

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE PLÁSTICOS RECICLADOS
EN COLOMBIA, BENEFICIOS PARA LA INDUSTRIA QUE EMPLEA “BOTELLAS
PLÁSTICAS POSCONSUMO”**

AUTOR

YURY MARCELA GARCIA VERGARA

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

yurymgarcia84@yahoo.es

Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Logística Integral



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
JUNIO, 2018**

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE PLÁSTICOS RECICLADOS EN COLOMBIA, BENEFICIOS PARA LA INDUSTRIA QUE EMPLEA “BOTELLAS PLÁSTICAS POSCONSUMO”

AUTOMATION OF THE PROCESS OF SELECTION OF RECYCLED PLASTICS IN COLOMBIA, BENEFITS FOR THE INDUSTRY THAT USES "POST-COLORED PLASTIC BOTTLES"

YURY MARCELA GARCIA VERGARA

Especialización en Gerencia Logística Integral

yurymgarcia84@yahoo.es

RESUMEN

El presente trabajo presenta un análisis de los altos costos que genera el proceso actual de selección de materiales plásticos posconsumo en la industria Colombiana, trata de la posible automatización de este proceso y los beneficios económicos que se podrían percibir si se invierte en el cambio.

El estudio realizado pretende presentar un comparativo entre un proceso de selección manual y un proceso de selección automatizado en una empresa que recupera botellas plásticas y las incorpora nuevamente en el mercado.

Con la investigación fue posible generar información otorgando pautas de retorno de inversión y ahorro, en caso de que una empresa implementara la automatización del proceso de selección de materiales.

Palabras Clave: Reciclaje, Posconsumo, Automatización, Polímero, Fluorescencia, PET, PEAD, PP, PVC.

ABSTRACT

The present work presents an analysis of the high costs generated by the current process of selection of post-consumer plastic materials in the Colombian industry, deals with the possible automation of this process and the economic benefits that could be perceived if the change is invested.

The study aims to present a comparison between a manual selection process and an automated selection process in a company that recovers plastic bottles and incorporates them back into the market.

With the investigation it was possible to generate information granting guidelines of return of investment and saving, in case a company implemented the automation of the material selection process.

Keywords: Recycling, Post-consumption, Automation, Polymer, Fluorescence, PET, HDPE, PP, PVC.

INTRODUCCIÓN

El proceso de reciclaje comienza con la recolección de los residuos posconsumo, los cuales son enviados a la industria para que sean transformados nuevamente en materia prima y posteriormente en nuevos productos. Desde sus inicios el trabajo de reciclaje de plásticos se ha practicado de manera artesanal (manual), por lo que las grandes industrias que emplean materiales posconsumo como materia prima en sus procesos productivos deben asegurar la calidad de los mismos, asumiendo grandes retos para poder cumplir con los requisitos a sus clientes. La complejidad de identificar correctamente el tipo de polímero y retirar los contaminantes hace que el esfuerzo sea exhaustivo, tedioso e ineficiente; adicionalmente en muchas ocasiones genera insatisfacción por incumplimiento en tiempo e idoneidad.

La industria del reciclaje de plásticos en Colombia determina un gran porcentaje de sus costos de producción al concepto mano de obra de selección, la necesidad de garantizar la calidad en sus procesos productivos y colocar productos en el mercado con óptimas condiciones, hace que deba emplear gran cantidad de personal dedicado a clasificar las botellas plásticas por tipo de polímero y color, evitando que diferentes tipos de contaminantes lleguen a la línea final de molido; no obstante el riesgo que se asume es alto pues se depende únicamente del conocimiento y error humano.

En busca de una solución ligada a la reducción de costos de mano de obra, aseguramiento de la calidad y eficiencia en los procesos de selección; se incursiona en este estudio de caso para analizar la viabilidad de automatizar el proceso en una empresa Colombiana que recupera materiales ubicada en la ciudad de Bogotá,

estudiando la relación costo beneficio que generaría el reemplazar mano de obra por maquinaria.

Para realizar el análisis propuesto en el estudio de caso y evidenciar la problemática se hace necesario indagar en dos temas principales:

1. Plásticos posconsumo, clasificación y características.
2. Proceso de reciclaje actual en la industria colombiana.

1. Plásticos posconsumo, clasificación y características

Para conocer el proceso de selección – clasificación de materiales plásticos posconsumo, es necesario conocer los tipos de plástico que existen y cómo se identifican, las principales resinas plásticas se clasifican en siete grupos llamados Código de Identificación de Plástico, un sistema utilizado internacionalmente en el sector industrial para distinguir la composición de resinas en los envases y otros productos plásticos: (ANDI, Cartilla de calidades de materiales para reciclaje, 2018)

SISTEMA DE IDENTIFICACION DE ENVASES Y EMPAQUES						
Tereftalato de Polietileno PET	Polietileno de alta densidad PEAD	Policloruro de vinilo PVC	Polietileno de baja densidad PEBD	Polipropileno PP	Poliestireno PS	Otros
						

Imagen No.1 Identificación de plásticos
Fuente: Guía de plásticos Ministerio

La Clasificación fue realizada por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) en el año 1988, con el fin de propiciar y dar más eficiencia al reciclaje. Los diferentes tipos de plástico se identifican con un número del 1 al 7 ubicado en el interior del clásico signo de reciclado (triángulo de flechas en seguimiento). (Verde, 2015)

Cada uno de los grupos tiene diferentes usos y características:

1. PET (Polietileno tereftalato). El PET es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.
2. HDPE (Polietileno de alta densidad). El HDPE se usa para la fabricación de recipientes y tapas; otro gran volumen se moldea para utensilios domésticos, juguetes, tuberías y conductos.
3. V (Cloruro de polivinilo). El PVC se emplea para la fabricación de juguetes, envases de shampoo, tubos, cables y ventanas. (Autores, 2008)

4. LDPE (Polietileno de baja densidad). El LDPE se encuentra en bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver. El LDPE puede ser reciclado como bolsas de supermercado nuevamente.
5. PP (Polipropileno). El PP se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etc. El PP tras el reciclado se utiliza como viguetas de plástico, peldaños para registros de drenaje, cajas de baterías para autos.
6. PS (Poliestireno). El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas.
7. OTROS. Generalmente indica que es una mezcla de varios plásticos. Algunos de los productos de este tipo de plástico son: botellas de ketchup para exprimir, platos para hornos de microondas, etc. Estos plásticos no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de resinas contienen. (Verde, 2015)

2. Proceso de reciclaje actual en la industria colombiana

En Colombia no existe cultura de reciclaje, “el país genera unos 12 millones de toneladas al año y solo recicla el 17%. En el caso de Bogotá, se generan unas 7.500 toneladas al día y se reciclan entre 14% y 15%, incluso por debajo del promedio nacional” (Murillo, 2017)

El proceso de reciclaje de plásticos en Colombia inicia con la generación en la fuente y/o consumidor, del consumidor puede ir al proceso de reciclaje y/o se puede ir transportado a un relleno sanitario. Si es recuperado, pasara por un reciclador quien lo llevara a un centro de acopio y posteriormente podrá llegar a un intermediario o directamente a la industria para ser transformado y puesto nuevamente en el mercado para iniciar el ciclo. Las autoridades esperan aumentar la tasa de reciclaje del 17% al 20%. (Sostenible, 2016)

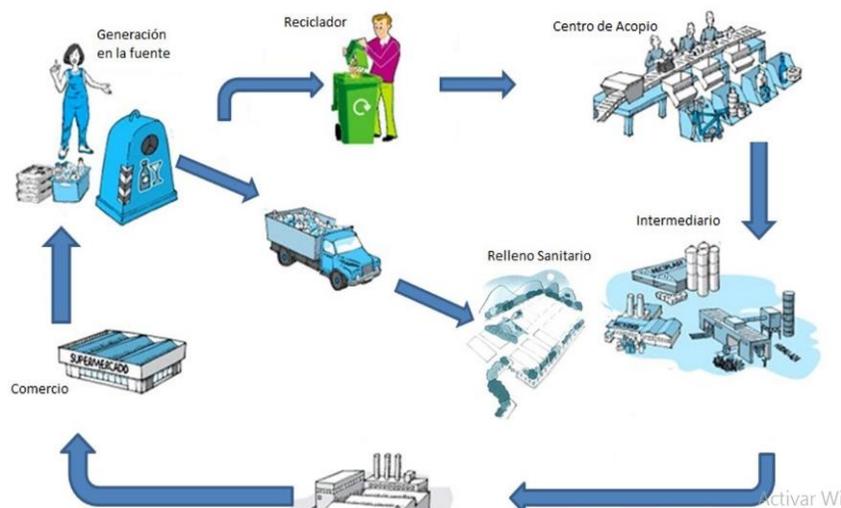


Imagen No.2 Diagrama Proceso de reciclaje
Fuente: Pagina web Biocirculo SAS (www.biocirculo.com)

La selección se realiza en bandas transportadoras sin la ayuda de tecnología que facilite el proceso, no obstante son maquinarias que requieren mantenimiento y consumen gran cantidad de energía en sus motores, adicionalmente no son eficientes en el proceso de clasificación puesto que se realiza de manera visual y manual.

Una vez identificado el problema y las causas se espera proponer una técnica de automatización del proceso de selección de materiales posconsumo que beneficie en reducción de costos a la industria colombiana.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar la metodología es básico contextualizar en técnicas de separación de plásticos existentes y luego proponer el modelo:

1. Técnicas de separación e identificación de los plásticos.
2. Propuesta para automatización del proceso

1.1. Técnicas de separación e identificación de los plásticos:

Tabla No. 01 Técnicas de separación de plásticos

PROCEDIMIENTO	PRINCIPIO
Separación por densidad	En un medio acuoso se separan las resinas plásticas aprovechando la diferencia de densidades. Es posible refinar la separación de las resinas plásticas utilizando líquidos (o mezclas de líquidos) con diferente densidad a la del agua.
Separación por flotación – hundimiento	Separación por gravedad específica. Se generan fuerzas muy superiores a la gravedad, lo cual permite la separación de plásticos con ligeras diferencias en densidad.
Separación por centrifugación	Separación por gravedad específica.
Criogenización	Cuando los plásticos son sometidos a temperaturas muy por debajo de su temperatura de transición vítrea, llegan a ser más quebradizos, lo cual facilita su posterior separación por tipo de resina mediante cribado.
Solventes	La mezcla de plásticos es tratada con un solvente, el cual disuelve y remueve selectivamente una de las resinas. Mediante la adición de otro solvente o el mismo a una temperatura diferente se puede remover otro tipo de resina.

Flotación	La mezcla de plásticos es tratada con surfactantes para tomar ventaja de sus diferentes potenciales de humedecimiento superficial. Adición selectiva de burbujas de aire en un medio acuoso.
Separación por flotación mediante reactivos selectivos	Cuatro plásticos: PVC, PC, POM y PPE, pueden separarse de sus mezclas sintéticas por medio de agentes humectantes comunes, como el sulfonato sódico de lignina, el ácido tánico, el aerosol OT y la saponina.
Electroseparación	Uso de carga electrostática en campos eléctricos para separar el PVC y el PE de cables y alambres.
Espectroscopía del infrarrojo medio	Pueden distinguirse nueve clases de plásticos: PE, PP, PVC, ABS, PC, PA, PBT, PPE, y EPDM. La separación se realiza gracias a la absorción selectiva de ciertas franjas de radiación infrarroja en la franja media.
Espectroscopía del infrarrojo cercano	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS (espectroscopía de reflexión de 800 a 2500nm, estimulación de oscilaciones armónicas y oscilaciones combinadas).
Espectroscopía de plasma inducido por láser complementada con espectroscopia	Se dirige un haz láser pulsatorio hacia los plásticos para producir un fogonazo debido a una densidad de potencia elevada. El fogonazo genera un plasma hiperdenso que excita todos los elementos atómicos en el volumen enfocado.
Espectroscopía por rayos infrarrojos basada en la transformada de Fourier	Espectroscopía por rayos infrarrojos
Espectroscopía por rayos UV del espectro visible infrarrojo	Espectroscopía de reflexión de 200 a 400nm, estimulación de vibraciones y electrones.
Espectroscopía fotoelectrónica láser	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS. Espectroscopía de emisión láser-plasma- átomo/respuesta de impulso térmico/ termografía por rayos infrarrojos.
Fluorescencia de rayos X	Los espectros lineales de rayos X utilizados como método de detección muestran la presencia de elementos

Discriminación óptica	Utilizado como método de detección. Inspección óptica mediante fotodiodos o visión mecánica con dispositivos de acoplamiento de carga (CDD).
Espectroscopía de masas	Detección de productos pirolíticos mediante espectroscopía de masas.
Separación electrostática	La mezcla de plásticos puede ser separada aprovechando las diferencias de afinidad electrónica. Separación de lanilla de PVC reticulada con PE de cables. Separación de copos mezclados de PVC y PET en botellas desechadas.

Fuente: Guía de plásticos Ministerio (Ministerio de Ambiente, 2004)

1.2. Propuesta Modelo de Automatización proceso de Selección

En el año 2014, investigadores de la Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) en Munich (Alemania) desarrollaron un nuevo sistema que simplifica el proceso de clasificación de plásticos reciclados a nivel industrial. (Heinz Langhals, 2014) Existen a escala internacional diferentes sistemas para clasificación de plásticos no obstante estos sistemas requieren de la interacción de personal capacitado en la selección de plásticos con niveles de productividad muy bajos debido a la selección manual.

Este nuevo sistema permite reconocer el tipo de polímero por medio de un fenómeno físico llamado Fluorescencia intrínseca, los plásticos emiten luz fluorescente cuando se exponen a un rayo de luz, el cual aumenta o disminuye su intensidad de emisión de luz fluorescente para cada polímero, este tiempo de emisión es medido en intensidad por medio de sensores fotoeléctricos determinando el tipo de polímero, lo que hace que cada polímero tenga una huella digital diferenciándolos entre sí.

La propuesta consiste en realizar inversión en maquinaria: Clasificador óptico para la separación de PET, PP y PEAD (Optical sorter for PET, PP and PEAD separation)



Imagen No.3 Optical sorter for PET, PP and PEAD separation

Fuente: (Leandro Araujo, 2017)

El nivel de error de este nuevo sistema es prácticamente descartado lo que permite tener niveles de productividad de hasta 1.5 Toneladas por hora.

La implementación del nuevo sistema es el foco de este estudio, optimizando de manera radical el proceso de selección en la empresa del sector de reciclado de plásticos en Colombia, mostrando las ventajas tanto económicas como operacionales y logísticas del nuevo sistema, teniendo en cuenta todos los factores que pueden afectar o poner en riesgo la inversión o la estabilidad del sistema actual de clasificación. (Medina, 2007)

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Finalmente se analizará los diferentes rubros en que incurre actualmente una empresa del sector de recuperación de plásticos ubicada en la ciudad de Bogotá, comparada con los costos proyectados de la inversión de automatización sugerida.

2.1. Estructura de costos de implementación del proyecto Vs. Proceso actual

Teniendo en cuenta los costos en los cuales se incurren con el proceso de clasificación actualmente en una compañía, se determinan los siguientes para el estudio del retorno de la inversión:

- ✓ Costos de mano de obra
- ✓ Costos de energía
- ✓ Costos de mantenimiento

Dentro de los costos analizados, el costo de mano de obra es el más significativo con el 77% de participación seguido por el costo de energía con un 16 % y por último costo de mantenimiento con un 7% como se muestra en imagen No. 4 Costos actuales de clasificación.

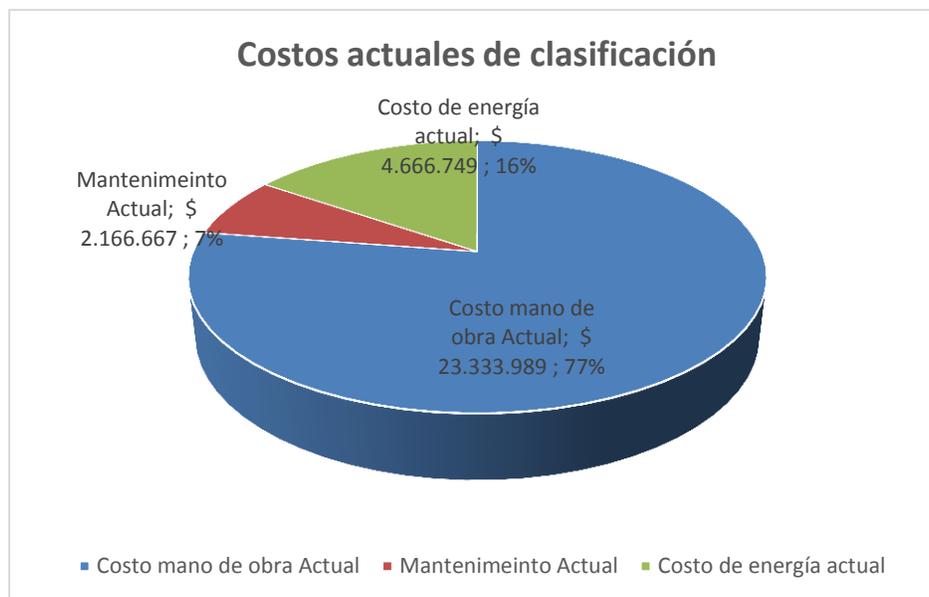


Imagen No.4 participación de costos actuales
Fuente: Elaboración propia

Costos de mano de obra

Los costos de mano de obra representan el mayor impacto en el proceso de clasificación actual, con un porcentaje del 77% equivalente a \$ 23.333.989 de costo mensual, la mano de obra se ubica en el principal objetivo de reducción de costos significativo para una compañía y actor protagónico en el estudio de caso planteado.

A continuación se muestra en la tabla No. 2, la distribución del costo de Mano de obra actual en el proceso de clasificación de materia prima para una compañía:

Tabla No. 02 Costo de Mano de Obra Actual Proceso de Clasificación

COSTO ACTUAL DE CLASIFICACIÓN						
				Capacidad	0,4	t/h
Costo de mano de obra Clasificación actual						
Operarios Turno	No. Turnos	Total Operarios	Costo por operario	Carga prestacional	Costo total x operario	Costo total M.O/Mes
10	2	20	\$ 737.717	58,15%	\$ 1.166.699	\$ 23.333.989

Fuente: Elaboración propia

Costo de mantenimiento

Representan el 16% de los costos actuales en el proceso de clasificación de una compañía, los rubros que conforman este costo se determinaron teniendo en cuenta que generan un cambio al momento de implementar el proyecto planteado. Los costos directos e indirectos que no se relacionan dentro de este costo de mantenimiento son debido a que se mantienen tanto para la metodología actual como para el proyecto planteado.

A continuación en tabla No. 3 se relacionan los rubros que conforman el costo de mantenimiento actual:

Tabla No. 03 Costo de Mantenimiento Actual Máquinas de Clasificación

Costo Mantenimiento mensual actual				
Rubro	Costo Total	Periodicidad		Costo / mes
Bandas transportadoras	\$ 8.000.000	12	\$	666.667
Aceite	\$ 1.600.000	3	\$	533.333
Ponchadores	\$ 1.500.000	2	\$	750.000
Repuestos eléctricos	\$ 500.000	3	\$	166.667
Rodamientos	\$ 300.000	6	\$	50.000
Costo total de mantenimiento actual				\$ 2.166.667

Fuente: Elaboración propia

Costo de energía

Representa el 7% de los costos actuales en el proceso de clasificación, se tuvieron en cuenta todos los consumos de las maquinas que pertenecen al proceso. El voltaje de operación, las fases en las que operan, factor de potencia, y el amperaje total del proceso. El costo de Kw que se tomó es el actual; cada 6 meses se negocia con la entidad que comercializa la energía según el valor que este en la bolsa, por lo que este costo varía con esta frecuencia, sin embargo el consumo será el mismo ligado a la productividad que se logre para cada mes.

El costo de energía por Kg se determina en \$19.44. A continuación en la tabla No. 4 se detalla el cálculo realizado para la obtención de este costo.

Tabla No.4 Costo de Energía Actual Máquinas de Clasificación

Costo de energía mensual Actual							
Kw consumidos	Costo Kw	Costo Kw / hora	Horas Trabajadas / Mes	Costo Kw mes	Prod. STD KG / MES	Costo x KG	
48,71	\$239,52	\$ 11.666,87	400	\$ 4.666.749	240000	\$ 19,44	
Requerimientos de Potencia							
Fase	Voltaje Requerido V	Amperes I	Factor de Potencia	=	Potencia en kW		
3	440	80	0,8		48.71		
Fuente: Elaboración propia (DSG, 2015)							

Costos que no se modifican en la implementación del proyecto

Costos directos o indirectos que se manejan actualmente y se mantienen para el proyecto planteado.

- ✓ Costos logísticas de distribución
- ✓ Costos administrativos y ventas
- ✓ Costos financieros

Costo de la inversión

Dentro del costo de la inversión se tiene en cuenta los costos de la adquisición de la máquina dentro de la propuesta se encuentra incluida la visita y puesta en marcha

del equipo, las refacciones como sensores y tarjetas de repuesto, costos de transporte, costos de instalación, insumos necesarios y tablero de distribución. En este costo está contemplado todo lo necesario para poner en marcha la maquinaria y operarla en los turnos requeridos al nivel de producción actual.

A continuación se muestra en detalle el costo total de la inversión y puesta en marcha del proyecto. (Leandro Araujo, 2017)

Tabla No.5 Costo de Inversión de la Maquinaria

Costo de la inversión			
			Capacidad 0,5 T/h
Costo máquina selección EUR	€	185.000,00	
Tasa de conversión a COP	\$	3.367	
Costo maquina selección COP	\$	622.858.000	
Costo de transporte	\$	11.164.900	* World Freight Rates
Costo de instalación	\$	26.500.000	* Insumos tubería y acometida hasta tablero de distribución
Costo total de la inversión y puesta en marcha			\$ 660.522.900

Fuente: Elaboración propia

2.2. Distribución de costos después de implementado el proyecto de clasificación

Para efectos de igualdad de condiciones y datos analizados en el estudio de caso planteado para el proyecto de clasificación, se toman los mismos costos que se analizaron en el proceso actual.

- ✓ Costos de mano de obra
- ✓ Costos de energía
- ✓ Costos de mantenimiento

Dentro de los costos analizados el más significativo en cuanto a cambio con respecto al proceso actual, es el costo de la mano de obra, con relación a la distribución de costos el porcentaje de participación que se muestra para la mano de obra es del 41%, seguido por el costo de energía con un 30% y por último lugar el costo de mantenimiento con un 29%. Como se presenta en grafico No.5 Costos de Clasificación después de implementado el proyecto.

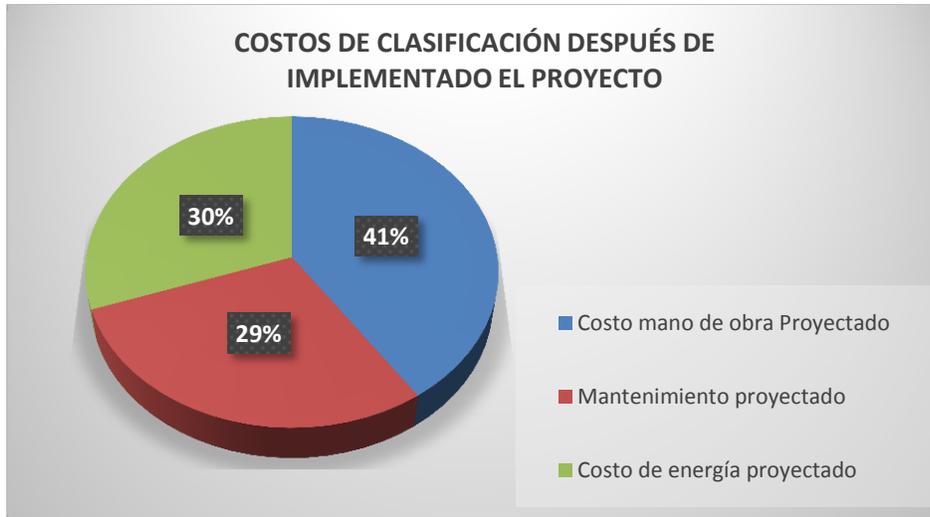


Imagen No.5 Costos de clasificación después de implementado el proyecto

Fuente: Elaboración propia

Costo de mano de obra después de implementar proyecto de clasificación

Con relación al proceso actual de costo de mano de obra de clasificación se obtiene una reducción del 90% equivalente a \$ 21.000.590, siendo este el costo más significativo en cuanto a ahorro se refiere, como se muestra en tabla No.6 Comparativo mano de obra mes.

Tabla No.6 Comparativo Costo de Mano de Obra
Comparativo Costo Mano de Obra / Mes

Costo mano de obra Actual	\$	23.333.989
Costo mano de obra Proyectado	\$	2.333.399
Ahorro mensual	\$	21.000.590

Fuente: Elaboración propia

Adicional al costo de la mano de obra con esta disminución se reducen tiempos en la operación administrativa, control y supervisión de personal, indicadores de ausentismo, sin desmejorar la calidad del producto.

A continuación en la tabla No. 7 se detalla la estructura para la obtención del costo de mano de obra después de la implementación del proyecto.

Tabla No.7 Comparativo Costo de Mano de Obra

Costo de mano de obra operación máquina mensual después de implementado el proyecto

Operarios Turno	No. Turnos	Total Operarios	Costo por operario	Carga prestacional	Costo total x operario	Costo total M.O/Mes
1	2	2	\$ 737.717	58,15%	\$ 1.166.699	\$ 2.333.399

Fuente: Elaboración propia

Costo de mantenimiento después de implementado el proyecto

El costo de mantenimiento después de implementado el proyecto comparado al costo de mantenimiento actual tiene una reducción del 22.31% equivalente a \$483.333 por mes, como se muestra en la tabla No.8. Se provisiona en este costo rubros de alto impacto en el momento de riesgo de daño de la máquina, tales como, sensores, tarjetas y visita técnica.

Tabla No.8 Comparativo Costo de Mantenimiento

Comparativo Costo de Mantenimiento mes

Mantenimiento Actual	\$	2.166.667
Mantenimiento proyectado	\$	1.683.333
Ahorro mensual	\$	483.333

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en tabla No. 9 se detalla los rubros que se tuvieron en cuenta para determinar el costo de mantenimiento mensual de la máquina.

Tabla No.9 Costo de Mantenimiento después de implementación

Costo Mantenimiento mensual después de implementado el proyecto

Rubro	Costo Total	Perioidad	Costo / mes
Bandas transportadoras	\$ 12.600.000	12	\$ 1.050.000
Aceite	\$ 400.000	3	\$ 133.333
Mantenimiento aire	\$ 500.000	6	\$ 83.333
Repuestos eléctricos	\$ 500.000	3	\$ 166.667
Rodamientos	\$ 600.000	6	\$ 100.000
Provisión visita técnica	\$ 12.000.000	120	\$ 100.000
Provisión sensors	\$ 6.000.000	120	\$ 50.000

Costo total de mantenimiento mes **\$ 1.683.333**

Fuente: Elaboración propia

Costo de energía después de implementado el proyecto

En comparación con el costo de energía por kilogramo que se tiene con el proceso de clasificación actual tenemos una reducción del 70% equivalente a \$13.6, como se evidencia en tabla No. 10. En el mes y guiados a la capacidad productiva de la maquina tenemos una reducción de \$ 2.917.317 en el costo de energía. Esta reducción se da debido a que no se requieren las maquinas embaladoras y los motores de la máquina del proyecto son de alta eficiencia, lo que garantiza tener el menor consumo de energía dentro del proceso de clasificación.

Tabla No.10 Comparativo Costo de Energía

Comparativo costo de energía

	Consumo de energía / kg	Capacidad / mes	Mes
Costo de energía actual	\$ 19,44	240000	\$ 4.666.749
Costo de energía proyectado	\$ 5,83	300000	\$ 1.749.432
Ahorro mensual	\$ 13,6		\$ 2.917.317

Fuente: Elaboración propia

A continuación en tabla No. 11, se detalla la estructura de costos y las variables que se tuvieron en cuenta para determinar el ahorro planteado en energía

Tabla No.11 Costo de Energía después de implementación

Costo de energía mensual después de implementado el proyecto

Kw consumidos	Costo Kw	Costo Kw / hora	Horas Trabajadas / Mes	Costo Kw mes	Prod. STD KG / MES	Costo x KG
18,26	\$ 239,52	\$ 4.373,58	400	\$ 1.749.432	300000	\$ 5,83
Requerimientos de Potencia						
Fase	Voltaje Requerido V	Amperes I	Factor de Potencia	=	Potencia en Kw	
3	440	30	0,8		18.26	

Fuente: Elaboración propia
(DSG, 2015)

Tiempo retorno de la inversión

Teniendo en cuenta los costos anteriormente mencionados y detallados y los factores que impactan directa e indirectamente sobre el proceso de clasificación actual se determina un tiempo de 2.26 años equivalente a 27.12 meses para recuperar la inversión, como se muestra en tabla No. 12.

Tabla No.12 Tiempo estimado retorno de inversión

Tiempo estimado retorno de la inversión

Costo inversión	\$	660.522.900
Ahorro anual	\$	292.814.883
Tiempo retorno de la inversión / años		2,26

Fuente: Elaboración propia

Ahorro en costos total después de la implementación del proyecto

Una vez recuperada la inversión se estima un ahorro mensual del 81% como se muestra en tabla No. 13, Ahorro total mes.

Tabla No.13 Ahorro total mensual después de implementación

Ahorro Total mensual

Costo Actual / mes	\$	30.167.405
Costo proyectado / mes	\$	5.766.164
Ahorro mensual	\$	24.401.240

Porcentaje del ahorro	81%
------------------------------	------------

Fuente: Elaboración propia

Riesgo de la inversión

El costo del riesgo de la inversión se determina mínimo o improbable, esto debido a que localmente se tiene soporte técnico con un tiempo de respuesta de 12 horas máximo, las refacciones críticas o especializadas como sensores y tarjetas de la máquina vienen incluidas en la entrega y estas no requieren de configuración para poderlas instalar nuestro personal técnico de mantenimiento las podría reemplazar si se requiriera.

Sin embargo el riesgo mínimo se evidencia en el costo de mantenimiento donde se cuantifica y provisionan los factores de riesgo que pueden llegar a fallar. Se determinan como riesgo del proyecto los siguientes factores

- ✓ Daño que requiera visita técnica
- ✓ Reemplazo de sensores o tarjetas electrónicas de la máquina que no se encuentren a nivel local o de entrega inmediata.

3. CONCLUSIONES

- Se determina la disminución del personal en un 90% en el proceso de clasificación guiado a la disminución de costo y viabilidad del proyecto para las empresas de reciclaje en Colombia.
- Se determina que la técnica más eficiente para la clasificación de plásticos es la fluorescencia de rayos X.
- Se determina la disminución de procesos administrativos, logísticos y técnicos como beneficio en la industria de reciclaje en Colombia con la implementación de tecnología en el proceso de clasificación.
- Se evidencia que el riesgo de la inversión es mínimo debido a la seguridad de la tecnología, alta eficiencia en la clasificación correcta de los distintos polímeros reciclados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDI. (10 de 06 de 2018). *Cartilla de calidades de materiales para reciclaje*. Obtenido de Cartilla de calidades de materiales para reciclaje:
<http://www.andi.com.co/Uploads/CARTILLA%20DE%20CALIDADES%20DE%20MATERIALES%20PARA%20RECICLAJE.pdf>
- Autores, V. -V. (2008). *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid: UNED.
- DSG. (01 de 01 de 2015). *DSG Diesel Service Generation*. Recuperado el 15 de 06 de 2018, de DSG Diesel Service Generation: <http://venta-deplantasdeluz.com.mx/calculadora-de-potencia.html>
- Heinz Langhals, D. Z. (2014). High Performance Recycling of Polymers by Means of Their Fluorescence Lifetimes*. *Scientific Research*, Vol 3.
- Leandro Araujo, S. L. (21 de 09 de 2017). Technical and Commercial Proposal STL170211. *Technical and Commercial Proposal STL170211*. Bogotá, Bogotá, Colombia: N/A.
- Medina, R. A. (2007). *Sistemas de Costos un proceso para su implementación*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (01 de 07 de 2004). *Red justicia ambiental Colombia*. Recuperado el 15 de 06 de 2016, de Red justicia ambiental Colombia:

<https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guias-ambientales-sector-plc3a1sticos.pdf>

Murillo, L. G. (31 de 08 de 2017). Colombia genera 12 millones de toneladas de basura y solo recicla el 17%. (R. Dinero, Entrevistador)

Sostenible, M. d. (17 de 05 de 2016). *Minambiente*. Recuperado el 08 de 06 de 2018, de Minambiente: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2291-a-2018-colombia-tendra-una-tasa-de-reciclaje-del-20>

Verde, E. b. (23 de 03 de 2015). *Gestores de residuos*. Recuperado el 10 de 06 de 2018, de Gestores de residuos: <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>