

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA FÁBRICA DE MUEBLES LA CIBELES, JALISCO, MÉXICO, EN PROCURA DE LA ECOEFICIENCIA DE PROCESOS Y PRODUCTOS INDUSTRIALES

LUCIO GUZMÁN MARES¹,
ALFONSO MORENO SALAZAR¹,
MA. SOLEDAD CASTELLANOS
VILLARRUEL²,
WILVER CONTRERAS MIRANDA³,
SALVADOR CAPUZ RIZO⁴,
JOSÉ LUIS VIVANCOS BONO⁴

LIFE CYCLE ANALYSIS ON A FURNITURE FACTORY LA CIBELES,
IN JALISCO, MEXICO, IN SEARCH FOR THE ECO-EFFICIENCY IN
INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCTS

RECIBIDO: 10-04-09

ACEPTADO: 10-09-09

1 Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega. Ocotlán, Jalisco, México. E-mails: luciog34@hotmail.com; amoreno@cuci.udg.mx

2 Instituto Tecnológico de Ocotlán. Ocotlán, Jalisco, México.
E-mail: solcv@hotmail.com

3 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, E-mail: wilver@ula.ve

4 Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Proyectos de Ingeniería, Valencia, España.
E-mail: scapuz@dpi.upv.es; jvivanco@upvnet.upv.es

RESUMEN

Durante las dos últimas décadas, el enfoque del ciclo de vida se ha usado principalmente para la evaluación ambiental de los productos. Muchos productos, como la mayoría de electrodomésticos por ejemplo, ocasionan sus mayores impactos ambientales durante su uso y no durante su fabricación como podría pensarse. Por tanto si se pretende evaluar el perfil medioambiental de un determinado producto éste habrá de ser analizado desde la obtención de las materias primas que lo componen hasta su eliminación al final de sus días. El ámbito del ciclo de vida examina cada paso del desarrollo del producto desde la extracción de las materias primas hasta la eliminación final de todos los residuos. El diseño para el ciclo de vida está enfocado en descubrir y reducir los impactos ambientales, no simplemente transfiriéndolos a otros medios o actividades. En este artículo se presenta los resultados del trabajo de campo a lo largo de un proyecto piloto. Se desarrolla el caso de estudio a un mueble representativo de este sector, apoyado con la herramienta de evaluación del ciclo de vida del software Simapro, terminando con las conclusiones correspondientes a la mejora ambiental y económica.

Palabras clave: mejora ambiental, mejora económica, eco mueble.

ABSTRACT

During the last two decades, the life cycle analysis approach has been used mainly for environmental assessment of products. Many products, such as the most electrical appliances for example, cause most of their environmental impacts during use, but not during production process as one might think. Thus, if we are to evaluate the environmental profile of a particular product, it must be analyzed from the moment of obtaining the raw material components until its disposal at the end of its use. The scope of the life cycle analysis examines each step of the product development, from raw material extraction to final disposal of all wastes. The design for the life cycle analysis is focused on discovering and reducing environmental impacts, not simply transferring to other media or activities. In this article, we present the results from our field works of a pilot project. A case study was developed with typical furniture of the industry, assisted by Simapro software as a tool for evaluating the life cycle, culminating in relevant conclusions for environmental and economic improvement.

Key words: environmental improvement, economic improvement, eco furniture.

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas medioambientales se han agravado tanto durante los últimos decenios como para que se empiece a tomar conciencia de que no es posible seguir con el mismo modelo de desarrollo. Pese a los incuestionables logros alcanzados en tratamiento de residuos, control de la contaminación, reciclaje, etc., el continuo crecimiento de la economía y del consumo de energía lleva aparejados impactos ambientales que superan dichos logros. Este hecho revela que para la consecución del ansiado *desarrollo sostenible* no basta con las políticas de prevención y control de la contaminación, sino que se debe ser más ambicioso en este apartado.

Uno de los impactos más importantes sobre el medio ambiente es debido a la actividad industrial, y por ello, la legislación medioambiental que regula dicha actividad no deja de crecer y actualizarse. Pero si ampliamos nuestro campo de visión desde la industria hasta los

impactos generados de los productos que allí se fabrican, es decir, si la actividad de fabricación pasa a ser una más, junto a la de obtención de materias primas y energía, distribución y venta, uso, retiro y eliminación del producto en cuestión, la magnitud de los impactos ambientales sobre los que podemos incidir desde la reconsideración en el diseño a la luz de su ciclo de vida, es mucho mayor (FIGURA 1).

El término de Ecoeficiencia ha tenido una considerable influencia en la formación de las políticas y prácticas medioambientales de corporaciones de clase mundial. Según Gómez (2004), el concepto de Ecoeficiencia del Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible (Business Council on Sustainable Development-BCSD), sugiere una importante conexión entre el uso eficiente de los recursos y la responsabilidad medioambiental.

Las tres categorías de enfoques de Ecoeficiencia sugeridas por el BCSD, según Fiksel (1997) (FIGURA 2), son:

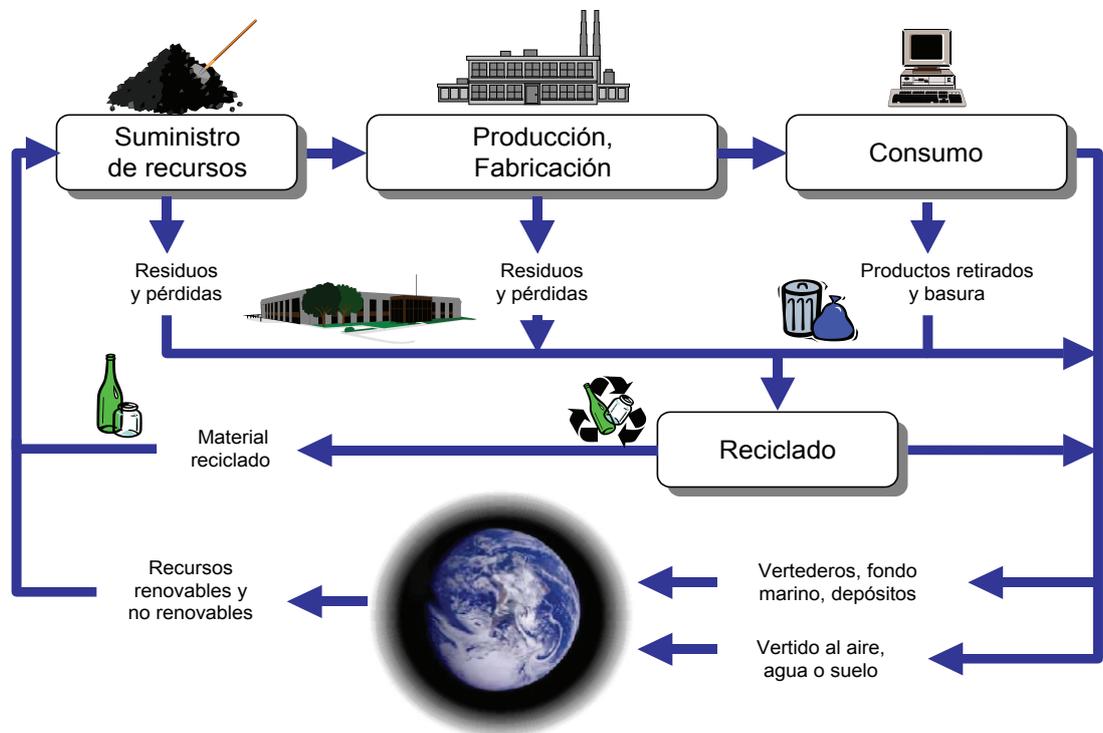


FIGURA 1.
El Flujo de los
Materiales en los
Sistemas Socio-
Industriales.
Fuente: Capuz y
Gómez, 2002.

- *Procesos más limpios*: modificando las tecnologías y los procesos de producción de forma que generen menos contaminación y residuos. En este enfoque se asume que la definición del producto ya ha sido establecida.
- *Productos más limpios*: modificando el diseño y la composición de materiales de los productos de forma que generen menos contaminación y residuos a lo largo de todo su ciclo de vida. Puesto que la fabricación no es más que una de las fases del ciclo de vida, este enfoque implica el desarrollo de procesos más limpios, permitiendo cambios fundamentales del producto en sí.
- *Utilización sostenible de los recursos*: modificando todo el sistema de producción e incluso las relaciones con los proveedores y los clientes, de manera que se consuma menos recursos materiales y energéticos por unidad de valor producida. Puesto que la reducción de la contaminación y de los residuos no es más que una de las formas de reducir la utilización de recursos, este enfoque incluye productos y procesos más limpios, permitiendo innovaciones técnicas y económicas más amplias, descritas frecuentemente como *Ecología Industrial*.

Ya en el caso específico de la producción de muebles, desde finales del pasado siglo a la fecha, su producción se ha transformado e intensificado en forma considerable. Esta situación se encuentra no sólo en los materiales utilizados, sino también en el diseño y la tecnología de producción. De ahí que, en los procesos de transformación han sido determinantes las tendencias productivas internacionales, caso de los países desarrollados industrialmente como Estados Unidos, Francia o Suecia, los cuales han logrado traspasar sus fronteras gracias a los avances en la informática y a las telecomunicaciones por dar a conocer las mejoras alcanzadas en el proceso de desarrollo de productos a todo el mundo (Brezet y Van Hemel, 1997). Lo contrario ha acontecido en el caso particular de la Industria del Mueble de México, la cual su máxima producción se concentra en el estado de Jalisco, siendo considerada como una actividad de tradición familiar, relativamente joven, renuente a los cambios y de estilo predominantemente artesanal.

Sin embargo, para mantenerse en el mercado nacional y estar en posibilidades de competir en el mercado internacional, este sector requiere mejorar sus procesos productivos en términos de acabado y funcionalidad de

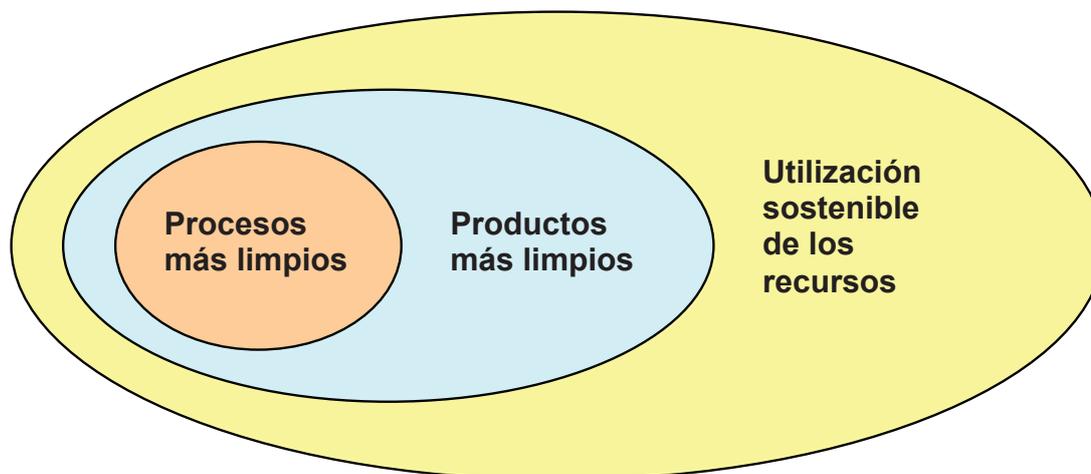


FIGURA 2.
Forma de alcanzar la Ecoeficiencia.
Fuente: desarrollada por los autores a partir de Fiksel, (1997).

sus productos, desarrollar productos más respetuosos con el medio ambiente y optimizar los canales de distribución.

Por ello, se expone en el presente trabajo, el desarrollo de mejoras a procesos industriales en la industria del mueble *La Cibeles* de Ocotlán, estado de Jalisco, México, a partir de la aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) según la norma AENOR. UNE-EN ISO 14040 (1998; 2003) y el software Simapro, que es una herramienta informática profesional para recoger, analizar y supervisar el comportamiento ambiental de productos y servicios (Simapro, 2009); y que a partir de su uso, se pudieron detectar impactos negativos en la Línea 1 de la producción tradicional de muebles de madera sólida, especialmente en la etapa de pintura. Con el trabajo en paralelo de sensibilización y capacitación a la alta gerencia y trabajadores de la empresa en materia ambiental, se logró realizar una Línea 2 la cual haciendo mejoras en tecnologías limpias y propuesta de cambio en los acabados superficiales de los muebles manufacturados, el lograr disminuir los impactos negativos al ambiente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DISEÑO PARA EL CICLO DE VIDA

Una de las primeras metodologías que aparecieron publicadas es la denominada *Diseño para el Ciclo de Vida* (DCV). En 1993 la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos publica el *Life Cycle Design Guidance Manual* citada por Keoleian y Menerey (1993), donde recogen los resultados de una investigación bibliográfica sobre metodologías de diseño de productos, además de entrevistas con profesionales. Este manual tenía como cometido establecer los objetivos, los principios y el marco conceptual para implantar en las empresas e instituciones el diseño desde la perspectiva del ciclo de vida, el cual consistía en “*un enfoque proactivo para integrar la prevención de la*

contaminación y las estrategias de conservación de recursos, en el desarrollo de nuevos productos más sostenibles medioambiental y económicamente”

Para promover tanto la integración antes mencionada, como la reducción de los impactos ambientales y los riesgos para la salud a través de un enfoque sistemático del diseño, Keoleian y Menerey (1993), proponen:

- Una matriz de requerimientos multicapa para asistir al equipo en la identificación de requerimientos y la resolución de conflictos entre ellos. Dicha matriz recopila las especificaciones medioambientales, funcionales, de costes, etc., para todas las etapas del sistema de producción integral y para todas las áreas de la empresa afectadas (diseño, producción, logística, gestión) (FIGURA 3).
- Estrategias de diseño adecuadas.
- Herramientas de análisis medioambiental y de contabilidad del ciclo de vida para evaluar las alternativas de diseño.

Los principales objetivos medioambientales del *Diseño para el Ciclo de Vida*: son reducir los impactos totales y los riesgos de salud causados por el desarrollo y uso del producto. Este objetivo únicamente se puede alcanzar en compromiso con los otros objetivos del Diseño para el Ciclo de Vida, donde se engloba:

- La conservación de los recursos.
- La prevención de la contaminación.
- El soporte medioambiental igualitario.
- Preservar la diversidad: ecosistemas sostenibles.
- Mantenimiento a largo plazo: sistemas económicos viables.

2.2 EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO

El ACV, tal y como se define en la norma AENOR. UNE-ISO 14040 (1998; 2006): “*estudia los aspectos medioambientales y los impactos potenciales a lo*

	Extracción de materias primas	Procesado de materiales	Producción de maquinaria y materiales especiales	Producción y montaje	Uso y servicio	Retiro	Eliminación
Producto							
Entradas							
Salidas							
Proceso							
Entradas							
Salidas							
Distribución							
Entradas							
Salidas							
Gestión							
Entradas							
Salidas							

FIGURA 3. Matrices de los Requerimientos a nivel Conceptual. Fuente: Keoleian y Menerey (1993).

largo de la vida del producto, desde la adquisición de las materias primas hasta la producción, uso y eliminación". Las categorías generales de impactos medioambientales que precisan consideración incluyen el uso de recursos naturales, la salud humana y las consecuencias ecológicas.

El ACV es una metodología que evalúa los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados con un producto mediante:

- La recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema;
- La evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con esas entradas y salidas;
- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

El ACV es una de las varias técnicas de gestión medioambiental propuestas por la norma

AENOR. UNE-EN ISO 14040 (1998), y puede no ser siempre la técnica más apropiada a usar en todas las situaciones. Normalmente los ACV no incluyen los aspectos económicos y sociales relacionados con el producto. En el presente trabajo, para el desarrollo del ACV, se hizo uso del software Simapro (Pré Consultants B.V., 1999). Como muy bien se identifica en la norma, el ACV puede ayudar en:

- La identificación de oportunidades de mejora de los aspectos medioambientales de los productos en varios puntos de su ciclo de vida;
- La toma de decisiones en la industria, instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (como la planificación estratégica, establecimiento de prioridades, diseño o rediseño de productos o procesos)
- La selección de indicadores de comportamiento medioambiental relevantes, incluyendo técnicas de medición;
- El marketing.

2.2.1. METODOLOGÍA DEL ACV

No hay un método único para realizar un estudio de ACV. Las organizaciones normalmente implementan en la práctica el ACV según se establece en la norma AENOR. UNE-EN ISO 14040 (1998; 2006) (FIGURA 4), basándose en la aplicación específica y en los requerimientos del usuario. Un ACV completo incluye las siguientes fases:

- *Definición del objetivo y el alcance:* La aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto.
- *Análisis de Inventario:* Comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema del producto.
- *Evaluación de impacto:* Se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida.
- *Interpretación de resultados:* Conclusiones y recomendaciones para la toma de decisio-

nes, de forma consistente con el objetivo y alcance definidos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ÁMBITO INDUSTRIAL E HISTORIA DE LA EMPRESA LA CIBELES

La Fábrica de Muebles La Cibeles S.A. de C.V. abrió sus puertas el día 20 de septiembre de 1988, en la ciudad de Ocotlán, Jalisco. Iniciando operaciones con tan sólo seis personas, quienes haciendo un gran esfuerzo de trabajo y desempeño lograron formar una compañía que en la actualidad reúne a un grupo de trabajo de más de doscientos trabajadores. En 1995 dio un gran avance al comenzar con la exportación de muebles hacia Estados Unidos, Emiratos Árabes y Centro América. El nombre de la empresa, *La Cibeles*, se lo deben a un agente de ventas de nacionalidad española (que en ese tiempo formaba parte de la compañía), y en honor al monumento La Cibeles de la ciudad de Madrid, España, se colocó el nombre a la empresa.

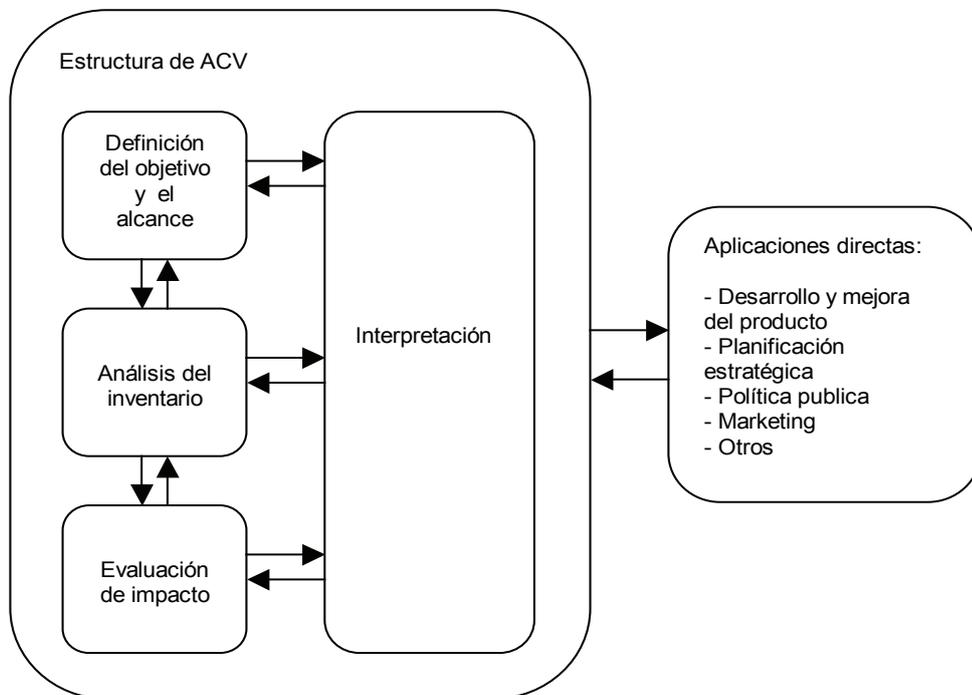


FIGURA 4.
Fases de un análisis de ciclo de vida.
Fuente: AENOR.
UNE-EN ISO 14040 (1998).

Desde su inicio se han dedicado a fabricar recámaras y comedores; de línea clásica, contemporánea y vanguardista, y cada vez más va creciendo el catalogo de productos ofertados con una amplia variedad para todos los gustos y estilos de vida. A continuación se exponen los productos que ofrece y demanda la *Fabrica La Cibeles*:

- Principales Productos que ofrece:

Producto	Destino	Fracción Arancelaria
Comedores	Nacional	94038001
Recámara	Nacional	94035001

- Principales Insumos que demanda:

Producto	Destino	Fracción Arancelaria
Aglomerado	Nacional	44109002
Madera	Nacional	94035001

La *línea de comedores* son las de mayores ventas en esta empresa, con un 60% de las ventas netas. Por tanto, se decidió tomar esta línea para el *proyecto piloto*, considerando sólo la mesa (cubierta) del conjunto (preparación de la mejora). La mesa es considerada por los clientes

como la pieza clave para determinar la calidad del comedor, puesto que en la cubierta se puede observar claramente el buen o mal acabado; además de presentar mayor grado de libertad para lograr la mejora deseada y planificada.

3.2 CONTEXTUALIZACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO COMEDOR CASSINI CLASSIC MATTE (LÍNEA 1), EN LA EMPRESA LA CIBELES

Para conocer el ciclo de vida de la mesa del juego de Comedor *Cassini Classic Matte* (FIGURA 5), en primera instancia, se realizó el *Sistema Producto* (FIGURA 6) de los procesos de producción que intervienen en la fabricación de la cubierta de la mesa seleccionada, describiendo cada uno de ellos en forma detallada. Posteriormente, se estudiaron sus entradas y salidas, cerrando el ciclo de vida de este producto.

Para el análisis del ciclo de vida se han considerado todas aquellas etapas involucradas en el mismo, desde la extracción de materias primas, pasando por su transformación, hasta llegar a la disposición final del producto. Sin embargo, se ha efectuado un análisis adicional



FIGURA 5.
Vista general del Comedor *Cassini Classic Matte*.
Fuente: Empresa La Cibeles.

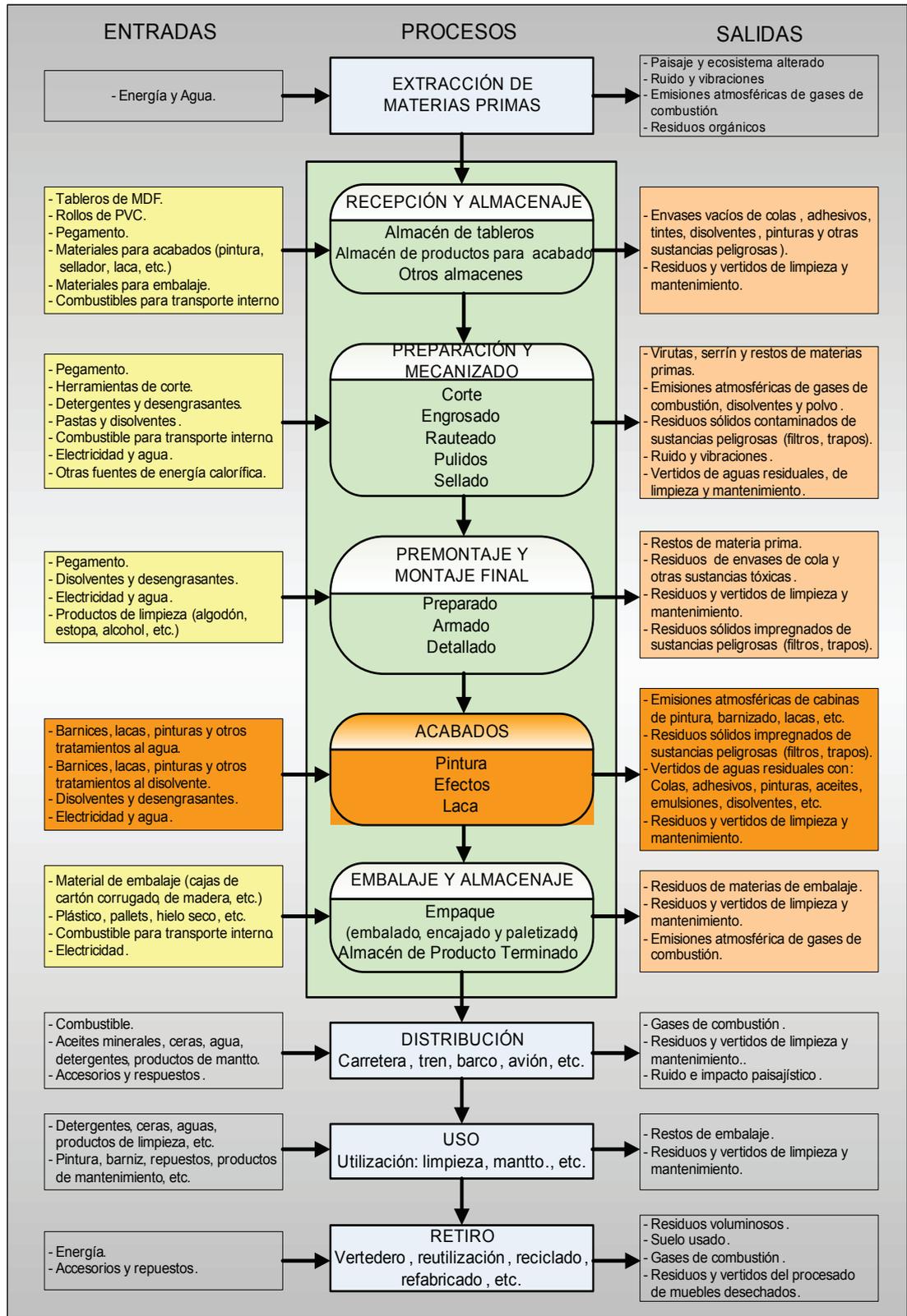


FIGURA 6. Sistema Producto del Comedor A, Industria La Cibeles para determinar el ciclo de vida actual de la Línea 1 - Tradicional. Fuente: Guzmán (2005).

de sólo aquellas etapas que conforman el proceso de producción por las de mayor impacto ambiental. Además, éstas son las que pueden ser controladas más fácilmente por la empresa y con mayor grado de libertad. Se trata, por tanto, de una primera iteración de la metodología.

La evaluación del Ciclo de Vida del producto se llevó a cabo en el software Simapro, con respecto al Eco-Indicador 99 (Pré Consultants B.V., 1999), en su perspectiva individualista (I/A), el cual es considerado por Vivancos, *et al.* (2003) como el más representativo de su clase y que considera sólo los efectos probados a corto plazo.

El CUADRO 1 muestra las puntuaciones correspondientes a la valoración de impacto mediante el método Eco-Indicador 99, a través de la herramienta Simapro, tanto para el ciclo de vida del producto de la Línea 1 tradicional (CVL1), como para aquellas etapas que integran el proceso de producción de dicha línea (PROCL1). Destacando que entre mayor sea la puntuación, mayor es el impacto ambiental.

Eco indicador 99	CVL1 Puntuación única	PROCL1 Puntuación única
I/A	3,37	1,81

CUADRO 1.
ACV Eco-Indicador 99 según la perspectiva individualista (I/A) de la Línea Tradicional.

Obsérvese como es mayor el impacto en el CVL1 en un 65% que el propio proceso en estudio PROCL1.

Los gráficos obtenidos del análisis en la valoración de impacto del ciclo de vida del producto, según Eco-indicador 99, se presentan en la FIGURA 7.

Tras el ACV de la cubierta para mesa del Comedor *Cassini Classic Matte*, fabricada mediante el flujo de producción de la línea tradicional, se obtiene que la etapa que incluye los “procesos de producción” suponga el mayor impacto, seguido por “limpieza y mantenimiento”, con respecto al resto de las demás etapas. Esto es debido a la utilización de elementos inorgánicos como son principalmente los solventes, lacas y pinturas; como lo muestra la barra “proceso” de la FIGURA 7.

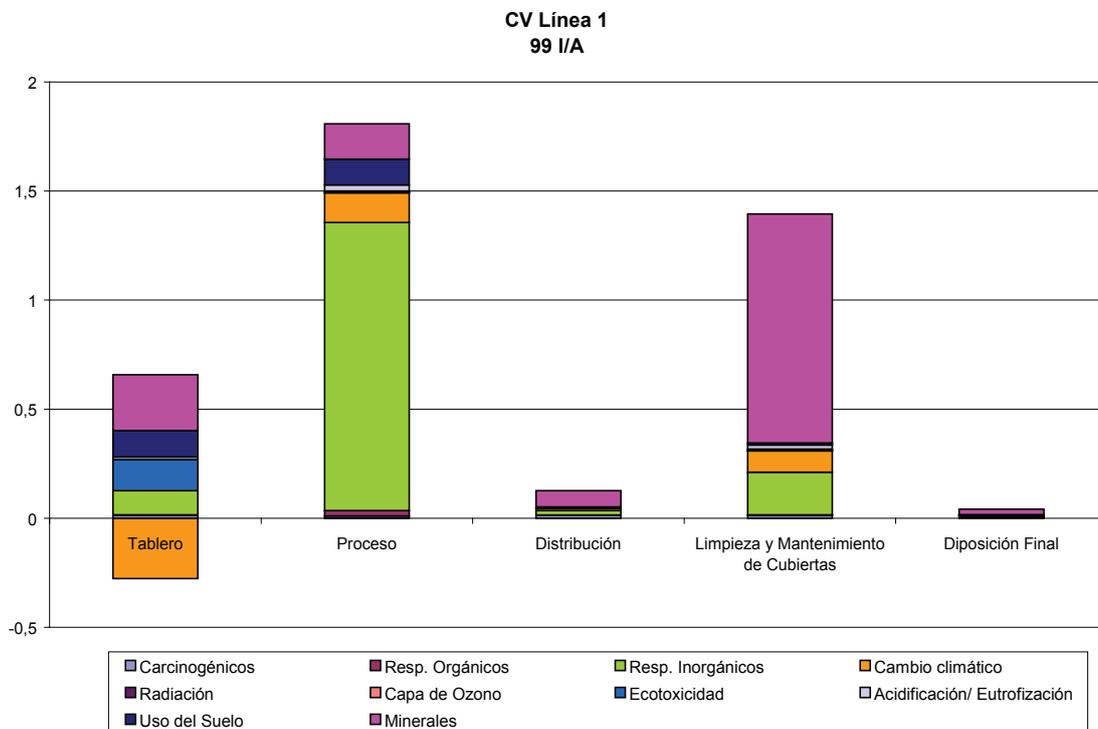


FIGURA 7.
ACV Eco-Indicador 99 I/A, Línea 1 Tradicional.

De los resultados anteriores, se tomó la decisión de considerar el “proceso” como área de oportunidad para mejorar en primera instancia. Por tanto, de aquí en adelante, los análisis de mejora se enmarcarán en esta etapa del ciclo de vida del mueble.

Los gráficos y resultados obtenidos del análisis en la valoración de impacto únicamente del “proceso”, según *Eco indicator 99* para la situación actual, se presentan en la FIGURA 8, así como el diagrama de red del ciclo de vida en la FIGURA 9.

En la FIGURA 8 se observa que el proceso de “acabados” es el de mayor impacto seguido de “preparación y mecanizado”, con respecto a los procesos que comprende la parte de fabricación del ciclo de vida del mueble. Como ya se ha comentado anteriormente es debido a la utilización de elementos inorgánicos, que por su propia naturaleza son necesarios, principalmente solventes y resinas.

En la FIGURA 9 se puede observar, de una forma más desglosada, que dentro del ciclo de

vida de la línea 1 el que más impacta es el “proceso” y dentro de éste el que supone mayor impacto ambiental es el de “acabados” (como se ha dicho anteriormente), mostrando los principales elementos que intervienen como son: solventes y resinas en un 60%, fibras derivadas del algodón, alcohol industrial, petroquímicos, entre otros.

Como conclusión de este apartado, es claro que el *proceso de acabados* es el que más contamina en la industria del mueble. Este proceso es a base de pinturas, disolventes, lacas, etc., para dar el terminado final a las cubiertas. Por tanto, se consideró *sustituir* este proceso por el de *prensado de membrana*, donde el terminado final de las cubiertas es por medio de una película a base de PVC adherida a la superficie de la cubierta (FIGURA 10).

El CUADRO 2 presenta los costes de los materiales que intervienen en la fabricación de la cubierta de la mesa considerada en el proyecto piloto. Destacando los procesos que comprende “acabados” en el área sombreada de la misma.

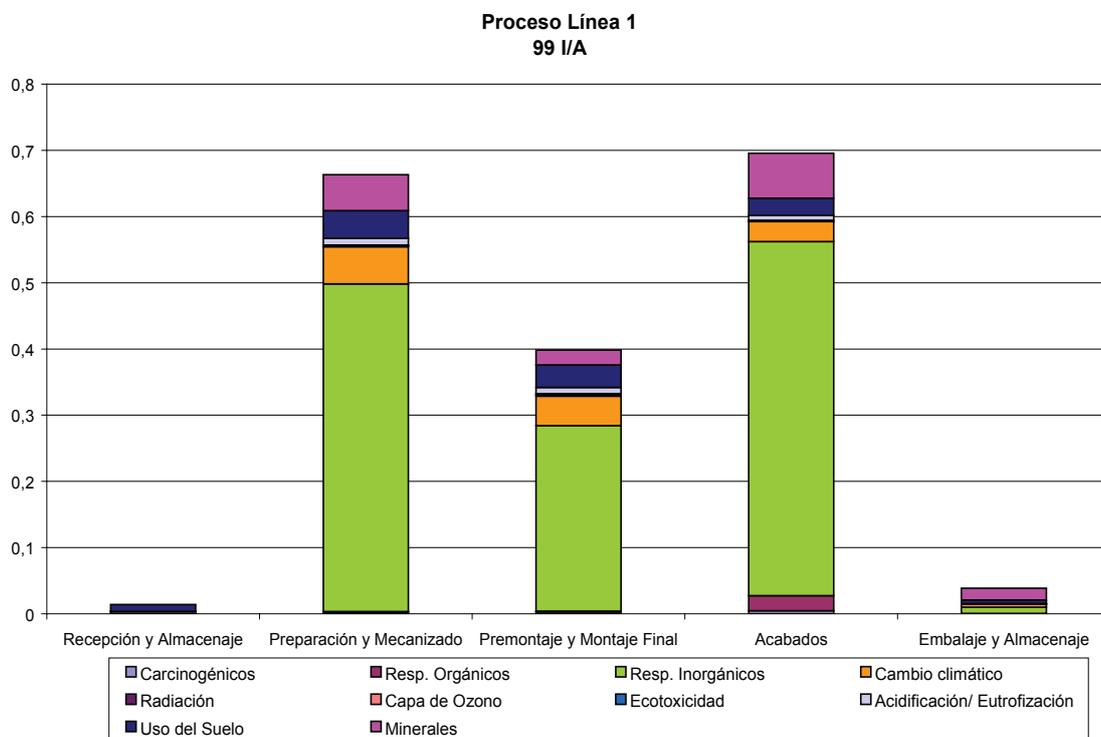


FIGURA 8.
ACV_Proceso Eco
Indicator 99 I/A, Línea
1-Tradicional.

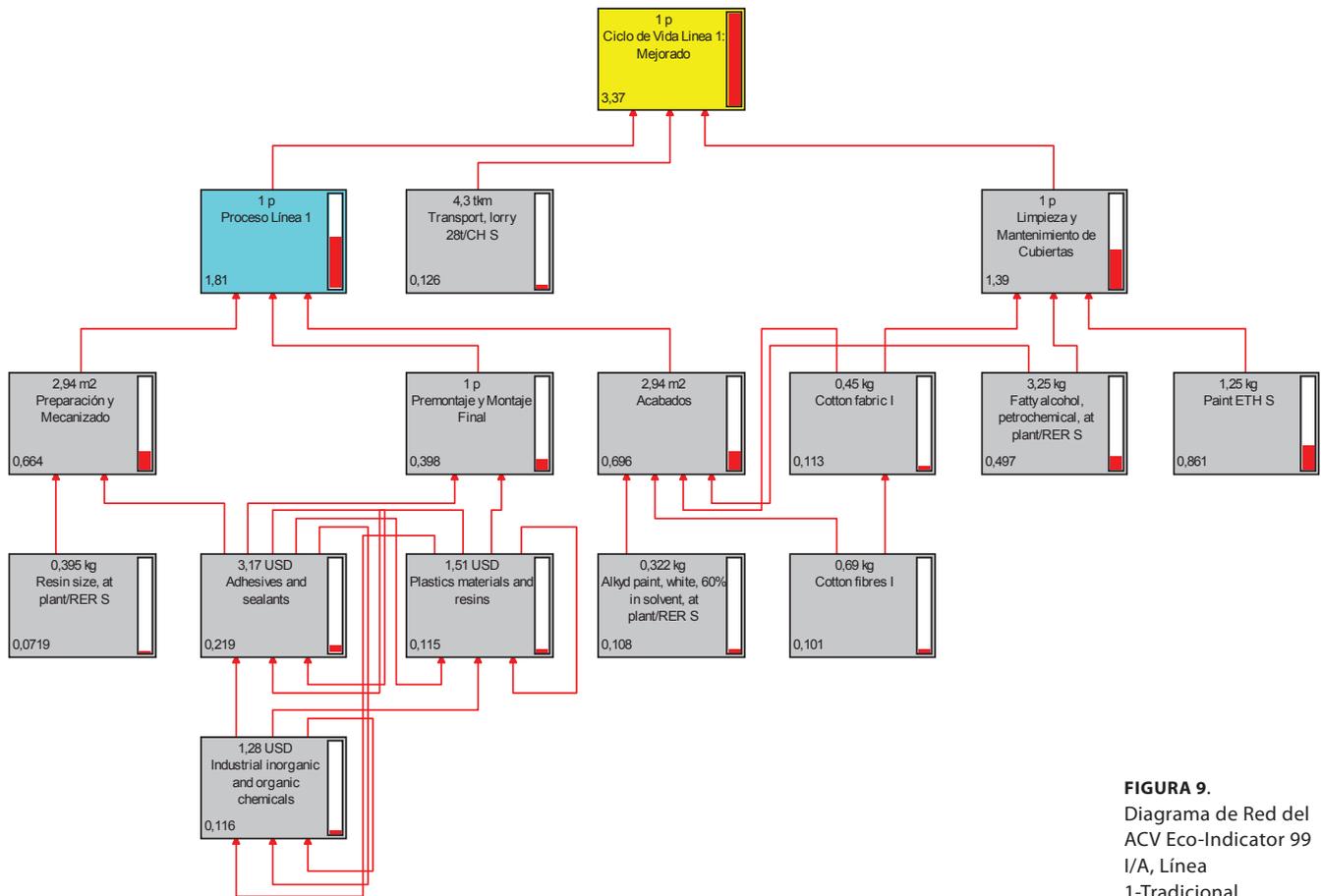


FIGURA 9. Diagrama de Red del ACV Eco-Indicador 99 I/A, Línea 1-Tradicional.

3.3. REDISEÑO DEL PROCESO/PRODUCTO LÍNEA 2.

El diagrama del ciclo de vida del mueble rediseñado (sustitución de “*acabados, pintura*” por “*acabados, prensado de membrana*”), se presenta en la FIGURA 10.

Una vez efectuados los cambios deseados en el nuevo proceso y/o producto (FIGURA 11), se ha realizado nuevamente el ACV con el mismo método y misma perspectiva para el Rediseño del producto Comedor *Cassini Classic Matte*, el cual desencadenó en el nuevo producto definido como el Comedor *Prominence*. En el CUADRO 3 se muestra las puntuaciones correspondientes a cada Eco-Indicador, tanto para el ciclo de vida mejorado (CVL2) como para el proceso de producción rediseñado (PROCL2).

Los gráficos obtenidos del análisis en la valoración de impacto del ciclo de vida del producto, según Eco-Indicador 99, se presentan en la FIGURA 12.

Tras el ACV de la cubierta para mesa fabricada en base al diagrama de flujo de producción de la línea ecológica (FIGURA 10), evaluado a través del método Eco-Indicador 99, se obtiene que la etapa de *limpieza y mantenimiento de cubiertas* suponga el mayor impacto, seguido de cerca por la etapa que incluye *materias primas y proceso de producción*.

Obsérvese en la figura como la barra de *limpieza y mantenimiento de cubiertas* el color rosa es el que se refiere a la utilización de minerales y en menor grado el color verde es respecto a la utilización de elementos inorgáni-

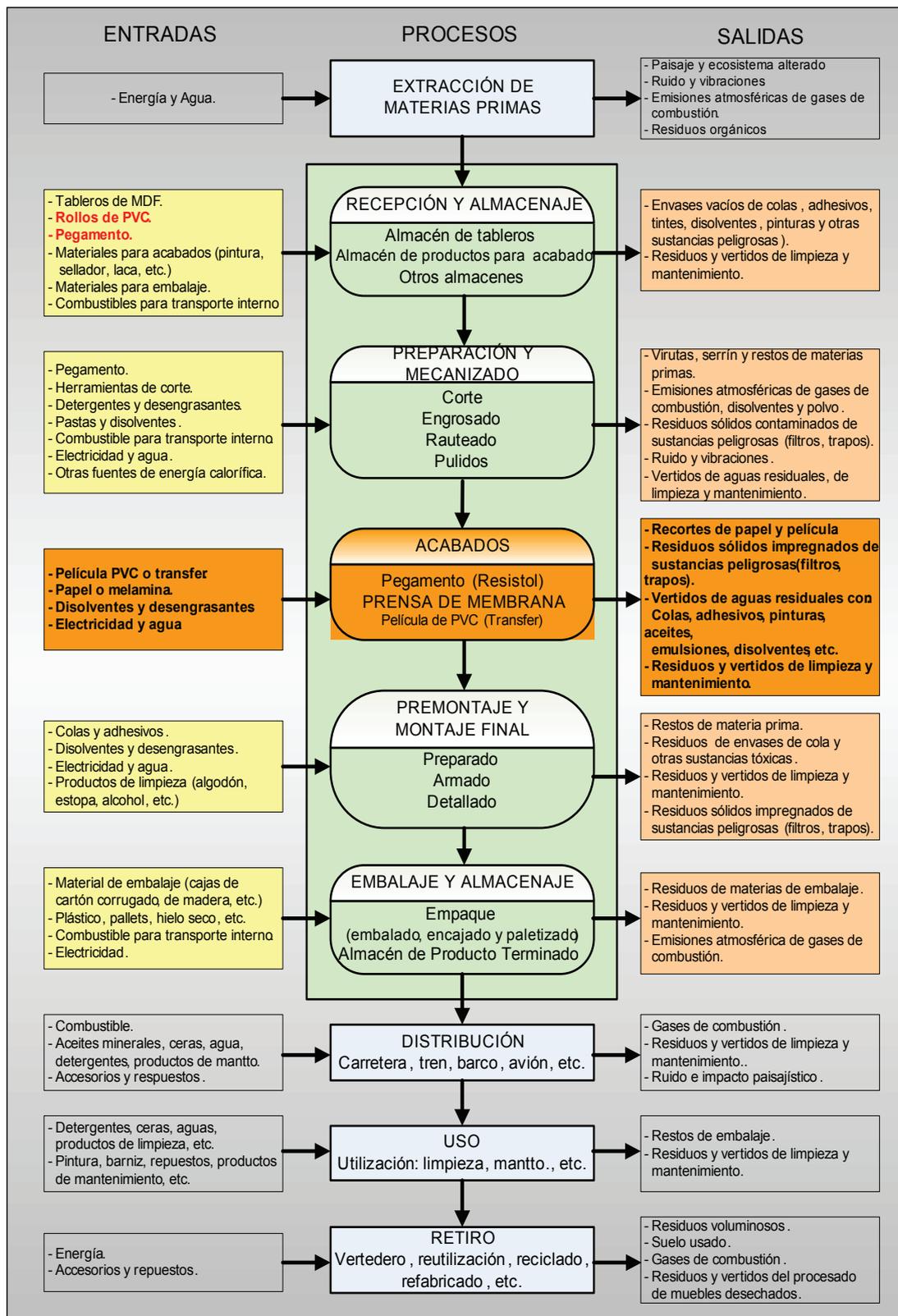


FIGURA 10.
Ciclo de Vida
Rediseñado de la
Línea 2 Ecológica.

Proceso	Descripción	Unidad	Coste Unitario €	Cantidad	Total €
CORTES	AGL. NATURAL 12 MM 550 MIN	HOJA	4,1668	0,1050	0,4375
	MDF NATURAL 12 MM 4 X 8 CH	HOJA	8,0546	1,0769	8,6740
					9,1115
PULIDO I	DISCO LONA G-120 50 X CAJA	PZA	0,2654	0,1250	0,0332
	LIJA ESMERIL G-100	PZA	0,5015	0,0420	0,0211
					0,0542
HERRAJES	CLAVOS "S" 3/4 (10000)	CAJA	5,9846	0,0080	0,0479
	ESCUADRA METAL 1 1/2 X 1 1/2 (500)	PZA	0,0200	4,0000	0,0800
	CHILILLO 6 X 1/2 NEGRO	PZA	0,0030	8,0000	0,0239
	POLIPAK 1/8 105mts largo 2.0ancho	ROLLO	24,0385	0,0200	0,4808
	ADHESIVO 8500 20KG	KGS	1,0400	0,1000	0,1040
					0,7365
SELLADO	UC 1010 19L ENDURESAYER	LTS	2,1462	0,2600	0,5581
	UD 1000 20L DILUSAYER	LTS	0,8692	0,2600	0,2260
	UF 3000 FONDO BASE MEDIO	LTS	1,7846	0,1949	0,3478
	UF 1200.5 FONDO POLIUR	LTS	2,1462	0,4548	0,9760
					1,1697
					2,1079
PULIDO 2	DISCO STICK 5" 320 75 X ROLLO	PZA	0,1777	1,0000	0,1777
	DISCO STICK 5" 220 (175 X ROLLO)	PZA	0,1777	0,5000	0,0888
					0,2665
PINTURA	NS-1173.8 SELLADOR VINO PINTURA	LTS	1,3769	0,6100	0,8399
					0,8399
EFFECTOS	DISCO STICK 5" 320 75 X ROLLO	PZA	0,1777	0,0800	0,0142
	FIBRA METALICA DELGADA (6 KGS)	KGS	3,0385	0,0600	0,1823
	OTM-0172. TINTA NEGRA P/VETEAR	LTS	1,9000	0,1900	0,3610
					0,5575
DETALLADO 2	DISCO STICK 5" 320 75 X ROLLO	PZA	0,1777	1,0000	0,1777
	DISCO STICK 5" 220 (175 X ROLLO)	PZA	0,1777	1,0000	0,1777
					0,3554
LACA	FIBRA GRIS (P/REPROCESO)	PZA	0,6923	0,1000	0,0692
	TINTA	LTS	7,5462	0,0319	0,2403
	UM-1030	LTS	2,7077	0,3879	1,0504
	UC-1010	LTS	2,1462	0,1940	0,4163
	UD-1000	LTS	0,8692	0,0389	0,0338
					1,8101
EMPAQUE	CAJA P/MESA CASSINI	PZA	2,4031	1,0000	2,4031
	CINTA (CANELA) EMPAQUE	PZA	0,6962	0,0200	0,0139
	FLEJE POLIPRO 3/8 ROJO	KGS	1,5923	0,0025	0,0040
					2,4210
ENGROSADO	CLAVOS "S" 3/4 (10000)	CAJA	5,9846	0,0018	0,0108
	ADHESIVO 8500 20KG	KGS	1,0400	0,2500	0,2600
					0,2708
TOTAL					18,5313

CUADRO 2.
Costos por Proceso de
la Línea Tradicional.
Fuente: Elaboración
propia.



FIGURA 11.
Vista general del Comedor Prominence, generador de la Línea 2.
Fuente: Empresa La Cibeles.

CUADRO 3.
ACV Eco-Indicador 99, Línea Ecológica.

Eco indicador 99	CVL2 Puntuación única	PROCL2 Puntuación única
I/A	2,49	0,93

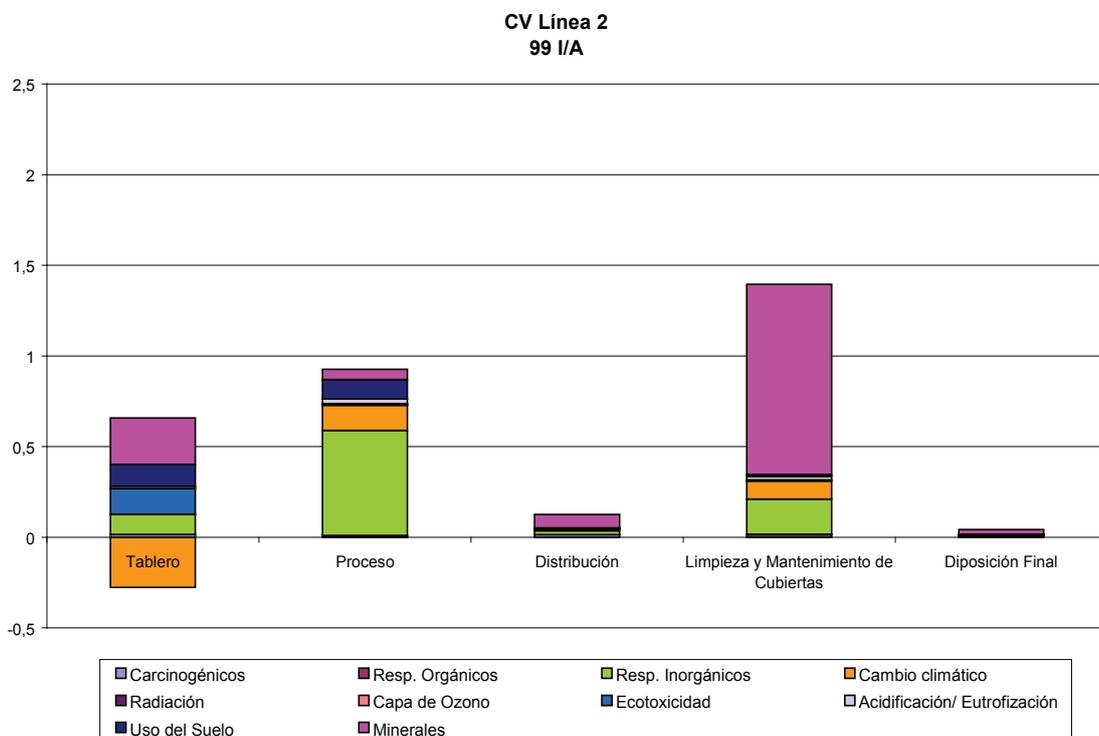


FIGURA 12.
ACV_Ciclo de Vida Eco-Indicador 99 I/A, Línea Ecológica.

cos, los cuales son usados para dar el mantenimiento correspondiente a la cubierta.

Por otra parte, esta figura muestra como en la barra referente al *proceso* se ha disminuido significativamente el impacto ambiental que estaba ocasionando. Sin embargo, sigue siendo área de oportunidad de mejora ambiental que debe dársele un seguimiento adecuado, buscando materiales alternativos —más limpios propios a este proceso en procura de evitar o reducir al mínimo el uso de elementos inorgánicos.

La FIGURA 13 muestra la evaluación del impacto ambiental de la cubierta para mesa fabricada en base al diagrama de flujo de producción de la línea ecológica (FIGURA 10) enfocado solo al proceso de producción, a través del método Eco-Indicador 99. Observe que el proceso de *preparación y mecanizado* es el que supone mayor impacto seguido de *premontaje y montaje final* con respecto a los procesos que comprende la parte de fabricación en la empresa

del ciclo de vida del mueble.

Es importante mencionar que dichos procesos siguen utilizando en gran medida elementos inorgánicos (resistoles-adhesivos principalmente), barra en color verde, los cuales se deben de estudiar detalladamente para sustituirlos por elementos más respetuosos con el medio ambiente.

Finalmente, cabe destacar que el *proceso de acabados-prensa de membrana* deja de ser el más contaminante dentro de este proceso de producción, cumpliendo su objetivo de mejorar ambientalmente el proceso y/o producto.

A continuación, la FIGURA 14 presenta el diagrama de red que muestra en conjunto los principales impactos generados en el ciclo de vida de la cubierta de la mesa en la línea ecológica.

El diagrama de red (FIGURA 14) muestra que dentro del *ciclo de vida mejorado* que los mayores impactos ambientales son debidos principalmente a la etapa de *limpieza* y

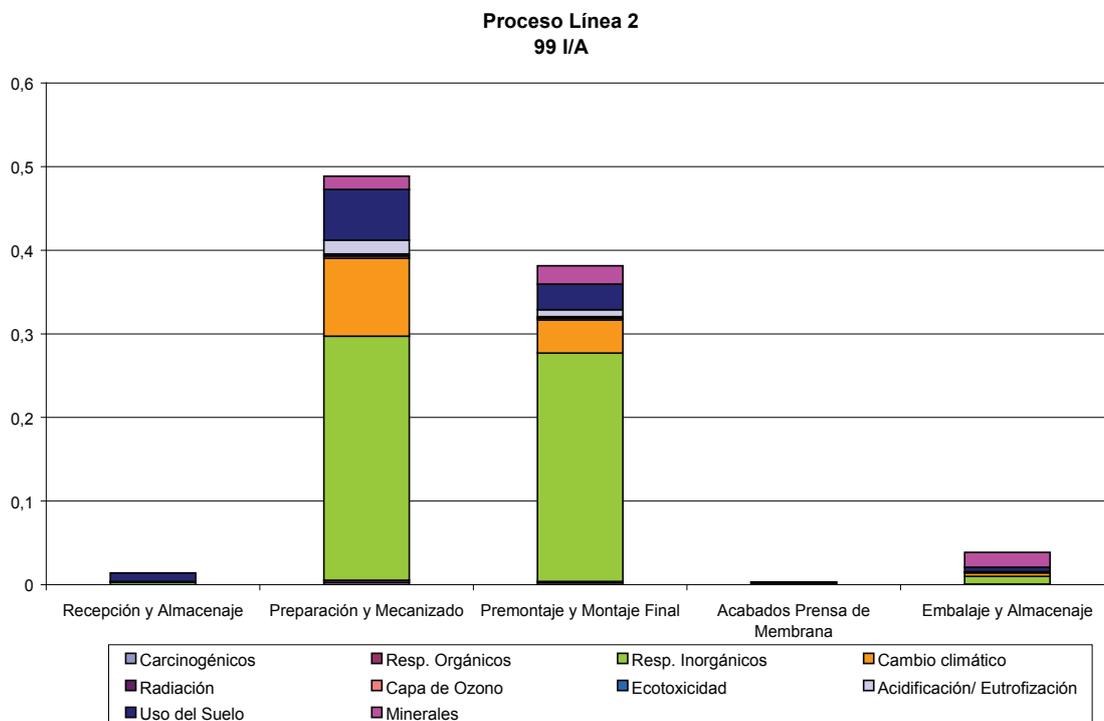


FIGURA 13.
ACV_Proceso
Eco-Indicador 99 I/A,
Línea Ecológica.

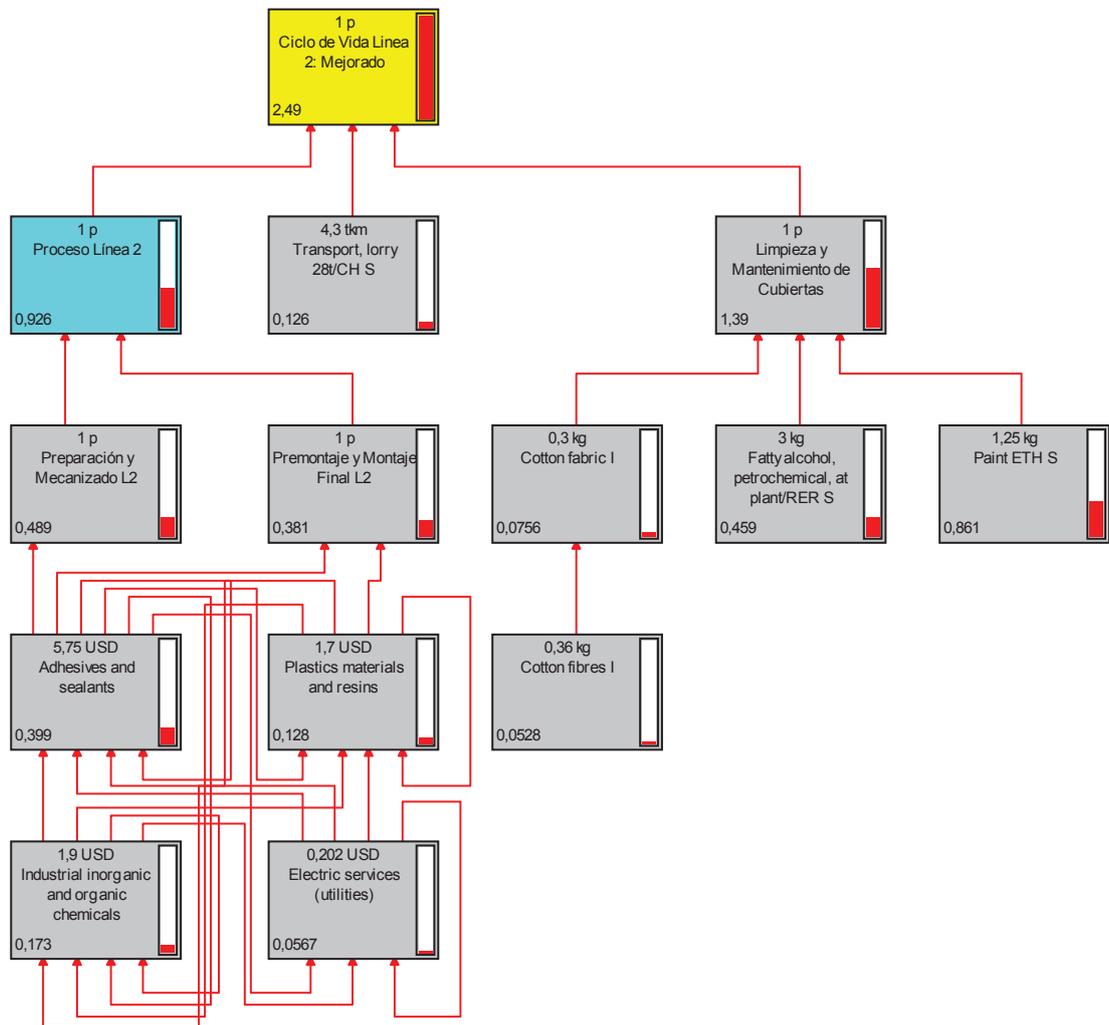


FIGURA 14. Diagrama de Red Eco-Indicator 99 I/A, Línea Ecológica.

mantenimiento de cubiertas con un puntaje de 1.39, seguido por el propio *proceso de la línea 2* con un puntaje de 0.928. *Observándose como la pintura, las fibras de algodón, los petroquímicos y el alcohol de limpieza* utilizado en el mantenimiento de la cubierta; son los que más impactan.

Por otro lado, dentro de los procesos de producción (proceso línea 2), el que supone mayor impacto ambiental es *preparación y mecanizado* con un puntaje de 0.489, con clara diferencia a la baja el proceso de *premontaje y montaje final* con un puntaje de 0.381. Esto debido principalmente al uso de adhesivos, selladores, resinas y plásticos.

Como conclusión de este apartado, es clara la mejora ambiental que se obtuvo mediante el rediseño del proceso/producto de la cubierta de la mesa para los comedores en la fábrica de muebles La Cibeles, como luego se verá con lujo de detalle en la fase de evaluación.

El CUADRO 4 presenta los costes de los materiales que intervienen en la fabricación de la cubierta considerada en el proyecto piloto. Destacando los procesos que comprende “*acabados-prensa de membrana*” en el área sombreada del cuadro. Siendo los ítems involucrados principalmente en la fase de rediseño y por tanto mejoró ambiental y económicamente

Proceso	Descripción	Unidad	Coste Unitario €	Cantidad	Total €
CORTES	AGL. NATURAL 12 MM 550 MIN	HOJA	4,1668	0,1050	0,4375
	MDF NATURAL 12 MM 4 X 8 CH	HOJA	8,0546	1,0769	8,6740
					9,1115
PULIDO I	DISCO LONA G-120 50 X CAJA	PZA	0,2654	0,1250	0,0332
	LIJA ESMERIL G-100	PZA	0,5015	0,0420	0,0211
					0,0542
HERRAJES	CLAVOS "S" 3/4 (10000)	CAJA	5,9846	0,0080	0,0479
	ESCUADRA METAL 1 1/2 X 1 1/2 (500)	PZA	0,0200	4,0000	0,0800
	CHILILLO 6 X 1/2 NEGRO	PZA	0,0030	8,0000	0,0239
	POLIPAK 1/8 105mts largo 2.0ancho	ROLLO	24,0385	0,0200	0,4808
	ADHESIVO 8500 20KG	KGS	1,0400	0,1000	0,1040
					0,7365
APLICACIÓN DE PEGAMENTO	PEGAMENTO SIMAPUR		LT	7,0000	0,2750
	TALCO 600 GRS		KG	2,8431	0,0200
	CINTA MASKING TAPE		ROLLO	0,3115	0,0075
					1,9842
PRENSADO	CUBIERTA PVC MAPLE	M ²	0,9854	2,4474	2,4116
					2,4116
EMPAQUE	CAJA P/MESA CASSINI	PZA	2,4031	1,0000	2,4031
	CINTA (CANELA) EMPAQUE	PZA	0,6962	0,0200	0,0139
	FLEJE POLIPRO 3/8 ROJO	KGS	1,5923	0,0025	0,0040
					2,4210
ENGROSADO	CLAVOS "S" 3/4 (10000)	CAJA	5,9846	0,0018	0,0108
	ADHESIVO 8500 20KG	KGS	1,0400	0,2500	0,2600
					0,2708
				TOTAL	16,989

CUADRO 4.
Costos por Proceso de la Línea 2 Ecológica.
Fuente: Elaboración propia.

el producto definido como *Comedor Prominence* (FIGURA 11).

3.4 CONSIDERACIONES DE MEJORAS MEDIOAMBIENTALES Y ECONÓMICAS

3.4.1 MEJORA MEDIOAMBIENTAL

El CUADRO 5 muestra las puntuaciones obtenidas en el proceso comparativo mediante el *Eco-Indicator 99*. La comparativa del ciclo de vida de la línea ecológica, se abrevia COMPCVL2; el ciclo de vida de la línea tradicional, COMPCVL1; para el proceso de la línea ecológica, COMPPROCL2 y para el proceso 6 de la línea tradicional, COMPPROCL1.

Queda claramente demostrada la mejora ambiental obtenida tanto a lo largo del ciclo de vida de la cubierta en estudio como del propio proceso de producción, con un 26% y 49%, respectivamente.

A continuación se presenta la FIGURA 15 obtenida del análisis comparativo en la valoración de impacto, según *Eco-indicator 99* para la evaluación del ciclo de vida entre la línea tradicional y la línea ecológica, permitiendo visualizar de forma contundente la disminución de los impactos sobre la *salud humana y la utilización de recursos*, principalmente, del ciclo de vida de la línea 2 mejorada; los otros indicadores en su puntuación única permanecen muy

CUADRO 5.
Comparativa del ACV
Eco-Indicador 99.

Eco indicador 99	COMPCVL1 Puntuación única	COMPCVL2 Puntuación única	COMPROCL1 Puntuación única	COMPROCL2 Puntuación única
I/A	3,37	2,49	1,81	0,93
Mejora	26,11%		48,62%	

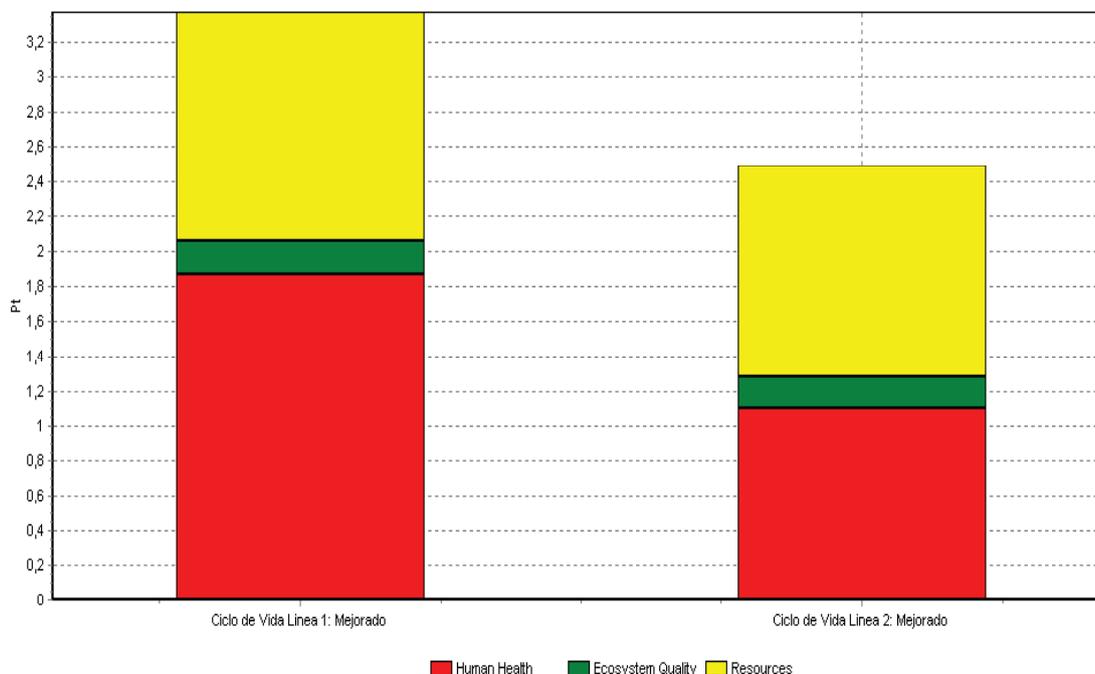


FIGURA 15.
Comparativa EC99_ I/A ACV de Línea Tradicional y Línea Ecológica.

Comparing 1 p life cycle 'Ciclo de Vida Línea 1: Mejorado' with 1 p life cycle 'Ciclo de Vida Línea 2: Mejorado'; Method: Eco-indicator 99 (I) V2.02 / Europe EI 99 I/A / single score

CUADRO 6.
Mejora Económica comparativa entre la Línea 1 y 2, así como entre acabados superficiales

Concepto	Línea 1	Línea 2	Acabados L1	Acabados L2
Cubierta de mesa	18,5313 €	16,9899 €	5,94 €	4,40 €
Mejora económica	8,34 %		25,93 %	

similares en referencia con el ciclo de vida de la línea 1. Todo indica lo significativo de la aplicación exitosa de las estrategias de Ecodiseño tomadas sobre el producto de la mesa de comedor.

3.4.2 MEJORA ECONÓMICA

El objetivo de la metodología del Ecodiseño desarrollada en el presente trabajo es, entre otros, disminuir el impacto del ciclo de vida del producto manteniendo, si no mejorando, el

resto de sus características (calidad, costo, propiedades físicas, etc.). En este caso de aplicación el nuevo producto cumple especificaciones de diseño y fabricación tan exigentes, o más, que el resto de productos. Si bien se ha hecho hincapié en disminuir el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de la mesa, además ha mejorado su calidad (funcionalidad, aspecto estético, durabilidad, etc.) y, finalmente, se ha reducido significativamente su coste de fabricación.

En cuanto a materias primas se refiere, al eliminar el uso de pinturas y lacas y sustituirlo con la aplicación de una cubierta de PVC, no solo se eliminó una carga ambiental importante, sino que el producto presenta características similares a un costo inferior.

En el CUADRO 2 se presentan los costos de materias primas, por pieza por proceso, antes de haber sido modificado. En éste se observa que las operaciones de Sellado, Pulido II, Pintura, Efectos, Detallado II y Laca; representan un *costo total de 5.94 €*. En comparación con los costos mostrados en el CUADRO 4, obtenidos después de haber implantado la mejora, las operaciones antes mencionadas han sido sustituidas por la Aplicación de Pegamento y Prensado, representando un *costo total 4.40 €*. De igual manera, el proceso fue simplificado, habiendo una consecuente reducción de operaciones, lo que seguramente redundó en una disminución de tiempos de producción y, por ende, en los costos de mano de obra. Obteniéndose así, una mejora económica tanto a nivel línea como a nivel procesos de 8% y 26%, respectivamente.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluido el trabajo desarrollado en las instalaciones de la Empresa La Cibeles, ubicada en Ocotlán, Jalisco, México, se puede asegurar que sea ha logrado un ecoproducto-ecoproceso que combina en forma positiva los tres grandes agentes que marca la **Ecoeficiencia**;

- *El beneficio económico*: con una mejora del 8,34% global y un 25,93% en el proceso de acabados,
- *La reducción del impacto medioambiental*: con una mejora de 26,11% global y un 48,62% en el proceso, y
- *El servicio para la calidad de vida*: con una mejora en la *salud humana* y como se redujo la *utilización de recursos*, se llegó a una mejora significativa de *calidad en el ecosistema*.

Y por todo ello, se puede hacer mención de lo expuesto por la UNEP-WBCSD (1998): “*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 medioambiental y la intensidad del uso de recursos, al menos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta*”.

Finalmente, se recomienda a la alta gerencia de la Empresa *La Cibeles*, el seguir implantando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para todas las líneas de productos que ofertan, con lo cual permitirá aportar beneficios ambientales, de salud y seguridad a sus trabajadores, así como el beneficio económico a todos miembros de la organización.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR. UNE-EN ISO 14040. 1998. *Gestión Medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y estructura*. Madrid, España. 37 p.
- AENOR. UNE-EN ISO 14040. 2006. *Gestión Medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y estructura*. Madrid, España. 45 p.
- BREZET, H., and C. VAN HEMEL. 1997. *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. UNEP IE, París, Francia. 276 p.
- CAPUZ, S. y T. GÓMEZ. 2002. *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Universidad Politécnica de Valencia. España. 345 p.
- FIKSEL, J. 1997. *Ingeniería de Diseño Medioambiental DfE, Desarrollo Integral de Productos y Procesos Ecoeficientes*. McGraw-Hill. Madrid, España. 423 p.
- GÓMEZ, T. 2004. *Propuesta metodológica para la mejora de la ecoeficiencia de los productos industriales a lo largo de su ciclo de vida. Aplicación a las PyME de la comunidad valenciana*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 434 p.

- GUZMÁN, L. 2005. *Propuesta Metodológica para la Integración del Factor Ambiental en el Diseño de Productos y de Procesos, a través del Sistema de Gestión, en la Industria del Mueble. Caso de estudio: Sector del Mueble del Estado de Jalisco (México)*. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 472 p.
- KEOLEIAN, G., A. and D. MENEREY. 1993. *Life Cycle Design Guidance Manual*. US EPA Cincinnati.U.S.A. 234 p.
- PRÉ CONSULTANTS B.V. 1999. *User Manual, Simapro*. Pré consultants B.V. Amersfoort, Netherlands. 214 p.
- SIMAPRO. 2009. Software Análisis de Ciclo de Vida. En: <http://www.pre.nl/simapro/default.htm> [Consultado: 22/06/ 2009].
- UNEP-WBCSD. 1998. *Cleaner Production and Eco-efficiency*. United Nations Publication. New York, USA. 271 p.
- VIVANCOS, J. L., T. GÓMEZ, R.C. LÓPEZ, M.J. BASTANTE y S. CAPUZ. 2003. *Revisión de los estudios de Análisis de Ciclo de Vida en la industria del automóvil*. VII International Congress of Project Engineering. Pamplona. España.