

**Impacto medio ambiental en la construcción de una máquina
cribadora vibratoria experimental para desechos forestales y carbón**
Impact environmental in the construction of machine experimental vibratory
sieves for forest waste and coal

MSc. Francisco Lino Senón Cobián^{1*}

Dr. José Antonio Suarez Rodríguez¹

Ing. José Facundo Guzmán Carmentate²

MSc. Mariano Romeu Chelsen²

¹Centro de Investigaciones de Energía Solar.Santiago de Cuba. Cuba.

² Facultad de Ingeniería Mecánica Universidad de Oriente. Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: fsenon@cies.cu

RESUMEN

En el trabajo se realizó un análisis del ciclo de vida (ACV) de una máquina cribadora vibratoria experimental para desechos forestales y carbón. El objetivo fundamental fue determinar las etapas y procesos que más daño proporcionan al medio ambiente durante su fabricación. Para este estudio se tuvo en cuenta la producción y el procesamiento de los materiales, así como el reciclado y el tratamiento de los residuos y no se consideraron la transportación y el embalaje. Los resultados mostraron que la producción de los materiales fue la etapa de mayor incidencia sobre el medio ambiente, al generar 13 352,24 mPt (milipoints, unidad de medida de los ecoindicadores) destacándose el (Ac-CT3) con 9 412,70 mPt. La pieza que más afectó al medioambiente fue la fabricación del árbol con 2 871,33 mPt. En el balance realizado con el entorno es destacar que el uso de un 60% de material virgen y un 40% de material reciclado es el indicador óptimo para la construcción de la máquina.

Palabras Clave: análisis del ciclo de vida; criba vibratoria; medio ambiente.

ABSTRACT

In the work was performed a life Cycle Assessment (LCA) of a machine experimental vibratory sieve for forest waste and Coal. The fundamental objective was to determine the stages and processes that more damage provides to the environment during its production. For this study one kept in mind the production and the prosecution of the materials, as well as the one recycled and the treatment of the residuals and they were not considered the transportation and the packing. The results showed that the production of the materials was the stage of more incidences on the environment, when generating 13 352,24 mPt standing out the (Ac-CT3) with 9 412,70 mPt. The piece that but I affect to the environment it was the production of the tree with 2 871,33 mPt. In the balance carried out with the environment it is to highlight that the use of 60% of virgin material and 40% of recycled material are the good indicator for the construction of the machine.

Keywords: analysis of the cycle of life; sieves vibratory; environment.

Introducción

El desarrollo de tecnologías, así como su implementación, han traído una creciente preocupación por la relación existente entre las reservas de recursos naturales y sus altos niveles de consumo; por esto, es necesario aumentar su manejo y gestión. Hoy en día, los fabricantes e investigadores, prestan atención a los impactos de los procesos que intervienen en sus productos, a fin de hacerlos más atractivos desde el punto de vista económico y ambiental a partir de la concepción de sus diseños. El objetivo crucial en el desarrollo de los productos manufacturados, teniendo en cuenta las políticas ambientales, es la sostenibilidad del medio ambiente asociado al crecimiento económico y al bienestar

El proyecto de un producto desde el origen como materia prima hasta su destino final como residuo y su impacto en el medio ambiente, ha recibido el nombre de análisis de

ciclo de vida (ACV) y es considerado por muchos investigadores como una herramienta para la toma de decisiones en el desarrollo final de los productos. ⁽¹⁾

La realización del análisis completo del ciclo de vida valora todos los efectos derivados del consumo de materia prima, las emisiones producto del gasto energético, así como los residuos generados en el proceso de manufactura y los efectos ambientales procedentes del fin de la vida del producto cuando éste se consume o es inutilizable. En sentido general, el ACV es un inventario en el cual se cuantifican los efectos medioambientales adversos generados en la vida del producto. ⁽²⁾

Una valoración del ciclo de vida para bordillos de concretos fabricados con agregados reciclados en el cual se logró el ahorro del 50% del uso de materiales en estado natural y se ahorró energía al no tener que procesar materiales áridos moderando así el impacto medioambiental de esa planta.

Con tales consideraciones se pudo realizar el ACV de una Máquina Clasificadora Vibratoria Experimental, para el beneficio de los desechos forestales (aserrines y el carbón) desarrollada por el Grupo de Simbiosis Industrial de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Oriente y el Centro de Investigaciones de Energía Solar. (CIES). El objetivo fundamental de este análisis es valorar el impacto de la tecnología al medio ambiente sin considerar la transportación y el embalaje, ya que se construye en los talleres del CIES.

Fundamentación Teórica

Existen diferentes métodos para evaluar los impactos ambientales, entre ellos se destacan la opción de analizar el efecto último del impacto ambiental, endpoint, así como considerar los efectos intermedios, midpoints. Las categorías de impacto ambiental intermedias se hallan más cercanas a la intervención ambiental, lo cual permite, en general, modelos de cálculo que se ajustan mejor a dicha intervención, pues proporcionan una información más detallada y en qué punto se afecta el medio ambiente. Las categorías de impacto finales son variables y afectan directamente a la sociedad; por tanto, su elección resultaría más relevante y comprensible a escala global. Aun así, actualmente, es más común recurrir a categorías de impacto intermedias.

La máquina clasificadora vibratoria experimental se compone de 19 partes fundamentales, como se muestra en la figura 1 el motor eléctrico (1) convierte la energía eléctrica de 220 V, proveniente de la red, en energía mecánica (movimiento de rotación), y a él está conectada una transmisión por correa (2), formada por una polea conductora (3) y una conducida (4), la cual tiene como función reducir el número de revoluciones por minuto que entran al mecanismo inercial (5) de 1 625 rpm a 1400 rpm, apoyadas en dos chumaceras autocentrantes (6)

La biomasa es alimentada mediante de la tolva de alimentación (7) y será por caída libre; hasta llegar a los tamices (8), y debido a las oscilaciones provocadas por la fuerza inercial el accionamiento pulsatorio o vibratorio de los soportes elastoméricos (9) que a su vez genera una fuerza de empuje, separa las partículas disminuyendo el coeficiente de frotamiento entre las mismas y las partículas más pequeñas pasan a través del tamiz y las más grandes se transportan por todo el tamiz hasta el conducto de recolección (10).

Las partículas que se tamizaron en el primer tamiz pasaron a un segundo tamiz con un tamaño de agujero menor para que ocurra el mismo proceso que el anterior las más grandes se transportan al recolector (11) y las que se tamizan pasan la bandeja recolectora (12) obteniéndose tres tamaños de partículas 1mm, 0,6mm y menores de 0,6 mm. La estructura de la maquina cuerpo (13) con chapas de acero CT3 y tapa de maquina con chapas de acero galvanizado (14), se soporta en una estructura de tubos cuadrados de acero CT3 (15), que a su vez se ensamblan a los soportes elastomericos y a la base rígida de acero (16) perfil I # 16 permitiendo la estabilidad del equipo, la sujeción de todos los elementos es realizada por medio de tornillos (17). La potencia necesaria para el proceso de tamizado es de 0,2 kw y la densidad del material (aserrín de madera) es $220.56 \pm 3.98 \text{ kg/m}^3$ con un 90% de probabilidad para el estadígrafo t (student) y un error relativo del 2.3%

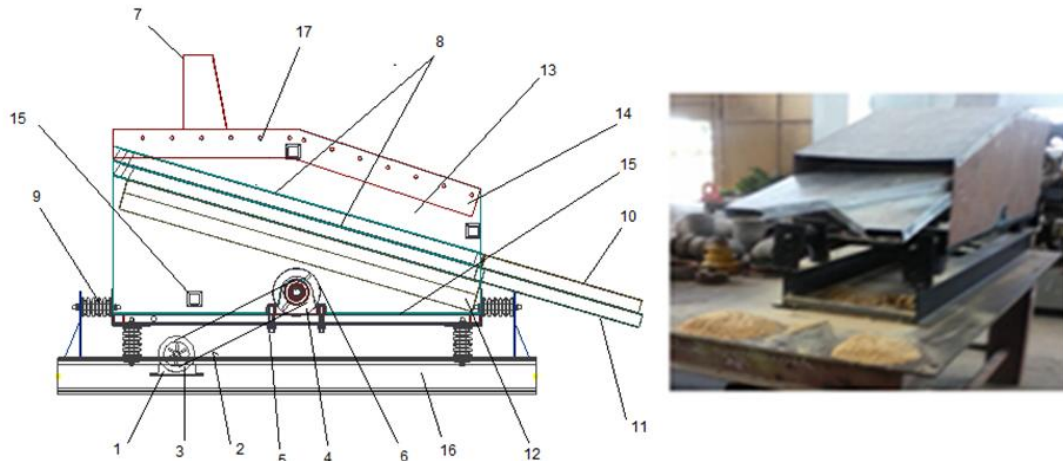


Fig.1- Esquema de la Maquina Cribadora Vibratoria Inercial Experimental.

Análisis y métodos

Procedimiento experimental.

La implementación del eco-indicador 99 de forma adecuada en un análisis del ciclo de vida (ACV) debe ser analizada según la metodología y sus etapas.

- 1 Meta y Alcance: Definir el propósito del cálculo o selección del eco-indicador para cada proceso.
- 2 Inventario: Define el ciclo de vida.
- 3 Evaluación e impacto del Ciclo de Vida: Cuantifica los materiales y procesos.
- 4 Interpretar los resultados. Análisis y discusión.

Meta y Alcance. Selección de los eco-indicadores y aspectos que se tienen en cuenta

Considerando las características de la máquina, se cuantificará el daño ocasionado al medioambiente por la cantidad de materiales empleados, el proceso de fabricación y también por los residuos generados de las piezas que componen la máquina clasificadora vibratoria para el beneficio de desechos forestales y el carbón. ^(3,4,5,6,7)

Diagrama del Ciclo de Vida

En la figura 2 se muestra el procedimiento a seguir del ciclo de vida reflejando los pesos inventariados teniendo en cuenta su masa y el proceso tecnológico paso a paso

hasta el final de su vida útil, los procesos en blanco no tienen en cuenta el análisis ya que no se estudian en este artículo.

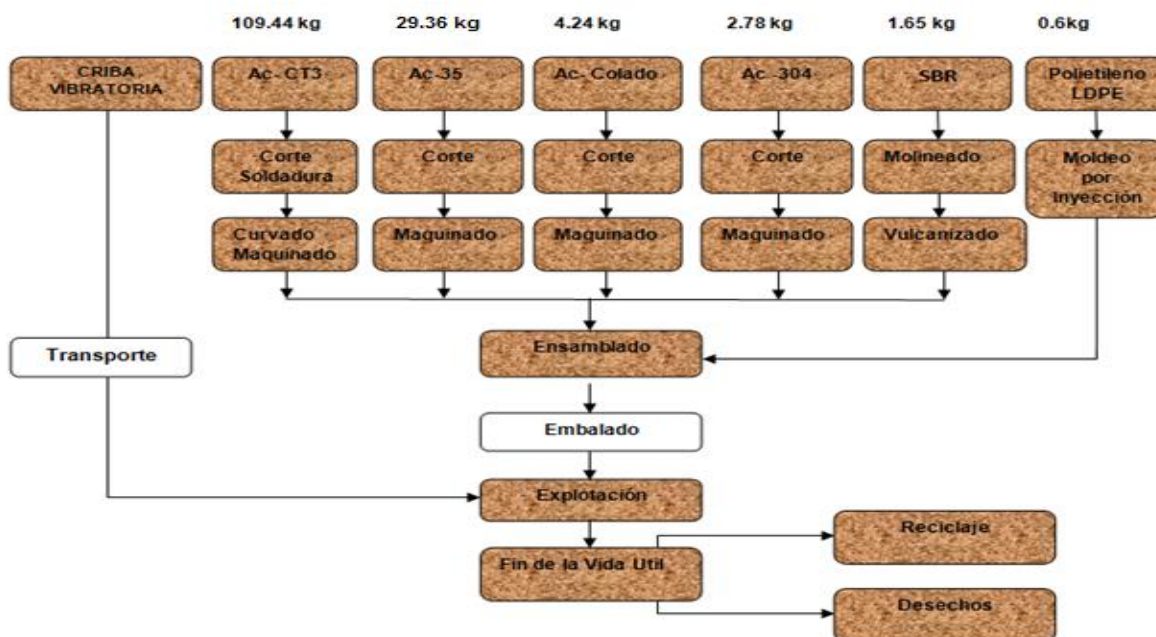


Fig. 2- Diagrama del Ciclo de Vida de la Máquina Clasificadora Vibratoria

Producción de materiales

Extracción de las materias primas hasta la última fase de elaboración, que tiene como resultado el material en bruto (barra, chapas, perfiles laminados, materiales elastoméricos, etc. Medios de transporte relacionados con el proceso de elaboración de los materiales en bruto.

Proceso de fabricación

Son las emisiones del proceso en cuestión (corte, conformación, procesos de maquinado, soldadura, vulcanización, etcétera), además incluye las emisiones de los procesos de generación de energía que garantizan los restantes procesos.

Producción de residuos y tratamiento

Son los materiales obtenidos del proceso de fabricación y que son reciclados, o sea son las que piezas de la máquina que después de su vida de explotación son recicladas con un nuevo valor de uso.

Inventario del Ciclo de Vida (materiales y procesos)

Producción de los materiales.

La cantidad de materiales empleados es calculada de las especificaciones del diseño que se propone. En la tabla 1 se muestra el balance para la producción de los diferentes materiales seleccionados en la fabricación de las piezas de la máquina. Este primer inventario permite estimar el peso de los semiproductos, para posteriormente relacionarlo con el eco-indicador que cuantifica su impacto al medio ambiente de acuerdo con el tipo de material producido.

Tabla1- Materiales empleados para la fabricación de la Máquina

Materiales	Proceso de la materia prima	Piezas	Densidad kg/m ³	Volumen m ³	Peso kg
Ac-CT3	Perfil cuadrado (30x30x3)mm L=6000mm	Estructura base del equipo (4)	7850	0,0018	14,13
Ac-CT3	Chapa Acero (1000x2000x1,2)mm	Cuerpo del equipo (2)	7850	0,00195	15,31
Ac-CT3	Chapa Acero (500x500x3)mm	Soporte de los calzos elastomericos (8)	7850	0,001132	8,89
Ac-35	Barra redonda (Ø45 mm)	Eje y masa excitadora(2)	7870	0,001131	8,90
Ac-35	Barra redonda Ac- (Ø200 mm)	Volanta (1)	7870	0,0015	11,81
Ac-35	Barra redonda Ac- (Ø120)mm	Poleas, conductora (1) y conducida (1)	7870	0,0011	8,66
Ac-CT3	Chapa de Ac- Galvanizado (1200x800x1)mm	Tapa y tolva de alimentación (2)	7850	0,0009	7,07
Ac-CT3	Chapa de Ac- Galvanizado (1200x2000x1)mm	Bandeja y recolectores (3)	7850	0,000811	6,37
Ac-CT3	Perfil Laminado (I) No 160	Base del equipo (perfil I) (2)	7850	0,006841	53,70
Ac-CT3	Chapa Acero (300x500x5)mm	Soporte de calzos Horizontales (4)	7850	0,000507	3,98
Ac Colado	Acero Colado (350x200x45)(exterior)	Chumaceras (2)	7860	0,00054	4,24
Ac-304	Acero Aleado al cromo (interior)	Chumaceras (2)	7930	0,00035	2,78
SBR- (X-431)	Perfil Rectangular (Cintas)	Calzos elastomericos (8)	940	0,00169	1,59
SBR- (X-431)	Perfil redondo (spaguets)	Correa (1)	940	0,00006	0,06
Poliétileno (LDPE)	Perfil rectangular	Tamices (2)	925	0,000649	0,60
Total					148,07

Procesos de fabricación de piezas

En la tabla 2 se relacionan las piezas elaboradas y se contemplan los procesos tecnológicos involucrados en su fabricación. Esta etapa permite, con posterioridad, no sólo, evaluar ambientalmente los procesos llevados a cabo, sino también cuantificar los residuos generados por la diferencia de volumen entre el semiproducto y la pieza elaborada, lo cual dará las pautas a su tratamiento.

Tabla 2 Procesos tecnológicos que dan lugar a las piezas

Piezas	Procesos de la materia prima	Materiales	Densidad kg/m ³	Volumen m ³	Peso kg
Estructura base del equipo (4)	Corte y soldadura	Ac-CT3	7850	0,00086	6,75
Cuerpo del equipo (2)	Corte, Maquinado, Soldadura y Doblado	Ac-CT3	7850	0,00145	11,38
Soporte de los calzos elastomericos (8)	Corte y Maquinado	Ac-CT3	7850	0,00024	1,88
Eje y masa excitadora (2)	Corte y Maquinado	Ac-35	7870	0,00037	2,91
Volanta	Corte y Maquinado	Ac-35	7870	0,00094	7,40
Poleas conductora y conducida (2)	Corte y Maquinado	Ac-35	7870	0,00073	5,75
Tapa y tolva de alimentacion (2)	Corte, Conformado y Maquinado	Ac-CT3	7860	0,00088	6,92
Bandeja y recolectores (2)	Corte, Conformado y Maquinado	Ac-CT3	7860	0,00081	6,37
Base del equipo (perfil I) (2)	Corte, soldadura, Maquinado	Ac-CT3	7850	0,0048	37,68
Soporte de calzos Horizontales (4)	Corte, soldadura, Maquinado	Ac-CT3	7850	0,00038	2,98
Chumaceras (2)	Corte, maquinado,	Acero Colado	7860	0,00044	3,46
Chumaceras (2)	Corte, maquinado,	Acero Aleado 304	7930	0,00029	2,30
Calzos elastomericos (8)	Mezclas y Vulcanizado	SBR- (X-431)	940	0,00169	1,59
Correa (1)	Mezclas, fibras textiles y Vulcanizado	SBR- (X-431)	940	0,00006	0,06
Tamices	Moldeo por Inyeccion	LDPE	910	0,00025	0,23
Total					97,65

Producción de los residuos y su tratamiento

El tratamiento de residuos es una etapa significativa en el inventario del ACV, debido a que proporciona la información necesaria sobre los residuos del proceso de elaboración de las piezas y las partes de la máquina que son reciclables. Este balance aparece reflejado en la tabla 3. La estimación del peso de los residuos y su relación con el eco-indicador que lo caracteriza favorecen notablemente al medio ambiente

Tabla 3- Residuos generados por la Fabricación de piezas y partes reciclables

Piezas	Materiales	Densidad kg/m ³	Volumen m ³	Peso kg
Estructura base del equipo (4)	Ac-CT3	7850	0,0018	14,13
Cuerpo del equipo (2)	Ac-CT3	7850	0,00195	15,31
Soporte de los calzos elastomericos (8)	Ac-CT3	7850	0,001132	8,89
Eje y masa excitadora	Ac-35	7870	0,001131	8,90
Volanta	Ac-35	7870	0,0015	11,81
Poleas (conductora (1) y conducida (1))	Ac-35	7870	0,0011	8,66
Tapa y tolva de alimentacion (1)	Ac galvanizado	7850	0,0009	7,07
Bandeja (1), recolectores (2)	Ac galvanizado	7850	0,000811	6,37
Bases del equipo (perfil I) (2)	Ac-CT3	7850	0,006841	53,70
Soporte de calzos Horizontales (4)	Ac-CT3	7850	0,000507	3,98
Chumaceras (2)	Ac-Colado	7860	0,00054	4,24
Chumaceras (interior) (2)	AISI-304	7930	0,00035	2,78
Calzos elastomericos (8)	Elastómero SBR- (X-431)	940	0,00169	1,59
Correa (1)	Elastomero SBR- (X-431)	940	0,00006	0,06
Tamices	Poliestireno (LDPE)	925	0,000649	0,60
Total				148,07

En sentido general, la realización del inventario del ACV permite determinar las magnitudes y el indicador que caracterizan el proceso, los cuales se relacionan con el eco-indicador, y por consiguiente determinan, en cuanto a su valor, el impacto al medio ambiente.

Evaluación e Impacto del Ciclo de Vida Cálculo de los ecoindicadores

Impacto al medio ambiente debido a la producción de materiales.

En la tabla 4 se cuantifica el impacto al medio ambiente teniendo en cuenta la producción de materiales, tomando como referencia valores de eco-indicadores en el cual su unidad es en milipoints (mPt) presentados en el manual para diseñadores. ^(1,8, 9,10)

Tabla 4- Impacto al medio ambiente causado por la producción de materiales

Materiales	Piezas	Peso Kg	Eco-indicador *	Resultados
Ac- CT3	Estructura base del equipo (4)	14.13	86.00	1215.18
Ac- CT3	Cuerpo del equipo (2)	15.31	86.00	1316.66
Ac- CT3	Soporte de los calzos elastomericos (8)	8.89	86.00	764.54
Ac- 35	Mecanismo (eje y masa excitadora)(2)	8.9	86.00	765.40
Ac-35	Volanta	11.81	86.00	1015.66
Ac-35	Poleas, conductora y conducida)(2)	8.66	86.00	744.76
Ac- CT3	Tapa y tolva de alimentación (2)	7.07	86.00	608.02
Ac-CT3	Bandeja, recolectores, del equipo (3)	6.37	86.00	547.82
Ac- CT3	Base del equipo (perfil I) (4)	53.7	86.00	4618.20
Ac- CT3	Soporte de calzos Horizontales (4)	3.98	86.00	342.28
Acero colado	Chumaceras (2)	4.24	86.00	364.64
Acero al cromo	Chumaceras (2)	2.78	86.00	239.08
SBR- (X-431)	Calzos elastomericos (8)	1.59	360	572.40
SBR- (X-431)	Correa (1)	0.06	360	21.60
Poliestireno (LDPE)	Tamiz	0.6	360	216.00
Total		148.09	2112.00	13352.24

*Unidad del Eco-indicador (mPt) milipoints

Impacto al medio ambiente, teniendo en cuenta la fabricación de las piezas.

Los procesos tecnológicos para construir los elementos de la máquina clasificadora vibratoria aparecen reflejados en la tabla 5. En ella también se cuantifica, por la metodología antes mencionada, el impacto que ocasiona al medio la elaboración de estas piezas. En el caso del proceso de las piezas de caucho se escogió como referencia los ecos indicadores de la producción de suelas de caucho para calzado ⁽⁹⁾ similar al proceso de producción de los calzos en nuestro trabajo donde se tiene en cuenta los sub indicadores que conforman el eco indicador final como es el caso de el proceso de mezclado y molineado, consumo de energía y el proceso de vulcanización para 30kg de mezcla a vulcanizar, el eco indicador que se obtuvo es de 13,4 mPt.

Tabla 5- Impacto al medio ambiente producto del proceso de fabricación.

Piezas	Procesos	Magnitud	Eco-indicador (mPt)	Resultados
Estructura base del equipo	Corte	4,20E+03mm ²	0,00006	0,252
	Soldadura	1,14E-02kg	24	0,2741628
Cuerpo del equipo	Corte	5,04E+04 mm ²	0,00006	3,024
	Maquinado	1,50E-01 dm ³	800	120
	Curvado	6,00E+04mm	0,00008	4,8
Soporte de los calzos elastomericos	Corte	2,40E+04 mm ²	0,00006	1,44
	Maquinado	1,00E-01dm ³	800	80,00
	Soldadura	2,10E-01 kg	24	5,04
Mecanismo inercial (Árbol)	Corte	1,99E+03 mm ²	0,00006	0,119553
	Maquinado	3,59E+00 dm ³	800	2871,216
Volanta	Corte	2,01E+01 mm ²	0,00006	1,21E-03
	Maquinado	2,38E+00 dm ³	800	1,91E+03
Masa excitadora	Corte	1,01E+04 mm ²	0,00006	0,606
	Maquinado	1,11E-02 dm ³	800	8,888
Poleas conductora yconducida)	Corte	3,26E+04 mm ²	0,00006	1,956
	Maquinado	3,38E+00 dm ³	800	2704
	Corte,	3,21E+04 mm ²	0,00006	1,926
Tapa ytolva de alimentación	Curvado	3,14E+01 mm	0,00008	0,002512
	Maquinado	1,13E+00 dm ³	800	904
	Corte	1,74E+05 mm ²	0,00006	10,464
Bandeja yrecolectores	Curvado	1,03E+05 mm	0,00008	8,248
	Maquinado	2,16E-01 dm ³	800	172,8
	Corte	1,12E+04 mm ²	0,00006	0,6744
Base del equipo (perfil I)	Soldadura	0,44 kg	24	10,56
	Corte	1,43E+04 mm ²	0,00006	0,8604
	Maquinado	2,40E-01 dm ³	800	192
Soporte de Calzos elastomericos Horizontales	Corte	1,22E+04 mm ²	0,00006	0,732
	Maquinado	1,04E+00 dm ³	800	828,8
	Soldadura	1,80E-01 kg	24	4,32
Chumaceras	Corte	6,15E+02 mm ²	0,00006	0,0369264
	Maquinado	1,11E+00 dm ³	800	889,608
Calzos elastomericos	Vulcanización en Mol des metálicos	2,00E+00 kg	13,4	26,8
Correa elastomericos	Vulcanización en Mol des metálicos	3,00E-01 kg	13,4	4,02
Tamices	Moldeo por inyección	1,34E-01 kg	21	2,814
Total				10767,48

Impacto al medio ambiente como resultado de la producción de los residuos y su tratamiento

Un último análisis está referido a la producción de los residuos y su tratamiento. En la tabla 6 se cuantifican el peso de los residuos generados por el proceso de elaboración de las piezas y las y las piezas que pueden ser recicladas. Para el estudio que se realiza, todas las piezas son recicladas. Un aspecto favorable que brinda esta información son los resultados negativos, los cuales indican beneficios al medioambiente.

Tabla 6- Impacto al medio ambiente del residuo generado y su tratamiento

Materiales	Piezas+Residuos	Peso kg	Eco-indicador	Resultados
Ac-CT3	Estructura base del equipo	14,13	-70	-989,1
Ac-CT3	Cuerpo del equipo	15,31	-70	-1071,7
Ac-CT3	Soporte de los calzos elastomericos	8,89	-70	-622,3
Ac-35	(Eje y masa excitadora)	8,9	-70	-623
Ac-35	Volanta	11,81	-70	-826,7
Ac-35	Poleas conductora y conducida	8,66	-70	-606,2
Ac-CT3	Tapa y tolva de alimentacion	7,07	-70	-494,9
Ac-CT3	Bandeja y recolectores	6,37	-70	-445,9
Ac-CT3	Base del equipo (perfil I)	53,7	-70	-3759
Ac-CT3	Soporte de Calzos Horizontales	3,98	-70	-278,6
Ac Colado	Chumaceras (Exterior)	4,24	-70	-296,8
Ac AISI 304	Chumaceras (interior)	2,78	-70	-194,6
SBR- (X-431)	Calzos elastomericos	1,59	-240	-381,6
SBR- (X-431)	Correa	0,06	-240	-14,4
Poliestireno	Malla perforada (tamiz)	0,6	-210	-126
Total				-10730,8

Análisis y discusión

El diseño de cualquier sistema o equipo no debe estar aislado de las consecuencias que estos puedan ocasionar. Las decisiones han de responder a los nuevos avances en materia científica, tecnológica, social, económica y medioambiental. Errores cometidos en el diseño o simples detalles en su concepción pueden alterar superlativamente los niveles de inversión necesarios para su fabricación. Un aspecto importante, en el caso de agregados y máquinas agrícolas, es introducir las evaluaciones del impacto ambiental. Las materias primas tienen que extraerse. El producto se fabrica, se distribuye, se embala y, por último, se elimina.

Además, se debe considerar la utilización de los productos, la cual tiene un impacto ambiental, debido a que es la etapa donde se consume energía o materiales en la mayoría de los casos.

Generalmente, un análisis del ciclo de vida de un producto determinado contribuye a deducir su acción sobre el efecto invernadero, la acidificación y otros problemas ambientales, aunque se desconozca el impacto ambiental total debido a que es la etapa donde se consume energía o materiales en la mayoría de los casos.

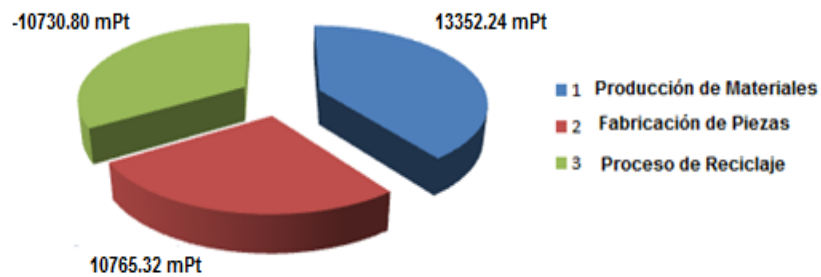


Fig. 3- Distribución de los eco-indicadores en la construcción de la máquina cribadora vibratoria

El estudio realizado muestra el impacto al medio ambiente que proporciona la construcción de la máquina cribadora vibratoria, destacándose la producción de materiales (barras de acero, chapas de acero, perfil laminado rectangular, perfil I) con mayor influencia sobre el medio ambiente, al generar 13 352,24 mPt en comparación con la fabricación de piezas, la cual incide con 10 765,32 mPt como se observa en la figura 3

Aun cuando se analiza que todos los materiales son reciclables, sigue siendo de mayor incidencia la producción en bruto de éstos. En futuros diseños, sería conveniente analizar los kilogramos de material por producir para la construcción de las piezas, o sea, seleccionar los diferentes tipos de materiales teniendo en cuenta el consumo mínimo de materiales que se emplearán, respecto a parámetros límites o factor de seguridad que garanticen el funcionamiento y la fiabilidad de la máquina.

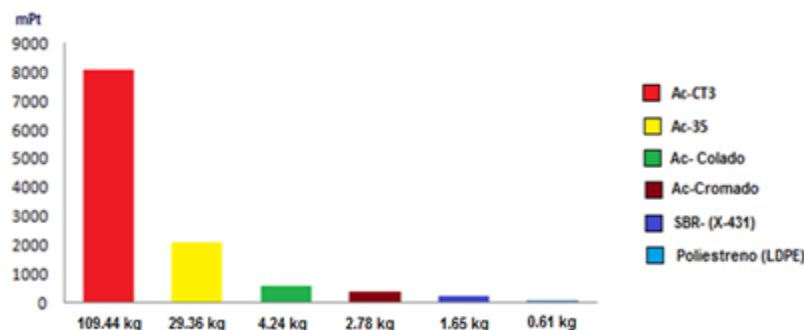


Fig. 4- Distribución por peso en kg y tipos de materiales empleados

La elaboración de materiales afectó al medioambiente como se muestra en la figura 4, por la producción de acero CT-3, el cual alcanzó valores en el orden de 9 412,70 mPt (109,44 kg) que representa el 73.9 % del peso total de la máquina, mientras que la producción de acero 35 alcanzó valores de 2 525,82 mPt (29,36 kg) y en el caso del acero colado y el acero al cromo que corresponden al conjunto de las chumaceras 364,64 mPt (4.24kg) para el cuerpo de las chumaceras y 239,08 mPt (2.78 kg) es el interior de las chumaceras para el cual se utilizan aceros aleados (acero al 10% de cromo, o el acero austenístico AISI 304). Los materiales elastoméricos y plásticos afectaron al medio ambiente según figura 4 por los SBR mezcla cubana (x-431) y el poliestireno (LDPE) donde: 594.00 mPt (1,65 kg) son los SBR para los calzos y la correa de caucho y 216 mPt y (0,61 kg) es el poliestireno para los tamices respectivamente. En la figura 5 se muestra el gráfico de los impactos al medio ambiente de las piezas de la máquina cribadora vibratoria.

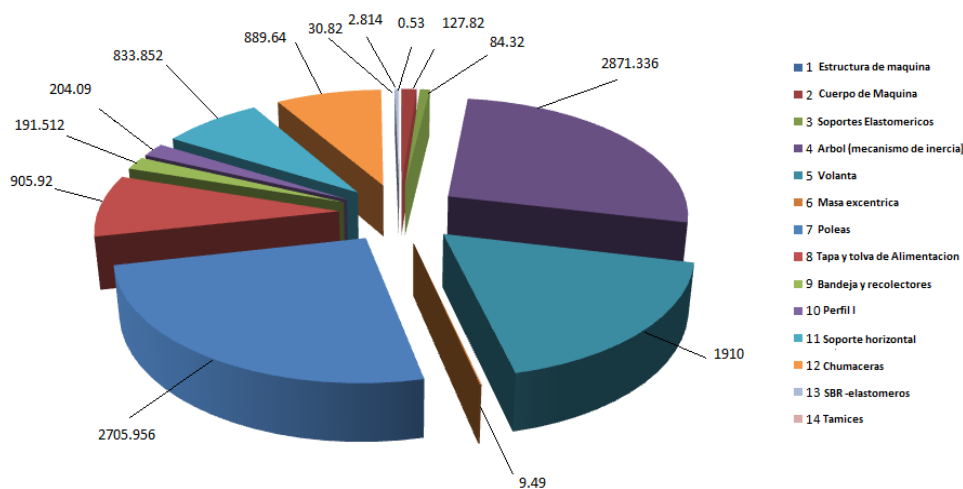


Fig. 5- Gráfico de los impactos al medio ambiente de las piezas de la máquina cribadora vibratoria.

Estos resultados sugieren la selección de nuevos materiales con características similares a las del Ac-CT3, pero con menor incidencia en el entorno. Podría valorarse la utilización de aceros con contenido más bajo de carbono (Ac-15) como sustituto de los materiales de las piezas de acero (Ac-35) (polea conductora y polea conducida, volanta y eje).

Otro análisis realizado estuvo referido a la fabricación de las piezas que conforman la máquina cribadora vibratoria, en el cual se destaca con mayor relevancia la construcción del árbol, como se muestra en la tabla 5 y en el gráfico de la figura 5. Se denota que presenta un impacto al medio ambiente de 2 871,336 mPt, y se tuvo en cuenta el proceso de corte del semiproducto y el proceso de torneado para su maquinado. Esto indica buscar soluciones alternativas para el proceso de fabricación del árbol, las poleas y la Volanta para que los residuos generados y la energía demandada disminuyan en comparación con el modelo presente. El cálculo de este indicador analiza el volumen de residuo generado en dm^3 y el área de corte en mm^2 . Para el caso de esta pieza se generó $3,59 \text{ dm}^3$ de material residual y el área de corte del semiproducto fue de $1,99 \text{ mm}^2$, por las dimensiones que éste presenta, aunque cabe destacar que el residuo es reciclado. Podrían sustituirse los procesos de corte y torneado actuales,

Un análisis final desarrollado, tuvo en cuenta los residuos generados y su tratamiento después de concluir la vida útil de la máquina. La figura 6 muestra que todos los componentes de esta tecnología pueden ser reciclados, estatus favorable para el medio ambiente, pero irreversible en el tiempo, esto insinúa que aunque – 10730,80 mPt pueden retribuirse al medio por concepto de extracción de materiales y todos los procesos consecuentes a él, la máquina cribadora vibratoria experimental deja una huella ecológica inevitable hasta el momento. El resultado de los residuos podría ser significativo al seleccionar en el desarrollo de la propia tecnología y en la concepción del diseño la misma cantidad de material residual en el proceso de producción de materiales.

En el caso de la máquina cribadora Vibratoria que se muestra en la figura 1, un adecuado balance con el entorno podría lograrse seleccionando el 60 % de material natural y el 40 % de material reciclado en la producción de materiales, esto se demuestra hallando la diferencia que existente entre el eco- indicador que cuantifica la producción de materiales (13 352,24 mPt) y el que tiene en cuenta los residuos generados (-10 730,80 mPt), dando como resultado (2 621,44 mPt), o sea los residuos generan un 80% de la producción de materiales.

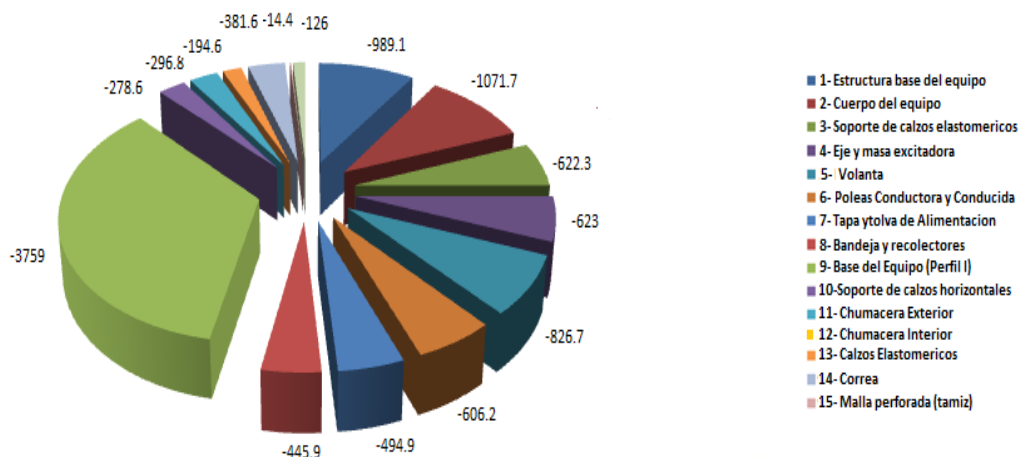


Fig. 6- Grafico del reciclado de las piezas de la maquina cribadora vibratoria experimental.

Al mayor flujo de energía y emisiones se le atribuye al proceso de producción de materiales, mientras que el mayor flujo de materia prima es representado por el Ac-CT3 el cual se manifiesta en mayor porcentaje en esta tecnología.

Conclusiones

1. En el diagrama del ciclo de vida de la maquina se expone el proceso completo hasta el final de su vida útil y el destino de los residuos hacia el proceso de reciclaje.
2. El proceso de obtención de materiales de la máquina resultó la etapa más significativa, al generar 13 352,24 mPt al medio ambiente, en comparación con la fabricación de piezas con 10 765,32 mPt.
3. En la producción de materiales, el Acero CT3 fue el de mayor incidencia con 9 412,70 mPt (109.44 kg) que representa el 73.9 %, seguido de la producción de acero 35 con 2 525,82 mPt (29.36 kg) y, por último, la producción de acero aleado y colado con 364,64 mPt (4,24kg) para el cuerpo de las chumaceras y 239.08 mPt (2,78 kg) para la zona de trabajo de las chumaceras
4. El árbol del mecanismo inercial fue la pieza que tuvo mayor influencia en el entorno durante el proceso de fabricación, al aportar de forma desfavorable 2 871,33 mPt. Para determinar este valor se tuvo en cuenta el proceso de corte del semiproducto,

así como el centrado torneado, frezado y rectificado dentro del proceso de maquinado.

5. Los residuos generados por el proceso de fabricación de las piezas, así como las piezas después de concluir su vida útil consideradas residuos, fueron tratados como material reciclable y arrojaron – 10 730,80 mPt al medio ambiente de forma favorable.

Referencias bibliográficas

1. GOEDKOOPT, M., EFFTING, S. y COLLIGNON, M. Eco-Indicador 99. “Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida”. Manual para Diseñadores. 3th ed. Impreso por la Sociedad pública de Gestión Ambiental IHOBE. Encargado por el Ministerio Holandés de Medio Ambiente. Ámsterdam, Netherlands, 2000. Págs. 5-36. ISBN 90-72130-78-2.
2. FAXAS. R. Impacto Medio Ambiental en la Construcción de una Máquina Briqueteadora, (2013). *Revista Tecnología Química*. **33**(2), p.97-106.
3. NC. GESTIÓN AMBIENTAL. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Norma Cubana NC-ISO 14040:1997. La Habana. Cuba. Oficina de Normalización. 1997
4. NC. GESTIÓN AMBIENTAL. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance y Análisis del inventario. Norma Cubana NC-ISO 14041: 2000. La Habana. Cuba. Oficina de Normalización. 2000
5. NC. GESTIÓN AMBIENTAL. Análisis del ciclo de Vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida. Norma Cubana NC-ISO 14042:2000. La Habana. Cuba. Oficina de Normalización. 2000.
6. NC. GESTIÓN AMBIENTAL. Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida. Norma Cubana NC-ISO 14043:2000. La Habana. Cuba. Oficina de Normalización.
7. A. HARRAR de Dienes, T. GOMEZ Navarro. Alternativas de empaque para galletas de mantequilla: evaluación comparativa del ciclo de vida (2008).
8. WORAPON K., Porntlp, W. Prasert, P "Life cycle assessment of bagasse waste

management options". *Waste Management*. 2009, vol. 29, nº 6. Págs.1628–1633.
ISSN 0956-05

9. ESTEFANÍA Chavarría Muñoz, FELIPE ANDRÉS Rodríguez Cortés. “ Análisis ambiental del proceso de producción de suelas de caucho”, empresa Productos Boxeador de Colombia.(2016)
- 10.VIVANCOS Bono, JL.; Collado Ruiz. "Análisis de diversas Metodologías de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida". (2016).

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses