

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UNA PLANTA PROCESADORA DEL SECTOR LÁCTEO

CLEANEST PRODUCTION IN THE FORMULATION OF WASTE MANAGEMENT PLAN IN A PLANT OF DAIRY FOODS PRODUCTION

MARÍA DEL MAR MUÑOZ LÓPEZ¹, DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ²

PALABRAS CLAVE:

Residuo sólido, producción más limpia, manejo integral, reducción en el origen, gestión ambiental, reuso, reciclaje, recuperación.

KEYWORDS:

Solid waste, cleanest production, integral handling, origin reduction, environmental administration, reuse, recycling, recovery.

RESUMEN

Desde hace mucho tiempo se ha buscado una producción de bienes y servicios sin generación simultánea de residuos, pero los planificadores le dan poca importancia por considerar una forma de elaboración antieconómica y por el insuficiente espacio disponible para depositar los materiales no deseables. Sin embargo los desarrollos tecnológicos buscan plantear estrategias y otras opciones como la aplicación de un plan de manejo de residuos sólidos formulado bajo los criterios de producción más limpia (PML). En la presente investigación se aplicó los criterios de PML planteados por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1989, en la formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para una planta de producción de leche y derivados del sector lácteo. En el desarrollo metodológico se realizaron balances de materia en las líneas de producción, se identificaron las fuentes de mayor generación y el tipo de residuos que producen mediante un diseño experimental y se determinaron las causas generadoras de los flujos de desechos, se encontró que la fuente de mayor generación fue el área desfilte y el tipo de residuo fue el material plástico del empaque de leche ultrapasteurizada, el cual aportó un 77.8% del total de residuos sólidos. Se plantearon alternativas económicas, ambientalmente viables de fácil aplicación a corto plazo en el aprovechamiento y disposición final de los residuos acordes a los criterios de PML, éstas incluyen procedimientos, especificaciones, registros y un plan de capacitación.

Recibido para evaluación: Marzo 1 de 2007. Aprobado para publicación: Mayo 14 de 2007

1 Ing., Universidad del Cauca.

2 Msc., Universidad del Cauca.

Correspondencia: Deyanira Muñoz, e-mail: demunoz@unicauca.edu.co

ABSTRACT

For a lot of time it has been looked for a production of goods and services without simultaneous generation of residuals, but the planners give him little importance to consider a form of uneconomical elaboration and for the insufficient available space to deposit the non desirable materials. However the technological developments look for to outline strategies and other options as the application of a plan of solid waste handling formulated under the approaches of cleanest production (CP), which can reduce the quantity of product finished outside of specification, the consumption of some raw material or inputs, the environmental impact regarding the volume and handling of generated waste. In the present investigation the approaches of CP outlined by the Office of Industry and Environment of the Program of the United Nations for the Environment in 1989 was applied, in the formulation of a plan for a plant of production of milk and derived of the milky sector. In the methodological development they were carried out material balances in the production lines, the sources of more generation and the type of residuals were identified that they take place by means of an experimental design and the generating causes of the flows of waste were determined, it was found that the source of more generation is the desfilte area and the residual type is the plastic material of the packing of UHT milk, which contributed a bigger percentage of waste in the production area with 77.8% of the total of solid waste. It thought about alternative economic, environmentally viable of short term easy application in the use and final disposition of solid waste in agreement to the approaches of CP, these include procedures, specifications, registrations and a training plan and popularization to assure the knowledge and the participation for the whole personnel of the milky company.

INTRODUCCIÓN

La formulación de un plan de manejo de residuos sólidos bajo los principios de la Producción más Limpia (PML) para una empresa procesadora de lácteos y para cualquier empresa procesadora de alimentos, es de gran importancia para dar cumplimiento a la normatividad vigente respecto al manejo integral de residuos sólidos y para garantizar de esta manera la calidad de sus productos y procesos, obteniendo algunos beneficios como la mejora de las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, una mayor motivación de los empleados, un incremento de la productividad y un mejoramiento en la calidad de los servicios ofrecidos al aplicar los criterios de producción más limpia [1].

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/IMA) *producción más limpia* significa la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a los procesos y productos con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al medio ambiente. Está basada en la suposición de que no existe la producción limpia como tal, puesto que cada proceso de producción genera alguna forma de contaminación. La producción más limpia se dirige hacia la gestión ambiental que ofrece beneficios a la industria y pone en práctica el enfoque sistemático del ciclo de vida aplicado a la producción, y toma en cuenta el diseño del producto, tecnologías que produzcan pocos desechos,

uso eficiente de la energía y de la materia prima, optimización de las tecnologías existentes y un alto nivel de seguridad en las operaciones [2].

Este sistema enfrenta el tema de la contaminación industrial de manera preventiva, concentrando la atención en los procesos productivos, productos y servicios, y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos, antes que estos se generen [3].

El propósito de investigación fue la formulación de un plan de manejo de residuos sólidos bajo los criterios de la PML, por lo tanto se identificaron las fuentes y tipo de residuos sólidos generados en los procesos productivos de la empresa, se revisaron los procedimientos operacionales viables de aplicar para lograr cambios en los procesos productivos con la menor generación posible de residuos sólidos y se plantearon alternativas para el manejo y disposición de los residuos generados en los procesos productivos que proporcionen beneficios y valor agregado.

MÉTODO

Para la formulación del plan, se realizó una caracterización de los residuos generados por la empresa tenien-

do en cuenta su composición física, procedencia, factibilidad de manejo y disposición, grado de peligrosidad y aprovechamiento. Se revisaron los requisitos legales del manejo de residuos sólidos en Colombia como la Política Nacional de Producción más Limpia (PML) dictada por el Ministerio del Medio Ambiente en 1997. La PML se considera como una estrategia de control de la contaminación y del deterioro ambiental del país dirigida básicamente al sector productivo. Otros documentos de interés revisados fueron el decreto 3075 de 1997 referente a las buenas prácticas de manufactura, el 1713 de agosto de 2002 donde se encuentra la política de gestión integral de residuos sólidos y el decreto 605 de marzo de 1996 referente al manejo de residuos sólidos urbanos del Ministerio de Desarrollo Económico.

En el desarrollo del trabajo se identificaron las fuentes y tipos de residuos sólidos generados en las áreas productivas mediante la elaboración y aplicación de una lista de chequeo que permitió evaluar aspectos relacionados con las actividades de manejo de residuos sólidos como almacenamiento y presentación de residuos, almacenamiento colectivo, caracterización de recipientes, ruta interna, recolección, disposición y aprovechamiento al interior de la empresa. Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en la lista de chequeo, se dio una calificación a los factores evaluados y se determinó cuales son los que más afectan el manejo de los residuos y así conocer cuales son relevantes en la formulación del plan [4, 5].

Para la identificación de las fuentes generadoras de residuos se elaboraron unos balances de materiales de las líneas de producción y así se determinó la cantidad de residuos sólidos producidos por las líneas de producción, en la elaboración de los balances se definieron los límites de los sistemas alrededor de la unidad de estudio, posteriormente se identificaron todas las actividades que se cruzaban o producían dentro del borde y afectaban la generación de residuos, con la ayuda de los diagramas de flujo. Se calculó la tasa de generación de residuos asociada a cada uno de los procesos, teniendo para este fin los datos de rendimiento del material de empaque por presentación, unidades producidas, cantidad de materia prima usada y densidades de los productos elaborados.

La segunda etapa de la identificación de las fuentes generadoras se realizó mediante la aplicación de un dise-

ño experimental enfocado específicamente en materiales de tipo plástico, cartón y papel. En este se tuvo en cuenta el tipo de residuos sólidos de los tres preestablecidos en cada fuente, las cantidades que ellas generan. La hipótesis de trabajo fue "los puntos críticos de producción de residuos sólidos son el área de empaque, embalaje y desfilte". La unidad experimental se definió como un depósito de 5kg de residuos sólidos en las áreas de producción en la empresa y se tomaron dos factores de estudio el factor A se definió como las fuentes productoras formado por el área de almacenamiento y bodega de producto terminado, el área de empaque y zona de desfilte de leche y el factor B corresponde al tipo de residuo como papel, plástico y cartón [6, 7].

Los niveles tanto del factor A como el B fueron tres, con nueve tratamientos, dos repeticiones y 18 unidades experimentales, y un total de 432 observaciones. La variable de respuesta se tomo como la cantidad de residuos generados en cada una de las fuentes productoras.

El modelo estadístico elegido fue el modelo I de efectos fijos completamente aleatorizado con $r > 1$ repeticiones, algebraicamente [6, 7]:

$$Y_{ijk} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk} \quad \text{Ec. (1)}$$

$i = 1, 2, \dots, a$
 $j = 1, 2, \dots, b$
 $k = 1, 2, \dots, r$

Donde:

Y_{ijk} = interacción entre las fuentes y los residuos.

m = media poblacional global.

a_i = Efecto principal del nivel i del factor A.

b_j = Efecto principal del nivel j del factor B.

$(ab)_{ij}$ = Efecto de la interacción del nivel i de A con el nivel j de B.

e_{ijk} = Error aleatorio.

En la identificación de las causas generadoras de los residuos que ocasionan ineficiencias y flujos contaminantes, se tuvo en cuenta los factores comúnmente asociados con la generación de residuos como los equipos, los parámetros y condiciones de operación, las especificaciones del producto, la habilidad y la motivación de los trabajadores. Las fallas encontradas se confrontaron con los operarios y a partir de esta información se elaboró un diagrama de causa-efecto para organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas generadoras de residuos en el área de producción [1].

Con la aplicación de los criterios de la PML y teniendo en cuenta la contabilidad de materiales, las fuentes críticas y la caracterización de los residuos sólidos generados, se formularon las alternativas más apropiadas para su aprovechamiento y disposición de fácil implementación.

Para las alternativas de PML seleccionadas se realizó una evaluación técnica donde se detallaron los cambios técnicos necesarios para implementar cada opción de PML, incluyendo la descripción de diseño en forma gráfica, textual y numérica de los cambios propuestos, tipo de equipos y materiales y diagrama de flujo, para este fin se concertó con fabricantes y vendedores de materiales, insumos y equipos. La magnitud de las propuestas se formuló dependiendo de la capacidad normal viable que muestra el volumen de producción promedio de residuos sólidos que se obtiene operando en las condiciones normales de la planta. Las opciones técnicamente viables se evaluaron en términos económicos para determinar su factibilidad económica, utilizando dos criterios sencillos de uso frecuente, el periodo de recuperación de la inversión, PR, y rentabilidad de la inversión, RI [1, 3].

Después de realizar el estudio técnico y económico de las opciones elegidas de PML en el manejo de residuos sólidos, se expresaron en forma de propuestas registradas en el plan de manejo de residuos sólidos, donde se señaló el criterio de PML utilizado, las medidas específicas a ser implementadas por la empresa y la información importante en la formulación de ellas.

En la formulación del plan las principales actividades propuestas para el manejo integral de residuos sólidos, se elaboraron con base en las etapas que deben recorrer los residuos dentro de la organización, desde su generación hasta su disposición final.

De acuerdo al enfoque piramidal planteado por la producción más limpia las actividades propuestas consideran: la prevención de generación de residuos como primera prioridad, aplicación de las acciones correctivas de reducción en las áreas de empaquetado, seguida por las actividades de reuso del papel, recuperación de estibas, disposición interna que incluye la separación en la fuente, recolección, conducción y almacenamiento y disposición externa [1, 3].

En la formulación se tuvo en cuenta los criterios de Producción más Limpia (PML), como la identificación de

mejoras de los procesos que permiten la reducción de residuos sólidos y su correcto manejo, como simples cambios operacionales de fácil e inmediata ejecución, reducción en la fuente, reciclaje, reuso y recuperación de diferentes materiales [3].

El desarrollo del programa de manejo de residuos sólidos bajo los criterios de PML se diseñó para ser aplicado a prácticas de PML en empresas donde exista un sistema de gestión de calidad (SGC). En este caso, se sistematizó la información relacionada con los procesos del plan de manejo, para establecer metas y facilitar la implementación del plan como parte de un proceso de mejoramiento continuo y así asegurar que la organización cumpla con las regulaciones ambientales.

De forma similar como lo realiza el sistema de gestión de calidad (SGC) y los procedimientos buenas prácticas de manufactura (BPM), se elaboraron instructivos de trabajo para el manejo de los residuos sólidos, pero en este caso se consideraron los criterios de producción más limpia.

RESULTADOS

Caracterización y revisión del manejo actual de los residuos sólidos

De la caracterización de los residuos sólidos producidos por la empresa se obtuvo que el papel, la madera y el cartón son los residuos que presentan mayor biodegradabilidad, los residuos orgánicos y la madera mayor porcentaje de humedad y los plásticos al tener una baja biodegradabilidad eran los residuos de mayor interés en la búsqueda de alternativas para una mejor disposición y aprovechamiento.

La revisión del manejo actual de residuos sólidos mediante las listas de chequeo, permitió conocer los aspectos más débiles en el manejo, como lo eran el almacenamiento, presentación, sistema de almacenamiento colectivo y disposición que se les daba a los residuos, y en concordancia con los aspectos evaluados, los de mayor atención fueron la exclusividad de los sitios de almacenamiento, la necesidad de un plan de separación en la fuente, la frecuencia de lavado, la capacidad de los recipientes, la generación de malos olores, y la frecuencia de recolección, este análisis permitió proponer alternativas de mejoramiento en la formulación del plan.

Identificación de las fuentes generadoras

De los balances de materiales de los procesos realizados por la empresa, se obtuvo que el mayor porcentaje de residuos sólidos en peso generados eran material de empaque, el que aportó un mayor porcentaje de desperdicio en el área de producción fue la elaboración de leche ultrapasteurizada con un 77.8% del total de residuos sólidos, junto con la producción de leche pasteurizada que representó un 16%, estas fueron las mayores fuentes productoras de desechos por ser los productos de mayor producción y circulación en el mercado. Los residuos producidos en el empaque de leche saborizada y bebida láctea representaron cada uno el 3.1% del total producido [1].

Se observó que en todas las líneas de producción los principales desechos sólidos producidos corresponden a material de empaque de productos y microingredientes empleados para su elaboración. Por lo tanto en la zona de producción se generan en las áreas de empaque de los productos mientras en otras áreas de la empresa se generan por otras actividades como el embalaje, almacenamiento de productos y de materias primas [1].

En el cuadro 1 de estadísticos descriptivos se relacionan las fuentes, residuos, medias y desviación típica, en ellas se observa que el residuo que se producía en mayor proporción en todas las fuentes era el plástico con un 72.92% del total de residuos especialmente en el área de desfiltra donde este tipo de desecho es el 100% peso es decir, que en esta área solo se produce

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos

FUENTE	RESIDUO	Media	%	Desv. típ.	N	
1	BPT, almacén	papel	0,061	6,1	0,0089	48
		plástico	0,69833	69,83	0,00907	48
		cartón	0,24125	24,12	0,0081	48
2	Empaque	papel	0,020	2	0,0078	48
		plástico	0,48937	48,93	0,35526	48
		cartón	0,13875	13,87	0,0076	48
3	Desfiltra	papel	0,00000	0	0,00000	48
		plástico	1,00000	100	0,00000	48
		cartón	0,00000	0	0,00000	48
TOTAL		papel	0,0271	2,7	0,026	144
		plástico	0,72924	72,9	0,29283	144
		cartón	0,12667	12,66	0,099	144

N = Numero de observaciones.

BPT = Bodega de producto terminado.

Fuente: Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para la empresa Friesland Colombia S.A. Popayán, 2006.

plástico, y en menor proporción en la zonas de empaque 48.93%, en bodega de producto terminado y almacén 69.83%, esto se debe a que este material es el de mayor uso en todas las actividades de la empresa, ya fuera para el empaque de sus productos o el embalaje de estos, además es el de mayor retorno a la empresa cuando los productos se vencen y se llevan a la zona de desfiltra [1].

El cartón en una proporción del 12.66 % se ubicó en el segundo lugar en la producción de residuos, pero la cantidad de residuos plásticos producidos ocupa el primer lugar debido a que se generaba en 60.2% más que los residuos de cartón los cuales se presentaban con mayor frecuencia en el área de bodega de producto terminado y almacén (24%), y con menor frecuencia en el área de empaque (13.87%) mientras fue nulo en la zona de desfiltra de leche, debido a que en ésta sólo se desfiltraba material plástico.

La cantidad producida de papel era de 2.71% y las áreas de mayor producción se identificaron como la bodega de producto terminado y almacén con un 6.1% y con menor frecuencia en el área de empaque con un 2% del total de residuos de este tipo.

Se observó que en todas las fuentes el principal residuo es el plástico y era el único que se generaba en la zona de desfiltra, por lo tanto esta fuente es la más crítica en la producción de residuos plásticos, la fuente de mayor producción de cartón es la fuente 1 donde se produce el 24,12% del total en esta zona, debido a que en estas áreas las materias primas llegan en cajas de cartón. Para el producto terminado se utiliza una película de polietileno para recubrirla que viene enrollada en tubos secos de cartón que es otro residuo, esta es la razón por la cual la fuente 2 también lo generaba en menor cantidad solo el 13% del total en esta zona, dichos desechos eran producidos por los empaques de productos tetrapak desechados y por los empaques de micro ingredientes cuya presentación es en bolsas de papel kraft que se convierte en residuos, en el muestreo se determinó que el papel se producía en pequeñas proporciones en las áreas de empaque, BPT y almacén [1].

Causas de la generación de los residuos sólidos

En las áreas de empaque se encontró que los mayores problemas fueron ocasionados por los operarios y los equipos. Las causas debido a los operarios fueron fallas

al realizar la calibración de los equipos, ya que todos no trabajaban con las mismas variables de operación, generando producto imperfecto que no cumplía con las especificaciones de peso, sellado, medidas entre otras.

Las fallas cometidas por el operario en el arranque de todas máquinas empacadoras generalmente eran las mismas, una de estas se presentaba cuando se ubicaba el rollo con la presentación del empaque, por que a veces el operario no realizaba los ajustes requeridos para este cambio y no verificaba peso, el sellado, la nitidez y la concordancia de la fecha de vencimiento con el programa de producción.

Todas aquellas causas se organizaron y esquematizaron en la figura 1 del diagrama causa-efecto, donde se evidencian las principales variables que afectaban la generación de residuos sólidos. En ésta se observa que las causas principales de la generación de desechos en el área de producción se relacionan con los equipos de envasado, operarios, características del material de empaque y mantenimiento de los equipos, especialmente

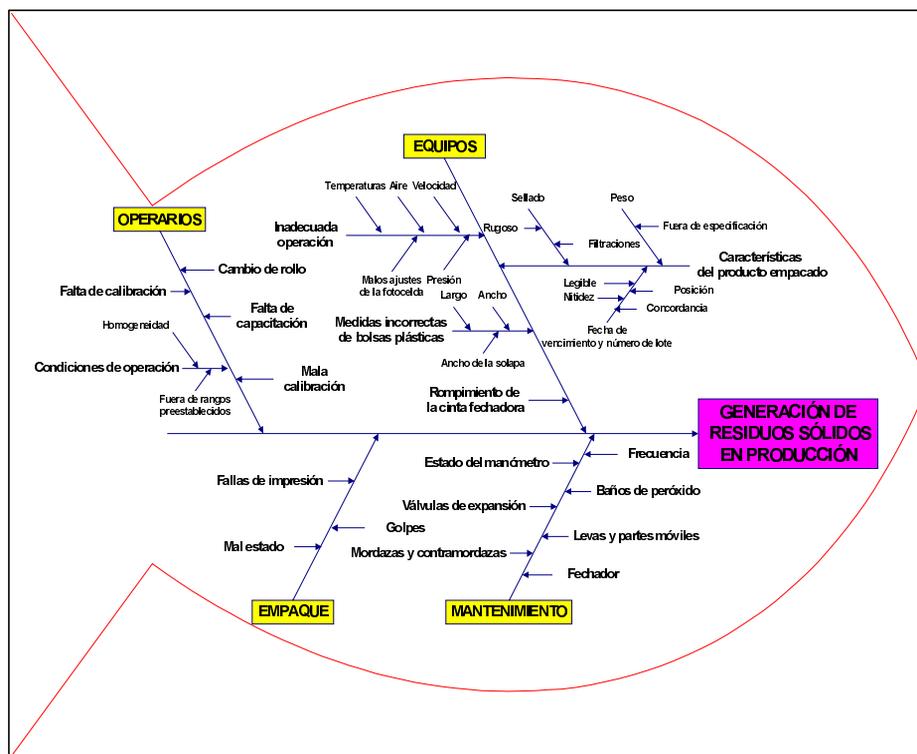
de las características del producto final, las medidas de los empaques, la falta de ajustes y calibración, variables de operación fuera de los rangos de operación y el cambio de rollo de material de empaque.

Elección de las alternativas de manejo de residuos sólidos.

Acorde con las ventajas y desventajas de las alternativas existentes para la disposición de residuos las más adecuadas para la empresa se resumen en el cuadro 2.

De la evaluación técnica de las alternativas seleccionadas de esta evaluación (ver cuadro 2) se determinó si las opciones propuestas eran adecuadas en el sentido de garantizar ganancias a la empresa mediante un análisis económico de las alternativas elegidas, donde el ahorro estimado para el primer periodo de puesta en marcha del plan estaría representado en gran parte la recuperación de estibas dañadas y el reuso del papel, de las cuales la recuperación de estibas ahorraría el mayor porcentaje al año (96%).

Figura 1. Diagrama causa-efecto de las causas generadoras de residuos.



Fuente: Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para la empresa Friesland Colombia S.A. Popayán, 2006.

Cuadro 2. Alternativas para la disposición de los residuos sólidos generados.

Residuo sólido	Alternativas
Plástico	1. Segregación y separación en la fuente para posterior reciclaje.
Canastas plásticas	2. Reciclaje
Papel y cartón	3. Papel impreso por una cara: Reutilización. Cartón y papel reutilizado: Segregación y separación en la fuente para posterior reciclaje.
Madera	4. Recuperación de estibas
Metales	5. Segregación y separación en la fuente para posterior reciclaje.
Vidrio	
Residuos ordinarios	6. Relleno sanitario.

Fuente: Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para la empresa Friesland Colombia S.A. Popayán, 2006.

A partir de los ingresos estimados para el primer periodo, se sugiere la comercialización de los residuos plásticos, sean empaques o canastas, seguido por el papel y el cartón, ya que son los que producen mayores utilidades por ser los residuos de mayor generación en la empresa [4, 8].

Los costos de funcionamiento del plan propuesto son muy bajos de \$450.000 mensuales y al hacer el análisis del periodo de recuperación de la inversión, se obtuvo un periodo muy corto de 7 meses, y se determinó que la opción evaluada es muy atractiva en términos económicos, teniendo en cuenta que el periodo de recuperación de la inversión $PR = 3$ años, en cuanto a la rentabilidad de la inversión (RI), se obtuvo que debido a que $RI = 33\%$ anual, por lo tanto la inversión era muy atractiva en términos económicos.

Alternativas de manejo de residuos sólidos propuestas usando los principios de la PML

Las propuestas que forman el plan formulado se elaboraron teniendo en cuenta el enfoque piramidal planteado por la producción más limpia y descrito en la metodología.

La primera propuesta se relacionó con la prevención de la generación de residuos sólidos en las áreas de empaque. El criterio de PML aplicado fue la reducción en el origen, que implica el uso de procesos, prácticas y/o productos que permitan reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen; es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminan-

tes que podrían estar presentes en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente (incluyendo fugas), antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia [3].

Por lo tanto la primera propuesta fue la elaboración y aplicación de acciones correctivas en cada una de las equipos de empaque para reducir la generación de residuo plástico (material de empaque) producido en mayor cantidad. Estos correctivos pueden ser aplicados por los operarios de las diferentes máquinas de envasado, personal de mantenimiento de equipos e inspector de calidad. En estas acciones correctivas se relacionan el equipo, fallas comúnmente presentadas, variables a controlar, frecuencia con que se deben controlar, acciones correctivas y el responsable de realizarlas (ver cuadro 3), teniendo en cuenta que las técnicas de PML aplicadas consideran métodos operativos sencillos que no implican cambios significativos en los procesos o en los equipos, si no cambios en los procedimientos operacionales y en las actitudes de los empleados.

La segunda propuesta planteada fue el reuso y recuperación de residuos sólidos, teniendo en cuenta el criterio de PML: "existen ciertos flujos de residuos cuya cantidad es imposible o difícil de reducir en su fuente de origen". Por esta razón para los desechos para los que no fue posible la aplicación de medidas de prevención de la contaminación, se recurrió a prácticas basadas en el reuso, es decir utilizar un residuo en un proceso en el estado en el que se encuentre y en la recuperación como aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo con el fin de volverlos a usar varias veces sin tratamiento para darle la máxima utilidad sin la necesidad de destruirlos o deshacerse de ellos, estas técnicas forman parte de las tres R's (reuso, reciclaje y recuperación) [4].

Dentro de esta propuesta se incluye la actividad del reuso del papel archivo de la empresa donde todos los empleados deben reutilizar el papel para imprimir los documentos de uso interno y externo de la organización. Los responsables de la actividad son todo el personal de las áreas que componen la empresa, parte administrativa y producción que utilizan papel en la elaboración de documentos [8].

Se propuso también la recuperación de estibas en mal estado, que consiste en utilizar la madera de las estibas dañadas que este en buen estado para elaborar unas

Cuadro 3. Acciones correctivas para la reducción en el origen.

OPERACIÓN	FALLA	VARIABLES A CONTROLAR	ESPECIFICACIONES		FRECUENCIA	ACCIONES CORRECTIVAS
Empacadora Leche UHT	Mala calibración	Peso de las unidades (W) Leche UHT (200ml, 680ml, 900ml) .pasteurizada (1000ml, 750ml, 500ml) y Milkiño 200ml	200ml 680ml 900ml 1000ml 750ml 500ml	207g<W<212g 690g<W<710g 912g<W<940g 1020g<W<1030g 767g<W<775g 511g<W<523g	Cada 20 minutos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar una bolsa de la banda transportadora cada 20 minutos y pesar cada una con la ayuda de una báscula. 2. Determinar la velocidad del equipo. 3. Verificar que el flujo de producto sea el indicado. 4. Separar el producto que no corresponda al peso asignado.
		Peso de las unidades (W) Bebida láctea	200ml 900ml	210g<W<220g 945g<W<954g	Cada 20 minutos	

Fuente: Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para la empresa Friesland Colombia S.A. Popayán, 2006.

nuevas con el objetivo de reducir la cantidad de desechos sólidos que se disponen en relleno sanitario.

La tercera propuesta fue la separación en la fuente y recolección de residuos sólidos, que consiste en la planeación de actividades y acciones a realizar al interior de la empresa, para lograr un manejo integral de los residuos generados. El criterio de PML es el mismo que el de la anterior actividad. La técnica empleada es el reciclaje externo que se refiere al uso del residuo en otro proceso u operación diferente del que lo generó. Esta etapa es crucial en cuanto al manejo de ellos, por que a partir de esta se comienzan a separar para evitar la contaminación cruzada entre áreas, equipos y personas, ofreciendo un ambiente limpio y seguro de los alimentos que se producen en la planta, eliminar focos de contaminación que propician la propagación de plagas y por último aprovechar los residuos sólidos reciclables generados [4]. Debido a que la empresa no tenía un programa de aprovechamiento de residuos sólidos, se planteó la segregación y separación en la fuente como la base fundamental del proceso que consiste en el depósito selectivo inicial de los residuos generados en cada una de las áreas, dando comienzo al manejo, tratamiento y disposición cuyo éxito depende de la correcta separación y clasificación en el origen, pues de no ser así los esfuerzos realizados en el resto del proceso pueden alterar los resultados [4, 5].

Esta alternativa requiere adquirir recipientes para rotularlos debidamente con el nombre del residuo a depositar en cada uno de ellos, con capacidad suficiente y espacio adecuado donde ubicarlos, para que los em-

pleados puedan realizar la separación de los residuos en la fuente teniendo en cuenta la guía técnica colombiana GTC 24 del ICONTEC, guía para la separación en la fuente [8].

Dentro de esta propuesta se encuentra la etapa de recolección que consiste en retirar y recoger los residuos separados en los diferentes recipientes dispuestos en las fuentes productoras y luego transportarlos al centro de acopio de materiales reciclables propuesto en la evaluación técnica. También se estableció una ruta para la recolección interna, donde se observan las diferentes áreas generadoras, los contenedores y la ruta interna de evacuación.

La cuarta propuesta fue la conducción y almacenamiento de residuos sólidos, esta propuesta forma parte de la técnica de reciclaje, en ella se deben transportar los residuos sólidos separados en cada área de acuerdo a la ruta establecida para su transporte interno y se llevan posteriormente al área de almacenamiento en la que se pueda controlar la propagación de plagas y malos olores (centro de acopio) para clasificarlos y separarlos dentro del centro de acopio, conservando las características de los residuos aprovechables [1].

La última propuesta fue la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos, donde se tuvo en cuenta la política de gestión integral que considera la disposición externa como una última etapa después de la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización de materiales, tratamiento y disposición final en la reducción del volumen de residuos [4].

Esta actividad es realizada por una entidad responsable y competente u organizaciones gestoras de residuos, para garantizar la remoción de residuos sólidos con la frecuencia indicada en cada uno de ellos y obtener un valor adicional al comercializarlos [5].

Formulación del plan de manejo de residuos sólidos.

La producción más limpia es una estrategia ambiental, de carácter preventivo, e integra procesos productivos, productos y servicios, es mucho más eficaz cuando se aplica en el contexto de un sistema de gestión de calidad [3], por esta razón el plan de manejo de residuos sólidos propuesto contiene las acciones correctivas planteadas en la primera propuesta de reducción en el origen, unas instrucciones de trabajo formuladas para llevar a cabo el plan propuesto que contienen información relacionada con el alcance de cada procedimiento, los materiales necesarios, los registros donde se verifica el cumplimiento de las actividades del plan, especificaciones, responsable y autoridad, descripción del procedimiento y un diagrama de flujo metodológico para esquematizar cada etapa del proceso, de esta manera facilitar la realización de las actividades del plan [3].

CONCLUSIONES

La aplicación del plan formulado con base a las técnicas de PML, reduce la cantidad de producto terminado fuera de especificación, el consumo de algunas materias primas o insumos, el impacto ambiental provocado y el volumen de desechos generados.

Permite un adecuado manejo de los residuos, un incremento de la eficiencia de los procesos y mejor desempeño ambiental de la empresa, de su productividad y rentabilidad como de ahorros económicos por disminución en consumo de materiales y el cumplimiento con la legislación actual.

La falta de un programa de separación en la fuente fue uno de los mayores problemas encontrados al realizar la revisión del manejo actual de residuos. Debido a que se requiere la participación y colaboración de todo el personal de la empresa, no se cuenta con un sitio que cumpla con las condiciones necesarias para el almacenamiento de los materiales separados indicando la importancia en la adecuación del centro de acopio para facilitar la comercialización de los materiales reciclables.

Todos los residuos generados en la empresa son aprovechables, siempre que estos se separen y almacenen de forma adecuada debido a que poseen características de ser reciclables (vidrio, metal y plástico), biodegradables (papel, cartón y madera) y comunes, que los hacen potencialmente aprovechables, y de los cuales se puede obtener un valor agregado al no desecharlos y comercializarlos.

Mediante el diseño experimental se determinó que todas las fuentes de producción de residuos sólidos eran críticas, indicando que en cada fuente se puede producir diferentes tipos de residuos, y en diferentes proporciones a excepción de la zona de desfilte donde el principal y único residuo encontrado fue el plástico, también se encontró que el plástico es el residuo de mayor producción en todas las fuentes, mientras en menor cantidad el cartón y el papel.

La aplicación del plan de manejo de residuos sólidos propuesto con los criterios de producción más limpia, es una herramienta que permite cumplir con la normatividad del país, como el decreto 3075 de 1997 en el capítulo VI de saneamiento respecto a las instalaciones, elementos, áreas, recursos y procedimientos que garantizan una eficiente labor de recolección, conducción, manejo, almacenamiento interno, clasificación, transporte y disposición de residuos, y evitar la contaminación de los alimentos, áreas, dependencias y equipos o el deterioro del medio ambiente.

La generación de residuos sólidos y la ineficiencia de los equipos de las áreas de empaque donde el residuo predominante era el polietileno, se relacionaron con la calidad o las características del material de empaque, la naturaleza del proceso es decir de la operación de envasado, las características de los equipos de envasado, las especificaciones del producto y en especial porque los operarios no trabajan con los mismos parámetros y condiciones de operación de los equipos por la falta de habilidad ó motivación, por lo que las estrategias de producción más limpia se orientaron a la reducción de la generación de este tipo de residuo.

REFERENCIAS

- [1] MUÑOZ LÓPEZ, María del Mar. Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para la empresa Friesland Colombia S.A. Popayán, 2006.

- 147p. Trabajo de grado. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- [2] PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, INDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE. Nuestro Futuro Común Producción más limpia: Un paquete de recursos de capacitación, Parte 3, Documentos técnicos de apoyo: Transparencias World Commission on Environment and Development, 1987.
 - [3] CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGIAS SOSTENIBLES. Guía técnica general de producción más limpia, Bolivia: Cámara nacional de industrias Bolivia, 2005.
 - [4] COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Programa de producción más limpia, política nacional de producción más limpia (propuesta presentada al consejo nacional ambiental. Bogotá, 1997.
 - [5] COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, sección II-título F Sistemas de aseo urbano. Bogotá, 2000.
 - [6] DIAZ, A. Diseño estadístico de experimentos. Primera edición, Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia, 1999.
 - [7] MUÑOZ DEYANIRA. Diseño experimental: para la variación de la relación carbono-nitrógeno, al comportar residuos de galería con diferentes proporciones de inóculo, Artículo, facultad de ciencias agropecuarias universidad del Cauca, Cauca-Colombia, 2004.
 - [8] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente y recolección selectiva GTC 24. Bogotá: ICONTEC. 2003