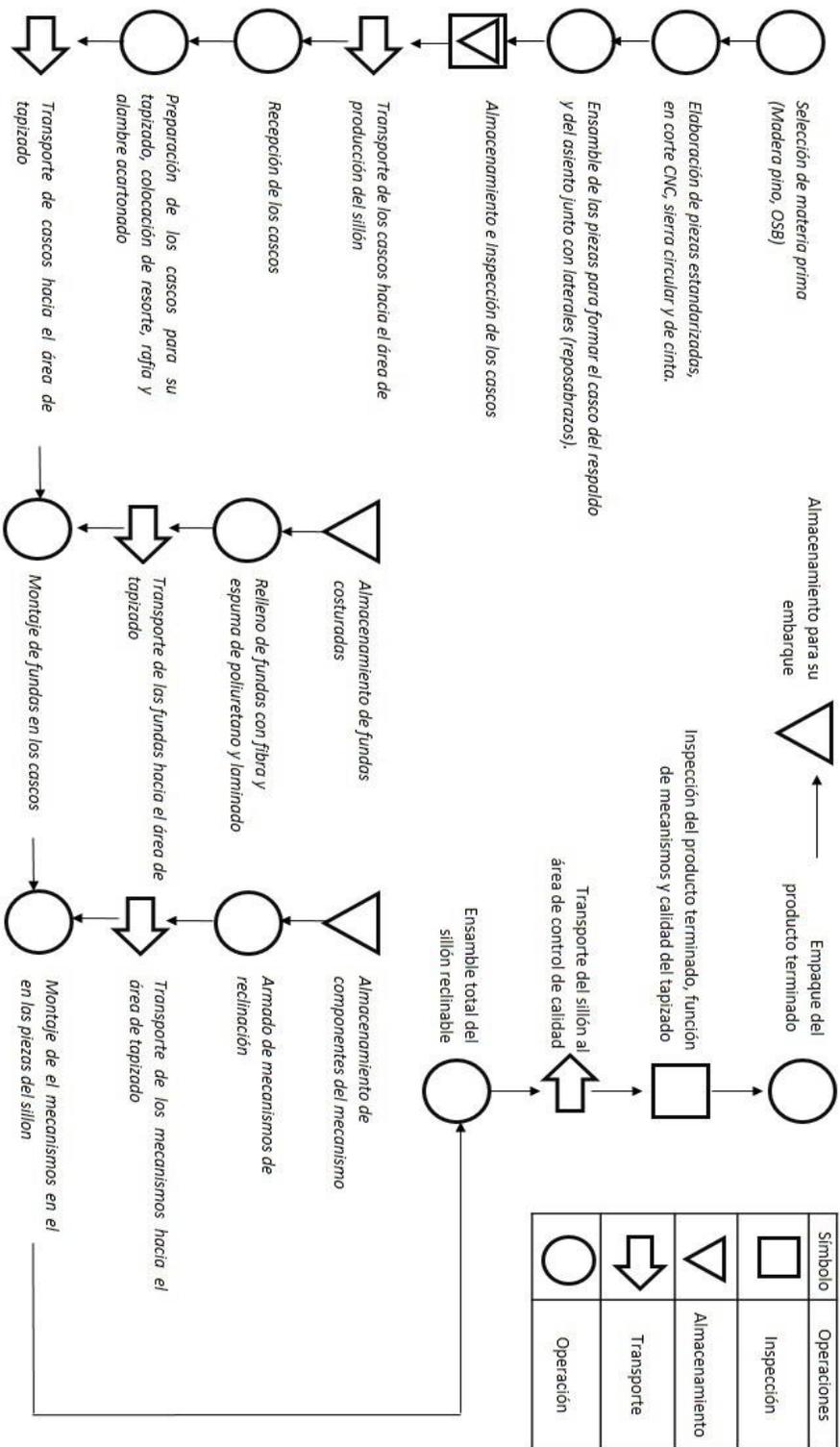
Hay ciertos modelos que son más demandados y por lo tanto más producidos, uno de ellos es el modelo el cuál llamaremos *Barretero* que se ofrece en salas completas en 3, 2,1, esto es; en forma L, existen tres plazas por un lado, dos plazas por el otro y un reclinable individual. Se manejan distintos colores en el tapizado, así como distintos tipos de material para el mismo. El sillón reclinable individual es la unidad de análisis ya que se elabora con los mismos procesos, materiales y mecanismos requeridos en toda las composiciones de las salas, lo que lo hace una unidad representativa para la presente investigación.



FIGURA 1. UNIDAD DE ANÁLISIS. SILLÓN RECLINABLE BARRETERO

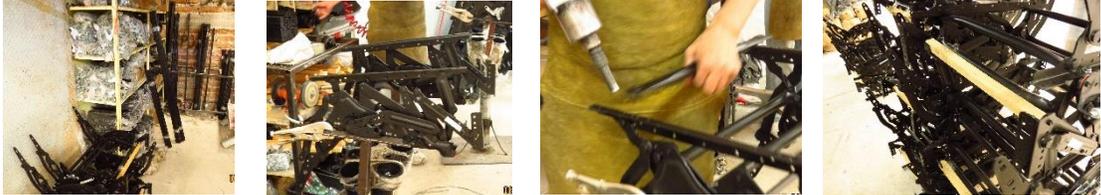
3.2.5 Proceso de Fabricación

Conocer el proceso de fabricación de la unidad de análisis permite tener información fundamental para proponer estrategias al valorar los escenarios posibles dentro de la empresa. El proceso de fabricación del sillón reclinable se realiza en dos áreas distintas, en una se hace la construcción del casco, es decir, de la estructura que le dará soporte a todo el mobiliario. En la segunda área se realiza todo el proceso hasta llegar al punto de embarque del mueble (esquema 6). En el siguiente diagrama se presenta el proceso de producción del sillón *Barretero*.



ESQUEMA 6. PROCESO DE FABRICACIÓN DE SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.

A continuación se presenta el procedimiento de armado del reclinable Barretero paso por paso.

<p>Fabricación de cascos</p>	<p>En esta área se trabaja únicamente con lo que será la estructura interna del reclinable Barretero, se realiza mediante corte y ensamble de cuatro piezas principales; asiento, respaldo y laterales.</p>
	
<p>Preparación de cascos</p>	<p>En el área de recepción de cascos se preparan para su tapizado. En esta etapa se colocan los resortes que darán suspensión al asiento, alambres acartonados para dar estabilidad a los resortes y rafia que cubrirá el área de los resortes.</p>
	
<p>Relleno</p>	<p>Simultáneamente se realiza el relleno de las fundas que cubrirán al cuerpo del sillón.</p>
	
<p>Armado de mecanismo</p>	<p>Existe un área dentro de la empresa que se dedica al armado de los mecanismos importados en piezas</p>
	
<p>Tapizado</p>	<p>Esta etapa es principal en todo el proceso, pues el tapizado reúne todas las partes para completar el reclinable. Toma los cascos, las fundas con el relleno y los mecanismos para armar toda la pieza.</p>
	

Montaje de mecanismos	El montaje de mecanismo pertenece al área del tapizado, no obstante lo consideraremos otra etapa pues es al finalizar el tapizado cuando se montan los sistemas de movimiento.
	
Terminado/ control de calidad	Al término del montaje total el sillón reclinable es almacenado en espera para hacer pruebas del funcionamiento correctos de los sistemas de movimiento, y verificar el correcto enfundado y acomodo en las costuras.
	
Empaque	Después de pasar al control de calidad, la última etapa corresponde al empacado para prepararse para el embarque
	

TABLA 7. PROCESO DE MANUFACTURA DE SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.

3.2.6 Tabla de materiales

Los materiales desempeñan un papel fundamental en una economía circular, por lo que se busca que sus componentes sean seguros y que puedan reciclarse continuamente, entre otras consideraciones. Esto con el objetivo de que sean parte de una economía optimizada de materiales eliminando el concepto de desecho. En el cuadro 10 se muestran los materiales que integran al sillón reclinable.

COMPONENTE	ELEMENTO	MATERIAL
ESTRUCTURA	Tablero	Oriented strand board (OSB)
	Madera de Pino 3ra	Madera
	Resorte Zig-Zag	Acero
	Alambre empapelado	Acero
	Forro Rafia	Polipropileno (PP)
	Grapa estándar	Acero
	Adhesivo	Acetato de polivinilo (PVA)
RELLENO	Fibra	Poliéster (PL)
	Laminado	Poliuretano (PU)
	Espuma	Poliuretano (PU)
	Adhesivo p/ laminado	Policropreno (CR)
TAPIZADO	Funda costurada (Vinipiel)	Poliéster (PL)
	Grapa	Metal
MECANISMO	Metal	Metal
SUJECIÓN	Tornillos	Metal
	Pija	Metal
	Rondana	Metal
	Tira tachuela	Metal
EMBALAJE	Rollo cartón corrugado	Papel
	Rollo Strech Film	Polietileno (PE)
	Rollo Espuma	Polietileno (PE)

TABLA 8. LISTA DE MATERIALES POR COMPONENTE EN SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.

Nota: OSB= Oriented strand board, PP=Polipropileno, PVA=Acetato de polivinilo, PL=Poliéster, PU=Poliuretano, CR=Policropreno, PE= Polietileno.

3.3 ANÁLISIS DE CIRCULARIDAD ACTUAL

Ahora que se tienen los datos de la empresa y del producto, el siguiente paso será analizar y dar valores a los indicadores de las variables establecidas. Posteriormente esto permitirá plantear las posibles estrategias que impulsan la circularidad tanto en el diseño del producto como el modelo de negocio. El análisis se realiza conforme a la clasificación de las variables e indicadores; optimización de material, diseño de producto y servicio al usuario.

3.3.1 Optimización de material

Suministro de material

Para el desarrollo de productos circulares, seleccionar con ciertos atributos al material definirá el valor circular del producto. Los indicadores que se consideran para evaluar la circularidad en el suministro del material son los siguientes:

Tipo. En el indicador “*tipo*”, se estudian los materiales respecto a su naturaleza, es decir, por un lado el material *técnico* es un material finito y no puede renovarse, y por otro lado los materiales orgánicos (*biológicos*) que como su nombre lo dice pueden ser absorbidos en el ecosistema por medio de un ciclo biológico corto, el uso de este tipo de materiales se considera con más valor de circularidad en comparación con el uso de materiales *técnicos*.

Origen. En el indicador “*origen*” nos referimos al material como *reciclado* o *virgen*. Para un sistema industrial circular, la reutilización de materiales es importante pues así se evita utilizar materia prima virgen y por consiguiente una preservación de los recursos naturales. El uso de material reciclado en el producto es considerado valioso para la circularidad en el sector manufacturero.

Proveedor. Para una economía circular es importante tomar en cuenta las procedencia de los insumos, entre más local sea el material se considera más circular. Se priorizan las distancias cortas, el gasto mínimo en transporte y el desarrollo de la propia región con el consumo interno, por el contrario los insumos importados tienen menos valor dentro de los criterios de circularidad.

Certificación. Elegir al proveedor que tenga certificación de la materia prima o el componente suministrado es importante para conocer sobre su origen, aspectos de calidad y eficiencia en su proceso de extracción (procedencia) y transformación. Se da prioridad y se considera circular todos aquellos proveedores que cuenten con algún tipo de certificado frente a los que no lo tienen.

Toxicidad. Una de las estrategias importantes es la selección de materiales limpios, es decir, eliminar componentes tóxicos de un producto. La toxicidad es otro indicador en la selección de un material circular. Un material podría ser potencialmente tóxico para la salud humana a lo largo de su ciclo de vida o específicamente al final de su vida útil. Si un material no libera sustancias nocivas durante estas fases, es posible definirlo como biocompatible. (Allione et al 2011).

Composición. El reciclaje para la economía circular es un requisito obligatorio para cada producto. La eficiencia del reciclaje dependerá mucho de la composición del material. Si un material es *puro* resulta fácil de reciclar junto con otros residuos del tipo. Sin embargo, si el material es *mezclado*, el reciclaje se vuelve más complicado y menos eficiente.

Disponibilidad. La disponibilidad del material se refiere a la condición del suministro, si está en riesgo por sus *escases* o es *abundante*. La Comisión Europea ha creado una lista de materiales en riesgo de suministro, la cual se utilizó para el análisis de este indicador. La lista de materias primas críticas CRM por sus siglas en inglés, está sujeta a revisión y actualización periódica. (ANEXO 2).

Fichas de Información de materiales

Como instrumento para evaluar cada uno de los materiales que componen a la unidad de análisis, se utiliza una tabla de información (Tabla 9) con los indicadores correspondientes para una selección circular del material. La clasificación de estas tablas será definida por el proveedor, ya que en algunos caso no se tiene un proveedor por material pero si varios materiales por proveedor. Alguna de la información será compartida entre materiales, y para información específica de cada material se detallará dentro de la ficha.

MATERIAL / PROVEEDOR		
Proveedor. (Nombre) Ubicación. Lugar de procedencia) Distancia(Kilómetros) Materiales. (En caso de proveer diferentes materiales)		
Tipo. (Bio o Técnico)		
Origen. (Reciclado o Virgen)		
Certificación (Certificados de eco eficiencia del material)		
Toxicidad (En cada fase del ciclo del producto)		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura		
Uso		
Disposición Final		
Composición. (Puro o mezclado)		
Disponibilidad. (Abundante o Escaso)		

TABLA 9. FICHA DE INFORMACIÓN DE MATERIALES. ELABORACIÓN PROPIA.

A continuación presentamos seis fichas que presentan la información de cada proveedor y de cada material respecto a los indicadores presentados anteriormente.

MADERA PINO		
Proveedor: Pinares del sur S.A de C.V Ubicación: Cd Guzmán, Jalisco, México. Distancia: 261 km		
Tipo: Biodegradable		
Origen: Virgen		
Certificación de Proveedor.- Con información del proveedor, sus manejos forestales se apegan a las normas, se hace en conjunto con secretarías como SEMARNAT. Son pioneros en Jalisco en la actividad de silvicultura y aserrío de madera de pino.No obstante, no cuentan con un recurso legal que haya evaluado y que acredite su manejo sustentable en la actividad silvícola. Certificarse mediante organizaciones como el FSC da certeza de la sustentabilidad de la compañía.		
Toxicidad		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura	Las emisiones al aire asociadas a las operaciones de los aserraderos pueden incluir monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), óxidos de azufre (SOx), materia particulada (MP) y compuestos orgánicos volátiles (COV) de la corteza. El polvo de madera y las partículas de mayor tamaño se generan durante las operaciones de aserrado, mecanizado y lijado.	Bajo
Uso	La toxicidad del material mediante su uso es mínima o nula, al ser esté un material puro y sin sustancias químicas	

Disposición Final	El material al fin de su vida, por lo regular se incinera ya que produce más energía de la que pudiera ahorrarse si se recicla. Al incinerarse produce Dióxido de carbono (CO ₂).	
Composición.		
La madera que entra al proceso de fabricación es un pino de 3ra, un material puro, puesto que no contiene ningún recubrimiento, ni ninguna otra sustancia que dificulte su reutilización al final de la vida útil del producto.		
Disponibilidad.		
Con base a la lista de materiales críticos CRM, la madera no es un material en escases. Es claro porque es un recurso que se puede renovar.		

TABLA 10. FICHAS DE INFORMACIÓN DE LA MADERA DE PINO. ELABORACIÓN PROPIA.

TABLERO OSB		
Proveedor. Pinares del sur S.A de C.V <i>Ubicación.</i> Cd Guzmán, Jalisco, México <i>Distancia:</i> 261 km		
Tipo. Técnico.		
Origen. Reciclado. Se fabrica con la unión de varias capas de viruta de madera de descarte, compactadas y unidas por un aglomerante		
Certificación de Proveedor: No tiene		
Toxicidad		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura	Las partículas son unidas frecuentemente con colas que contienen y liberan formaldeídos. El polvo que resulta de la fabricación de los paneles OSB es nocivo para quien esta directamente en contacto. Existe una norma, la UNE 56-724-86, que establece distintos tipos, diferenciándolos con categorías que van de la P1 a la P4, siendo esta última la que más contiene este compuesto.	Medio
Uso	La liberación de sustancias nocivas puede durar a veces durante años y con más fuerza al principio. Hay diferentes clases de aglomerados, unos con más formaldehído que otros.	
Disposición Final	No se recomienda la incineración de este material porque a diferencia de la madera, este material está compuesto con aglutinantes que contienen químicos tóxicos.	
Composición.		
Es un material mezclado de virutas de madera prensado junto con aglutinantes a base de poliuretano. Son adhesivos que se utilizan en otros productos de madera compuesta para pegar materiales orgánicos de forma permanente.		
Disponibilidad.		
Según la lista de materiales críticos CRM, este panel no es un material en escases.		

TABLA 11. FICHA DE INFORMACIÓN DEL TABLERO OSB. ELABORACIÓN PROPIA.

RELLENO Y EMBALAJE		
Proveedor: Ureblock Ubicación. Av. Angel Leaño #480, Col. Los Robles, Zapopan, Guadalajara, Jal, México Distancia: 122 km Materiales: Espuma PU, Laminado PL, Fibra PU, Rollo Stretch film, Rollo espuma PE y Rollo cartón corrugado		
Tipo. Técnico, Excepto el cartón corrugado el cual se considera biodegradable.		
Origen. Virgen, excepto el cartón corrugado el cual es reciclado.		
Certificación: No existe certificación		
Toxicidad		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura	El poliuretano al igual que otros productos derivados del petróleo contiene combustibles de fósiles no renovables que afectan negativamente al medio ambiente.	Alto
Uso	Los Polibromodifenil éteres (PBDE) son sustancias que se usan como retardantes de llama en plásticos y espumas aplicados principalmente en muebles. El poliuretano emite olores y humos, aunque no son muy notables. La exposición prolongada a este olor puede hacer que la gente se enferme. Las personas que están más expuestas experimentan problemas de salud incluyendo reacciones alérgicas, erupciones cutáneas, dificultad para respirar, pérdida de conciencia e incluso ceguera.	
Disposición Final	La espuma de poliuretano emite humos tóxicos si se quema. Algunos agentes espumantes en el poliuretano producen gases de efecto invernadero y tienen efectos negativos sobre el ambiente. Su degradación en la atmósfera es muy lenta, por lo que es un compuesto persistente, además de bioacumulativo en los animales Fuente: https://www.mt.com/dam/non-indexed/po/ana/thermal-analysis/TA_Polymers_EN.pdf	
Composición. Poliuretano, poliéster, polietileno. Todos los materiales son puros		
Disponibilidad. No se considera un material escaso con base a la lista de materiales críticos (ANEXO 2)		

TABLA 12. FICHA DE INFORMACIÓN DE MATERIALES DE RELLENO Y EMBALAJE. ELABORACIÓN PROPIA.

ADHESIVOS		
Proveedor: Liderz Ubicación: Guadalajara, Jalisco, México Distancia: 122 km		
Materiales: Adhesivo (Acetato de polivinilo) PVA, Adhesivo para laminado (cloropreno)		
Tipo. Técnico		
Origen. Virgen		
Certificación: No existe		
Toxicidad		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura	Acetato de polivinilo: este tipo de adhesivos es su baja toxicidad para el manipulador, ya que el vehículo en el que se presentan es acuoso. Ciertos adhesivos de contacto de neopreno contienen 4% colofonia, que es un sensibilizador de la piel según la Directiva de la Unión Europea sobre preparaciones peligrosas 1999 / 45/EC.	Bajo
Uso	Algunas personas son alérgicas al neopreno, mientras que otros pueden tener dermatitis de tiourea, un compuesto usado para vulcanizar caucho de neopreno que puede quedar después del proceso de fabricación. En el caso del policloropreno el de uso más frecuente del acelerador en la vulcanización de policloropreno es el etileno tiourea (ETU) el cual ha sido clasificado como tóxico.	
Disp. Final		
Composición. Acetato de polivinilo y el policloropreno son adhesivos combinados con otras sustancias químicas		
Disponibilidad. No se considera un material escaso con base a la lista de materiales críticos (ANEXO 2)		

TABLA 13. FICHA DE INFORMACIÓN DE ADHESIVOS. ELABORACIÓN PROPIA.

TAPIZADO		
Proveedor. No Disponible		
Ubicación. Asia Distancia: No disponible		
Tipo. Técnico		
Origen. Virgen		
Certificación: No Disponible		
Toxicidad		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura		
Uso	Los muebles con tejidos, como los sofás, por ejemplo, aparte de contaminantes por retardantes de llama, pueden contener	

	<p>en algunos casos sustancias que han sido aportadas a los mismos para evitar que acumulen organismos vivos, por ejemplo fungicidas (el caso más famoso de esto ha sido el escándalo del dimetilfumarato que ha afectado a muchas personas en Europa).</p> <p>Fuente:http://www.hogarsintoxicos.org/es/riesgos/mobiliario-maderas</p>	Medio
Disp. Final		
Composición.		
Disponibilidad.		
No se considera un material escaso con base a la lista de materiales críticos (ANEXO 2)		

TABLA 14. FICHAS DE INFORMACIÓN DE FUNDA DE TAPIZADO. ELABORACIÓN PROPIA.

ELEMENTOS DE SUJECIÓN		
Proveedor: OIMSA		
Ubicación: Guadalajara, Jalisco Distancia: 134 Km		
Materiales: Grapas/Tornillo/Pija/Rondana/ Tirachuela/ Resorte/ Alambre empapelado/ Rafia PP		
Tipo: Técnico		
Origen: Virgen		
Certificación: Sus productos no cuenta con ningún tipo de certificación		
Toxicidad		
Fase	Consideraciones	Nivel
Manufactura		
Uso		
Disposición Final		
Composición. Todos los elementos son puros.		
Disponibilidad.		
No se considera un material escaso con base a la lista de materiales críticos (ANEXO 2)		

TABLA 15. FICHA DE INFORMACIÓN DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

Tablas de Evaluación

En las siguientes tablas se muestra la evaluación de la circularidad actual de cada uno de los indicadores del suministro del material (*Valor circular*). En cada tabla se expone el componente, sus elementos y el material que compone al sillón reclinable.

ELEMENTO	MATERIAL	TIPO	Valor
Tablero	OSB	Técnico	0
Madera de Pino 3ra	Madera	Biodegradable	1
Resorte Zig-Zag	Acero	Técnico	0
Alambre acartonado	Acero	Técnico	0
Forro Rafia	PP	Técnico	0
Grapa estándar	Acero	Técnico	0
Adhesivo	PVA	Técnico	0
Fibra	PL	Técnico	0
Laminado	PU	Técnico	0
Espuma	PU	Técnico	0
Adhesivo p/ laminado	CR	Técnico	0
Funda costurada (Chenille)	PL	Técnico	0
Grapa	Acero	Técnico	0
Metal	Acero	Técnico	0
Tornillos	Acero	Técnico	0
Pija	Acero	Técnico	0
Rondana	Acero	Técnico	0
Tira tachuela	Acero	Técnico	0
Rollo cartón corrugado	Papel	Biodegradable	1
Rollo Strech Film	PE	Técnico	0
Rollo Espuma	PE	Técnico	0
		Valor circular	2

TABLA 16. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “TIPO”. ELABORACIÓN PROPIA.

En el indicador *Tipo*, solo dos de los materiales utilizados son biodegradables. Son materiales considerados no contaminantes y que pueden ser absorbidos por microorganismos, por factores externos como el sol, la lluvia, el viento, la humedad, que los descompone de forma natural. Se degradan sin ningún proceso humano, evitando así dejar residuos tóxicos en la naturaleza. Además no necesitan procesos en lo que intervengan sustancias químicas.

ELEMENTO	MATERIAL	ORIGEN	Valor
Tablero	OSB	Reciclado	1
Madera de Pino 3ra	Madera	Virgen	0
Resorte Zig-Zag	Acero	Virgen	0
Alambre acartonado	Acero	Virgen	0
Forro Rafia	PP	Reciclado	1
Grapa (metal)	Acero	Virgen	0
Adhesivo	PVA	Virgen	0

Fibra	PL	Virgen	0
Laminado	PU	Virgen	0
Espuma	PU	Virgen	0
Adhesivo p/ laminado	CR	Virgen	0
Funda costurada (Chenille)	OSB	Virgen	0
Grapa	Metal	Virgen	0
Metal	Metal	Reciclado	1
Tornillos	Metal	Virgen	0
Pija	Metal	Virgen	0
Rondana	Metal	Virgen	0
Tira tachuela	Metal	Virgen	0
Rollo cartón corrugado	Papel	Reciclado	1
Rollo Strech Film	PE	Virgen	0
Rollo Espuma	PE	Virgen	0
		Valor circular	4

TABLA 17. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “ORIGEN”. ELABORACIÓN PROPIA.

Para el indicador *Origen* se muestra que solo cuatro de los materiales utilizados en la unidad de análisis son reciclados.

ELEMENTO	MATERIAL	PROVEEDOR	Valor
Tablero	OSB	Local	1
Madera de Pino 3ra	Madera	Local	1
Resorte Zig-Zag	Acero	Local	1
Alambre acartonado	Acero	Local	1
Forro Rafia	Polipropileno	Local	1
Grapa (metal)	Acero	Local	1
Adhesivo	Acetato de	Local	1
Fibra	Poliéster	Local	1
Laminado	Poliuretano	Local	1
Espuma	Poliuretano	Local	1
Adhesivo p/ laminado	Policloropreno	Local	1
Funda costurada (Chenille)	Poliéster	Importado	0
Grapa	Metal	Local	1
Metal	Metal	Importado	0
Tornillos	Metal	Local	1
Pija	Metal	Local	1
Rondana	Metal	Local	1
Tira tachuela	Metal	Local	1
Rollo cartón corrugado	Papel	Local	1
Rollo Strech Film	Polietileno	Local	1
Rollo Espuma	Polietileno	Local	1
		Valor circular	19

TABLA 18. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “PROVEEDOR”. ELABORACIÓN PROPIA.

La mayoría de los materiales son de origen local, solo dos de los materiales o componentes que se utilizan son importados.

ELEMENTO	MATERIAL	CERTIFICACIÓN	Valor
Tablero	OSB	No	0
Madera de Pino 3ra	Madera	No	0
Resorte Zig-Zag	Acero	No	0
Alambre acartonado	Acero	No	0
Forro Rafia	PP	No	0
Grapa (metal)	Acero	No	0
Adhesivo	PVA	No	0
Fibra	PL	No	0
Laminado	PU	No	0
Espuma	PU	No	0
Adhesivo p/ laminado	CR	No	0
Funda costurada (Chenille)	PL	No	0
Grapa	Acero	No	0
Metal	Acero	SI	1
Tornillos	Acero	No	0
Pija	Acero	No	0
Rondana	Acero	No	0
Tira tachuela	Acero	No	0
Rollo cartón corrugado	Papel	No	0
Rollo Strech Film	PE	No	0
Rollo Espuma	PE	No	0
		Valor circular	1

TABLA 19. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “CERTIFICACIÓN”. ELABORACIÓN PROPIA.

Solo dos materiales cuentan con algún tipo de certificación, en el material o en los procesos de fabricación por parte del proveedor.

ELEMENTO	MATERIAL	TOXICIDAD	Valor
Tablero	OSB	Medio	1
Madera de Pino 3ra	Madera	Bajo	2
Resorte Zig-Zag	Acero	Bajo	2
Alambre acartonado	Acero	Bajo	2
Forro Rafia	PP	Bajo	2
Grapa (metal)	Acero	Bajo	2
Adhesivo	PVA	Bajo	2
Fibra	PL	Alto	0
Laminado	PU	Alto	0
Espuma	PU	Alto	0
Adhesivo p/ laminado	CR	Bajo	2
Funda costurada (Chenille)	PL	Medio	1
Grapa	Metal	Bajo	2
Metal	Metal	Bajo	2
Tornillos	Metal	Bajo	2
Pija	Metal	Bajo	2
Rondana	Metal	Bajo	2

Tira tachuela	Metal	Bajo	2
Rollo cartón corrugado	Papel	Bajo	2
Rollo Strech Film	PE	Alto	0
Rollo Espuma	PE	Alto	0
		Valor circular	30

TABLA 20. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “TOXICIDAD”. ELABORACIÓN PROPIA.

Para la toxicidad se toma en cuanto todo el ciclo de vida del producto para determinar la toxicidad en cada una de las etapas. Producción, uso y disposición final. Siendo el nivel más alto 0, medio 1, bajo 2 y nulo 3.

ELEMENTO	MATERIAL	COMPOSICIÓN	Valor
Tablero	OSB	Mezclado	0
Madera de Pino 3ra	Madera	Puro	1
Resorte Zig-Zag	Acero	Puro	1
Alambre acartonado	Acero	Mezclado	0
Forro Rafia	PP	Puro	1
Grapa (metal)	Acero	Puro	1
Adhesivo	PVA	Mezclado	0
Fibra	PL	Mezclado	0
Laminado	PU	Puro	1
Espuma	PU	Puro	1
Adhesivo p/ laminado	CR	Mezclado	0
Funda costurada (Chenille)	PL	Mezclado	0
Grapa	Metal	Puro	1
Metal	Metal	Puro	1
Tornillos	Metal	Puro	1
Pija	Metal	Puro	1
Rondana	Metal	Puro	1
Tira tachuela	Metal	Puro	1
Rollo cartón corrugado	Papel	Puro	1
Rollo Strech Film	PE	Puro	1
Rollo Espuma	PE	Puro	1
		Valor circular	15

TABLA 21. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “COMPOSICIÓN”. ELABORACIÓN PROPIA.

La mayoría de los materiales son puros y no requieren de procesos complicados y costosos para su separación y reciclaje. Solo seis de los materiales están mezclados.

En el indicador de *disponibilidad*, los materiales son abundantes respecto a la lista de materias primas críticas, ninguno de los componentes del producto está en riesgo de escasos.

Eficiencia de disposición final

Eficiencia de uso que se le da a los residuos materiales, no solo los que se generan en la manufactura del producto sino también los materiales que se pueden recuperar al final de su vida útil. Esto evitará que los residuos vayan al vertedero, reduce el uso de energía y el impacto sobre el medioambiente. Se debe tener en cuenta que la mayoría de los materiales reciclados pierden su pureza o valor en el proceso de reciclaje, lo que significa que el material está degradado y no puede utilizarse para su uso original. Por otro lado se puede aumentar el valor de un producto al usarlo para un propósito diferente (Braungart y McDonough, 2009).

Los residuos mostrados durante la manufactura son:

- I. Tablero de OSB
- II. Madera de Pino
- III. Espuma de Poliuretano
- IV. Laminado de Poliuretano

Todos los materiales al final de vida del producto son considerados residuos que se podrían procesar a excepción de los adhesivos.

Para analizar los residuos a final de vida del producto se consideran todos sus elementos y se valora su circularidad con base en cuatro posibles acciones como se muestra en la siguiente tabla.

Acción	Descripción	Valor
Disposición en vertedero	El material va directo como residuo sólido al vertedero	0
Recuperación energética (Incineración)	El material es utilizado para generar energía calorífica, para realizar otros procesos.	1
Reciclaje	El material se somete a un proceso donde se obtiene material para nuevos productos	2
Reutilización	El material puede ser reutilizado por la misma empresa o por otras. Para la misma u otras aplicaciones sin someter a un proceso de transformación.	3

TABLA 22. ACCIONES Y SUS VALORES EN LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL DEL PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.

En la siguiente tabla se muestra la condición actual de todos los elementos del producto.

Elemento	Manufactura del producto	Valor	Fin de vida del producto	Valor
Tablero OSB	Vertedero	0	Vertedero	0
Madera de Pino 3ra	Recuperación	1	Vertedero	0
Resorte Zig-Zag	No aplica	0	Vertedero	0
Alambre acartonado	No aplica	0	Vertedero	0
Forro Rafia	No aplica	0	Vertedero	0
Grapa (metal)	No aplica	0	No aplica	0
Adhesivo	No aplica	0	No aplica	0
Fibra	No aplica	0	Vertedero	0
Laminado	Vertedero	0	Vertedero	0
Espuma	Vertedero	0	Vertedero	0
Adhesivo p/ laminado	No aplica	0	No aplica	0
Funda costurada	No aplica	0	Vertedero	0
Grapa	No aplica	0	No aplica	0
Mecanismo	No aplica	0	Vertedero	0
Tornillos	No aplica	0	Vertedero	0
Pija	No aplica	0	Vertedero	0
Rondana	No aplica	0	Vertedero	0
Tira tachuela	No aplica	0	Vertedero	0
Rollo cartón corrugado	No aplica	0	Vertedero	0
Rollo Strech Film	No aplica	0	Vertedero	0
Rollo Espuma	No aplica	0	Vertedero	0
	Valor circular	1	Valor circular	0

TABLA 23. CONDICIÓN ACTUAL DE LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS Y SUS VALORES. ELABORACIÓN PROPIA.

Como se observa en el análisis de disposición final, en los cuatro diferentes residuos generados en manufactura, solo el residuo de madera se utiliza en la recuperación de energía al incinerarlo, los tres restantes se van al vertedero. En el final de vida del producto, aunque se consideran todos los materiales como recuperables a excepción de los adhesivos, ninguno de ellos es aprovechado. Actualmente hay poca gestión de los residuos de materiales en la empresa, obteniendo solo un punto en los valores de circularidad de un total de 63 como se muestra en la (tabla 24).

Valor actual de circularidad en eficiencia de disposición final

	Valor circular	%
Sistema Lineal	62	98.4%
Sistema Circular	1	1.6%
Total	63	100%

TABLA 24. PORCENTAJES ACTUALES EN LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS. ELABORACIÓN PROPIA.

3.3.2 Diseño del producto

Al iniciar un proyecto de diseño y desarrollo de productos se debe comenzar por la idea y conceptualización del objeto, para después hacer una selección de materiales con el que se va a fabricar, en este sentido la primera variable revisada *Optimización de material* forma parte de las consideraciones en el diseño de productos circulares, no obstante, por la complejidad en la selección de material y la recuperación de los mismos consideramos separarlos para un análisis más detallado. De esta manera la segunda variable nombrada como *diseño de producto* se enfoca a tres indicadores esenciales para completar la circularidad en el desarrollo del producto.

La *estandarización* es la capacidad de identificación de piezas y de la disposición de partes intercambiables de un producto. El *desensamble* indica la facilidad en la inspección de las partes, la separación de piezas y la limpieza. Estos dos primeros indicadores están directamente relacionadas con el mantenimiento y la remanufactura del producto, en las estrategias para el ecodiseño según (van Hemel, 1997) , es importante reconocer que si estas operaciones se facilitan desde el diseño, se asegura un mantenimiento limpio y apropiado, además si el producto se diseña con características de estandarización y desensamble adecuados, facilita también la remanufactura. El último indicador en esta categoría es la *desmaterialización*. Un concepto con distintas definiciones pero con un solo objetivo, la reducción en el uso de recurso, algo que en la economía circular es fundamental junto con la recuperación de materiales, todo esto se posibilita en la fase de diseño. Desde una perspectiva del ecodiseño por van Hemel, la desmaterialización es eliminar la necesidad de un producto o componente

En esta etapa se analizó cada uno de los componentes de la unidad de análisis (Sillón *Barretero*). Dividido en tres componentes como se muestra en la tabla 25.



ESQUEMA 7. ELEMENTOS DEL SILLÓN RECLINABLE

Componentes de la unidad de análisis (*sillón reclinable Barretero*).

No.	Material	Elemento	Componente
1	Fibra de poliéster	Relleno	Tapizado
2	Espuma de poliuretano		
3	Laminado de poliuretano		
4	Chenille	Funda costurada	
5	Metal	Mecanismo	Sistema mecánico
6	Madera	Asiento y patera	Casco (Estructura
7		Reposabrazos	
8		Respaldo	

TABLA 25 COMPONENTES DEL SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.

Para la evaluación de los componentes se utilizó una lista de verificación para remanufactura *REMAN Design checklist* (Mcarthur, 2017). El proyecto ResCoM (Resource Conservative Manufacturing), cofinanciado por la Comisión Europea, se realiza por doce organizaciones de investigación, industria y tecnología. Si bien se evaluó para conocer la condición de un componente para la remanufactura, esta herramienta permite conocer la condición del componente actual con respecto a los criterios de diseño del producto circular mediante una serie de diez preguntas que

funcionan como guía para cada uno de los componentes y para cada uno de los indicadores de la variable *Diseño de producto*.

- I. ¿Esta parte es una parte transferible?
- II. Cuando regrese para remanufactura ¿esta parte se habrá quedado obsoleta?
- III. ¿Cuál es el valor relativo de esta parte (costo de producción)?
- IV. ¿Esta parte es fácil de identificar?
- V. ¿Esta parte es fácil de desmantelar/separar del producto?
- VI. ¿Esta parte es fácil de limpiar?
- VII. ¿Esta parte es fácil de inspeccionar?
- VIII. ¿Cuál es la calidad anticipada de esta parte después del uso normal?
- IX. ¿Qué tan vulnerable es esta parte cuando se la trata en bruto (durante el uso o el transporte)?
- X. ¿Puede esta parte ser reciclada o Biodegradable?

Con apoyo de esta herramienta se elaboró una tabla por componente, dividido por indicadores y sub-indicadores. Dependiendo de la condición actual del producto, los valores asignados irán de 0 a 4 sobre un total de 72 puntos, número que se obtuve al multiplicar el puntaje máximo por el número de subindicadores por el número de componentes (4x6X3=72). En la última columna se describe la condición para ser completamente circular y cumplir con los 72 puntos.

ESTANDARIZACIÓN	Identificación	Condición Actual	Componente	V
		Intercambiabilidad	Las piezas se pueden distinguir de otras variantes de diseño, una vez desmanteladas.	CASCO
MECANISMO	3			
TAPIZADO	3			
Solo se puede intercambiar con la fábrica si se realiza la realizar la remanufactura.	CASCO		3	
	No hay mecanismos disponibles a la venta con el fabricante		MECANISMO	1
	No es posible sustituir la funda tapizada con el fabricante		TAPIZADO	1
DESENSAMBLABLE	Separación	Puede dañar durante la separación (Ej. Tornillos autoroscantes, remachados, rotura de partes, etc.)	CASCO	1
			MECANISMO	2
			TAPIZADO	1

	Limpieza	Difícil de limpiar (Consume mucho tiempo, requiere desmontaje adicional y/o producto de limpieza peligrosos).	CASCO	1
			MECANISMO	1
		Fácil de Limpiar (Rápido, fácil de manejar)	TAPIZADO	3
	Inspección	Puede ser inspeccionado pero con dificultad	CASCO	1
		Puede ser inspeccionado con un poco de esfuerzo	MECANISMO	2
		Fácil de inspeccionar (visual con un procedimiento simple, y con las herramientas disponibles)	TAPIZADO	3
DESMATERIALIZACIÓN	Limitación de materiales	La propia robustez del mobiliario dificulta la desmaterialización de su estructura	CASCO	0
		Al ser un componente de importación, no es posible la reducción de materiales.	MECANISMO	0
		La propia robustez del mobiliario dificulta la desmaterialización de su tapizado	TAPIZADO	1

TABLA 26. LISTA DE VERIFICACIÓN DE DISEÑO PARA LA REMANUFACTURA. ELABORACIÓN PROPIA.

Valores actuales de circularidad en diseño de producto

Indicador	Sub-indicador		Valor C	%
Estandarización	Identificación		9	12.5%
	Intercambiabilidad		5	6.9%
Desensamblable	Separación de piezas		4	5.6%
	Limpieza		5	6.9%
	Inspección		6	8.3%
Desmaterialización	Limitación de materiales		1	1.4%
	Valor actual	72	30	41.6%
	Valor total		72	100.0%

TABLA 27. VALOR ACTUAL DE CIRCULARIDAD EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.

3.3.3. Servicio al usuario

Al observar los aspectos que constituyen el modelo de negocio de la empresa se descubrió el poco o nulo servicio que la empresa tiene con el consumidor final, es decir, no existe un servicio con el usuario. Esto se explica en los siguientes puntos

- i. *Segmento de clientes.*-Los clientes directos de la empresa fabricante de mobiliario son distribuidoras (mueblerías) por todo el país. No existe ningún contacto con el usuario final del producto.
- ii. *Canales.*- Sus canales para dar a conocer su producto son únicamente por medio de visitas comerciales y mediante su asistencia a expos del sector.
- iii. *Relación con cliente.*-La relación con los clientes se mantiene vía telefónica en su mayoría. Dependiendo del cliente es la relación, pues hay quienes hacen la compra personalmente con el agente.

Al tener poca relación con el usuario final del producto se debilitan las acciones circulares después de la venta del producto. Tomando en cuenta los indicadores de un servicio postventa del producto, se identifican las dificultades de la compañía, como se observa en la tabla 31.

BASE DE DATOS	
Datos de usuario	El no contar con una plataforma de datos tanto del usuario dificultará la ejecución de actividades como el mantenimiento reparación
Registro de producto	El no contar con un registro del producto no permite la ejecución de actividades como la remanufactura del producto
GARANTÍAS	
Reemplazo de partes	No hay información sobre la disposición de partes en el mercado para su fácil reparación y/o remanufactura.
Pronóstico de vida	No se tiene estimado el tiempo de vida del producto ni los componentes críticos.
Condiciones de Uso	No se pone a disposición del usuario manuales para conocer las condiciones de Uso.
SOPORTE TÉCNICO	
Manuales de Operación	La falta de un manual de operación tanto digital como físico, impide al usuario conocer el producto y permitir el mantenimiento in-situ

Manuales de Limpieza y Cuidados	No existe un manual que permite la conservación del producto por parte del usuario.
LOGÍSTICA INVERSA	
Recuperación	Nos e tiene capacidad para acciones de recogida de residuos con canal inverso para la recolección de los productos a fin de vida útil.
Selección	No se cuenta ni con la infraestructura, ni los recursos humanos para llevar a cabo acciones como la selección y remanufactura de los productos

TABLA 28. SITUACIÓN DE LOS INDICADORES PARA EL SERVICIO DE USUARIO. ELABORACIÓN PROPIA.

El valor de circularidad para la variable de servicio al usuario es 0, no existen las relaciones y canales para llevar un servicio con el cliente.

3.4 ESTRATEGIAS POSIBLES PARA MEJORAR

Después de analizar los datos, establecimos las estrategias definidas a partir de conocer y organizar mediante el uso de tablas con preguntas y respuestas múltiples, los elementos que nos indicarán si es posible o no aplicar una estrategia. En cada una de las variables adoptadas se desarrolla esta tabla que contiene, ya sea el material, el componente o el servicio en la situación actual y en que condición se valora, si se considera que existe oportunidad, una limitante o su situación es adecuada y no requiere ningún cambio.

La lista de oportunidades tendrá códigos para contabilizar y categorizar las estrategias y así facilitar su valoración. Los códigos se establecerán de la siguiente manera:

E	D	E	1
Estrategia	Primera letra de la variable (Ej. Diseño del producto)	Primera letra del indicador (Ej. Estandarización)	Número de la estrategia

Una estrategia puede cubrir diversos indicadores, materiales o componentes. Así como relacionarse con las estrategias de las otras variables, por lo que es importante que al teminar el análisis y proponer las estrategias, se identifiquen aquellas estrategias que se contraponen para seleccionar aquella que es viable adoptar y así no afectar la veracidad de los resultados.

3.4.1 Optimización de material

Las estrategias se obtuvieron a partir de determinar los límites y las oportunidades en cada uno de los materiales y en cada uno de los indicadores. Esto después de conocer la situación del material, es decir, mediante una lista de pregunta y respuestas formuladas respecto al indicador se conoce la condición del material. Clasificándolo de la siguiente manera

- a. *Adecuado*: Cuando no se necesita realizar ningún cambio
- b. *Limitante*: Cuando no existe posibilidad de una alternativa que mejore la circularidad del material.
- c. *Oportunidad* Cuando existe posibilidad de plantear una estrategia.
- d. *Mejora*: Cuando el material es adecuado pero hay posibilidad de mejorar la circularidad.

Posteriormente se asigna el código para contabilizar y categorizar las estrategias. A continuación se presentan los resultados en la optimización de material que determinan el número de estrategias junto con sus códigos.

Suministro de materiales

Para encontrar las alternativas en la optimización de materia prima, se realizó una búsqueda de materiales y proveedores disponibles en el mercado y el área geográfica, por el que su pueden sustituir a los actuales, valorando su circularidad desde los aspectos en optimización de material (tipo, origen, proveedor, certificación, etc).

Indicador	Preguntas guía	L	A	O	Códigos
TIPO VT(21)	¿Existe alternativa de material biodegradable?	13	2	6	EOS1, EOS2, EOS3, EOS4, EOS8.
ORIGEN VT(21)	¿Existe alternativa de material reciclado?	13	4	4	EOS4, EOS5, EOS11
PROVEEDOR* VT(21)	¿Existe alternativa de proveedor local?	1	19	1	EOS3, EOS7, EOS9, EOS10
CERTIFICACIÓN VT(21)	¿Existe alternativa de proveedor certificado?	6	2	13	EOS1, EOS6, EOS7, EOS9, EOS10 EOS12, EOS13, EOS14

TOXICIDAD VT(63)	¿Existe alternativa de material biocompatible?	32	31	6	EOS1, EOS2, EOS3, EOS4, EOS12
COMPOSICIÓN VT(21)	¿Existe alternativa de material puro?	5	14	2	EOS1, EOS4

TABLA 29. CLASIFICACIÓN DE INDICADORES, CONDICIÓN Y CÓDIGOS DE ESTRATEGIAS. ELABORACIÓN PROPIA.

En el caso del proveedor si bien cumple con el 90% de sus proveedores locales, se contabiliza la mejora que se pueda dar a la localidad del proveedor. Es por eso que se aplican más de seis estrategias

Suministro de material

EOS1

Alternativa al material: OSB

Material: OSB libre de Formaldehido

Uno de los problemas con los paneles de fibras de madera está en su alto contenido de adhesivo formaldehído. Existe en el mercado un material OSB que está libre de esta sustancia, lo que permite que se convierta en un material más puro como la madera, con mayor biodegradabilidad y biocompatibilidad en todas las fases del ciclo del producto. Actualmente este material es difícil de conseguir localmente, pues aún no se comercializa en nuestro país. Pero es posible importar el material de empresas que desarrollan este tipo de paneles.

Proveedor: Wanhua Ecoboard Co., Ltd.

Lugar del origen: Beijing, China

Certificaciones: ISO9001, ISO14001. China Environmental Labeling. Product Certification, Patente Certificate.

Tablero hecho de trigo, sin formaldehído y emisión de COV. Representa la nueva generación de tableros de fibra 100% libre de formaldehído que lo hace un producto favorable al medio ambiente. *Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/100-formaldehyde-free-polyurethane-sip-panels-osb-60456278530.html>*

Suministro de material

EOS2

Alternativa al material: Resorte zigzag metal

Material: Cinchas de Yute

Para la amortiguación de un sillón, existen principalmente dos formas; uno es el muelle o resorte zig-zag como se utiliza en la unidad de análisis que aporta una mayor firmeza

y durabilidad. El segundo son las cinchas que habitualmente se usan de caucho ofreciendo alta resistencia siendo estas más habituales. Como opción más circular nos encontramos con la cincha de yute. La cual puede ser una alternativa en materiales para la amortiguación del reclinable. Ya que estas son 100% naturales, biodegradables y ecológicas, con un proceso de fabricación técnicamente tradicional.

Proveedor: Importado

Suministro de material

EOS3

Alternativa de material: Rafia polipropileno

Material: Costal fibras naturales

La rafia de polipropileno usado en el mueble reclinable es utilizado para cubrir en área de los resortes. Se utiliza un material tipo costal negro más conocido como rafia. El uso de otro material que cumpla con la misma función pero de fibras naturales es buena opción al momento de elegir un material circular.

Proveedor: Edc Costales

Empresa dedicada a la compra y venta de costales nuevos y usados de varios tipos de material como el costal de yute que se puede reutilizar para el forro de los asientos del sillón. Es un material biodegradable.

Dirección. Granadilla 2175 Mercado de Abastos Guadalajara, Jalisco 44530

Tel (33) 3671-3727

Distancia: 131km

Certificación: No se especifica

Suministro de material

EOS4

Alternativa al material: Relleno fibra de poliéster

Material: Fibra de coco

Procede de los filamentos donde se extrae del coco, es una fibra vegetal, transpirable y cómoda. Es más fino que la crin vegetal y se utiliza para rellenar asientos y muebles tapizados.

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén, se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, gracias a su alto nivel de resistencia y durabilidad la hacen un material adecuado para

diferentes usos, no es electrostática, resiste a la humedad, es intocable por los roedores, las termitas y, sobre todo, no produce hongos.

Fuente: <https://mobiliario-ecoco2.webnode.mx/fibra-de-coco/>.

Proveedor: José Francisco Jiménez

La Gotera. Del Santa Rosa Jáuregui, Queretaro, Qro

Elaboración de relleno para colchones a base de fibras obtenidas de la cáscara del coco, se colecta la cáscara del coco que desechan los fruteros de la región para secarla y procesarla hasta obtener fibras refinadas que son utilizadas para rellenar algunas clases de colchones y cojines que son utilizados por productores de varios estados.*Fuente: Victor Pichardo / El Universal Querétaro / TROTALUX / Obtura Press Agency*

Suministro de material

EOS5

Alternativa al material: Espuma de poliuretano

Material: Aglutinado

Este producto se obtiene al reciclar la espuma de poliuretano, es decir, los recortes o sobrantes de *hule espuma*, obtenidos en los cortes, se trituran y se mezclan con materia prima que permite que se aglutine, este material tiene una resistencia excelente.

Proveedor: Espumas Jalisco

Comercialización de hule espuma de poliuretano.

Dirección: Epumas el angel, S.A. de C.V. Calzada Olimpico #1055, Guadalajara, Jalisco

Distancia 131 Km

Contacto: contacto@espumasjalisco.com

Suministro de material

EOS6

Alternativa al material: Laminado de poliuretano

Material: Laminado de poliéster reciclado

La tecnología que se utiliza para el proceso de reciclaje productivo garantiza que el producto final quede libre de toxinas, olores, etc. ya que el producto se purifica en

diversos puntos de control. Al final del proceso, el polímero recupera sus propiedades originales logrando que pueda considerarse hipo-alérgico.

Proveedor: Tecnología de reciclaje

Fabricación de fibra corta de poliéster y guata de acojinamiento a partir de reciclaje de botellas PET.

Dirección Lugar: Av. Bosques de Chapultepec No. 32, Esquina Circuito Bosque de los Nogales, Fracc. Industrial Tecámac, Edo. De México C.P.55764

Certificación: Sistema ISO 9001:2008

Fuente: http://www.tder.com.mx/fibra_corta_poliester.html

Suministro de material

EOS7

Alternativa de proveedor de: Madera 3ra

Proveedor Actual: Distribuidora Pinares del Sur S.A de C.V

Distancia: 261 km

Para conocer las opciones de proveedores de madera para la empresa de mobiliario, se traza un mapa donde se ubican todas aquellas empresas certificadas que están dentro de la región y que podrán ser las alternativas circulares para la obtención de la materia prima. Con información de CONAFOR (2017) sobre los certificados ATP, empresas certificadas bajo la Norma Mexicana NMX-AA-143- SCFI-2015, y el listado de predios y empresas que cuentan actualmente con certificados del FSC.

La selección se hizo solo a aquellos comercializadores con madera nacional certificada. Existen muchos otros que tienen en venta madera certificada pero en su mayoría es madera importada. Para la circularidad se busca que el material sea local.

	Proveedor	Certificación	Distancia
1	Aserradero Barranca del Calabozo S.P.R. de R.L.	FSC	304 km
2	Productos de servicios ambientales San Miguel, S.P.R de R.L	NMX-AA-143-SCFI-2008, FSC	297km
3	Af. Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro	FSC	389 km
4	FICAMEX Fibra de Caña Mexicana S.A de C.V	Manejo de bosques tecnificado	149km

TABLA 30. PROVEEDORES FORESTALES CERTIFICADOS. ELABORACIÓN PROPIA.

Alternativa al material: Rollo de película estirable polietileno

Material: Rollo de película estirable oxobiodegradable

Existe en el mercado una película estirable de polietileno biodegradable, resistente y fácil de utilizar, el film oxobiodegradable garantiza un perfecto mantenimiento de la carga durante el transporte o almacenamiento. Elástico y resistente a los desgarros, es ideal para la paletización de productos con ángulos rectos. Se adapta a las formas más diversas. Posee una excelente memoria elástica y mantiene su carga sin ceder.

Proveedor: Innovapack

Paseo de los cipreses No. 114

Fraccionamiento Puerta del Sol. C.P. 62370

Cuernavaca, Morelos.

Alternativa de proveedor: Funda para tapizado

Proveedor Actual: No disponible /Importación de Asia

No existen proveedores nacionales de maquila de fundas costuradas para el tapizado. Sin embargo se puede crear un *sistema de integración* de pequeñas empresas de tapizado para abastecer de fundas a la empresa. Según (INADEM, 2017), una empresa integradora es una forma de organización empresarial que asocia a personas físicas o morales de escala micro, pequeña y mediana (PYMES) formalmente constituidas.

La integración con empresas complementarias pueden hacer que la cadena productiva sea más eficiente. En este caso la integración será con los talleres de tapiceros locales, por lo que inicialmente se tendrá que contar con un padrón de negocios locales para crear la integración. Se deberá tener un control de calidad, de esto dependerá la homogeneidad del producto



ESQUEMA 8. SISTEMA DE INTEGRACIÓN CON TALLERES LOCALES. ELABORACIÓN PROPIA.

Proveer de materia prima a los talleres estará a cargo de la empresa de mobiliario, de esta manera se puede seleccionar un material que cumpla con las características de un material circular. Es una alternativa para abastecer la funda tapizada que actualmente se importa de Asia.

Las empresas integradoras estimulan el crecimiento de micro empresas y desarrollo económico para la región. La relaciones con otras empresas o lo que se conoce como simbiosis industrial, es fundamental para constituir un sistema circular en la industria.

Suministro de material

EOS10

Alternativa de proveedor: OIMA

Proveedor: Atlas proveedor tapicero

Distancia: 129km

Material: Resorte Zig-Zag, Tirachuela y grapas

Certificación: La materia prima es cuidadosamente seleccionada, un equipo de trabajo calificado y procesos de fabricación certificados bajo la norma ISO 9001:2008.

Suministro de material

EOS11

Alternativa de proveedor: OIMSA

Material: Rollos de Polietileno

Se reciclan hasta 200 toneladas de polietileno. El acabado no es el mismo que una película de primera calidad pero para ciertos usos es justificable y necesario el uso de estos productos para contribuir a la conservación de recursos no renovables.

Proveedor: ROPOSA

Calle Cafetal No. 162, Col. Granjas México, C.P 8400

Delegación Iztacalco México. D.F.

Contacto:<https://www.roposa.com.mx/pages/contacto/contacto/#more-15>

Suministro de material

EOS12

Alternativa de material: Adhesivo PVA baja emisión

Proveedores: Wilsonart fabrica productos adhesivos de primas vírgenes incluyendo caucho, resinas, emulsiones, alcoholes y solventes, con el fin de mantener alto nivel de rendimiento y calidad. Todo Wilsonart Adhesivos está libres de urea formaldehído y cloruro de metileno. Garantiza que los procesos de fabricación y distribución dejen el mínimo impacto sobre el medio ambiente.

Certificación: Wilsonart fabricante de adhesivos de baja emisión de PVA , es reconocido por la GREENGUARD Gold Certification, ofrece criterios de certificación más estrictos, considera factores de seguridad y garantiza que un producto sea aceptable para su uso en entornos tales como escuelas y centros médicos

Contacto:<https://www.ralphwilson.com.mx/wilsonart-adhesivos-informaci-n-de-sostenibilidad>.

Suministro de material

EOS13

Alternativa de proveedor: OIMSA

Proveedor: Tormex

Fabricante de tornillería especial y estándar. Comercialización y distribución para la industria en general

Dirección: Xochiquetzal 101

Santa Isabel Tola

C.P. 07010 Ciudad de México, CDMx

Certificado: Cuenta con certificaciones oficiales. ISO 9001:2008, Certificación de laboratorio de pruebas de equipos y materiales.

Contacto: <https://tormex.com/>

Alternativa de proveedor: OIMSA

Material: Rollo cartón corrugado

Proveedor: Papeles y conversiones de México, S.A. de C.V.

Fabricación de láminas sencillas y triples de cartón corrugado. Cuenta con 4 recicladoras para recolectar desechos de cartón que se utiliza como materia prima en la fábrica de papel. Produce papel 100% reciclado. Cuenta con una planta cogeneradora de energía, la cual produce energía eléctrica para suministrar la fábrica de papel. Cuenta con proveedores certificados por la FSC, lo cual garantiza la preservación y desarrollo sustentable de bosques. Utiliza procesos que permiten el ahorro de agua, así como iluminación adecuada con lámparas ahorradoras de electricidad, además de contar con una planta de tratamiento de aguas residuales.

Certificación: ISO 9001:2008

Contacto: <https://www.pcm.com.mx/wp-content/uploads/2018/04/abril18perfil-corporativo.pdf>

Eficiencia de disposición final

Al igual que en el suministro de materiales, para el caso de la eficiencia de disposición final se determina la situación y condición de los materiales en su disposición final, tanto en residuos de manufactura como en residuos al fin de vida del producto. Las estrategias se valorizan dependiendo si la oportunidad encontrada va hacia la reutilización del material, el reciclaje o por la recuperación energética mediante la incineración segura.

Los números de oportunidades, limitaciones, así como los casos donde las situaciones son adecuadas. Además de los códigos y los valores que representa cada estrategia dependiente de la oportunidad.

	Reutilización	Reciclaje	Recuperación	Valor
Adecuado		1		1
Limitante		2		0
Oportunidad	8	7	2	39

ELEMENTO	ESTRATEGÍA	CÓDIGO
Tablero	Reutil/Recup	EOE5
Madera de Pino 3ra	Reutil/Recup	EOE5
Resorte Zig-Zag	Reciclaje	EOE5
Alambre acartonado	Reciclaje	EOE2
Forro Rafia	Reciclaje	EOE2
Grapa (metal)	No Aplica	No Aplica
Adhesivo	No Aplica	No Aplica
Fibra	Reutilización	EOE5
Laminado	Reciclaje	EOE3
Espuma	Reciclaje	EOE3
Adhesivo p/ laminado	No Aplica	No Aplica
Funda costurada (Chenille)	Reciclaje	EOE4
Grapa	No Aplica	No Aplica
Mecanismo	Reutilización	EOE5
Tornillos	Reutilización	EOE5
Pija	Reutilización	EOE5
Rondana	Reutilización	EOE5
Tira tachuela	Reciclaje	EOE3
Rollo cartón corrugado	Reciclaje	EOE6
Rollo Strech Film	Reciclaje	EOE6
Rollo Espuma	Reciclaje	EOE3

TABLA 31 RELACIÓN DE ELEMENTOS Y ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL.
ELABORACIÓN PROPIA.

Eficiencia de disposición final

EOE1

Residuo-Recurso. Recuperación Energetica



FIGURA 2. LADRILLERA EN EL SUR DEL ESTADO DE ZACATECAS.

Sector: Fabricantes de ladrillo.

Región: Sur del estado de Zacatecas

La industria ladrillera en México es una actividad que se realiza de forma artesanal y familiar, pero sobre todo informal, sin contar con un esquema regulatorio para la industria.

En el caso del estado de Zacatecas se ha llevado a cabo un plan de desarrollo

sostenible que prohíbe el uso de llantas o materiales derivados del plástico para el encendido de los hornos. La recuperación energética de los residuos de madera obtenidos del proceso de fabricación y de la recuperación postventa del producto, es un recurso que beneficia a los ladrilleros de la región. Esto mejora sustancialmente la

sustentabilidad del sector. No obstante es necesario tecnificar el sector e implementar procesos más eficientes y no contaminantes.

Fuente:<http://www.juchipila.gob.mx/ARCHIVO/07/plan-de-desarrollo-sostenible-de-la-industria-ladrillera-en-el-estado-de-zacatecas.pdf>

Eficiencia de disposición final

EOE2

Residuo-recurso. Reciclaje

Sector: Reciclaje de metales y cartón

Empresa: Recicladora Zapopan

Compra y venta de materiales reciclados (papel, metal, cobre, aluminio, etc). Cuenta con servicio de contenedor y recolección de residuos a domicilio.

Recicladora Zapopan S.A de C.V

Ubicación.

Calle Ejido # 564

Col. San Isidro Ejidal

c.p. 45147

Zapopan, Jalisco, Mexico

Distancia: 120 Km

Eficiencia de disposición final

EOE3

Residuo-recurso. Reciclaje

Sector: Reciclaje de Espuma de Poliuretano

Proceso: **Reciclado Mecánico**

Empresa: Hule espuma ADS

Los residuos de espuma de PU se muelen y se reprocessan en paneles de alta densidad y perfiles para sustituir madera y aglomerado de madera en la construcción. El material reciclado es resistente al moho y no se pudre.

Empresa de reciclado de poliuretano

Ubicación: Av. 5 de Mayo Mz 23 Lt 1, Col. Francisco Villa CP. 09720 Iztapalapa,

Distrito Federal, México

Distancia: 634 Km

Proceso: **Reciclado Químico**

Empresa: BASF

Se producen polioles con la conversión química de poliuretanos para aplicaciones de segunda vida mediante tres tecnologías: hidrólisis, aminólisis y glicólisis. Actualmente, alrededor del 30 % de los polioles usados en espuma de PU rígido puede proceder de glicólisis sin que ello afecte a la calidad del producto. <https://aislaconpoliuretano.com/reciclaje-de-la-espuma-de-poliuretano.htm>

Empresa de reciclado de poliuretano

BASF Polyurethanes Europe

Ubicación.

Maximino Ávila Camacho 34, Cd. de los Deportes, 03710 Ciudad de México, CDMX, México

Distancia: 617 Km

Eficiencia de disposición final

EOE4

Residuo-recurso. Reciclaje

Sector: Textil

Empresa: Texeco

Elemento: Funda costurada Chenille

Proceso: Reciclaje

En el reciclaje de textiles, los materiales se pueden clasificar como post-industriales, son subproductos de hilos y tejidos para el sector de la fabricación y venta de prendas de vestir y de post-consumo, que provienen de prendas de ropa, de artículos del hogar y de coches que se han desechado después de su uso.

Texeco es una empresa de reciclaje de textiles que cuenta con servicio de recolección en fábricas e intermediarios no importando la cantidad que se genere en la empresa. Fabrica materiales como fibra regenerada multicolor y telas sintéticas de poliéster, entre otros.

Contacto: Rio Cordova lote 7c, Fracc. La Capilla, Cuauatlán. Edo de México

contacto@texeco.com.mx

Eficiencia de disposición final

EOE5

Reutilización

Relacion con estrategias:

Proceso: Remanufactura

Es la estrategia prioritaria en este apartado ya que se busca la reutilización del componente, pieza o elemento del producto por la propia empresa. Lo que representa un gran beneficio en costos del producto, y puede llevarse a cabo la venta de segunda.

Para la recogida se proponen empresas en la estrategia ESL7. Dentro de la empresa, se requiere un área de desensamble e inspección donde se determina si la pieza es remanufacturable o pasa a reutilizarse por otras empresa, o reciclaje, recuperación energética o disposición en vertedero como se menciona en ESL8.

Eficiencia de disposición final

EOE6

Residuo-recurso. Reciclado.

Sector: Reciclaje de cartón.

Empresa: Recipack

Material. Rollo stretch-film y cartón

Proceso: Reciclado Mecánico

Recipack fabrica y comercializa todo tipo de caja de cartón corrugado, complementos de empaque, también cuenta con el servicio para toda la república de compra de materiales reciclables como papel, cartón y plástico.

Empresa de reciclado de poliuretano

Proveedor: Recipack

División Oriente No. 708

Col. Agua Blanca Industrial

CP. 45234

Zapopan, Jalisco

Distancia: 138 Km

3.4.2 Diseño de producto

En la planeación de las estrategias para la circularidad en el *diseño de producto*, se realizaron tablas bajo la misma lógica que en el apartado de la optimización de material. A partir de las preguntas de la lista de verificación se determina la situación y la condición (oportunidad, adecuado y limitante) del componente respecto al indicador. En las siguientes tablas de componente se señalan los límites y las oportunidades en la mejora de la circularidad respecto al diseño de producto junto con el código de la estrategia.

TAPIZADO				
		Situación	Condición	ETG
EST	Identificación	Si, existen opciones para mejorar la identificación de las piezas	Oportunidad	EDE1
	Intercambiabilidad	Si, existen opciones para mejorar la intercambiabilidad de las piezas	Oportunidad	EDE2
DES	Separación de piezas	Si, existen opciones para mejorar la limpieza de las piezas	Oportunidad	EDD5
	Limpieza	Si, existen opciones para mejorar la limpieza de las piezas	Oportunidad	EDD3
	Inspección	No, no es necesario hacer mejoras en el producto para la inspección de piezas	Adecuado	No aplica
DEM	Limitación de materiales	Si, existe posibilidad de utilizar menos material en el producto	Oportunidad	EDD6
		Oportunidades	5	
		Limitantes	0	

TABLA 32. SITUACIÓN, CONDICIÓN Y ESTRATEGIA PAR EL TAPIZADO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.

SISTEMA MECÁNICO				
		Situación	Condición	ETG
EST	Identificación	Si, existen opciones para mejorar la identificación de las piezas	Oportunidad	EDE1

	Intercambiabilidad	Si, existen opciones para mejorar la intercambiabilidad de las piezas	Oportunidad	EDE4
DES	Separación de piezas	No, no es necesario hacer mejoras en el producto para la separación de piezas	Adecuado	No aplica
	Limpieza	No, no es necesario hacer mejoras en el producto para la limpieza de piezas	Adecuado	No aplica
	Inspección	No, no es necesario hacer mejoras en el producto para la inspección de piezas	Oportunidad	EDD6
DEM	Limitación de materiales	No, no existe posibilidad de reducir la cantidad de material del componente	Limitante	No aplica
		Oportunidades	3	
		Limitantes	1	

TABLA 33. SITUACIÓN, CONDICIÓN Y ESTRATEGIAS PARA EL SISTEMA MECÁNICO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA

CASCO				
		Situación	Condición	ETG
EST	Identificación	Si, existen opciones para mejorar la identificación de las piezas	Oportunidad	EDE1
	Intercambiabilidad	No, no existe posibilidad mejorar la intercambiabilidad de las piezas	Limitante	No Aplica
DES	Separación de piezas	Si, existen opciones para mejorar la separación de las piezas.	Oportunidad	EDD6
	Limpieza	No, no es necesario hacer mejoras en el producto para la limpieza de piezas	Adecuado	No Aplica
	Inspección	Si, existen opciones para mejorar la inspección de las piezas	Oportunidad	EDD6
DEM	Limitación de materiales	No, no existe posibilidad de disminuir el uso de material	Limitante	No aplica
		Oportunidades	3	
		Limitantes	2	

TABLA 34. SITUACIÓN, CONDICIÓN Y ESTRATEGIAS PARA EL CASCO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.

El reconocimiento de las oportunidades en esta sección permitió establecer seis estrategias aplicadas hacia los componentes del producto que facilitarán acciones

como el reciclaje, remanufactura, reparación y el mantenimiento, fundamentales en un sistema industrial circular. Al igual que en la parte de materiales (*Optimización de material*), una sola estrategia puede aplicarse a más de un componente.

Estandarización Identificación

EDE1

Componente: Casco, tapizado y sistema mecánico.

Código de Identificación

Para llevar a cabo las acciones propuestas de reutilización, es importante el control del producto identificándolo y asignándole un código a sus partes. Esto facilitará el servicio que ofrecerá la empresa al usuario en mantenimiento, reparación manufactura y reciclaje. La empresa tiene que identificar sus productos a lo largo de toda su fabricación para tener un registro de las etapas de producción



FIGURA 3. IDENTIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MUEBLES BOAL

Se debe identificar la aprobación y el estado del producto en comparación con las exigencias de supervisión y medición durante toda la realización del producto.

- Monocódigo (jerarquía): significados dependientes de los dígitos precedentes. La estructura es descendiente en forma de árbol

- Policódigo (cadena): significados independientes

- Híbrido: la mayoría

Ventajas de identificación de componentes y producto.

- Re-utilización de diseño: Al diseñar un elemento nuevo podremos utilizar el patrón De un elemento similar ya existente en la fábrica.
- Planificación de procesos

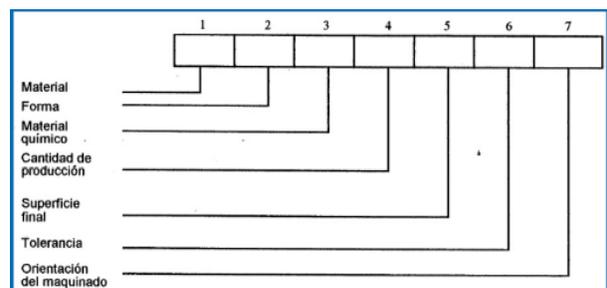


FIGURA 4. ESTRUCTURACIÓN DE UN POLICÓDIGO

- Permite cambios flexibles en el diseño de células.

Empresa: Technifor por Gravotech

Líder en el grabado y marcaje permanente. Ofrece una gama amplia de tecnologías y configuraciones para necesidades específicas, utilizando máquinas estándares. Se planifica tomando en cuenta las condiciones de producción, y los requisitos de integración del puesto de marcaje y ajustado al presupuesto de la empresa.

Contacto:

Gravotech S.DE R.L DE C.V. Lago Erne, 246- Colonia Pensil,

CP 11430 Ciudad de México

Tel: +52 1(55)53572765 E-mail: tf-info@mx.gravotech.com

**Estandarización
Intercambiabilidad**

EDE2

Componente: Tapizado

El usuario buscará intercambiar o reemplazar piezas o componentes de su sillón por distintas razones. En el caso del tapizado podría ser por daño por roturas o manchas o simplemente por el deseo de cambiar la textura o el color de la cubierta. Para esto, si la estrategia **EOS9** se cumple, la empresa tiene la oportunidad de disponer de fundas para el reemplazo directamente de los talleres integrados. Los rellenos podrían reutilizarse después de un diagnóstico de su vida útil.



FIGURA 5. FUNDAS IMPORTADAS PARA TAPIZADO.

Consideraciones:

- I. La empresa al ser quien provee de materia prima a los talleres, determinaría la calidad y la gama de texturas y colores de los tapizados.
- II. Para sumar valor a la circularidad, los proveedores del material para el tapizado deberán ser productores locales.
- III. Se recomienda que el material del tapizado cumpla con características de un material circular (*Optimización de materiales*).

Componente: Tapizado

Existen dos opciones para evitar la limpieza en el tapizado de la tela chenille del sillón reclinable.

En el mercado se ofrece recubrimientos en aerosol hidrofóbico para todo tipo de telas. Su función es proteger de derrames de líquidos en el textil que se aplique por su poder ultrahidrofóbico. No existen productos de este tipo de fabricación nacional, se puede obtener importado mediante las plataformas de compra y venta de internet (Amazon, Mercado Libre, Alibaba, etc).



FIGURA 6.
RECUBRIMIENTO
HIDROFÓBICO.



FIGURA 7. FUNDA PARA
SILLÓN RECLINABLE

Otra de las opciones disponibles en el mercado son las fundas estándar para cubrir el tapizado original del mueble. Este tipo de fundas se ofrecen en plataformas de venta en línea, no obstante la empresa puede fabricarlas en colaboración con talleres externos descritos en la estrategia EOS9. https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81TmkKoumiL._SL1500_.jpg

Componente: Sistema mecánico

El sistema mecánico que se utiliza en el sillón reclinable, es un sistema estandarizado que se utilizan en diferentes marcas de muebles por todo el mundo. Actualmente no se encontró información de un proveedor fabricante nacional de estos sistemas de inclinación, por lo que su importación es inevitable. La venta en línea de productos permite a la empresa decidir por una opción más conveniente en la proveeduría del componente de inclinación. Para dar un ejemplo de toda la información disponible para

la empresa cuando busca un nuevo proveedor, en la siguiente tabla se muestra varias opciones obtenidas solo de un sitio web.

SITIO	PROVEEDOR/ MARCA	ORIGEN	MODELO	PEDIDO MINIMO	PLAZO DE ENTREGA
Alibaba.com	Foshan Yingquan Furniture Accessories Co., Ltd.	Guangdong, China	D396	1 Unidad	15 Días
Alibaba.com	Guangzhou Chan Ho Furniture Hardware Co., Ltd.	Guangdong, China	CH-E19	50 Unidades	7-15 Días
Alibaba.com	Taizhou Aoda Dynamic Machinery Accessories Co., Ltd.	Jiangsu, China	ADOEC2 #	200 Unidades	15 Días
Alibaba.com	Foshan Win Star Furniture Accessory Co., Limited	Guangdong, China	ZD-MX04	30 Unidades	3-5 Días
Alibaba.com	Ningbo Rato Hardware Co., Ltd.	Zhejiang, China	RS-010	120 Unidades	25 Días
Alibaba.com	Ningbo Hengda Die-Casting Lock Factory	Zhejiang China	FJ-020	100 Unidades	20 Días
Alibaba.com	Foshan Xiarun Healthtec Co., Ltd.	Guangdong, China	A421	1000 Unidades	14 Días

TABLA 35. ALTERNATIVAS DE PROVEEDOR DE MECANISMO RECLINABLE DE IMPORTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

En cada uno de los proveedores se despliega una lista con información sobre el producto (origen, modelos, pedidos mínimos, plazos de entrega etc). Cualquier duda que surja sobre el producto a importar, puede consultarse directamente con el vendedor. Se recomienda que al seleccionar un proveedor este cuente con al menos una certificación de calidad o ambiental de su producto, para mejorar la circularidad.

Desensamble Separación de piezas

EDD5

Componente: Tapizado

Como se muestra en la tabla 3 del proceso de fabricación, después de rellenar la funda

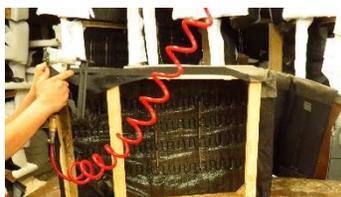


FIGURA 8. ENGRAPADO DE FUNDA EN CASO DE MADERA.

para su acojinamiento se sigue con sujeción de esta funda al caso. Desafortunadamente esta unión se hace mediante grapas de metal, esto dificulta considerablemente su remanufactura. Se considera que un cambio en la unión de la funda con el casco de madera que se pueda despegar y

pegar beneficia directamente en la separación de este componente para su mantenimiento, reparación o remanufactura.

Conocidos también como broches de presión de lona marítima, una de las mejores alternativas que existen es el broche de presión con sujetador de tornillo, el cuál se compone de 3 partes: tornillo, toma de latón y la tapa. Su material es de acero inoxidable de alta calidad. Se puede unir a la madera, plásticos y fibra de vidrio.



FIGURA 10. BROCHE DE PRESIÓN DE USO



FIGURA 9. SUJECIÓN DE TAPIZADO CON MADERA

No se encontró información sobre algún productor nacional de estas piezas, sin embargo se pueden importar mediante proveedores on-line con envíos a toda la república mexicana. La configuración y fabricación de estas fundas será posible con el trabajo conjunto con los proveedores alternativos establecidos en la estrategia EOS9.

Desensamble
Separación de piezas e Inspección
EDD6

Componente: Tapizado, casco y mecanismo

Al sillón reclinable se le coloca un fondo que cubre una parte inferior del asiento y descansabrazos, cubriendo parcialmente el mecanismo de inclinación. La unión se hace con pistola de grapas (Fig.11). Para el desarrollo de un producto circular el fabricante debe procurar que el desensamble del producto sea lo mas sencillo posible y así la mayor parte de sus elementos puedan ser reutilizados.



FIGURA 11. ENGRAPADO DE FONDO A LA SUPERFICIE INFERIOR DEL TAPIZADO Y CASCO.

Para este caso se considera innecesario el material que se coloca como fondo del sillón, al eliminarlo se facilita la inspección en el casco y el mecanismo, la separación de piezas en casco y tapizado del sillón reclinable y al mismo tiempo se reduce la utilización de material en el producto (Desmaterialización), en ese te caso del tapizado. Se observó en casos como en sillones Lazy Boy no cuentan con esta parte inferior en sus productos.

3.4.3 Servicio al usuario

Con base a la información obtenida del análisis del modelo de negocio, se comprobó que no hay un vínculo cercano entre el fabricante del mobiliario con el usuario. Es por esto que se toma en cuenta todos los subindicadores y se determina que si existe oportunidad para cada uno de los aspectos. Las estrategias propuestas permiten instalar dentro del modelo de negocio de un producto a servicio.

SERVICIO AL USUARIO		
Base de datos		
	Registro de producto	ESB1
	Datos de Usuario	ESB2
Soporte técnico		
	Manuales de Operación	ESS3
	Condiciones de Uso	ESS4
Garantías		
	Procedimiento	ESG5
	Pronóstico de vida	ESG6
Logística inversa		
	Recuperación	ESL7
	Selección	ESL8

TABLA 36. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRATÉGIAS PARA EL SERVICIO AL USUARIO. ELABORACIÓN PROPIA.

Base de datos
Registro del producto
ESB1

Para realizar un servicio post-venta el usuario debe registrar su producto, esto permite a la compañía tener una base de datos del producto y del cliente. Contar con el contacto del cliente y del producto permite llevar a cabo acciones como la reutilización (segunda mano) y la remanufactura de componentes.



FIGURA 12. REGISTRO DE PRODUCTO EN EL SITIO WEB DE LAZYBOY

La empresa de muebles Lazy.Boy, realiza el servicio post-venta con mantenimiento y reparaciones por lo que en el sitio web de la empresa hay un registro del producto que el cliente debería completar al momento de hacer su compra.

La información requerida es la siguiente:

1. Fecha de compra (día/mes/año)
2. No. de identificación del producto
3. No. de estilo
4. No. de cubierta
5. Lugar de compra del producto (Galería, departamental, mueblería local)

**Base de datos
Registro del usuario**

ESB2

Base de datos de clientes:

Estas son las más habituales en los negocios. Son los datos personales del cliente, como nombre y direcciones, además se recoge una mínima información de los usuarios para conocer sus necesidades. De esta manera se pueden planear servicios enfocados a las exigencias del mercado al que va dirigido el producto.

Lazy Boy también tiene disponible en su sitio web el registro de la información del cliente. La información requerida es la siguiente: Nombre, apellidos, calle, colonia número, ciudad, estado, código postal y correo electrónico

Existen herramientas que ayudan a las empresas a poner en práctica la gestión de sus clientes. Estos sistemas de gestión de clientes CRM (Customer Relationship Management) ayudan a las organizaciones a poner en práctica la gestión de clientes. Se centran en el fomento de las relaciones con los clientes individuales con el fin de crear y mantener una base de clientes fieles. En la siguiente tabla se muestran algunas de las plataformas para administrar la base de datos de los usuarios.

Salesforce	Empresa líder de CRM como software bajo demanda, y es más conocida por producir un CRM llamado Sales Cloud. La empresa cuenta con más productos relacionados con la atención al cliente, marketing, inteligencia artificial, entre otros
Vtiger	Vtiger CRM software Open Source, proporciona automatización de las ventas, servicio y soporte al cliente, automatización de marketing, gestión de inventarios, soporte de bases de datos múltiples, la gestión de la seguridad, personalización del producto calendario, integración con correo electrónico y otros.
XRMS	Se utiliza para integrar y administrar ventas, servicios y comercialización de datos en un único depósito de información. XRMS entrega la capacidad para que la empresa tenga un sistema único de registro de almacenamiento de las actividades, archivos y otros datos de la interacción con clientes, empleados y socios.

TABLA 37. EJEMPLOS DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE CLIENTES. ELABORACIÓN PROPIA.

Soporte Técnico
Manuales de Operación
ESS3

Los manuales de operación son indispensables dentro de un plan de servicio al usuario. Estos manuales son utilizados para orientar al usuario ya sea en el armado del producto, su desensamblaje para su mantenimiento o reparación. Estos manuales pueden ser impresos o en digital, incluso pueden estar disponibles para su descarga en el sitio web de la empresa.

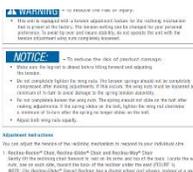
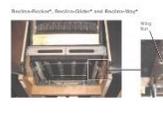


FIGURA 14. MANUAL DE OPERACIÓN DISPONIBLE PARA SU IMPRESIÓN.



En el caso de Lazy Boy ofrece a los usuarios una lista de manuales de operación que pueden ser descargados para su



FIGURA 13. MANUAL DE OPERACIÓN EN VIDEOS EN PLATAFORMA DIGITAL YOUTUBE.

impresión desde su página web. Además cuenta con una *plataforma de videos* para atención al cliente con instrucciones de uso ,reemplazo de

piezas y de mantenimiento. Al no contar con un departamento de diseño y mercadotécnica dentro de la empresa, se puede colaborar con diseñadores de web y gráficos externos para el desarrollo de todo el paquete gráfico que incluirían los manuales de operación.

La disposición de información respecto al cuidado y manejo del mobiliario es fundamental ya que aseguran un buen funcionamiento y durabilidad del producto. A partir de esta información se podrá establecer las condiciones de uso para hacer válidas las garantías. La empresa deberá establecer sus propias condiciones y recomendaciones ajustado a las características propias del sillón reclinable Barrichello.

Cuidados y manejo

- Las partes de acojinamiento que contienen fibras de poliéster, hule espuma y/o pluma de ganso requieren de un moldeo periódico para mantener su apariencia inicial, la cual se puede perder durante el traslado y el uso normal del mueble.

Le recomendamos seguir las siguientes indicaciones para su mantenimiento.



FIGURA 15. MANUAL DE USUARIO MUEBLES BOAL.

Las condiciones de uso propuestas para el sillón reclinable se obtuvieron después de conocer el soporte que ofrecen otras empresas nacionales e internacionales a los usuarios. BOAL empresa mexicana fabricante de muebles pone a disposición del usuario un manual de usuario para todos sus

productos.

Después de analizar estos casos, consideramos suficientes las siguientes condiciones para validar las garantías de nuestra unidad, dividido en tres categorías como se muestra a continuación:

Factores externos

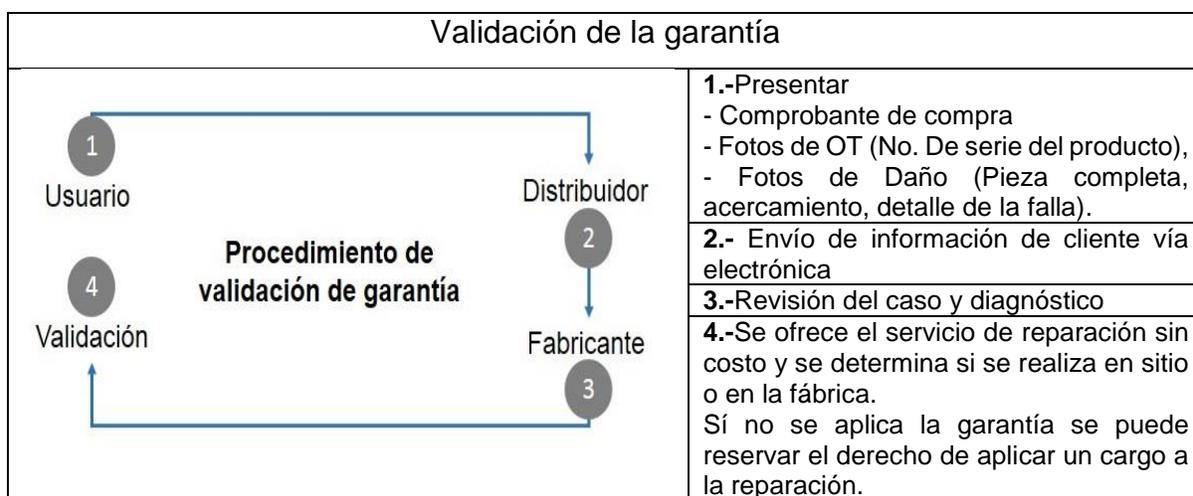
- a) Evitar la exposición al sol ayudará a mantener el color y evitar agrietamientos.
- b) Fuentes de calor con separación mínima de 50cm, evitará la decoloración en la tela del tapizado.
- c) Evitar la acumulación de humedad y salinidad previene del daño en el metal principalmente en zonas costeras.

Limpieza y mantenimiento

- d) Se recomienda no aplicar ningún tratamiento al tapiz.
- e) No utilizar sustancias químicas, alcoholes o solventes, ni productos de limpieza multi usos. Puede dañar las propiedades físicas del tapizado.

- f) Aspirar o utilizar un paño suave o cepillo para evitar la acumulación de polvo.
 - g) Se recomienda la cera para auto en piezas metálicas para evitar la corrosión
- Uso
- h) La apariencia inicial de acojinamiento se pierde por el transalado y el uso normal del mueble. Se recomienda un moldeo periodico manual para su reacomodo.
 - i) Restringir que mascotas suban al mueble evita ragaduras, cortes y suciedad que puede manchar o dañar el tapizado.
 - j) Evitar jalar el sillón de los reposabrazos, moverlo desde la base.
 - k) Evitar arrastrar el mueble o inclinarlo evita dañar las patas, la estructura de madera y el acojinamiento.
 - l) Para accionar correctamente el sistema de reclinación se debe sentar hasta el fondo del mueble.
 - m) Evitar sentarse en el respaldo, patera o brazos para no dañar el mecanismo.

En el procedimiento para validar las garantías hay una injerencia por parte usuario, la distribuidora y por último la fábrica quien realiza un diagnóstico para determinar si aplica o no la garantía. (Esquema 10)



ESQUEMA 9. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE GARANTÍA. ELABORACIÓN PROPIA

En cualquier caso hay que distinguir entre el embalaje utilizado para el transporte entre el fabricante y el distribuidor y el que se usa cuando el producto llega al cliente final. Para el envío de productos dentro de la cadena de suministro, es normal utilizar embalajes estandarizados y reutilizables, si bien, cuando estos productos deben entregarse al consumidor final, se utilizan embalajes de un solo uso.

Garantías
Pronóstico de vida
ESG6

El pronóstico de vida de los componentes del producto es necesario al momento de determinar el tiempo de vigencia de la garantía. Las garantías se hacen validas bajo ciertas condiciones de uso doméstico. En la siguiente tabla se estructuran estas garantías en dos diferentes empresas referentes en el mercado de los muebles reclinables.

Elementos		BOAL	LAZBOY	CONDICIÓN
Tela y vinil	Decoloración	3 Meses	1 Año	Previa revisión por el personal para determinar si el cuidado y el manejo fueron adecuados. Queda anulada si el mueble fue tratado con solventes o fue expuesto a condiciones perjudiciales para el tapizado
	Agrietamiento o craquelado	6 meses	1 Año	
Costura	Defectos de fabricación	6 meses	1 Año	No aplican rupturas por mal uso.
Amortiguación	Bandas elásticas	12 meses	De por vida	El ablandamiento ligero del material es normal y deber ser aceptado por el cliente
	Resortes	24 meses		
Rellenos	Hule espuma	12 meses	1 Año	
	Fibra poliéster	6 meses		
Estructura de madera	Defectos de fabricación	5 años	De por vida	No aplica para daños causados por golpes
	Rechinidos	1 año		Previa revisión de personal autorizado
	Hongos u otra enfermedad de la madera	6 meses		
	Partes mecánicas	12 meses	De por vida	Se considera la capacidad máxima del herraje para esta garantía de 115kg para el sillón reclinable

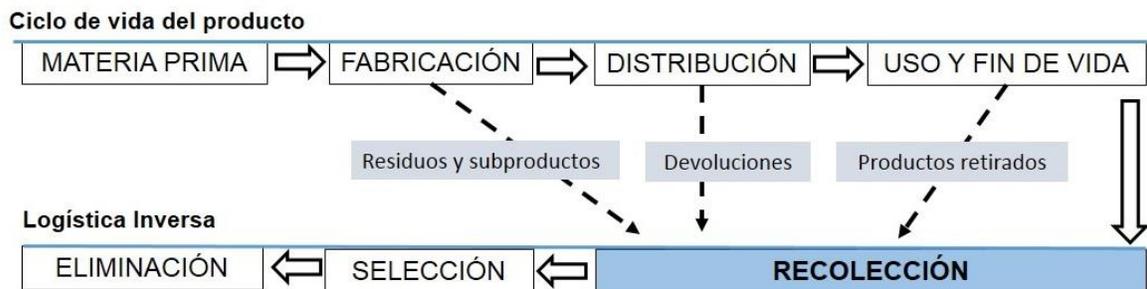
Sistema de reclinación	Componentes eléctricos	3 meses	3 Años	
------------------------	------------------------	---------	--------	--

TABLA 38. TIEMPOS DE GARANTÍA POR COMPONENTES DE CASOS DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA.

Estos datos fueron obtenidos de la información sobre las garantías en empresas del mismo sector. La empresa tendrá que establecer sus tiempos de garantía respecto a la durabilidad de su producto. La información que arroje el servicio al usuario respecto al daño de los materiales permitirá conocer y establecer los plazos de garantía.

Logística inversa

La recuperación de los recursos en la cadena de suministro es la causa del proceso de logística inversa. Empezando por los residuos generados en el proceso de fabricación, los productos devueltos a las distribuidoras y el producto retirado directamente del usuario. (Esquema 1)



ESQUEMA 10. ETAPA DE RECUPERACIÓN EN LA LOGÍSTICA INVERSA.

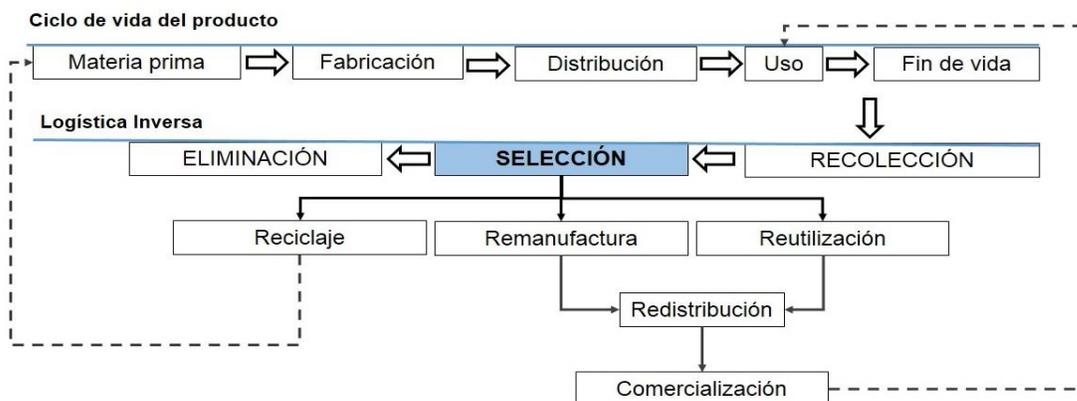
Los medios de recolección podrían ser mediante la adquisición directa de parte del consumidor final o bien por recolectores independientes. La *distribución* es uno de los elementos clave en la gestión de la cadena de logística inversa.

La siguiente tabla muestra los proveedores localizados para la reutilización de los materiales recuperados de proceso y fin de vida del producto.

La intervención de la empresa en el producto recuperado se hará en función de las alternativas posibles detectadas para recuperar el máximo valor del producto. Se determinan al considerar aspectos como viabilidad, técnica, calidad del producto, existencia de infraestructuras, costos, consecuencias medio ambientales, entre otras. Estas van desde la reutilización considerado con alto grado de circularidad hasta el vertedero como última opción de disposición final sin ningún valor de circularidad. (Tabla 39).

	DESCRIPCIÓN
Reutilización directa/reventa	Se recupera el producto para darle un nuevo uso.
Reparación	Consiste en un proceso inverso que mejora la calidad del producto mediante el reacondicionamiento. Existe una diferencia en el grado de complejidad del proceso de cada uno, el de mayor complejidad es la remanufactura, seguido por la restauración y finalmente la reparación.
Restauración	
Remanufactura	
Canibalización	Consiste en la recuperación de algunos componentes para ser insertados en otros productos.
Reciclaje	Consiste en reaprovechar los productos utilizándolos como materia prima en nuevos procesos de fabricación
Incineración	Obtención de energía calórica por combustión. Por su alto grado de emisión de gases que contaminan el medioambiente, además del bajo aprovechamiento de los componentes.
Vertedero	Debido a los altos costos, requisitos e inconvenientes de establecer un vertedero, Ésta alternativa se considera como ultima opción en la eliminación de los productos al final de su vida útil.

TABLA 39. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN DEL PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.



ESQUEMA 11. ETAPA DE SELECCIÓN EN LA LOGÍSTICA INVERSA.

CAPITULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO

4.1 Optimización de materia prima

Suministro

Al identificar las oportunidades en el suministro de materiales, se debe tener mucho cuidado con la compatibilidad de las estrategias. Es decir, no todas las estrategias que se plantearon pueden ejecutarse si se contraponen con otra. Antes de evaluar los logros de circularidad, la organización debe seleccionar aquellas que se ajusten a la capacidad para su realización y además que sume mayor valor de circularidad al producto. En la siguiente tabla se muestra la red de estrategias con la eliminación de aquellas que se contraponen.

Red de estrategias. Toma de decisión.

ELEMENTO	MATERIAL	TIPO	ORIGEN	PROVEEDOR	CERTIFICACIÓN	TOXICIDAD	COMPOSICIÓN	INCOMPATIBILIDAD
1.-Tablero	OSB	EOS1	A	A	EOS1	EOS1	EOS1	No existe
2.-Madera	Mad	A	L	EOS7	EOS7	L	A	No existe
3.-Resorte	Ace	EOS2	L	EOS10	EOS11	EOS2	A	EOS10/EOS2
4.-Alambre	Ace	L	L	EOS10	L	L	L	No existe
5.-Forro Rafia	PP	EOS3	A	EOS3	L	EOS3	A	No existe
6.-Grapa	Ace	L	L	EOS10	EOS10	L	A	No existe
7.-Adhesivo	PVA	L	L	A	EOS12	EOS12	L	No existe
8.-Fibra	PL	EOS4	EOS4	A	EOS6	EOS4	EOS4	EOS4/EOS6
9.-Laminado	PU	EOS4	EOS4	A	L	EOS4	A	No existe
10.-Espuma	PU	L	EOS5	A	L	L	L	Si
11.-Adhesivo	CR	L	L	A	L	L	L	No aplica
12.-Fundas	PL	L	L	EOS9	L	L	L	Si
13.-Grapa	Ace	L	L	EOS10	EOS10	L	A	Si
14.-Mecanismo	Ace	L	A	L	A	L	A	No Aplica
15.-Tornillos	Ace	L	L	EOS10	EOS13	L	A	EOS10/EOS13
16.-Pija	Ace	L	L	EOS10	EOS13	L	A	EOS10/EOS13
17.-Rondana	Ace	L	L	EOS10	EOS13	L	A	EOS10/EOS13

18.-Tira tachuela	Ace	L	L	EOS10	EOS10	L	A	No existe
19.-Rollo cartón	Pap	A	A	A	EOS14	L	A	No existe
20.-Rollo Strech Film	PE	EOS8	L	A	L	L	A	No existe
21.-Rollo Espuma	PE	L	EOS1	A	L	L	A	No existe

TABLA 40. RED DE ESTRATEGIAS, COMPATIBILIDAD Y TOMA DE DESICIONES EN SUMINISTRO DE MATERIAL. ELABORACIÓN PROPIA.

En este caso se seleccionan las estrategias bajo las siguientes consideraciones:

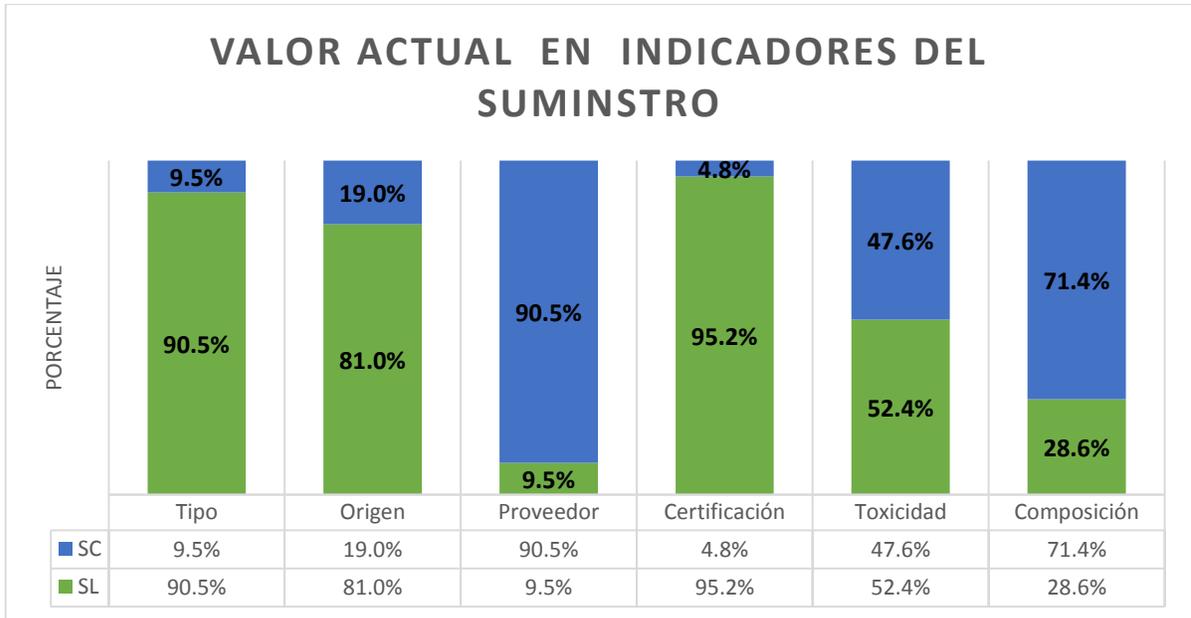
- i. Se elige **EOS10** por que aplica a más de siete elementos del producto, se elige a un nuevo proveedor más local con certificación, dejando del lado la toxicidad y la biodegradabilidad de un nuevo material (**EOS2**).
- ii. Se elige **EOS4** por que aplica a dos elementos impactando en biodegradabilidad, origen reciclado del material, mejorando la biocompatibilidad y su composición pura, aunque se sacrifica la certificación que pudiera tener el material (**EOS6**).
- iii. Para los elementos de sujeción (tornillo, pija y rondana) se prefiere el **EOS10** que esta certificado al igual que el **EOS13** pero es más local.

En el orden que se han manejado los indicadores se presentan las gráficas con los valores actuales de la empresa en terminos de circularidad y el valor que se puede alcanzar aplicando las estrategias establecidas. SL representa las características de un sistema industrial lineal y SC de un sistema industrial circular.

Los porcentajes se obtuvieron a partir del valor actual del indicador sobre el total (63 puntos para el indicador de toxicidad y 21 para los demás).

	Tipo	Origen	Proveedor	Certificación	Toxicidad	Composición
SC	2	4	19	1	30	15
SL	19	17	2	20	33	6

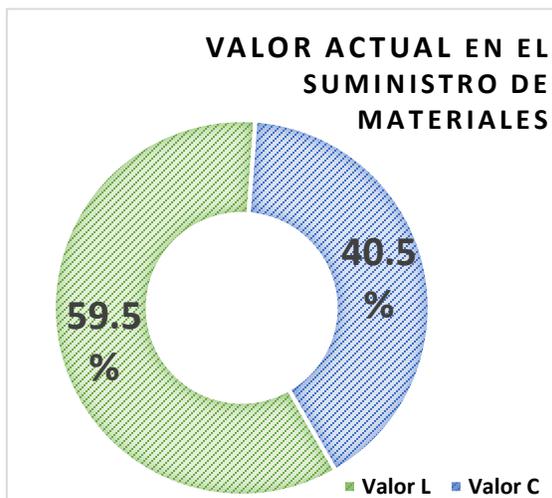
TABLA 41. VALORES ACTUALES DEL PRODUCTO EN EL SUMINISTRO DE MATERIAL.



GRÁFICA 1. VALOR ACTUAL EN INDICADORES DEL SUMINISTRO DE MATERIALES

Los indicadores con los valores más bajos son *certificación* y *tipo* con un 4.8% y 9.5% respectivamente. El mecanismo es el único que cuenta con *certificación* de calidad y solo dos de los materiales en el producto son de tipo *biodegradable* (madera de pino y rollo de carton corrugado).

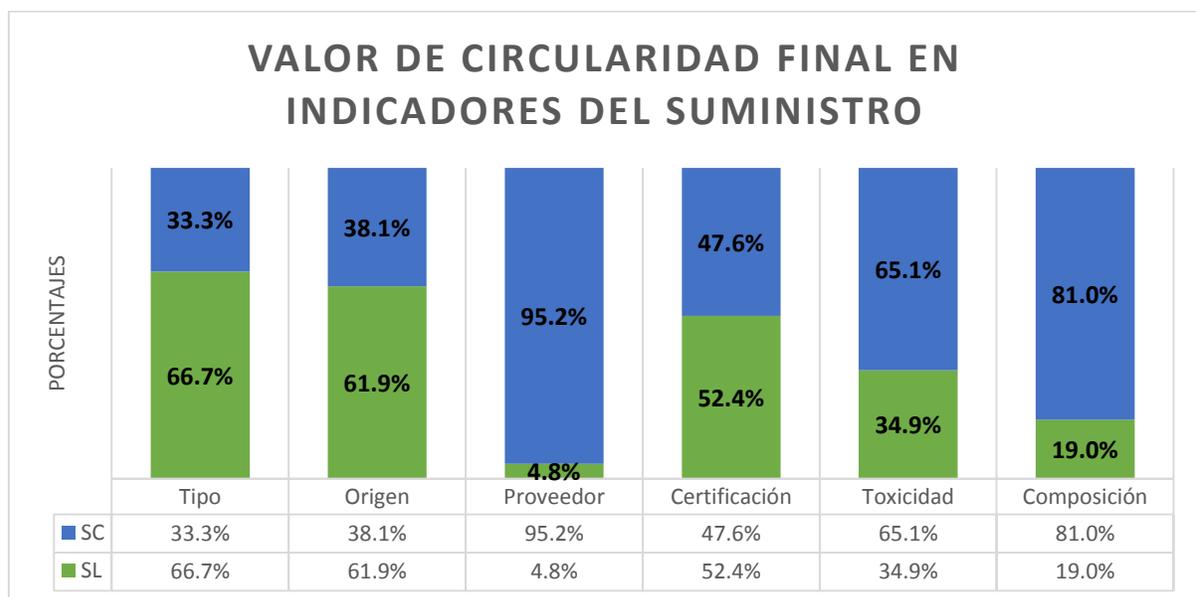
Por el contrario los indicadores de mayor valor son *proveedor*, un 90.5% de los materiales se obtienen localmente, y *composición* con un 71.4% muestra mayoría en materiales puros.



GRÁFICA 2. VALOR ACTUAL EN EL SUMINISTRO DE MATERIALES

El porcentaje del valor circular actual del producto en suministro de material es de 40.5%, rebasado por el 59.5% del sistema lineal (*Gráfica 2*).

	Tipo	Origen	Proveedor	Certificación	Toxicidad	Composición
SC	7	8	16	10	41	16
SL	14	13	5	11	22	5



GRÁFICA 3. VALOR FINAL DE CIRCULARIDAD EN INDICADORES PARA EL SUMINISTRO DE MATERIALES.

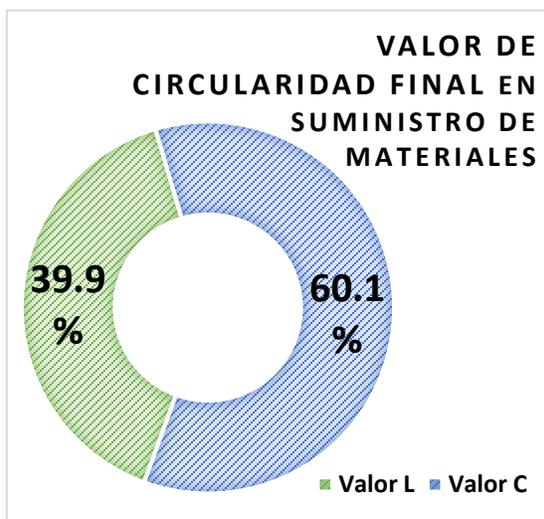
El logro obtenido por cada uno de los indicadores representando en porcentajes se muestra en la tabla siguiente.

TIPO	ORIGEN	PROVEEDOR	CERTIFIC.	TOXICIDAD	COMP.	TOTAL
23.8%	19.1%	4.7%	42.8%	17.5%	9.6%	19.6%

TABLA 42. MARGEN DE GANANCIA ALCANZADA POR INDICADOR EN SUMINISTRO. ELABORACIÓN PROPIA

La aplicación de las once estrategias mejora el puntaje en mayor o menor medida de todos los indicadores. Y en total se logra un 19.6% más de circularidad en el producto para el suministro de materiales}

El indicador con el mayor aumento de circularidad es el de *certificación*, el cuál paso de tener 1 material certificado a 10 materiales certificados, lo que representa el 42.8% más de su valor actual. Seguido del indicador tipo con un aumento del 23.8% de su valor actual mediante la aplicación de 5 alternativas de material biológico. *Proveedor* y *composición* ya tienen un alto valor en circularidad, no obstante se logró aumentar un 4.7% y 9.6% respectivamente.



El porcentaje global obtenido a partir de calcular cada uno de los indicadores, señalan que el valor de circularidad que se consigue en el suministro de materia prima para nuestra unidad de análisis es de un 60.1% .De esta manera se logra rebasar al sistema lineal dejandoló con solo el 39.9%

GRÁFICA 4. VALOR FINAL DE CIRCULARIDAD EN EL SUMINISTRO DE MATERIALES

Eficiencia de disposición final

Actualmente la empresa no realiza ninguna acción eficiente en la disposición de residuos, a excepción de los residuos de madera para su recuperación energética, del cual se consiguió 1 punto sobre 63 en el primer análisis. El número total para medir el valor con estrategias ahora será de 51 puntos, derivado al multiplicar el puntaje máximo (3 *reutilización*), por el número de materiales de residuo en manufactura y fin de vida del producto 17 y no 21 como en el primer análisis ya que se le resto el puntaje de los incompatibles con las estrategias de suministro descritas en la tabla 51.

Material	Código suministro	Código disposición final	Condición
Forro rafia (PP)	EOS3. (Alternativa de material; Costal de fibra)	EOE2	No es necesario el reciclaje pues se trata de un material biodegradable
Laminado (PU)	EOS4 (Alternativa de material;Fibra de coco)	EOE3	
Rollo Strech film (PE)	EOS8 (Alternativa de material; Oxibiodegradable)	EOS6	

TABLA 43. COMPATIBILIDAD DE ESTRATEGIAS DE SUMINISTRO Y EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL. ELABORACIÓN PROPIA.

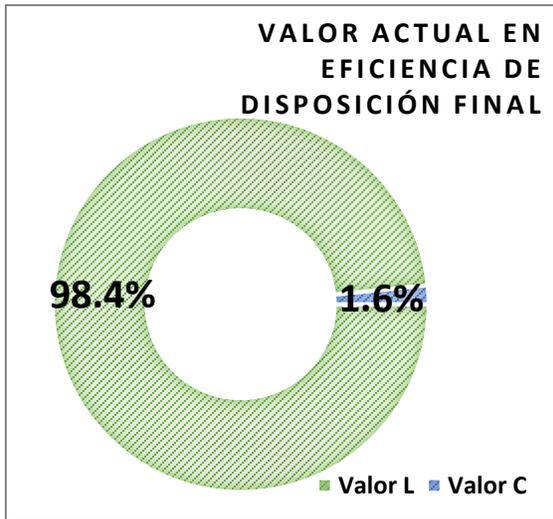
Los códigos en rojo nos indican la incompatibilidad con las estrategias propuestas en suministro, es decir, ya no es necesario su realización en esta etapa por que se resuelve en la etapa de suministro. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos con la aplicación de seis estrategias tanto en manufactura como en fin de vida del producto.

Elemento	Material	Disposición de residuos en Manufactura	Código	Valor circular	Disposición a fin de vida del	Código	Valor circular
Tablero	OSB	Recuperación	EOE1	1	Reutilización	EOE5	3
Madera de Pino	Madera	Recuperación	x	1	Reutilización	EOE5	3
Resorte Zig-Zag	Acero	A	x	0	Reutilización	EOE5	3
Alambre	Acero	A	x	0	Reciclaje	EOE2	2
Forro Rafia	PP	A	x	0	Reciclaje	EOE2*	0
Grapa (metal)	Acero	A	x	0	A	x	0
Adhesivo	PVA	A	x	0	A	x	0
Fibra	PL	A	x	0	Reutilización	EOE5	3
Laminado	PU	Reciclaje	EOE3*	0	Reciclaje	EOE3*	0
Espuma	PU	Reciclaje	EOE3	2	Reciclaje	EOE3	2
Adhesivo p/	CR	A	x	0	A	x	0
Funda costurada	PL	A	x	0	Reciclaje	EOE4	2
Grapa	Metal	A	x	0	A	x	0
Mecanismo	Metal	A	x	0	Reutilización	EOE5	3
Tornillos	Metal	A	x	0	Reutilización	EOE5	3
Pija	Metal	A	x	0	Reutilización	EOE5	3
Rondana	Metal	A	x	0	Reutilización	EOE5	3
Tira tachuela	Metal	A	x	0	Reciclaje	EOE3	2
Rollo cartón	Papel	A	x	0	Reciclaje	EOE6	2
Rollo Strech Film	PE	A	x	0	Reciclaje	EOE6*	0
Rollo Espuma	PE	A	x	0	Reciclaje	EOE3	2
			Valor	4	Valor circular		36

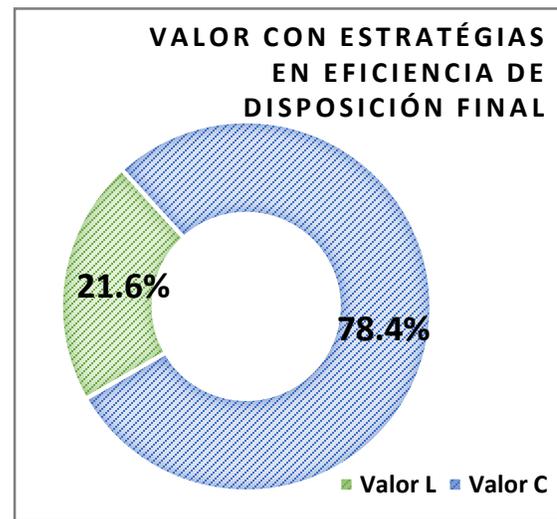
TABLA 44. RED DE ESTRATEGIAS Y VALORES OBTENIDOS EN LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL. ELABORACIÓN PROPIA.

	Manufactura	Fin de vida del producto	% Circular	%Lineal
Actual	1	0	1.6%	98.4%
Con estrategias	4	36	78.4%	21.6%
				100%

El valor de circularidad asciende de un 1.6% hasta un 78.4%, es decir, aumenta un **76.8%** su circularidad, mediante la reutilización, reciclaje y recuperación energética.



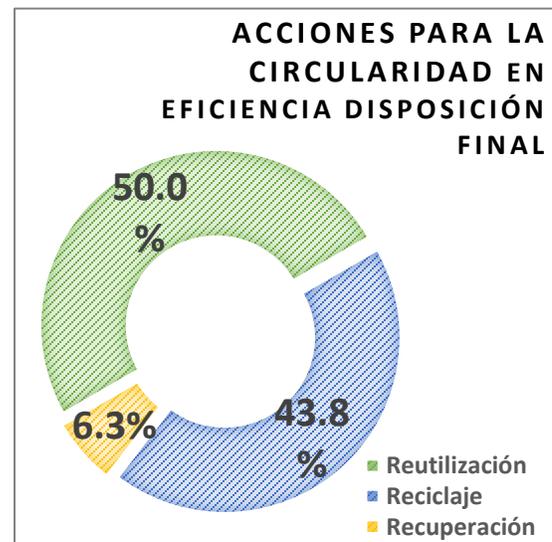
GRÁFICA 6. VALOR ACTUAL EN EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL



GRÁFICA 5. VALOR DE FINAL EN EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL

El aumento del valor se deriva de un 50% a la reutilización con 8 puntos de valor resultado de la estrategia EOE5 que aplica a ocho de los materiales del producto para su reutilización. El 43.8% corresponde al reciclaje con las estrategias EOE2/3/4 y 6, completando así 7 puntos. La recuperación de energía mediante la incineración representa el 6.2% de las acciones para la eficiencia de disposición final, solo los residuos maderables son rentables para este fin.

El aumento del 76.8% en la eficiencia de disposición se debe a la importancia de aprovechar los residuos al final de la vida útil del producto, algo que actualmente no se lleva a cabo por la empresa. Acciones como la remanufactura aumenta considerablemente el valor circular del producto. El reciclaje de materiales tanto en manufactura y el fin de vida del producto también es importante para eficientar la disposición de los recursos. Cabe

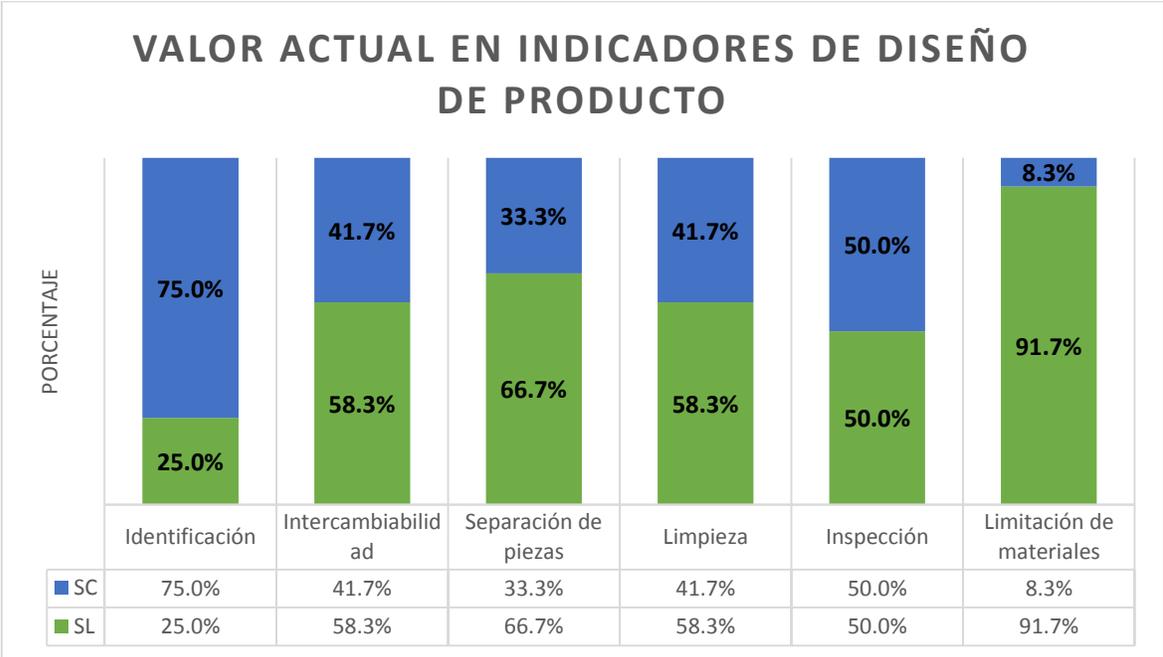


GRÁFICA 7. ACCIONES PARA LA CIRCULARIDAD EN EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL

señalar que para hacer posible acciones como la remanufactura y el reciclaje se debe también aplicar el plan estratégico del diseño de producto como en servicio al usuario.

4.2 Diseño de producto

En esta variable el producto se fragmentó en componentes para su análisis. El valor total de esta fase se deriva de multiplicar 4 (Puntaje máximo) por el número de indicadores y por el número de componentes (4*6*3) así 72 puntos es el valor máximo. En el análisis de los datos actuales se obtuvo solo un 41.7% de circularidad con un valor de 30 puntos.



GRÁFICA 8. VALOR ACTUAL POR INDICADORES EN DISEÑO DE PRODUCTO.

El sub-indicador con menor valor circular es *limitación de materiales* con un 8.3%, el estilo robusto propio del sillón reclinable tipo americano hace difícil la disminución en el material de sus componentes, al disminuir en casco (Estructura de madera) se pone en juego su resistencia, al utilizar menos relleno en el tapizado se sacrifica el acojinamiento propio de estos modelos. El mecanismo es importado y no se puede modificar su composición. El sub-indicador con más valor de 75% es la *Identificación*, todos los componentes son fáciles de identificar por el operario con o sin necesidad de desmantelarlo.

Se establecieron seis estrategias aplicables a los tres componentes. En la siguiente tabla se muestra el código de la estrategia, el componente al que va dirigido, el valor actual, y el valor final con la condición del componente.

DISEÑO DE PRODUCTO						
ESTANDARIZACIÓN	Identificación	Estrategia	Componente	A	F	Condición
		EDE1	CASCO	3	4	Número de parte o código de identificación
MECANISMO	3		4			
TAPIZADO	3		4			
Intercambiabilidad	Limitante	CASCO	3	3	Solo se puede intercambiar con la fábrica en remanufactura	
	EDE4	MECANISMO	1	3	Disposición de piezas en mercado	
	EDE2	TAPIZADO	1	4		
DESENSAMBLE	Separación de piezas	EDD6	CASCO	1	2	Se puede separar las piezas con dificultad y varias herramientas
		Adecuado	MECANISMO	2	3	Puede ser fácilmente desmantelado con una herramienta
		EDD5	TAPIZADO	1	4	Fácilmente desmantelado sin herramientas
	Limpieza	Adecuado	CASCO	1	1	Facilidad de limpieza o no exposición a la suciedad
			MECANISMO	1	1	
	EDD3	TAPIZADO	3	4		
	Inspección	EDD6	CASCO	1	3	Facilidad para inspeccionar
		EDD6	MECANISMO	2	3	
		Adecuado	TAPIZADO	3	3	Fácil de inspeccionar (visual con un procedimiento simple, y con las herramientas disponibles)
	DESMATERIALIZACIÓN	Limitación de materiales	Limitante	CASCO	0	0
Limitante			MECANISMO	0	0	Al ser un componente de importación, no es posible la reducción de materiales.
EDD6			TAPIZADO	1	4	Disminucion de material en tapizado

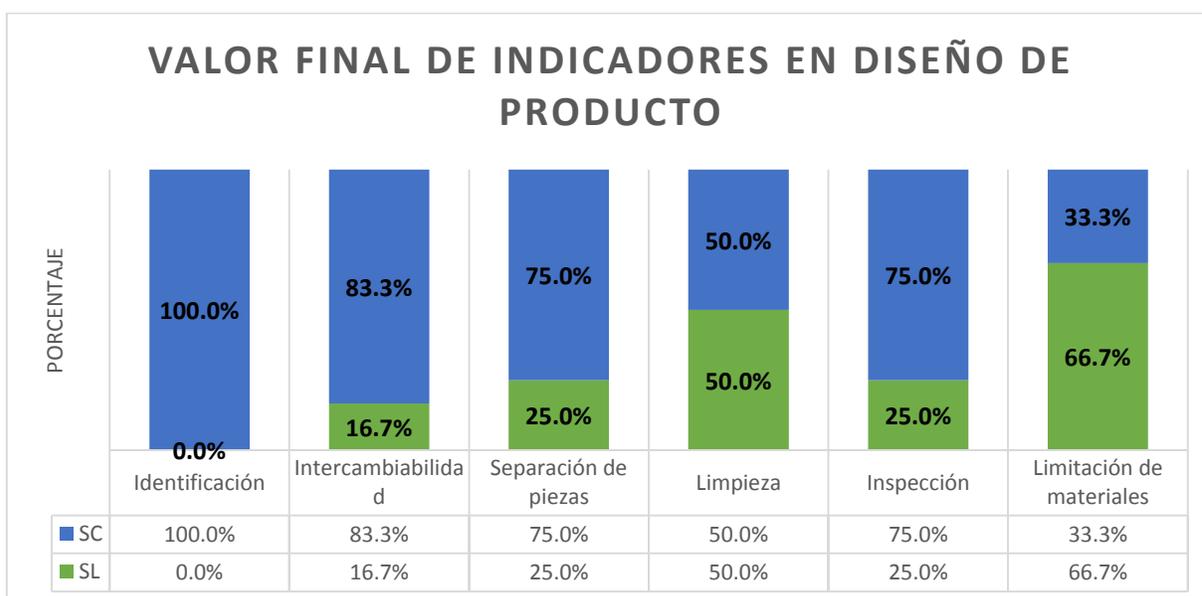
TABLA 45. RED DE ESTRATEGIAS Y VALORES EN DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.

Cinco de las estrategias se aplican al tapizado, tres al mecanismo y solo dos se aplican al casco. La estrategia EDE1 de identificación de piezas y EDE6 de eliminación de material, se aplican a los tres componentes y a diferentes sub-indicadores. La

condición del componente al aplicar las estrategias, se plantea con base en la lista de verificación REMAN. El valor circular total al aplicar las estrategias aumento de un 41.7% a un 69.5%.

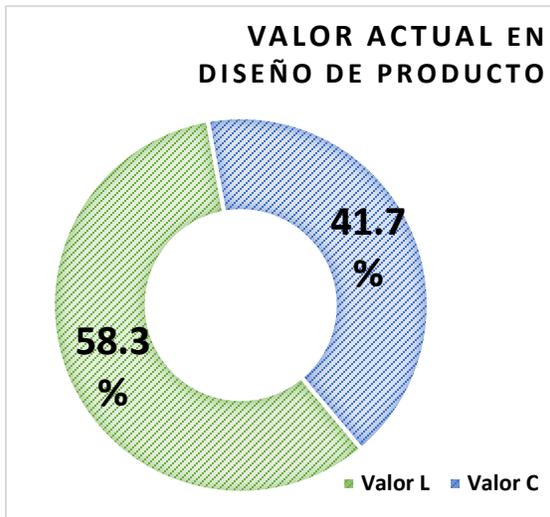
Indicador	Sub-indicador	Valor actual	%	Valor con estrategias	%	Circularidad obtenida
Estandarización	Identificación	9	75%	12	100%	25%
	Intercambiabilidad	5	41.7%	10	83.3%	41.6%
Desensamble	Separación de piezas	4	33.3%	9	75%	41.7%
	Limpieza	5	41.7%	6	50%	8.3%
	Inspección	6	50%	9	75%	25%
Desmaterialización	Limitación de materiales	1	8.3%	4	33.3%	25%
Valor actual		30	41.7%	50	69.4%	27.7%

TABLA 46. RELACIÓN DE PORCENTAJES DE SUB-INDICADORES Y CIRCULARIDAD OBTENIDA EN DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.

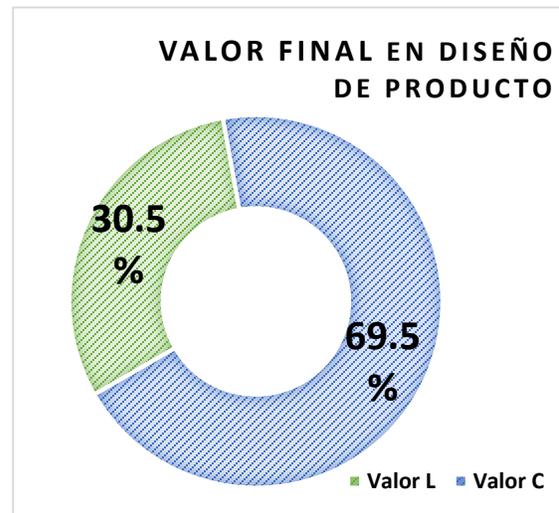


GRÁFICA 9. VALOR FINAL DE INDICADORES EN DISEÑO DE PRODUCTO

Una estrategia para la identificación de piezas EDE1 aumenta 25% la circularidad, EDE2 y EDE4 en intercambiabilidad cumple con el 41% de aumento, EDE5, EDE6 con la eliminación de material y el cambio en la unión del tapizado con el casco logra un 41% de aumento también. En total con las seis estrategias se logra un 27.7% más de circularidad en el diseño del producto.



GRÁFICA 11. VALOR ACTUAL EN DISEÑO DE PRODUCTO



GRÁFICA 10. VALOR FINAL EN DISEÑO DE PRODUCTO

Con la aplicación de las seis estrategias se pasa de una minoría del sistema circular de 41.7% para una mayoría de 69.5%. El 30.5% restante es debido principalmente a la limitante de reducir el uso de materiales en el producto.

4.3 Servicio al usuario

Para la variable de servicio al usuario después de análisis del modelo de negocio de la empresa, se dio a conocer la falta de requerimientos dentro de la organización para llevar a cabo un servicio con el cliente. Se establece que al aplicar las ocho estrategias propuestas en servicio de usuario se puede completar en un 100% la circularidad, pudiendo realizar acciones esenciales en la consecución de una economía circular desde la empresa manufacturera, es decir, aquellas que comprenden el

mantenimiento, reparación, remanufactura, reciclaje y recuperación energética de los materiales.

ESTRATEGIAS	
BASE DE DATOS	Registro de producto
SOPORTE TÉCNICO	Manuales de Operación Condiciones de Uso
GARANTÍAS	Procedimiento Pronóstico de vida
LOGISTICA INVERSA	Recuperación Selección

TABLA 47. ESTRATEGIAS PARA EL SERVICIO AL USUARIO. ELABORACIÓN PROPIA.

Para la fundación McArthur el objetivo de la economía circular es que el valor de los productos, materiales y recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible y se reduzca al mínimo la generación de residuos (Mcarthur, 2017). Hasta aquí hemos logrado medir y dar valor a la circularidad, reconociendo las oportunidades y las limitantes para la optimización de materiales. Siguiendo los principios de ecodiseño reconocidos por la Sociedad de Diseñadores Industriales de América (IDSA), motivados por el uso eficiente de la materia prima, evitando el uso de químicos tóxicos que perjudiquen la reutilización o el retorno a la biosfera, así como también el uso de material reciclado y material reciclable.

Se ha valorado al diseño en el producto respecto a su capacidad de ser remanufacturado, desde la estandarización hasta el desmontaje de piezas. Para Bakker & van den Berg (2015) la importancia del desmontaje y montaje del producto radica en su facilidad de mantenimiento, reparación o remanufactura; además la estandarización y compatibilidad da la oportunidad de crear productos con partes o interfaces que se ajusten a su vez a otros productos.

También se ha evaluado la desmaterialización (el menor uso de material) indicativo de un mejor aprovechamiento de los materiales y menor cantidad de materia prima en los productos. La desmaterialización se reconoce como una estrategia para lograr la

ecología industrial, uno de los referentes importantes de la economía circular. (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2004).

Por ultimo, se ha analizado el servicio al usuario y se proponen estrategias para cumplir con toda la plataforma de servicio que una empresa pueda ofrecer a los clientes para llevar a cabo la circularidad en sus productos.

El servicio y el arrendamiento como principio fundamental llevará a la empresa a ofrecer no un producto sino el uso del producto permitiendo recuperarlo para su reutilización (RSA, 2016, pág. 14). Como lo señala Korhonen (2017, pág.39) pasar del producto a una dinámica de servicios impulsa las prácticas de reuso, remanufactura y reciclado puesto que la relación de productor y usuario se hace más estrecha. Pensar en el reemplazo de piezas y la restauración a su estado original del producto traería beneficios tanto a la empresa como al cliente

CAPITULO V

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Oportunidades y limitaciones para la optimización de materiales

Se logró establecer estrategias para optimizar los recursos materiales mediante la sustitución de algunos proveedores, la búsqueda de alternativas en materiales y las alianzas con otras compañías o talleres para beneficiarse mediante la dinámica *residuo-recurso*. Los elementos identificados que permiten esta optimización en la fabricación del sillón reclinable y con base en el contexto nacional, son los siguientes:

- i. *La utilización de materiales biodegradables y reciclados* aumenta considerablemente la circularidad del producto. Tal es el caso de la aplicación de fibras naturales en rellenos y acojinamientos, En algunas regiones del país, la fibra de coco ha empezado a comercializarse para distintas aplicaciones.
- ii. *Certificación de los recursos maderables*. Existen distintas alternativas de productores forestales certificados. Al elegir un proveedor certificado ya sea por el Consejo de Administración Forestal (FSC, por sus siglas en inglés), la Auditoría Técnica Preventiva ó por una norma mexicana NMX, se evita el uso de madera recolectada ilegalmente, asimismo se certifica la calidad del material.
- iii. *Legislación*. Los cambios regulatorios a nivel europeo pueden tardar fácilmente cinco años antes de que la acción se materialice a nivel nacional, en cambio la ventaja de las iniciativas de economía circular está en que estas podrían comenzar en menos de un año a nivel local.
- iv. *Talleres de tapizado y carpintería*. El sistema de integración de pequeños talleres puede ser adoptado por la empresa fabricante de mobiliario, como en el caso de las fundas costuradas, se sustituye a las de importación y además favorece el crecimiento de los pequeños negocios.
- v. *Compra de residuos y venta de material reciclado*. Para eficientar la disposición de los residuos del producto, se puede vincular con empresas de reciclado. En el presente estudio se determinó cuatro empresas para recolectar metales,

cartón, polímeros y textiles. Esto lleva a la simbiosis industrial, el residuo de una compañía puede ser recurso para otra.

Por otra parte hay elementos que dificultan la selección óptima de los recursos y la eficiencia de disposición final, descritos en los siguientes puntos:

- i. *Falta de certificación en el desarrollo de productos.* La escasa regulación y legislación en México en el sector manufacturero no cubre aspectos para el desarrollo de los productos. Esto ha permitido la inserción de materiales, componentes o productos de importación con alto impacto ambiental. La falta de regulaciones en materia ambiental favorece a que las empresas no se interesen por la certificación. La certificación en materiales nacionales fue un punto débil en la evaluación de los valores circulares. No obstante, el conjunto de iniciativas de lo local hacia lo general podría crear una dinámica que puede superar la de cambios introducidos por las regulaciones.
- ii. *Difícil selección de materiales biocompatibles.* Para valorar la toxicidad de un material en todo su ciclo de vida, se necesita un análisis extenso y detallado para definir el grado de toxicidad. La falta de este tipo de información por el proveedor dificulta la toma de decisión para la selección de materiales con mayor biocompatibilidad.

Oportunidades y limitaciones en el diseño del producto

La eficacia del producto para ser reparado o remanufacturado dependerá de su configuración, es decir, la estandarización de sus componentes, la facilidad en el desensamble de piezas y la reducción en el uso de materiales.

Una de las particularidades de las empresas de tipo maquilador es la falta de innovación y diseño en sus productos. Incluso el plagio en los diseños es muy común en estos modelos de negocio, impidiendo llevar a cabo una eficaz reutilización del producto, dificultando tareas como la inspección, la separación de piezas y su desmaterialización. Por ejemplo, el estilo robusto del sillón reclinable tipo americano no permite la reducción de materiales en su configuración.

A pesar de esto, se logró plantear seis estrategias en el diseño que mejoran considerablemente su valor circular conforma a los siguientes puntos:

- i. Se perfecciona la *identificación* de sus componentes para su supervisión y medición durante todo el proceso de fabricación del producto, pero además permite el control del mismo en la cadena inversa.
- ii. Constituir un sistema de talleres integrados de tapizado sustituye a la importación de las fundas costuradas. Permite a la empresa tener control sobre la calidad del mismo, proporcionando de materia prima a los talleres y además la disponibilidad de este componente para su intercambiabilidad cuando se realiza la remanufactura.
- iii. Se pone a disposición del usuario sub-productos para optimizar el mantenimiento y reparación.
- iv. Se mejora el desmontaje al proponer alternativas de unión de componentes y eliminación de piezas innecesarias en el producto.

Oportunidades y limitaciones en el servicio al usuario.

El servicio al usuario permitirá gestionar la reutilización de los materiales, componentes y productos al término de su vida útil. Es el medio por el cual se hará posible la recolección y recuperación del producto para someterlo a reparación, remanufactura y reciclaje de materiales.

Determinar el valor actual circular en el servicio al usuario para la empresa no fue necesario puesto que no existe. Se plantearon siete estrategias dependientes entre sí para que el servicio se realice efectivamente. La *base de datos* es necesaria para llevar un control del proceso en la *cadena inversa*, para controlar la validación de *garantías* como devoluciones, retorno del producto mediante contratos, incentivos para la recompra, y ofrecer *soporte técnico* que promueva el cuidado y mantenimiento de los productos.

Realizar remanufactura dentro de la empresa será la adaptación con mayor complejidad. La fábrica de mobiliario debe cambiar sus recursos clave, principalmente en infraestructura, transporte y recursos humanos al diversificar las actividades dentro de la empresa.

Retos y alcances en la circularidad

Transformar un modelo de negocio del tipo maquilador a un modelo más circular implica grandes cambios estructurales dentro de la organización. Uno de los factores más complejos de controlar en el proceso de circularidad es la necesidad de crear una cadena de suministro inversa. La recolección, el desensamble, el reacondicionamiento y llevar los productos a los usuarios requieren capacidades especializadas. La empresa deberá tomar la decisión si colabora con empresas externas para realizar algunas operaciones o llevar por cuenta propia todo el proceso de la cadena inversa. Resolver estos problemas también significará superar el bloqueo grabado del sistema económico lineal.

Con esta investigación esperamos motivar al sector manufacturero en México a apostar en acciones que lo encaminen a convertirse en un sistema industrial circular, crear redes de proveedores capaces de proporcionar flujos consistentes de materiales, componentes y productos, respondiendo a fluctuaciones de la demanda. La ventaja de configurar bucles posteriores al uso es significativa, generalmente con socios comerciales, en lugar de crear nuevos componentes y usar materiales vírgenes.

Los nuevos modelos de negocios circulares pueden obtener una creciente ventaja competitiva, ya que crearán mucho más valor en cada unidad de recurso. Entregarán sistemas que permiten personalizar los productos o servicios para satisfacer mejor las necesidades de los clientes. También es posible que se cumplan con otras exigencias del mercado asociado con un suministro más seguro, más beneficio para los consumidores y lo más importante una disminución de las consecuencias medioambientales negativas, como el agotamiento de las reservas y el deterioro del capital natural relacionadas con el modelo económico lineal.

Anexos

Anexo 1. Lienzo de modelo de negocio (Osterwalder & Pigneur)

ASPECTOS	PREGUNTAS	CONSIDERACIONES
SOCIOS CLAVE ¿Quién te ayuda?	¿Quiénes son nuestros socios clave? ¿Quiénes son nuestros proveedores clave? ¿Qué recursos clave estamos obteniendo de nuestros socios clave? ¿Qué actividades realizan nuestros socios?	Motivaciones para realizar alianzas: Optimización y Economía Reducir riesgos e incertidumbre Adquisición de recursos y actividades particulares
ACTIVIDADES CLAVE ¿Cómo lo haces?	¿Qué actividades clave requiere nuestra propuesta de valor? ¿Nuestros canales? ¿Nuestras relaciones con los clientes? ¿Nuestras fuentes de ingresos?	Categorías: Producción Resolución de Problemas Plataformas/Red
RECURSOS CLAVE ¿Qué necesitas?	¿Qué recursos clave requiere nuestra propuesta de valor? ¿Nuestros canales? ¿Nuestras relaciones con los clientes? ¿Nuestras fuentes de ingreso?	Tipos: Físicos Intelectuales Humanos Financieros
PROPUESTA DE VALOR ¿Qué haces?	¿Qué valor estamos entregando a nuestros clientes? ¿Cuál problema estamos ayudando a resolver? ¿Qué necesidad estamos satisfaciendo? ¿Qué paquetes de productos o servicios estamos ofreciendo a cada segmento de clientes?	Características: Innovación Desempeño (Competidores) Efectividad Diseño Marca/Status Ventaja precios/costos Riesgos Facilidad de Uso
RELACIÓN CON CLIENTES ¿Cómo interactúas?	¿Qué relación espera que establezcamos y mantengamos cada uno de nuestros segmentos de clientes? ¿Qué relaciones hemos establecido? ¿Cuán costosas son? ¿Cómo se integran con el resto de nuestro modelo de negocio?	Ejemplos: Asistencia personal Autoservicio Servicios Automatizados Comunidades Co-creación
CANALES ¿Cómo alcanzarlos?	¿A través de que canales nuestros segmentos quieren ser alcanzados? ¿Cómo los estamos alcanzando ahora? ¿Cómo están integrados nuestros canales? ¿Cuáles funcionan mejor? ¿Cuáles son las más rentables? ¿Cómo podemos integrarlos a las rutinas de nuestros clientes?	Fases del canal: Crear conciencia Evaluación Compra Entrega Postventa
SEGMENTO DE CLIENTES ¿A quién ayudas?	¿Para quién estamos creando valor? ¿Quiénes son nuestros clientes más importantes?	Mercado masivo Nichos de mercado Segmentado Diversificado
ESTRUCTURA DE COSTOS ¿Cuál será el costo?	¿Cuáles son los costos más importantes del modelo de negocio? ¿Cuáles recursos clave son los más costosos? ¿Cuáles actividades clave son las más costosas?	Enfocado al costo Enfocado al valor Costos fijos Costos Variables Economía de escala Economía de alcance
FUENTE DE INGRESOS ¿Cuánto Ganarás?	¿Por cuál valor de nuestros clientes están dispuestos a pagar? ¿Actualmente por qué se paga? ¿Cómo prefieren pagar? ¿Cuánto aporta cada fuente de ingresos a los ingresos generales?	Tipos Venta de activo Cargo por Uso Cargo por suscripción Préstamos/Alquiler

Anexo 2. Lista de materia prima crítica

Materias primas críticas CRM (Critical Raw Material)

Forman una base industrial fuerte, que produce una amplia gama de productos y aplicaciones utilizadas en la vida cotidiana y las tecnologías modernas. El acceso confiable y sin restricciones a ciertas materias primas es una preocupación creciente en la UE y en todo el mundo. Para hacer frente a este desafío, la Comisión Europea ha creado una lista de materias primas críticas (CRM) para la UE, que está sujeta a una revisión y actualización periódicas.

Su importancia:

Enlace a la industria: Las materias primas no energéticas están vinculadas a todas las industrias en todas las etapas de la cadena de suministro.

La tecnología moderna: el progreso tecnológico y la calidad de vida dependen del acceso a un número creciente de materias primas. Por ejemplo, un teléfono inteligente puede contener hasta 50 tipos diferentes de metales, todos los cuales contribuyen a su pequeño tamaño, peso ligero y funcionalidad.

Medio ambiente: las materias primas están estrechamente relacionadas con tecnologías limpias. Son insustituibles en paneles solares, turbinas eólicas, vehículos eléctricos e iluminación de bajo consumo.

La metodología para identificar CRM

Los principales parámetros utilizados para determinar la criticidad del material para la UE son:

Importancia económica: Tiene por objeto proporcionar una idea de la importancia de un material para la economía de la Unión Europea en términos de aplicaciones de uso final y el valor añadido (VA) de los correspondientes sectores de fabricación de la Unión Europea. La importancia económica es corregida por el índice de sustitución (SIEI) relacionado con el desempeño técnico y de costos de los sustitutos de las aplicaciones individuales.

Riesgo de suministro: Refleja el riesgo de una interrupción en el suministro de material de la Unión Europea. Se basa en la concentración del suministro primario de los países productores de materias primas, teniendo en cuenta su desempeño de gobierno y

aspectos comerciales. Dependiendo de la dependencia de importaciones (IR) de la Unión Europea, se tienen en cuenta proporcionalmente los 2 conjuntos de países productores: los proveedores mundiales y los países de los que la Unión Europea obtiene las materias primas. La SR se mide en la etapa de "cuello de botella" del material (extracción o procesamiento), que presenta el mayor riesgo de suministro para la UE. La sustitución y el reciclaje se consideran medidas de reducción de riesgos.

Todas las materias primas, incluso cuando no están clasificadas como críticas, son importantes para la economía de la UE. Fuente:http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_es

Lista de materias primas críticas establecida por la Comisión Europea			
Antimonio	Fluorita	LREEs	Fósforo
Barita	Galio	Magnesio	Escandio
Berilio	Germanio	Grafito	Metal de silicio
Bismuto	Hafnio	Caucho natural	Tántalo
Borato	Helio	Niobio	Tungsteno
Cobalto	HREEs	PGMs	Vanadio
Carbon de coque	Indio	Roca de fosfato	

TABLA 48. LISTA DE MATERIALES CRITICOS POR LA COMISIÓN EUROPEA

Abreviaciones

A	Actual	PE	Poliestireno
CR	Policloropreno	PGM	Metales del grupo del platino
DEM	Desmaterialización	SC	Sistema circular
DES	Desensamble	SL	Sistema Lineal
ETG	Estrategia.	VC	Valor Circular
F	Final	VL	Valor lineal
HREE	Elementos pesados de tierras raras	VT	Valor total
LREE	Elementos ligeros de tierras raras	OSB	Orientes strand board
PP	Polipropileno	PL	Poliéster
PU	Poliuretano		

Índice de tablas

TABLA 1. ESTRATEGIAS DE ECODISEÑO DE VAN HEMEL 1997. ELABORACIÓN PROPIA	26
TABLA 2. LISTA DE DIRECTRICES PARA EL DISEÑO DE PRODUCTO PROPUESTO POR (BAKKER & VAN DEN BERG, 2015, PÁG. 369).	33
TABLA 3. PRECIOS CORRIENTES. (2) A PRECIOS CONSTANTES 2008. FUENTE INEGI.....	45
TABLA 4. NIVEL DE FRACCIÓN ARANCELARIA EN LOS PRODUCTOS IMPORTADOS DEL TPP. FUENTE: BANCO DE MÉXICO (ECONOMÍA, 2015).....	46
TABLA 5. APAS DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA CIRCULARIDAD. ELABORACIÓN PROPIA.....	55
TABLA 6. MODELO DE NEGOCIO DE EMPRESA FABRICANTE DE MOBILIARIO. ELABORACIÓN PROPIA.	58
TABLA 7. PROCESO DE MANUFACTURA DE SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.	63
TABLA 8. LISTA DE MATERIALES POR COMPONENTE EN SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.	64
TABLA 9. FICHA DE INFORMACIÓN DE MATERIALES. ELABORACIÓN PROPIA.	67
TABLA 10. FICHAS DE INFORMACIÓN DE LA MADERA DE PINO. ELABORACIÓN PROPIA.....	68
TABLA 11. FICHA DE INFORMACIÓN DEL TABLERO OSB. ELABORACIÓN PROPIA.	68
TABLA 12. FICHA DE INFORMACIÓN DE MATERIALES DE RELLENO Y EMBALAJE. ELABORACIÓN PROPIA.....	69
TABLA 13. FICHA DE INFORMACIÓN DE ADHESIVOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	70
TABLA 14. FICHAS DE INFORMACIÓN DE FUNDA DE TAPIZADO. ELABORACIÓN PROPIA.	71
TABLA 15. FICHA DE INFORMACIÓN DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA	71
TABLA 16. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “TIPO”. ELABORACIÓN PROPIA.	72
TABLA 17. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “ORIGEN”. ELABORACIÓN PROPIA.	73
TABLA 18. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “PROVEEDOR”. ELABORACIÓN PROPIA.....	73
TABLA 19. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “CERTIFICACIÓN”. ELABORACIÓN PROPIA.	74
TABLA 20. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “TOXICIDAD”. ELABORACIÓN PROPIA.	75
TABLA 21. EVALUACIÓN DEL INDICADOR “COMPOSICIÓN”. ELABORACIÓN PROPIA.....	75
TABLA 22. ACCIONES Y SUS VALORES EN LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL DEL PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.	76
TABLA 23. CONDICIÓN ACTUAL DE LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS Y SUS VALORES. ELABORACIÓN PROPIA.	77
TABLA 24. PORCENTAJES ACTUALES EN LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS. ELABORACIÓN PROPIA.	77
TABLA 25 COMPONENTES DEL SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.....	79
TABLA 26. LISTA DE VERIFICACIÓN DE DISEÑO PARA LA REMANUFACTURA. ELABORACIÓN PROPIA.....	81
TABLA 27. VALOR ACTUAL DE CIRCULARIDAD EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.	81
TABLA 28. SITUACIÓN DE LOS INDICADORES PARA EL SERVICIO DE USUARIO. ELABORACIÓN PROPIA.....	83
TABLA 29. CLASIFICACIÓN DE INDICADORES, CONDICIÓN Y CÓDIGOS DE ESTRATEGIAS. ELABORACIÓN PROPIA.	85
TABLA 30. PROVEEDORES FORESTALES CERTIFICADOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	88
TABLA 31 RELACIÓN DE ELEMENTOS Y ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL. ELABORACIÓN PROPIA.	93
TABLA 32. SITUACIÓN, CONDICIÓN Y ESTRATEGIA PAR EL TAPIZADO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.	97
TABLA 33. SITUACIÓN, CONDICIÓN Y ESTRATEGIAS PARA EL SISTEMA MECÁNICO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.....	98
TABLA 34. SITUACIÓN, CONDICIÓN Y ESTRATEGIAS PARA EL CASCO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.	98
TABLA 35. ALTERNATIVAS DE PROVEEDOR DE MECANISMO RECLINABLE DE IMPORTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.	102

TABLA 36. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRATÉGIAS PARA EL SERVICIO AL USUARIO. ELABORACIÓN PROPIA.	104
TABLA 37. EJEMPLOS DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE CLIENTES. ELABORACIÓN PROPIA.	106
TABLA 38. TIEMPOS DE GARANTÍA POR COMPONENTES DE CASOS DE ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA.	110
TABLA 39. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN DEL PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.	111
TABLA 40. RED DE ESTRATEGIAS, COMPATIBILIDAD Y TOMA DE DECISIONES EN SUMINISTRO DE MATERIAL.	113
TABLA 41. VALORES ACTUALES DEL PRODUCTO EN EL SUMINISTRO DE MATERIAL.	113
TABLA 42. MARGEN DE GANANCIA ALCANZADA POR INDICADOR EN SUMINISTRO. ELABORACIÓN PROPIA.	115
TABLA 43. COMPATIBILIDAD DE ESTRATEGIAS DE SUMINISTRO Y EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL. ELABORACIÓN PROPIA.	116
TABLA 44. RED DE ESTRATEGIAS Y VALORES OBTENIDOS EN LA EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL. ELABORACIÓN PROPIA.	117
TABLA 45. <i>RED DE ESTRATEGIAS Y VALORES EN DISEÑO DE PRODUCTO. ELABORACIÓN PROPIA.</i>	120
TABLA 46. RELACIÓN DE PORCENTAJES DE SUB-INDICADORES Y CIRCULARIDAD OBTENIDA. ELABORACIÓN PROPIA.	121
TABLA 47. ESTRATEGIAS PARA EL SERVICIO AL USUARIO. ELABORACIÓN PROPIA.	123
TABLA 48. LISTA DE MATERIALES CRITICOS POR LA COMISIÓN EUROPEA.	131

Índice de esquemas

ESQUEMA 1. RELACIÓN DEL DfE (ECODISEÑO) CON LAS FASES DEL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS. FUENTE: CAPUZ, R. (1999).	17
ESQUEMA 3. <i>CONCEPTO ACTUAL DE LA ECONOMÍA CIRCULAR. OBTENIDO DE (YLI-OPAS, BUSINESS MODELS FOR CONSUMER PRODUCT REUSE, 2016). ELABORACIÓN PROPIA.</i>	29
ESQUEMA 4. EL PRINCIPIO DE LA JERARQUÍA "MULTI-R" DE GESTIÓN DE RESIDUOS. ELABORACIÓN PROPIA. (HANNEQUART, 2017, PÁG. 10).	32
ESQUEMA 5. VARIABLES, INDICADORES Y SUB-INDICADORES. ELABORACIÓN PROPIA.	54
ESQUEMA 6. ÁREAS DE TRABAJO DENTRO DE LA FÁBRICA. ELABORACIÓN PROPIA.	59
ESQUEMA 7. PROCESO DE FABRICACIÓN DE SILLÓN RECLINABLE. ELABORACIÓN PROPIA.	61
ESQUEMA 8. ELEMENTOS DEL SILLÓN RECLINABLE.	79
ESQUEMA 9. SISTEMA DE INTEGRACIÓN CON TALLERES LOCALES. ELABORACIÓN PROPIA.	90
ESQUEMA 10. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE GARANTÍA. ELABORACIÓN PROPIA.	108
ESQUEMA 11. ETAPA DE RECUPERACIÓN EN LA LOGÍSTICA INVERSA.	110
ESQUEMA 12. ETAPA DE SELECCIÓN EN LA LOGÍSTICA INVERSA.	111

Índice de figuras

FIGURA 1. UNIDAD DE ANÁLISIS. SILLÓN RECLINABLE BARRETERO.	60
FIGURA 2. LADRILLERA EN EL SUR DEL ESTADO DE ZACATECAS.	93
FIGURA 3. IDENTIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MUEBLES BOAL.	99
FIGURA 4. ESTRUCTURACIÓN DE UN POLICÓDIGO.	99
FIGURA 5. FUNDAS IMPORTADAS PARA TAPIZADO.	100
FIGURA 6. RECUBRIMIENTO HIDROFÓBICO.	101
FIGURA 7. FUNDA PARA SILLÓN RECLINABLE.	101
FIGURA 8. ENGRAPADO DE FUNDA EN CASO DE MADERA.	102
FIGURA 9. SUJECIÓN DE TAPIZADO CON MADERA.	103
FIGURA 10. BROCHE DE PRESIÓN DE USO MARÍTIMO.	103

FIGURA 11. ENGRAPADO DE FONDO A LA SUPERFICIE INFERIOR DEL TAPIZADO Y CASCO.	103
FIGURA 12. REGISTRO DE PRODUCTO EN EL SITIO WEB DE LAZYBOY	105
FIGURA 13. MANUAL DE OPERACIÓN EN VIDEOS EN PLATAFORMA DIGITAL YOUTUBE.....	106
FIGURA 14. MANUAL DE OPERACIÓN DISPONIBLE PARA SU IMPRESIÓN.	106
FIGURA 15. MANUAL DE USUARIO MUEBLES BOAL.	107

Índice de gráficas

GRÁFICA 1. VALOR ACTUAL EN INDICADORES DEL SUMINISTRO DE MATERIALES	114
GRÁFICA 2. VALOR ACTUAL EN EL SUMINISTRO DE MATERIALES.....	114
GRÁFICA 3. VALOR FINAL DE CIRCULARIDAD EN INDICADORES PARA EL SUMINISTRO DE MATERIALES. ELABORACIÓN PROPIA.....	115
GRÁFICA 4. VALOR FINAL DE CIRCULARIDAD EN EL SUMINISTRO DE MATERIALES.....	116
GRÁFICA 5. VALOR ACTUAL EN EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL	118
GRÁFICA 6. VALOR DE FINAL EN EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL.....	118
GRÁFICA 7. ACCIONES PARA LA CIRCULARIDAD EN EFICIENCIA DE DISPOSICIÓN FINAL	118
GRÁFICA 8. VALOR ACTUAL POR INDICADORES EN DISEÑO DE PRODUCTO.....	119
GRÁFICA 9. VALOR FINAL DE INDICADORES EN DISEÑO DE PRODUCTO.....	121
GRÁFICA 11. VALOR ACTUAL EN DISEÑO DE PRODUCTO	122
GRÁFICA 10. VALOR FINAL EN DISEÑO DE PRODUCTO	122

BIBLIOGRAFÍA

- 14001:2015, I. (6 de Junio de 2017). *Nueva ISO 14001*. Obtenido de <http://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>
- Acuña, N., Figueroa, L., & Wilches, M. (2017). Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla. *Ingeniáre*, 143-153.
- Aguayo G., F. e. (2013). *Ecodiseño; Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C)*. México,D.F: Alfaomega.
- ambiental, F. (5 de Junio de 2017). *www.forumambiental.org*. Obtenido de www.forumambiental.org
- Asprilla Pérez, D. (2014). Análisis de los impactos ambientales que produce una empresa de muebles.
- Ayres, R. (2001). *A Handbook for Industrial Ecology*. Northampton, UK: Edward Elgar.
- Bakker , C., & van den Berg, M. (2015). A product design framework for a circular economy. *Product lifetimes and the enviroment*, 366-379.
- Becerril, I. (2014 de Abril de 2014). *El financiero*. Obtenido de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/la-industria-mueblera-en-mexico-requiere-de-renovacion-a-fondo.html>
- Becerril, I. (1 de Abril de 2014). *El Financiero*. Obtenido de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/la-industria-mueblera-en-mexico-requiere-de-renovacion-a-fondo.html>
- Bermejo G. , R. (s.f.). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Bilbao, España: Hegoa.
- Bob Giddings, B. H. (2002). *Environment , Economy and Society; Fitting them together into sustainable development*. *Wiley Interscience*, 190.
- Capalbo, L. (2000). *Desarrollo: dle dominio material al dominio de las limitadas potencialidades humanas*. Buenos Aires: Unida.
- Capuz Rizo, S., & Gómez Navarro, T. (2004). *Ecodiseño;Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles* . México,D.F.: Alfaomega.
- Carlos, M. (1999). *El estudio de impacto ambiental*. Alicante, España.: Universidad de Alicante.
- Carrillo, J. (2005). *El medio ambiente y la maquila en México, Un problema ineludible*. México, D.F.: CEPAL.
- Carrillo, J. (2005). *El medio ambiente y la maquila en México: un problema ineludible*. Mexico, D.F.: CEPAL.

- Cervantes Torres-Marín, G., & al., e. (2009). Ecología Industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 63-70.
- Cira, L. (2009). Propuesta Metodológica para la Integración de los Sistemas de Gestión Ambiental y los Sistemas de Gestión de la Calidad a través del Ecodiseño. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 66-78.
- Clements, R. (1997). *Guía Completa de las Norma ISO 14001*. España: Gestión 2000.
- Cuevas Tello, A. (26 de Mayo de 2017). *El desarrollo económico y el medio ambiente: el caso de México*. Obtenido de Acta Republicana; Política y Sociedad: http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/republicana/pdf/ActaRep08/ActaRep08_3.pdf
- Cuevas, A. (2009). El desarrollo económico y el medio ambiente: El caso de México. *Acta Republicana; Política y Sociedad*, 27-40.
- DAMA. (2004). *Guía Ambiental para la Fabricación de Muebles de Madera*. Bogotá, Co.: Cámara de Comercio de Bogotá.
- Dannoritzer, C. (Dirección). (2011). *Obsolescencia Programada; Comprar, Tirar, Comprar* [Película].
- De la Vega, I. (1998). Certificación de sistemas de gestión mediambiental. *Econoticias*, 17.
- Eckelman, C. (1983). *Introducción al diseño de ingeniería de mueble*.
- Economía, S. d. (2015). *gob.mx*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/129438/sector_Industria_Muebles.pdf
- Economista, E. (19 de Marzo de 2016). *El Economista*. Obtenido de <http://eleconomista.com.mx/estados/2015/03/19/sector-mueblero-descansara-innovacion>
- EEB. (2017). *Circular Economy Opportunities in the furniture sector*. Bruselas, Bélgica: Eunomia.
- EQA. (7 de Junio de 2017). *EQA*. Obtenido de <https://eqa.es/presentaciones/emas.pdf>
- Espinosa, L. (2012). La industria y el comercio del mueble en México. *Res Mobilis*, 74-87.
- Estévez, R. (04 de Febrero de 2013). *Ecointeligencia*. Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/#lightbox/1/>
- García, E. (2008). Economía Ecológica frente a Ecología Industrial. *Argumentos*, 55-71.
- Giddings, B. (2002). Environment, Economy and Society: Fitting them together into Sustainable Development. *Wiley Interscience*, 187-196.
- Gómez Vega, M. (2004). El desarrollo de la industria de la maquila en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía.*, 57-83.
- González, L. (20 de Marzo de 2017). *El economista*. Obtenido de <https://www.economista.com.mx/empresas/Maquila-busca-elevar-los-insumos-de-la-region-TLCAN-20170321-0133.html>

- Greenpeace. (7 de Octubre de 2017). *Greenpeace México*. Obtenido de <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Actua/Ecotips/Las-tres-r/>
- Guiltinan, J. (2009). Creative Destruction and Destructive Creations: Environmental Ethics. *Journal of Business Ethics*, 19-27.
- Guzmán, L. (2002). El diseño para el medioambiente en la industria de la madera y mueble del estado de Jalisco. *Dpto. Proyectos de Ingeniería Universidad Politécnica de Valencia.*, 764-771.
- Hannequart, J.-P. (2017). *Porque y como desarrollar estrategias de economía circular en el ambito regional*. España: Economía Circular.
- Heras, I. (2008). *Los Sistemas de Gestión Medioambiental y la competitivid de las empresas de la CAPV*. San Sebastián, España: Fundación Deusto.
- Hinoztroza, M. (2000). La teoría económica neoclásica y los instrumentos de política ambiental. *Interciencia*, 102-110.
- Hitchens, D. e. (2005). Enviromental performance, competitiveness and managementof small business in Europe. *Journal of Economic and Social Geography*, págs. 541-557.
- Hopwood, B. (2005). Sustainable Development: Mapping different approaches. *Wiley Interscience*, 38-52.
- IHOBE. (2000). *Manual practico de Ecodiseño*. España: IHOBE.
- Korhonen, J. (2017). Circular Economy: The concept and its limitations. *Elsevier*, 37-43.
- Lipovetsky, G. (2007). *La felicidad paradójica*. Barcelona, España.: Anagrama.
- Lipovetsky, G. (9 de Octubre de 2013). La sociedad dle Hiper-consumo. Monterrey.NL. México, Nuevo Leon, México. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=r3ychf3IR0w&t=68s>
- London, B. (1932). *Ending the Depression Through Planned Obsolescence*.
- López García, R. (8 de Junio de 2017). *PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL Y*. Obtenido de http://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_0508_0515.1923.pdf
- López P, J. L. (2017). *Logística Inversa*. Barcelo, España: FUOC.
- López, V. M. (2008). *Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable*. México, D.F.: Trillas.
- Lupulescu, N. B. (2016). *New Challenges for Circular Economy: Eco-Product Development Process*. Brasov, Romania,: Transilvania University of Brasov.
- Luttropp, C. (2013). Ten golden rules in ecodesign. *KTH Machine Design*, 25.
- Martínez Barreiro, A. (2012). La cultura del Usar y Tirar ¿Un problema de investigación? *USC Universidad de Santiago de Compostela*, 149-170.
- McArthur, E. (2015). *Hacia una economía circular: Motivos económicos para uan transición acelerada*. Fundación Ellen Mcarthur.

- Mcarthur, E. (02 de 11 de 2017). *www.ellenmacarthurfoundation.org*. Obtenido de https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf
- Moreno T., V. (25 de Agosto de 2011). *La sintaxis del diseño*. Obtenido de <https://dispar.wordpress.com/2011/08/25/desing-for-equis-dfx/>
- NZWC. (2016). *National Zero Waste Council, Circular Economy Business Toolkit*. Canada.
- OCDE. (6 de Junio de 2017). <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>. Obtenido de <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>
- Ojeda, R. (2015). La gestión ambiental y su relación con la competitividad. *Tec empresarial*, 41-49.
- Olmos, A. (9 de Junio de 2017). *La introducción del factor medioambiental en la industria del mueble*. Obtenido de http://age.ieg.csic.es/geconomica/IIJornadasGGESalamanca/Alex_Olmos.pdf: http://age.ieg.csic.es/geconomica/IIJornadasGGESalamanca/Alex_Olmos.pdf
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Bussiness Model Generation*. John Wiley & Sons.
- Picado, F. (1983). *Clasificación y características de los sistemas de construcción del mueble*. Cartago, Costa Rica: Tecnoogía en Marcha.
- Porter, M. (2003). *Ser Competitivo*. Barcelona, España: Deusto.
- Prieto G., M. (2011). *Sistemas de Gestión Ambiental*. Madrid, España: AENOR.
- Project, T. E. (2014). *Nueva era, nuevo plan. Reformas fiscales para una economía circular inclusiva*.
- RDS. (5 de Junio de 2017). *Red de Desarrollo Sostenible de Colombia*. Obtenido de <http://www.rds.org.co>
- Rijksoverheid. (2014). *Van afval naar grondstof*.
- Rose, C. (2000). *Design for Enviroment: A method for formulating product end-of-life strategies*.
- RSA. (2016). *Designing for a circular economy: Lessons from The Great Recovery*. UK: Action and Research Centre.
- Rudas, G. (1998). *Economía y ambiente*. Bogotá, Colombia: Fescol.
- Salazar Ruiz, E. e. (2014). Aspectos relevantes de la remanufactura. *Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. UABC.*, 22-28.
- Sennett, R. (2006). *La cultura del Nuevo Capitalismo*. Barcelona, España: ANAGRAMA.
- Suris, J. (2005). *Gestión Medioambiental en la Industria*. Valencia, España: Marge Books.
- TNO . (2013). *Oportunidades para una economía circular en los Países Bajos*.
- Trias de Bes, F. (29 de Enero de 2006). *Mundo de Usar y Tirar*. Obtenido de El Pais: https://elpais.com/diario/2006/01/29/eps/1138519621_850215.html

- van Hemel, C. (1997). *Ecodesign; A promising approach to Sustainable Production and Consumption* . UNEP.
- Villalpando, P. (2004). La evolución de la industria maquiladora en México. *Innovaciones de Negocios UANL*, 221-230.
- Villalpando, P. (2005). La evolución de la industria maquiladora en México. *Inovaciones de negocios*, 321-330.
- Yli-Opas, R. (2016). Business models for consumer product reuse. *Aalto University*.
- Yli-Opas, R. (2016). *Business models for consumer product reuse*. Helsinki, Finlandia: Aalto University.

