
ARTÍCULO CIENTÍFICO

Producciones más limpias como contribución a la sostenibilidad

Cleaner productions as a contribution to sustainability

Dra. C. Idalmis Acosta Pérez

 <https://orcid.org/0000-0003-1225-9864>

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba
idalmisap@uclv.edu.cu

Dr. C. Fernando Marrero Delgado

 <https://orcid.org/0000-0002-5470-2572>

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba
fmarrero@uclv.edu.cu

MSc. José Ulivis Espinosa Martínez

 <https://orcid.org/0000-0003-0558-7843>

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba
ulivis@uclv.edu.cu

Dra. C. Estrella de la Paz Martínez

 <https://orcid.org/0000-0003-0819-9555>

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba
estrella@uclv.edu.cu

Recibido: 02/06/2023
Aceptado: 04/08/2023

Resumen

Este artículo resumirá la investigación realizada en la UEB # 13 de Encrucijada, perteneciente a la Empresa Provincial de Producción Local de Materiales de la Construcción. En el mismo se aplicó un procedimiento con enfoque de producción más limpia como contribución al mejoramiento de su sostenibilidad. Los métodos que se utilizaron, partieron de un análisis teórico de la literatura internacional y nacional a la que se tuvo acceso. Se aplicaron técnicas para la obtención y análisis de la información, tales como: encuestas, entrevistas, técnicas de trabajo en grupo, métodos estadísticos, diagrama causa-efecto, análisis de documentos y registros, etc. La propuesta constituye una importante herramienta para evaluar el desempeño ambiental en la organización. Como resultado de la investigación quedaron definidas las principales deficiencias de los procesos y su impacto en cuanto a la generación de desechos sólidos, además,

proporciona la detección de oportunidades de producción más limpia en los procesos, lo que contribuye a realizar producciones ecológicamente sostenibles.

Palabras clave: desempeño ambiental, desechos sólidos, medioambiente, producción más limpia, sostenibilidad

Summary

This article will summarize the research carried out in the UEB # 13 of Encrucijada, belonging to the Provincial Company of Local Production of Construction Materials. In it, a procedure with a cleaner production approach was applied as a contribution to improving its sustainability. The methods that were used were based on a theoretical analysis of the international and national literature that was accessed. Techniques were applied to obtain and analyze information, such as: surveys, interviews, group work techniques, statistical methods, cause-effect diagram, analysis of documents and records, etc. The proposal constitutes an important tool to evaluate the environmental performance in the organization. As a result of the investigation, the main deficiencies of the processes and their impact in terms of solid waste generation were defined, in addition, it provides the detection of cleaner production opportunities in the processes, which contributes to ecologically sustainable productions.

Keywords: environmental performance, solid waste, environment, cleaner production, sustainability

Introducción

El desarrollo económico mundial ha traído como consecuencia a lo largo de los años un deterioro del medio ambiente. El hombre, para satisfacer sus necesidades cada vez más crecientes, ha explotado los recursos naturales sostenidamente para producir bienes y servicios, sin pensar en la subsistencia de las futuras generaciones (Guillén de Romero et al., 2020).

Las políticas ambientales tradicionales que han prevalecido para el control de la contaminación han pasado por las siguientes etapas: ignorar el problema, diluir la contaminación,

tratar los residuos y emisiones al final del proceso, conjuntamente con la aparición de algunos niveles de reúso y reciclaje. Por último, la tendencia ha sido hacia la adopción de una nueva forma para la solución de los problemas ambientales a través de la prevención de la contaminación, cambiando la política de las llamadas soluciones "al final del tubo" (al final del proceso) (Pérez Cartón et al., 2019) causantes de grandes costos para sus empresas por la reducción de los residuos y emisiones en el mismo lugar, donde se generan a lo largo del proceso productivo o de servicio (Acosta Pérez et al., 2019).

Es por eso que la aplicación de la Producción más Limpia para la solución de los problemas ambientales es importante, pues enfatiza la utilización de herramientas integradas de gestión para la búsqueda de soluciones específicas para cada tipo de problema y empresa (Bernal Figueroa et al., 2016). Los países desarrollados han creado tecnologías cada vez más limpias y eficientes transfiriendo hacia los países subdesarrollados y en vías de desarrollo aquellas consideradas obsoletas para su uso; pero de punta para los países del Tercer Mundo, y esto conlleva a adoptar acciones encaminadas al uso más eficiente de estas tecnologías adquiridas, aplicando determinadas herramientas de gestión empresarial (Guilian Mojica, 2019).

Por ende, el desarrollo sostenible constituye hoy un tema de máxima atención en el ámbito internacional, debido al tácito reconocimiento de la insostenibilidad de los patrones imperantes de producción y consumo (Almeida Guzmán y Díaz Guevara, 2020). Expertos sobre el tema indican que, a menos que se desarrollen acciones significativas para modificar estos patrones, en el año 2050 se necesitarán los recursos equivalentes a dos planetas Tierra para mantener las actividades de la sociedad humana (López Alvares et al., 2020).

El sector de la construcción es una actividad generadora de residuos, provenientes de cada una de las etapas que comprometen los proyectos de la construcción (Cañola et al., 2021). Por tanto, se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que impliquen la disminución de estos residuos, a través de la implementación de nuevas tecnologías necesarias para su

correcta gestión desde su generación hasta la creación del producto final para su comercialización (Castells, 2000). Es por ello que la industria de la construcción cubana está en un proceso de crecimiento acelerado y con un rol cada vez más importante, necesita adecuarse a las tendencias internacionales imperantes en la actividad y la aplicación del concepto de Producción más Limpia (PML), es una condición básica para lograrlo.

Por la importancia de la introducción de los nuevos puntos de vista, en cuanto a medio ambiente, la UEB-#13 perteneciente a la Empresa Provincial de Producción Local de Materiales de la Construcción (EPMC) ha proyectado su trabajo para lograr un mejor desempeño ambiental. Por las implicaciones ambientales y de seguridad y salud del personal de servicios se trabajará en el proceso de producción, constituyendo el centro de acción del trabajo objeto de estudio y para la identificación aplicación de medidas de Producción Más Limpia para el mejoramiento del proceso productivo y del Sistema Medio Ambiental (SMA).

En la UEB #13 no se cuenta con una herramienta que permita determinar los residuos que se generan en la organización, factor que constituye una agravante ya que por las características de trabajo se genera un gran número de desechos sólidos, los cuales en los últimos años se han aumentado gradualmente a consecuencia de su no tratamiento. Por lo que el objetivo de esta investigación es aplicar un procedimiento de PML que contribuya a la sostenibilidad de las producciones que se ofrecen en la UEB #13 perteneciente a la Empresa Provincial de Producción Local de Materiales de la Construcción (EPMC), para lograr la protección del medio ambiente.

Materiales Y Métodos

El procedimiento propuesto para la contribución a la mejora de la sostenibilidad bajo el enfoque de producciones más limpias en la UEB # 13 de Encrucijada es el de Acosta Pérez et. al., (2019). La aplicación de dicha propuesta demuestra la necesidad del ahorro de energía eléctrica y agua, así como la reducción de desechos líquidos y sólidos que se originan.

Resultados Y Discusión

La puesta en marcha de este procedimiento en la UEB # 13, bajo el enfoque de PML se justifica por los altos niveles de generación de desechos sólidos en los procesos productivos, obtenidos por datos estadísticos del departamento de Dirección Técnica y Desarrollo, se conoce que la generación de residuos sólidos posee una tendencia al crecimiento. A continuación, se explican los pasos del procedimiento de PML.

Caracterización De La UEB # 13 De Encrucijada

La UEB # 13 de Encrucijada pertenece a la Empresa Provincial de Producción Local de Materiales de la Construcción (EPMC) del MICONS. La Unidad Empresarial de Base # 13 posee una plantilla de 155 trabajadores de ellos 6 son directivos, 21 técnicos, 2 administrativos y 126 obreros, con un total de 17 mujeres y 138 hombres. El objetivo social de la UEB es producir y comercializar de forma mayorista elementos de hormigón, aprobados por la Resolución No. 123 / 2002 del Ministerio de la Construcción. El de mayor importancia es: elementos de pared (*bloque de hormigón*).

Descripción Productiva Del Sistema Actual

La entidad objeto de estudio se encarga de recepcionar la materia prima, producir y comercializar diferentes producciones donde los elementos de pared (Bloque de 10 cm, Bloque de 15 cm) son los más importantes en esta entidad.

Creación Del Comité De PML

El comité de PML está compuesto por el Jefe de RRHH, Encargada de actividades Generales, Técnico en obras de arquitecturas e industrial, Operador Hormigonero (Jefe de Brigada), Operador de Máquina Bloque y Jefe de Producción. Todos con más de 5 años de experiencia en la actividad.

Paso 1. Recopilar Información Sobre Los Procesos Que Se Desarrollan En La Organización

Es necesaria la aplicación de herramientas como: la observación directa, la consulta de registros estadísticos y documentos de la fábrica, y el trabajo constante con los expertos designados como guías para la realización de la investigación. El proceso de fabricación de bloques con recursos naturales dentro de la UEB tiene características típicas de dicho proceso, en la cual intervienen un conjunto de áreas que deben cumplir un grupo de especificaciones acordes a su producción y función. Entre ellas se pueden citar:

- Área de conformado del bloque de hormigón 0.15
- Área de conformado del bloque de hormigón 0.10
- Área de conformado de la losa semagrall, los baloustres, las dovela, paneles sandino y las columna C-2 y C-3
- Área de conformado del mosaico gris y el mosaico blanco

Paso 2. Identificar Las Operaciones Generadoras De Residuos

Paralelamente al desarrollo del paso anterior se realiza una identificación de las operaciones o procedimientos que son generadores de residuos, las cuales pueden deberse a causas obvias de desviación que resultan en el desperdicio de agua, energía o de materias primas y en la generación de residuos. Los criterios analizados permiten entonces definir el enfoque del diagnóstico, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Económicas: Pérdidas económicas relacionadas con los residuos, consumos energéticos, consumo de agua, etc.
- Ambientales: Volumen y composición de los residuos sólidos generados por el proceso productivo
- Técnicas: Potencial de mejoras esperadas, posibilidad de aplicar opciones de PML en las actividades operativas.

Paso 3. Revisar El Proceso E Identificar El Origen De Los Desechos

Para realizar un diagnóstico de residuos sólidos se basará en un análisis detallado de los consumos por actividades en cada uno de los procesos que intervienen en la fabricación de materiales de la construcción en la UEB #13. Se detecta que el proceso de fabricación del bloque de 10 y 15 es el responsable de la mayor carga contaminante. Sobre dicho proceso intervienen diferentes equipamientos con capacidades generadoras específicas de acuerdo a la función que realizan.

De una forma más detallada se puede apreciar que en el proceso de fabricación del bloque de 10 y 15 es el que más genera desecho sólido en la bloquera. Es necesario destacar que en dicho proceso la reducción en el origen o la prevención de la generación es muy escasa, debido a que no existe un seguimiento frecuente de la cantidad real que se desperdicia en el proceso objeto de estudio.

A fin de obtener una relación más detallada de las principales causas que originan la generación de dichos volúmenes de desechos sólidos, se aplicó de manera aleatoria una encuesta a los trabajadores de la UEB #13. En esta se refleja un resumen de las respuestas de los encuestados y su consecuente nivel de impacto.

A partir del análisis realizado anteriormente se reveló que el 62% de los encuestados coinciden con la existencia de un gran número de deficiencias dentro del proceso de fabricación de bloques de 10 y 15 cm, en la UEB, relacionadas al aspecto organizativo y de gestión de tratamiento a residuales sólidos generados. De igual forma, se identificaron entre los problemas más frecuentes y de mayor impacto los siguientes:

- no existe un seguimiento frecuente de los distintos residuos sólidos generados en los procesos productivos ni de las cantidades que se derivan de estos;
- no se trabaja con los costos asociados por concepto de generación de desechos y su impacto en el ahorro para obtener mayores ganancias;
- existe desorganización en el almacenamiento de residuos sólidos generados;

- no existe una frecuente divulgación y comunicación con los trabajadores de planes asociados al reciclaje de residuos;
- no existe participación activa de los trabajadores ni se tiene en cuenta sus ideas en la elaboración de planes de reducción de residuos; y
- existen pocas acciones encaminadas a detectar oportunidades relacionadas a la minimización de residuos.

Paso 3. Análisis De Los Riesgos

Los riesgos del proceso son detectados por el equipo de expertos a través de la lista de chequeo aplicada en la organización. Mediante esta labor quedan definidos los principales peligros que pueden afectar la salud de los trabajadores, determinándose como: **biológicos**, producidos el mal almacenamiento de los desecho solidos de la construcción propiciando la existencia de vectores; **ambientales**, debido al consumo indiscriminado de agua, energía eléctrica y alto nivel de generación de desechos; **mecánicos**, derivados de accidentes durante el proceso productivo; y **químicos**, por el contacto con distintos elementos como son: cemento, cal, etc.

Las causas fundamentales de su aparición son:

- Técnicas: debido a condiciones de trabajo inseguras.
- Organizativas: por la segregación inadecuada de los desechos y falta de control durante el proceso productivo.
- Conductuales: debido a la falta de responsabilidad en el desempeño de las actividades, incumplimiento de las normas establecidas y subjetividad del personal en la evaluación de los riesgos.

El análisis efectuado ofreció la posibilidad de concluir que el riesgo fundamental es el ambiental, ya que los otros se ven en menor dimensión y su causa principal está dada por problemas conductuales de los trabajadores.

Paso 4. Generar Opciones Para La Reducción De Los Desechos

1. Reutilizar Los Residuos Que Pueden Servir De Nuevo.

- Emplear los sobrantes de las producciones para utilizarlos en los procesos que así lo requieran.

Se sugiere la alternativa de reuso para los bloques de 10 cm como el de 15 cm a partir de materiales reciclados en el proceso de producción. Estos en el proceso de reciclado necesitan menos agua debido a que la tienen incorporada, por otra parte, se reduce el contenido de materia prima como es la arena lavada, ya que se le incorporan otros componentes reciclados, como es el caso del granito, polvo de piedra y la grava; no existen pérdidas por transportación de los materiales (granito y polvo de piedra), ya que estos son obtenidos en el patio de la empresa.

Evaluación del impacto de la alternativa: Reutilizar los residuos

Impacto a la salud humana:

En esta categoría se incluye el número y la duración de las enfermedades, así como los años de vidas perdidos debido a la muerte prematura por causas ambientales. Los efectos aquí incluidos son: cambio climático, disminución de la capa de ozono, efectos cancerígenos y respiratorios y radiación ionizante.

Impacto a la calidad del medio ambiente:

En esta categoría se incluye el efecto sobre la diversidad de especies y los organismos sencillos. Entre los efectos incluidos están: la ecotoxicidad, la acidificación, la eutrofización y el uso del suelo.

Impacto en los recursos:

En esta categoría se incluye la necesidad extra de energía requerida en el futuro para extraer mineral de baja calidad y recursos fósiles. La disminución de los recursos brutos, como arena y gravilla, se incluyen dentro del uso del suelo.

Los impactos ambientales medidos en el programa constan de once categorías de impactos y tres categorías de daños. Las categorías de impacto son: Carcinógenos, Respiración de Orgánicos, Respiración de Inorgánicos, Cambio Climático, Radiación, Capa de Ozono, Eco Toxicidad, Acidificación/ Eutrofización, Uso del Suelo, Minerales y Combustibles Fósiles; las categorías de daños son: Salud Humana, Calidad del Ecosistema y Recursos (Maldonado Valdera et al., 2020).

Para la evaluación del impacto económico se utiliza la herramienta Análisis de Costos de Ciclo de Vida (CCV), la cual tiene en cuenta los costos de producción de los bloques reciclados a partir de la ficha de costos elaborada en la entidad en un período de un año. En esta se reflejan los gastos directos e indirectos, a partir de esta información se elabora la ficha de costo del bloque con árido reciclado. Entre los gastos directos se encuentran los salarios de los operarios, las materias primas y materiales, energía eléctrica y transporte; los indirectos están calculados de acuerdo a los coeficientes aprobados por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Finanzas y Precios y del Ministerio de Economía y Planificación.

El impacto social se determina a partir de los resultados del impacto ambiental y económico del proceso de producción de los bloques utilizando las dos alternativas estudiadas. Esto permite evaluar si existen beneficios para la sociedad al fabricar bloques con materia prima reciclada.

Impacto ambiental

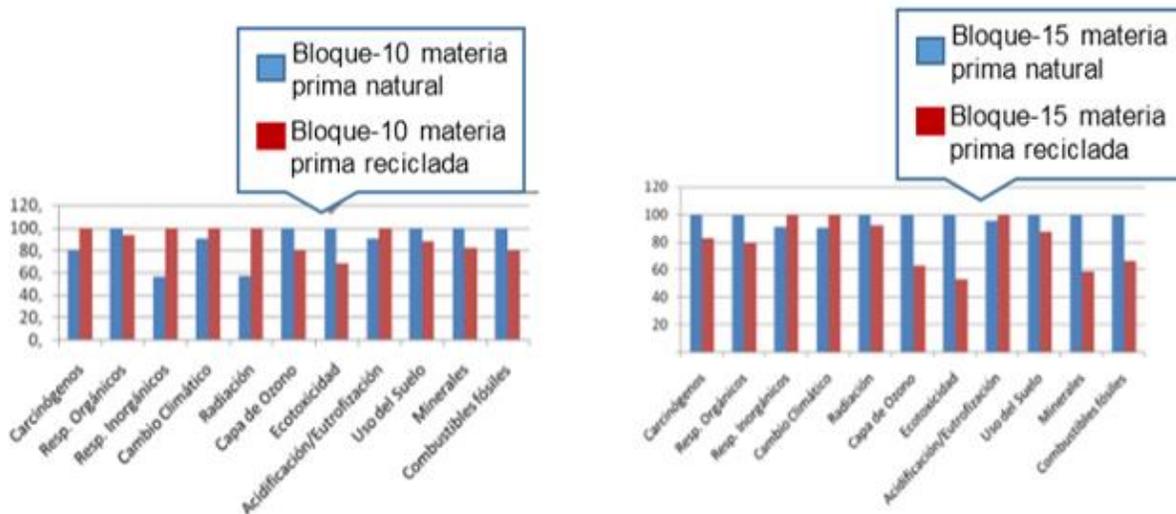
Luego de la aplicación del análisis de ciclo de vida se obtienen los resultados que se muestran en la figura 1, donde se aprecia la comparación del bloque de 10 y de 15 cm, con materia prima respecto a los producidos con material reciclado expresado en por ciento. Los valores de los impactos totales de un proceso o producto reflejan que en cuanto mayor sea el número, mayor será el impacto ambiental. Se manifiesta que el bloque con materia prima natural

afecta más al ecosistema en la respiración de orgánicos, la capa de ozono, la ecotoxicidad, el uso del suelo, los minerales y los combustibles fósiles.

El bloque con materia prima reciclada tiene como parámetros más afectados la respiración de inorgánicos, el cambio climático y la acidificación/eutrofización; causado principalmente porque en el proceso de producción de los bloques con materiales reciclados, la dosificación de cemento se debe aumentar para lograr una resistencia mecánica adecuada.

Figura 1.

Impacto ambiental ACV (categorías de impacto)

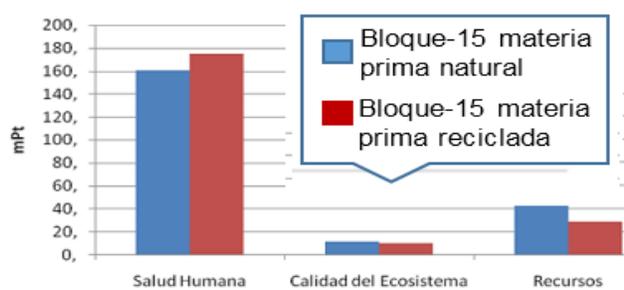
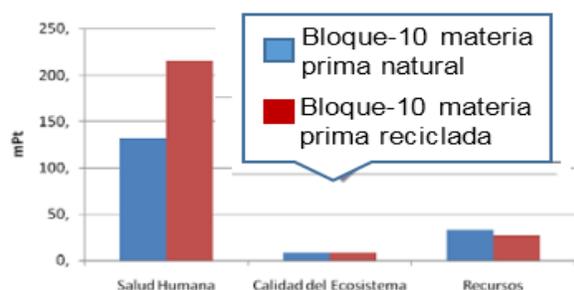


Nota. Fuente: Elaboración propia

La figura 2 representa la incidencia de las distintas series sobre las categorías de daños. Se evidencia que el consumo del cemento es el que incide sobre las categorías más afectadas, siendo mayor en la salud humana, para el bloque de 10 y el de 15 cm con materia prima natural y materia prima reciclada.

Figura 2.

Impacto ambiental ACV (categorías de daños)



Nota. Fuente: Elaboración propia

Impacto económico

El impacto económico está dado por los costos de producción de los bloques los cuales se muestran en la tabla 3, donde se refleja que el gasto de salario y el gasto indirecto se mantienen igual para las alternativas por cada tipo de bloque con materia prima natural y materia prima reciclada.

Tabla 3.

Ficha de costo de los bloques

Producto	UM	Gastos \$ de:					
		Salario	Material	Transporte	Energía	Indirecto	Total
Bloq-10 materia prima natural	U	0,1133	0,2855	0,1768	0,0321	0,1039	0,7126
Bloq-10 materia prima reciclada	U	0,1133	0,2065	0,0234	0,0963	0,1039	0,4534
Bloq-15 materia prima natural	U	0,1691	0,3522	0,2186	0,0215	0,1551	0,9165
Bloq-15 materia prima reciclada	U	0,1691	0,2660	0,0296	0,0645	0,1551	0,6843

Nota. Fuente: Elaboración propia

El gasto de material y transporte disminuye en las alternativas donde se tienen en cuenta los bloques con materia prima reciclada. Sin embargo, el gasto de energía manifiesta un aumento en las mismas alternativas mencionadas anteriormente, pues se consideran los equipos trituradores de residuos.

Realizando una comparación de los costos de producción, teniendo en cuenta los cuatro escenarios estudiados y el ahorro en la producción de los bloques, se evidencia que el costo del bloque con materia prima reciclada es menor que el costo con materia prima natural, tanto para el bloque de 10 cm como para el de 15 cm.

Impacto Social

Para este análisis se tiene en cuenta cómo impacta a la sociedad el proceso de producción de los bloques bajo los cuatro escenarios, a partir de la repercusión del impacto ambiental y económico.

Impacto ambiental

Este análisis permite llegar a conocer las categorías de daños que afectan la salud humana, las cuales son: cambio climático, disminución de la capa de ozono, efectos cancerígenos, efectos respiratorios y radiación. Las cuales se ven mayormente afectadas por el cemento, por lo que el bloque con material reciclado afecta más la salud humana que el bloque con materia prima natural.

2. Reducir Los Residuos En La Fuente

- Realizar un mayor aprovechamiento de los materiales empleados en los procesos de fabricación de materiales de la construcción, fundamentalmente de los bloques de 10 y 15.
- Potenciar el uso de estos según las cantidades de materia prima a utilizar, fundamentalmente en la bloqueras, a través del empleo de programas de optimización.
- Potenciar el empleo de los operarios más capacitados en el equipo más generador de desechos sólidos en el proceso (bloqueras) siendo asesorados estos de manera constante por el personal del departamento de Gestión y Desarrollo.
- Establecer controles estrictos de calidad para eliminar los desperdicios por reproceso y productos defectuosos.

En función del reciclaje interno/externo se deben clasificar los residuos según su composición, así como destinar lugares dentro de la fábrica para los diferentes tipos de residuos facilitando su recolección.

- Crear un sector determinado dentro de la fábrica, con las condiciones necesarias, cercano al área de recepción y despacho que permita almacenar los residuos, evitando acumulaciones de estos en el proceso que provoquen obstrucciones en el flujo.
- Definir en grupos los residuos generados por cada área de trabajo atendiendo a las características de las materias primas a fin de facilitar su reciclaje.

3. Establecer Mecanismos Para La Venta A Terceros De Los Desechos Generados Por La Fábrica

4. Establecer Jornadas De Información Y Capacitación

- Desarrollar a través del departamento de Gestión y Desarrollo un curso de capacitación fundamentalmente para el personal designado a realizar labores de manejo y tratamiento de residuos y distintas formas de reciclar materia prima. Para posteriormente hacerlo extensivo a los demás trabajadores de la fábrica.
- Solicitar a empresas especializadas en la aplicación de esta tecnología los servicios de orientación e investigación sobre PML, a través de conferencias, estudios y seminarios, para conocer los beneficios, aportes y ventajas que brinda a la empresa objeto estudio y en caso de aceptación implementar este tipo de opciones, habilitando al personal requerido para llegar al logro del objetivo trazado.

5. Crear Conciencia A Los Trabajadores Para El Cuidado Del Medio Ambiente

- Realizar intervenciones en los matutinos, reuniones de afiliados y discusiones del plan de negocio sobre temas relacionados al manejo de residuos y su importancia para el medio ambiente y la economía, a fin de vincularlos a los planes de acción que se ejecuten sobre el tema.

- Realizar la distribución de folletos, afiches u otros medios de información visual que divulguen la aplicación de medidas y los avances alcanzables con la aplicación de las diferentes opciones de PML.

Todas estas acciones van acompañadas de un responsable, una fecha de cumplimiento y los recursos necesarios, además controladas por la dirección de la fábrica y la empresa en general.

Paso 5. Establecimiento De Las Metas Y Preparación De Un Plan De Acción

El Comité de PML establecerá metas específicas para implementar las medidas de PML

Metas

- reducir en un 10% el consumo de energía eléctrica (o de combustible) por unidad de producto durante el primer año del programa;
- reducir en más de un 10% el consumo de agua potable durante el primer año del programa; y
- elaborar un plan de acción que debe incluir, para cada medida de PML recomendada, las metas y sus actividades programadas, los responsables de llevarlas a cabo y el presupuesto asignado. Más aun, el plan debe definir metas, actividades y responsables para realizar el seguimiento y la evaluación final de las medidas de PML implementados, incluyendo previsiones de presupuesto para este fin.

Paso 5.1. Implementar Medidas De PML Recomendadas

El Comité de PML debe desarrollar las actividades prioritarias siguientes:

1. Designar y/o contratar personal responsable de preparar un plan detallado para implementar las medidas de PML recomendadas. Este plan puede incluir, entre otros, la forma específica de implementar medidas sencillas de ahorro de agua y de energía; la selección de equipos; el diseño de modificaciones de las instalaciones; la planificación del

presupuesto aprobado para las inversiones requeridas; la previsión y acciones respectivas en relación al posible paro temporal de la línea de producción; el personal responsable de la instalación, la mano de obra involucrada; y otros.

2. Ejecutar el programa de implementación de las medidas de PML, incluyendo pruebas preliminares. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas deben registrarse y evaluarse y, en base a ello, modificar y optimizar las operaciones unitarias vinculadas.
3. Capacitar personal operativo.
4. Poner en marcha la opción de PML implementada.

Conclusiones

El procedimiento empleado para detectar oportunidades de PML provee a la organización de una herramienta dinámica y de simple aplicación, contribuyendo a la sostenibilidad de las producciones que allí se realizan, garantizando un mejor cuidado del medio ambiente. Los resultados del análisis de ciclo de vida aplicado a la producción de bloques de 10 y 15 cm con materia prima reciclada indicando que estos tienen un mayor impacto ambiental debido a que tienen en su composición un 17 y 22 % respectivamente más de cemento que los fabricados con materia prima natural. Sin embargo, tienen un 66,7 y 75 % respectivamente menos impacto en la explotación de las canteras.

Con respecto al efecto económico, los bloques con materia prima reciclada son más económicos en \$ 0,16 para los de 10 cm y en \$ 0,23 para los de 15 cm debido a que disminuyen los costos de transportación y de materiales. El impacto social con respecto a la salud humana indica que el bloque fabricado con materia prima reciclada tiende a influir negativamente en la salud, pues utiliza más cemento. No obstante, si se fabrican bloques con materia prima reciclada se logra una producción adicional de dos unidades en el caso de los bloques 10 cm y tres en los bloques 15 cm utilizando la misma cantidad de áridos de las canteras.

Referencias Bibliográficas

- Acosta Pérez, I., Marrero Delgado, F., de la Paz Martínez, E. M., y Gómez Díaz, M. d. R. (2019). Indicadores de riesgos para un destino turístico cubano de sol y playa. *Ingeniería Industrial*, 40(3), 239-247. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362019000300239&lng=es&tlng=es
- Almeida Guzmán, M., y Díaz Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (8), 34-56. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10>
- López Alvarez, S. L., Méndez Rosales, M., y Domínguez García, M. M. (2020). Diversidad vegetal y sostenibilidad ambiental en el ecosistema montañoso de Los Horneros, municipio Guisa. *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 4, 75-85. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/download/1198/2146/>
- Cañola, H. D., Granda Ramírez, F., y Quintero García, K. L. (2021). Aprovechamiento de residuos en la construcción de galpones como alternativa de sostenibilidad en el corregimiento El Prodigio, en San Luis, Antioquia-Colombia. *TecnoLógicas*, 24(51), 77-93. <https://doi.org/10.22430/22565337.1830>
- Pérez Cartón, C. J., Pérez Osorio, A., y Montaña Alarcón, S. (2019). La educación ambiental desde la concepción de desarrollo de productos. *Opuntia Brava*, 11(Especial 1), 53-63. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/658>
- Castells, X. E. (2000). *Reciclaje de residuos industriales: aplicación a la fabricación de materiales para la construcción*. Ediciones Díaz de Santos.
- Guillén de Romero, J., Calle García, J., Gavidia Pacheco, A. M., y Vélez Santana, A. G. (2020). Desarrollo sostenible: Desde la mirada de preservación del medio ambiente colombiano. *Revista de ciencias sociales*, XXVII(4), 293-307. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065077023/html/>

Bernal Figueroa, A. A., Beltrán Parada, C. J., y Márquez Marquéz, A. F. (2016). Producción Más

Limpia: una revisión de aspectos generales. *I3+*, 3(2), 66-85.

<https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/download/219/274/663>

Guilian Mojica, M. (2019). *Análisis de las potencialidades de producción más limpia en la UEB producciones mineras "Placetas"* (disertación doctoral/no publicada, Departamento de Metalurgia).

Maldonado Valera, C., Marinho, M. L., y Robles, C. (2020). *Inclusión y cohesión social en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: claves para un desarrollo social inclusivo en América Latina*. Editorial CEPAL.