Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Facultad de Ingeniería

1-1-2006

# Factibilidad económica, ambiental y social del proceso de fabricación de adoquines CPM de flexiform como alternativa para la formación de recuperadores de Bogotá D.C

Sheila Vanessa Alzate Rodríguez
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Fanny Tatiana Tafur Ruge
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

## Citación recomendada

Alzate Rodríguez, S. V., & Tafur Ruge, F. T. (2006). Factibilidad económica, ambiental y social del proceso de fabricación de adoquines CPM de flexiform como alternativa para la formación de recuperadores de Bogotá D.C. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/194

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

# FACTIBILIDAD ECONÓMICA, AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES CPM DE FLEXIFORM COMO ALTERNATIVA PARA LA FORMACIÓN DE RECUPERADORES DE BOGOTÁ D.C.

**SHEILA VANESSA ALZATE RODRÍGUEZ**
**FANNY TATIANA TAFUR RUGE**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**
**BOGOTA D.C.**
**2006**

# FACTIBILIDAD ECONÓMICA, AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES CPM DE FLEXIFORM COMO ALTERNATIVA PARA LA FORMACIÓN DE RECUPERADORES DE BOGOTÁ D.C.

**SHEILA VANESSA ALZATE RODRÍGUEZ**
**FANNY TATIANA TAFUR RUGE**

**Proyecto para Optar por el Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**DIRECTOR**
**PEDRO MIGUEL ESCOBAR MALAVER**
**Msc Gestión de Residuos Sólidos**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**
**BOGOTA D.C.**
**2006**

Nota de Aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____

_____

Firma del Jurado

_____

Firma del Jurado

## RESUMEN

| | |
|---|---|
| TITULO | Factibilidad económica, ambiental y social del proceso de fabricación de adoquines CPM de Flexiform como alternativa para la formación de recuperadores de Bogotá D.C |
| OBJETIVO GENERAL | Evaluar la factibilidad ambiental, económica y social de la implementación del proceso de fabricación de adoquines CPM a partir del reciclaje de plásticos mixtos diseñado por la empresa asociativa de trabajo FLEXIFORM, como |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | La mayoría de la población recuperadora no cuenta con el conocimiento en alternativas de reciclaje de residuos que les permita dar valor agregado al material recuperado, esto |
| TIPO DE INVESTIGACIÓN | Descriptiva y correlacional |
| ENTIDADES ENCARGADAS | FLEXIFORM, Organización de Estados Iberoamericanos -OEI- , Red de Solidaridad Social y FENAVID. |
| PALABRAS CLAVE | Economía Solidaria, Reciclaje, Reutilización, Reuso, Plásticos, Termofijos, Termoestables Recuperadores, |

La alta generación de plástico por el sector industrializado y su difícil biodegradabilidad convierten a este material en un producto altamente contaminante, adicionalmente su reciclaje se encuentra limitado por las

características de su composición y esto dificulta la comercialización de los materiales recuperados en el sector formal y no formal. Por otra parte los recuperadores de residuos sólidos de Bogotá D.C., no cuentan con la capacitación en el uso de herramientas técnicas para el aprovechamiento de los residuos recuperados, lo que hace de esta actividad una economía móvil e inconstante. Es por esto que se hace necesario, el estudio de factibilidad del proceso de reciclaje de plásticos mixtos de La Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM, como una alternativa que permita a los recuperadores reciclar los residuos plásticos y de esta forma generar una fuente de ingresos estable mejorando su calidad de vida.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN....23
1. ANTECEDENTES....24
1.1 INICIO DEL RECICLAJE EN BOGOTÁ.... 25
1.2 AVANCES DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS .... 26
2. JUSTIFICACIÓN....29
3. OBJETIVOS....30
3.1 OBJETIVO GENERAL.... 31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .... 31
4. MARCO DE REFERENCIA....33
4.1 EL PLASTICO .... 33
4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS.... 34
4.2.1 Termoplásticos....34
4.2.2 Termoestables....35
4.2.3 Elastómeros....35
4.3 USOS MÁS COMUNES POR TIPO DE PLÁSTICO .... 35
4.4 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS .... 39
4.5 COMPORTAMIENTO INDUSTRIA DEL PLÁSTICO .... 40
4.6 GENERACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS .... 43

4.7 MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS. ..... 46
4.7.1 Reciclaje de Plástico. ..... 49
4.7.1.1 Clases de Reciclaje de Plástico. ..... 52
4.7.1.1.1 Reciclaje primario. ..... 53
4.7.1.1.2 Reciclaje secundario. ..... 54
4.7.1.1.3 Reciclaje terciario. ..... 55
4.7.1.1.4 Reciclaje cuaternario. ..... 55
4.7.2. Círculos de Reciclaje. ..... 55
4.7.3 Circuito del Reciclaje de Plástico. ..... 57
5. MARCO LEGAL ..... 59
5.1 POLÍTICAS NACIONALES AMBIENTALES ..... 60
5.1.1 Política de Producción Más Limpia. ..... 60
5.1.2 Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos. ..... 61
6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 62
6.1 TIPO DE ESTUDIO ..... 62
6.2 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA. ..... 62
7. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ..... 67
7.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA ..... 67
7.1.1 Responsabilidad Social Empresarial. ..... 68
7.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD. ..... 69
7.3 ACTIVIDADES PRODUCTOS Y SERVICIOS ..... 70
8. DIAGNÓSTICO ..... 72
8.1 PROYECTO OEI "CENTRO DE HABILITACIÓN OCUPACIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS." ..... 73
8.1.1 Ejecución del proyecto. ..... 74
8.1.2 Aportes al Proyecto. ..... 76
8.2 PROCESO DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS MIXTOS. ..... 76
8.2.1 Línea de producción de adoquín CPM. ..... 79
8.2.1.1 Materias Primas. ..... 80
8.2.1.1.1 Poliestireno (PS). ..... 80
8.2.1.1.2 Polipropileno (PP). ..... 82
8.2.1.1.3 Polietileno (PE). ..... 83

8.2.1.1.3.1 Polietileno de Alta Densidad. ....84
8.2.1.1.3.2 Polietileno de Baja Densidad. ....84
8.2.1.1.4 Material Aglutinante. ....85
8.2.1.1.5 Refuerzos. ....86
8.2.1.2 Maquinaria. ....86
8.2.1.3 Diagrama De Operaciones. ....94
8.2.1.4 Balance de Materia y Energía. ....99
8.2.1.4.1 Balance de Materia. ....100
8.2.1.4.2 Balance de Energía. ....104
8.3 PRODUCTO ....107
8.3.1 Análisis de datos. ....111
9. EVALUACIÓN AMBIENTAL. ....115
9.1 MATRIZ ASPECTOS AMBIENTALES. ....115
9.1.1 Análisis de la matriz de aspectos ambientales. ....119
9.2 CICLO DE VIDA DE LOS EMPAQUES Y ENVASES PLÁSTICOS. ....122
9.2.1 Etapas del Ciclo de Vida de Empaques y Envases. ....122
9.3 DISPOSICIÓN DE ENVASES Y EMPAQUES EN EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA. ....125
9.3.1 Dinámica de los Envases y Empaques Plásticos en el RSDJ ....125
9.3.2 Calificación Ecológica del Impacto Producido por los Envases Plásticos en el RSDJ. ....130
10. EVALUACIÓN SOCIAL ....135
10.1 LOS ESLABONES DE LA CADENA DE RECICLAJE EN BOGOTÁ. ....137
10.1.1 Los Productores De Residuos ....137
10.1.2 La Recuperación. ....138
10.1.2.1 Los Recuperadores Populares. ....139
10.1.2.2 Los Recuperadores Asociados. ....140
10.1.2.3 Las Empresas Privadas Y Los Programas Comunitarios. ....141
10.1.3 El Acopio. ....141
10.1.4 La Transformación y el Reuso. ....142
10.2 EL SECTOR INFORMAL. ....143
10.2.1 Participación del Sector Informal en la Recuperación. ....145

10.3 VARIABLES DEL CAMBIO CULTURAL. ..... 149
10.3.1 Promover la Separación Primaria en la Fuente. ..... 151
10.4 ECONOMÍA SOLIDARIA. ..... 151
10.5 DESARROLLO DEL PROYECTO OEI, FENAVIP Y RED DE SOLIDARIDAD SOCIAL. ..... 155
10.5.1 Formación Recuperadores. ..... 158
10.6 EXPERIENCIAS EXITOSAS ..... 160
10.6.1 Los Mártires. ..... 161
10.6.2 La Dorada. ..... 162
10.7 ENTIDADES DE APOYO A PROYECTOS SOCIALES ..... 166
10.7.1 Fundación Corona. ..... 166
10.7.1.1 Características de los Programas y Proyectos que Apoya. ..... 166
10.7.1.2 Proyectos Especiales para Poblaciones Vulnerables. ..... 167
10.7.2 Fundación La Carolina. ..... 168
10.7.3 Fundación Interamericana (AIF). ..... 168
11. EVALUACION ECONÓMICA ..... 170
11.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES CPM. ..... 170
11.1.1 Costos de Inversión Inicial. ..... 171
11.1.2 Costos de Operación. ..... 172
11.1.4 Análisis de Viabilidad. ..... 176
11.2 ESTUDIO DE MERCADO. ..... 196
11.2.1 Usos ..... 196
11.2.2 Tamaño del Mercado. ..... 197
11.2.3 Análisis de la Competencia. ..... 199
11.3 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE BIENES Y SERVICIOS NO MERCADEABLES. ..... 203
12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 210
12.1 ANÁLISIS DOFA ..... 210
13. CONCLUSIONES ..... 220
14. RECOMENDACIONES ..... 223
BIBLIOGRAFÍA ..... 226

## LISTA DE TABLAS

**Pág.**

Tabla 1. Usos comunes de los diferentes tipos de plásticos----------36
Tabla 2. Identificación de Materiales plásticos----------39
Tabla 3. Porcentaje por tipo de residuos plásticos dispuestos en Doña Juana----------48
Tabla 4. Metodología de la investigación----------63
Tabla 5. Descripción de la Empresa----------67
Tabla 6. Características Poliestireno----------80
Tabla 7. Características Poliestireno Expandido----------81
Tabla 8. Características Polipropileno----------82
Tabla 9. Características Polietileno de Alta Densidad----------84
Tabla 10. Características Polietileno de Baja Densidad----------85
Tabla 11. Especificaciones Técnicas Báscula----------86
Tabla 12. Especificaciones Técnicas Máquina Mezcladora----------87
Tabla 13. Especificaciones Técnicas Silo de Almacenamiento----------87
Tabla 14. Especificaciones Técnicas Máquina Extrusora----------88
Tabla 15. Especificaciones Técnicas Máquina de Prensado----------89
Tabla 16. Especificaciones Técnicas Sistema de Enfriamiento----------90
Tabla 17. Especificaciones Técnicas Máquina de Prensado----------91
Tabla 18. Especificaciones Técnicas Moldes----------92
Tabla 19. Especificaciones Técnicas Sierra Eléctrica----------93

Tabla 20. Características Adoquín CPM ---------- 108
Tabla 21. Características técnicas para adoquines ---------- 110
Tabla 22. Matriz de aspectos ambientales del proceso de reciclaje de plásticos mixtos ---------- 117
Tabla 23. Medidas de control por actividad ---------- 120
Tabla 24. Proyecciones de RPPR en centro de reciclaje (Ton/día)------ 129
Tabla 25. Escala de valoración de presencia. ---------- 130
Tabla 26. Escala de valoración de desarrollo. ---------- 131
Tabla 27. Escala de valoración de magnitud ---------- 131
Tabla 28. Escala de valoración de duración ---------- 132
Tabla 29. Calificación por Criterio ---------- 133
Tabla 30. Escala de jerarquización de impactos ---------- 133
Tabla 31. Estimación del MPR Generado (Recuperado + Dispuesto en RSDJ) ---------- 146
Tabla 32. Material recuperado por los recicladores del sector popular - 147
Tabla 33. Costos de Inversión Inicial ---------- 171
Tabla 34. Costos de Operación ---------- 172
Tabla 35. Valor Unitario Adoquín CPM ---------- 175
Tabla 36. Síntesis para el análisis ---------- 177
Tabla 37. Valores que puede tomar el índice B/C ---------- 179
Tabla 38. Resultados del VPN ---------- 187
Tabla 39. Resultados de la TIR ---------- 187

## LISTA DE FIGURAS

Pág

Figura 1. Clasificación de Polímeros _____ 34
Figura 2. Círculos de Reciclaje_____ 56
Figura 3. Flujo del circuito de reciclaje de plásticos_____ 58

Figura 4. Diagrama Metodología de la investigación _____ 63
Figura 5. Diagrama de Flujo del proceso de Reciclaje de plásticos mixtos 77
Figura 6. Diagrama de Operaciones _____ 95
Figura 7. Esquema del ciclo de moldeo _____ 97
Figura 8. Moldeo por Compresión _____ 98
Figura 9. Balance de Materia _____ 101
Figura 10. Balance de Energía _____ 104
Figura 11. Ciclo de Vida de Los Empaques y Envases _____ 124

## LISTA DE GRÁFICOS

**Pág.**

Gráfico 1. Principales Sectores Consumidores de productos plásticos.___ 42
Gráfico 2. Porcentajes de Residuos Generados en Bogotá D.C. _____ 45
Gráfico 3. Participación de cada categoría de MPR en la generación de los hogares _____ 126
Gráfico 4. Proporción de RPPR que llega al RSDJ_____ 127
Gráfico 5. ALTERNATIVA A _____ 183
Gráfico 6. ALTERNATIVA B _____ 184

## LISTA DE FOTOS

**Pág.**

Foto 1. Mesón Clasificador_____ 49
Foto 2. Adoquín_____ 49
Foto 3. Canchas de Tejo_____ 49
Foto 4. Soporte Clasificador_____ 49

Foto 5. Extrusora_____ 62
Foto 6. Prensa 01_____ 63
Foto 7. Prensa 02_____ 64
Foto 8. Molde_____ 65
Foto 9 Adoquín CPM_____ 75

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. PRINCIPALES RESINAS PLÁSTICAS

Anexo B. RANGOS DE TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO POR EXTRUSIÓN

Anexo C. ANÁLISIS DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN COLOMBIA

Anexo D. PROCESO DE TERMOFORMADO DE TERMOPLÁSTICOS

Anexo E. PROCESO DE TERMOFORMADO DE TERMOESTABLES

Anexo F. LEYES DECRETOS Y RESOLUCIONES APLICABLES AL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Anexo G. LISTAS DE REGISTRO

Anexo H. PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Anexo I. MEMORIAS DE CÁLCULO DE BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Anexo J. PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL ADOQUÍN CPM

Anexo K. ASPECTOS AMBIENTALES COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS

Anexo L. MAQUINARIA PARA EL PROCESO PLÁSTICOS MIXTOS

Anexo M. FICHAS TÉCNICAS OTROS ADOQUÍNES

Anexo N. MEMORIA DE CÁLCULOS COSTOS DE OPERACIÓN

Anexo O. TARIFAS DE ENERGÍA

Anexo P. MEMORIA DE CÁLCULO FUNCIONES FINANCIERAS

# LISTA DE SIGLAS

**ANR**: ASOCIACIÓN NACIONAL DE RECICLADORES

**ARB**: ASOCIACION DE RECICLADORES DE BOGOTÁ

**B/C**: ANÁLISIS BENEFICIO COSTO

**CE**: CALIFICACIÓN ECOLOGICA

**CIIU**: CÓDIGO INDUSTRIAL INTERNACIONAL UNIFORME

**CPM**: COMPOSICIÓN POLIMÉRICA MIXTA

**CPMG**: COMPOSICIÓN POLIMÉRICA MIXTA GRANULAR

**CCRE**: CENTRO COLOMBIANO DE RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL

**ICIPC**: INSTITUTO DE CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL PLÁSTICO Y DEL CAUCHO

**IPC**: ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

**IOP**: INTERÉS DE OPORTUNIDAD

**MP**: MATERIA PRIMA

**MPR**: MATERIAL POTENCIALMENTE RECICLABLE

**OEI**: ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS

**RPPR**: RESIDUO PLASTICO POTENCIALMENTE RECICLABLE

**RSDJ**: RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA

**SOR**: SISTEMA OPERATIVO DE RECICLAJE

**UESP**: UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS

## GLOSARIO

**ACONDICIONAMIENTO**: Actividad mediante la cual los residuos plásticos son sometidos a operaciones de selección, reducción de tamaño, limpieza y/o control de calidad para su posterior transformación.

**ADITIVOS**: Materiales que se mezclan con los polímeros para facilitar su procesamiento, a fin de darle las propiedades físicas y/o químicas requeridas en su aplicación final y para protegerlos de los efectos de los elementos climáticos. Puede decirse que: "polímeros + aditivos = plásticos".

**APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**: Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el

reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

**APROVECHAMIENTO EN EL MARCO O DEL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO**: Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

**CENTRO DE ACOPIO**: Lugar donde los residuos sólidos son adecuadamente almacenados y/o separados y clasificados según su potencial de uso o transformación, sin afectar el entorno ambiental.

**CENTROS DE GRAN GENERACION**: Aquellos que generen diariamente una gran cantidad de residuos sólidos, que por sus características deben almacenarse en forma segura, higiénica y sanitaria, como los grandes productores y los multiusuarios.

**COMPOSICIÓN POLIMÉRICA GRANULADA (CPMG)**: Es la mezcla de polímeros, aglutinantes y refuerzos resultante de la etapa de formulación, del proceso de reciclaje de plásticos mixtos de Flexiform.

**COMPOSICIÓN POLIMÉRICA MIXTA (CPM)**: Es la mezcla de polímeros, aglutinantes y refuerzos resultante del proceso de extrusión, del proceso de reciclaje de plásticos mixtos de Flexiform.

**COPOLIMERO**: Un polímero formado a partir de dos o más monómeros diferentes.

**DESARROLLO SOSTENIBLE**: sistema de producción y consumo capaz de garantizar una mayor equidad, calidad de vida y bienestar ambiental hoy para generaciones futuras

**DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS**: Proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en forma definitiva, efectuado por las personas prestadoras de servicios, que los disponen en lugares especialmente diseñados para recibirlos y eliminarlos, para obviar su contaminación y favorecer la

transformación biológica de los materiales fermentables, de modo que no representen daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

**EMPAQUE Y ENVASE PLÁSTICO**: Objeto destinado a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, transporte, almacenamiento o presentación, a fin de protegerlos, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

**ECONOMÍA SOLIDARIA**:

**GRUPO ORGANIZADO DE RECICLADORES**: Grupo de recicladores que se encuentra organizado bajo una modalidad asociativa o de economía solidaria.

**INTERMEDIARIOS**: Sector de la cadena del reciclaje que agrupa bodegas, organizaciones o cooperativas pequeñas y medianas que compran el material a los recuperadores informales y posteriormente seleccionan el material para ser vendido a los transformadores y creadores de nuevos productos.

**MATERIAL RECUPERADO**: Material plástico que se extrae o separa de la corriente de los residuos sólidos.

**MOLDE**: Cavidad con una forma definida en la que se fuerza la entrada de material plástico.

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS)**: Conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo, basado en la política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, el cual se obliga a ejecutar durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un Plan Financiero Viable que permita garantizar el mejoramiento continuo de la prestación del servicio de aseo, evaluado a través de la medición de resultados.

**PLÁSTICOS MIXTOS**: Producto o material de residuos plásticos constituidos por diferentes tipos de resinas plásticas.

**POLÍMERO**: Material orgánico que consta de largas cadenas de moléculas compuestas por muchas unidades llamadas monómeros. La mayoría de los plásticos tienen una cadena de átomos de carbono como columna

vertebral. Los polímeros se mezclan casi siempre con aditivos antes de su utilización. Plásticos = polímeros + aditivos.

**PROCESO SEMI – INDUSTRIAL**: Contiene las tres fases del proceso de fabricación de adoquines CPM y la maquinaria necesaria para realizar el montaje de la planta.

**PRODUCCIÓN LIMPIA**: Reorientación de los sectores productivos, dentro de una dimensión ambiental hacia formas de gestión y uso de tecnologías ambientalmente limpias, aumentando la eficiencia en el uso de recursos energéticos e hídricos, sustitución de insumos, optimización de procesos, modificación de productos y minimización de basuras y residuos sólidos.

**REBABA**: residuos de composición polimérica mixta resultantes de procesos de acabados. **RECICLADOR**: Persona que de manera informal desarrolla procesos de aprovechamiento de los residuos reciclables.

**RECICLAJE**: Es el proceso mediante el cual se recuperan, reelaboran y aprovechan los desechos industriales, comerciales y domésticos.

**RECICLAJE DE CICLO ABIERTO**: Un producto se recicla para crear productos del mismo tipo y no generar nuevos productos.

**RECICLAJE DE CICLO CERRADO**: Los materiales de desecho se transforman en diversos productos para los que se deben encontrar usos.

**RECICLAJE DE PLÁSTICOS**: Proceso por el cual los residuos plásticos provenientes de la pos- industria o el pos consumo son separados en la fuente, recolectados selectivamente, acondicionados y/o transformados en nuevas materias plásticas, en nuevos productos plásticos, en productos químicos o en energía.

**RECOLECCION**: Acción que consiste en recoger residuos sólidos.

**RECUPERACIÓN**: Es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

**RECUPERADOR**: Persona que retira y recupera de manera informal los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento.

**RELLENO SANITARIO:** Obra de ingeniería para la disposición final de residuos sólidos que no sean peligrosos, ni potencialmente peligrosos, que se utiliza para que depositen, esparzan, compacten a su menor volumen práctico posible y se cubran con una capa de tierra al término de las operaciones del día; todo bajo condiciones técnicas debidamente apropiadas.

**RESIDUO PLÁSTICO POS-INDUSTRIA:** Residuo originado en las diferentes operaciones de manufactura y/o transformación de las resinas plásticas, el cual puede consistir de un tipo de resina, de una mezcla de resinas entre si o con otros materiales no plásticos.

**RESIDUO PLÁSTICO POST-CONSUMO:** Residuo originado en las diferentes actividades de consumo cuando los productos terminan el periodo de vida útil.

**RESIDUO SÓLIDO APROVECHABLE.** Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

**RESIDUO SÓLIDO COMERCIAL:** Aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

**RESIDUO SÓLIDO DOMICILIARIO:** El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

**RESIDUO SÓLIDO INSTITUCIONAL:** Aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos y terrestres, y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.

**RESIDUO SÓLIDO:** Todo desecho orgánico e inorgánico que resulte de las diversas actividades domesticas, comerciales, industriales o recreativas, cuya calidad no permita usarlos nuevamente en el proceso que los generó.

**RESIDUOS INDUSTRIALES ASIMILABLES A URBANOS:** son aquellos generados por pequeñas industrias y talleres que por su mínima cuantía, el ámbito

urbano de su lugar de producción y su baja toxicidad, se asimilan y gestionan junto con los urbanos.

**RESINA**: Un polímero artificial resultado de la reacción química entre dos o más sustancias, habitualmente con ayuda del calor o de un catalizador. Esta definición incluye a la goma sintética y siliconas (elastómeros).

**REUTILIZACIÓN**: es la opción de prolongar la vida útil de los envases reusándolos, haciéndolos retornables o reutilizándolos para otras aplicaciones.

**RUTA DE RECICLAJE**: Recorrido necesario para recoger los residuos separados en el sitio de origen.

**SEPARACIÓN EN LA FUENTE**: Es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

**TATUCO**: Término utilizado por los recuperadores para identificar los envases rígidos, independientes, del tipo de resina utilizada para su fabricación.

**TORTA**: Residuo Plástico post industria resultante de la purga de las máquinas de moldeo y extrusión, cuando se realiza el cambio de una resina a otra, o de un color o grado de resina.

**TRATAMIENTO**: Conjunto de operaciones y/o procesos y/o técnicas y/o tecnologías encaminadas a la eliminación, la disminución de la concentración o el volumen de los residuos sólidos o basuras o su conversión en formas más estables.

**TRITURACIÓN**: El proceso de cortar grandes piezas o componentes de plástico en trozos más pequeños aptos para el reprocesamiento.

**VIDA ÚTIL**: Período durante el cual el producto plástico cumple adecuadamente con las funciones para las cuales fue diseñado.

# INTRODUCCIÓN

La alta generación de plástico por el sector industrializado y su difícil biodegradabilidad convierten a este material en un producto altamente contaminante, adicionalmente su reciclaje se encuentra limitado por las características de su composición y esto dificulta la comercialización de los residuos recuperados en el sector formal y no formal. Por otra parte los recuperadores de residuos sólidos de Bogotá D.C., no cuentan con la capacitación en el uso de herramientas técnicas para el aprovechamiento de estos residuos, lo que hace de esta actividad una economía móvil e inconstante.

El estudio de factibilidad del proceso de reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM para la formación de recuperadores de Bogotá D.C., nace de la iniciativa de encontrar una herramienta para el proyecto marco "Centro De Habilitación Ocupacional Para la Fabricación de Materiales de Construcción, A Partir de Residuos Sólidos", que adelanta la OEI, FENAVIP Y RED DE SOLIDARIDAD SOCIAL.

El proyecto marco busca generar un espacio donde se pueda habilitar ocupacionalmente a los recuperadores de Bogotá D.C., en técnicas de reciclaje de residuos sólidos para obtener materiales de construcción.

Partiendo de esta necesidad, se plantea el proceso de reciclaje de plásticos mixtos de la Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM, para la capacitación de los recuperadores, evaluando los posibles impactos que pueda generar el proceso.

El estudio de factibilidad consiste en evaluar económica, ambiental y socialmente el proceso de fabricación de adoquines a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM, para determinar su aplicabilidad en la formación de la población objeto.

Esta formación se llevará a cabo bajo el principio de aprender haciendo a través del desarrollo de pruebas piloto que permitan al recuperador obtener las herramientas necesarias para convertir la actividad de carácter informal que viene realizando, en una actividad dentro de los sistemas económicos formales, agregando valor al residuo y generando ganancias.

# 1. ANTECEDENTES

La recuperación del plástico es un campo de trabajo relativamente nuevo, pero es un área que se desarrolla rápidamente debido al gran número de interrelaciones económicas, ecológicas y sociales.

## 1.1 INICIO DEL RECICLAJE EN BOGOTÁ

La transformación del plástico recuperado post-consumidor se inicio en Bogotá aproximadamente desde 1982, propiamente en el sector de los barrios Patio Bonito, El Class y Britalia, todos ubicados alrededor del sitio de disposición de residuos estatal Gibraltar, con características de microempresa de tipo familiar e informal.

Posteriormente en el año de 1993 en el sector de los barrios Meissen y La Candelaria Sur se encontraban ubicadas un número significativo de esta clase de microempresa, coincidiendo con los alrededores del Relleno Doña Juana, sitio de disposición actual de los residuos.

El desarrollo creciente de la industria del plástico reciclado no ha competido en calidad con la gran industria que trabaja a base de material virgen, ya que estos procesos de reciclaje se realizan empíricamente y los productos elaborados a partir de este nunca presentan la misma calidad que los originales

Otra constante que interviene es que muchos productos elaborados de resinas vírgenes provienen de una mezcla de diversas clases de plásticos y otros materiales como madera, papel, vidrio, etc, dificultando su separación.

## 1.2 AVANCES DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS

La industria del plástico seguirá creciendo mientras la población demande productos a base de plástico o que contengan en su composición este tipo de resinas. Por esta razón se crea la necesidad de reciclar estos residuos para reincorporarlos al ciclo de vida de los productos de consumo.

En Colombia se ha practicado el reciclaje del plástico hace ya algunos años como una alternativa para las industrias, pero algunas de estas no han alcanzado a mantenerse o a crecer a lo largo del tiempo, debido a que una gran parte comenzó sus actividades de forma empírica por la falta de inversión en investigación así como al desarrollo en procesos tecnológicos y sostenibles.

En la actualidad la industria del reciclaje de los plásticos está enfocada a la fabricación de una gran variedad de productos a partir de un solo tipo de plástico (PVC, PET, PEAD, PEBD, PP, PE, Otros). Otras industrias especializadas y dedicadas a una sola línea de producto utilizan resinas diferentes, un ejemplo de esto es la industria POLYNET LTDA, empresa dedicada a la producción de mallas para flores en polietileno de baja y media densidad.

Otras instituciones dedicadas al campo de los plásticos, como el SENA y el instituto del plástico en la universidad EAFIT en Medellín, brindan asesoría técnica a estudiantes y a empresas relacionadas con el tema del plástico; De esta manera se asegura de alguna forma generar un desarrollo sostenible para este tipo de industria.

Alternativas como productos desechados de plástico y PET son transformados en placas, bloques y viguetas mediante un programa de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de Buenos Aires. El Centro Experimental de la Producción de la FADU propone la elaboración de materiales de construcción con los productos separados

de la basura, en empresas sociales integradas a la Red Global del Trueque. Los materiales obtenidos son baratos, ligeros y resistentes. Pilas de bolsas de polietileno, botellas de agua mineral y paragolpes de autos, separados de los residuos, se convierten por medio de un emprendimiento social en placas de revestimiento, viguetas y otros materiales para la construcción de casas.

Otra de las empresas asesoradas por la FADU es Eco & Red, donde reciclan el PET (envases de agua mineral y gaseosas), lo mezclan con arena y cemento para obtener viguetas. Tras clasificar por color las botellas vacías, éstas son compactadas y trituradas en un molino. Se mezcla después con cemento y arena que al fraguar, se convierte en viguetas o bloques para levantar paredes y techos o hacer pavimentos.

En Urabá, Fundauniban, en concertación con otras entidades tanto oficiales como privadas, ha lanzado y está desarrollando el proyecto "Gesta 2000 – Generación de empleos y soluciones técnicas ambientales", cuyos objetivos principales son la generación de empleos a víctimas de la violencia de baja escolaridad, el manejo ambiental de 3600 toneladas de plástico post-consumo reciclado anual, y el Incremento de productividad de las fincas en la recuperación del material no biodegradable. Entre los productos obtenidos en el proceso de reciclado están: soga, zuncho, torres de cablevías, pelets, bandejas, baldes, madera plástica, etc, los cuales son elaborados con base a un solo tipo de plástico reciclado.

Ingenieros agrícolas de la Universidad Nacional Sede Medellín emplearon los residuos plásticos como agregado en la elaboración de adoquines, se dieron a la tarea de emplear el material plástico reciclado, sin ningún proceso de clasificación, como agregado grueso para la elaboración de los adoquines, evaluando técnica y económicamente el producto terminado.

En el mercado existe una gran variedad de elementos prefabricados de concreto para la construcción, como bloques, adoquines y paneles. Dichos

productos se obtienen con mezclas que utilizan agregados de densidad normal o con morteros que emplean agregados livianos, buscando esencialmente reducir su peso para que el obrero los maneje con facilidad.

Existen otros procesos de reciclaje para otros plásticos como el de moldura de desechos de plásticos mixtos, pero es considerada una tecnología muy costosa. Algunas máquinas usan una mezcla de todo tipo de desechos de plástico en la manufactura de objetos grandes y sólidos que no requiere buena apariencia o resistencia. La unidad mas avanzada es la máquina Reverzer de la Mitsubishi del Japón. La máquina se ha utilizado para hacer tambores para cables, plataformas para monta-cargas, parrillas para corrales, y otros artículos. En la actualidad este proceso no se recomienda porque tiene un costo muy alto y se ha sabido que es poco confiable en su operación y economía. Se han diseñado otras máquinas para producir paneles planos para construcción, sin embargo, el plástico adolece de muy poca resistencia a incendios y por lo general no se considera un material seguro para construcción de viviendas.

Proyectos encontrados en la universidad de los Andes como Asfaltos modificados con PVC reciclado de cables, Reciclaje y aprovechamiento de poliestireno, Desarrollo de una formulación para reciclar polipropileno postconsumo a partir de su aglomeración con aserrín, Reciclaje de polietileno de alta densidad utilizando fibras de lignolulosa como material de refuerzo por extrusión, Caracterización de poliestireno postconsumo para su reciclaje, Extrusión de láminas de poliestireno reciclado, Reciclaje de polipropileno postconsumo, entre otros proyectos, se identifican por realizar estudios específicos del reciclaje de un solo tipo de plástico.

La cooperativa de recicladores “Nuevas Luces”, trabaja en la implementación de nuevas tecnologías que le permitan incursionar en áreas de mayor valor agregado al trabajo de esta población, el proyecto que consiste en la transformación del plástico reciclado, comienza con la

clasificación, lavado, molienda, y desempolvillado para dejarlo en gránulos vendibles, luego de esto se realiza un reciclaje mecánico y se crea la madera plástica que posibilita diversos usos en la construcción y en la industria de muebles.

En consecuencia vemos que las investigaciones acerca de nuevos productos derivados del reciclaje de plásticos, están basadas en una etapa de separación previa que consiste en seleccionar un solo tipo de plástico para luego determinar el proceso de reciclaje al cual va a ser sometido.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La actividad de reciclaje es señalada como medio de supervivencia a muy corto plazo, pues no incluye la proyección y la planeación. Adicionalmente no le permite al trabajador generar excedentes, tampoco permite crear valor acumulado porque no produce, sino que se basa en la reventa de mercancías o en la producción a bajos costos de bienes de consumo.

Esta economía de la supervivencia, no admite acumulación de capital, enriquece a intermediarios y se articula de múltiples maneras con la economía formal, a la cual le representa ganancias o mayores márgenes de utilidad, porque la provee de servicios subcontratados o se configura como un medio de circulación de mercancías sin costo para el productor.

Se evaluó el proceso de fabricación de adoquines a partir del reciclaje de plásticos mixtos de la Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM, como una alternativa para el aprendizaje de nuevas técnicas de

reaprovechamiento para la población de recuperadores de la ciudad de Bogotá D.C.

El estudio está dirigido a la OEI quien utilizará esta herramienta para cumplir los objetivos del proyecto "Centro de habilitación ocupacional para la fabricación de materiales de construcción a partir de residuos sólidos" y a todos los sectores (Industrial, Institucional, Comercial, Residencial, etc.) que generen residuos plásticos y puedan verse beneficiados por los resultados obtenidos de la implementación del proceso de proceso de fabricación de adoquines a partir del reciclaje de plásticos mixtos de la Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM.

Este análisis es una contribución importante para FLEXIFORM pues es la primera vez que se evalúa su proceso para determinar la viabilidad económica, ambiental y social que coadyuve a la proyección de la empresa.

Adicionalmente el proyecto permite otros beneficios ambientales como la posibilidad de desviar un porcentaje significativo de residuos plásticos en los sitios de disposición final, disminuyendo la generación de lixiviados y gases e incrementando la vida útil de los rellenos sanitarios. Por otra parte se reduce la presión sobre los recursos naturales sobreexplotados en otros procesos productivos.

# 3. OBJETIVOS

## 3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad ambiental, económica y social de la implementación del proceso de fabricación de adoquines CPM, elaborados a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM, como alternativa para la formación de recuperadores de la ciudad de Bogotá D.C.

## 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso productivo de fabricación de adoquines CPM elaborados a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM.

- Identificar el tipo de plásticos que pueden ser utilizados en el proceso de fabricación de adoquines CPM elaborados a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM.

- Realizar el balance de materia y energía del proceso de fabricación de adoquines CPM elaborados a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM.

- Realizar el análisis costo-beneficio del proceso de fabricación de adoquines CPM elaborados a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM.

- Determinar la aplicabilidad del proceso de fabricación de adoquines CPM elaborados a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM, al aprendizaje de la población objetivo (recuperadores de Bogotá D.C.).

- Estipular cuáles son los beneficios aportados por el proyecto a los recuperadores de Bogotá D.C.

# 4. MARCO DE REFERENCIA

En este capitulo se plantean las definiciones y conceptos necesarios para comprender la dinámica de la cadena de reciclaje de residuos plásticos desde su generación hasta su disposición final.

Se describen las clases de polímeros utilizados por la industria del plástico, sus usos más comunes, y los porcentajes de generación por sector. Posteriormente se expone la situación actual del reciclaje de plásticos y los procesos de reciclaje que se realizan.

Por último se muestra la problemática presente en la recuperación, acondicionamiento y procesamiento de residuos plásticos, también involucra los aspectos que caracterizan a los diferentes actores de la cadena.

## 4.1 EL PLASTICO

Los plásticos son generalmente altos polímeros orgánicos (es decir, se componen de largas moléculas en forma de cadena basándose en carbono), las largas cadenas moleculares (polímeros) se forman por la unión sucesiva de cadenas moleculares más cortas (monómeros), mediante un proceso llamado polimerización[1] para formar nuevos materiales. Cuando se unen entre sí monómeros que son químicamente diferentes el proceso se llama copolimerización.

[1] La polimerización es el proceso de formación de largas cadenas que conforman la estructura del plástico.

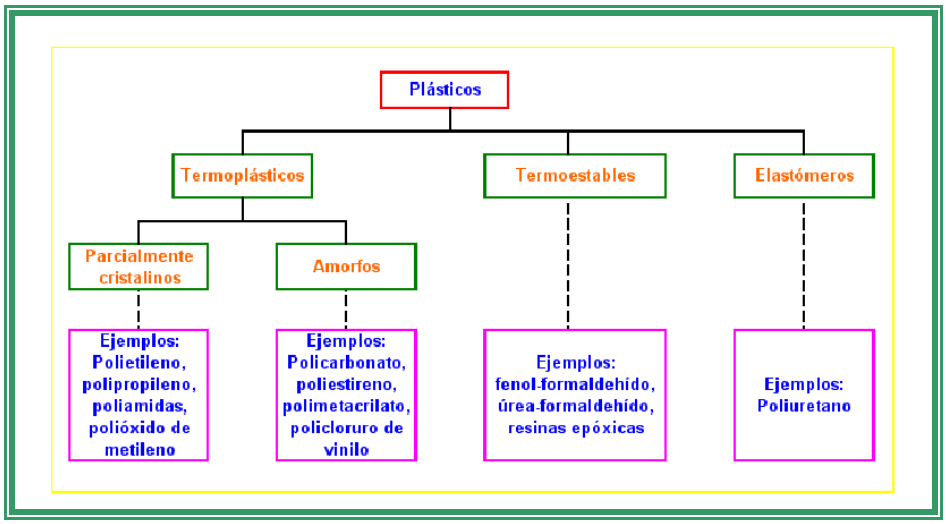
En la formación de los polímeros intervienen elementos como el calor, la presión y en algunos casos la irradiación, también son utilizados aceleradores, catalíticos y emulsiones.

## 4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS.

Generalmente, los plásticos se clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en tres grupos principales: termoplásticos, termoestables, y elastómeros como muestra la Figura 1.

**4.2.1 Termoplásticos.** Son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación. La acción del calor hace que las resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del

**Figura 1. Clasificación de Polímeros**




Fuente: INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES PLÁSTICOS – SENA – Centro de Desarrollo Tecnológico – ASTIN Santiago de Cali, Abril de 2.005

molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina (por ejemplo el polietileno de alta densidad y el Polipropileno). En el Anexo A se encuentra un listado con las resinas plásticas existentes.

**4.2.2 Termoestables.** Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticular o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si continua la aplicación del calor, experimenta un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulares (como pegantes y sellos). Se obtienen también por polimerización o policondensación y pueden ser fundidas una sola vez. Se componen de siete familias que son: alílicos, epóxídicas, melaminas, fenólicos, poliésteres y siliconas.

**4.2.3 Elastómeros.** Esta clase de plásticos presenta moléculas distribuidas sin orden, con pocos entrecruzamientos. Se caracterizan por un grado de reticulación baja. A temperatura ambiente los elastómeros se comportan como el caucho. Como consecuencia de los entrecruzamientos entre las diversas cadenas moleculares disponen de movilidad limitada y configuran puentes que únicamente pueden liberarse por medio de temperaturas muy altas, pero por sus características no vuelven a formarse una vez desciende la temperatura.

## 4.3 USOS MÁS COMUNES POR TIPO DE PLÁSTICO

En la Tabla 1. Se muestran los principales tipos de plásticos, con sus usos más comunes, según la clasificación para la identificación de empaques y envases en el sector del reciclaje.

**Tabla 1. Usos comunes de los diferentes tipos de plásticos**

| PLASTICO | | USOS | RECICLADO |
|---|---|---|---|
| 1. Polietileno Tereftalato (PET) | | Envases de bebidas gaseosas, agua, aceite y vinos jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc. tejas; películas para el empaque de alimentos; cuerdas, cintas de grabación; alfombras; zuncho; fibras. | Filamento para alfombras, vestimenta. |
| 2. Polietileno de alta densidad (PEAD) | | Envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua, cajones para pescado, tuberías; embalajes y láminas industriales; bidones, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables. | Otros envases |
| 3. Cloruro de polivinilo (PVC) | Suspensión Rígido | Tuberías y accesorios para sistemas de suministro de agua potable, riego y alcantarillado; tejas y tabletas para pisos; partes de electrodomésticos y computadores; envases de alimentos, detergentes y lubricantes; empaques tipo blister. | Suelas de zapatos, caños, etc. |
| | Suspensión Flexible | Membranas para impermeabilización de suelos o techos, recubrimientos aislantes para cables conductores; empaques y dispositivos de uso hospitalario (como bolsas para almacenar suero o sangre, equipos para venoclisis), mangueras para riego, suelas para calzado, películas para empaque. | |
| | Emulsión | Papel decorativo para recubrimientos interiores de paredes, cueros sintéticos para muebles y calzado, juguetes, recubrimientos en rollo para pisos. | |
| 4. Polietileno de baja densidad (PE-BD, PE-LBD) | | Películas para envolver productos, películas para uso agrícola y de invernadero; láminas adhesivas; botellas y recipientes varios; tuberías de irrigación y mangueras de conducción de agua; bolsas y sacos, tapas, juguetes; revestimientos; contenedores flexibles. | Film para agricultura |
| 5. Polipropileno (PP) | | Envases de alimentos, bolsa de reempaque, laminaciones, bolsas en general, cuerda industrial, fibra textil, zuncho, muebles plásticos, utensilios domésticos, geotextiles, mallas plásticas, carcasas de baterías, vasos desechables, vasos plásticos, empaques para detergentes, tubería, botellas, botellones, juguetería. | Tuberías, artículos para industria automotriz, etc. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6. Poliestireno (PS) Espumado | Su principal aplicación es la fabricación de envases y empaques tanto de uso permanente como de un solo uso (desechables). Aplicaciones dirigidas a la industria, como elementos para equipos eléctricos y electrodomésticos; carcazas; gabinetes interiores; contrapuertas de neveras; estuches para casetes de audio y video. Aplicaciones en la industria farmacéutica y accesorios médicos. Juguetería y recipientes de cosméticos. | | |
| Expandido | Elementos en la industria de la construcción: encofrados; concretos aligerados: difusores de luz; divisiones de baño; cielorrasos; rejillas arquitectónicas. Industria Automotriz: artículos escolares y de oficina. Elementos decorativos para el hogar; publicidad y promocionales. | | Macetas, etc. |
| 7. Otros | • Policarbonato (PC)<br>• Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)<br>• Estireno<br><br>Acrilonitrilo(SAN)<br>• Poliamida (PA)<br>• Nylon<br>• Acetatos(POM) | Botellones para agua, Discos compactos, Carcazas para computadores y equipos de tecnología, Películas, Envases para alimentos, Adhesivos e industria plástica, Industria de la madera y la carpintería, Elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc. Espuma de colchones, rellenos de tapicería, etc. | |

Fuente: Acoplásticos

## 4.4 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS

Debido a la complejidad y a las diferentes clases de este producto, es difícil su identificación plena para su posterior separación y uso; es por este motivo que se elaboraron los códigos de identificación de envases plásticos con el respaldo de ICONTEC, como una herramienta de apoyo en las fases de selección, recuperación, y reciclaje de las diferentes resinas y compuestos plásticos, adicionalmente permite disminuir la cantidad de materiales que se incineran o se desechan en rellenos sanitarios y generar empleo a través de la industria de recuperación.

Este sistema, utilizado internacionalmente, ayuda a identificar en los envases, botellas, contenedores y recipientes en general, el tipo de material plástico usado para su fabricación.

El símbolo universal del reciclaje se compone de tres flechas que forman un triángulo con un número en el centro y letras en la base, donde el número y las letras indican la resina usada.

**Tabla 2. Identificación de Materiales plásticos**

| CÓDIGO | SIGLAS | NOMBRE |
|---|---|---|
| | PET | Tereftalato de Polietileno |
| | PEAD (HDPE) | Polietileno de alta densidad |
| | PVC | Policloruro de vinilo |
| | PEBD (LDPE) | Polietileno de baja densidad |
| | PP | Polipropileno |
| | PS | Poliestireno |
| | Otros | Resinas Epoxídicas<br>Resinas Fenólicas<br>Resinas Amídicas<br>Poliuretano |

Fuente: Asociación Colombiana de Indústrias Plásticas (ACOPLÁSTICOS)

## 4.5 COMPORTAMIENTO INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

Desde el comienzo de la década de los 60 se produjo un marcado crecimiento en la industria de los plásticos. Actualmente, la producción mundial de plásticos es diez veces mayor que en aquella época y alcanza aproximadamente 100 millones de toneladas anuales.

De una oferta que excedía ampliamente la demanda, el sector plástico mundial pasó a una demanda tan grande, que hoy hace ver escasa la oferta. Las oportunidades de negocio son crecientes y apuntan en primera instancia a la recuperación y en segunda instancia, a atender aquellos sectores en los cuales el plástico se ha posicionado como un sustituto eficiente, funcional y económico de otros insumos tradicionales.

Esta última tendencia ha sido muy marcada en el mundo y favorece sobre todo la producción para los sectores automotor, eléctrico y electrónico, constructor, de alimentos y bebidas. El primero viene consumiendo más piezas plásticas de ingeniería, pues como reemplazo de algunos metales disminuye el peso de los vehículos y, en la misma proporción, su consumo de gasolina.

Este sector de plástico se ha caracterizado por ser, en condiciones normales, la actividad manufacturera más dinámica de las últimas tres décadas con una participación del 4%, y un crecimiento promedio anual del 7%.

La industria de transformación de plásticos se destaca por su potencial para desarrollar nuevos productos y facilidad para trabajar con nuevos materiales, dada la capacidad misma de las empresas y el apoyo técnico del **Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho (ICIPC)** que ha sido un motor importante de la industria plástica y petroquímica pues le ha permitido realizar grandes mejoras en competitividad y productividad.

El consumo per-cápita de plásticos en Colombia es de 11,3 Kilos anuales, muy por debajo del de Estados Unidos (99 Kilos), Italia (65,7 Kilos), Japón (97 Kilos) y países latinoamericanos como México (25,5 Kilos) y Venezuela (18 Kilos).

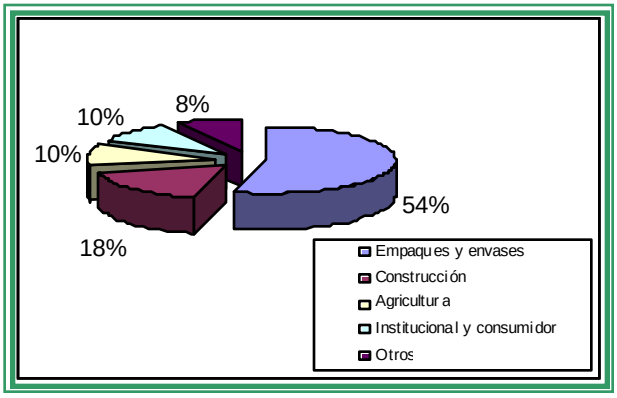
La cadena productiva comienza con la adquisición de materia prima proveniente de la cadena petroquímica. Las principales materias primas involucradas son: polietileno, polipropileno, polietilentereftalato, policloruro de vinilo, poliamidas y poliestireno.

Los procesos utilizados en la transformación de materias primas son: la extrusión, inyección y soplado; y en menor proporción termoformado, calandrado y rotomoldeo. Debido a que Colombia no cuenta con fabricación local de casi la totalidad de los equipos requeridos, estos se importan de Estados Unidos, Italia y Alemania.

El buen momento que atraviesan los sectores de la construcción, alimentos y bebidas en el país ofrece la mayor oportunidad de negocio al subsector de plásticos como lo muestra la Gráfica 1. Según Andrés Mejía, gerente de exportaciones de PETCO "Con la recuperación de la demanda han subido de precio el PVC, clave para la construcción; el polietileno, para bolsas y envases; el polipropileno, para empaques y utensilios domésticos; el poliestireno, para empaques y desechables, y el PET, para botellas de gaseosas".

El plástico para empaques y envases, en reemplazo del papel, cartón o vidrio, podrán seguir siendo desarrollados con la creatividad local, mediante alternativas de diseño y protección cada vez más atractivas. Ahí es donde los fabricantes nacionales vienen haciendo la diferencia y, por eso, sus exportaciones crecen.

**Gráfico 1. Principales Sectores Consumidores de productos plásticos.**




Fuente: ACOPLÁSTICOS

En el año 2000, la actividad transformadora de materias plásticas registró un valor de producción de 2.215 millardos[2] de pesos (1.061 millones de dólares) y un valor agregado de 1.073 millardos de pesos (514 millones de dólares), con una contribución al total industrial nacional del 4% en las dos variables[3]. En el mismo período, la energía eléctrica utilizada fue de 614 millones de kilowatios-hora, lo que equivale al 5,7% del consumo total de la actividad manufacturera.

## 4.6 GENERACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Fuente: http://residuos.ecoportal.net

La producción de residuos sólidos ha sido tipificada en categorías por los estudios de carácter internacional efectuados al respecto. En los países de ingresos altos, se estima que los residuos orgánicos representan el 25%, las materias recuperables de carácter industrial el 31% y los otros residuos el

[2] Mil millones

[3] Fuente: Encuesta Anual Manufacturera DANE, 2000. Datos registrados para la agrupación CIIU 356, Sector Productos de Plástico.

13%. Por el contrario, en los países de ingresos medios, los residuos orgánicos representan el 47%, los industriales el 43% y los demás residuos el 10%. En los países de ingresos bajos los residuos orgánicos alcanzan el 60%, los industriales el 17% y los otros 23%.

En Colombia la producción de residuos sólidos se aproxima a la tendencia que los parámetros internacionales señalan para los países de ingresos bajos. El promedio total de producción en nuestro país en las áreas urbanas alcanza el 64% de residuos orgánicos, el 27% de industriales y el 9% de otros residuos[4].

En el país se producen aproximadamente 27.150 toneladas/día; el 41% de los residuos sólidos dispuestos es generado por las grandes ciudades, donde Bogotá participa con el 20% del total, seguida por Medellín, Cali y Barranquilla, para un total aproximado de 11.150 toneladas/día en estas cuatro grandes ciudades.[5]

En Bogotá D.C. se producen alrededor de 5.880 toneladas/día[6] y la generación de residuos per-cápita/día oscila entre 0,56 y 1 Kg/día de los cuales 0,056 Kg corresponden a desechos plásticos, esto sin tener en cuenta los desechos originados por empresas petroquímicas, que en su proceso de producción de materias primas plásticas generan retales que no cumplen ninguna función y no tienen las especificaciones requeridas para salir al mercado como producto terminado, generando problemas para su

[4] RODRÍGUEZ VARGAS Gustavo. Hacia un Marco Jurídico del Manejo Integral de Residuos Sólidos en Memorias del IV Congreso Nacional de Reciclaje. Bogotá, 1996, P. 63.
[5] PLAN MAESTRO DE RESIDUOS SÓLIDOS – PMIRS. 2005
[6] UESP. Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos

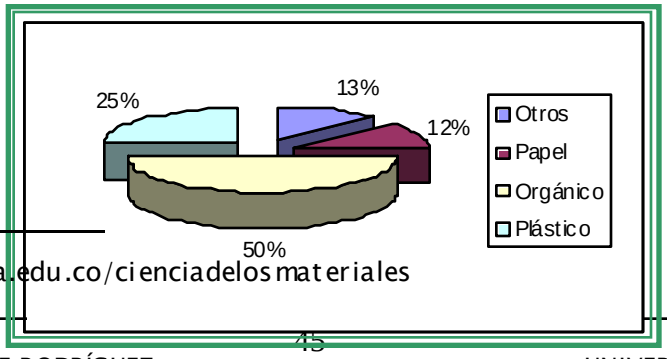
almacenaje y/o posterior eliminación. Las grandes ciudades producen el 70% del total de residuos sólidos generados a nivel nacional, las medianas el 15% y los pequeños municipios el 15%; Cundinamarca, Antioquia y Valle generan el 60% del total de residuos sólidos, Atlántico y Santander el 15% y el 25% restante los demás departamentos.

Según el plan maestro de residuos sólidos, la composición de los residuos ordinarios de la ciudad de Bogotá para su disposición final en el Relleno Sanitario Doña Juana es como lo muestra la Grafica 2.

Las proyecciones sobre los residuos sólidos muestran una tendencia creciente, lo cual se convertirá en un punto crítico si no se plantean propuestas sostenibles en materia de reciclaje.

A lo largo de muchos años, se ha dado en Colombia un crecimiento del consumo de los plásticos, el 14% del peso de la bolsa de basura son plásticos[7], y en su mayoría provienen de envases de un solo uso y de todo tipo de envoltorios y embalajes (botellas de PVC o PET, bolsas de polietileno, bandejas y cajas protectoras de corcho blanco). Si estos residuos se entierran en un vertedero ocupan mucho espacio, tardan desde décadas hasta milenios en degradarse, si se opta por incinerarlos, originarán emisiones de CO2, contribuyendo al cambio climático, y otros contaminantes atmosféricos muy peligrosos para la salud y el medio ambiente.

**Gráfico 2. Porcentajes de Residuos Generados en Bogotá D.C.**




[7] http://materiales.eia.edu.co/cienciadelosmateriales

Fuente: PMIRS

* Otros (compuesto por textiles, metales, vidrio, residuos peligrosos, entre otros)
* Plástico (resultado de la baja recuperación de empaques y envases)

Uno de los plásticos de uso más generalizado es el PVC que produce una elevada contaminación en su fabricación. Si finalmente se incinera genera una de las sustancias más tóxicas que se conocen, las dioxinas y los furanos.

## 4.7 MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS.

Los países industrializados han usado los residuos plásticos como fuentes alternativas de generación de energía o en los rellenos sanitarios, pero la incineración de algunos polímeros, principalmente los clorinados y fluorinados, causan la producción de gas tóxico que no permite la utilización de este método de eliminación de desechos.

En Colombia, la tecnología más utilizada para el aprovechamiento de los residuos plásticos es el reciclaje mecánico. En una proporción no muy significativa, se están dando también experiencias en el reciclaje químico y se está evaluando la incineración con recuperación de energía para el manejo de algunos empaques y envases plásticos contaminados con agroquímicos.

Desde la década de los ochenta ACOPLASTICOS viene adelantando en Colombia una serie de acciones para promover la incorporación de la variable ambiental en las actividades de las empresas del sector de los plásticos. Por otra parte ha contribuido a la capacitación de los actores que intervienen en la cadena del reciclaje de los plásticos con una serie de publicaciones entre las que se encuentran: "El Manual del Reciclador de Residuos Plásticos (1998)" explicando de manera sencilla la importancia de realizar el reciclaje de los residuos plásticos de manera selectiva, es decir, por tipo de resina, "El Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos" (2002-2003) promoviendo el aprovechamiento de los residuos de estos materiales y contribuyendo a que su disposición final en los rellenos sanitarios sea cada vez menor.

Adicionalmente ACOPLASTICOS viene desarrollando diversas campañas educativas en universidades, colegios, centros comerciales, ciclovías, ferias y otras entidades, orientadas a crear conciencia sobre la importancia y necesidad de separar los residuos sólidos reciclables para facilitar su posterior aprovechamiento.

Según un estudio en conjunto con el comité de envases y empaques de la ANDI, al evaluar el mercado total de empaques y envases en Colombia (papel, aluminio, hojalata, vidrio, plásticos), los plásticos representaban el 18,7% de un volumen que sobrepasa las 75000 TM anuales.

Así mismo este sector es el de mayor volumen, con una participación del 55% (213400 TM/año) del mercado total Colombiano en 1993 y ha sido el más cuestionado desde el punto de vista del impacto al medio ambiente por estar sus productos entre los más visibles y en mayor proporción en la corriente de los desechos sólidos. Los plásticos representan entre el 5% y el 7% de los residuos, en peso (para Colombia se ha estimado en 5%), y de un 11 a un 15%, en relación con el volumen de los mismos.

El programa del medio ambiente de ACOPLASTICOS –PMA– ha enfocado sus actividades principalmente hacia el segmento de envases y empaques, por representar el de mayor volumen dentro de las innumerables aplicaciones de los plásticos y por la naturaleza de su uso, ya que siendo este uno de los de más corta vida en su servicio, pasa mas pronto a la corriente de desechos sólidos.

Según el estudio de caracterización de los materiales de empaques y envases que llegan al Relleno Sanitario Doña Juana[8] la clasificación de residuos plásticos provenientes de envases y empaques es como lo muestra la Tabla 3.

En esta tabla se puede observar el alto porcentaje de residuos de empaques de PEAD potencialmente reaprovechables que llegan al relleno sanitario y que son dispuestos sin ningún tipo de tratamiento.

**Tabla 3. Porcentaje por tipo de residuos plásticos dispuestos en Doña Juana**

| PLÁSTICO | TOTAL BOGOTA % |
|---|---|
| PET (1) | 5.8 |

[8] Estudio de Alternativas para dar un Manejo Adecuado a la Utilización de Empaques y Embalajes y para Estimular el Aprovechamientos de Residuos Sólidos en Santa Fe de Bogotá. UNIANDES, DAMA. PNUD. Diciembre de 2000.

| | |
|---|---|
| PEAD (2) | 63.2 |
| PVC (3) | 2.8 |
| PEBD (4) | 14.0 |
| PP (5) | 4.5 |
| PS normal | 5.9 |
| PS icopor | 2.4 |
| Otros Plásticos (7) | 1.4 |
| Total (%) | 100.0 |

Fuente: DAMA 2000

**4.7.1 Reciclaje de Plástico.** El inmenso volumen de polímeros usados actualmente constituye un problema ecológico por el carácter no biodegradable de la mayoría de ellos, por esta razón toma fuerza no solamente el hecho de que las investigaciones muestren mayor interés por la producción de nuevos y mejores productos, sino de su disposición o recuperación, transformándolos en derivados útiles.

Los plásticos son, en la actualidad, materiales útiles para la humanidad, ya que incluso son capaces de reemplazar a los metales en su propio campo. Esta característica nos impulsa a prestar especial atención a sus procesos de manufactura, caracterización y modificación.

Cada vez que aumenta la vida útil de los productos plásticos en circulación, aumenta la cantidad de plástico producido y así mismo, aumenta la cantidad de plástico de desecho. Hay que tener en cuenta, que todos los

plásticos se fabrican a partir del petróleo. Por ello al consumir plásticos, además de colaborar al agotamiento de un recurso no renovable, potenciamos la enorme contaminación que origina la obtención y transporte del petróleo y su transformación en plástico.

El precio del petróleo y sus subproductos está en aumento, por lo tanto aumenta el valor de materia prima necesaria para la fabricación de plásticos, y una de las características del reciclaje es el ahorro de recursos teniendo en cuenta que las materias primas son limitadas. Por todo esto el reciclaje es una práctica utilizada en algunos países, pero este proceso es muy costoso y generalmente resulta imposible reciclar plásticos para producir un material con la calidad original.

El 90% de los plásticos son reciclables y podemos encontrarlos en numerosas formas y presentaciones, el problema consiste en que su proceso de reciclaje depende del tipo de polímero y el estado en que se encuentra, ya que todos los plásticos no tienen la misma composición ni rango de temperatura de procesamiento (Anexo B). Por esta razón es necesaria una previa selección que permita clasificarlos por tipo de polímero y seleccionar un proceso para el reciclaje acorde a su estructura química.

En nuestro país el crecimiento en el uso de estos materiales no ha sido acorde con la tecnología desarrollada para su aprovechamiento, por lo cual ha surgido la necesidad de crear diferentes opciones para el proceso de reciclaje con el fin de disminuir los niveles de impacto en el entorno y ofrecer nuevas alternativas de empresa. Este crecimiento en el volumen de generación de basuras en el país ha llegado a niveles alarmantes, lo cual convierte su manejo a través de estrategias como el reciclaje, en una actividad prioritaria, debido entre otras razones a[9]:

[9] Los autores

• Cuando el plástico cumple su "ciclo de vida inicial" presenta problemas de almacenamiento ya que su relación peso/volumen es baja y la disponibilidad de rellenos sanitarios es cada vez menor.

• Aunque a los plásticos, se les pueden aplicar los métodos de tratamiento utilizados para el resto de los residuos sólidos (incineración, enterramiento en vertederos controlados), estos métodos no están exentos de inconvenientes cuando se aplican a los residuos plásticos.

• Los residuos orgánicos tardan entre 10 y 15 años para degradarse de un 25 a un 50%, y el problema de manejo generado por residuos no biodegradables como ciertos plásticos, es considerablemente superior[10].

Todo esto, unido a consideraciones de carácter económico hace que el reciclaje de plásticos sea una alternativa que cobra cada vez mas fuerza.

Las propiedades físicas de los polímeros reciclados son con frecuencia diferentes de aquellos hechos de material virgen. Los procesos económicos de reciclaje producen material por lo general inferior y siempre diferente al original y algunas leyes internacionales protegen al consumidor de acuerdo a la presentación de productos de alta calidad, estas leyes en ocasiones no aceptan materiales inferiores como es el caso de envases reciclables.

El reciclaje y la transformación de residuos siempre se han considerado como una actividad informal, con bajos niveles tecnológicos, con mínimos estándares de calidad, sin incremento de la productividad y competitividad ni apertura de nuevos mercados.

10 http://materiales.eia.edu.co/cienciadelosmateriales/articulareciclajedematerialesplásticos

Un análisis de la situación del reciclaje en el IV Congreso Nacional de Reciclaje (Anexo C) muestra la problemática del sector y da algunas recomendaciones de acciones que se deberían realizar para brindar a los actores de la cadena y por lo tanto a la actividad reciclaje de plásticos

**4.7.1.1 Clases de Reciclaje de Plástico.** En la actualidad existe un alto número de plásticos con diferentes características, y varios campos de aplicación, esta condición causa problemas en la recolección y el procesamiento de materiales plásticos con propósito de reciclaje.

Los métodos de conformado y fabricación difieren según el material, termoplástico o termoestable. Los termoplásticos pueden tomar forma por inyección, moldeo por soplado o rotación, extrusión, calandrado, termoformado o por colada (Anexo D), y pueden unirse mediante cementos solubles, por soldaduras, mecánicamente o mediante adhesivos. Existen varias técnicas para ensamblar o unir plásticos. Los termoestables están generalmente limitados a sistemas de unión de tipo mecánico o mediante adhesivos (Anexo E).

El aprovechamiento de residuos plásticos puede tomar dos vías, el "reproceso" y la "descomposición térmica". La diferencia básica radica en la composición del material, en el primer caso la estructura molecular se conserva relativamente bien, mientras en el segundo proceso ésta es deliberadamente destruida.

El objetivo del "reproceso" es recuperar material de tal forma que pueda ser reintroducido en el proceso de elaboración de nuevos productos. La descomposición térmica por el contrario pretende obtener una materia prima secundaria o energía ya sea en forma de calor o electricidad.

Este proceso es casi exclusivamente para los termoplásticos ya que ellos pueden ser unidos o disueltos pudiendo así ser reprocesados sin destruir

su estructura molecular, es por esto que la descomposición térmica es el único medio.

Algunas técnicas de reciclaje iniciaron su desarrollo en los años 70´s, cuando algunos países empezaron a incinerar sus residuos plásticos. Desde entonces, han habido muchos avances en la manera de reciclar plásticos, dando como resultado, cuatro tipos de reciclaje de plásticos: primario, secundario, terciario y cuaternario. James I. Myers argumenta: "…cual de estos tipos de plástico es usado depende de varios factores, tales como limpieza y homogeneidad del material, el valor del material de desecho y de la aplicación final"[11].

**4.7.1.1.1 Reciclaje primario.** Consiste en la conversión del desecho plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a la del material original. El reciclaje primario se hace en termoplásticos como PET (Polietilen tereftalato), PEAD (Polietileno de alta densidad), PEBD (Polietileno de baja densidad), PP (Poliestireno) y PVC (Cloruro de vinilo). Las propiedades de los termoplásticos son la base de este reciclaje primario debido a la habilidad de estos de fundirse a bajas temperaturas sin ningún cambio en su estructura ya que "tienen moléculas que se encuentran en un alineamiento casi paralelo" aclara Deanna J.Hart.[12] El proceso de reciclaje primario es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos y consta de las siguientes etapas:

**Separación:** La separación es tan difícil que algunos sistemas automatizados, además del manual, han sido desarrollados.

Los métodos de separación pueden ser clasificados en separación macro, micro y molecular. La macro separación se hace sobre el producto completo usando el reconocimiento óptico del color o de la forma. La

[11] FORERO MONSALVE, Carlos Felipe. El Reciclaje de los Plásticos. Bogotá, Colombia. p. 20.
[12] Ibid., p. 17.

separación manual se incluye dentro de esta categoría, esta clasificación se ve auxiliada por un código de números. La micro separación puede hacerse por una propiedad física específica como el tamaño, peso, densidad, etc. Por otra parte la separación molecular "Involucra procesar el plástico pos disolución del mismo y luego separarlo basándose en la temperatura"[13].

**Limpieza**: Los plásticos separados son generalmente contaminados con comida, papel, polvo, pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiados, luego granulados y finalmente lavar este granulado en un baño de detergente. Otra opción de limpieza es la de granular los plásticos repetidamente y desecharlos sobre pantallas movibles. Se recomienda usar hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado.

"El plástico contaminado es removido y al ser ligero, flota en la superficie en donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan". Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman "hojuelas limpias" o "granulado limpio"[14].

**Peletizado**: El granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en "pellet". Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un tubo para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua, una vez frío es cortado en pedacitos llamados "pellets".

**4.7.1.1.2 Reciclaje secundario.** El reciclaje secundario convierte al plástico en artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original. Ejemplos de plásticos recuperados por esta forma son los termoestables y plásticos contaminados. El proceso de mezclado de plásticos es representativo del reciclaje secundario. Este elimina la necesidad de separar y limpiar los plásticos. La mezcla de plásticos, incluyendo tapas de aluminio, etiquetas de papel, polvo, etc., se muele y funde dentro de un

[13] Ibid., p. 10

[14] Ibid., p. 38

extrusor. Los plásticos pasan por un tubo con una gran abertura hacia un baño de agua, y luego son cortados a varias longitudes dependiendo de las especificaciones del cliente. Los plásticos termoestables son partes que no se funden y tiene que acumularse en el centro de la mezcla y los plásticos más viscosos tienden a salir, dándole al producto final una apariencia uniforme.

**4.7.1.1.3 Reciclaje terciario.** Este degrada al polímero en compuestos químicos básicos y combustibles. Es fundamentalmente diferente a los dos tipos de reciclaje mencionados anteriormente porque involucra un cambio químico además del físico. Aquí las largas cadenas del polímero se rompen en pequeños hidrocarburos (monómeros) o monóxido de carbono e hidrógeno. Actualmente el reciclaje terciario cuenta con dos métodos principales: la pirólisis y la gasificación. Pero se están desarrollando otros métodos como son metanólisis y glucólisis.

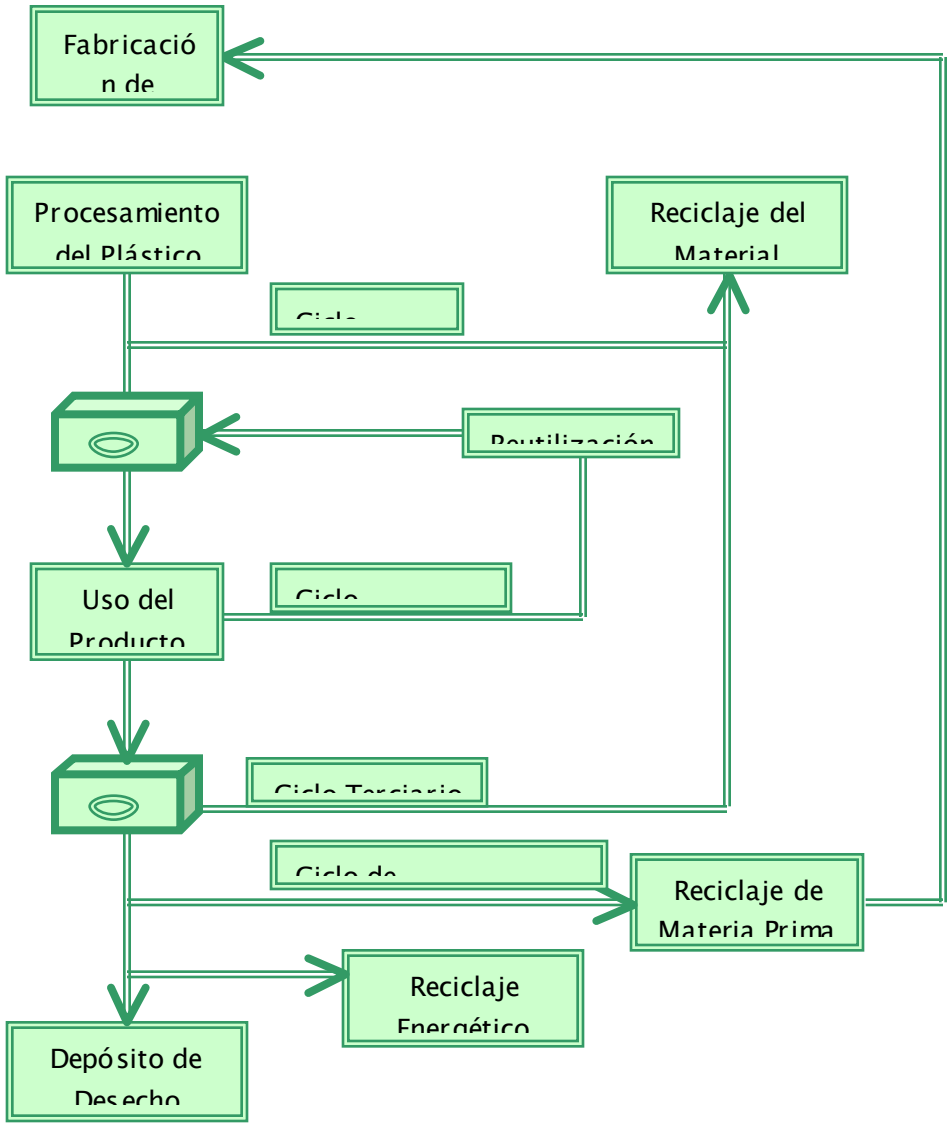
**4.7.1.1.4 Reciclaje cuaternario.** Consiste en el calentamiento del plástico con el objeto de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir, el plástico es usado como un combustible con objeto de reciclar energía. La incineración puede incluirse en esta clasificación siempre que la recuperación de carbón sea acompañada de un generador de vapor, como Arthur J. Warner dice en su libro Solid management of plastics, "por el uso directo de gases de horno de alta temperatura en un proceso que requiere una fuente de calor externa ". Estos gases de humo son para recalentar, secar o templar hornos. Sin embargo, algunas de sus desventajas es la generación de contaminantes gaseosos, aunque esta sea mínima, y la gran inversión monetaria que representa.

**4.7.2. Círculos de Reciclaje.** Son balances ecológicos de sistemas complejos, en donde existe más de un ciclo, desde la fabricación del producto hasta su disposición final.

Los círculos de reciclaje de los diferentes materiales plásticos son distintos puesto que cada material tiene un proceso de síntesis, estructura y propiedades diferentes. Los tres grandes grupos en estos materiales son: termoplásticos. Termoestables y elastómeros.

La Figura 2. Presenta un círculo de reciclaje para un material plástico, en donde se aprecian cuatro ciclos: primario, secundario, terciario y de transformación. El círculo muestra el reciclaje de las materias primas, del producto y de la energía.

**Figura 2. Círculos de Reciclaje**




Fuente: Instituto Colombiano de Investigación de Plásticos y Cauchos – ICIPC –, Seminario Internacional de Reciclaje de Plásticos, Medellín, septiembre 11 y 12 de 1995

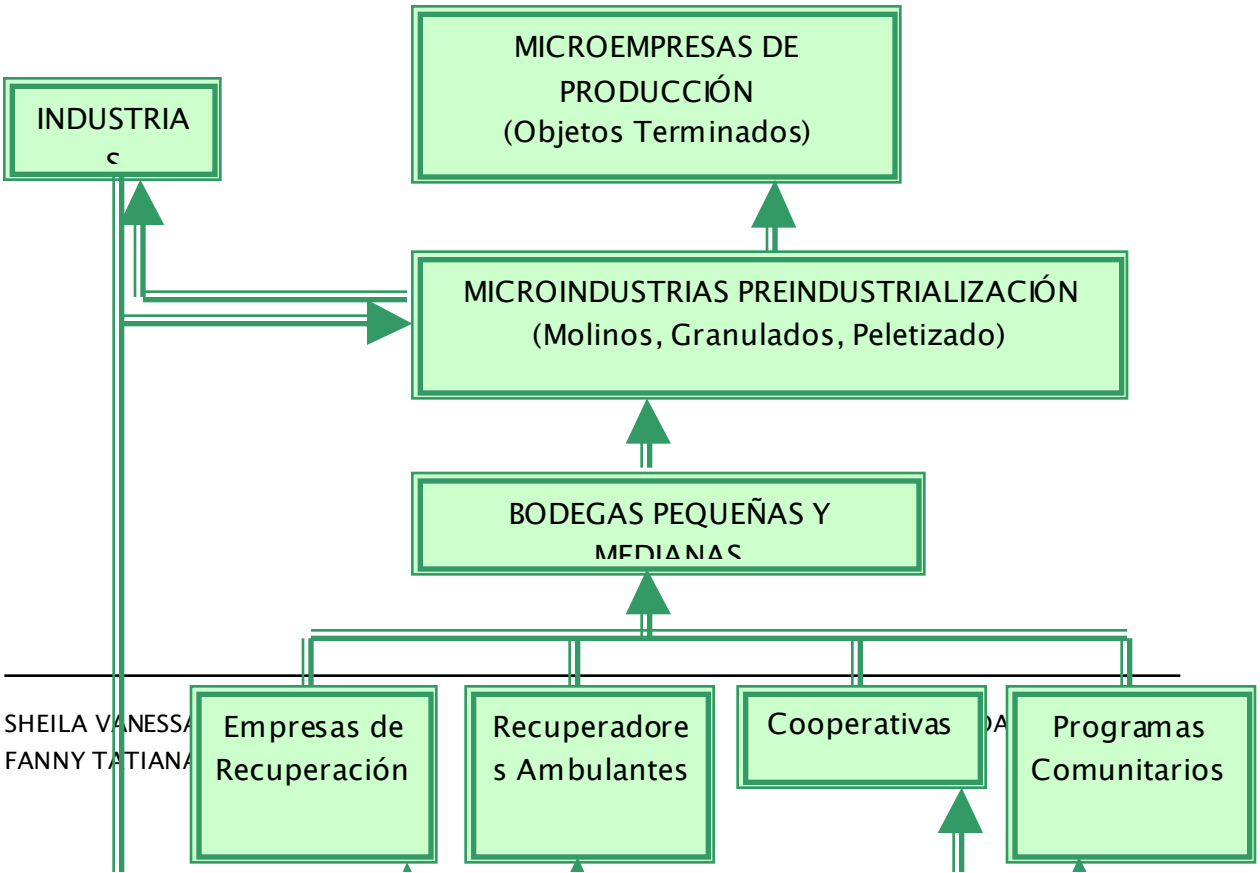
**4.7.3 Circuito del Reciclaje de Plástico.** Esta cadena no cuenta con las grandes industrias que caracteriza al destino de otros materiales reciclables como el cartón, papel y chatarra de metales ferrosos. En general las industrias que emplean los plásticos lo hacen por familias de polímeros

y tienen carácter de microempresa y en el mejor de los casos mediana empresa (Aproplast Ltda.)

La principal característica de los circuitos del plástico radica en la necesidad de seleccionar, limpiar y preparar el material. La incompatibilidad entre la mayoría de familias de materiales poliméricos hace más exigente el proceso de selección. El proceso de preparación depende entonces de la morfología del producto.

La Figura 3. Presenta las principales líneas de flujo del circuito de reciclaje de plásticos. Este circuito es el menos estimulado por el mercado. En general todos los procesos de comercialización se manejan por peso y estos materiales por su baja densidad ocupan mucho volumen y pesan poco. Es esta misma razón la que constituye un obstáculo para el recuperador normal. De allí que las bolsas y demás productos en forma de película son los más apetecidos por los recuperadores.

**Figura 3. Flujo del circuito de reciclaje de plásticos**



# 5. MARCO LEGAL

La legislación ambiental aplicable está enmarcada dentro de tres grandes bloques normativos:

- La Constitución Nacional, marco legal de carácter supremo y global que recoge los enunciados sobre el manejo y conservación del medio ambiente.

- La Constitución Política de 1991 consagra el Medio Ambiente como un derecho colectivo y un deber para los ciudadanos.

- Las Leyes de Congreso de la República, decretos con fuerza de ley y decretos ley del Gobierno Nacional, constituyendo las normas básicas y políticas a partir de las cuales se desarrolla la reglamentación específica o normativa

## 5.1 POLÍTICAS NACIONALES AMBIENTALES

**5.1.1 Política de Producción Más Limpia.** La Política de Producción Más Limpia fue aprobada por el Consejo Nacional Ambiental, con el objeto de alcanzar la sostenibilidad ambiental en el sector productivo. La producción más limpia es una estrategia, y su objetivo esencial es prevenir y minimizar los impactos y riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial a partir de la introducción de la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío a largo plazo. Los objetivos específicos de la producción más limpia son:

- Aumentar la eficiencia energética y el uso de los energéticos más limpios
- Prevenir y minimizar la generación de contaminantes
- Prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas
- Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión
- Minimizar y aprovechar los residuos
- Minimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.

De igual forma abarca los procesos, los productos y los servicios. En los procesos busca: la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía; la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción y minimización de la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos. En los

productos se orienta a la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final; y en los servicios busca una dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos. Dentro de sus principales estrategias se destacan:

- Integración con otras políticas gubernamentales
- Fortalecimiento institucional del Sistema Nacional Ambiental
- Establecimiento de calidad ambiental
- Promoción de la producción más limpia en los sectores productivos nacionales
- Promoción de la autogestión y la autorregulación
- Implementación de instrumentos económicos
- Evaluación y monitoreo de la política.

**5.1.2 Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos.** El Gobierno Nacional, en la búsqueda de un mejor aprovechamiento de las potencialidades institucionales y de la capacidad de los organismos existentes involucrados en el manejo de residuos, ha puesto en marcha un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, definido en la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

- Minimizar la cantidad de los residuos que se generan
- Aumentar el aprovechamiento y consumo de residuos generados, hasta donde sea ambientalmente tolerable y económicamente viable
- Mejorar los sistemas de manejo integral de residuos sólidos
- Conocer y dimensionar la problemática de los residuos peligrosos en el país y establecer el sistema de gestión de los mismos

Desde la perspectiva de sus destinatarios, la política tiene dos grandes componentes:

El relacionado con el saneamiento ambiental como obligación a cargo del Estado, y que se orienta a establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades en cuanto a la gestión de residuos sólidos, de manera especial a los municipios, involucrando las diferentes estrategias e instrumentos para fortalecer la acción del Estado en esta materia.; y El referido a la vinculación que el sector privado tiene en cuanto a la generación de residuos.

El alcance de esta política en cuanto al sector privado, está determinado por lo referente a la minimización de residuos, con base en el desarrollo de acciones ambientales que deben adelantarse sectorialmente. La política de residuos para el sector industrial es un desarrollo específico de la política de producción limpia, de la cual toma todos sus elementos.
El Anexo F contiene las Leyes, Decretos y Resoluciones Ambientales vigentes en el ámbito nacional que competen a FLEXIFORM.

# 6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 6.1 TIPO DE ESTUDIO.

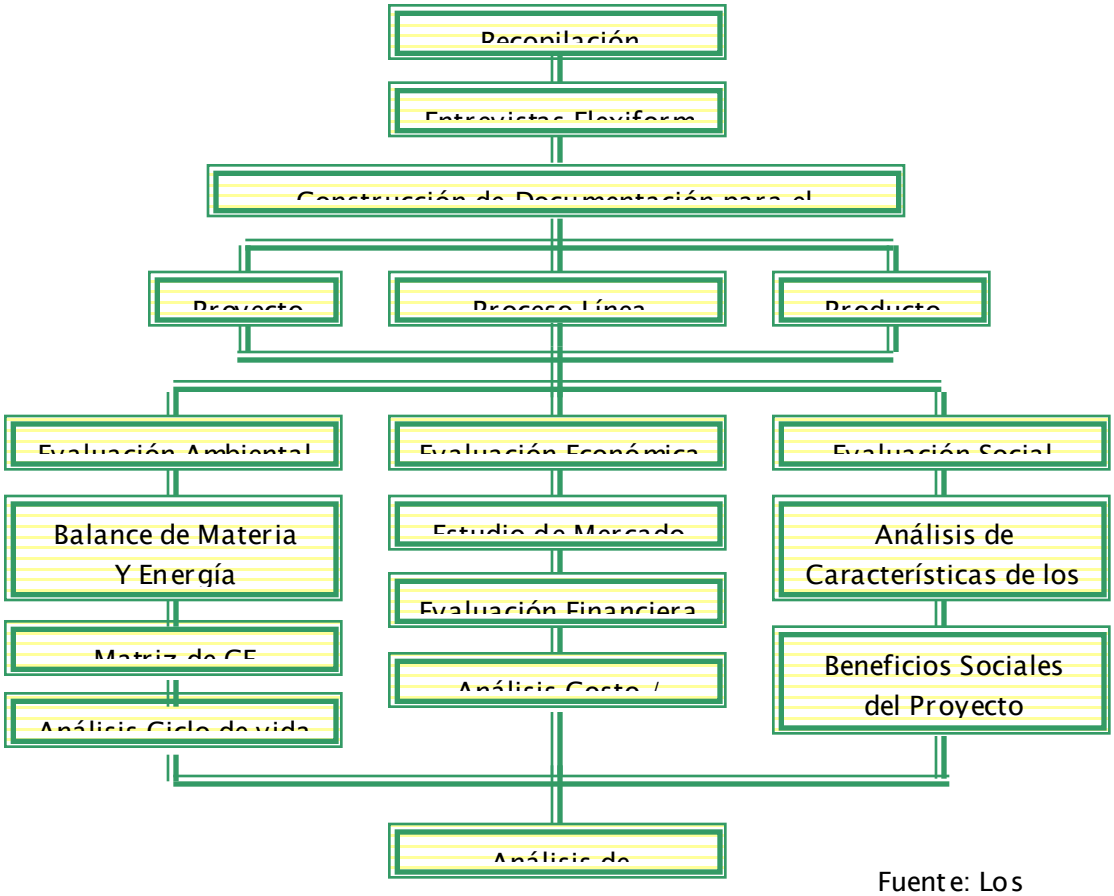
La metodología desarrollada en la investigación se enmarca dentro de los parámetros del estudio descriptivo y correlacional que permite la identificación de las etapas del proceso productivo de adoquines fabricados a base del reciclaje de plásticos mixtos, la caracterización de la población que se dedica a la recuperación de residuos plásticos y su relación con las diferentes variables obtenidas en el desarrollo de la investigación.

## 6.2 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.

El Estudio consistió en evaluar la factibilidad de emplear la técnica de fabricación del adoquín CPM, en la formación de los recuperadores de la

ciudad para aplicar al proyecto marco de la OEI, "CENTRO DE HABILITACIÓN OCUPACIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS" La Figura 4. Presenta el diagrama de flujo de la metodología utilizada, y en la Tabla 4. Se describen cada una de las etapas del desarrollo del proyecto.

**Figura 4. Diagrama Metodología de la investigación**




Fuente: Los

**Tabla 4. Metodología de la investigación**

| FASE | RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN |
|---|---|

| | |
|---|---|
| I | En la primera fase del estudio, se realizó la recopilación bibliográfica por medio de la consulta en universidades e instituciones (DAMA, CAR, DANE, UESP, MAVDT, ARB, ANR, ACOPLÁSTICOS, MADERPLAST, entre otras) que pudieran tener información acerca de estudios o avances realizados en materia de reciclaje de residuos plásticos. Adicionalmente se estudió la documentación relacionada con procesos de reciclaje de este tipo de residuos y las materias primas utilizadas, así como el marco legal aplicable al desarrollo del estudio.<br><br>Después de conocer la situación actual de este sector y los principales procesos de reciclaje que se realizan, se prosiguió con el levantamiento de información sobre la trayectoria de la Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM, así como las actividades productos y servicios ofrecidos. Esta labor se realizó por medio de una primera reunión, donde se trataron estos temas.<br><br>Conociendo los innovadores productos de la empresa y las precisiones del proyecto de la OEI, se tomó la decisión de escoger la línea de producción de adoquines fabricados a partir del reciclaje de plásticos mixtos como objeto de estudio, buscando satisfacer las necesidades del proyecto y contribuir al logro de sus objetivos. |
| **DIAGNÓSTICO** | |
| II | Definida la línea de producción a evaluar se prosiguió a programar reuniones para documentar el proceso de fabricación del adoquín CPM y realizar el estudio. Mediante el desarrollo de las reuniones, se encontró que FLEXIFORM por ser una pequeña empresa, no contaba con la documentación del proceso productivo ni de la maquinaria utilizada.<br><br>Se construyó la documentación identificando las etapas del proceso de reciclaje de plásticos mixtos, para esto fue necesario elaborar el diagrama de flujo y crear listas de registro (Anexo G) tipo encuesta que se aplicaron al diseñador del proceso.<br><br>Se efectuó una inspección de la maquinaria identificando su función en el proceso, con la información recopilada se elaboró el diagrama de operaciones para el proceso de fabricación del adoquín CPM y se construyeron las fichas técnicas de materias primas y maquinaria.<br><br>Adicionalmente se realizó la evaluación del producto y sus especificaciones |

| | |
|---|---|
| | técnicas.<br><br>Posteriormente se definieron los criterios a evaluar en el estudio y con base en estos se realizó el balance de materia y energía donde se determinó el consumo de materias primas e insumos y las transformaciones energéticas del proceso. |
| | **EVALUACIÓN** |
| III | Se analiza desde tres aspectos:<br><br>**Evaluación Ambiental.** Con el fin de estipular los posibles impactos al medio ambiente ocasionados por el proceso, se elaboró una matriz de diagnóstico ambiental y se plantearon algunas medidas de control. Posteriormente se estableció la posibilidad de desviar los residuos plásticos antes de su llegada al Relleno Sanitario Doña Juana, como una potencial fuente de materias primas para el proceso de fabricación del adoquín CPM. Esta consideración surgió del alto porcentaje de residuos provenientes del sector de empaques y envases que se disponen diariamente sin ser aprovechados.<br><br>Partiendo de este hecho, se examinaron las etapas del ciclo de vida de los empaques y se aplicó la matriz de valoración ecológica para determinar el impacto de estos en el RSDJ.<br><br>**Evaluación Social.** Para comprender el entorno de la recuperación y la participación de los recuperadores en el reciclaje, se realizó una identificación de las condiciones sociales, laborales y culturales de los recuperadores, mediante el análisis de estudios de circuitos de reciclaje elaborados por ONG's, DANE, ANR y otras instituciones que trabajan con este gremio.<br><br>Con base a los objetivos del proyecto de la OEI, FENAVIP y la Red de Solidaridad Social, se estudió el concepto de Economía Solidaria a partir del cual se espera que se conformen las cooperativas de trabajo, estimando las implicaciones de este tipo de organización en los recuperadores.<br><br>Finalmente se evaluaron experiencias exitosas en el desarrollo de este tipo de proyectos, así como la posibilidad que tienen los recuperadores de acceder a inversiones de capitales externos que quieran apoyar iniciativas sociales. |

| | |
|---|---|
| | **Evaluación Económica.**<br><br>Se analizaron tres aspectos:<br><br>El primero corresponde al análisis económico del proceso de fabricación de adoquines CPM; se contemplan los costos de inversión inicial en maquinaria y costos de operación (MP, costo energético, recurso agua y recurso humano). Los valores fueron obtenidos por medio de listas de chequeo (aplicadas a Flexiform) donde se recopilaron los datos correspondientes al proceso productivo. Seguidamente se procedió a realizar un análisis financiero para evaluar la rentabilidad del proyecto.<br><br>La segunda parte muestra un estudio de mercado, aquí se pueden encontrar características como el uso potencial del producto, el tamaño de mercado al que se encuentra expuesto y el análisis de la competencia. Esencialmente se buscaron productos que presentaran las mismas características de uso del adoquín CPM y que pudieran competir en el mercado. Para esto se llevaron a cabo entrevistas con personal técnico del IDU y trabajadores del sector de la construcción.<br><br>Por último se realizó el análisis de C/B ambiental, donde se busca contraponer el costo de los impactos a hoy, con los posibles beneficios ambientales que genera la ejecución del proyecto. |
| **ANÁLISIS DE RESULTADOS** | |
| IV | Con el fin de consolidar los resultados obtenidos en cada etapa de la evaluación, se realizó el análisis DOFA que permitió visualizar el entorno de las relaciones entre el proyecto, proceso y producto. |
| **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** | |
| V | Se elaboraron las conclusiones teniendo en cuenta los objetivos planteados y los resultados de la investigación. Así mismo, se plantearon las recomendaciones teniendo en cuenta los posibles estudios que se pueden generar a partir de este. |

# 7. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se encuentran los aspectos generales de la Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM y las actividades que realiza.

## 7.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

La Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM, fue creada en Bucaramanga (Colombia), en Enero de 1995 con el objetivo inicial de aprovechar los residuos sólidos y contribuir al uso sostenible de los recursos naturales. FLEXIFORM a través de su trayectoria ha estado involucrado en un gran número de proyectos dirigidos al mejoramiento del medio ambiente, la mitigación de impactos y la descontaminación.

**Tabla 5. Descripción de la Empresa**

| | |
|---|---|
| **Nombre** | Empresa Asociativa de Trabajo FLEXIFORM |
| **Reg. Cámara y Comercio** | 01059785 |
| **Domicilio** | Calle 69 A No. 77-41 Bogotá, Colombia. |
| **Teléfono** | 2515516 en Bogotá |
| **CIIU** | K7310 |

Fuente: Los Autores

Su aporte no solamente es de tipo ambiental, sino que la empresa tiene un compromiso social que involucra en sus políticas ambientales emplear para el desarrollo de sus proyectos a la población de recuperadores de residuos sólidos y a personas que sobrepasen los 40 años.

**7.1.1 Responsabilidad Social Empresarial.** Existen diversos conceptos sobre lo que es Responsabilidad Social Empresarial, algunos de ellos son:

- "Integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y en sus relaciones con sus interlocutores". Unión Europea

- "Visión de negocios que integra el respeto por los valores éticos, las personas, la comunidad y el medio ambiente." Red Forum Empresa.

- "Forma de gestionar una organización mediante la interacción y relación armónica con sus diferentes grupos de interés dando respuesta a sus expectativas financieras, sociales y ambientales de manera que se contribuya al desarrollo sostenible y a la creación de valor en todo el sistema". -Centro Colombiano de Responsabilidad Empresarial -CCRE-

Flexiform con el compromiso del mejoramiento busca un aporte de competitividad, sostenibilidad y desarrollo en su organización en el ámbito público y privado, es por esto que trabaja bajo el principio de Responsabilidad Social Empresarial, que se basa en la toma de decisiones gerenciales enfocadas hacia el desarrollo de plataformas que apoyan la definición e integración de prácticas éticas y socialmente responsables necesarias para generar confianza en los mercados, actuar de manera adecuada, asumir las consecuencias por aquello que se efectuó, conocer el impacto de dichas acciones, así como evidenciar sus riesgos, debilidades, oportunidades y fortalezas.

La Gerencia apoya y se compromete con estándares éticos que permitan la integridad y la transparencia en la forma como hacen sus negocios. Así mismo quiere establecer sinergias entre los diferentes actores de la sociedad (privados, estado y sociedad civil), para que se puedan estudiar los resultados en aspectos sociales, económicos y ambientales, de las

actuaciones empresariales y asumir determinados retos: mejorar las formas de producción para no afectar el ecosistema, establecer mejores prácticas laborales con el talento humano, atender los postulados de derechos humanos en relación con los empleados, organizar condiciones favorables en los sitios de trabajo, identificar el tipo de relación que se tiene con las comunidades, entre otras prácticas. Es por esto que resulta imprescindible comprender cómo llegar a minimizar el aporte negativo a la sociedad y maximizar el efecto positivo que se tiene sobre ésta.

## 7.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.

FLEXIFORM es una pequeña empresa manufacturera dedicada entre otros aspectos a la investigación de nuevos productos fabricados a partir del reciclaje de residuos sólidos y se ubica según el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU) dentro del grupo de Actividades Empresariales (K), la actividad de Investigación y Desarrollo Experimental en el Campo de las Ciencias Naturales y la Ingeniería (7310).

El proceso productivo de reciclaje de residuos plásticos tiene el objetivo de facilitar los medios para manejar los residuos sólidos plásticos generados en las diferentes actividades que producen este material. A partir de la problemática del manejo de estos residuos, se desarrolló una alternativa para evitar que lleguen a convertirse en una carga debido a costos de servicio de recolección y manejo en rellenos sanitarios. La finalidad es aprovechar los desechos plásticos convirtiéndolos en una composición polimérica moldeable permitiendo el desarrollo de productos que se incorporen a un nuevo ciclo de vida.

La propuesta que FLEXIFORM ha desarrollado se denomina Reciclaje de Plástico Mixto y utiliza tecnología e ingenio Colombiano, para la formación de nuevos productos a partir del reciclaje de materiales plásticos. El

proceso involucra grandes volúmenes de material reciclado, siendo este su principal componente y permite mezclar diversos tipos de plásticos sin alterar significativamente sus cualidades. El producto resultante del proceso es considerado como un sustituto de la madera y el concreto por las características de su estructura y las variadas formas que puede tomar según el molde al que es sometido.

## 7.3 ACTIVIDADES PRODUCTOS Y SERVICIOS

Entre sus principales actividades está la fabricación y comercialización de productos amigables con el medio ambiente como:

- *ADSORBENTE NOW:* Producto utilizado para contención de derrames de hidrocarburos

- *PRODUCTOS FABRICADOS A BASE DE COMPOSICIÓN POLIMÉRICA MIXTA (CPM)*: La composición polimérica posee la característica de ser moldeable de acuerdo al tipo de producto que se desee fabricar, satisfaciendo así las necesidades del mercado y así mismo la Composición Polimérica Mixta Granulada (CPMG) esta compuesta de diferentes residuos plásticos reciclados y puede variar en su formulación[15], con el objetivo de modificar las especificaciones de resistencia y dureza del producto.

Entre los servicios prestados por la empresa están las asesorías ambientales en temas de reciclaje de residuos plásticos y control de emergencias en derrames de hidrocarburos.

[15] Formulación: Operación que consiste en el mezclado de materias primas para la obtención de la CPM.

A continuación se presentan algunos productos que se han realizado a partir de la Composición Polimérica Mixta (CPM) en algunas pruebas piloto.

**Foto 1. Mesón Clasificador**

**Foto 2. Adoquín**

**Foto 3. Canchas de Tejo Clasificador**

**Foto 4. Soporte**

Fuente:

Como se puede observar de acuerdo a lo anterior, casi todos los objetos de madera o cemento pueden ser sustituidos por la CPM donde prevalecen características físicas y técnicas como:

- Resistencia a la intemperie.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a ataques biológicos.
- Capacidad para absorber golpes.
- Buena resistencia a la abrasión
- Liviandad.
- Impermeabilidad.
- Baja conductividad.
- Aislante
- Vulnerable a altas temperaturas.

## 8. DIAGNÓSTICO

Para el diagnóstico se evaluaron tres criterios principales que son: Proyecto Proceso, y Producto definiéndolos así:

- *Proyecto*: Capacitación de los recuperadores en la fabricación del adoquín a base de una Composición polimérica mixta (CPM).
- *Proceso:* Fabricación de adoquines CPM.
- *Producto*: Adoquín CPM.

A continuación se desarrolla cada criterio.

## 8.1 PROYECTO OEI "CENTRO DE HABILITACIÓN OCUPACIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS."

La Organización de estados Iberoamericanos - OEI - , Federación Nacional de Vivienda Popular - FENAVIP - y LA RED DE SOLIDARIDAD SOCIAL, formularon este proyecto con el objetivo principal de crear y consolidar gradualmente un centro de habilitación ocupacional en el que se desarrollen formas alternativas de materiales de construcción, a partir de la utilización de materiales aprovechables recuperados de los residuos, con el ánimo de mejorar las condiciones habitacionales de la población de recuperadores de residuos sólidos del Distrito Capital, y paralelamente construir un sistema productivo, capaz de satisfacer las necesidades básicas de la población que lo demande.

El proyecto tiene relación directa con el Plan Distrital de Desarrollo "Bogotá Sin Indiferencia", puntualmente el programa relativo al Eje Social encaminado, de manera concreta, a brindar oportunidades efectivas de formación integral y de generación de empleo e ingresos mediante la inversión pública y compromisos con el sector privado.

En el Distrito Capital, existe también el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMRS) (año 2000) en el que uno de sus objetivos es lograr una inclusión productiva y social de los recuperadores. De igual forma el decreto 1505 de 2003 en el art. 7 numeral 5, dice que se debe garantizar 1a participación de los recicladores y del sector solidario, en las actividades de recuperación y aprovechamiento, con el fin de consolidar productivamente estas actividades y mejorar sus condiciones de vida".

El proyecto pretende entre otros aspectos:

- A partir de la formación a los recuperadores generar la posibilidad de una ocupación digna para esta población, empresas asociativas de trabajo, recicladores y demás organizaciones de base comunitaria.
- Sensibilización a los usuarios y capacitación a recicladores buscando profesionalizar su labor.
- Organización y/o fortalecimiento del tejido social.
- Coordinación y fortalecimiento interinstitucional entre las entidades involucradas.
- Generación de ingresos para organizaciones de recicladores y sus asociados.
- Fomento de la pequeña empresa.

El propósito es generar un espacio abierto y alternativo, de excelencia y vanguardia, al cual pueda acceder cualquier persona interesada, de cualquier edad o condición social o cultural, para aprender y participar en la investigación, la reflexión y la construcción solidaria y colectiva de soluciones sociales ambientales, de regulación económica de la actividad del reciclaje buscando mejorar el nivel de vida del Reciclador, mediante su tecnificación ocupacional dentro del ámbito del desarrollo sostenible.

**8.1.1 Ejecución del proyecto.** La Red de solidaridad social a través de su programa de reciclaje destinó un capital para la ejecución del proyecto marco, este capital lo administra la OEI que funciona como entidad fiduciaria, quienes plantearon tecnificar a la población de recuperadores en procesos de reciclaje cuyo producto final sean materiales de construcción. Aplicando a los objetivos del proyecto se presenta como alternativa el proceso de fabricación de adoquines CPM de Flexiform.

FENAVIP dispone de un terreno de 100 $m^2$ ubicado en la localidad de Suba, donde se lleva a cabo el montaje de la planta piloto que permitirá verificar el funcionamiento del proceso, adicionalmente con el estudio de

factibilidad se busca brindar una herramienta que apoye la toma de decisiones de la aplicabilidad del proceso a la población objeto.

Dado que la producción es de carácter experimental, durante el primer mes de trabajo se realizó el montaje de la planta piloto con las maquinas necesarias para producir 52m$^2$ de adoquín de plástico reciclado que corresponde a 1040 unidades, que serán instaladas en la zona de parqueo del barrio Suba Bilbao donde FENAVIP actualmente realiza la construcción de viviendas de interés social.

Una vez determinada la viabilidad del proyecto se procederá a adquirir la maquinaria necesaria para una planta semi-industrial que permita capacitar a la población de recuperadores en la técnica de fabricación de adoquines.

Se acordó trabajar en primera instancia, a través de los grupos que están establecidos, personas que ya tengan algún conocimiento de economía solidaria[16], que hayan pertenecido o pertenezcan a algún grupo y que estén en capacidad de asistir un promedio de 140 horas por la totalidad de la capacitación, posteriormente se estudiará la alternativa de capacitar recuperadores no asociados.

Se estableció un convenio con la Asociación Nacional de Recicladores la cual se compromete a mantener un grupo de 30 recicladores, vinculados al centro de habilitación ocupacional, con disponibilidad de tiempo completo, durante mínimo 10 ciclos completos de capacitación.

[16] Sistema- socioeconómico, cultural y ambiental conformado por el conjunto de fuerzas sociales organizadas en formas asociativas identificadas por prácticas autogestionarias solidarias, democráticas y humanistas, sin ánimo de lucro para el desarrollo integral del ser humano como sujeto, actor y fin de la economía.

Adicionalmente la ANR deberá suministrar los materiales recuperados por los grupos asociados al precio del mercado, según requerimientos del proyecto.

El objetivo es entonces que los recuperadores logren constituir una entidad sin ánimo de lucro, bajo la figura de cooperativa, de manera organizada, donde puedan comercializar los adoquines.

### 8.1.2 Aportes al Proyecto.

Red de Solidaridad Social: Aporta $300.000.000 para la ejecución del proyecto.

FENAVIP: Facilita los espacios físicos donde se realizarán las pruebas de instalación de los adoquines que permitirán verificar su comportamiento en estas áreas, adicionalmente se compromete a adquirir y utilizar los materiales de construcción fabricados por los recuperadores.

OEI: Entidad fiduciaria y administra el proyecto.

Comunidad: La comunidad interviniente es la población de recuperadores de Bogotá D.C. quienes aportan la mano de obra para la ejecución del proyecto.

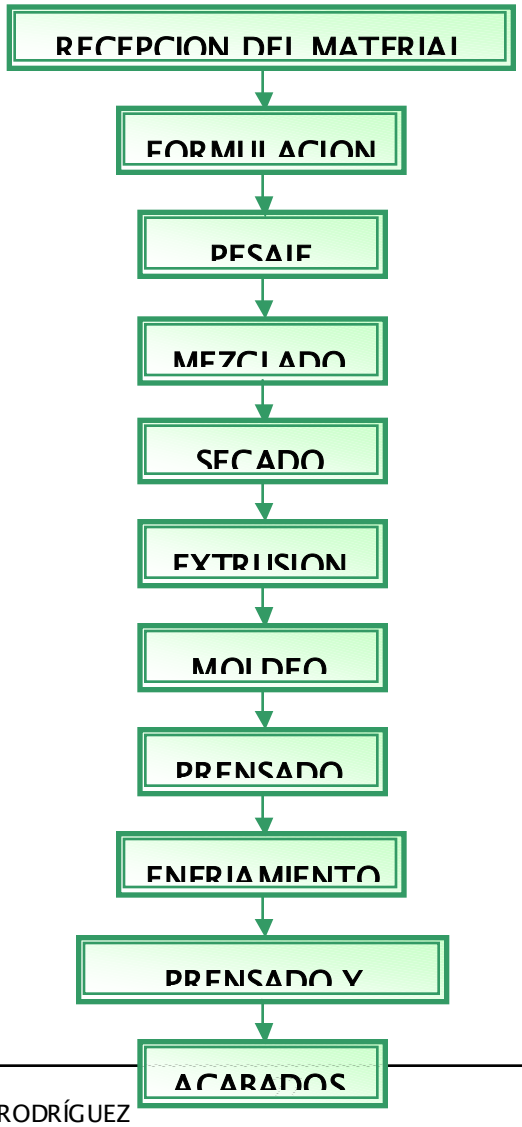
## 8.2 PROCESO DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS MIXTOS.

El primer montaje del proceso de reciclaje de plástico mixto se realizó en la ciudad de Bucaramanga, allí se fabricaron diferentes productos a base de una composición polimérica moldeable constituida por cauchos, resinas y varios materiales plásticos post consumo y/o post industria. Actualmente este proceso de reciclaje no se encuentra en funcionamiento debido al

traslado de la maquinaria a la ciudad de Bogotá D.C., donde se realiza un montaje piloto para el proyecto de la OEI, FENAVIP y la Red de Solidaridad Social.

Como Flexiform no tiene documentado su proceso, se recopiló la información necesaria para elaborar el diagrama de flujo Figura 5. Y la descripción de las diferentes etapas del reciclaje de plásticos mixtos, a continuación se describe cada una de ellas:

**Figura 5. Diagrama de Flujo del proceso de Reciclaje de plásticos mixtos**



Fuente: Los Autores

**Recepción del material:** El material es recibido previamente molido, en pedazos finos. El área de recepción cuenta con una zona donde se recibe el material y se almacena.

**Formulación:** En esta etapa se determina el porcentaje de cada materia prima necesaria para darle al producto final las características de dureza y la resistencia acorde al uso final deseado.

**Pesaje:** En esta fase se pesan los resultados de la formulación que compone la mezcla de plásticos y se cuantifica el material que va a ser introducido al proceso de acuerdo a la producción estimada. Este procedimiento se realiza con una báscula con capacidad de 100 Kilos.

**Mezclado:** Se lleva a cabo con una máquina mezcladora donde se deposita la ración de cada plástico previamente pesado. Su función principal es homogenizar la mezcla, adicionando aditivos como aglutinantes y refuerzos formando una composición polimérica mixta granulada (CPMG).

**Secado**: La CPMG entra a un silo de almacenamiento donde es sometida a una temperatura aproximada de 20°C con el fin retirar la humedad del material.

**Extrusión**: Es un proceso continuo mediante el cual se calienta, transporta y dosifica la CPMG. Se realiza con una máquina extrusora con capacidad para trabajar materiales mixtos que permite fundir la mezcla, la pasa a través de una boquilla y deposita la Composición Polimérica Mixta (CPM) en un molde donde toma la forma del producto final.

**Moldeo**: Esta etapa consiste en colocar un molde (hembra) a la salida de la extrusora en el cual se deposita una cantidad exacta de CPM fundida. Posteriormente se coloca otro molde (Macho) dando forma al producto.

**Prensado**: En esta fase se prensa las dos secciones con el objetivo de forzar al material a tomar la forma del molde y comprimirlo completamente.

**Enfriamiento**: El molde se desplaza por una banda transportadora que cuenta con un sistema de flauta que rocía agua sobre los moldes para de esta manera enfriar el material, luego se procede a realizar el desmolde donde se extrae el producto.

**Prensado y reposo**: El producto resultante del procedimiento anterior es sometido a un prensado continuo donde se deja en reposo por un espacio de 24 horas para que solidifique y conserve su forma.

**Acabados**: En esta fase se busca adecuar el producto con las condiciones necesarias para que salga al mercado. Consiste en retirar las rebabas, limpiar y terminar el producto para su posterior empaque.

**8.2.1 Línea de producción de adoquín CPM.** La investigación está basada en la línea de producción de adoquines. Se escogió este producto para aplicar al proyecto marco de la OEI "CENTRO DE HABILITACIÓN

OCUPACIONAL PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCION A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS"

Para el análisis del proceso productivo se realizó un seguimiento a partir de muestreos a la planta piloto que actualmente produce 22 adoquines hora, los resultados obtenidos se proyectaron a la planta semi-industrial que cuenta con mayor capacidad y corresponde a una producción de 88 adoquines hora.

**8.2.1.1 Materias Primas.** El proceso de reciclaje de adoquines utiliza como materias primas residuos plásticos que han sido sometidos previamente por los proveedores a procedimientos de acondicionamiento mediante operaciones de separación, selección, reducción de tamaño, lavado, secado y control de calidad (Anexo H).

La calidad del material de entrada está determinada por la naturaleza y el grado de mezcla de los diferentes tipos de residuos presentes en el material de reciclaje así como el grado de suciedad en ellos. Los polímeros necesarios para la producción de adoquines se presentan a continuación:

**8.2.1.1.1 Poliestireno (PS).** El poliestireno es el polímero resultante de la síntesis orgánica entre el etileno y el benceno (hidrocarburos derivados del petróleo) para formar el monómero del estireno que se polimeriza a poliestireno. Los tipos principales de PS son el poliestireno uso general (tabla 6) y el poliestireno de alto impacto (tabla 7).

Es un termoplástico transparente, incoloro, duro y rígido que se puede colorear o pigmentar en muchos tonos opacos y transparentes.

**Tabla 6. Características Poliestireno**

| | |
|---|---|
| **CODIFICACIÓN** | 1. PS |
| **NOMBRE COMPLETO** | Poliestireno |
| **PROPIEDADES GENERALES** | Alta rigidez y dureza; alta transparencia; buenas propiedades eléctricas y dieléctricas; poca absorción de agua; Fácil procesamiento y mayor densidad en el agua. |
| **APARIENCIA** | Transparente con alto brillo superficial o coloreado en todos los tonos, opaco o nacarado |
| **COMBUSTIBILIDAD** | Arde con llama que genera humo denso sin gotear |
| **TEMPERATURA** | 170 – 190 °C |
| **PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS** | Olor a estireno |
| **PRESENTACIÓN** | Granulado |

Fuente: Los Autores

**Tabla 7. Características Poliestireno Expandido**

| | |
|---|---|
| **CODIFICACIÓN** | 1. PS |
| **NOMBRE COMPLETO** | Poliestireno Expandido |
| **PROPIEDADES GENERALES** | Muy ligero de peso; alta resistencia al calor; tenacidad a la compresión; rigidez, se deforman de manera permanente; flota en el agua. |
| **APARIENCIA** | Forma de perlas expansibles de varios tamaños para elaboración de artículos de paredes muy gruesas y de bajo peso. |
| **COMBUSTIBILIDAD** | Gotea al arder |
| **PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS** | No produce inconvenientes |
| **PRESENTACIÓN** | Granulado |

Fuente: Los Autores

**8.2.1.1.2 Polipropileno (PP).** El polipropileno es un hidrocarburo que pertenece a la familia de las poliolefinas y es producido a través de la polimerización del propileno (el cual es un gas resultante como subproducto de la industria petroquímica), utilizando catalizadores de tipo Ziegler Natta o Metallocenos para su reacción.

Su estructura molecular consiste de un grupo metilo (CH3) unido a un grupo vinilo $(CH2)_5$. El polipropileno también puede ser copolimerizado con etileno para formar los copolimeros random (mejor transparencia y brillo) y los copolímeros de impacto (buena resistencia al impacto a temperatura ambiente y bajas temperaturas).

**Tabla 8. Características Polipropileno**

| | |
|---|---|
| CODIFICACIÓN | 5. PP |
| NOMBRE COMPLETO | Polipropileno |
| PROPIEDADES GENERALES | Buena resistencia eléctrica; baja permeabilidad al agua; flota en el agua, resistente al ataque de hongos y bacterias; fácilmente coloreado; buena resistencia a la fatiga; soporta el ataque químico. |
| APARIENCIA | Su tonalidad natural va desde ligeramente transparente hasta opaca. Se puede teñir en muchos colores opacos con alto brillo superficial. |
| TEMPERATURA | 158 – 168 °C |
| COMBUSTIBILIDAD | Arde con llama azulada y genera olor a parafina y aceite quemado. |
| PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS | Inodoro, insípido. |
| PRESENTACIÓN | Granulado |

**8.2.1.1.3 Polietileno (PE).** Se produce a partir del etileno derivado del petróleo o gas natural. El etileno se somete en un reactor a un proceso de polimerización. Este se realiza en presencia de un catalizador, en condiciones de presión y temperatura que posibilitan la formación de polímeros, que en el producto final tienen la forma de gránulos, denominados pellets.

En la formulación de la CPM se utiliza el polietileno de alta densidad PEAD y el polietileno de baja densidad PEBD clasificados por la ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales) de la siguiente forma:

Tipo I, de baja densidad (0,910 – 00,925 g/cm3)
Tipo III, de alta densidad (0,961 – 0,965 g/cm3)

**8.2.1.1.3.1 Polietileno de Alta Densidad.** Termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se puede transformar de diversas formas.

**Tabla 9. Características Polietileno de Alta Densidad**

| | |
|---|---|
| **CODIFICACIÓN** | 2. PEAD |
| **NOMBRE COMPLETO** | Polietileno de alta densidad |
| **PROPIEDADES GENERALES** | Alta resistencia química; no absorbe humedad; buenas propiedades eléctricas especialmente su resistencia dieléctrica; alta resistencia al impacto; no se rompe al doblarlo; flota en el agua; alta resistencia mecánica, rigidez y dureza. |
| **APARIENCIA** | Su coloración natural es blanca, lechosa, opaca; muy bajo brillo; se puede teñir en cualquier tono opaco. |
| **COMBUSTIBILIDAD** | Arde con llama azulada; funde y gotea; genera olor a parafina. |
| **TEMPERATURA** | 125 – 140 °C |
| **PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS** | Inoloro, insípido e indiferente. |
| **PRESENTACIÓN** | Granulado |

Fuente: Los Autores

**8.2.1.1.3.2 Polietileno de Baja Densidad.** Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, soplado, extrusión y rotomoldeo. Las especificaciones técnicas se ven en la tabla 8.

El plástico molido se recibe en bultos de 30 Kg que son almacenados en un depósito temporal, para ser distribuidos en la etapa de formulación. La

limpieza con la que ingresa el material es fundamental ya que la calidad del granulado no está determinada únicamente por la pureza y tipo de plástico triturado, sino también por el grado de impurezas residuales.

**Tabla 10. Características Polietileno de Baja Densidad**

| | |
|---|---|
| **CODIFICACIÓN** | 2. PEBD |
| **NOMBRE COMPLETO** | Polietileno de baja calidad densidad |
| **PROPIEDADES GENERALES** | Baja densidad; rigidez elevada; resistente a los rayos X; alta tenacidad, resistencia al impacto; flexibilidad; facilidad de procesamiento; transparencia; gran resistencia química; baja permeabilidad en el agua; buenas propiedades eléctrica; flota en el agua. |
| **APARIENCIA** | En láminas delgadas es casi transparente; coloreado en translucido y opaco; de bajo o alto brillo. |
| **COMBUSTIBILIDAD** | Arde con llama azulada y genera olor a parafina y aceite quemado. |
| **TEMPERATURA** | 105 – 115 °C |
| **PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS** | Indiferente |
| **PRESENTACIÓN** | Granulado |

Fuente: Los Autores

**8.2.1.1.4 Material Aglutinante.** Se utiliza como aglutinante caucho que ha sido sometido a procesos de triturado o pulverizado y lavado. Este material es utilizado en la formulación para dar a la CPMG propiedades de cohesión por efecto exclusivamente físico.

**8.2.1.1.5 Refuerzos.** Son Fibras largas o tejidas, en forma de alfombra, tejidos o fibra continua que se adicionan a la formulación en menor proporción que los polímeros. Su finalidad es la de dar a la CPM mayor rigidez, aumentar la resistencia mecánica y la resistencia a la deformación por calor

**8.2.1.2 Maquinaria.** El diagrama de flujo del proceso de reciclaje de plástico mixto (ver numeral 8.2), describe las etapas e incluye las secciones donde se encuentran las diferentes máquinas.

La maquinaria utilizada para la fabricación de adoquines CPM, es tecnología nacional puesto que Flexiform es su fabricante. Debido a la ausencia de documentación sobre las especificaciones técnicas, se diseñaron formatos para recopilar la información sobre sus características.

A continuación se presentan las especificaciones de cada máquina:

**Tabla 11. Especificaciones Técnicas Báscula**

| SISTEMA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| BÁSCULA | Modelo: *Báscula manual con plancha sensible* |
| | Operación: *Manual* |
| | Fabricante: *Horse* |
| | Capacidad : *100Kg* |
| | Costo de la máquina: *$ 750.000* |
| Partes de la máquina | Nº de operarios: *1* |

| SISTEMA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| - *Reloj*<br>- *plataforma sensible* | Operación que realiza: *Pesa el material plástico.* |

Fuente: Los Autores

**Tabla 12. Especificaciones Técnicas Máquina Mezcladora**

| MAQUINA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| MEZCLADORA<br><br>Partes de la máquina<br><br>- *Tambor en hierro de 40cm*60cm*<br>- *2 aspas cruzadas*<br>- *Motor*<br>- *Base metálica* | Modelo: *Mezcladora Flexiform* |
| | Operación: *Mecánica* |
| | Fabricante: *Flexiform* |
| | Capacidad: *100Kg* |
| | Fuente de energía : *Eléctrica* |
| | Motor: *2 HP* |
| | Costo de la máquina: *$700.000.oo* |
| | Nº de operarios: *1* |
| | Operación que realiza: *Mezcla la CPMG que es introducida por la zona de alimentación del tambor, para homogenizar el material.* |

Fuente: Los Autores

**Tabla 13. Especificaciones Técnicas Silo de Almacenamiento**

| SISTEMA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| SILO<br><br>Partes<br><br>*-Tambor de almacenamiento en aluminio de1.50m * 60cm*<br>*- Boquilla de salida*<br>*- Base metálica* | **M**odelo: *Silo Flexiform* |
| | **O**peración: *Manual* |
| | **F**abricante: *Flexiform* |
| | **C**apacidad: *100Kg* |
| | **F**uente de energía : *Calor externo* |
| | **C**osto de la máquina: *$650.000.oo* |
| | **Nº** de operarios: *1* |
| | **O**peración que realiza: *Almacena la CPMG que es introducida por una zona de alimentación superior y se extrae por un boquilla inferior.* |

Fuente: Los Autores

**Tabla 14. Especificaciones Técnicas Máquina Extrusora**

| MAQUINA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| EXTRUSORA<br><br>Partes de la máquina<br><br>*- Tolva*<br>*- Tornillo*<br>*- Motor* | **M**odelo: *Extrusora Flexiform* |
| | **O**peración: *Mecánica* |
| | **F**abricante: *Flexiform* |
| | **C**apacidad de Producción: *71 Kg/Hr* |
| | **F**uente de energía : *Eléctrica* |
| | **T**emperatura: 150-300°C |

| MAQUINA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| - *Caja de velocidades*<br>- *6 resistencias de 1200 w/hr*<br>- *Extractor*<br>- *Panel de Control*<br>- *Camisa*<br><br>**Foto 5. Extrusora Flexiform**<br> <br>Fuente: Los Autores | **M**otor: *20 HP* |
| | **C**osto de la máquina: *$33.000.000.oo* |
| | **Nº** de operarios: *1* |
| | **P**roceso que realiza: *Tiene como función hacer de la CPMG una masa fundida homogénea que es obligada a pasar por un boquilla. A diferencia de las extrusoras convencionales, esta permite variar las velocidades del tornillo de acuerdo a la formulación de la CPM permitiendo así trabajar con diversos tipos de durezas y temples.* |

Fuente: Los Autores

**Tabla 15. Especificaciones Técnicas Máquina de Prensado**

| MAQUINA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| **PRENSA**<br><br>Partes de la máquina<br><br>- *2 gatos*<br>- *Unidad hidráulica*<br>- *Estructura metálica de soporte* | **M**odelo: *Prensa Flexiform 01* |
| | **O**peración: *Manual* |
| | **F**abricante: *Flexiform* |
| | **C**apacidad de prensado: *3500psi y 15Ton de Fuerza* |
| | **C**apacidad interna: *Posee dos secciones de prensado, cada una con capacidad de prensar un molde.* |
| | **F**uente de energía : *Eléctrica* |

| | |
|---|---|
| *soporte*<br>*- Palanca*<br>*- Dimensiones: 1.50mt*1.50mt*<br><br>**Foto 6. Prensa 01 Flexiform**<br> | **M**otor: *4 HP*<br>**C**osto de la máquina: *$16.550.000.oo*<br>**Nº** de operarios: *1*<br><br>**O**peración que realiza: *Prensa el material contenido en el molde* |

Fuente: Los Autores

## Tabla 16. Especificaciones Técnicas Sistema de Enfriamiento

| MAQUINA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| | **M**odelo: *Sistema de Enfriamiento Flexiform* |
| | **O**peración: *Automática* |

| | |
|---|---|
| **SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**<br><br>Partes del Sistema<br><br>- *Tanque de almacenamiento de agua*<br>- *Flauta*<br>- *Bomba*<br>- *Canal colector de águas.* | **F**abricante: *Flexiform* |
| | **C**apacidad: *250 Lt* |
| | **F**uente de energía : *Eléctrica* |
| | **M**otor: *¼ HP* |
| | **C**osto de la máquina: *$1.000.000.oo* |
| | **Nº** de operarios: *1* |
| | **O**peración que realiza: *Humedece los moldes que contienen la CPM por medio de una flauta que rocía agua y a su vez recirculada en esta fase.* |

Fuente: Los Autores

**Tabla 17. Especificaciones Técnicas Máquina de Prensado**

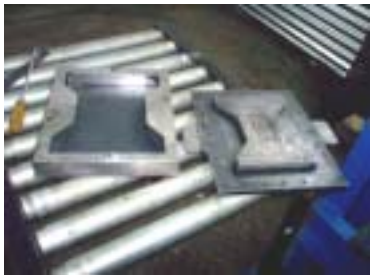
| MAQUINA | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| **PRENSA**<br><br>Partes de la máquina<br><br>- *1 gato*<br>- *Unidad hidráulica*<br>- *Base de prensado*<br>- *Palanca*<br>- *Dimensiones: 15.0M** | **M**odelo: *Prensa Flexiform 02* |
| | **O**peración: *Hidráulica* |
| | **F**abricante: *Flexiform* |
| | **C**apacidad de prensado: *3500psi y 15Ton de Fuerza* |
| | **C**apacidad interior: 1 $m^2$ de adoquín. |
| | **F**uente de energía : *Eléctrica* |
| | **M**otor: *4 HP* |

| | |
|---|---|
| *1.20M*<br><br>**Foto 7. Prensa II Flexiform**<br> <br>Fuente: Los Autores | Costo de la máquina: *$7.750.000.oo*<br>Nº de operarios: *1*<br>Operación que realiza: *Prensa por un periodo de 24 horas el adoquín previamente desmoldado.* |

Fuente: Los autores

**Tabla 18. Especificaciones Técnicas Moldes**

| PIEZAS | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| MOLDES<br><br>Partes de la máquina<br><br>- *5 moldes de acero* | Modelo: *Molde Flexiform*<br>Operación: *manual*<br>Fabricante: *Flexiform*<br>Capacidad: *800 gr*<br>Costo del molde : *$6.750.000.oo* |

| | |
|---|---|
| **Foto 8. Moldes Flexiform**<br>  <br>Fuente: Los Autores | Operación que realiza: *Da forma a la CPM fundida.* |

Fuente: Los autores

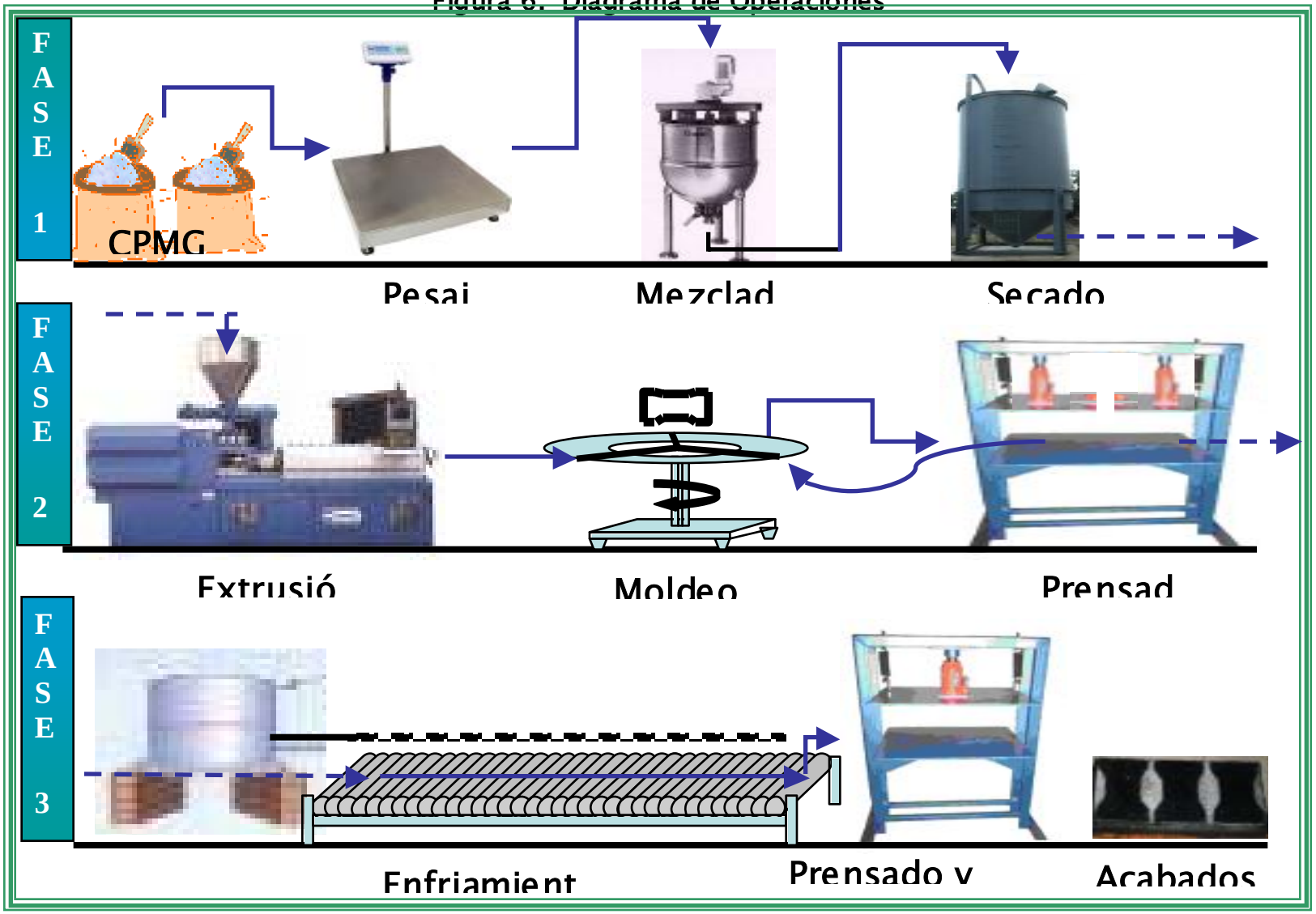
**Tabla 19. Especificaciones Técnicas Sierra Eléctrica**

| PIEZAS | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| SIERRA ELÉCTICA | Materiales para realizar acabados: Sierra Eléctrica |
| | Operación: *manual* |
| | Fabricante: Flexiform |
| | Costo : *$650.000* |
| | Fuente de energía : *Eléctrica* |
| | Motor: *1 HP* |
| | Operación que realiza: *Retirar las rebabas del adoquín terminado.* |

Fuente: Los Autores

**8.2.1.3 Diagrama De Operaciones.** El proceso de transformación de resinas plásticas mixtas que realiza Flexiform se ha puesto a prueba bajo montajes piloto que han arrojado resultados del funcionamiento de la línea de producción de adoquines CPM. Para tener un concepto claro del proceso productivo se realizo el diagrama de operaciones (ver Figura 6.) dividiéndolo en tres fases básicas consecutivas.

Figura 6. Diagrama de Operaciones




Fuente: Los



SHEILA VANESSA ALZATE RODRÍGUEZ
FANNY TATIANA TAFUR RUGE
UNIVERSIDAD DE LA SALLE

La primera fase corresponde a las tres primeras operaciones donde se hace la conformación de la CPMG y no existe ninguna transformación del material.

La segunda fase describe el proceso de transformación de la CPMG y la operación mediante la cual se da forma al producto.

Por último en la tercera fase se especifican las operaciones para la presentación del producto final que es el adoquín

*PRIMERA FASE:* Como primera medida se realiza la formulación que consiste en determinar las proporciones de cada una de las materias primas (ver numeral 8.2.1.1) con base a la producción deseada de adoquines y a los porcentajes de cada plástico. Posteriormente en la báscula se pesan las diferentes cantidades de materia prima y se introducen en la mezcladora que por un periodo de 30 minutos homogeniza la mezcla generando la CPMG, esta es almacenada en un silo que en la parte superior cuenta con una entrada de aire caliente (proveniente de la extrusora), con el fin de liberar la humedad de la CPMG. El silo posee en la parte inferior una boquilla donde se extrae manualmente el material necesario para la siguiente etapa.

*SEGUNDA FASE*: El proceso principal de esta fase es la extrusión. La CPMG se coloca en una tolva que alimenta un cilindro que consta de un tornillo sin fin, a esta sección se le denomina “Zona de Transición”, en ella se encuentra el material en estado sólido y en varios estados intermedios hasta la formación de una masa fundida, homogénea que debe ser entregada en forma constante y uniforme por medio de una boquilla a un molde.

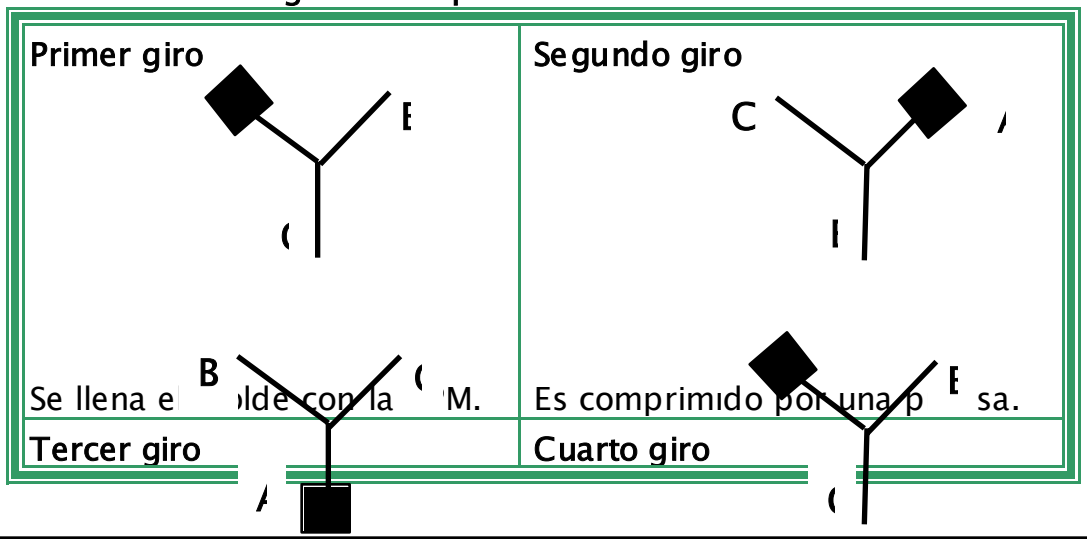
La extrusora cuenta con una camisa que cubre la zona de transición permitiendo aprovechar y dirigir la energía calórica liberada al silo de almacenamiento.

A continuación de la extrusora se encuentra un pulpo giratorio, su función es sostener tres moldes y transportarlos hacia la prensa y a la extrusora, el sistema de moldeo de un adoquín funciona con 6 giros de 1/3 de vuelta como muestra la Figura 7.

El sistema de moldeo se denomina "Moldeo por compresión" (Figura 8.) Es un proceso de pos-extrusión que consiste en colocar en el fondo de un molde, una cantidad exacta de material fundido. Posteriormente, se unen las mitades del molde para comprimir dicho material y forzarlo a tomar la forma de la cavidad.

Cuando inicialmente se vierte en el molde 400gr de CPM, este se dirige a la zona de prensado, la primera sección de la prensa desgasifica el material lo que genera una reducción del volumen dentro del molde, posteriormente al regresar a la extrusora es completado su volumen (400gr) y gira nuevamente hacia la zona de prensado donde se desplaza a la segunda sección de la prensa para continuar a la siguiente etapa.

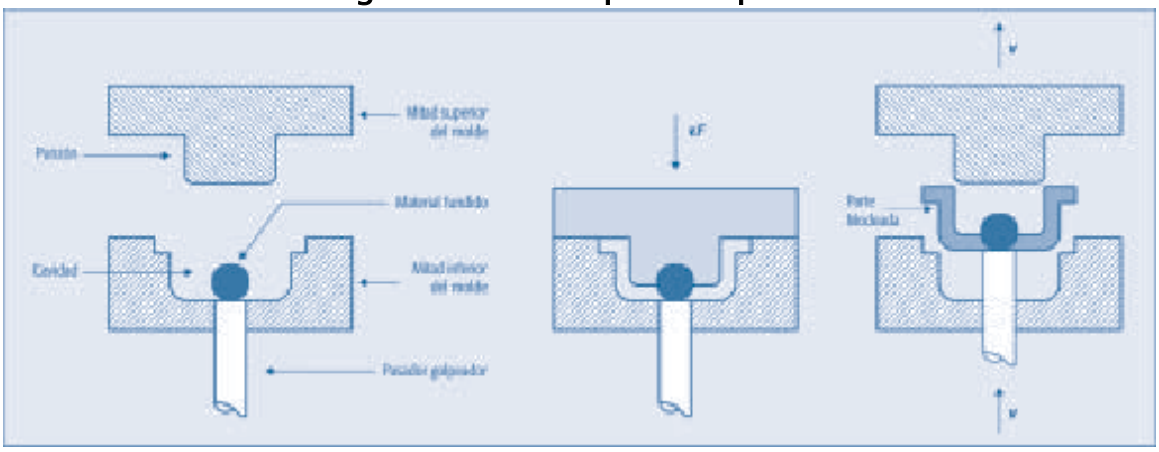
**Figura 7. Esquema del ciclo de moldeo**



| | |
|---|---|
| Molde en estado de reposo. | Regresa para completar su volumen |
| **Quinto giro**<br><br>El molde se dirige a otra prensa. | **Sexto giro**<br><br>Es colocado un nuevo molde en el pulpo |

Fuente: Los Autores

**Figura 8. Moldeo por Compresión**




Fuente: Guía Ambiental del sector de plásticos, MMA y Acoplásticos

*TERCERA FASE:* Se extrae el adoquín del molde y posteriormente entra a la zona de enfriamiento, allí se desplaza por un mesón de rodillos y es rociado con agua para endurecer la CPM, el agua que ha humedecido los adoquines es recolectada por un sistema de canales que la recircula, de esta forma retorna al tanque de almacenamiento de agua.

Por ultimo el adoquín es colocado en la base de una prensa, el periodo de prensado es de 24 horas con el objetivo de mantener el adoquín presionado y evitar que se deforme en el enfriamiento al ambiente.

Los acabados del adoquín consisten en retirar la rebaba y alistarlo para el empaque, se organizan paquetes que contienen la cantidad para instalar un metro cuadrado.

**8.2.1.4 Balance de Materia y Energía.** El balance de materia y energía describe las entradas y salidas del proceso para la fabricación del adoquín CPM, la información suministrada por la empresa fue analizada y con la descripción detallada del proceso se establecieron las condiciones ideales de operación, para prever los posibles impactos ambientales que se pueden generar en la puesta en marcha.

Para detectar las fases del proceso de fabricación de adoquines CPM que pueden producir impacto ambiental, se tomaron como referencia otros procesos de transformación de residuos plásticos, ya que estos presentan algunas características similares en cuanto a la maquinaria y equipos, cabe anotar que gran parte de las empresas de reciclaje de plásticos utilizan solo un tipo de resina como materia prima.

Paralelamente se realizó una revisión bibliográfica con el fin de adquirir herramientas que sirvieran de soporte para la investigación:

- Información suministrada por Flexiform.

- Guía ambiental No. 4: Pequeñas empresas de transformación de residuos plásticos, CINST y CAR,
- Guías ambientales del sector de plásticos, MAVDT, 2004.

En el Anexo I se encuentran consignadas las memorias y procedimientos de cálculo correspondientes a los balances realizados.

**8.2.1.4.1 Balance de Materia.** La Figura 9 presenta el balance donde se detalla el flujo de las Materias Primas y las pérdidas, aquí se contabilizan las corrientes de sólidos, líquidos y gases de los procesos y operaciones unitarias, los datos fueron tomados de tres fuentes:

- Datos suministrados por Flexiform de la planta de reciclaje de plásticos mixtos que funcionó en la ciudad de Bucaramanga.
- Mediciones realizadas a la planta piloto para la fabricación del adoquín a partir proceso de reciclaje de plásticos mixtos.
- Factores de emisión de la EPA aplicados a la transformación de residuos plásticos (Ver Anexo I)

El balance de materia inicia con la entrada de la materia prima al proceso, no se incluyen los porcentajes de cada una de ellas ya que la formulación está reservada por los derechos del autor, sin embargo se determinó cuanta MP se necesita para producir 1 $m^2$ con base a las pérdidas generadas en cada una de las actividades del proceso, esta cantidad se distribuye de acuerdo a los porcentajes de la formulación diseñada por el fabricante.

Se determino el peso del adoquín al salir del proceso incluyendo su rebaba, con el objetivo de establecer la cantidad de MP contenida en un adoquín al final del proceso, este es el punto de partida donde se suman las pérdidas generadas en cada una de las etapas hasta determinar la cantidad de materia prima que debe entrar al proceso para producir un metro cuadrado de adoquín.

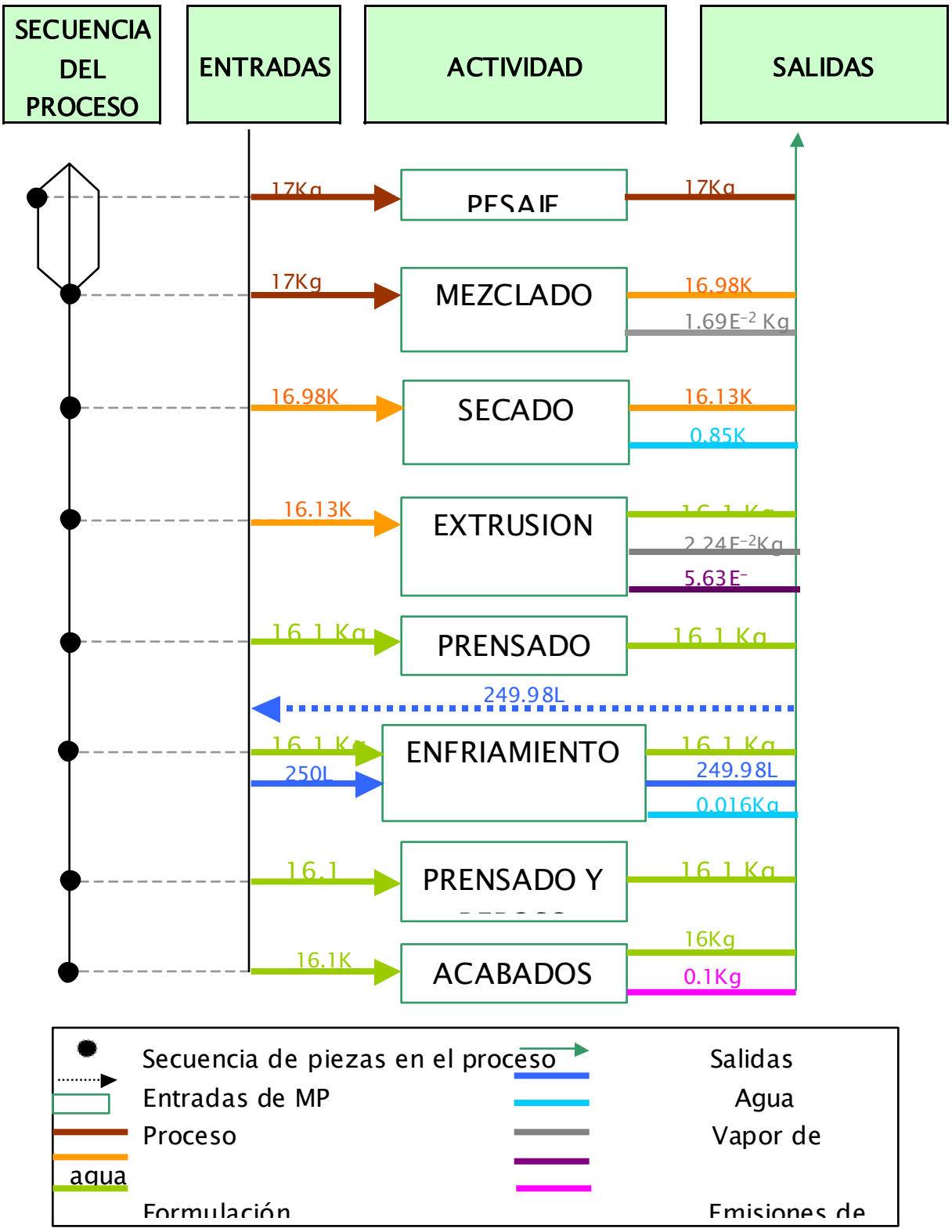
La MP inicia su ciclo con el pesaje donde son formuladas las proporciones de cada material, para producir $1m^2$ de adoquín es necesario formular 17 kg de MP que corresponden al 100% de la formulación total.

La formula es introducida en la mezcladora que homogeniza el material formando la CPMG, aquí las pérdidas no son significativas pues la CPMG es vaciada totalmente al silo, las pérdidas corresponden a la liberación de material particulado a la atmósfera en la operación de mezclado, este valor se determino de acuerdo a los factores de emisión de la EPA.

En el silo sucede el secado y almacenamiento, aquí las pérdidas se presentan por la liberación de humedad de la CPMG, para determinar este valor se sometió 1g de CPMG a una temperatura de 103°C durante una hora en una estufa, resultando finalmente con un peso de 0,95g determinando así la cantidad de vapor eliminado.

En el proceso de extrusión la CPMG es fundida y expulsada a un molde, en la zona de transición del equipo queda un remanente de CPM, esta cantidad se desprecia porque cada cochada empuja este material remanente incluyéndolo en su peso total, las pérdidas registradas en esta operación corresponden a la liberación de material particulado al introducir la CPMG a la tolva, y la emisión de COV's que se generan en la boquilla de la extrusora.

**Figura 9. Balance de Materia**


SECUENCIA DEL PROCESO
ENTRADAS
ACTIVIDAD
SALIDAS
17Kg
PESAJE
17Kg
17Kg
MEZCLADO
16.98K
1.69E-2 Kg
16.98K
SECADO
16.13K
0.85K
16.13K
EXTRUSION
2.24E-2Kg
5.63E-
16.1 Kg
PRENSADO
16.1 Kg
249.98L
16.1 Kg
250L
ENFRIAMIENTO
16.1 Kg
249.98L
0.016Kg
16.1
PRENSADO Y
16.1 Kg
16.1K
ACABADOS
16Kg
0.1Kg
Secuencia de piezas en el proceso
Entradas de MP
Proceso
agua
Formulación
Salidas
Agua
Vapor de
Emisiones de

Fuente: Los

La etapa de prensado muestra una ligera disminución de la CPM ya que las partículas se acomodan y se comprimen para lograr una óptima compactación, el molde es obligado a regresar a la extrusora puesto que es llenado dos veces cada una con 400gr de CPM para completar su espesor y garantizar que el adoquín cuente con todas las dimensiones y características técnicas originales. En esta etapa no se registran pérdidas ya que solo se da forma al producto y por ultimo se desmolda.

El adoquín entra a la etapa de enfriamiento donde es rociado con agua para disminuir su temperatura, el agua que entra a la operación unitaria es recirculada al tanque de almacenamiento, las pérdidas de agua en esta sección ocurren por la evaporación al contacto con el molde caliente, el valor de la evaporación se determino tomando mediciones de la transferencia de calor que ocurría entre un adoquín y el agua con base a sus temperaturas iniciales y finales.

En la etapa de reposo, el adoquín es colocado en una prensa donde es necesario un tiempo de reposo y prensado de 24 horas, las pérdidas en esta sección son nulas pues las operaciones no implican desgastes de material.

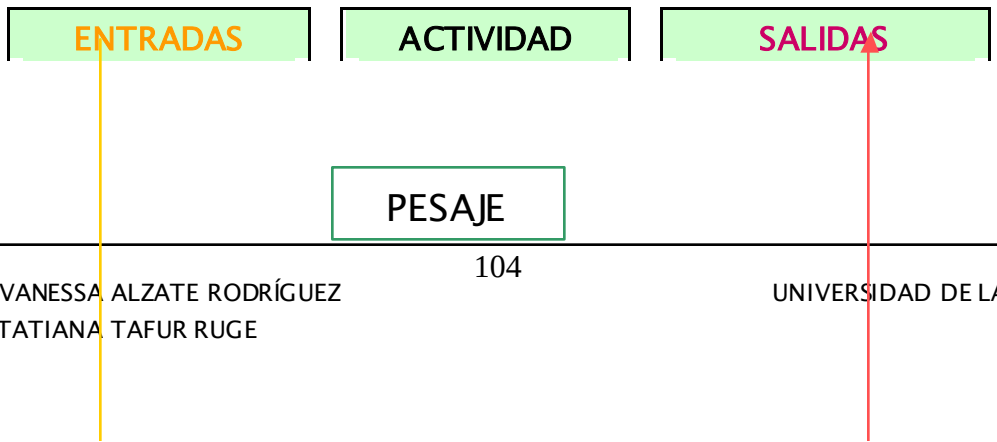
En la etapa de acabados es retirada la rebaba del adoquín, se espera que en condiciones ideales de operación (llenado sin rebose en el moldeo,

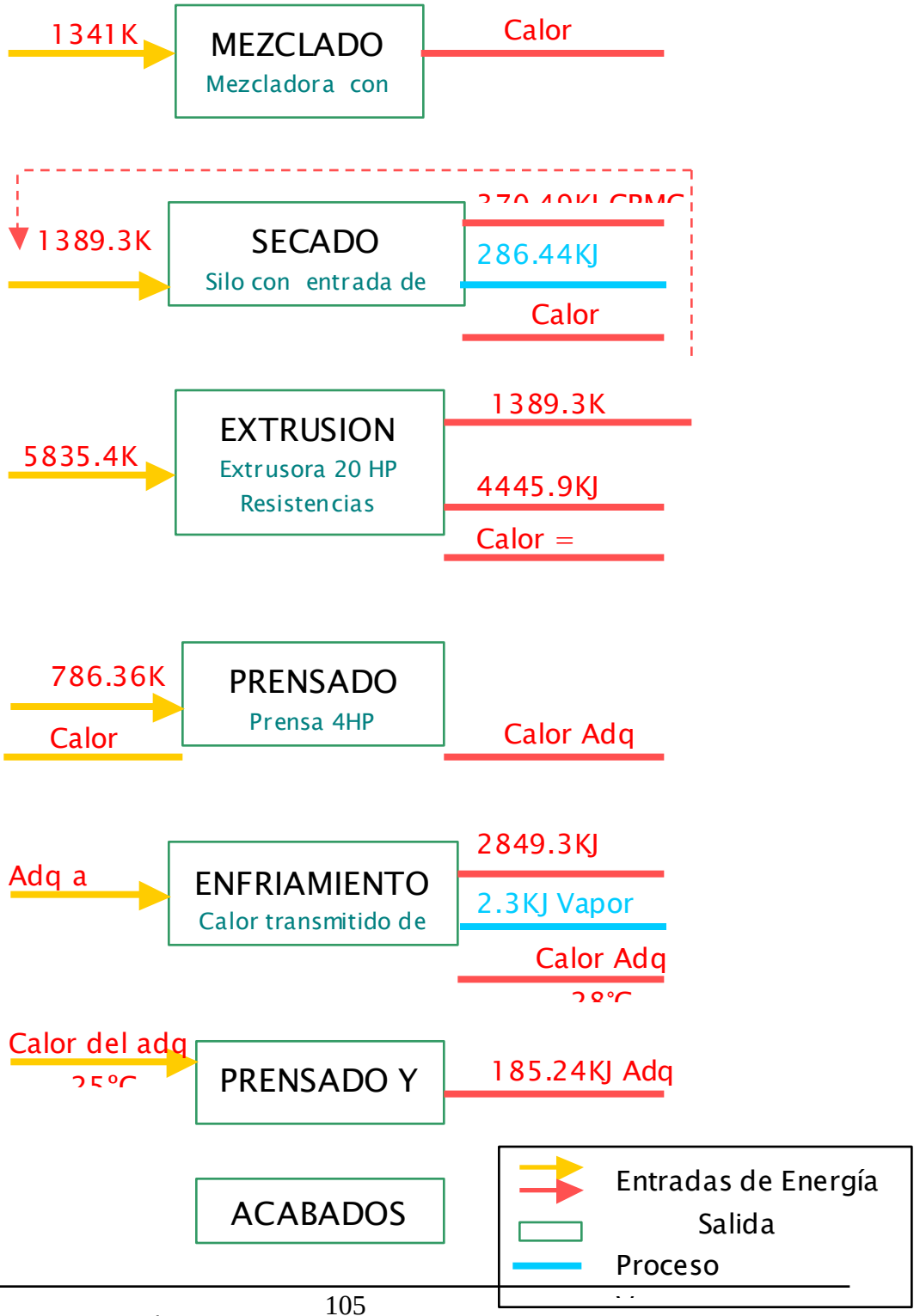
fuerza de compresión en las dos etapas de prensado), la producción de rebaba sea del 0.63% por metro cuadrado. Este valor se determinó al tomar una muestra de 20 adoquines y pesar la cantidad de rebaba retirada de cada adoquín. La rebaba generada puede reincorporarse al proceso en la etapa de extrusión razón por la cual se considero un proceso netamente ambiental y eficiente.

**8.2.1.4.2 Balance de Energía.** Busca determinar la capacidad energética para realizar un trabajo que produzca movimiento y calor, teniendo en cuenta las diferentes transformaciones que ocurren en un proceso productivo y las relaciones de la energía liberada con el entorno al que está expuesto. En el caso del proceso productivo de fabricación de adoquines CPM a partir del reciclaje de plásticos mixtos de Flexiform, gran parte de las entradas de energía al proceso se generan por energía eléctrica la cual es utilizada para el funcionamiento de la máquina y finalmente liberada al ambiente en forma de calor (Ver figura 10).

En la etapa de mezclado, la máquina utiliza energía eléctrica que traduce en energía cinética al producir movimiento de la CPMG, esto quiere decir que la energía es utilizada exclusivamente para el funcionamiento de la máquina y se libera energía traducida en calor por el movimiento.

**Figura 10. Balance de Energía**








SHEILA VANESSA ALZATE RODRÍGUEZ
FANNY TATIANA TAFUR RUGE
UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Fuente: Los

En la zona de almacenamiento el silo recibe una entrada de energía calórica para liberar la humedad de la CPMG, esta energía es obtenida por el transporte de calor que se genera en la zona de transición de la extrusora. A la salida de esta operación encontramos el calor absorbido por la CPMG, y por el agua que se convierte en vapor, el calor restante es retenido por el silo y liberado al ambiente.

La extrusora es la máquina que mas consume energía por el trabajo que tiene que realizar, el consumo de energía de esta es de 22.114Kw/hora entre el motor y las resistencias del tornillo sin fin, esta energía es transformada en energía calórica que se libera de dos formas: La primera está representada en el calor adquirido por la CPM y la segunda es la liberación de calor en la zona de transición, la extrusora en esta zona posee una camisa que alberga el calor y por medio de succión es dirigido a la etapa de almacenamiento. De esta forma se recupera la energía del proceso de extrusión para aprovecharlo en la operación de secado. La energía restante es utilizada para el funcionamiento de la máquina y una proporción se libera en forma de calor al ambiente.

En la etapa de prensado la energía eléctrica suministrada es para el funcionamiento de la prensa, paralelamente hay una continua liberación de calor del molde y el adoquín CPM por las fuerzas de compresión aplicadas al material y por enfriamiento al estar los materiales en contacto con las condiciones de temperatura ambiente.

En la zona de enfriamiento el adoquín es rociado con agua, para determinar la cantidad de calor liberada por un adoquín se realizaron

mediciones del cambio de temperatura del agua antes y después de entrar en contacto con un adoquín, de esta manera se determinó que gran parte del calor es absorbido por el agua y una mínima se convierte en vapor.

En la etapa de prensado y reposo se determinaron las pérdidas de calor realizando mediciones de la temperatura del adoquín a la salida de la etapa anterior hasta que se encuentre a temperatura ambiente, ya que este dura 24 horas en la prensa para que libere todo el calor restante sin deformarse.

Como se observó anteriormente el proceso de fabricación de adoquines CPM que plantea Flexiform cuenta con un sistema de aprovechamiento de la energía que sale del proceso de extrusión y la envía a la etapa de secado.

## 8.3 PRODUCTO

El producto que resulta de la línea de fabricación seleccionada, es un adoquín de color negro (Foto 9), resistente a la intemperie, a ataques biológicos y a la corrosión. Este producto tiene una excelente capacidad de absorber los golpes (ver Tabla 20) y buena resistencia a la abrasión. Dentro de las ventajas frente a otros productos del mismo tipo en el mercado se encuentran sus propiedades como aislante eléctrico y la liviandad en su peso.

Es importante aclarar que no es recomendable su uso en zonas expuestas a temperaturas altas como cuartos de calderas, industrias con procesos térmicos, entre otros.

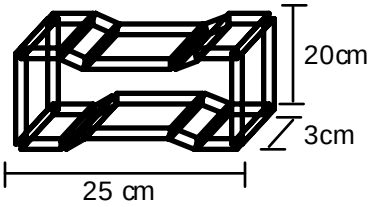
**Foto 9 Adoquín CPM**

Fuente: FLEXIFORM

Este producto ha sido sometido a pruebas de resistencia, compresión y tracción por el Laboratorio de la Universidad de los Andes ver Anexo J.

En la tabla 20. Se muestran las características técnicas de adoquín CPM.

**Tabla 20. Características Adoquín CPM**

| ADOQUÍN CPM | |
|---|---|
|  | Dimensiones: Pueden ser modificadas de acuerdo a la solicitud y el uso requerido. Los espesores van desde 2 mm a 30 cm. |
| | Peso: 800 gr. |
| | Longitud de Huella: 29.02 mm |
| | Absorción: 0.61% |
| | Resistencia Neta: 36.5 MPa – 371.8 KgF/cm2 |
| | Densidad: 0.948 g/cm3 |
| | Módulo de Rotura: 25.3 MP – 258 Kg/cm2 |
| | Carga Máxima: 1.98 KN |
| | Incertidumbre: 1.56 E-3 de la prueba de abrasión. |
| Fuente: Los Autores | Luz: 200 mm |

Las características técnicas del adoquín CPM fueron evaluadas de acuerdo a la NTC 5282 de "Adoquines para tráfico vehicular pesado", que tiene por objeto la reglamentación para adoquinar áreas con altos volúmenes de tráfico (calles, entradas vehiculares de edificios comerciales, vías de parqueo, aeropuertos, centros comerciales).

Primero se definió la Clasificación de acuerdo al modo de instalación que puede ser:

Tipo R o Rígido: Asentados sobre mortero y base de concreto o asentados sobre asfalto y base concreto o asfalto.
Tipo F o Flexible: Asentados sobre arena con juntas de arena y colocados sobre bases granulares.

El adoquín CPM se define como tipo R ya que su instalación se hace a base de una mezcla de arena cemento que fija el adoquín sobre la superficie en la cual se desee instalar.

Según la norma las propiedades físicas para un adoquín tipo R son:

- Resistencia a la compresión MPA (psi): Para mínimo individual 48 (7000).
- Módulo de Rotura MPA (psi): Para mínimo individual 7 (1000).
- Absorción de agua temperatura ambiente máxima %: Para mínimo individual 7.
- Resistencia a la abrasión: el material debe cumplir individualmente para tipo R y F Índice de abrasión (IA) máximo: 0.11 (MPA).

Otra norma comparada con el adoquín CPM es la NTC 3829 "Adoquín de arcilla para tráfico peatonal y vehicular liviano" referente a adoquines utilizados como material para adoquinado (Pavimentos articulados),

destinados a soportar tránsito peatonal y vehicular liviano. Las unidades están diseñadas para uso en sitios tales como patios, sardineles, pisos, plazas y caminos interiores en casas. No están diseñadas para soportar tránsito vehicular pesado o como piso industrial en donde la resistencia al impacto, a los choques mecánicos y térmicos, al ataque químico y altas durezas pueden ser importantes.

La clasificación se presenta de acuerdo con la severidad de las condiciones de uso.

- Tipo I (vehicular). Adoquines expuestos a amplia abrasión, como en vías y entradas vehiculares a edificios públicos y comerciales.
- Tipo II (peatonal). Adoquines expuestos a tránsito intermedio. corno los pisos de restaurantes o tiendas y las calzadas exteriores.
- Tipo III (peatonal) Adoquines expuestos a tránsito bajo, o en pisos o patios en casas unifamiliares.

La tabla 21 muestra una comparación de las características técnicas del adoquín CPM con los valores establecidos en las normas técnicas de adoquines.

**Tabla 21. Características técnicas para adoquines**

| PROPIEDADES FISICAS | NTC 5282 | NTC 3829 | ADOQUÍN CPM |
|---|---|---|---|
| Resistencia a la compresión (MPA) | 48 | I: 48.3<br>II: 17.2<br>III: 17.2 | 36.5 |
| Módulo de Rotura (MPA) | 7 | Sin límite | 25.3 |
| Absorción (%) | 7 | I: 11<br>II: 17 | 0.61 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | III: Sin límite | |
| Resistencia a la abrasión IA (MPA) | 0.11 | I: 0.11<br>II: 0.25<br>III: 0.50 | 0.011 |
| Perdida de volumen por abrasión. ($cm^3/cm^2$) | 1.7 | I: 1.7<br>II: 2.7<br>III: 4.0 | 0.068 |

Fuente: Los Autores

**8.3.1 Análisis de datos.** Para el análisis de las especificaciones del adoquín se tuvo en cuenta los criterios técnicos suministrados por el Grupo de Investigación y Desarrollo del IDU (I+D), encabezado por Neimar Castaño, adicionalmente se tomaron referencias de la NTC 5282 y NTC 3829.

La resistencia a la compresión (Rc) se debe tomar sobre media unidad (altura y anchos completos), este valor de Rc que presenta el adoquín CPM es menor que la norma ya que las dimensiones son diferentes a las de un adoquín convencional, en este caso "cuando no se puede determinar Rc debido a requisitos de altura exigidos, la resistencia al desgaste se debe realizar por el método de pérdida de volumen por abrasión"[17]. En la tabla se observa que se pierde menor volumen de adoquín CPM con respecto a los valores exigidos por la norma.

El modulo de rotura se refiere a la resistencia máxima de un material sometido a fuerzas de compresión y flexotracción hasta que se presente la primer fisura por tracción, en este caso el adoquín CPM resiste presiones

[17] NTC 5282

mayores a las solicitadas por la norma, esto representa grandes beneficios por ser un material resistente a altas cargas de presión.

La absorción corresponde a la cantidad de agua que pueda absorber un material. "En la medida en que la arcilla y el concreto (material de los adoquines actuales) tengan mayores poros pueden absorber mas agua la cual hace que cambie el comportamiento mecánico del material, así mismo cambia su resistencia e hidrodinámicamente puede levantar y romper el material ya que el agua ejerce presión sobre el mismo. La condición ideal es que la absorción sea muy baja"[18]. El adoquín CPM tiene una capacidad de absorción de 0.16% valor que se encuentra por debajo de la norma, por lo tanto se deduce que condiciones atmosféricas como la lluvia no varían las propiedades técnicas del adoquín puesto que no cambia el comportamiento mecánico del material.

La resistencia a la abrasión relaciona dos valores que son el Índice de abrasión (IA) y la pérdida de volumen por abrasión, el adoquín debe cumplir estos dos requisitos.

La prueba de pérdida de volumen por abrasión se realiza lanzando un chorro de arena que golpee directamente sobre varias superficies del adoquín. Esta disminución de volumen se determina llenando con arcilla la depresión causada por el desgaste, nivelando con la superficie original del adoquín y quitando y pesando la arcilla de modelado. La pérdida de volumen se calcula finalmente de la densidad en masa de la arcilla de modelado. Esto significa que entre menor sea el valor de la pérdida por abrasión, es menor la cantidad de masa que se pierde del adoquín en la prueba, esta característica es visible con el adoquín CPM.

[18] NEIMAR CASTAÑO, Grupo de Investigación y Desarrollo del IDU (I+D)

El IA depende de valores como la absorción y la resistencia a la compresión aplicando la siguiente formula:

$$IA = \frac{X * Absorción}{Rc}$$ Donde X es 100 en la NTC 3829, y 0.69 en la NTC 5282.

Los valores de resistencia a la compresión se ven influenciados por la forma del especimen (particularmente a la relación altura ancho del especimen de ensayo). Por lo tanto, se especifica una forma que esté conforme con los datos sobre los cuales se basó el índice de abrasión. Se pueden utilizar especimenes con otras formas, siempre y cuando el fabricante suministre evidencia aceptable para el comprador, asegurando que el cambio de la forma brinda resultado de resistencia equivalente a las formas especificadas por la norma. El IA del adoquín CPM da un valor menor que el de la norma, pero esta influenciado por la diferencia de medidas del adoquín CPM con respecto a los de la norma, por lo tanto el valor de la pérdida de volumen por abrasión es la evidencia de resistencia del adoquín CPM.

Las dos normas coinciden en características como que el adoquín no debe tener agujeros, otras perforaciones o rebabas. Se puede utilizar especimenes con otras formas, el tamaño del adoquín deberá ser como lo específica el comprador, o el tamaño corriente producido por el fabricante. Los adoquines menores a 60mm de espesor deberán cumplir con el diseño para pavimento articulado y su aplicación será responsabilidad del comprador.

El color es libremente especificado por el fabricante no puede ser parámetro de evaluación de calidad sin que antes se realicen los ensayos de resistencia y absorción, el requisito de color es subjetivo y parte de un requisito adicional a la norma, adicionalmente el adoquín debe estar libre

de grietas e imperfecciones que vayan en detrimento de su apariencia cuando se observa a una distancia de 6 mm. A menos que se acuerde algo diferente entre el comprador y el vendedor en una entrega de adoquines por lo menos el 95% cumplirá con los requisitos de las características mostradas anteriormente incluyendo adoquines rotos y en mal estado.

# 9. EVALUACIÓN AMBIENTAL.

El objeto es evaluar las implicaciones ambientales que pueden generar los criterios del estudio (Proyecto, Proceso y Producto), los cuales se han venido desarrollando en los capítulos anteriores. Se trata básicamente de introducir una variable ambiental que en el mismo momento en que se ejecute la propuesta, beneficie el entorno en el que se desarrolla y la visión de la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente. A partir de los resultados del diagnóstico y el análisis del estado actual del reciclaje de plástico (ver capitulo 4), se logró identificar los beneficios del proyecto, del proceso y del producto y la oportunidad de visualizar la desviación de residuos plásticos que son enterrados en el RSDJ, como fuente de materias primas que puedan ser incluidas dentro del proceso de fabricación del adoquín CPM.

De acuerdo a estos términos planteados para la evaluación ambiental, es necesario dividir el capítulo en dos partes; la primera contempla la identificación de aspectos ambientales del proceso, y la segunda cualifica la magnitud del impacto ambiental que genera el enterramiento de los residuos plásticos potencialmente aprovechables en el RSDJ que no ingresan a la cadena de reciclaje.

## 9.1 MATRIZ ASPECTOS AMBIENTALES.

A continuación se presentan los aspectos, efectos e impactos ambientales que podría generar el proceso de fabricación de adoquín CPM, con base a las actividades que se ejecutan en cada etapa del proceso. Cabe mencionar que la industria de transformación de residuos plásticos no es considerada altamente contaminante como lo indica la Guía ambiental del sector de plásticos, MAVDT, 2004 (Anexo K)

La magnitud de los impactos ambientales en los procesos de reciclaje de la industria del plástico, dependen de la materia prima que utilice el proceso, de esta manera se evaluaron los impactos que se pueden generar en cada una de las fases del proceso de fabricación de adoquines CPM.

Para una mejor comprensión de la matriz de aspectos ambientales (Tabla 22.) se especificarán las definiciones de:

- *Aspecto ambiental:* Elementos de las actividades, productos y servicios, que interactúan con el Medio Ambiente.
- *Efecto Ambiental:* Parte del aspecto que se puede cuantificar.
- *Impacto Ambiental:* Cualquier cambio en el Medio Ambiente que sea adverso o beneficioso, total o parcial como resultado de las actividades, productos y servicios.

**Tabla 22. Matriz de aspectos ambientales del proceso de reciclaje de plásticos mixtos**

| | ACTIVIDAD | ASPECTO | EFECTO | IMPACTO |
|---|---|---|---|---|
| FASE | Pesaje de la formulación | Caída de residuos al suelo. | Generación de residuos sólidos. | Contaminación del suelo |
| | Alimentación de la mezcladora y silo | Manipulación de residuos impregnados de polvo o en pedazos finos. | Liberación de material particulado | Contaminación del aire |
| FASE | Extracción de la CPMG de la mezcladora y el silo. | Caída de residuos al suelo. | Generación de residuos sólidos. | Contaminación del suelo |
| | Alimentación de la extrusora. | Caída de residuos al suelo. | Generación de residuos sólidos. | Contaminación del suelo |
| | Extrusión | Generación de ruido | Ruido Ocupacional | Contaminación del aire |
| FASE | Fundido de la CPMG | Calentamiento de la zona de transición | Liberación de calor | Contaminación del aire |
| | Expulsión de la CPM | Degradación del material en condiciones anormales de proceso. | Liberación de gases y olores | Contaminación del aire |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Llenado de moldes | Derrame de la CPM fundida al suelo | Generación de residuos sólidos | Contaminación del suelo |
| Enfriado de adoquines. | Rociado con agua a los adoquines. | Generación de vertimientos | Contaminación del agua |
| Desmolde | Residuos de adoquines CPM defectuosos. | Generación de residuos sólidos | Contaminación del suelo. |
| Acabados | Corte de la rebaba | Generación de residuos sólidos | Contaminación del suelo. |

Fuente: Los Autores

**9.1.1 Análisis de la matriz de aspectos ambientales.** La matriz de aspectos está dividida en las tres fases del proceso examinadas en el diagrama de operaciones (Figura 6.), y cada una agrupa las actividades que se llevan a cabo y que son susceptibles de generar impactos ambientales. La Tabla 23 muestra las medidas de control necesarias para que no se generen impactos.

En la primera fase se agrupan actividades de manipulación de materias primas, donde los posibles efectos son la generación de residuos sólidos por deficientes manejos en el transporte de la MP a cada una de las máquinas, una característica de esta fase es que la MP no ha sufrido transformaciones químicas lo cual da la opción de recuperar estos residuos y reincorporarlos al ciclo.

Otro aspecto es la generación de material particulado que ocurre por la mezcla de la MP aunque estas son granuladas, el movimiento causa liberación al aire de partículas de polvo, una posible solución es dejar en reposo la CPMG de la mezcladora para que sedimenten las partículas de polvo aprovechando que la mezcladora es un sistema cerrado.

En la segunda fase ocurren los procesos de transformación de la CPM, esta corresponde a procesos físicos como el cambio de forma; los aspectos representativos son la generación de residuos sólidos y la emisión de gases. Para el primer aspecto se establecen medidas de control como las buenas prácticas en los procesos de extrusión – moldeo para evitar el derrame de CPM, otra alternativa si se producen estos residuos, es incorporarlos al proceso ya que son compatibles con la CPMG. Para el segundo aspecto es importante conocer la composición de los gases ya que la CPM esta compuesta de varias clases de plásticos. Una alternativa es encerrar los gases y enviarlos a un sistema que los transforme en energía calórica.

Otro aspecto encontrado es la generación de calor en la zona de transición de la extrusora, aquí es importante aprovechar el calor generado para enviarlo al silo y liberar la humedad de la CPMG como se muestra en el balance de energía.

Por último en la tercera fase encontramos aspectos como la generación de vertimientos en el sistema de enfriamiento, pero el agua al ser utilizada solo para el enfriamiento tiene la potencialidad de reutilizarse en este sistema por medio de recirculación. Adicionalmente se presenta liberación de vapor a la atmósfera, la magnitud de este impacto es mínima ya que solo se evaporan 0.8 g de agua por cada adoquín CPM. En la generación de residuos sólidos se utiliza la misma práctica de la fase dos de reincorporarlos al proceso pues poseen las mismas características de la CPMG.

Flexiform dentro del proceso de fabricación del adoquín CPM, plantea varias alternativas de PML, las cuales deben ser implementadas en el momento del montaje del proceso de fabricación del adoquín, ya que es importante garantizar el cumplimiento de los objetivos de la empresa que se enfocan en el mejoramiento del medio ambiente, la mitigación de impactos y la descontaminación.

Bajo estos criterios el proceso planteado no solo busca la creación de nuevos productos a partir de material reciclado o potencialmente recuperable, sino que también busca la mejor forma de implementar estos procesos con un marco de visión ambiental, que caracterice sus operaciones por sus buenas prácticas en gestión y mejoras tecnológicas.

**Tabla 23. Medidas de control por actividad**

| ACTIVIDAD | MEDIDAS DE CONTROL |
|---|---|

| | |
|---|---|
| Pesaje de la formulación | Recoger las materias primas caídas y enviarlas a la mezcladora. |
| Alimentación de la mezcladora y silo | Humedecer la materia prima antes de su ingreso a la mezcladora y al silo.<br>Después del mezclado dejar en reposo la CPMG. |
| Extracción de la CPMG de la mezcladora y el silo. | Recoger la CPMG que esté en el piso y regresarla a la mezcladora. |
| Alimentación de la extrusora. | Recoger la CPMG que esté en el piso y regresarla al silo de almacenamiento. |
| Extrusión | Uso de tapa oídos. |
| Fundido de la CPMG | Encerramiento del área de transición e Instalación de extractor de calor para enviar aire caliente al silo. |
| Expulsión de la CPM | Revisar las velocidades de fundición de la CPM, con base a las características de la MP utilizada en el proceso. |
| Llenado de moldes | Recoger la CPM que esté en el piso y enviarla a la Mezcladora. |
| Enfriado de adoquines. | Recirculación del agua al tanque de almacenamiento. |
| Desmolde | Recoger los residuos de la CPM y enviarlos a la mezcladora. |
| Acabados | Acumular los residuos de la CPM y enviarlos a la mezcladora. |

Fuente: Los Autores

## 9.2 CICLO DE VIDA DE LOS EMPAQUES Y ENVASES PLÁSTICOS.

Para entender mejor la dinámica del ciclo de vida de los empaques, se realizó una descripción de las etapas que lo componen, determinado así el alcance que tienen los residuos dentro del ciclo (Figura 11.).

**9.2.1 Etapas del Ciclo de Vida de Empaques y Envases.** Es importante aclarar que no se hará una descripción detallada de los impactos del proceso de producción de resinas plásticas ni de fabricación del empaque, puesto que el tema de interés es la dinámica de los posibles usos, alternativas de aprovechamiento y destino final de esta corriente de residuos.

**Materias Primas**: El ciclo de vida de los envases plásticos comienza con la extracción de materias primas, donde se generan los principales impactos, con la sobreexplotación de los recursos naturales.

**Producción del envase**: Posteriormente las refinerías de petróleo obtienen las resinas plásticas que luego comercializan con la industria transformadora de resinas para la fabricación de los envases plásticos ya sea a base de materias primas vírgenes o producto de la actividad del reciclaje.

**Distribución y Consumo**: Luego de ser fabricados los envases y empaques plásticos son transportados y comercializados a granel a los diferentes sectores que requieren estos productos (sector representado por los consumidores primarios). A continuación estos sectores industriales llevan sus productos al mercado, donde son ofrecidos a los segundos consumidores de la cadena, que es la población.

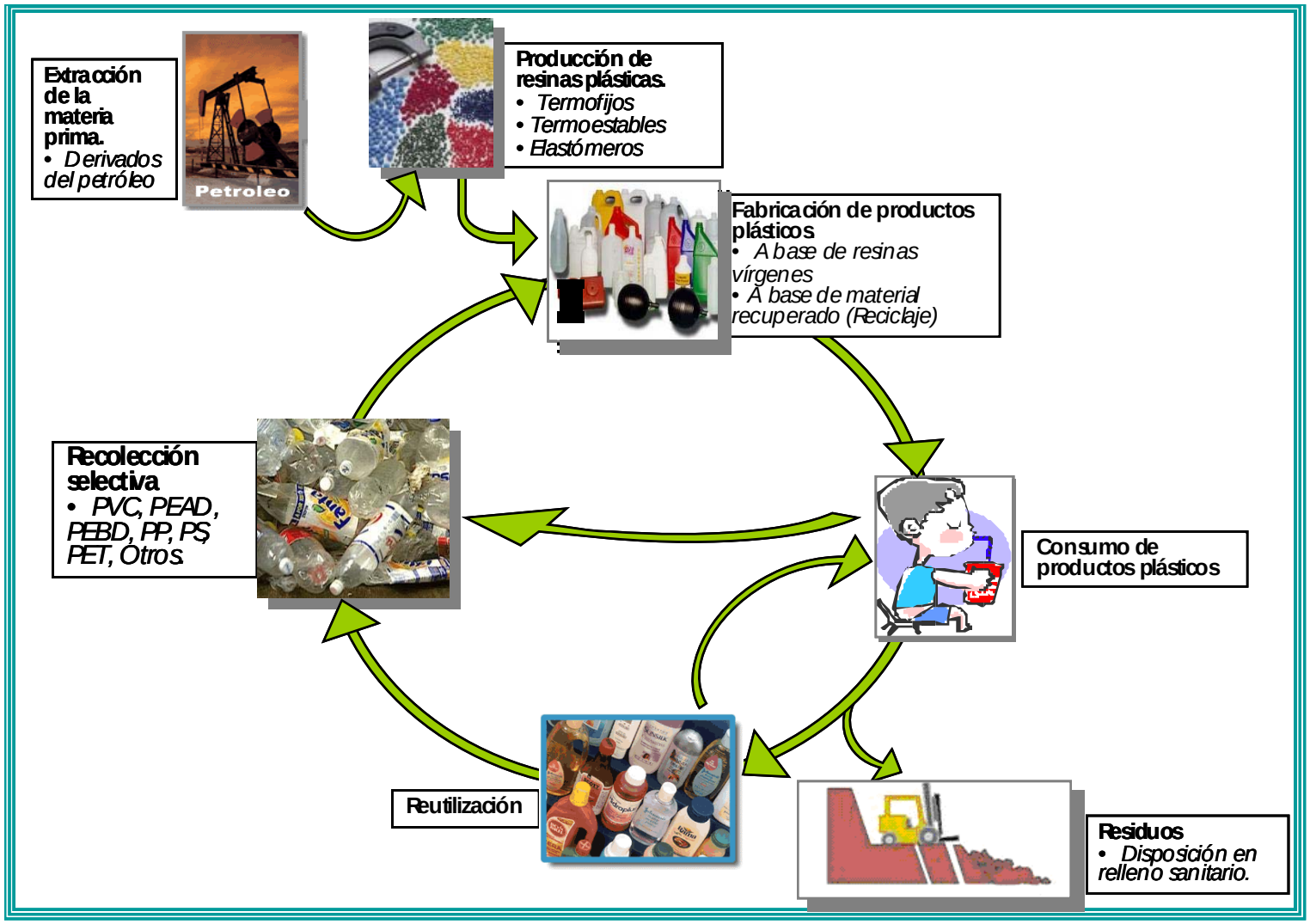
**Fin de la Vida**: En esta etapa del ciclo se pueden presentar varios escenarios, cada uno con diferentes connotaciones ambientales.

El primero sucede cuando el consumidor secundario utiliza el envase y reutiliza el residuo, caso en el cual se estaría alargando el ciclo de vida del empaque hasta que se desgaste y sea reincorporado en el flujo de residuos.

El segundo escenario se presenta cuando el consumidor desecha el residuo y los actores del primer eslabón de la cadena intervienen para recuperarlo, bien sea para comercializarlo y que sea utilizado como materia prima de nuevos productos o para reutilizarlo como un bien de consumo.

El problema aparece en el tercer escenario, pues aquí es donde el consumidor utiliza el producto y convierte un residuo plástico (altamente aprovechable) en material de "desecho" entregándolo a la empresa de recolección de basura mezclado con otro tipo de residuos para ser dispuesto en el relleno sanitario. Esta ausencia de

Figura 11. Ciclo de Vida de Los Empaques y Envases




Fuente: Los Autores

recuperación del envase por el recuperador puede ocurrir por varios factores como: el desconocimiento del recuperador en la codificación de envases plásticos, la fluctuación de la población de recuperadores en el desarrollo de la labor, entre otros.

Aquí es donde se genera un gran impacto, pues el 16.6% de residuos que llegan al relleno sanitario y que son enterrados sin ningún tipo de aprovechamiento corresponden al sector de envases y empaques plásticos, impactando el recurso suelo y demás componentes ambientales.

## 9.3 DISPOSICIÓN DE ENVASES Y EMPAQUES EN EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA.

Como se mencionó anteriormente, el diagnóstico y el desarrollo de la investigación permitieron visualizar al RSDJ como un receptor continúo de residuos de empaques y envases que podrían ser aprovechados en el proceso de fabricación de adoquines CPM. Al consultar estudios del alto porcentaje de residuos plásticos potencialmente aprovechables que llegan al relleno y son dispuestos sin generar algún tipo de ganancia, se centró la atención en esta problemática y se decidió realizar un análisis de los impactos que generan estos residuos al ser dispuestos.

Se encontró que el sector de empaques y envases es el mayor consumidor de resinas plásticas (ver gráfico 1) con una contribución del 54%, esto lo convierte por las características del corto ciclo de vida de sus productos en uno de los mayores generadores de residuos plásticos.

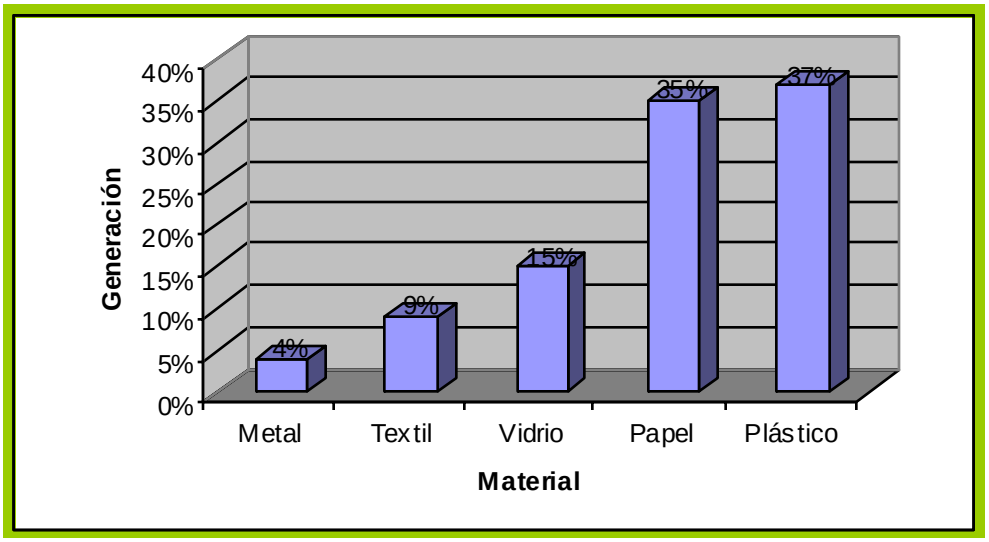
**9.3.1 Dinámica de los Envases y Empaques Plásticos en el RSDJ.** Luego de entender cuales son las etapas en el ciclo de vida de los empaques y envases, y determinar los impactos ambientales que se generan a partir de su disposición, es importante comprender ahora la dinámica del flujo de

envases y empaques plásticos que ingresan al RSDJ, así como determinar su importancia en términos de cantidad y volumen. La idea es tener una herramienta de diagnóstico que nos permita determinar el potencial de residuos de envases y empaques que podrían ser una fuente de materias primas para el proceso de fabricación del adoquín CPM.

De acuerdo con el estudio de caracterización de materiales potencialmente reciclables[19] la cantidad de residuos domiciliarios dispuestos por día en el RSDJ es de 3588 Ton/día y de esta cantidad 950 Ton/día son residuos potencialmente reciclables, lo que evidencia que del 100% de residuos domiciliarios dispuestos en el RSDJ el 26.4% no se aprovechan.

La participación de cada categoría de material potencialmente reciclable en la generación de los hogares es como se expone en el Gráfico 3.

**Gráfico 3. Participación de cada categoría de MPR en la generación de los hogares**




Fuente: Caracterización (UESP 2005)

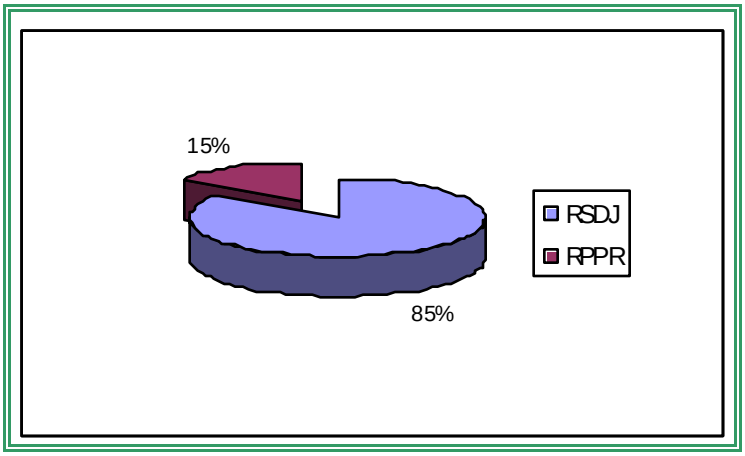
[19] UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS PUBLICOS, 2004

Se puede observar que el porcentaje de residuos plásticos generado en los hogares es el de mayor participación en el total de residuos residenciales. Esto manifiesta la necesidad de formular estrategias y programas de selección y separación en la fuente, así como de implementar sistemas de recuperación distintos a los actuales, donde los actores de la cadena pertenecientes al eslabón mas bajo, componen el único sector que recupera desde la bolsa de la basura los Materiales Potencialmente Reciclables.

El total de residuos plásticos potencialmente reciclables generados por los hogares es de 348 Ton/día de las cuales solo llegan al relleno 297 Ton/día., coincidiendo con el mayor índice de generación y disposición el estrato 3 con un aporte de 117 Ton/día de RPPR..

Es aquí donde se observa el bajo porcentaje de residuos que son seleccionados y recuperados de la corriente de residuos, pues del 100% de RPPR solo el 14.6% correspondiente a 51 Ton/día, es recuperado para incorporarlo en procesos de reciclaje.

**Gráfico 4. Proporción de RPPR que llega al RSDJ**




Fuente: UESP

Es importante anotar que este estudio no indica explícitamente cual es el origen de los residuos, se entiende que hace referencia a los hogares, puesto que para llegar a estas cifras aplica el porcentaje que representa cada estrato sobre el total de usuarios. Sin embargo, es probable que al realizar la caracterización se originará una mezcla con residuos de otros sectores[20].

El 80% del total de empaques lo generan la industria de Alimentos, bebidas y bolsas. El 55% del total de empaques plásticos (297 Ton/día) corresponde a la categoría de bolsas[21], este porcentaje son las bolsas que no fueron usadas para contener directamente un producto alimenticio, bebida, medicamento entre otros, sino que se utilizó como empaque secundario para catalogarlo y transportarlo. El impacto generado por las bolsas es bastante grande ya que estas son el 36% del total de envases y empaques.

Este estudio registró que el volumen total de MPR efectivamente recuperado corresponde a 307 Ton/día. Al respecto cabe mencionar que anteriores estudios, realizados directamente a partir de los actores

[20] CARACTERIZACIÓN MPR (UESP 2005)

[21] Estudio de Alternativas para dar un Manejo Adecuado a la Utilización de Empaques y Envases. UNIANDES, DAMA, PNUD

involucrados en el reciclaje de la ciudad, muestran cifras muy superiores a este valor: Según la ARB[22] en 1999 se recuperaron 592 Ton/día del sector residencial y pequeños productores, así que es poco probable que en la actualidad se este recuperando en volumen de 307 Ton/día.

Los estudios consultados realizados a Doña Juana, llegaron al mismo resultado, los materiales de empaques y envases aportan grandes cantidades al relleno, son uno de los principales componentes de residuos municipales, que utilizan el espacio escaso en los rellenos sanitarios. Este tipo de residuo ocupa altos volúmenes por su bajo nivel de compactación, ocupando mayores espacios.
Según un cálculo de Sistema Operativo de Reciclaje – SOR – las proyecciones del RPPR hasta el año 2009 son como lo muestra la Tabla 24.

**Tabla 24. Proyecciones de RPPR en centro de reciclaje (Ton/día)**

| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|---|---|---|---|
| TOTAL PLÁSTICO | 333 | 368 | 404 | 441 |
| PEBD + PEAD+ PET | 306 | 338 | 371 | 406 |
| PS Normal | 23 | 26 | 28 | 31 |
| PS Icopor | 4 | 4 | 4 | 5 |

Fuente: Sistema operativo de Reciclaje.

Según las proyecciones del SOR para el año 2009 aumenta la cantidad de RPPR que se disponen en el RSDJ. Esta situación es de cuidado pues significa que la tendencia de RPPR va en aumento y la tasa de reciclaje decrece. La propuesta entonces es desviar este potencial de residuos

[22] Asociación de recicladores de Bogotá

aprovechables que llegan al relleno e incorporarlos como materias primas al proceso productivo de fabricación de artículos de CPM.

**9.3.2 Calificación Ecológica del Impacto Producido por los Envases Plásticos en el RSDJ.** Partiendo de la importancia de desviar los residuos plásticos antes que lleguen al RSDJ y teniendo en cuenta que el proceso productivo propuesto por Fleximorm es una alternativa para dar uso a estos residuos en la fabricación de variados productos de CPM, se vio la necesidad de analizar la importancia de aplicar una matriz enfocada a calificar el impacto generado por los empaques y envases dispuestos en el RSDJ ya que es el potencial residuo a recuperar y posible fuente de materia prima para el proceso de fabricación del adoquín, reincorporándolo al ciclo de vida del plástico.

La calificación ecológica es una metodología desarrollada por la EPM (Empresas Publicas De Medellín). Es una calificación cualitativa de las consecuencias de los Impactos ambientales. La calificación de esta metodología, está expresada por la suma ponderada de:

*Presencia (Pr):* Califica la certeza o probabilidad de que el impacto pueda ocurrir, con los siguientes rangos de calificación:

**Tabla 25. Escala de valoración de presencia**.

| RANGO | VALORACION |
|---|---|
| Cierto | 1.0 |
| Muy posible | 0.7 a 9.0 |
| Probable | 0.4 a 0.6 |
| Poco probable | 0.1 a 0.3 |

Fuente: Metodologías para la evaluación de impacto ambiental. 1999.

La calificación dada es 1.0 ya que el actualmente se esta generando el impacto por la cantidad de RPPR que llegan al RSDJ.

*Desarrollo (De):* Califica la velocidad de presencia del impacto ambiental y se califica con los siguientes rangos:

**Tabla 26. Escala de valoración de desarrollo.**

| RANGO | VELOCIDAD DEL PROCESO (Días) | VALORACION |
|---|---|---|
| Muy rápido | < 1 | 0.9 – 1.0 |
| Rápido | 1 – 5 | 0.7 – 0.8 |
| Medio | 6 – 12 | 0.5 – 0.6 |
| Lento | 12 – 24 | 0.3 – 0.4 |
| Muy lento | > 24 | 0.1 – 0.2 |

Fuente: Metodologías para la evaluación de impacto ambiental. 1999.

Se dio un valor de 1.0 ya que es un impacto que se produce todos los días.

*Magnitud (Ma)*: Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental directo o indirecto producido sobre un indicador ambiental y el rango de calificación es el siguiente:

**Tabla 27. Escala de valoración de magnitud**

| RANGO | DIMENSION (%) | VALORACION |
|---|---|---|
| Muy alta | 90 – 100 | 9 – 10 |

| RANGO | DIMENSION (%) | VALORACION |
|---|---|---|
| Alta | 60 – 80 | 7 – 8 |
| Media | 40 – 50 | 5 – 6 |
| Baja | 20 – 30 | 3 – 4 |
| Muy baja | 0 – 10 | 1 – 2 |

Fuente: Metodologías para la evaluación de impacto ambiental. 1999.

La magnitud se califica con un valor de 6 ya que los residuos sólidos en general producen un impacto significativo en el componente suelo, y los residuos plásticos corresponden al 37% de residuos generados en los hogares que van a los rellenos sanitarios.

*Duración: (DU)*: Califica el periodo de existencia del impacto y sus consecuencias, los rangos de calificación son:

**Tabla 28. Escala de valoración de duración**

| RANGO | DURACION (Años) | VALORACION |
|---|---|---|
| Muy larga | > 10 | 10 |
| Larga | 7 – 9 | 7 – 9 |
| Media | 4 – 6 | 4 – 6 |
| Corta | 1 – 3 | 1 – 3 |
| Muy Corta | < 1 | <1 |

Fuente: Metodologías para la evaluación de impacto ambiental. 1999.

Se dio una valoración de 10, ya que el plástico tiene un periodo de degradación en el suelo de 100 a 1000 años dato suministrado por el SEMARNAT (Secretaria de MA y recursos naturales de México).

Los criterios para la evaluación fueron analizados con base a estudios y estadísticas realizadas sobre la cantidad de plásticos que se disponen en

el RSDJ, entre ellos se menciona el " Estudio de alternativas para el manejo adecuado a la utilización de empaques y embalajes y para estimular el aprovechamiento de los RS en Bogotá" publicado por el DAMA y La Universidad de los Andes, otra herramienta, fueron los datos suministrados por la UESP del actual estudio que se está realizando sobre los parques de reciclaje.

**Tabla 29. Calificación por Criterio**

| CRITERIO | VALORACIÓN |
|---|---|
| Presencia | 1.0 |
| Desarrollo | 1.0 |
| Magnitud | 6 |
| Duración | 10 |

Fuente: Los Autores

Con base en los anteriores criterios se aplicó la formula:

$$CE = Pr \times (a^* \times De \times Ma + b^* \times Du)$$

* a y b son constantes de los criterios Desarrollo y Magnitud, sus valores son: a=0.7 y b=0.3.

$$CE = 1.0 \times (0.7 \times 1.0 \times 6 + 0.3 \times 10) = 7.2$$

La calificación ecológica se jerarquiza en los siguientes cinco rangos:

**Tabla 30. Escala de jerarquización de impactos**

| CRITERIO | VALORACIÓN |
|---|---|

| | |
|---|---|
| Muy alto | 9 – 10 |
| Alto | 7 – 8 |
| Medio | 5 – 6 |
| Bajo | 3 – 4 |
| Muy bajo | 1 – 2 |

Fuente: Metodologías para la evaluación de impacto ambiental. 1999.

De acuerdo a la jerarquización de impactos de la CE se puede determinar que el impacto que generan los empaques y envases plásticos en el marco de los residuos sólidos dispuestos en el RSDJ, es alto.

Las razones principales son:

- Los empaques y envases ocupan altos volúmenes en el Relleno Sanitario no solo por su gran tendencia de crecimiento sino por su bajo nivel de compactación ocupando mayores espacios, esto genera un problema en ciudades densamente pobladas, donde los residuos son mayores y la disponibilidad de espacio para nuevos rellenos o ampliaciones es cada vez mas reducida.
- Falta de conciencia de la población y los proveedores por la adquisición de productos que contienen gran cantidad de empaques.
- El plástico es el material mas usado en todos los estratos, para empaques (63% del total de empaques) seguido por el vidrio (14.6% del total de empaques).
- En vez de reducir la generación de residuos plásticos, cada día aumentan la cantidad de estos residuos que son dispuestos en el relleno.
- Los residuos plásticos en general tienen un tiempo de degradación muy largo lo que representa muchos años en que el relleno no tenga

la capacidad de sintetizar completamente la composición de los plásticos demorando así la recuperación del recurso suelo.

## 10. EVALUACIÓN SOCIAL

El medio ambiente debe entenderse como el conjunto de relaciones sociales, culturales, económicas y políticas que impactan sobre lo natural[23]. Partiendo de esto el reciclaje debe ser comprendido como cadena socioeconómica, en su interés por participar como un importante factor en las alternativas propuestas para la construcción de la ciudad ambientalmente sostenible.

Para dimensionar la importancia de generar un espacio donde la población de recuperadores de la ciudad pueda ser habilitada ocupacionalmente y tecnificada en el proceso de fabricación de adoquines CPM, se presenta una breve reseña con las características de la dinámica de la cadena del reciclaje (Anexo L) y de los actores que participan en ella.

El reciclaje actual obedece más a leyes económicas que a principios ambientales o de desarrollo sostenible. Se fundamenta por un lado en el consumismo de los sectores más adinerados de la población, aquellos que aspiran a consumir los mismos productos que en los países industrializados (sobreconsumidores), así como en el desarrollo de la industria y el comercio, y por otro lado en las necesidades de supervivencia de la población más pobre de la ciudad. (De Suremain, M.D, 1992).

En Bogotá y en general en las ciudades grandes y medianas del país la actividad del reciclaje es compartida entre un sector moderno de la economía

[23] BEATRÍZ GOMÉZ. Memorias del IV Congreso nacional de Reciclaje.1996

que se ubica y desarrolla en los eslabones superiores de la cadena del reciclaje y por un sector popular, en donde se ubican los recuperadores. Estos dos sectores participan diferenciadamente en las etapas de recuperación, selección, acopio-comercialización, transformación-reuso.

En el sector industrial (moderno) la iniciativa de recuperación se está estructurando, consolidando así sistemas de acopio a gran escala, no obstante, es evidente que el sector popular recupera para el sector industrial los materiales de mayor valor y volumen de la cadena del reciclaje y por falta entre otras cosas, de políticas y de recursos apropiados, su valiosa contribución a la cadena y en consecuencia a la economía y desarrollo del país aún no se ve recompensada por los beneficios económicos, sociales, ambientales generados a partir de este proceso.

El actual sistema de reciclaje se caracteriza por diversos actores, entre los que se encuentran los recicladores, intermediarios y la industria, los cuales interactúan en una cadena que se ha consolidado en Bogotá desde la apertura del relleno. Esta cadena se desarrolla a partir de la conformación de sistemas propios, integrados por individuos, el área principal de labores es la calle, donde se realiza la separación, recolección y transporte en medios artesanales hacia las bodegas que realizan la comercialización de materiales reciclables. Estos recuperadores representan el primer eslabón de la cadena.

El siguiente eslabón, (de intermediación), está conformado por algunas organizaciones o cooperativas pequeñas y medianas que seleccionan el material para ser vendido a los transformadores y creadores de nuevos productos. La desigualdad existente en las condiciones de mercado para los diferentes materiales recuperados hace que el sector de intermediación presente múltiples ventajas frente a la recuperación informal como la capacidad de acopiar grandes cantidades de residuos sólidos que les permite su comercialización con la industria.

En el último eslabón de la cadena se encuentra la mediana y gran industria, dispuesta a colocar los nuevos productos en el mercado.

## 10.1 LOS ESLABONES DE LA CADENA DE RECICLAJE EN BOGOTÁ.

Con el fin caracterizar a cada uno de los actores que participan en las diferentes etapas de la cadena de reciclaje se tomó como referencia el proyecto "Escuela popular de reciclaje hacia el desarrollo de un sector popular de reciclaje en Bogota"[24] que describe los eslabones de la cadena.

La cadena de reciclaje comprende: la producción de residuos por los diferentes actores económicos, la recuperación, el acopio, la comercialización, la transformación y el reuso de los materiales.

**10.1.1 Los Productores De Residuos.** En un país en el cual la desigualdad de condiciones sociales afecta a la población, se encuentran prácticas significativas de "reciclaje espontáneo" relacionado con el aprovechamiento de los residuos disponibles. En algunos sectores de altos ingresos, existe un nivel de recuperación y reutilización doméstica e industrial importante. El reuso de bolsas plásticas es frecuente y los recipientes son utilizados casi exclusivamente por grandes productores tales como fábricas, comercio, instituciones, conjuntos residenciales. Para estos productores, los residuos ya se consideran a menudo como recursos económicos.

La separación no es completa, pero encuentra una base en el comportamiento de la población. No se rompen las botellas, cuando "se sabe" que alguien las recogerá y le dará un uso. Se expresa frecuentemente

[24] Tesis de Maestría en saneamiento y desarrollo ambiental. Gómez Beatriz

la opinión que este trabajo que hacen los "cartoneros" es positivo, es una alternativa al desempleo, y que ya se conoce el personaje que pasa con regularidad en la calle. Un porcentaje interesante de habitantes se declara dispuesto a participar en programas sistemáticos de selección en la fuente, articulados con recuperadores populares. (ENDA, Estudio de Circuitos de Reciclaje 1994).

Estos resultados contrastan con la opinión frecuentemente escuchada, según la cual la selección en la fuente es imposible, por la "indisciplina" o la "falta de civismo" del Colombiano y mucho más del Bogotano. Sin desconocer los obstáculos que una práctica disciplinada presenta, muchos de estos obstáculos se deben sobre todo al desconocimiento de la lógica del habitante o del ama de casa.

Para el habitante, todo es basura, hasta que vea un uso útil a cualquier elemento anteriormente desechado, adicionalmente la población genera costumbres a partir de necesidades, una aplicación de esto es incentivar la separación en la fuente a partir de la necesidad que tiene el usuario que no desea ver a los recuperadores esparciendo los residuos en la vía pública. Estudiar y hacer visibles estos usos, debe ser la base de las campañas. La parte logística y la "recompensa" vienen después, y deben ser coherentes con el propósito.

En términos de cadena articulada, los residuos de los pequeños productores van en mayoría hacia la recuperación informal y los residuos de los grandes productores son captados sobre todo por empresas de recuperación e industrias.

**10.1.2 La Recuperación.** La recuperación se diferencia entre los recuperadores callejeros y otros circuitos de captación: cooperativas, empresas de aseo o de acopio, programas comunitarios, campañas empresariales y escolares etc.

**10.1.2.1 Los Recuperadores Populares.** Ubicados principalmente en las calles, trabajan generalmente en grupos, cuyo número depende del medio de transporte utilizado: el "costalero", va solo, puede cargar varias decenas de kilos de material y tiene un ingreso inferior al salario mínimo. Aquellos que disponen de un "carro esferado" o de "balineras", se asocian por familias, grupos de amigos o grupos de adultos y niños no familiares. Pueden recoger cargas de 200 a 400 Kgr en varios días: el ingreso del grupo se sitúa en torno al salario mínimo o un poco más. Algunos disponen de vehículos de tracción animal. Pueden cargar una tonelada o más. Estos promedios sin embargo esconden muchas variaciones individuales y bastante irregularidad en los ingresos.

Mucha incertidumbre afecta esta vida nómada: incidentes con la Policía, incluyendo pérdida de material y/o pago de "impuesto", enfermedades, accidentes, robos, variaciones de precios, prohibición de circular, problemas de drogadicción, etc.

Los recuperadores populares acceden principalmente al material extraído de la basura doméstica y de pequeñas empresas. Sin embargo su número no deja de aumentar y se han extendido las zonas de trabajo a casi toda la ciudad. Los materiales recuperados son principalmente el cartón y el papel, seguidos por el vidrio y el plástico. Los precios varían fuertemente según la calidad y cantidad, así como las relaciones con el bodeguero.

El reciclaje es rentable a largo plazo y en términos ambientales globales, pero al estar muy segmentada la cadena, algunos ganan y otros pierden. Los recuperadores informales, como proveedores de materia prima, son evidentemente los más explotados. Por ser su trabajo marginal, informal y excesivamente manual, se paga a un nivel bajo. Los intermediarios en la medida en que se mantienen muchos de ellos en la informalidad, eluden muchos costos y logran manejar márgenes aceptables de utilidad.

Uno de los puntos de referencia del recuperador es la bodega. Su pertenencia a una bodega supera la simple relación económica, si el bodeguero trata de fijar su clientela, el recuperador a su vez intenta conseguir "contratas" o "fuentes" es decir, compras o donaciones regulares de material. En este caso el recuperador puede ser explotado por el intermediario, pues algunas veces se produce el intercambio de mercancías por droga de diversos tipos como pago del material. Este hecho y el dormir en la calle, o en el carro esferado durante varias noches seguidas mientras se llena el carro, es otro de los estigmas de la sociedad que lo margina asociándolo con la delincuencia.

Hoy el recuperador es el punto de partida, pero solo participa de manera marginal de los beneficios de la cadena del reciclaje. Esta participación subordinada en la cadena lo condena a depender de las redes de intermediarios que acopian y comercializan grandes volúmenes. Tal situación de desventaja hace de estas personas un sector laboral muy débil y socialmente rechazado.

Independientemente del medio de trabajo, todos realizan extensos recorridos por zonas comerciales, industriales y residenciales de la ciudad, siendo las primeras las áreas más apetecidas por la cantidad y calidad del material encontrado. Los "esferados" son quienes mantienen una mayor permanencia y disciplina en las rutas al igual que los "zorreros". Aunque en forma definitiva el factor más importante en la definición de las rutas y la permanencia en ellas es la calidad y cantidad de material y el grado de seguridad que las zonas le ofrecen a ellos, a su material y a sus medios de trabajo.

**10.1.2.2 Los Recuperadores Asociados.** Desde 1984 han surgido constantemente organizaciones de recuperadores, siendo la primera, Sintrarebo (Sindicato de Trabajadores del Basurero). La mayoría de ellas son cooperativas o pre-cooperativas, Algunos tienen exclusivamente "fuentes" o

"contratas", otras compran a sus afiliados el material que ellos recogen por sus medios, una minoría, se dedica a la preindustrialización y la transformación. Ofrecen además servicios educativos, de salud, préstamos, actividades culturales etc.

Indiscutiblemente, las Cooperativas han permitido a sus socios aumentar sus ingresos, pagando unos pesos más por el material, y mejorar su calidad de vida a través de los servicios prestados. Sus limitaciones radican en su reglamentación relativamente rígida o exigente con relación a la idiosincrasia del recuperador cuya independencia es un bien preciado. Su número, aunque no es reducido, tampoco les ha permitido hasta la fecha tener una influencia directa sobre el mercado, pero han logrado algunas negociaciones directas con grandes centros de acopio o medianas industrias y en la actualidad, muy pocos se han vinculado a los consorcios en la prestación del servicio de barrido y a acciones educativas en las localidades.

**10.1.2.3 Las Empresas Privadas Y Los Programas Comunitarios.** Las empresas de recuperación son generalmente vinculadas a una bodega o centro de acopio. Obtienen grandes cantidades de materiales en remates, demoliciones, empresas de aseo, contratos diversos y avisos clasificados en la prensa.

Los programas comunitarios o cívicos, tienen un valor más educativo que comercial. Los volúmenes manejados son pequeños y a menudo decepcionan a sus promotores.

**10.1.3 El Acopio.** La mayoría de las bodegas son pequeñas, de menos de 100 $M^2$, compran todo lo que se les ofrezca y emplean al menos unas 5 personas, siendo a menudo la vivienda del dueño el mismo depósito. Las bodegas medianas empiezan a especializarse en uno o dos materiales y se diferencian de la residencia del bodeguero. Tienen más equipamiento, tales como prensas, cortadoras, vehículos, etc. Los depósitos más grandes, o

centros de acopio son casi todos centrados en el comercio del papel- cartón salvo algunas excepciones. La competencia entre ellos es dura, pero aquello no excluye las compras mutuas de materiales para cumplir con el pedido de una industria. Las relaciones con éstas pueden ser de naturaleza contractual o financiera. En este caso la bodega es una filial de la industria.

Estas relaciones de fuerte competencia dificultan el acceso a la información sobre el sector, puesto que cualquier dato sobre oferta o demanda puede ser estratégico para controlar o ganar un negocio. La no transparencia caracteriza este mercado segmentado, no homogéneo, pero dominado globalmente por las grandes empresas, quienes fijan los precios de toda la cadena. Estos son determinados por los precios de la materia prima virgen, con la cual tienen que presentar una ventaja comparativa atractiva. Las diferencias se deben a problemas de localización, de información, de multiplicidad de las intermediaciones, de regularidad, de volúmenes y de relaciones establecidas.

**10.1.4 La Transformación y el Reuso.** Los residuos recuperados, acopiados, compactados y preindustrializados son comprados por las empresas formales e informales o micro-industrias. En el caso del plástico, el mercado se divide entre los dos sectores.

En el Distrito Capital, la actividad del reciclaje, al menos en las etapas de recuperación, recolección y transporte, se ubica en el sector informal de la economía con una importancia ambiental y económica relevante para los centros de acopio, el bodeguero y el industrial, pero paulatinamente está sujeta a un estigma social por su relación con los residuos sólidos y los habitantes de la calle.

Esta cadena es productiva a corto plazo por que en sus etapas de selección, clasificación, pretransformación, transformación y comercialización, incorpora valor al residuo y genera un producto que

entra nuevamente al círculo de mercado. Este valor agregado del material ha sido históricamente otorgado por los recicladores, que asumen los costos de separación, selección y transporte y a su vez perciben menos dinero por su labor.

## 10.2 EL SECTOR INFORMAL.

La Economía informal se define y caracteriza por los siguientes aspectos[25]:

- No paga salarios estables ni regulares; tampoco reconoce un mínimo legal y está por fuera de la normatividad relativa a jornadas diarias, mensuales y anuales.

- No ofrece posibilidades de ascenso o recalificación.

- No ofrece seguridad social ni posibilidades institucionalizadas de ahorro; no presta ningún beneficio para los familiares directos del trabajador.

- Los trabajadores de la economía informal están sometidos a sobreexplotación por la irregularidad de las jornadas de trabajo, por las condiciones laborales en las calles y a la intemperie o en microempresas estrechas y desorganizadas, y por el pago de salarios diarios y a destajo. Su vínculo con el trabajo es inestable, indirecto y fragmentario.

- No utiliza tecnología, obtiene un bajo margen de ganancia y su división del trabajo es mínima.

[25] Resultados de los Estudios Realizados por el DANE y la UESP Sobre el Reciclaje en Bogotá.

- Representa una competencia desleal para la producción formal porque reduce costos en el pago de salarios, de impuestos, en la tecnificación de procesos y en la inversión de capital. Es una economía móvil e inconstante que arriesga muy poco, pues cambia de actividad cuando decrecen las ganancias, por lo que tiene pocas pérdidas.

- Usufructúa el espacio público y los equipamientos urbanos para evitar la inversión en redes de distribución, transporte y puntos de venta.

Se estima que en Bogotá en el año 2000 existían 12.000 familias que tenían como único sustento la recuperación de residuos[26]. En general las familias que emplean los plásticos lo hacen por tipo de polímero y tienen carácter de pequeña y mediana empresa[27], son muy pocas las empresas en este campo y en su mayoría no tienen ningún tipo de organización.

Los diferentes documentos consultados concuerdan en que el reciclaje del plástico enfrenta algunas dificultades (en las etapas de selección y separación por tipo de polímero, pues la mayoría de residuos de este tipo se encuentran mezclados y no pueden ser reciclados) que hacen que haya un bajo estimulo hacia el reciclaje en este segmento del mercado. De acuerdo a un estudio de la Asociación de Recicladores de Bogotá, los recicladores informales, son por lo general personas que han sido excluidas de otras actividades, y que provienen de familias dedicadas al reciclaje de residuos o personas que encuentran en el reciclaje un oficio temporal, que prefieren el ocio o la delincuencia.

[26] UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, DAMA, PNUD, Estudio de Empaques y Envases

[27] Aproplast Ltda.., citado en DAMA 2000

En su mayoría no cuentan con lugares estables de vivienda, pues son nómadas que comparten la calle con otros grupos de recuperadores y se asientan en espacios urbanos (generalmente en barrios piratas).

Es justamente aquí donde se comienzan a ver las implicaciones del proyecto dentro de las características sociales y culturales de los recuperadores. Si se logra tecnificar a esta población dándoles una ocupación digna, y adicionalmente brindándoles un producto que no solamente puedan comercializar, sino que sea utilizado como parte en la construcción de agrupaciones de vivienda de interés social, mejorando significativamente sus condiciones habitacionales, se estará haciendo una verdadera inversión en el desarrollo del país.

La aplicación de este proyecto no solo beneficiaría a la población de recuperadores, mejorando sus condiciones habitacionales, sino que aplicado en otro contexto, se vería beneficiada la población marginada que habita en la ciudad y que no posee una fuente de ingresos (desplazados, madres cabeza de familia, entre otros), de tal forma que puedan fabricar y/o mejorar sus viviendas con los materiales de construcción elaborados con su trabajo.

**10.2.1 Participación del Sector Informal en la Recuperación.** Los recuperadores tienen un papel crucial en la red comercial y ecológica del reciclaje de residuos en las ciudades, como alternativa concreta a problemas ambientales producidos por el aumento indiscriminado de los niveles de consumo de energía, uso de los recursos naturales y acumulación de desechos (Salcedo, 1999). Por lo tanto el futuro de los recuperadores es un tema social muy importante a discutir en cualquier modificación que se haga a los sistemas de recolección existentes en Colombia (ANDI, 2001)

La Gerencia de Prevención y Reciclaje de la UESP, en el documento Sistema Operativo de Reciclaje – SOR – , realizó un estudio en donde se estimó para 1999 las toneladas de residuos plásticos recuperados por sector (industria y recicladores) como se muestra en la siguiente Tabla 31.

**Tabla 31. Estimación del MPR Generado (Recuperado + Dispuesto en RSDJ) (Ton/día 1999)**

| TIPO DE DISPOSICIÓN | TON/DÍA |
|---|---|
| Dispuesto en RSDJ | 1115 |
| Recuperado | 266 |
| Por la industria | 240 |
| Por recuperadores | 26 |

Fuente: Cálculos UT del EPMIRS 2000

Como se observa en la tabla, el porcentaje de residuos recuperados por el sector informal, es muy bajo, esto podría explicarse por la fluctuación de los recuperadores de esta actividad a otra debido a la falta de conocimientos en técnicas de reciclaje que les permita transformar el residuo razón que lo obliga a entregar el residuo a los intermediarios por un valor muy bajo. Adicionalmente la falta de conciencia ambiental por parte de los generadores (residenciales, institucionales, empresariales, industriales, etc), que no realizan separación en la fuente, dificulta al recuperador la tarea de separación y clasificación de los residuos aprovechables.

Si se examina la relación entre las ton/día dispuestas sin ser aprovechadas y las recuperadas tanto por el sector informal como por la industria, se puede visualizar que la recuperación en estos dos sectores no alcanza ni un 30% del total dispuesto. Lo que no solo justifica el desarrollo del proyecto, sino que lo hace imperativo. Se encuentran estadísticas que relacionan el material recuperado por el sector informal como lo muestra la Tabla 32.

**Tabla 32. Material recuperado por los recicladores del sector popular (Ton/día 1999)**

| RESIDUO | PLÁSTICO |
|---|---|
| MPR Total | 911 |
| MPR que llega al relleno | 885 |
| Material Reciclado | 26 |
| Tasa de Reciclaje | 3% |

Fuente: Trascrito, materiales recuperados por los recicladores del sector popular EPMIRS 2000

En esta tabla podemos observar que la tasa de reciclaje en el 1999 fue del 3% en relación al material potencialmente reciclable enterrado en el RSDJ. Por otra parte si se comparan los datos obtenidos de la disposición de MPPR en RSDJ para los años 1999 y 2005 se observa que esta cantidad ha disminuido a la mitad. Paulatinamente la tasa de reciclaje a aumentado en un bajo porcentaje, en relación a las cifras presentadas por la UESP (ver numeral 9.3.1), pero los residuos se siguen disponiendo en el relleno sin ningún tipo de aprovechamiento.

Este alto potencial de plástico recuperable no aprovechado es una posible fuente de empleo no solo para los recuperadores de la Ciudad sino para la población de bajos recursos que en ella habitan. Si se lleva a cabo el proyecto, se estaría generando empleo e ingresando un nuevo capital a la economía nacional.

Dos hechos deben ser considerados a la hora de concluir sobre el impacto social de dar un manejo adecuado a la utilización de empaques y envases por medio del proceso de fabricación de adoquines CPM de FLEXIFORM, el primero es que el país estimula cada día mas el consumo de mercancías y por lo tanto el consumo de empaques y envases tiende a aumentar y no a disminuir, (el proyecto es una alternativa que busca mitigar el impacto de este incremento de residuos plásticos incluyéndolos como materias primas en el proceso, generando empleo para los recuperadores) y segundo que la población a la que esta dirigido el proyecto, se verá beneficiada mediante factores como la inclusión social en un sistema que le permita dignificar su labor habilitando ocupacionalmente al recuperador y haciéndolo parte de sistemas económicos formales, agregando valor al residuo, y generando excedentes.

El recuperador dejará de pensar en el reciclaje como una alternativa de rebusque, por el contrario, estará capacitado para trabajar en la elaboración de adoquines CPM, aportando sus conocimientos a otros recuperadores y mejorando su calidad de vida, situación que se ha evidenciado a partir de resultados obtenidos en el desarrollo de otros proyectos ejecutados con esta población, donde el recuperador reconoce que la asociación es la mejor forma de entrar a participar en el sistema económico del país.

En conclusión los beneficios consisten en que la actual tarea de recuperación que vienen desarrollando los recuperadores, y que se hace de

manera artesanal e informal, va a verse desplazada por una actividad, organizada, coordinada, institucionalizada y empresarial. Tal situación en últimas genera una sustitución de la actividad de buena parte de los recuperadores, lo que obliga a estos a ponerse a tono con las nuevas realidades y encontrar la manera de articularse de forma ordenada y organizada al esquema social del país lo que supone aumento en su calidad de vida.

## 10.3 VARIABLES DEL CAMBIO CULTURAL.

Según el "Estudio Sobre los Circuitos de Reciclaje de Desechos Sólidos en la Ciudad de Bogotá"[28] y el "Proyecto Escuela Popular de Reciclaje" los recuperadores y recicladores necesitan procesos intensos de organización, formación y capacitación, para progresivamente pasar de una posición subordinada y marginada, a una situación digna en la sociedad. Este componente debe ser integrado en todas las intervenciones que se hagan con esta población. La organización y promoción de grupos de recicladores debe ser incentivada, más no ser una condición de la legalidad de su trabajo. Las ventajas de organizarse deben ser evidenciadas con la puesta en marcha de mejores sistemas y no de forma policiva.

En cuanto a la difícil relación de los recuperadores callejeros con la población de la ciudad, es necesario mejorarla, con la creación de oportunidades de prestación de servicios concretos, un ejemplo de esto es la disminución tarifaria para multiusuarios, donde el recuperador presta los servicios de recuperación de MPR y los multiusuarios reconocen esta labor.

[28] Escuela de reciclaje ENDA América Latina

La variable mas sensible al cambio o impacto cultural es la organización social de la población recicladora, y este impacto se mide con respecto a variables como:

- El vehículo usado para recuperar
- El punto de selección
- El material recuperado semanalmente y las ventas semanales
- En el nivel educativo

En este último aspecto Flexiform, la OEI y la Red de Solidaridad Social harán un gran aporte que generará un cambio radical en los estándares culturales y sociales que caracterizan a los recuperadores. Con la profesionalización en la técnica de fabricación del adoquín CPM, se busca dar una herramienta que permita a los recuperadores romper con los estigmas sociales a los que están sometidos y articularse a un sistema productivo que les brinde mayores oportunidades.

El estudio de envases y empaques (DAMA), hace énfasis en la importancia de estimular la mano de obra de los recuperadores como agentes estratégicos de la economía del reciclaje y el impacto de su ausencia reflejaría una enorme crisis ambiental para la ciudad de Bogotá puesto que al no existir un sistema organizado de recuperación, la ciudad agotaría rápidamente su capacidad de disponer residuos. Es precisamente a este punto al que no se quiere llegar y una forma de evitar esta situación es incluyendo a los recuperadores en un sector organizado que sea reconocido por la ejecución de su labor y que no dependa del sector de la intermediación.

Otras variables a tener en cuenta a la hora de medir el impacto social del proyecto, hacen referencia al modo de producción, que en este caso utiliza tecnologías de ingenio nacional y fácil operación que permiten al

recuperador aprender la técnica de fabricación del adoquín CPM, independientemente de sus limitaciones educativas.

**10.3.1 Promover la Separación Primaria en la Fuente.** Con miras a desarrollar la costumbre de separar, cómo actitud y no como negocio, se debe estudiar los resultados de la separación, para ver cuál es la proporción de éxito en condiciones de separación simple (dos bolsas). Se busca desarrollar argumentos basados en la higiene y en la salud, para el reciclador y para el mismo productor (mostrar que la mezcla tiene muchos inconvenientes, costos asociados, riesgos, etc...). Igualmente es necesario crear estrategias de información hacia la población que aborden integralmente el problema de la NO BASURA.

Se deben incentivar las formas de remuneración de los usuarios disciplinados: basadas en tarifas, y mejoramiento del servicio en los sitios concretos en los cuales se logra. No se deberán hacer campañas abiertas, donde no exista ningún tipo de recolección en la fuente o de recolección selectiva.

No se deberá invertir en multiplicar los recipientes por parte de los generadores de desechos, salvo en el caso de los grandes generadores. Asociar a los recicladores a la recolección selectiva, permite aprovechar su experiencia. Invertir en su organización y capacitación, en vez de multiplicar los sistemas intensivos en capital, permite aprovechar la mano de obra experimentada en el sector.

## 10.4 ECONOMÍA SOLIDARIA.

Existen tres clases de economía: la *Economía Privada*, con su espíritu de ánimo de lucro y enriquecimiento individual, la *Economía Estatal*, con su orientación de servicio ciudadano, interés común y colectivo, con o sin

ánimo de lucro, y la *Economía Solidaria*, con su compromiso, responsabilidad y servicio a la comunidad.[29]

En concordancia con la Ley 454/98 se define Economía solidaria como el sistema socioeconómico, cultural y ambiental conformado por el conjunto de fuerzas sociales organizadas en formas asociativas identificadas por prácticas autogestionarias solidarias, democráticas y humanistas, sin ánimo de lucro para el desarrollo integral del ser humano como sujeto, actor y fin de la economía.

La economía solidaria es una respuesta real y actual a los más graves problemas sociales de nuestra época[30]:

i. La pobreza, la exclusión y la marginación que afectan a seres humanos, sectores sociales y pueblos enteros en diversas regiones del mundo.
ii. La desocupación y la cesantía de porcentajes elevados y crecientes de la fuerza de trabajo.
*iii. Los límites e insuficiencias de la muy extendida economía informal o popular, que puede potenciarse y encontrar en la economía solidaria cauces apropiados para una mejor inserción en los mercados. La economía solidaria ha demostrado en muchos casos ser una alternativa capaz de conducir organizadamente a muchos trabajadores informales, a operar con mayor eficiencia, permitiendo la reinserción social y el progreso de vastos sectores que despliegan de modo independiente iniciativas que les generan ingresos y elevan su precario nivel y calidad de vida.*
iv. Las enormes y crecientes injusticias y desigualdades sociales que genera el sistema económico predominante, que se traducen en

[29] www.presidencia.gov.co/planacio

[30] www.economiasolidaria.net/esolidaria

procesos de desintegración de la convivencia social, conflictos que se prolongan sin solución apropiada, ingobernabilidad y desafección ciudadana, acentuada delincuencia y corrupción, etc. Siendo la economía de solidaridad una forma justa y humana de organización económica, su desarrollo puede contribuir eficazmente en la superación de esta serie de graves problemas que impactan negativamente a nuestras sociedades.

v. La economía solidaria ha demostrado ser una de las formas en que la mujer y la familia encuentran nuevas y amplias posibilidades de participación, desarrollo y potenciamiento de sus búsquedas basadas en la identidad de género.

vi. La crisis de las formas cooperativas, mutualistas y autogestionarias tradicionales, desde la cual se percibe la economía de solidaridad como un camino apropiado de renovación y refundación de las búsquedas de formas económicas asociativas y participativas que pongan al hombre y la comunidad por sobre las cosas y al trabajo por sobre el capital.

*vii. El deterioro del medio ambiente y de los equilibrios ecológicos, derivados en gran parte de modos individualistas de producir, distribuir, consumir y acumular riqueza. La economía solidaria orienta hacia nuevas formas de producción y consumo, social y ambientalmente responsables.*

La economía de solidaridad es un proceso real en el que convergen las búsquedas de variados y múltiples sectores y grupos como:

a. Grupos populares y organizaciones de base, que se organizan solidariamente para hacer frente a sus necesidades y problemas.

b. Personas de todos los grupos sociales que quieren desarrollar iniciativas empresariales de nuevo tipo, eficientes y que sean acordes con un sentido social y ético que se proponen establecer en sus

actividades.

c. Organizaciones y movimientos ecologistas, que descubren que los problemas del medio ambiente son causados por formas económicas y de desarrollo insolidarias.

d. Empresarios que quieren compaginar eficiencia y solidaridad, y que aspiran a establecer en sus empresas modalidades armónicas de convivencia humana.

e. Organizaciones no-gubernamentales que se proponen objetivos de desarrollo humano y social, y que aspiran a contribuir con nuevas iniciativas y experiencias a procesos de desarrollo local, alternativo, sustentable.

f. Instituciones públicas y poderes locales preocupadas de los problemas de la pobreza y la desocupación, y que ven en la economía solidaria una manera eficaz de abordarlos.

g. Intelectuales de variadas disciplinas que buscan nuevas respuestas a los grandes problemas sociales de nuestra época, nuevas maneras de pensar el cambio social y el desarrollo, nuevos paradigmas conceptuales y nuevas relaciones entre la teoría y la práctica social.

h. Economistas que toman conciencia de las limitaciones e insuficiencias de los marcos teóricos de su disciplina convencional.

La Ley 454 asignó funciones concretas a las instituciones públicas encargadas de promover, supervisar, controlar y vigilar el sector, y creó organizaciones de concertación pública-privada:

- Departamento Administrativo Nacional de Economía Solidaria (Dansocial) encargado de formular y dirigir la política pública de promoción, fortalecimiento y desarrollo del sector solidario.

- La Superintendencia de Economía Solidaria (SES) se le encargó la inspección, vigilancia y control sobre aquellas organizaciones no sometidas a supervisón especializada por parte del Estado.

- Se reestructuró el Consejo Nacional de Economía Solidaria (Cones), como un organismo consultivo del Gobierno en la formulación y coordinación de la política del sector.

- Se creó el Fondo de Fomento de la Economía Solidaria (Fones) para el otorgamiento de créditos orientados a proyecto de desarrollo de las entidades de economía solidaria inscritas al mismo. Está constituido por aportes privados de sus miembros, del sector solidario y con las apropiaciones que se le asignen en el Presupuesto Nacional según lo determine el Gobierno.

- Se reguló nuevamente la actividad financiera de las cooperativas y se permitió la creación del Fondo de Garantías de Entidades Cooperativas (Fogacoop) como administrador de las reservas del seguro de depósitos y demás fondos y reservas, constituidos para atender los riesgos de la actividad financiera cooperativa.

## 10.5 DESARROLLO DEL PROYECTO OEI, FENAVIP Y RED DE SOLIDARIDAD SOCIAL.

La actual dinámica de reciclaje en Bogotá D.C. amenaza con arrojar a los 8479 recuperadores a la delincuencia y a la violencia, si no se les da una oportunidad de insertarse en un proceso concertado de calificación

progresiva de su trabajo. Mientras Colombia presenta tasas de reciclaje de papel y cartón muy importantes, permitiendo un notable ahorro de divisas y de materias primas para las grandes industrias de estas ramas, los recuperadores viven en la miseria afrontando el rechazo social y los pequeños artesanos sobreviven haciendo grandes esfuerzos.

Las oportunidades de sobrevivencia de los recuperadores residen en su capacidad para formarse, para aprovechar las posibilidades de recolección y para aprender a transformar por ellos mismos los materiales que recogen, para luego comercializarlos junto con las pequeñas industrias existentes, las cuales también deben ganar en productividad.

La idea es que el proceso de fabricación de adoquines CPM esté a cargo de recuperadores asociados que funcionarían bajo la figura de cooperativa y bajo el principio de Economía Solidaria. Según el director de la ANR[31], "las cooperativas tienen autonomía en el manejo de sus recursos, por su parte, los recuperadores venden a la cooperativa su residuo, esta realiza un proceso de reciclaje y comercializa el producto final a la industria. El recuperador es socio de esta cooperativa, teniendo la posibilidad de acceder a actividades de apoyo a su grupo familiar, capacitaciones en temas de reciclaje, recalificándose y brindando la posibilidad de ascender al interior de la organización, de tal forma que el recuperador que ingresa a una cooperativa vendiendo material reciclable puede llegar a ser el líder de esta organización o de su propia cooperativa".

A la pregunta ¿Es posible que los recuperadores se organicen para la ejecución de este proyecto?, Darío Castro respondió, "Según las experiencias en la ANR, los recuperadores están dispuestos a participar siempre y cuando sean respetados sus espacios y sus niveles jerárquicos al

[31] Darío Castro.

interior de sus lugares de asentamiento, adicionalmente los recuperadores exigen garantías de equidad social"

A pesar de la existencia de algunas cooperativas de recuperadores, su estado actual de marginalidad, su asimilación a residuos "desechables", su proximidad con la delincuencia, la droga, la prostitución, requieren un trabajo humano, educativo y psico-social importante antes de pretender alcanzar una capacidad de negociación y de organización social. Una formación práctica y técnica orientada hacia este trabajo de identidad, puede permitir aumentar sus ingresos, producir un valor agregado más grande y mejorar su estatus.

La Red de Solidaridad Social en los 12 años de vigencia de su programa de reciclaje, ha buscado esencialmente, generar proyectos para los recuperadores en los que ocupen su tiempo en actividades lucrativas, de superación personal y de inclusión social, con el objetivo que esta población no infrinja la ley realizando actos que afecten la armonía ciudadana como es el robo y la drogadicción. Así mismo estos proyectos cambian progresivamente la visión de las personas hacia los recuperadores generando ambientes de equidad social. Este es el fundamento de la *Habilitación ocupacional*, donde lo mas importante no es la rentabilidad de estos proyectos (lo que no significa que no deba hacerse un análisis económico) sino el impacto social que tienen estos en la condición de vida del recuperador.

Este tipo de proyectos buscan retirar la mayor cantidad de recuperadores informales de la actividad de recuperación, basados en la premisa que las condiciones en las que se desarrolla actualmente la labor de recuperación son infrahumanas, y que la única manera de generar cambios en la condición actual de esta actividad, es mediante el desarrollo de campañas de selección y separación en la fuente creando una coyuntura en la cultura de los usuarios del servicio de aseo que les permita entender la

modernización y extensión del reciclaje, como una nueva forma de vida urbana, que debe hacerse necesariamente con ellos y no contra ellos.

Sin embargo, este tipo de estrategias dependen de la sinergia entre las instituciones del estado y otras organizaciones, donde la planeación demanda bastante tiempo y los resultados de la implementación solo se ven a largo plazo, lo que evidencia la necesidad de tratar el problema de generación de residuos hoy, para mitigar los impactos (de estos residuos en los recursos naturales) que se verían reflejados en las generaciones futuras.

Los actores ejecutores del presente proyecto basan sus objetivos en las consideraciones mencionadas anteriormente por la Red de Solidaridad Social, ya que su experiencia y resultados en múltiples proyectos de inversión social brindan las suficientes herramientas para acoger y ejecutar estas propuestas.

**10.5.1 Formación Recuperadores.** La capacitación propuesta para la formación a los recuperadores comprende cinco grandes temáticas fundamentales que se relacionan a continuación:

1. Economía Solidaria. Se apoyará en la formación básica y humana de los recuperadores en la composición de la Economía Solidaria.

2. Técnicas de reciclaje, selección y separación en la fuente. Se estimulará la creatividad de los recuperadores y se reconocerán sus habilidades artesanales, mediante ejercicios de intercambio de conocimientos.

   Los Módulos tentativos serán los siguientes:
   - Recuperación

- Selección
- Almacenamiento
- Comercialización
- Adaptación y Transformación

3. Fabricación de adoquines CPM a partir de residuos plásticos mixtos. El eje central del proyecto tendrá como objetivo calificar el trabajo de los recuperadores, permitiendo producir un valor agregado al residuo y ganar en productividad, así como enseñarles a transformar el plástico recuperado y darles una oportunidad de sacar provecho del proceso de reciclaje de plásticos mixtos de Flexiform, mediante la fabricación de adoquines CPM, promoviendo tecnologías de transformación apropiadas para su desarrollo.

   Los Módulos prácticos permitirán dar apoyo al aprendizaje en la fabricación de adoquines CPM a los recuperadores con bajos niveles de escolaridad.

4. Mercadeo de productos fabricados. Se capacitará a los recuperadores para la comercialización del adoquín CPM, formándolos en técnicas de precios, relación calidad-precio, mercados, posibles ampliaciones comerciales, etc.

Algunos Módulos teóricos serán:

- *Módulo de información y comercialización*:
  Talleres sobre precio y rentabilidad.
  Talleres de interfase entre sub-sectores.

- *Módulo de creación de empleos e ingresos*.

Talleres sobre las formas de micro-empresas familiares y asociativas: tipos, estructuras, normas, dinámica, ventajas e inconvenientes.

Talleres prácticos y/o asesoría para el montaje de proyectos concretos.

Relaciones con instituciones financieras, cooperativas o de crédito solidario a micro empresas.

- Módulo de gestión y de administración.

Talleres de contabilidad, gestión, compra y venta destinados a individuos y a grupos que hayan tenido una actividad de transformación principal o complementaria.

Talleres sobre los "contratos", su importancia e impacto sobre los recuperadores. (Se trata de donaciones fijas o ventas fijas de material seleccionado).

5. Seguridad Industrial y Salud ocupacional. Capacitación en uso de los implementos de protección personal que deben ser utilizados en el desarrollo de las labores realizadas en la empresa, así como la manera correcta de ser colocados y portados durante la ejecución de la labor realizada. Así mismo se capacitará en el uso y significado de la señalización correcta que debe existir al interior de la planta.

## 10.6 EXPERIENCIAS EXITOSAS

El reciclaje actual se desarrolla desde una lógica económica, esto ha generado una fuerte y amplia red de economía secundaria compartida entre un sector moderno y un sector precario -el popular-. De hecho la rentabilidad en la actividad del reciclaje es una cuestión de escala que tiene que ver con el capital disponible, los volúmenes, la tecnología y los mercados.

Los actores sociales vinculados al eslabón de la recuperación, especialmente la que se realiza en la calle, están en una escala de sobrevivencia. Hoy se sabe, que querer reproducir la dinámica de la recuperación y el acopio de materiales, en la lógica en que se ha desarrollado espontáneamente es propagar escalas económicas, sociales y tecnológicas de miseria.

Se podría afirmar que las oportunidades del sector popular del reciclaje en Bogotá y de los recuperadores principalmente, que permitirían pasar del nivel de la sobrevivencia, tienen que ver con el desarrollo de su capacidad para superar la escala actual: económica, tecnológica, social y poder involucrar el componente ambiental.

Se realizó una recopilación de variadas experiencias con el fin de ilustrar el éxito que ha tenido la ejecución de proyectos de inversión social.

**10.6.1 Los Mártires.** La Red de Solidaridad Social y la Comunidad de las Hijas de la Caridad de San Vicente de Paúl de la Provincia de Bogotá ejecutaron el programa "Formación de proyecto de vida digno para ciudadanos de la calle de la localidad de los Mártires bajo un modelo de acogida, reeducación e inclusión a la vida laboral a través de la actividad del reciclaje y elaboración de papel ecológico artesanal hecho a mano".

El objeto de este proyecto fue procurar el desarrollo y la inclusión social de recuperadores de residuos aprovechables, en la localidad de los Mártires mediante un proyecto de producción de papel reciclado de forma artesanal.

La comunidad de las Hijas de la Caridad San Vicente de Paúl desde 1995 trabaja con la población recicladora en la ciudad con el apoyo de voluntarios laicos en el marco de la asociación de la Medalla Milagrosa que tiene la experiencia de varios años de atención a la población de la calle.

En el desarrollo del proyecto se ejecutaron las siguientes actividades:

- Registro de los beneficiarios al ingreso al Centro Ambulatorio de los Mártires.
- Jornada de aseo personal
- Atención psicosocial
- Comedor comunitario
- Talleres de construcción de confianza
- Talleres deportivos y de teatro
- Salidas lúdicas
- Capacitación en reciclaje de papel y elaboración de productos
- Inclusión a la vida laboral
- Acompañamiento y seguimiento

La inversión en este proyecto fue de $232'361.000 distribuidos así: Red de Solidaridad Social: $185'889.000. Comunidad de las hijas de la caridad de san Vicente de Paúl $46'472.000.

Los beneficiarios fueron 4500 Recuperadores habitantes de la calle, que lograron ser capacitados e incluidos en los esquemas laborales, permitiéndoles desmarginalizar su actividad y mejorar su calidad de vida.

**10.6.2 La Dorada.** En marzo del 2003 la Red de Solidaridad Social de la Presidencia de La República y el Municipio de La Dorada formularon el Proyecto: "Manejo Integral de Residuos Sólidos en el Municipio de La Dorada con Inclusión de la Población Vulnerable".

El objetivo principal del Proyecto fue: "Alcanzar un manejo integral de residuos sólidos en el Municipio de La Dorada, que se constituya en un ejercicio replicable para otras poblaciones intermedias de características similares, articulando los recuperadores de material reciclable a la

prestación del servicio de recolección selectiva y aprovechamiento de materiales, para mejorar sus condiciones de vida y contribuir a la reducción de volúmenes de desechos por disponer finalmente".

La Red de Solidaridad Social realizó una inversión de $496.757.752, y los beneficiarios directos del Proyecto fueron 177 recicladores y sus familias.

Las actividades desarrolladas fueron:

- Socialización del Proyecto con los recuperadores del basurero a cielo abierto de La Dorada.
- Campaña de sensibilización para la implementación de la separación en la fuente y la recolección selectiva de materiales reciclables, con apoyos como programas de radio, volantes, estudiantes e inicialmente incentivos directos.
- Organización de los recuperadores en una asociación.
- Dotación de los recuperadores con carros de tracción manual, uniformes y carnets.
- Cierre del basurero a cielo abierto e implementación de la recolección selectiva.
- Continuación campaña educativa para la separación de materiales.
- Construcción de bodega para almacenamiento de materiales reciclables.
- Dotación de equipos y herramientas para taller de reparación de artículos usados.
- Dotación de computador.
- Dotación de máquina embaladora.
- Realización de diseños para la bodega.
- Realización de diseños para centro de recuperación de materiales y compostaje.

El desarrollo de estas actividades arrojó los siguientes resultados:

- Mejoramiento de las condiciones de trabajo de los recuperadores.
- Organización de los recuperadores y fortalecimiento empresarial.
- Organización comunitaria para la selección en la fuente.
- Construcción de infraestructura para el aprovechamiento de materiales.

**10.6.3 ENDA América Latina.** La inclusión social de los recuperadores a una actividad económica formal a partir de la tecnificación del desarrollo de sus actividades no formales, no es un tema que se haya empezado a abordar en este milenio, en el año 1993 ENDA América Latina con el apoyo de Organismos de Cooperación Internacional como EAWAG – IRCWD Suiza y "Coup de Main" de la Fundación de Francia ejecutaron con éxito el "Proyecto Escuela Popular de Reciclaje" cuyo propósito fue la organización y formación inicial de un equipo profesional y de artesanos de oficio, así como la oferta de cursos y talleres de calificación a recicladores, apoyados en estudios de mercadeo sobre las líneas de producción que les permitirían emprender nuevas actividades de reciclaje. Adicionalmente se continuó con el apoyo a esa población en Derechos humanos y estrategias de comunicación.

Los objetivos planteados fueron:

- Apoyar la creación de mecanismos que permitieran ocupar un espacio propio a los recuperadores populares en las ramificaciones del reciclaje, o reforzar los ya existentes.
- Contribuir a la consolidación económica, social y política de los recuperadores y a la organización de su sector a través de formaciones que permitan superar los obstáculos concretos que frenan su participación en el desarrollo y en la modernización del reciclaje.
- Ofrecer a los recicladores una formación integral a nivel personal y

colectivo, familiar y profesional, como sector de actividad de pleno derecho.

- Identificar y apoyar las cualidades de creatividad del sector en todos los componentes del programa.
- Hacer reconocer por el Estado y por los recicladores de las diferentes ramas la validez de un Centro de Formación y de Información de experiencias de reciclaje.

Los beneficiarios directos del proyecto fueron en principio los diferentes miembros de las ramas populares de reciclaje: recuperadores, pequeños comerciantes y artesanos. La formación estuvo prioritariamente destinada a los 350 recuperadores afiliados a las cooperativas que podrían recorrer en el curso de 3 años todos los niveles formativos de la Escuela. La escuela alcanzó, a través de cursos o de manifestaciones más puntuales, un número aproximado de 800 a 1000 personas (incluidas las 350 de las cooperativas), cobijando comerciantes y artesanos, a quienes estuvieron destinados ciertos cursos y asistencias técnicas.

Los beneficiarios indirectos del proyecto fueron el conjunto de los recuperadores y recicladores (10.000 a 20.000 personas), los habitantes de los barrios en donde serian introducidos cambios en la recolección, los habitantes de los barrios en donde existían depósitos (Bodegas) que estarán mejor administrados.

Las actividades ejecutadas fueron esencialmente educativas, y se dividieron en tres proyectos independientes entre sí (Formación básica, cultura y recreación, Formación tecnológica y preparación para el trabajo, Economía del Reciclaje Popular) que constituían un programa de formación y de acción que se apoyaba en los puntos fuertes del sector buscando reducir sus debilidades.

## 10.7 ENTIDADES DE APOYO A PROYECTOS SOCIALES

Hoy en día, son comunes en casi todos los países en vía de desarrollo, los programas de apoyo a la empresa de menor escala, desde la microempresa unipersonal hasta la pequeña y mediana empresa (PYME). En Colombia las ciudades principales tienen una oferta amplia de programas de desarrollo empresarial. A continuación se referencia algunas fundaciones que se dedican a apoyar proyectos de inclusión social para poblaciones vulnerables.

**10.7.1 Fundación Corona.** Es una entidad sin ánimo de lucro, que pretende, a través de sus intervenciones disminuir los niveles de inequidad y falta de oportunidades de la población más pobre del país; apoya y financia iniciativas innovadoras y de impacto que, faciliten el acceso de la población más pobre a los beneficios que genera el desarrollo.

**10.7.1.1 Características de los Programas y Proyectos que Apoya.** Sus recursos están enfocados en aquellas áreas del desarrollo social que ofrezcan posibilidades para reducir la pobreza. Algunos de los programas y proyectos tienen impactos directos, en el sentido de que promueven innovaciones en la gestión operativa de políticas y programas, muchas veces mediante proyectos experimentales. Otros son indirectos: generan insumos para mejorar los términos del debate público; identifican nuevos problemas; proponen políticas alternativas, o evalúan políticas existentes.

La Fundación Corona busca que sus proyectos generen un impacto duradero y sistemático, más allá de la acción puntual o puramente testimonial, dando especial atención a la relevancia del problema que se quiere atender y a la pertinencia de la propuesta para la resolución de ese problema. Por ello, entiende su papel como el de ***Apoyar Programas Y Proyectos Innovadores, Pioneros, Que Se Atrevan A Incursionar En Campos Inexplorados O Que Apliquen Enfoques No Tradicionales.***

El hecho de trabajar en el mejoramiento de la gestión de las políticas públicas y de los programas que de ellas se derivan, no significa reemplazar la función del Estado en el suministro de servicios básicos. Más bien se trata de identificar y desarrollar alternativas viables de transformación social, buscando que éstas sean replicables y generalizables al ser asumidas por actores públicos o privados.

Igualmente, la Fundación pretende generar las condiciones para el fortalecimiento de la capacidad institucional del país en la resolución de sus problemas sociales. Para ello apoya a entidades existentes o fomenta la creación de grupos o nuevas organizaciones cuyos proyectos constituyan propuestas e iniciativas que se enmarquen dentro de su misión.

Una de las áreas de intervención de la fundación es la del Desarrollo Empresarial, cuyo objetivo es crear y fortalecer instituciones y programas de apoyo a la micro y mediana empresa.

**10.7.1.2 Proyectos Especiales para Poblaciones Vulnerables.** La Fundación cumple sus objetivos a través de algunos programas y servicios como el apoyo a proyectos especiales para poblaciones vulnerables en donde se realizan convenios con entidades gubernamentales, Instituciones Distritales, otras Fundaciones y empresas privadas.

Algunos componentes son:

- Desarrollo Humano
- Formación y Fortalecimiento Técnico y del Oficio
- *Gestión Organizacional y de Creación de Empresas*
- *Asociatividad y Economía Solidaria*
- Acompañamiento para la Puesta en Marcha y Seguimiento.

**10.7.2 Fundación La Carolina.** Es una fundación de cooperación internacional del sistema español de cooperación al desarrollo, así como en el marco de la Comunidad Iberoamericana de Naciones. Su singularidad se debe a que cuenta con un Programa de Responsabilidad Social. Este programa pretende sensibilizar a los empresarios, consumidores, administraciones y organizaciones sociales, sobre la trascendencia de desarrollar mecanismos de concertación dirigidos a mejorar la calidad de vida de los trabajadores y del medio en que se lleva a cabo la actividad empresarial, así como la protección del medio ambiente y la sostenibilidad del desarrollo económico.

La Fundación Carolina Colombia ha sido promotora en la generación de espacios de concertación y profunda reflexión alrededor del tema participando activamente en seminarios y encuentros con diversas instituciones en Colombia.

**10.7.3 Fundación Interamericana (AIF).** La IAF es un organismo independiente de ayuda externa del gobierno de Estados Unidos que trabaja en América Latina y el Caribe para promover un desarrollo de autoayuda, equitativo, basado en la participación e iniciativas comunitarias.

Sus objetivos son:
- Fortalecer los vínculos de amistad y comprensión entre los pueblos de este hemisferio.
- Mejorar la calidad de vida de familias de bajos recursos en América Latina y el
Caribe.

- Fomentar el establecimiento y crecimiento de instituciones democráticas, privadas y públicas, congruentes con los requisitos de todos los países soberanos.

Áreas de trabajo: Inversión social, desarrollo local y el desarrollo de base.

Tipo de cooperación: Programa de becas y financiamiento de proyectos

IAF financia proyectos que buscan mejorar las condiciones de vida de los desfavorecidos y los marginados. La IAF no identifica problemas ni sugiere proyectos, sino que responde a las iniciativas que le son presentadas. Los proyectos no se seleccionan por sector sino por su valor intrínseco.

# 11. EVALUACION ECONÓMICA.

Este capítulo contiene los factores económicos que intervienen en el proceso de fabricación del adoquín CPM, el mercado de posicionamiento del producto con base a lo expuesto en las características técnicas del adoquín y su relación con el costo ambiental.

## 11.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES CPM.

Se realizó este estudio económico con el fin de convertir los activos necesarios del funcionamiento del proyecto a valores monetarios, para establecer el monto de los recursos financieros que serán necesarios para

su implementación y operación confrontando los ingresos con los egresos y pronosticando así los resultados de la operación que se va a emprender.

Este análisis agrupa valores que incluyen la inversión inicial y los costos de operación. Con estos valores se determinó el costo aproximado de la venta del adoquín CPM para analizar las implicaciones económicas en la salida del producto al mercado.

Los beneficiarios del proyecto (recuperadores) no realizan la inversión inicial del montaje del proceso de fabricación de adoquines CPM, debido a que este es financiado en su totalidad por la Red de Solidaridad Social, no obstante se realizo un análisis económico para determinar la rentabilidad del proyecto, este parámetro es esencial para la toma de decisiones de la OEI y otros inversionistas que deseen apoyar proyectos que fomenten la creación de grupos o nuevas organizaciones de recicladores, dignificando así su labor.

**11.1.1 Costos de Inversión Inicial.** Corresponde a las inversiones necesarias para realizar el montaje del proceso, estas no se repiten a lo largo del tiempo, pero pierden su valor a medida que pasan los años, la Tabla 33 muestra los costos de la maquinaria y las instalaciones necesarias para la puesta en marcha del proceso productivo.

El costo total de la inversión inicial está basado en el montaje del proceso semi-industrial, que fabricará 704 adoquines día.

**Tabla 33. Costos de Inversión Inicial**

| MAQUINA | COSTO EN PESOS | VIDA UTIL (AÑOS) |
|---|---|---|
| MAQUINARIA | $ 88.981.042,87 | 10 |

| | | |
|---|---|---|
| INSTALACIONES | $ 18.819.939 | 10 |
| **COSTO TOTAL** | **$ 107.800.981,87** | 10 |

Fuente: Los autores

Los costos detallados de cada máquina fueron tomados de la cotización que Flexiform propuso a la OEI y sus valores se precisan en el Anexo M

**11.1.2 Costos de Operación.** Los costos de operación comprenden el conjunto de herramientas necesarias para elaborar un producto, se compone del costo de la materia prima, los insumos, energía, recurso agua y recurso humano (Tabla 34).

**Tabla 34. Costos de Operación**

| Capital de Trabajo | $ Pesos | Kg MP/Mes | Costo/Mes |
|---|---|---|---|
| Polie-tileno de alta ($/kg.) | $ 900,00 | 2260,02 | $ 2.034.020,42 |
| Polietileno de baja ($/kg.) | $ 900,00 | 2260,02 | $ 2.034.020,42 |
| Polipropileno ($/kg.) | $ 900,00 | 2260,02 | $ 2.034.020,42 |
| Poliestireno ($/kg.) | $ 900,00 | 2260,02 | $ 2.034.020,42 |
| Aglutinante ($/kg.) | $ 650,00 | 4755,69 | $ 3.091.196,91 |
| Refuerzos ($/kg.) | $ 5.200,00 | 485,57 | $ 2.524.941,62 |
| Recurso Humano ($/mes) | $ 3.327.240,00 | | $ 3.327.240,00 |
| Energía eléctrica ($/mes) | $ 1.261.166,34 | | $ 1.086.805,47 |
| consumo de agua | $ | | $ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ($/mes) | 75.889,70 | | 64.574,43 |
| TOTAL COSTOS ($/MES) | | | $ 18.230.840,11 |

Fuente: Los autores *ver memoria de cálculos (Anexo N)

Los valores de las variables que componen los costos de operación se obtuvieron de la siguiente forma:

Las Materias Primas: Fueron inicialmente cotizadas en grandes bodegas de acopio donde procesaban los residuos plásticos, allí se encontraron precios elevados que oscilaban entre $1.800 – $2.000 Mcte, estos altos costos subirían en gran medida el valor final de venta del adoquín, por esta razón se hizo necesario explorar más el mercado de los materiales.

Flexiform al haber trabajado anteriormente con los procesos de acondicionamiento, recomendó los precios ofrecidos por la ARB y otras cooperativas de reciclaje, donde se consiguen los residuos plásticos a $900 Mcte, este fenómeno de diferencia de precios ocurre en primera medida porque los centros de acopio o intermediarios, (pese a que pagan un precio muy bajo a los recuperadores informales por la recolección del material), al momento de la reventa del residuo transformado inflan su precio debido a que pueden acopiar grandes cantidades de residuos bien sea para revenderlos a la industria o para reprocesarlos, a diferencia de los recuperadores del primer eslabón de la cadena que no tienen esta capacidad.

Por otra parte los precios de las cooperativas se reducen significativamente debido a las características propias de su organización, donde tienen como política fundamental pagar al recuperador el precio justo por los residuos entregados y vender estos materiales a precios razonables, ya que generalmente las cooperativas tienen acuerdos y convenios entre

cooperativas y con los interesados en adquirir los residuos o productos transformados.

**Recurso humano:** Para la planta descrita en el diagrama de operaciones (Ver Figura 6), son necesarios 5 operarios y un supervisor. Los costos se determinaron destinando a cada uno de ellos con un salario mínimo legal vigente, adicionalmente se tuvo en cuenta un porcentaje por prestaciones y servicios de salud. Para el supervisor se estipulo un valor de dos salarios mínimos. Cabe anotar que las cooperativas tienen autonomía de manejar los salarios y dividendos de acuerdo a las políticas de organización de cada una, adicionalmente en el Código Laboral se estipula que "las cooperativas pueden ordenar retenciones hasta de un cincuenta por ciento (50%) de salarios y prestaciones, para cubrir sus créditos, en la forma y en los casos en que la ley las autorice"[32].

Las horas laborales de trabajo se tomaron bajo el Código Laboral (Art. 161 Duración) como la duración máxima de la jornada ordinaria de trabajo que es de ocho (8) horas al día y cuarenta y ocho (48) horas a la semana.

**Energía**: El consumo de energía fue calculado de acuerdo a la potencia de las máquinas que utilizan energía eléctrica para su funcionamiento. Determinado el consumo total se seleccionó la escala del costo según el consumo en Kw/hora (tomado de la tarifa de la Empresa De Servicios Públicos CODENSA de Bogotá), para el sector industrial (ver Anexo O). De acuerdo a estos parámetros, la industria se ubicaría en el nivel 3, (13.3 a 34.5 Kw/h) donde el costo para la zona industrial diurna es de $208,7817/kw. Posteriormente se calculó el gasto de energía de cada una de las máquinas según la cantidad de horas que operaría al mes con una producción de 88 adoquines hora.

[32] Artículo 59, Numeral 1, Inciso b.

**Recurso agua:** El cálculo del agua agrupa los valores del consumo correspondiente al proceso productivo y la dotación de agua para oficinas que se puede estimar a razón de 40 a 50 litros/persona x día[33]. En la zona de enfriamiento el agua es recirculada al tanque de almacenamiento del mismo sistema, en un mes es necesario hacer la reposición de 14.2 L de agua que corresponde a las pérdidas por evaporación.

La producción de adoquines con esta planta física se proyecta para una fabricación de 88 adoquines-hora lo que representa una producción de 17740 adoquines aproximadamente al mes, teniendo en cuenta que se trabajan 6 días a la semana durante 8 horas diarias y que un mes tiene 4.2 semanas.

**11.1.3 Valor Unitario Adoquín CPM.** Determinados los costos de operación al mes de cada elemento que compone el capital de trabajo, se llevo cada costo al valor unitario que representa en un adoquín para de esta manera estimar el precio del adoquín para la venta.

Para determinar el valor unitario se tuvo en cuenta variables como:

*Capital de Trabajo:* Corresponde a los fondos que la planta semi-industrial necesita para operar normalmente.
*Horas:* 48 horas semanales
*Semanas*: corresponde a 4.2 semanas
*Producción (día):* Corresponde 704 unidades o 35.2 $m^2$ de adoquines fabricados en un día.
*Valor Unitario*: Es la valor del elemento representado en un adoquín.

**Tabla 35. Valor Unitario Adoquín CPM**

[33] RAS 2000

| COSTOS ADOQUIN | |
|---|---|
| Capital de Trabajo | Valor unitario |
| Energía | $ 61 |
| Agua y Aseo | $ 4 |
| R. Humano | $ 161 |
| MP | $ 775 |
| Maquinaria+Instalaciones | $ 51 |
| | |
| Valor Unitario Adoquín | $ 1.052 |
| Valor m2 | $ 21.040 |

Fuente: Los Autores (Anexo N)

**11.1.4 Análisis de Financiero.** Es importante realizar un análisis matemático-financiero y analítico, a través del cual se determinen los beneficios o pérdidas posibles en la ejecución del proceso productivo, esta es una de las evaluaciones que se debe realizar para apoyar la toma de decisiones en lo que respecta a la inversión de un proyecto y se basa en el cálculo de los aspectos financieros del mismo.

Con el fin de determinar la conveniencia de la inversión y la sostenibilidad del proceso productivo en el tiempo, se realizó el análisis económico del montaje y operación de la planta de fabricación de adoquines CPM, para esto se tuvo en cuenta los costos de operación e inversión inicial descritos anteriormente.

La evaluación económica que se presenta a continuación se realizó con base a una proyección de diez años de la planta semi-industrial, ya que este es el periodo de vida útil de la maquinaria estimado por Flexiform, posteriormente se desarrolló y graficó el flujo de caja cuya finalidad es tratar de determinar la realidad financiera del proyecto, en un periodo

determinado, a partir de la definición y cuantificación monetaria concreta de los ingresos, costos y gastos atribuibles al proyecto, a fin de determinar la viabilidad económica que corresponde a un criterio de toma de decisión.

El análisis está influenciado por el tamaño de la producción con base en la fabricación de 17741 adoquines al mes que representan 887,04 $m^2$, adicionalmente el dinero que se invierte en el proyecto estará afectado por una Tasa de Interés de Oportunidad –TIO– a la cuál rentará el dinero, esta tasa pertenece al Índice de Precios al Consumidor –IPC– que corresponde en el mes de Mayo del 2006 a una valor de 4.04%.[34]

Posteriormente se utilizó el método del valor presente neto (VPN), el cual analiza a hoy la conveniencia de la inversión o del negocio a realizar y para ello se trae al periodo cero tanto los ingresos como los egresos que se presentan en el proyecto al interés dado. Para hallar el VPN se aplicó la siguiente fórmula:

$$VPN = \frac{f}{(1+i)^n}$$

En la tabla 36 se definen los posibles resultados del VPN:

**Tabla 36. Síntesis para el análisis**

| VPN | RENTABILIDAD DEL PROYECTO | SIGNIFICADO DEL VPN EN CUANTO EL PROYECTO |
|---|---|---|
| VPN > 0 | La rentabilidad (R) del proyecto es mayor que la tasa de interés de oportunidad (iop) del inversionista. | Es la cantidad de riqueza que le produce al inversionista a precios de hoy, depositar recursos económicos en ese |

[34] BANCOLOMBIA

| | | |
|---|---|---|
| | Entonces R > iop | proyecto |
| VPN < 0 | La rentabilidad del proyecto es menor que la tasa de interés de oportunidad del inversionista. Esto significa que es rentable colocar los recursos a la tasa de oportunidad.<br>Donde R < iop | Es la cantidad de pérdida que le produce al inversionista el colocar recursos a esta tasa de rentabilidad. |
| VPN = 0 | La rentabilidad del proyecto es igual a la tasa de descuento o interés de oportunidad. Este R se denomina Tasa Interna de Retorno. | Al no producirse riqueza ni pérdida, al inversionista le resulta indiferente colocar recursos en el proyecto. |

Fuente: Lógicas y Dialécticas en las decisiones de inversión.

A continuación se determinó la tasa interna de retorno –TIR – que representa la rentabilidad que obtienen los recursos invertidos y reinvertidos durante la vida de un proyecto de inversión y equivale a la tasa de oportunidad que hace que el VPN sea igual a cero, esto establece una relación directa entre la TIR y el VPN. Su eficacia se fundamenta en que la TIR reconoce:

- El valor del dinero en el tiempo.
- El rendimiento de los recursos invertidos y que permanecen dentro del proyecto.

En la siguiente formula se muestra la forma aplicada para determinar la TIR:

$$VPN(i_{op}) = 0 = Inversión\ Inicial + \frac{Ingreso}{(1+TIR)^1} ..... \frac{Ingreso}{(1+TIR)^n}$$

Otra de las funciones seleccionadas es el Beneficio-Costo – B/C – donde se establecen los términos de la contribución del proyecto, al bienestar y el desarrollo económico del mismo. Si los beneficios superan los costos se recomienda realizar el proyecto. El B/C es la relación entre el VPN de los beneficios descontados a una taza de descuento (i) y el VPN de los costos descontados a la misma tasa que se ha descontado los beneficios.

$$\frac{VPNB(i)}{VPNC(i)} = \frac{B}{C} = 1$$

**Tabla 37. Valores que puede tomar el índice B/C**

| Valores que puede tomar el índice B/C | Ecuación Matemática | Implicaciones |
|---|---|---|
| B/C > 1 | VPN Beneficios(i) > VPN Costos (i) | Es aprobado el proyecto |
| B/C < 1 | VPN Beneficios(i) < VPN Costos (i) | Es denegado el proyecto |
| B/C = 1 | VPN Beneficios(i) = VPN Costos (i) | Es indiferente |

Fuente: Lógicas y Dialécticas en las decisiones de inversión.

Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad que tiene por objeto mostrar los efectos que sobre la Tasa Interna de Retorno tendría una variación o cambio en el valor de una o más de las variables de costo o de ingreso que inciden en el proyecto. La gráfica resultante permite ver fácilmente las holguras con que se cuenta para variaciones de cada una de las variables con respecto a la TIO.

Un proyecto puede ser aceptable bajo las condiciones previstas en él, pero podría no serlo si las variables de costo presentaran una tendencia significativa al alza o si las variables de ingreso cambiaran significativamente a la baja. Los análisis de sensibilidad de proyectos pueden efectuarse:

a. Para variaciones múltiples en cada una de las variables, permaneciendo constantes las demás variables del proyecto.
b. Para variaciones simultáneas, uniformes o no uniformes, de dos o más variables. (Modelos Bidimensional y Multidimensional).

Se aplicó el modelo matemático y/o estadístico multidimensional que corresponde al estudio de tres o más variables para este caso el número de personas, extrusoras, aumento de la producción y aumento en los servicios públicos, que varían simultáneamente en igual o en diferente proporción. Se pregunta entonces cuál sería la Tasa Interna de Retorno y la relación B/C si cada una de estas variables aumentara o disminuyera simultáneamente en una determinada proporción cada una o a determinados valores absolutos.

El objetivo es determinar cuál sería esa nueva TIR y B/C, su comparación con los valores iniciales del proyecto y con la Tasa de Oportunidad del Inversionista (TIO) para determinar la conveniencia o inconveniencia financiera del mismo, o las holguras que se tienen para aceptar posibles cambios en cada una de las variables.

Establecidas las funciones financieras que se utilizaron para la evaluación del proyecto, se procedió a construir 2 alternativas de inversión para la ejecución de este, con el fin de determinar la conveniencia del proyecto.

La ALTERNATIVA A corresponde al montaje de la planta semi-industrial de fabricación de adoquines CPM establecida en la propuesta de Flexiform a la

OEI. El cálculo del VPN, la TIR, y el B/C, están directamente relacionados con la utilidad que el inversionista desee obtener por la venta del producto, en este caso se determinó el precio mínimo de comercialización del metro cuadrado de adoquines CPM (estimado en $21900), que permitiera obtener una utilidad avalando la rentabilidad del proyecto. Esta alternativa tiene las siguientes características:

- Producción 88 adoquines hora, (4.4$m^2$.hora)
- Costos de operación
- 1 Báscula
- 1 Mezcladora
- 1 Silo de almacenamiento
- 1 Extrusora
- 2 prensas
- 1 sistema de enfriamiento
- 5 Moldes
- 1 sierra eléctrica
- 6 personas

La ALTERNATIVA B se plantea para evaluar el estado financiero del proyecto al aumentar su producción, buscando esencialmente masificar el producto sin modificar el precio de comercialización de la alternativa A, para esto se propone una planta física con las siguientes características:

- Producción 176 adoquines hora, (8.8 $m^2$ hora).
- Costos de operación
- 1 Báscula
- 1 Mezcladora
- 1 Silo de almacenamiento
- 2 Extrusoras
- 4 prensas
- 1 sistema de enfriamiento
- 10 Moldes
- 1 sierra eléctrica

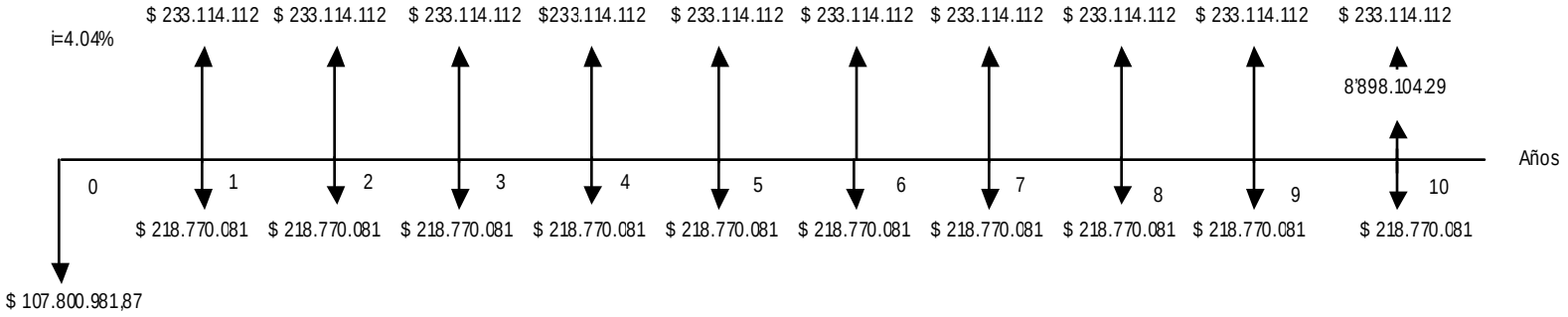
- 8 personas

La aplicación de las funciones financieras generó los siguientes resultados (Memoria de cálculos Anexo P) para cada una de las alternativas:

*El flujo de caja* representa los tres momentos de inversión del proceso productivo los cuales están expresados en la gráfica de ingresos – egresos. El primero es el montaje, el segundo es el de operación y el tercero corresponde al cierre de la operación. Para la alternativa A (gráfico 5) el momento de montaje tiene una valor de $ 107.800.981,87 Mcte donde se agrupan los costos de inversión inicial; el momento de operación se refiere a el tiempo pronosticado de vida útil del proceso donde podemos observar que cada año se obtiene una rentabilidad de $ 14.344.031 Mcte ya que los ingresos son mayores que los egresos, por último el momento de cierre de la operación está representado por el valor de salvamento que corresponde a $ 8.898.104,29 Mcte.

En la alternativa B (gráfico 6) el valor al momento de montaje es mayor con respecto a la alternativa A, ya que se requiere adquirir las maquinas necesarias para duplicar la producción, este egreso es $171.850.981,87 Mcte; para el momento de operación aumentan los valores de ingresos y egresos por año ya que se tiene en cuenta la cantidad de materia prima que se duplica, el recurso humano y el incremento en los servicios públicos, para este caso la rentabilidad es de $58.272.376 Mcte teniendo en cuenta que se mantiene el precio de venta del metro cuadrado de adoquín de la alternativa A; por último para el momento de cierre el valor de salvamento es $15.303.104,29 Mcte.

# Gráfico 5. ALTERNATIVA A



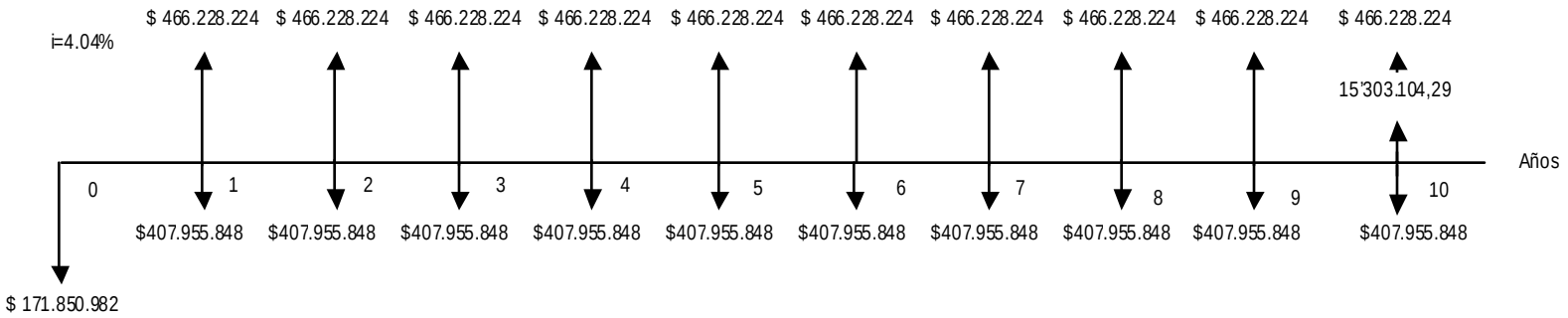

| Actividad / Años | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingresos del proyecto | | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 | 233.114.112 |
| Costo anual de operación | | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | - 218.770.081 | -218.770.081 |
| Inversiones | - | | | | | | | | | | |



SHEILA VANESSA ALZATE RODRÍGUEZ
FANNY TATIANA TAFUR RUGE
UNIVERSIDAD DE LA SALLE

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 107.800.982 | | | | | | | | | | |
| Valor salvamento | | | | | | | | | | | 8.898.104,29 |
| Flujo neto de caja | - 107.800.982 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 14.344.031 | 23.242.135 |

## Gráfico 6. ALTERNATIVA B




| Actividad / Años | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingresos del proyecto | | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 | 466.228.224 |
| Costo anual de operación | | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | - 407.955.848 | -407.955.84 |
| Inversiones | - 171.850.982 | | | | | | | | | | |
| Valor salvamento | | | | | | | | | | | 15.303.104,2 |
| Flujo neto de caja | - 171.850.982 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 58.272.376 | 73.575.480 |

Al contraponer el VPN de la alternativa A y B se obtuvo el siguiente resultado:

**Tabla 38. Resultados del VPN**

| VPN | RENTABILIDAD DEL PROYECTO | ANÁLISIS DEL VPN EN CUANTO AL PROYECTO |
|---|---|---|
| Alternativa A VPN > 0 | $ 14.298.802,01 | Tanto la alternativa A como la alternativa B presentan un VPN > 0, por lo tanto mediante este método encontramos que las dos alternativas de inversión son convenientes. Sin embargo VPN B > VPN A, por lo que podríamos suponer que la alternativa B es más favorable que la alternativa A. |
| Alternativa B VPN > 0 | $ 310.148.988,02 | |

Fuente: Los Autores

Para calcular la *Tasa Interna de Retorno*, se realizó el mismo racionamiento matemático que para el valor presente neto, pero en este caso, se asumió que el valor presente neto es cero y la TIO es 4.04%, lo que se busca es determinar la tasa de interés para ésta condición, los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 39. Resultados de la TIR**

| TIR | RENTABILIDAD DEL PROYECTO | ANÁLISIS DE LA TIR EN CUANTO AL PROYECTO |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Alternativa A TIR > 0 | 6,51% | Tanto la alternativa A como la alternativa B presentan una TIR > TIO, por lo tanto mediante este método encontramos que las dos alternativas de inversión son convenientes. Sin embargo TIR B > TIR A, por lo que concluimos que la alternativa B es más favorable que la alternativa A. |
| Alternativa B TIR > 0 | 31,97 % | |

Fuente: Los Autores

El *análisis C/B* relaciona los ingresos y egresos del proceso productivo a lo largo del tiempo, a continuación se observan los resultados:

**Tabla 40. Resultados del B/C**

| Ecuación Matemática | Valores que puede tomar el índice B/C | Implicaciones |
|---|---|---|
| VPN Beneficios(i) > VPN Costos (i) | 1,009 > 1 | Es conveniente el proyecto |
| VPN Beneficios(i) > VPN Costos (i) | 1.091 > 1 | Es conveniente el proyecto |

Fuente: Los Autores

De la misma manera se realizó el cálculo de la TIR y la relación B/C con diferentes tasas de interés. Para realizar el ***análisis de sensibilidad*** por la TIR y la relación beneficio costo, se grafica el valor B/C para diferentes tasas de interés, en este caso varía de 0% a 50 % en intervalos de 5 %.

**Tabla 41. Análisis de sensibilidad.**

| | A | | B | |
|---|---|---|---|---|
| Interés | Valor de sensibilidad VPN | Valor de sensibilidad B/C | Valor de sensibilidad VPN | Valor de sensibilidad B/C |
| 0,0% | $ 44.537.429 | 1,0 | $ 426.175.879 | 1,1 |
| 5,0% | $ 8.422.485 | 1,0 | $ 287.507.636 | 1,1 |
| 10,0% | -$ 16.232.518 | 1,0 | $ 192.107.550 | 1,1 |
| 15,0% | -$ 33.612.135 | 1,0 | $ 124.387.282 | 1,1 |
| 20,0% | -$ 46.226.940 | 1,0 | $ 74.925.863 | 1,0 |
| 25,0% | -$ 55.630.147 | 0,9 | $ 37.853.884 | 1,0 |
| 30,0% | -$ 62.810.392 | 0,9 | $ 9.410.428 | 1,0 |
| 35,0% | -$ 68.413.777 | 0,9 | -$ 12.877.888 | 1,0 |
| 40,0% | -$ 72.873.024 | 0,9 | -$ 30.677.415 | 1,0 |
| 45,0% | -$ 76.484.630 | 0,9 | -$ 45.136.220 | 1,0 |
| 50,0% | -$ 79.456.109 | 0,9 | -$ 57.061.916 | 0,9 |

Fuente: Los Autores

Tanto el análisis de sensibilidad por VPN y relación B/C arrojaron los mismos valores de TIR, por lo cual se asegura que la alternativa B es mejor que la A, al ser mucho mayor, esto podría presentarse ya que para masificar la producción no se requiere duplicar el total de la planta de la alternativa A, sino que únicamente incrementan algunos

costos que dependen del aumento de la producción, esta situación hace que se generen mayores excedentes en la alternativa B.

Con los valores obtenidos en la tabla 41 se graficó el análisis de sensibilidad para el VPN y la relación B/C de la alternativa A, aquí se observa que si la TIR presenta un valor mayor a 6.51%, el proyecto se encontraría en la zona de rechazo, y por lo tanto no sería conveniente. El mismo gráfico se analizó para la alternativa B donde la TIR puede presentar valores entre el rango de 0 a 31.97%, presentando una zona de aceptación más amplia que en la alternativa A, Por lo tanto la alternativa B es mas aconsejable que la A (ver Anexo P).

A partir de los resultados obtenidos se planteó la Alternativa **B'**, con el fin de determinar en cuanto se podría reducir el precio del metro cuadrado de adoquines CPM, al duplicar la producción bajo las mismas características de la alternativa B. Para determinar su viabilidad se utilizaron las mismas herramientas financieras en relación con las anteriores alternativas como se muestra a continuación:

*El flujo de caja* de la alternativa **B'** (gráfico 7) presenta el mismo valor al momento de montaje que la alternativa B, este corresponde a $171.850.981,87 Mcte; para el momento de operación disminuye el valor de la rentabilidad por año en este caso es de $22.081.144 Mcte teniendo en cuenta que el precio de venta del metro cuadrado de adoquín CPM disminuye a un valor de $20200; por último para el momento de cierre el valor de salvamento es $ 15.303.104,29 Mcte.

Se determinó para esta alternativa las funciones financieras VPN, TIR, B/C comparando con las alternativas expuestas anteriormente, el resultado obtenido fue el siguiente:

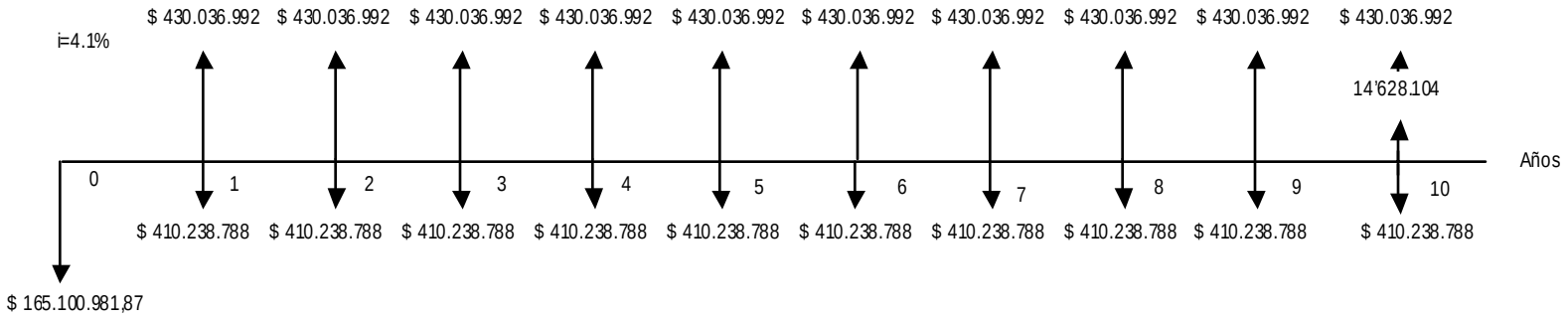
| ALTERNATIVA | A | B | B' |
|---|---|---|---|
| VPN | $14.298.802,01 | $ 310.148.988,02 | $ 17.189.325,79 |
| TIR | 6,51% | 31,97% | 5,91% |
| B/C | 1,009 | 1,090 | 1,006 |
| PRECIO M² | 21900 | 21900 | 20200 |

Tabla 42. Comparación de Alternativas

Fuente: Los Autores

Aunque para la alternativa **B'** la TIR es menor que en la alternativa A, **B'** presenta mayor utilidad como se observa en el VPN, la razón es que al duplicarse la producción se fabrican 8.8 m² hora de adoquines CPM, que permiten que al reducir el precio de venta del m² en un 7.76% el proyecto siga siendo conveniente.

## Gráfico 7. ALTERNATIVA B'



| Actividad / Años | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingresos del proyecto | | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 | 430.036.992 |
| Costo anual de operación | | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -10.238.788 | -410.238.788 |
| Inversiones | -65.100.982 | | | | | | | | | | |
| Valor salvamento | | | | | | | | | | | $14.628.104,2 |
| Flujo neto de caja | -65.100.982 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 19.798.204 | 34.426.309 |

Se realizó el ***análisis de sensibilidad*** para la TIR y la relación beneficio costo y se graficó a las mismas tasas de interés que las alternativa A y B.

**Tabla 43. Análisis de sensibilidad.**

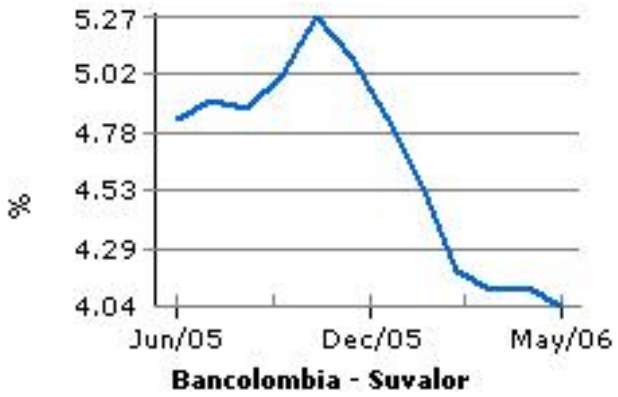
| | B' | |
|---|---|---|
| Interés | Valor de sensibilidad VPN | Valor de sensibilidad B/C |
| 0,0% | $ 64.263.559 | 1,0 |
| 5,0% | $ 8.048.535 | 1,0 |
| 10,0% | -$ 30.271.903 | 1,0 |
| 15,0% | -$ 57.248.137 | 1,0 |
| 20,0% | -$ 76.804.866 | 1,0 |
| 25,0% | -$ 91.367.028 | 0,9 |
| 30,0% | -$ 102.476.195 | 0,9 |
| 35,0% | -$ 111.138.632 | 0,9 |
| 40,0% | -$ 118.027.521 | 0,9 |
| 45,0% | -$ 123.603.639 | 0,9 |
| 50,0% | -$ 128.189.157 | 0,9 |

Fuente: Los Autores

Al comparar los valores límite que puede tomar la TIR en las tres alternativas A 6,51%, B 31,97%, **B'** 5,91% y de acuerdo al gráfico 8 se podría interpretar que los valores de la TIO (IPC) al no haber excedido el 5.27% en el periodo comprendido entre Junio del 2005 y Mayo del 2006, reflejan la estabilidad que tendría el proyecto ya que el IPC no ha alcanzado el valor máximo de las tres alternativas.

Según Juan Sergio Cruz[35] siempre es mejor usar el VPN para escoger alternativas de inversión, ya que el VPN mide el monto en pesos en que aumenta el valor de la utilidad cuando se emprende un proyecto con VPN positivo, mientras que la TIR y la B/C sólo miden el aumento relativo del valor con respecto a la inversión que se hace. Por lo tanto, una inversión de poco monto y otra de mucho monto pueden tener igual TIR e igual B/C sin que esto signifique que ambas son igualmente deseables. La TIR es un método que tiene un atractivo intuitivo importante. Sin embargo, por no medir el valor que agrega un proyecto no es una buena herramienta para tomar decisiones.

**Gráfico 8. IPC 2005-2006**




Fuente: www.corfinsura.com/espanol/indicadores/economicos

Las tres alternativas son una herramienta que apoya la toma de decisiones de la OEI u otros inversionistas que deseen destinar recursos para el proyecto. Sin embargo es importante hacer énfasis en que cualquiera de las tres es viable financieramente si se tiene en cuenta que la importancia del proyecto radica en la habilitación ocupacional de los recuperadores

[35] Lógicas y dialécticas en las decisiones de inversión.

logrando que a través de la tecnificación de su actividad generen mayores ingresos que los obtenidos por su labor actual.

Es necesario tener en cuenta que el proyecto está planteado con el fin de organizar a los recuperadores en cooperativas que trabajen bajo el principio de *Economía Solidaria,* por tener incluido en sus estatutos o reglas básicas de funcionamiento la ausencia de lucro, movida por la solidaridad y el servicio social comunitario. Partiendo del enfoque que los actores ejecutores del proyecto (OEI, FENAVIP, Red de Solidaridad Social) quieren dar al mismo, se observa que el proceso productivo de Flexiform aplicado a este tipo de cooperativas es viable, puesto que, así no se espere un lucro, el proceso genera una rentabilidad para una población que actualmente no tiene un ingreso estable.

## 11.2 ESTUDIO DE MERCADO.

Debido a que la producción de adoquines CPM de la planta Semi-Industrial financiada por la OEI ya tiene un mercado definido, el cual es FENAVIP, que como se mencionó anteriormente será el comprador directo de la totalidad de la producción, se planteó como valor agregado a la evaluación económica, detectar la oportunidad que presenta en este momento el mercado del adoquín CPM, estableciendo el uso, posibles consumidores del producto, la competencia, entre otros aspectos. Esto con el fin de brindar variadas alternativas de comercialización del producto a los recuperadores que sean capacitados en la técnica de fabricación de adoquines a partir de residuos plásticos.

**11.2.1 Usos.** FENAVIP tiene destinado instalar la producción de la planta piloto (52m$^2$) en zonas de parqueo y andenes de las viviendas de interés social (ubicadas en el barrio Suba Bilbao), para realizar pruebas con el fin de evidenciar los usos mas convenientes del adoquín.

El numeral 8.3 describe el adoquín fabricado a partir de la CPM. De acuerdo a las especificaciones técnicas comparadas con la NTC 5282 y NTC 3829, se determinaron las posibles aplicaciones de este producto: Principalmente el adoquinamiento para tráfico pesado de calles, entradas vehiculares de edificios comerciales, vías de parqueo, aeropuertos, centros comerciales y para tráfico liviano como patios, sardineles, pisos, plazas y caminos interiores en casas.

Para tráfico liviano el adoquín al presentar características de antideslizante, puede instalarse en pisos intercalando secciones de adoquín y superficies lisas, de esta forma se brinda seguridad a los peatones.

También puede ser instalado en zonas que necesiten ser impermeabilizadas con el fin de evitar el contacto de contaminantes con el subsuelo, esta propiedad se basa en su composición (plásticos), y al grado de compactación que se logra en el proceso, sin embargo es importante conocer la composición del contaminante para identificar su compatibilidad con el adoquín.

El uso del adoquín generalmente está ligado a un fenómeno que consiste en que el comprador no siempre es el que va a hacer uso del producto, con base a esto el mercado del adoquín debe contemplar el usuario directo e indirecto de tal forma que el comprador escoja el producto por sus características y así mismo pueda satisfacer al consumidor secundario.

Es importante resaltar que el molde del adoquín puede variarse según las especificaciones dimensionales que solicite el comprador, ajustándose a sus necesidades.

**11.2.2 Tamaño del Mercado.** Está representado principalmente por el sector de la construcción ya que son los compradores directos del adoquín, la selección del producto dependerá del análisis de materiales

necesarios para una obra de acuerdo al lugar en el cual van a ser instalados.

Centrándonos en Bogotá salen a relucir buenas oportunidades de introducción del producto al mercado, puesto que actualmente se están adoquinando gran parte de las zonas peatonales y rondas de parques en diferentes áreas públicas que obligan el uso de este producto.

Adicionalmente la bonanza del sector de la construcción en los últimos 5 años y los planes de desarrollo de vivienda en las zonas de expansión de la ciudad, hacen que se generen un gran numero de espacios libres, como andenes y zonas duras en parques (que deben ser adoquinadas) las cuales son necesarias para balancear la cantidad de zonas libres versus las unidades de vivienda por $Km^2$, permitiendo visualizar la oportunidad para que el adoquín incursione en este mercado. Estas consideraciones son alentadoras pues se esperan similares comportamientos en otras grandes ciudades de Colombia.

Para este tipo de proyectos en el cual se requieren grandes cantidades de un producto con características determinadas, Neimar Castaño[36] afima que "El IDU tiene contratos establecidos de suministros de adoquines, no obstante se pueden evaluar propuestas diferentes que mejoren las especificaciones técnicas y que ofrezcan mayores beneficios para una obra" A la pregunta ¿Desde el aspecto técnico cuales son los posibles usos del adoquín CPM? Castaño respondió "…..yo lo veo en parqueaderos para vehículos livianos, por su tamaño y figura esbelta funciona como pavimento articulado, sin embargo es necesario hacer pruebas en campo (para observar su comportamiento en vías), y que adicionalmente permitan determinar a que temperatura el adoquín se vuelve dúctil e inflamable" "Las ventajas encontradas, son su fácil embalaje ya que se puede apilar una

[36] Grupo de Investigación y Desarrollo del IDU (I+D)

gran cantidad de unidades en un pequeño espacio lo que representa beneficios en la etapa de almacenamiento, adicionalmente sus propiedades de maleabilidad no permitirían que se quebrara fácilmente".

Como se mencionó anteriormente la Norma avala técnicamente el uso de los adoquines, así que es el comprador quien finalmente toma la decisión de adquirir el producto de acuerdo a sus necesidades.

**11.2.3 Análisis de la Competencia.** Se identificaron algunas empresas Colombianas representativas en el sector de la fabricación de adoquines.

Aquí el proceso de fabricación del adoquín CPM se enfrenta ante un gigante de la industria donde se visualiza claramente que la producción en masa disminuye los costos en el producto final valor determinante a la hora de comercializar el adoquín, por esta razón se decidió realizar una comparación de las especificaciones técnicas del adoquín CPM frente a otros adoquines del mercado.

Como se observa en la tabla 44 el adoquín CPM presenta múltiples ventajas sobre los adoquines que se encuentran en el mercado.

Se aprecia claramente la diferencia en peso por adoquín, esta fue calculada en gr/cm3 ya que las dimensiones de los adoquines varían, aquí es importante resaltar el beneficio en cuanto al transporte, instalación, almacenamiento y embalaje generando una fácil movilidad del adoquín CPM.

Por otra parte las unidades por metro cuadrado y dimensiones del adoquín CPM, respecto a los adoquines en el mercado, hacen que posibles compradores requieran menos unidades por metro cuadrado, esta cantidad

se verá reflejada en el número de adoquines necesarios para instalar, el costo de transporte y los costos en tiempo de instalación.

Con respecto al módulo de rotura que es la capacidad de un material de soportar una fuerza hasta el punto que alcance el punto de rotura y se quiebre, para este caso el adoquín CPM presenta una mayor resistencia a la rotura. Junto con la resistencia neta a la compresión se reúnen características que se ven reflejadas en la duración o vida útil que puede llegar a tener un adoquín CPM con respecto al de arcilla, de esta forma se reducen costos por mantenimiento y cambio de unidades partidas, problema usual de los adoquines de arcilla.

Analizando el costo por metro cuadrado del adoquín CPM frente a los adoquines del mercado, se puede observar que en cualquiera de los tres escenarios donde se aplique el proceso de fabricación, el producto es mas costoso que sus competidores del mercado, lo que significa que es necesario encontrar un comprador que valore el producto por sus implicaciones ambientales y sociales. Vale la pena resaltar que existen grandes posibilidades de establecer convenios con empresas de economía solidaria como la Fundación Corona (con quien se han adelantado conversaciones) que adquieran el adoquín al precio estimado, por las implicaciones que tiene adquirir un producto que realiza un aporte significativo en inversión social y ambiental.

**Tabla 44. Características Técnicas de Diferentes Adoquines**

| PARAMETRO | ADOQUÍN CPM | ADOQUÍN TOLETE | ADOQUÍN ROYAL COLONIAL | ADOQUÍN DE CONCRETO | ADOQUÍN DE ARCILLA |
|---|---|---|---|---|---|
| **Empresa** | FLEXIFORM** | SAN JOSÉ | SANTA FÉ* | ABENSALA | SANTA FE* |
| **Dimensiones** | 25 x 20 x 3 | 20 x 10 x | 24 x 12 x | 20 X 10 X 6 | 20 X 10 X |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **(cm)** | | 3.8 | 6 | | 6 |
| **Peso (Kg)** | 0.80 | 1.66 | 3.47 | 2.272 | 2.62 |
| **Peso (gr/cm3)** | 0.53 | 2.1 | 2.09 | 1.89 | 2.18 |
| **Rendimiento unidad/m2** | 20 | 50 | 34 | 50 | 50 |
| **Peso (Kg/m2)** | 16 | 83 | 125.8 | 113. | 131.00 |
| **Absorción** | 0.61% | 5% | 8 % | 8% | 8% |
| **Resistencia Neta a la Compresión** | 37.9 Kg/cm2 5293.87 (psi) | 290 Kg/cm2 | 600 Kg/cm2 8.574 (psi) | 27.97 Kg/cm2 8.574 (psi) | 600 Kg/cm2 8.574 (psi) |
| **Módulo de Rotura** | 258 Kg/cm2 3669.4 (psi) | | 80 Kg/cm2 1000 (psi) | | |
| **Precio (m²)** | $21.040*** A y B $21.900 **B'** $20.300 | $15400 | $15164 | $17300 | $15164 |

Fuente: Los Autores

* Datos obtenidos de fichas técnicas otros adoquines (Anexo Q)

** Datos obtenidos de las pruebas de resistencia realizadas al adoquín CPM

*** Análisis unitario del adoquín tabla 35

Es indispensable anotar que pese a que el M² de adoquines CPM es visiblemente más costoso que los adoquines del mercado, este valor se ve reflejado en las implicaciones que tiene adquirir un producto cuyo proceso productivo opera mediante un aporte significativo a la inversión social y ambiental. Adicionalmente el adoquín CPM supera a los de arcilla y concreto en sus especificaciones técnicas, argumento que podría pesar al

momento de la comercialización del producto, ya que brinda mayores ventajas que los adoquines convencionales.

Según Carlos Forero[37] "una alternativa para disminuir los precios del adoquín CPM, es masificar la producción, para que los costos de materia prima disminuyan, puesto que al comprar en mayores cantidades el precio por kilogramo es menor y por lo tanto el precio por unidad de adoquín CPM se reduce".

Por otra parte el adoquín CPM tiene un alto potencial de incursionar en la economía de los mercados verdes, ya que en estos, el precio no es un factor de decisión para el comprador, sino que este último se rige por otros criterios. Un ejemplo de este tipo es el mercado de los productos orgánicos, que aún, siendo más costosos que los alimentos convencionales tienen un amplio mercado y sus consumidores hacen de este un mercado estable.

A la pregunta ¿Es posible comercializar el adoquín CPM aún cuando su costo es mayor que los adoquines del mercado?, Joaquín Caycedo[38] respondió: "en este tipo de proyectos, existen convenios con Organizaciones Nacionales y de Cooperación Internacional que compran los productos independientemente de sus costos, buscando hacer inversión social y ambiental, un ejemplo de esto es un proyecto ejecutado por la Red de Solidaridad Social, quien financió el montaje de una panadería con recuperadores asociados de Bogotá, donde PAN PA' YA compra los productos de esta cooperativa, sin importar los sobrecostos de la producción." Por lo tanto es completamente factible la comercialización de esta clase de productos de inversión social.

[37] Gerente General de FLEXIFORM

[38] Joaquín Caicedo Director del programa de reciclaje de la Red de Solidaridad Social.

"Así mismo la Red de Solidaridad Social suministro a un grupo de recuperadores de Bogotá la maquinaria necesaria para realizar el montaje y operación de un planta de papel reciclado, en este caso para el análisis del precio del papel no se tuvo en cuenta la maquinaria, razón por la cual el precio de venta del papel era relativamente bajo, y adicionalmente se efectuaron convenios con la papelería Panamericana que es quien compra el 100% de su producción" refirió Caycedo.

## 11.3 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE BIENES Y SERVICIOS NO MERCADEABLES

En la actualidad los recursos naturales como bosques, depósitos minerales, calidad del aire o calidad del agua, producen flujos de bienes y servicios muy importantes para las personas. El equilibrio de estos flujos de bienes y servicios puede ser afectado de manera significativa por cualquier proyecto de inversión o por cualquier política que emprenda el Gobierno. Los impactos generados sobre el medio ambiente se traducirían en pérdidas de bienestar para la sociedad en forma de Costos y Beneficios económicos.

Con este análisis se busca esencialmente igualar lo que una persona u organización está dispuesta a pagar por adquirir implícitamente un beneficio de tipo ambiental. Como se describe en el análisis de viabilidad se calculó numéricamente el costo del proceso, la fabricación del producto y su relación B/C, sin embargo el presente análisis es una herramienta cualitativa que tiene por objeto incorporar otros elementos de tipo ambiental que justifican el costo del adoquín CPM en relación con los adoquines del mercado.

Por otra parte debido a su característica de bien público, los derechos de propiedad común en la mayoría de los casos, los recursos naturales y

ambientales no cuentan con precios de mercado que reflejen su verdadero valor. Este hecho, trae como consecuencia la generación de ineficiencia económica en el uso de los recursos naturales y ambientales debido a que estos no son asignados a los diversos usos según su verdadero valor.[39]

Adicionalmente se comparan los costos ambientales, sociales y económicos de una actividad, con los beneficios y valoraciones ambientales, sociales y económicas que se generan si se implementa una acción, de esta manera se establecieron relaciones entre actividades equivalentes ya que se puede crear interacciones directas e indirectas.

Esto se fundamenta en primera medida porque algunas empresas están dejando de ser en nuestros días simples actores económicos y a través de determinadas decisiones, que corresponden a la aplicación de conductas sociales y ambientales, sienten una relación estrecha con su entorno, integrando criterios, métodos y comportamientos social y ambientalmente responsables.

El diagrama de Costo – Beneficio Ambiental comprende dos aspectos básicos:

- Costo: Se refiere al efecto negativo en el bienestar o a un cambio que ocurre cuando se destinan recursos para el control de la contaminación o el manejo del recurso. Por lo tanto, se podría hablar igualmente de costos de control de contaminación o costos de contaminación. Agrupa las variables ambiental, social y económica.
- Beneficio: Son las ganancias asociadas con una mejora en el ambiente mientras que los términos de daño ambiental o costo ambiental requieren de la identificación de un estado ambiental de

[39] Manual de valoración económica de bienes no mercadeables, Mendieta Juan Carlos. 1999. Pág. 3

limpieza que sirva de referencia para representar el movimiento de este estado hacia uno con mayor contaminación. Describe los beneficios ambientales, sociales y económicos con base en el proyecto, proceso y producto.

Es importante tener presente que existen tanto costos como beneficios económicos asociados al valor agregado ambiental, aunque éstos se expresen en un valor diferente a la contabilidad tradicional. Finalmente este valor apunta a un producto diferenciado por sus condiciones de calidad ambiental y las decisiones que se han tomado para cumplir ese objetivo ambiental. A continuación se presenta el análisis Costo – Beneficio estimado.

**Tabla 45. Análisis C/B**

| COSTO | BENEFICIO |
|---|---|
| **AMBIENTAL** | |
| - Costos de los equipos de control de la contaminación, necesarios para captar mayor cantidad de aire contaminado. | - Disminución de emisiones atmosféricas en relación con los procesos de producción de adoquines de arcilla y concreto. (ver Anexo R) |
| - Costo de adquirir terrenos para enterrar grandes cantidades de residuos sólidos que ocupen mucho espacio. | - Se alarga la vida útil del relleno ya que los plásticos son los residuos que ocupan más volumen. |
| - Costo de los sistemas de tratamiento de lixiviados en el RSDJ. | - Disminuye la carga contaminante del recurso suelo en el RSDJ. |

| COSTO | BENEFICIO |
|---|---|
| - Costos de reforestación de áreas de explotación de madera como MP para construir productos a base de madera. | - Reducción de la presión en los recursos naturales ya que la CPM se considera un sustituto de la madera lo cual disminuye significativamente la tala de árboles. |
| - Los altos costos del $m^2$ de adoquines CPM debido a los precios de mercado de los residuos plásticos que ingresan al proceso. | - Desviación de residuos plásticos ante que lleguen al RSDJ, y potencial reciclaje dando un valor agregado al residuo. |
| - Riesgo de agotar un recurso no renovable por la sobreexplotación. | - Disminución de la explotación del petróleo pues el residuo plástico se reincorpora al ciclo de vida. |
| - Costo de fabricar nuevos productos a partir de resinas plásticas virgen. | - Desarrollo de tecnologías apropiadas para la fabricación de materiales de construcción a partir de residuos recuperados. |
| SOCIAL | |
| - Costo que le genera a la nación presentar un alto índice de pobreza truncando el desarrollo del país. | - Incluye a los recuperadores en sistemas económicos formales que les permita generar excedentes.<br>- Fomento de la pequeña empresa. |
| - El costo de subsidiar a la población desempleada del país. | - Generación de empleo.<br>-Profesionalización de la labor de reciclaje. |

| COSTO | BENEFICIO |
|---|---|
| - Costo de reubicación de familias de recicladores. | - Inclusión social de población de recuperadores.<br>- Se mejoran las condiciones habitacionales de la población de recicladores. |
| - Costo educacional de la cultura ciudadana de separación en la fuente. | - Fortalecimiento del tejido social, mediante la desmarginalización de la labor de recolección de MPR. |
| ECONÓMICO | |
| - Costo de destinar mayores espacios para almacenamiento y de transportar mayor número de unidades por viaje. | - Menor cantidad de adoquines CPM por metro cuadrado que reducen el costo de almacenamiento, embalaje y transporte. |
| - Altos costos de inversión en maquinaria extranjera. | - Apoyo a la tecnología en maquinaria nacional. |
| - Costo de mantenimiento de adoquines convencionales ya que estos poseen una vida útil corta en sectores de tráfico pesado. Sumado a esto el costo de disponer escombros. | - Disminución en costos de disposición de residuos, pues el adoquín CPM tiene un alto periodo de vida útil, lo que hace que no ingrese nuevamente al flujo de residuos. Adicionalmente al final de su vida útil, este puede ser reciclado nuevamente en el proceso. |

| COSTO | BENEFICIO |
|---|---|
| - Costo de idear y fabricar productos a base de materiales especiales para mejorar las especificaciones técnicas de los productos actuales. | - El producto brinda mejores especificaciones técnicas que los adoquines convencionales. |
| - Costo de disponer residuos sólidos en los rellenos sanitarios. | - Se agrega valor comercial a un residuo que actualmente no es aprovechado. |
| - Costos de transporte de residuos que actualmente llegan al RSDJ. | - Ahorro de costos de transporte de residuos al disminuir la cantidad de RPPR. |

Fuente: Los Autores.

Es posible calcular algunos costos y beneficios expresados con cifras numéricas con el fin de hacer un estimativo de esta relación. En la Tabla 46. Se presentan algunos de esos indicadores.

**Tabla 46. Indicadores C/B**

| COSTO | BENEFICIO |
|---|---|
| $/Ton residuos RSDJ = $15000/Ton*<br>Ton MPPR RSD = 297 Ton/día<br>Costo de disposición Ton/día = $ 4455000 | Ahorro en el costo de disposición de residuos sólidos en el RSDJ |
| Valor de tasas de emisión cargas contaminantes a la atmósfera/Carga contaminante (mg/m3) | Reducción de costos en equipos de control de emisiones atmosféricas |

| | |
|---|---|
| Costo de disposición final residuos plásticos industriales asumido por el generador por tonelada/Toneladas generadas | Ahorro en costos de disposición de residuos al generador y valor agregado al residuo |
| Costos de transporte por tonelada/Ton recolectadas | Pago de precios justos a recuperadores por los residuos plásticos seleccionados y separados |
| Subsidios desempleo por persona/ número de desempleados | Ahorro de subsidios del estado que puedan ser destinados a otros sectores |
| Costo de reforestación por unidad/número de árboles talados. | Ahorro de recursos naturales convertidos en materias primas. |
| Costo maquinaria importada/Costo maquinaria nacional | Disminución En Costos De Inversión Inicial |

* Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Fuente: Los Autores

# 12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 12.1 ANÁLISIS DOFA

Buscando una interrelación entre los resultados de la evaluación (Económica, Ambiental y Social) y sus tres componentes (Proyecto, Proceso y Producto) se elaboró la matriz DOFA con el fin de identificar las debilidades y amenazas que podrían presentarse de la aplicación del proceso de fabricación del adoquín CPM. Por otra parte se busca evaluar el proyecto en la medida que este presente por si mismo oportunidades y fortalezas tanto para la población a quien está dirigido como para las implicaciones de la puesta en marcha del proceso de reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM.

Es importante para el desarrollo de la investigación evaluar estos criterios con el fin de plantear estrategias que nos permitan convertir las debilidades en fortalezas y las amenazas en oportunidades. Para la obtención de la matriz DOFA (Tabla 47.) se sometieron a valoración los criterios desarrollados en el capitulo 8, y para cada uno de estos se evaluaron las variables: ambiental, social y económica.

## Tabla 47. Análisis DOFA

| DEBILIDADES | OPORTUNIDADES |
|---|---|
| **PROYECTO.**<br>- Grupos de recuperadores que deseen montar el proceso dependen de capital externo (subsidios estatales, organizaciones de economía solidaria y organismos de cooperación internacional)<br>- No vincular el suficiente número de recuperadores en la fase de capacitación.<br><br>**PROCESO.**<br>- Altos costos de materias primas<br>- Altos costos de inversión inicial<br>- El ciclo de producción del adoquín es bastante largo en función del tiempo, lo que podría hacer mayor la demanda que la oferta en contraposición con la fabricación de adoquines convencionales. | **PROYECTO.**<br>- La posibilidad de que el éxito de la experiencia y los actores involucrados actúen como organismos repetidores y multiplicadores en la implementación de proyectos de esta índole en otros escenarios.<br>- Articular a los recuperadores de la ciudad con las empresas prestadoras de servicio de aseo mediante convenios que les permita realizar y participar activamente en todas las etapas de la cadena de reciclaje.<br>- Fortalecer el apoyo de instituciones que brinden sus aportes para fomentar proyectos de inversión social.<br>- Reconocimiento y adquisición de incentivos y premios de excelencia ambiental, por tratarse de un proyecto de inversión social, y descontaminación del medio ambiente.<br><br>**PROCESO.**<br>- Aprovechar el alto volumen de residuos plásticos que no son recuperados en el RSDJ aumentando el capital de ingresos y el porcentaje de reciclaje de estos residuos.<br>- Aumentar de vida útil del RSDJ.<br>- Adelantar investigaciones que permitan determinar la cabida de otro tipo de plásticos en la formulación.<br>- Articular el proceso de reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM, como alternativa para la Gestión Integral de Residuos Plásticos en concordancia con |

**PRODUCTO.**

- No se recomienda su uso en ambientes con altas temperaturas.
- Mayor costo que los productos del mercado.
- Su color puede colocarlo en desventaja frente al uso que desee dar el comprador.

autoridades Distritales y Municipales.

- Conseguir la inversión de capitales externos que permitan aumentar la producción y suplir la demanda en el mercado.

**PRODUCTO.**

- Establecer y posicionar en el mercado el adoquín CPM como un producto verde.
- Estimular la construcción de políticas de estado que incluyan al sector de la construcción en los procesos de regeneración ambiental, y lo incentiven en la compra de materiales ecológicos.

| FORTALEZAS | AMENAZAS |
|---|---|
| **PROYECTO.**<br>- Disminución de la presión sobre los recursos naturales utilizados en los procesos productivos.<br>- Incluye a los recuperadores en sistemas económicos formales.<br>- Elimina intermediarios en la cadena de reciclaje.<br>- Dignifica la labor del recuperador.<br>- Mejora de la calidad de vida de los recuperadores<br>-Propende la participación calificada del recuperador, profesionalizándolo en la fabricación de adoquines CPM así como en actividades de recuperación y aprovechamiento<br>- Permite dar un valor comercial al producto<br>- Generación de ingresos para los recuperadores y organizaciones asociadas<br>- Generador de Industria y Comercio<br>- Generación de Empleo.<br>- Fomento de la pequeña empresa.<br>- Cuenta con el apoyo de la ley, pues cumple con las disposiciones del decreto 1505 de 2003 del MAVDT, Art. 7 Numeral 5 “Garantizar 1a participación de los recicladores y del sector solidario, en las actividades de recuperación y aprovechamiento con el fin de | **PROYECTO.**<br>- Falta de compromiso de la población de recuperadores<br>- Dificultad de los recuperadores para organizarse.<br>- Ausencia de conciencia ambiental en la población de recuperadores y en las instituciones que puedan verse involucradas en la proyección de la propuesta planteada.<br>- Las políticas de estado, incluyen a los recuperadores (en teoría) en la Prestación de Servicios de Aseo, pero la falta de apoyo y subsidios para este tipo de proyectos, hacen que estas políticas no se cumplan. |

| | |
|---|---|
| consolidar productivamente estas actividades y mejorar sus condiciones de vida".<br><br>**PROCESO.**<br>- Se articula a La Política de Residuos que tiene como objetivo fundamental "impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico".<br>- Es innovador ya que la CPM se logra a partir de la mezcla de diferentes tipos de plásticos.<br>- La maquinaria utilizada es tecnología nacional de FLEXIFORM, lo que reduce los costos de inversión inicial.<br>- Los residuos sólidos generados en la etapa de acabado, son reincorporados en el proceso.<br>- Bajos costos de operación<br>- El agua utilizada en la etapa de enfriamiento es recirculada de tal forma que no se generan vertimientos.<br>- Se recupera la energía calórica procedente de la máquina extrusora, reaprovechándola en el calentamiento del silo de almacenamiento.<br>- Se enmarca en la recuperación y protección del medio ambiente con énfasis en la conservación de los recursos naturales.<br>- El proceso de fabricación de un adoquín convencional es más contaminante que la fabricación del CPM.<br>- Permite la habilitación de personal no calificado, profesionalizando y tecnificando su labor de carácter informal actualmente realizada. | **PROCESO.**<br>- Fluctuación en precios de las materias primas<br>- Pocas posibilidades de acceso a subsidios que permita a la población recuperadora adoptar el proceso de fabricación de adoquines |

| FORTALEZAS | AMENAZAS |
|---|---|
| Se fundamenta en el uso sostenible de los recursos | |

| | |
|---|---|
| naturales, ya que a partir de los diversos productos que se pueden fabricar a base de la CPM (sustituto de la madera), se controla la tala indiscriminada de árboles disminuyendo así la deforestación y los impactos ambientales.<br>- La empresa Flexiform trabaja bajo los principios de Responsabilidad Social Empresarial, como eje que aporta competitividad, sostenibilidad y desarrollo en las organizaciones<br><br>**PRODUCTO.**<br>- Ofrece mejores propiedades físicas que el convencional como: liviandad, impermeabilidad, capacidad para absorber golpes, buena resistencia a la abrasión y funciona como aislante eléctrico.<br>- Facilidad de transporte, pues el adoquín CPM es más liviano y ocupa menos volumen que los convencionales.<br>- Se puede instalar en terrenos con humedad por sus característica de impermeabilidad<br>- La totalidad de materias primas que lo componen son residuos sólidos que son reincorporados a la cadena productiva.<br>- Presenta un ciclo cerrado, es decir que no ingresa nuevamente al flujo de materiales plásticos para ser dispuestos, sino que es de uso prolongado y casi definitivo.<br>- Cuando el adoquín cumple su vida útil (uso prolongado), es posible recuperar lo que queda de el y reincorporarlo en el proceso de reciclaje de plásticos mixtos de Flexiform. | **PRODUCTO.**<br>- Creación de productos competitivos en precios.<br>- La falta de subsidios o de capital de inversión en estos proyectos, podría derivar en la dificultad de masificar la producción del adoquín CPM, dejando como resultado la imposibilidad de suplir la demanda del mercado. |

Fuente: Los Autores

Al evaluar las variables ambientales, económicas y sociales para cada uno de los entornos (proyecto, proceso y producto), se observa en todos los

casos los grandes beneficios que se obtendrían con la ejecución del proyecto principalmente en los componentes SOCIAL y AMBIENTAL.

Adicionalmente encontramos que se presentan mayor número de fortalezas y oportunidades en relación a las debilidades y amenazas. Así mismo se puede visualizar que las debilidades y amenazas tienen un alto potencial de convertirse en fortalezas y oportunidades como se muestra mas adelante.

## DEBILIDADES CONVERTIDAS EN FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES

La principal debilidad encontrada, es el hecho que el montaje de la planta para otros recuperadores capacitados, dependa de subsidios provenientes de organizaciones de cooperación internacional y/o de entidades del estado. Al no contar con el apoyo de estos sectores, es posible que no se pueda poner en marcha el proceso de producción del adoquín CPM, por falta de recursos. Esta debilidad puede verse como una oportunidad, de crear relaciones con entidades y organizaciones que tengan interés en hacer inversión social y apoyar proyectos en pro del medio ambiente.

Los costos de inversión inicial para el montaje del proceso fabricación del adoquín CPM son otra de las debilidades encontradas, ya que estos costos no podrían ser asumidos por la población objetivo, si no se subsidia. Sin embargo es importante resaltar que estos costos son bajos en relación a procesos similares de reciclaje (que involucran un solo tipo de polímero), al encontrar que la maquinaria que utiliza el proceso es tecnología nacional fabricada por FLEXIFORM, y esto genera una disminución en los costos de inversión si los comparamos con los precios de mercado de maquinaria proveniente de otros países.

Otro aspecto que requiere un análisis detallado son los costos de las materias primas que entran en el proceso. Estos sobre costos en los residuos plásticos se derivan de la etapa de acondicionamiento que es un proceso previo que la propuesta de fabricación de adoquines CPM a partir del reciclaje de plásticos mixtos de FLEXIFORM no incluye. Esta se convierte en una oportunidad cuando hablamos del alto volumen de residuos plásticos generados en la ciudad de Bogotá D.C., que son enterrados diariamente en el Relleno Sanitario Doña Juana y no son aprovechados (Gráfico 2), así como los residuos generados por la industria, que por estar mezclados y no poderlos separar por tipo de resina son considerados como desechos. Estos residuos son un pasivo para la economía nacional y

si logramos incorporarlos en nuestras materias primas de manera que obtengamos un producto capaz de competir en el mercado no en precios, pero sí por sus características técnicas y su valor ecológico, estaremos brindando al país nuevos ingresos de capital y propendiendo por el desarrollo sostenible.

El hecho de que el ciclo de producción sea bastante largo en función del tiempo y que esto derive en una baja producción (con respecto a la capacidad de producción de los adoquines convencionales) que no permita suplir la demanda del adoquín en el mercado es otra de las debilidades encontradas. Esta debilidad se traduce en la oportunidad de gestionar la inversión de capitales externos que permitan ampliar la producción y abrir mercados.

El costo del metro cuadrado del adoquín CPM es mayor que los adoquines del mercado lo que genera una desventaja en su comercialización, aunque FENAVIP es el comprador de la producción de adoquines del proyecto, otras alternativas de comercialización se pueden gestionar con entidades que deseen apoyar la inversión social y ambiental.

El adoquín CPM solo puede tomar el color negro, y esto puede generar desventajas frente a los adoquines convencionales. Sin embargo se da la oportunidad al comprador de pintarlo del color deseado.

## AMENAZAS CONVERTIDAS OPORTUNIDADES Y FORTALEZAS

La posible ausencia de compromiso de la población de recuperadores, bien sea por la falta de confianza en las instituciones del estado o por las características propias de su desarrollo cultural es una posible amenaza. La manera de transformar esta amenaza en una oportunidad es justamente sensibilizando a la población en temas de desarrollo social y participación comunitaria, buscando fortalecer el compromiso de los actores mediante el

reconocimiento de su participación como individuos en un proyecto que les permitirá mejorar sus condiciones habitacionales y a su vez obtener una remuneración económica por su trabajo.

La dificultad de la población recuperadora para organizarse en sistemas económicos que les permita recibir ganancias es otra de las amenazas. La posibilidad de convertir esta amenaza en fortaleza radica en la toma de conciencia del recuperador en que la organización es la mejor opción para que pueda interactuar con la sociedad y así negociar en mejores condiciones la capacidad de esfuerzo y trabajo que deben garantizarle su participación en una nueva estructura de recuperación de materiales.

Por otra parte la fluctuación en precios de las materias primas se convierte en una amenaza, que nos permite visualizar la oportunidad para que las instituciones tanto públicas como privadas, participen en la formulación y ejecución de proyectos de esta índole, permitiendo una recuperación constante del volumen de residuos que regule la estabilidad en los precios.

Las pocas posibilidades de acceso a subsidios que tienen los recuperadores puede ser una amenaza al momento del montaje del proceso de fabricación de adoquines CPM. Crear políticas de estado que permitan a los recuperadores acceder a estos subsidios a través de programas de acompañamiento en la elaboración de proyectos, es una oportunidad que garantizaría el éxito en la implementación del proceso.

La inclusión y vinculación de la población recuperadora del Distrito Capital en el esquema de prestación del servicio de aseo es imperativa, es importante que el estado no solo funcione como el organismo que dicta las normas, sino que genere y apoye proyectos de este tipo que den soluciones reales a la problemática social del país.

# 13. CONCLUSIONES

A partir de los criterios evaluados PROYECTO, PROCESO Y PRODUCTO, se determinó que el proyecto es viable al observar que los componentes Ambiental, Social, y Económico presentan grandes fortalezas, ya que el proceso productivo es ecoeficiente e incluye de manera efectiva a la población de recuperadores en un proceso de reinserción social que les brinda la posibilidad de acceder a un salario, por otra parte al ser un proyecto de Economía Solidaria y rentable en la medida en que se logre comercializar el adoquín a los precios estipulados. Sin embargo el estudio presenta las herramientas suficientes, para que cualquier organización que desee apoyar a un grupo de recuperadores tome la decisión final.

El proceso de fabricación del adoquín CPM, presenta una alta eficiencia puesto que al realizar el balance de materia, se determinó que las perdidas de MP son mínimas, lo que permite que el producto final contenga el 94.11% de la totalidad de materias primas que ingresan al proceso.

Las materias primas utilizadas en el proceso son residuos plásticos compuestos por diferentes tipos de resinas. Este hecho representa un gran aporte a la ingeniería puesto no existe un proceso de reciclaje que incorpore indiscriminadamente todo tipo residuos plásticos para generar un producto.

El PET y el PVC no se utilizan en el proceso productivo pues estos residuos ya tienen un mercado sólido (donde se pagan a un buen precio), la idea de Flexiform es incorporar todos aquellos residuos que sean considerados desechos y no estén siendo aprovechados.

El éxito del montaje de varias plantas de producción de adoquines CPM, dependerá en gran medida de la inversión de capitales externos ya sea del gobierno o de organismos de cooperación internacional, puesto que los recuperadores no poseen la capacidad adquisitiva para realizar la inversión inicial.

Los residuos plásticos que no se recuperan y se depositan en rellenos sanitarios constituyen un pasivo para la economía nacional y generan un alto impacto al medio ambiente. Si se logra desviar estos residuos e incorporarlos en el proceso de producción del adoquín CPM, se estaría dando un valor agregado a un residuo y se mitigarían los impactos negativos que generan al medio ambiente.

Al aplicar la matriz de aspectos ambientales al proceso fabricación de adoquines CPM, se observó que su operación no generaría impactos significativos al medio ambiente, catalogándolo como un proceso limpio y ambientalmente sostenible.

El estudio financiero demostró que la rentabilidad depende de la utilidad que el fabricante desee obtener de la venta del adoquín, sin embargo este valor está condicionado por los precios que maneja el actual mercado de adoquines que tienen un costo menor que el adoquín CPM. Por lo tanto el proyecto es factible en la medida en que se encuentre un mercado que esté dispuesto a pagar por las implicaciones sociales y ambientales que tiene fabricar ese producto.

El concepto de Economía Solidaria a partir del cual se espera que se conformen las cooperativas de trabajo, brinda a los beneficiarios múltiples ventajas, ya que hay un sistema estructurado legalmente, que ofrece todas las posibilidades de acceso a financiación de proyectos y cuenta con el apoyo del Gobierno Nacional.

Se determino que los beneficios aportados por el proyecto superan en gran numero los costos de inversión inicial y operación (que se recuperarían con la masificación de la producción), si se tiene en cuenta el concepto de economía solidaria bajo el cual se fundamenta el proyecto.

El adoquín CPM tiene un alto potencial de incursionar en los mercados verdes donde la valoración no se mide en el precio sino en los beneficios ambientales y sociales.

Según la reglamentación el adoquín CPM cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas para ser utilizado tanto en tráfico pesado como en tráfico liviano, sin embargo la decisión de adquirir el adoquín finalmente la tiene el comprador.

De acuerdo con el análisis social, la población de recuperadores de Bogotá D.C. necesita que se tomen medidas urgentes que dignifiquen su labor o les permita habilitarse ocupacionalmente evitando así que utilicen la calle como medio de supervivencia.

Es importante fortalecer el tejido social y trabajar en la construcción de confianza de los recicladores ya que de este reconocimiento depende en gran medida la actitud que él tome frente al ejercicio de su labor, (reconociéndose así mismo como parte de la sociedad), y su disposición de incorporarse a procesos participativos de economía formal.

La profesionalización de los recuperadores de Bogotá D.C., les permitirá entre otros beneficios mejorar sus condiciones habitacionales y articularse a un esquema laboral formal con horarios definidos así como pago de salarios y prestaciones de ley. Por otra parte se esta generando empleo e inyectando un nuevo capital al flujo económico y contribuyendo al desarrollo del país.

El proceso de fabricación de adoquines CPM es de fácil operación, lo cual representa una ventaja para la capacitación de los recuperadores, por el bajo nivel de escolaridad que presenta esta población.

# 14. RECOMENDACIONES

Para que el proyecto sea sostenible en el tiempo, es importante que se creen convenios con organismos gubernamentales y no gubernamentales, que apoyen este tipo de iniciativas, subsidiando la formación de empresas para que las poblaciones marginales mejoren su calidad de vida.

Es importante el diseño de estrategias educativas y de fortalecimiento de las organizaciones de recicladores organizados y otras organizaciones (que pretendan intervenir en el manejo de los residuos sólidos en las áreas piloto), en aspectos ambientales, empresariales, financieros, socioeconómicos, relaciones humanas, etc. que garanticen una participación Idónea del recuperador en la actividad del reciclaje.

Siendo consientes de las restricciones de la legislación vigente en la actualidad, donde no se permite el ingreso de los recuperadores a los sitios de disposición final, se plantea la posibilidad de capacitar y profesionalizar un grupo de recuperadores para realizar la selección y separación del RPPR al interior del RSDJ. El estudio propuesto, es la factibilidad de montar una planta de selección y separación de materiales plásticos in situ con personal capacitado, como las hay en algunos municipios del país.

La legislación debe ser más exigente en relación al tema de selección y separación en la fuente, creando un mayor número de tarifas que estimulen al usuario a disminuir la alta generación de residuos, Adicionalmente se plantea diseñar estrategias para que a partir de una necesidad (reducción en tarifas del servicio de aseo, comodidad en la

presentación de los residuos, optimización de disposición de residuos entre otros), el usuario tome el habito de realizar separación en la fuente.

Si se incentiva la segregación en la fuente y se establecen rutas de recuperación de residuos reciclables, se puede captar un gran número de residuos plásticos que actualmente no son aprovechados. Estos residuos serian fuente de materias primas para el proceso.

El sector industrial genera grandes volúmenes de residuos plásticos que presentan dificultad de disposición y aprovechamiento por estar mezcladas las resinas que los componen. Es necesario realizar un estudio de caracterización de residuos plásticos, provenientes del sector industrial, donde se determinen el tipo de resina generada y su volumen, para ofrecer a este sector el servicio de disposición final de sus residuos mediante el reciclaje de plásticos mixtos. Con esta alternativa se obtendrían ingresos por el servicio de disposición prestado y las MP no tendrían costo, lo que permitiría bajar los costos de producción generando mayores utilidades

En cuanto al proceso de fabricación de adoquines CPM, se recomienda realizar un análisis de gases a la salida de la etapa de extrusión, para determinar la composición de las posibles emisiones liberadas a la atmósfera.

Es necesario establecer medidas de salud ocupacional, que contengan protocolos de uso de elementos de protección personal y reglamentos segundad industrial, ya que en la operación del proceso se necesitan tapa-oídos para contrarrestar el ruido producido por la extrusora, máscaras de gases para proteger a los operarios de inhalación de gases, guantes para sujetar el molde caliente, además de los overoles, y demás implementos de protección personal.

Se deberían crear políticas de estado que incentiven al sector de la construcción a incluir dentro de sus obras civiles un porcentaje de materiales ecológicos.

# BIBLIOGRAFÍA

ACOPLASTICOS. Manual del Reciclador de Residuos Plásticos. Bogotá D.C., Ágora Editores, 1999

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Plan Maestro Para La Gestión De Residuos Sólidos. Bogotá D.C., 2004

CABAL Miguel. Evaluación de los programas de apoyo a la microempresa. Bogotá D.C., Fundación Corona, 1998

CARDOZO GUZMÁN Elmer, GÓMEZ SÁNCHEZ Jairo. Guías Ambientales Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. Bogotá D.C., Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004

CARVAJALINO SANCHEZ Guillermo. Investigaciones sobre el tercer sector: El caso de las fundaciones empresariales. Bogotá D.C., Ediciones panamericana, 1999

CINSET. Guía Ambiental 4. Pequeñas Empresas de transformación de residuos plásticos y Textiles. Bogota D.C., Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

CRUZ Juan Sergio, Lógicas y dialécticas en las decisiones de inversión. Bogotá D.C., Editores 3R editores limitada, 2001

ENDA AMERICA LATINA, COOPERATIVA RECUPERAR, FUNDACIÓN SOCIAL. Trabajando con Desechos 9. Santafé de Bogotá D.C., Fondo Rotatorio Editorial. 1991

ESTRADA URIBE Melisa, POENSGEN LLANO Sebastián. Estudio ambiental, económico y social de alternativas de Reutilización y reciclaje de llantas usadas en la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C., Universidad de La Salle. 2005

FORERO DÍAZ Marcela, GARCÍA TEJADA Carolina. Estudio De Competitividad En El Subsector De Plástico Colombiano (1994-2004). Chía, Universidad de La Sabana, 2005

FORERO MONSALVE Carlos. El Reciclaje de Los Plásticos 6. Bogotá D.C., ENDA América Latina,

G. MOTTA. Materiales de Construcción y Ecoeficiencia. Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia

GARCÍA MARTINEZ Bernardo. Valoración De Impacto Ambiental De La Gran Industria Manufacturera Del Distrito Capital. Bogotá D.C., DAMA, Alcaldía Mayor De Bogotá, 1997

GONZALEZ John Jairo, DE SUREMAN Maria Dominique, CADENA Maria Amparo, Estudio sobre los circuitos de reciclaje de desechos Sólidos en la Ciudad de Bogotá. Bogotá D.C., Santafé de Bogotá D.C., ENDA América Latina, 1993

GUEVARA CELY Liliam, CHARRY GUTIERREZ Alain. Plan de negocios para la creación de una empresa manufacturera de productos plásticos termoformados. Bogotá D.C., Universidad de La Sabana, 2004

ICONTEC. Tesis y Otros Trabajos de Grado. Bogotá D.C., 2004.

LIEVANO LATORRE Adriana, MAYORGA MORA Edgar Augusto. El Reciclaje en Bogotá, Actores, Procesos y Perspectivas. Bogotá D.C., DANE, OEI, UESP, 2004. 14 p.

MADRID Germán Guillermo. Construcción de pavimentos de adoquines de concreto. Medellín, Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 1999

MÁRQUEZ M Ricardo León. Seminario sobre las perspectivas del sector industrial en los mercados verdes; una oportunidad para la industria nacional y Análisis de Ciclo de Vida. Medellín, Centro nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales.2001

MENDIETA Juan Carlos. Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercables. Bogotá D.C., Universidad de Los Andes, 1999

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Huellas de educación en tecnología, experiencias de maestros. Bogotá D.C., Ediciones Panamericana, 1997

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Memorias del Cuarto Congreso Nacional de Reciclaje. Santafé de Bogotá, Tercer Mundo Editores, 1996. xii, 14, 107-112 p.

NAVAS BAUTISTA Giovanny Andres. Estudio de Factibilidad para la Creación de un Empresa Comercializadora de Tejas Plásticas y su plan de Exportación. Bogotá D.C., 2003

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS. Ficha BPIN Proyecto: centro de habilitación ocupacional para la fabricación de materiales de construcción, a partir de residuos sólidos. Bogotá D.C., 2005

ORJUELA CADENA Oscar Eduardo, RODRÍGUEZ PRIETO Rubén Eduardo. Análisis de rentabilidad de la línea de plásticos en PROGEN S.A. Chía, Cundinamarca, Universidad de La Sabana. 2004

PNUMA, DAMA, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Estudio de Alternativas para dar un Manejo Adecuado a la Utilización de Empaques y Envases y para Estimular el Aprovechamiento de Residuos Sólidos en Santafé de Bogotá D.C., 2000

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Memorias Encuentro de Iniciativas y Experiencias en Educación Ambiental. Bogotá D.C. 2004

UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS. Diagnóstico de la Composición de Residuos Sólidos Dispuestos en Doña Juana. Bogotá D.C., 2005

VOGLER Jon. Trabajando con Desechos 4. El Plástico, Procesamiento y depósito de materiales de desecho. Bogotá D.E., Fondo Rotatorio Editorial, 1991

ZARTA ARDILA Ana Maria, MORENO MIRADO Claudia Cristina. Propuesta para un Manejo Integral de Residuos Sólidos Industriales: Vidrio, Plástico Cartón y Chatarra. Bogotá D.C., Universidad de la Sabana. 2002

http://materiales.eia.edu.co/cienciadelosmateriales/articuloReciclajedePlasticos

http://residuos.ecoportal.net/content/view/full

http://www.cepis.org.pe/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/

http://www.latinoamerica.baxter.com/colombia/servicios/ingenieria_ambiental/sub/pasos.

http://www.maderplast.com/espanol/ing_ventajas

http://www.metrocuadrado.com/info_legal/MODELOS

http://www.presidencia.gov.co/sne/2004/julio/09

http://www.rds.org.co/oficina

http://www.undigital.unal.edu.co/articulos

http://www.uniatlantico.edu.co/ingenierias/ciderc/polim.

# ANEXOS

# ANEXO A

## PRINCIPALES RESINAS PLÁSTICAS

| | | |
|---|---|---|
| SENA REGIONAL VALLE | MATERIALES PLÁSTICOS | CPT ASTIN |

| Siglas | Nombre químico | Grupo de plásticos, IFC entre ( ) en °C | Estruc-tura | Densidad (g/ml) |
|---|---|---|---|---|
| | **Poliolefinas** | | | |
| PE-LD | polietileno de baja densidad | T, tk (105-115) | H | 0,914-0,928 |
| PE-HD | polietileno de alta densidad | T, tk (125-140) | H | 0,941-0,945 |
| PE-UHMW | polietileno de peso molecular ultra alto TE, | tk (135-138) | H | 0,93-0,94 |
| E/P | etileno/propileno | T, tk (114-125) | C | 0,926-0,941 |
| E/VA | etileno/acetato de vinilo | T, tk (19-96) | C | 0,92-0,930 |
| E/A | etileno/ácido acrílico | T, tk (97-101) | C | 0,924-0,930 |
| PE-V | polietileno reticulado | E, tk (105-126) | Hch | 0,916-0,933 |
| PP | polipropileno | | | |
| | - isotáctico | E, tk (158-168) | H | 0,896-0,907 |
| | - atáctico | T, am | H | 0,86 |
| PIB | poliisobutileno | T, am | H | 0,91-0,93 |
| PB | polibuteno-1 | T, tk (125-130) | H | 0,905-0,920 |
| PMP | poli-4metilpenteno-1 | T, tk (235) | H | 0,83 |
| | **Poliestirenos** | | | |
| PS | poliestireno | T, am | H | 1,04-1,05 |
| SAN | estireno/acrilonitrilo | T, am | C | 1,08 |
| S/B | estireno/butadieno | T, am | CP,B | 1,03-1,05 |
| ABS | acrilonitrilo/butadieno/estireno | T, am | CP,B | 1,02-1,06 |
| ASA | acrilonitrilo/estireno/acrilato | T, am | CP | 1,04-1,07 |
| | **Plásticos halogenados** | | | |
| PVC-U | poli(cloruro de vinilo) rígido | T, am | H | 1,38-1,40 |
| VC/VAC | cloruro de vinilo/acetato de vinilo | T, am | C | 1,35 |
| PVC-HI | poli(cloruro de vinilo) de alto impacto | T, am | CP,B | 1,34-1,38 |
| PVC-C | poli(cloruro de vinilo) clorado | T, am | Hch | 1,52 |
| PVC-P | poli(cloruro de vinilo) plastificado | T, am | H | 1,16-1,35 |
| PE-C | polietileno clorado | T, am o tk | Hch | 1,1 |
| PVDC | poli(cloruro de vinilideno) | T, am | C | 1,65-1,35 |
| PTFE | politetrafluoretileno | TE, tk (327) | H | 2,15-2,20 |

REGIONAL VALLE

# MATERIALES PLÁSTICOS

| Siglas | Nombre químico | Grupo de plásticos, IFC entre ( ) en °C | Estruc-tura | Densidad (g/ml) |
|---|---|---|---|---|
| FEP | perfluoretilenpropileno | T, tk (285-295) | C | 2,15-2,20 |
| PFA | copolímero de perfluoralcoxial-cano | T, tk (300-310) | C | 2,12-2,17 |
| E/TFE | etileno/tetrafluoretileno | T, tk (270) | C | 1,70-1,77 |
| PVDF | poli(fluoruro de vinilideno) | T, tk (175-178) | H | 1,77-1,78 |
| PVF | poli(floruro de vinilo) | T, tk (198) | H | 1,38-1,57 |
| PCTFE | policlorotrifluoretileno | T, tk (185-200) | H | 2,10-2,12 |
| E/CTFE | etileno/clorotrifluoretileno | T, tk (245) | C<br>H | 1,67-1,70<br>1,42 |
| | **Termoplásticos tipo éter** | | | |
| POM | poli(óxido de metileno) | T, tk (175) | C | 1,41 |
| PPE | polifeniléter | T, am | B | 1,04 |
| | **Termoplásticos tipo éster** | | | |
| PMMA | poli(metacrilato de metilo) | T, TE, am | H | 1,17-1,20 |
| A/MMA | acrilonitrilo/metacrilato de metilo | T, am | C | 1,17 |
| PC | policarbonato | T, am | H | 1,20 |
| PEC | poliéster carbonato | T, am | C | 1,20 |
| PET | poli(tereftalato de etileno) | T, tk (255-260)<br>o am | H | 1,37 |
| PETG | copolímero de PET con ciclo-hexano-1,4-dimetilo | T, tk (220-225)<br>T, am | C | 1,19 |
| CA | acetato de celulosa | T, am | N | 1,27-1,30 |
| CP | propionato de celulosa | T, am | N | 1,19-1,23 |
| CAB | acetobutirato de celulosa | T, am | N | 1,18-1,21 |
| | **Termoplásticos de nitrógeno** | | | |
| PA 46 | poliamida 46 | T, tk (295) | H | 1,18 |
| PA 6 | poliamida 6 | T, tk (215-225) | H | 1,12-1,15 |
| PA 66 | poliamida 66 | T, tk (250-265) | H | 1,13-1,16 |
| PA 610 | poliamida 610 | T, tk (210-225) | H | 1,06-1,10 |
| PA 6-3T | poliamida 6-3T | T, am | H | 1,12 |
| PA 11 | poliamida 11 | T, tk (180-190) | H | 1,02-1,06 |
| PA 12 | poliamida 12 | T, tk (170-180) | H | 1,01-1,04 |
| PAN | poliacrilonitrilo | T, am | H | 1,10-1,17 |
| PUR | poliuretano | E, TPE-U,D; am | C | 1,13-1,25 |

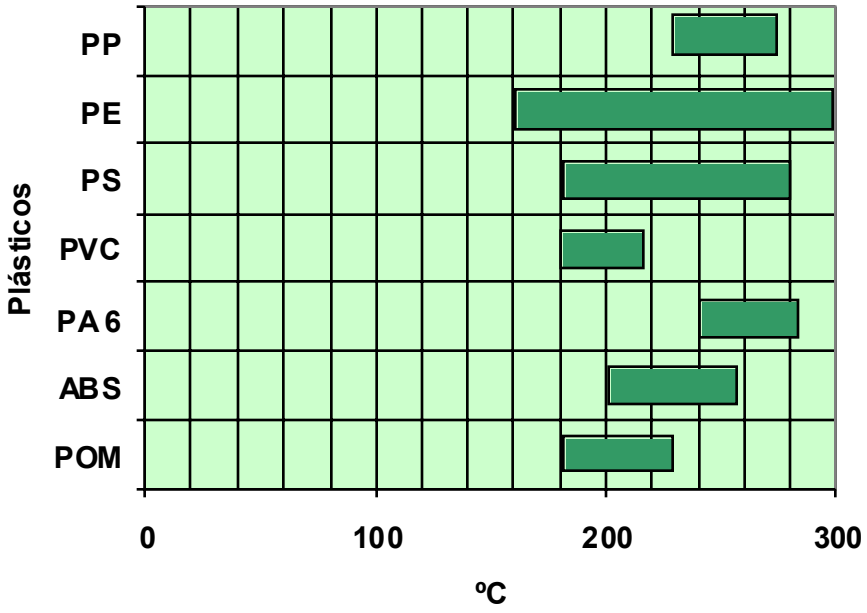
| Siglas | Nombre químico | Grupo de plásticos, IFC entre ( ) en °C | Estruc-tura | Densidad (g/ml) |
|---|---|---|---|---|
| | **Termoestables** | | | |
| PF | fenol-formaldehído | D, am | H,C | 1,8-2,1[1]<br>1,35-1,50[2] |
| UF | urea-formaldehído | D, am | H,C | 1,5[2] |
| MF | melamina-formaldehído | D, am | H | 1,7-2,0[1]<br>1,5-1,55[2] |
| MPF | melamina-fenol-formaldehído | D, am | C | 1,5-1,6[1+2] |
| UP | poliéster insaturado | D, am | C | 1,2[3]<br>1,6-2,1[4]<br>1,3-2,1[5] |
| EP | resinas epoxi | D, am | H,C | 1,2[3]<br>1,6-1,9[4]<br>1,6-2,0[5] |
| | **Plásticos de altas prestaciones** | | | |
| PEEK | polietereterectona | T TK (334) | C | 1,29 |
| APE | poliéster arómatico | T, AM | C | 1,21 |
| PI | poliimida | T, D, am | H,C | 1,30-1,43 |
| PSU | polisulfona | T, am | H | 1,24 |
| PES | polietersulfona | T, am | H | 1,37 |
| PAS | poliarilsulfona | T, am | H | 1,36 |
| PPS | poli(sulfuro de fenileno) | T, tk (280-288) | H | 1,34 |

Notas:

1. Con cargas de relleno inorgánicas
2. Con cargas de relleno orgánicas
3. Resinas de colada sin reforzar
4. Material obtenido de resinas de moldeo
5. Material obtenido de laminados

## ANEXO B

## RANGOS DE TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO POR EXTRUCIÓN




Fuente: Memorias del cuarto congreso Nacional de reciclaje. Pag. 112

# ANEXO C
# ANÁLISIS DEL RECICLAJE DE PLÁSTICO EN COLOMBIA

| ASPECTO TECNICO | ECONOMICO | FINANCIERO | INSTITUCIONAL |
|---|---|---|---|
| • Falta codificación unificada de los materiales a seleccionar, por parte de la industria.<br>• Contaminación de materiales por falta de concientización de los productos que se pueden reusar o reciclar.<br>• Responsabilidad ambiental de las industrias que producen los envases o empaques (generador de materia prima y de la industria que usa los empaques o envases).<br>• Impacto ambiental generado en los procesos de transformación de los productos especialmente el PVC. El proceso debe entrar en un sistema de tecnología limpia y ambientalmente viable.<br>• Determinar los elementos que verdaderamente se pueden reciclar y reusar sin que genere ningún tipo de impacto ambiental y social. Artículo 78 de la Constitución.<br>• Establecer un sistema de información por intermedio de las Asociaciones de recicladores, Acoplásticos.<br>• Falta de capacitación en caracterización y procesos de plásticos.<br>• Separación en la fuente vs calidad de la materia prima.<br>• Falta de codificación – obligatoriedad.<br>• Desarrollo de tecnologías para reciclar plástico.<br>• Mejoramiento condiciones sanitarias en centros de acopio.<br>• Promover la investigación sobre | • Ofrecer propuestas de mercadeo teniendo en cuenta un aspecto fundamental como es el transporte.<br>• Que los grupos se asocien para obtener volúmenes y así obtener un mejor precio.<br>• La industria de plástico promueva el reuso de envases (que compren)<br>• Apoyo e intervención de la gran industria con la consecución de la materia prima procesadas.<br>• Sistemas de información sobre cadenas de comercialización con las Asociaciones de reciclaje.<br>• Regulación de precios y comercialización con los mayoristas.<br>• Generar mejores condiciones de vida para los recuperadores y recicladores.<br>• Incentivos económicos para el sector, no solo de recicladores sino a empresas que utilicen material reciclado y ofrezcan productos reciclables.<br>• Consolidación de cooperativas y grupos asociativos de recicladores.<br>• Mejorar canales de comunicación para la comercialización.<br>• Fomentar procesos de economía solidaria auto sostenible.<br>• Apoyo, fortalecimiento y formación a la pequeña y mediana empresa comercializadora y procesadora de plástico.<br>• Buscar mecanismos para facilitar el reciclaje en sitios apartados.<br>• Se sugiere hacer una diferenciación por colores en la codificación por categorías del plástico.<br>• Reconocer el valor agregado de la clasificación, limpieza y procesamiento de los materiales.<br>• Demasiados intermediarios.<br>• Sólo se puede comercializar de manera fácil alta y baja densidad. | • Falta de recursos para incentivar el recidaje.<br>• Créditos blandos para adquirir infraestructura y equipos.<br>• Exención de IVA. Retención en la fuente.<br>• Subsidios, incentivos a la actividad de transformación del plástico.<br>• Los costos de transformación son altos.<br>• Faltan garantías para la compra del material.<br>• Aportes de empresas privadas para conformar empresas de economía mixta.<br>• A próximas reuniones invitar a entidades crediticias. | • Concertar con las grandes industrias, el manejo, selección, tratamiento y reciclaje de los productos que generan dentro de su proceso. Incentivándolos con reducción de impuestos. Dentro del manejo debe involucrarse a los seleccionadores y recicladores.<br>• Legislar y hacer el seguimiento respecto a las características y calidades de los materiales, con que las empresas hacen la presentación de sus productos de forma tal que sean benéficas ambientalmente y fortifiquen las actividades de separación y reciclaje.<br>• La industria debe tener sentido de compromiso para consumir el plástico recuperado.<br>• Que las entidades de servicios públicos apoyan la actividad de recuperación y transformación de los plásticos por medio de subsidios o incentivos. Tarifas especiales. |

Fuente: Memorias Taller Nacional de Reciclaje. Pereira junio de 2001

| ASPECTO TECNICO | ECONOMICO | FINANCIERO | INSTITUCIONAL |
|---|---|---|---|
| | • Reconocer el papel que los recicladores desempeñan dentro del ciclo productivo del país.<br>• Fomentar procesos de economía solidaria auto sostenible.<br>• Apoyo, fortalecimiento y formación a la pequeña y mediana empresa comercializadora y procesadora de plástico.<br>• Buscar mecanismos para facilitar el reciclaje en sitios apartados.<br>• Se sugiere hacer una diferenciación por colores en la codificación por categorías del plástico.<br>• Reconocer el valor agregado de la clasificación, limpieza y procesamiento de los materiales.<br>• Demasiados intermediarios.<br>• Sólo se puede comercializar de manera fácil alta y baja densidad.<br>• Reconocer el papel que los recicladores desempeñan dentro del ciclo productivo del país. | | • Que Acoplásticos realicen estudios y conceptos sobre manejo de plásticos y divulgarlos.<br>• Que las instituciones educativas involucren en sus programas la importancia de recuperar el plástico.<br>• No permitir la fabricación de envases, vajillas, etc. en materiales que no puedan ser reciclados. |

ANEXO D

PROCESOS DE TERMOFORMADO DE TERMOPLASTICOS

| TIPOS DE TERMOPLÁSTICOS Y DE PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Extrusión | Moldeo por Inyección | Moldeo por Soplado | Inyección soplado | Calandrado | Rotomoldeo | Recubrimient | Termoformad | Impresión |
| **POLIOLEFINAS** | | | | | | | | | |
| PE HD | • | • | • | | | | | | • |
| PE LD | | | | | | • | | | • |
| PE MD | | | | | | | | | |
| PE HDL | • | | | | | | | | |
| PP Homopolímero | • | • | • | • | | | • | • | • |
| PP Copolímero | • | • | • | • | | | | | • |
| **VINILICAS** | | | | | | | | | |
| PVC Suspensión | • | • | • | | | | | | • |
| PVC Emulsión | | | | | • | • | • | | |
| **ESTIRENICAS** | | | | | | | | | |
| PS GP | • | • | | • | | | | | • |
| PS HI | • | • | | • | | | | | • |
| SBS | | | | | | | | | • |
| SAN | | | | | | | | | • |
| **OTROS** | | | | | | | | | |
| PMMA | • | • | | | | | | | • |
| ACETALES | | • | | | | | | | |
| PET | • | • | • | • | | | | | • |
| PC | • | • | • | | | | | | • |
| PA | | • | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PTFM | | • | | | | | • | | |
| EVA | • | • | • | | • | | | | |
| PU | | • | | | | | | | |
| Polisulfonas | | • | | | | | | | |

Fuente: Guías Ambientales Del Sector de Plásticos, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Pág. 36.

## ANEXO E

## PROCESOS DE TERMOFORMADO DE ESTABLES

| TIPOS DE TERMOFIJOS Y PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Extrusión | Moldeo por Inyección | Moldeo por Soplado | Inyección soplado | Calandrado | Rotomoldeo | Recubrimient | Termoformad | Impresión |
| POLIESTER | • | • | | | | | | | |
| EPÓXICAS | • | • | • | | | • | | | • |
| **FENÓLICAS** | | | | | | | | | • |
| Fenol formaldehído | | • | • | • | | | | | |
| Melanina formaldehído | | • | • | • | | | | | |
| Urea formaldehído | | • | • | | | | | | |
| Poliuretano | | | | • | | | | | • |
| Compuestos | | | | | | | | | • |

Fuente: Guías Ambientales Del Sector de Plásticos, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Pág. 48.

# ANEXO F

## LEYES, DECRETOS Y RESOLUCIONES APLICABLES AL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

| AGUA | |
|---|---|
| Decreto 475/1998<br>Ministerio de Salud | Por la cual se expiden normas técnicas de calidad de agua potable |
| Resolución 372/1998<br>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Actualización de tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan otras disposiciones |
| Resolución 273/1997<br>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros DBO y sólidos suspendidos totales STT. |
| Ley 373/1997<br>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Uso eficiente y ahorro del agua |
| Decreto 1594/1984<br>Ministerio de Agricultura | Usos de agua. Residuos líquidos. Vertimientos |
| Decreto 2105/1983<br>Ministerio de salud | Se reglamenta parcialmente el título II de la ley 9 de 1979 en cuento a potabilización de agua. |
| Decreto 1541/1978<br>Ministerio de agricultura | Establece las normas de acceso y el uso de las corrientes de agua: clasifica las aguas y sus usos |

| RESIDUOS SÓLIDOS | |
|---|---|
| Decreto Ley 2811/1974<br>Gobierno Nacional | Código de los Recursos Naturales renovables. Art.34: Manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios. |
| Ley 9/1979<br>Gobierno Nacional | Ley Sanitaria Nacional. Artículos 23 al 31. Restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición de los |

| | |
|---|---|
| | residuos sólidos. |
| Decreto 2104/1983 Ministerio de Salud | Regula todo lo relacionado con el manejo, y uso, disposición y transporte de los Residuos Sólidos con características especiales. Establece responsables de su recolección, transporte y disposición final. |
| Decreto 605/1996 Ministerio de Desarrollo | Condiciones para la prestación del servicio público domiciliario de aseo, (recolección, transporte, y disposición final), Reglamenta la ley 142 en los aspectos ambientales involucrados en las fases de recolección, transporte y disposición final. |
| Resolución 11/1996 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Establece reglas sobre contratos de concesión en los que se incluye el otorgamiento de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público domiciliario de aseo. |
| Decreto 1713/2002 Ministerio de Desarrollo | Reglamenta la Ley 42/94, la Ley 632/00 y la Ley 689/01, en relación con la prestación del servicio de público de aseo, y el Decreto Ley 2811/74 y la Ley 99/93 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos (El presente Decreto deroga en todas sus partes el Decreto 605 de 1996, salvo el capítulo I del Título IV y las demás normas que le sean contrarias). |
| Decreto 1140/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por medio de la cual se modifica parcialmente el Decreto 1713/02 en relación con las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones. |
| Resolución 1045/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de residuos Sólidos, PGIRS. |
| Decreto 1505/2003 | MAVDT, Art. 7 Numeral 5 "Garantizar la participación de los recicladores y del sector solidario, en las actividades de recuperación y aprovechamiento, con el fin de consolidar |

| | |
|---|---|
| | productivamente estas actividades y mejorar sus condiciones de vida". |

| AIRE | |
|---|---|
| Resolución 0058/2002 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos. |
| Decreto 948/1995 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Define el marco de las acciones y mecanismos administrativos de las autoridades de las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire. |
| Resolución 619/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión para fuentes fijas. |
| Resolución 2308/1986 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Análisis de calidad del aire en relación con material particulado. |
| Resolución 1922/1985 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Procedimientos para el análisis de la calidad del aire |
| Decreto 02/1982 Ministerio de Salud | Emisiones Atmosféricas Cap. II Normas de calidad de aire y métodos de medición. |

| RUIDO | |
|---|---|
| Resolución 8321/1983 Ministerio de Salud | Se dictan normas sobre protección y conservación de la audición, de la salud y el bienestar de las personas por causa de la producción y emisión de ruidos. |
| Resolución 1792/1990 Ministerio de Trabajo, Seguridad Social y Salud. | Por medio del cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. |

| OTRAS NORMAS | |
|---|---|
| Resolución 864/1996 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial | Equipos de control ambiental que dan derecho a beneficios tributarios establecidos por el art. 170 de la Ley 223/1995. |
| Ley 788/2002 | Rentas exentas art. 18. Importación de Maquinaria y equipos destinados al desarrollo de proyectos y actividades que sean exportadores de certificado de emisiones de carbono y que contribuyan a reducir la emisión de los gases efecto invernadero y por lo tanto al desarrollo sostenible art. 95 literal i. |
| Ley 388/1997 Gobierno Nacional | Ley de ordenamiento territorial. |
| Ley 454/1998 | Se determina el marco conceptual que regula la Economía Solidaria. |
| NTC 5282 | "Adoquines para tráfico vehicular pesado", que tiene por objeto la reglamentación para adoquinar áreas con altos volúmenes de tráfico (calles, entradas vehiculares de edificios comerciales, vías de parqueo, aeropuertos, centros comerciales). |
| NTC 3829 | "Adoquín de arcilla para tráfico peatonal y vehicular liviano" referente a adoquines utilizados como material para adoquinado (Pavimentos articulados), destinados a soportar tránsito peatonal y vehicular liviano. |

# ANEXO G

# LISTAS DE REGISTRO

## 1. Identificación Preliminar

| PROCESO | |
|---|---|
| PARÁMETRO | CANTIDAD |
| Área de Capacidad Instalada ($m^2$) | |
| Producción Total del Proceso | |
| Producción Diaria del Proceso | |
| Peso Unidad Adoquín (kg. Lb, gr) | |
| Número Adoquines por $m^2$ | |
| Tiempo de Producción Diario (Horas) | |
| Días Mes Trabajados | |
| Total Materia Prima Diaria (kg. Lb, gr) | |
| Tiempo de Fabricación de un Adoquín | |

## 2. Identificación de Materias Primas

| PROCESO | MATERIAS PRIMAS | CANTIDADES (kg, lb, gr) | INSUMO | PROVEEDOR | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | MATERIA PRIMA (MP) | INSUMO (I) |
| *PESAJE* | PET | | | | |
| | PEAD<br>PEBD | | | | |
| | PVC | | | | |
| | PP | | | | |
| | PE | | | | |
| | PS | | | | |
| | OTROS (especificar) | | | | |
| *MEZCLADO EXTRUSIÓN* | | | | | |
| *PRENSADO* | | | | | |
| *ENFRIAMIENTO* | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Y REPOSO* | | | | | |
| *ACABADOS* | | | | | |

3. **Información de Maquinaría.** Formato diseñado para cada una de las máquinas, equipos, o sistemas del proceso.

DATOS SUMINISTRADOS DE ACUERDO A UNA PRODUCCIÓN DE:

| EQUIPO, MAQUINA, SISTEMA, ETAPA DEL PROCESO | ESPECIFICACIONES |
|---|---|
| | **Modelo:** |
| | **Manual o Mecánica:** |
| BASCULA | **Proceso que realiza:** |
| MEZCLADORA | **Capacidad Kg:** |
| SILO | **Capacidad Producción Ton/mes:** |
| EXTRUSORA | **Fabricante:** |
| MOLDES | **Materias primas que entran a la máquina:** |
| PRENSA | **Insumos:** (Productos que necesita la maquina para su |
| SISTEMA DE ENFRIADO | mantenimiento) |
| ACABADOS | **Fuente de energía que utiliza:** (si es eléctrica potencia de |
| Partes de la maquina | la maquina) |
| – | **Motor (HP)**: |
| – | **Tiempo de funcionamiento en el proceso.** (en horas) |
| – | **Cantidad de agua que utiliza:** |
| – | **Costo de la maquina:** |
| – | **Cuantas personas se necesitan para operar la máquina:** |
| -FOTO | **Capacidad de Producción Und/Hora:** |
| | **Cantidad de moldes necesarios:** |
| | **Costo del molde:** |

4. **Identificación de Impactos.** Marque con una X la fase que arroje estos impactos (no importa si no son significativos)

| MAQUINA O FASE | RESIDUOS SÓLIDOS | GASES | AGUA RESIDUAL | RUIDO |
|---|---|---|---|---|
| Pesaje | | | | |
| Mezclado | | | | |
| Extrusora | | | | |
| Prensado | | | | |
| Enfriamiento | | | | |
| Reposo | | | | |
| Acabados | | | | |

## ANEXO H

## PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS PLÁSTICOS

**RECUPERACIÓN DE PLASTICOS.** Las diferentes tecnologías de recuperación de plástico, trabajan básicamente efectuando las siguientes operaciones: Recolección en la fuente, pasaje, selección por polímeros, reducción de tamaño, limpieza, secado, clasificación, granulación (molido, aglutinado) y empaque.

**RECOLECCION EN LA FUENTE.** Esta etapa es realizada por el sector informal (recuperadores) en la calle, es decir. los recuperadores seleccionan el material en el sitio de generación, antes de que sea dispuesto en por las empresas prestadoras del servicio de Aseo.

**PESAJE.** El material al ser recogido por los recuperadores se debe clasificar y pesar con el fin de pagar por la calidad y cantidad recuperada. Todo material al ser almacenado en los centros de acopio llevando un control de entradas y salidas de los materiales.

**SELECCIÓN POR POLIMEROS.** Aquí los residuos ingresan a los centros de acopio y son separados por tipo de polímero o de acuerdo a las necesidades del comprador.

**CLASIFICACIÓN.** Esta operación tiene por objeto separar mezclas de partículas de acuerdo a sus diferencias en tamaño y forma. Este proceso es utilizado para la distribución de tamaños dependiendo el color y clase; para luego ser depositados en cubículos con el fin de reducir su tamaño. Debido a la gran cantidad de materiales y formas, los productos plásticos se encuentran se encuentran en muchos sectores de productos, La operación se repite después del secado con el fin de sacar los residuos que quedan; tarea que se hace manualmente.

Durante la separación se deben identificar y separar los diferentes productos, según la materia prima en que están elaborados para reciclar.

**REDUCCIÓN DE TAMAÑO.** Esta operación es requerida por todos los materiales plásticos. Usualmente se utilizan reductores de impacto con el fin de obtener un producto con dos clases de grano (pedazos y fino). Con este paso los Plásticos que han sido seleccionados por clase de polímero y por color, serán llevados a la lavadora para luego ser molidos o aglutinados.

**LIMPIEZA.** La calidad del granulado no esta determinada únicamente por la pureza y tipo de plástico envuelto sino también por el grado de impurezas residuales. Las impurezas se dividen en tres clases:

- Impurezas minerales (greda, arena, etc.). Aunque no son solubles pueden liberarse con agua.
- Partículas capaces de flotar (maderas, filtros de cigarrillo, papeles, etc.). se pueden eliminar mediante diferentes métodos de lavado.
- Componentes solubles (sales, leche en polvo, aceites, residuos de colores, grasas, etc.) Para esto no es suficiente el agua normal, por lo tanto se trabaja con agua caliente, o incluso se añade soluciones acuosas.

Las impurezas conducen a cambios en densidad lo cual a su vez reduce la eficiencia del proceso de separación de los materiales plásticos. Si bien existe en el proceso húmedo una posterior eliminación de materiales extraños y además durante la filtración del polímero fundido se separan residuos sucios,

es indispensable una prelimpieza de los desechos plásticos sucios. Para esto han demostrado ser eficientes las instalaciones de tanques de agua en donde el material para reciclar está sometido a cargas mecánicas. Por lo general son rociados con agua y por ultimo se propicia un roce fuerte entre las partículas.

**SECADO.** Debido a que la selección del plástico se realiza en medio acuoso, se hace necesario el secado de éste con el fin de evitar complicaciones durante el proceso del fundido. Proceso que se hace en la maquina de lavado y el paso de secado térmico en un secador de tambor; el cual reduce la humedad hasta 0.5%

**GRANULACIÓN.** El material que es demasiado grande es cortado por cuchillas de alta velocidad con el fin de obtener un granulo fino. Para el molido de materiales plásticos de alta tenacidad se han impuesto los molinos de cuchillas, en ellos se pueden procesar pacíficamente todo tipo de plástico y obtener tamaños de partículas en el rango de 1.2 mm. Para picado de cuerpos compactos se prefiere un molino de rotor cerrado. Los de rotor abierto (AGLUTINADORA) se emplean preferiblemente para procesar objetos muy variados, como películas y espumas.

Con el objeto de alcanzar una buena homogeneidad en las fracciones obtenidas se requiere de un buen mezclado en el silo, para mezclar material virgen o aditivos con el fin de mejorar las propiedades del producto recuperado.

## ANEXO I

## BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Aquí se presenta la memoria de cálculos del flujo de materiales y energía por cada una de las actividades del proceso de fabricación de adoquines CPM, para el cálculo de las emisiones de material particulado y COV`s se utilizaron los siguientes factores de emisión:

| PROCESO | FACTOR DE EMISIÓN | FUENTE |
|---|---|---|
| EXTRUSIÓN | $\frac{0{,}35 \text{ Kg de COV´s}}{\text{Ton de Plástico}}$ | EPA AP-42 |
| | $\frac{1{,}5 \text{ Kg de MP}}{\text{Ton. de Plástico}}$ | EPA AP-42 |
| MEZCLADO | $\frac{1 \text{ Kg de MP}}{\text{Ton. de Materia Prima Granular}}$ | EPA AP-42 |

### BASE DE CÁLCULO: 1m²

### ACABADO

Materia:

$$1m^2 adoquin \cdot \frac{20 adoquin}{1\, m^2 adoquin} \cdot \frac{(800 g\ adoquin + 5 g\ rebaba)_{oCPM}}{1 adoquin} \cdot \frac{1 kg\ CPM}{10^3 g\ CPM} = 16{,}1 kg\ CPM$$

Energía: No hay flujo de energía

### PRENSADO Y REPOSO

Materia: No hay transformación o pérdidas

Energía:

*Calor liberado por el adoquín*

$T_{1\ adoquín} = 20°C$
$T_{2\ adoquín} = 25°C$

| | | |
|---|---|---|
| $Cp_{\ plástico}$ | 0,55 | kcal / kg°C |
| Factor de conversión | 4184 | J/Kcal |
| $Cp_{\ plástico}$ | 2301,2 | J/ kg°C |

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta^{o} T = 2301{,}02 J / kg^{o} C \cdot 0{,}805 kg \cdot (20 - 25)^{o} C$$
$$Q = -9262{,}3 J$$
$$Q = -9262{,}3 J \cdot 20$$
$$Q = -185.246 J$$

Donde,
Q = Calor liberado
Cp= Calor especifico del adoquín
m = masa del adoquín
$\Delta T$ = Diferencia de temperaturas

**ENFRIAMIENTO**

Materia:
Insumos: 250L Agua

Energía:

Se realizó una prueba en campo para determinar la transferencia de calor de un adoquín al agua

*Calor liberado por el adoquín*

$T_{1\ adoquín} = 106\ °C$
$T_{2\ adoquín} = 28\ °C$

| | | |
|---|---|---|
| $Cp_{\ plástico}$ | 0,55 | kcal / kg°C |
| Factor de conversión | 4184 | J/Kcal |
| $Cp_{\ plástico}$ | 2301,2 | J/ kg°C |

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta^{o} T = 2301{,}02 J / kg^{o} C \cdot 0{,}805 kg \cdot (28 - 106)^{o} C$$
$$Q = -144.492{,}3 J$$

$$Q = -144.492{,}3 J \cdot 20$$
$$Q = -2'889.846 J$$

Donde,
Q = Calor liberado
Cp= Calor especifico del adoquín
m = masa del adoquín
$\Delta$T = Diferencia de temperaturas

*Calor absorbido por el agua*

Se utilizaron 3 galones de agua para realizar la prueba de enfriamiento de un adoquín

$T_{1\ agua} = 22\ °C$
$T_{2\ agua} = 25\ °C$

| | | |
|---|---|---|
| $Cp_{\ aqua}$ | 1 | kcal / kg°C |
| Factor de conversión | 4184 | J/Kcal |
| $Cp_{\ aqua}$ | 4184 | J/ kg°C |

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta^{o} T = 4184 J / kg^{o} C \cdot 11{,}35 kg \cdot (25 - 22)^{o} C$$
$$Q = 142.465{,}2 J$$

$$Q = 142.465{,}2 J \cdot 20$$
$$Q = 2'849.304 J$$

Donde,
Q = Calor absorbido
Cp= Calor especifico del agua
m = masa del agua
$\Delta$T = Diferencia de temperaturas

Ahora se determina la diferencia de calores entre el adoquín y el agua

$$\Delta Q = Q_{plastico} - Q_{agua} = -144.932{,}3 J + 142.465{,}2 J$$
$$\Delta Q = -2027{,}1 \text{J}$$

Debido a que el calor liberado por el adoquín es mayor al absorbido por el agua (líquida), se libera vapor y por lo tanto es necesario calcular la masa de agua que se evapora

$$\Delta H_{v} = m \cdot h_{v}$$
Donde,
$\Delta H_v$ = Calor de vaporización
m = masa de agua
$h_v$ = calor especifico de vaporización del agua (539,58 cal/g)

$$Q_{v} = Cp \cdot m \cdot \Delta T$$

Donde,
$Q_v$ = Calor absorbido por el agua y el vapor
Cp= Calor especifico del agua y el vapor
m = masa del agua evaporada
$\Delta$T = Diferencia de temperaturas

$$Q = \Delta H_v + Q_{a-v}$$
$$Q = m \cdot h_v + Cp \cdot m \cdot \Delta T$$
$$m = \frac{Q}{(h_v + Cp_a \cdot \Delta T + Cp_v \cdot \Delta T)}$$
$$m = \frac{2027{,}1J}{2257{,}60J/g + 4{,}184J/g^oC \cdot (100-25)^oC + 2{,}092J/g^oC \cdot (106-100)^oC}$$
$$m \cong 0{,}8g$$

*m = 0,8g x 20 = 16g*

## PRENSADO

Los dos sistemas de prensado funcionan con un solo motor eléctrico, por lo que se calcula un solo flujo de energía.

Materia: No hay pérdidas de materia.

Energía:

| | | |
|---|---|---|
| Potencia | 2,98 | kw/h |
| Tiempo | 0,073 | h |
| Energía | 0,218 | kw |
| Energía | 786362,4 | J |

## EXTRUSIÓN

Materia:

Emisiones

$$\text{Kg COV's} = 16{,}1\text{kg CPM} * \frac{1Ton}{10^3 kg} * \frac{0{,}35 \text{ Kg de COV´s}}{\text{Ton}}$$
$$\text{Kg COV's} = 5{,}63x10^{-03} kgCOV's$$

$$\text{Kg MP} = 16{,}1\text{kg CPM} * \frac{1Ton}{10^3\,kg} * \frac{1{,}5\text{ Kg de MP}}{\text{Ton}}$$

$$\text{Kg MP} = 2{,}24x10^{-02}\,kgMP$$

$$\text{Kg CPMG} = 16{,}1\text{kg CPM} + 5{,}63x10^{-03}\,kgCOV's + 2.24x10^{-02}\,kgMP$$

$$\text{Kg CPMG} = 16.13\text{kg}$$

Energía

Potencia de la extrusora 22.114kw/h

| | | |
|---|---|---|
| Potencia | 22.114 | kw/h |
| Tiempo | 0,073 | h |
| Energía | 1,621 | kw |
| Energía consumida para producir 1 m2 | 5.835.442,32 | J |

El calor necesario para fundir la CPMG y convertirla en CPM de 140ºC

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta^{o} T = 2301{,}02\,J/kg^{o}C \cdot 0{,}805kg \cdot (140 - 20)^{o}C$$

$$Q = 222.295{,}9J$$

$$Q = 222.295{,}9J \cdot 20$$

$$Q = 4'445.918{,}4J$$

La energía restante es utilizada para el funcionamiento de la máquina y para ser enviado al proceso de Secado. El excedente se pierde como calor.

$\Delta Q$= 5'835.442,32 – 4'445.918,4 = 1'389.523,92.J

**SECADO**

Para determinar le balance de materia en el procesos de secado se sometió 1 g de CPMG a una temperatura de 103°C durante una hora en una estufa, resultando finalmente con un peso de 0,95g

Materia:

$$m = 16{,}13 kg\ CPMG\ Seco * \frac{1 kg\ CPMG}{0{,}95 kg\ CPMG\ Seco}$$

$$m = 16{,}98 kg\ CPMG$$

$$m_{evaporada} = 16{,}98 - 16{,}13$$

$$m_{evaporada} = 0{,}85 kg$$

Energía:

Calor absorbido por el CPMG

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta^{o} T = 2301{,}02 J / kg^{o} C \cdot 0{,}805 kg \cdot (30 - 20)^{o} C$$

$$Q = 18.524{,}7 J$$

$$Q = 18.524{,}7 J \cdot 20$$

$$Q_{CPMG} = 370.493{,}2 J$$

Calor absorbido por el agua

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta T = 4184 J / kg^{o} C \cdot 11{,}35 kg \cdot (100 - 20)^{o} C$$

$$Q = 281.164{,}8 J$$

$$\Delta H_{v} = 0{,}84 kg \cdot 2'257.602{,}72 J 7 kg$$

$$\Delta H_{v} = 1'896.386{,}28 J$$

$$Q = Cp \cdot m \cdot \Delta T = 2092 J / kg^{o} C \cdot 0{,}84 kg \cdot (103 - 100)^{o} C$$

$$Q = 5.271{,}84 J$$

$$\sum Q = 2'182.822{,}9 \mathbf{J}$$

## MEZCLADO

Materia:

Emisiones

$$\text{Kg MP} = 16{,}94\text{kg CPM} * \frac{1Ton}{10^3 kg} * \frac{1\text{ Kg de MP}}{\text{Ton}}$$

$$\text{Kg MP} = 1{,}69x10^{-02}\ kgMP$$

Energía:

| | | |
|---|---|---|
| Potencia | 1,49 | kw/h |
| Tiempo | 0,250 | h |
| Energía | 0,373 | kw |
| Energía | 1341000 | J |

# ANEXO J
# PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL ADOQUÍN CPM

CONCRELAB
Laboratorio de concretos, suelos y pavimentos

Cuadro No. 1
ENSAYO DE FLEXION EN ADOQUINES DE POLÍMERO

COMPAÑÍA : FLEXIFORM
OBRA: Planta
ATENCION : Sr. Carlos Forero


ID.PRODUCTO: F1200
REFERENCIA DC-1953-01
FECHA: 29-Oct-01

| Orden de trabajo No. | Muestra No. | Descripción | Fecha de Ensayo | Dimensiones (mm) | | | | Luz (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Espesor | Largo | Ancho | Ancho Efectivo | | | (Mpa) | (kg/cm²) |
| 299 | 1 | Muestra Alabeada | 01-08-23 | 14 | 220 | 172 | 120 | 200 | 1,98 | 25,3 | 258 |
| 299 | 2 | Muestra Rectangular | 01-08-23 | 20 | 320 | 165 | 165 | 300 | 0,33 | 2,3 | 23 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

**Nota**: Los resultados obtenidos corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo

Cordialmente,

ING. CAMILO RIOS FRESNEDA
JEFE DIVISION DE CONCRETOS Y PREFABRICADOS

Calle 60A No. 70-36 • Teléfonos / Fax 251 3701 - 223 5656 - 276 2014 - 430 5840 - 436 1637 - 436 4505 • Bogotá, D.C. Colombia
E-mail: concrelab@cable.net.co

CONCRELAB
Laboratorio de concretos, suelos y pavimentos

## Cuadro No. 2
## DENSIDAD EN ADOQUINES DE POLÍMERO



COMPAÑIA : FLEXIFORM
OBRA: Planta
ATENCION : Sr. Carlos Forero

REFERENCIA: DC-1953-01
FECHA: 29-Oct-01

| Orden de trabajo No. | Muestra No. | Descripción | Fecha de Ensayo | Masa en el aire (g) | Masa sumergida (g) | Volumen (cm3) | Densidad (g/cm3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 299 | 1 | Muestra alabeada | 23-Ago-01 | 772,6 | -33,3 | 805,9 | 0,959 |
| | | Muestra alabeada | 23-Ago-01 | 720,2 | -42,2 | 762,4 | 0,945 |
| | | Muestra alabeada | 23-Ago-01 | 691,0 | -44,2 | 735,2 | 0,940 |
| | | | | | | **PROMEDIO** | **0,948** |
| 299 | 2 | Muestra Rectangular | 23-Ago-01 | 701,9 | -44,2 | 746,1 | 0,941 |
| | | Muestra Rectangular | 23-Ago-01 | 752,8 | -42,1 | 794,9 | 0,947 |
| | | Muestra Rectangular | 23-Ago-01 | 745,2 | -38,4 | 783,6 | 0,951 |
| | | | | | | **PROMEDIO** | **0,946** |

**Nota**: Los resultados obtenidos corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo

Cordialmente,

ING. CAMILO RÍOS FRESNEDA
JEFE DIVISION DE CONCRETOS Y PREFABRICADOS

Calle 60A No. 70-36 • Teléfonos / Fax 251 3701 - 223 5656 - 276 2014 - 430 5840 - 436 1637 - 436 4506 • Bogotá, D.C. Colombia
E-mail: concrelab@cable.net.co

## Cuadro No. 3
## ENSAYO DE ABSORCION EN ADOQUINES DE POLÍMERO



COMPAÑIA : FLEXIFORM
OBRA: Planta
ATENCION : Sr. Carlos Forero

ID.PRODUCTO: F1500
REFERENCIA DC-1953-01
FECHA: 29-Oct-01

| Orden de trabajo No. | Muestra No. | Descripción | Fecha Inicial de Ensayo | Masa Seco (g) | Masa Saturado (g) | Absorcion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| 299 | 1 | Muestra Alabeada | 23-Ago-01 | 772,6 | 777,3 | 0,61 |
| 299 | 2 | Muestra Rectangular | 23-Ago-01 | 701,5 | 705,1 | 0,51 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

**Nota**: Los resultados obtenidos corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo

Cordialmente,

**ING. CAMILO RÍOS FRESNEDA**
DIVISION DE CONCRETOS Y PREFABRICADOS

CONCRELAB
Laboratorio de concretos, suelos y pavimentos

## Cuadro No. 4
## ENSAYO DE COMPRESION EN ADOQUINES DE POLÍMERO



**COMPAÑÍA :** FLEXIFORM
**OBRA:** Planta
**ATENCION :** Sr. Carlos Forero

**ID.PRODUCTO:** F1100
**REFERENCIA** DC-1953-01
**FECHA** 29-Oct-01

| Orden de trabajo No. | Muestra No. | Descripción | Fecha de Ensayo | Dimensiones (mm) | | | Area Neta (mm²) | Carga Máxima (kN) | Resistencia Neta | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Espesor | Largo | Ancho | | | (MPa) | (Kgf./cm²) |
| | | | | | | | | | | |
| 299 | 1 | Muestra alabeada | 29-Oct-01 | 14 | 220 | 172 | 37840 | 1379,6 | 36,5 | 371,8 |
| 299 | 2 | Muestra rectangular | 29-Oct-01 | 20 | 320 | 165 | 52800 | 1396,4 | 26,4 | 269,7 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

**Nota:**
1- Los resultados obtenidos corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo
2- La muestra No. 1 soportó la carga máxima deformándose y presentando un descascaramiento superficial

Cordialmente,

**ING. CAMILO RÍOS FRESNEDA**
DIVISION DE CONCRETOS Y PREFABRICADOS

Calle 60A No. 70-36 • Teléfonos / Fax 251 3701 - 223 5656 - 276 2014 - 430 5840 - 436 1637 - 436 4506 • Bogotá, D C Colombia
E-mail. concrelab@cable.net co

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES Y OBRAS CIVILES

Formato de Ensayo
**FE M-30**

# RESISTENCIA A LA ABRASION EN ADOQUINES DE ARCILLA

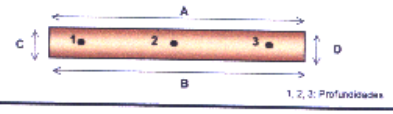
Procedimiento de Ensayo: **PE M-30**

Norma Técnica de referencia: **NTC 3829**

## ORDEN DE TRABAJO :
## CM - SE - 03 - 072

**Muestra:** ADOQUIN PLASTICO
**Fecha de ensayo:** 21/05/03

**Muestra:** ADOQUIN PLASTICO
**Tiempo ensayo:** 2 min
**Velocidad arena:** 400 g/min




| Muestra No. | a (mm) | b (mm) | c (mm) | d (mm) | 1 (mm) | 2 (mm) | 3 (mm) | area (cm²) | volumen (cm³) | Longitud de la huella (mm) | Incertidumbre ± (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plastica | 29.53 | 28.50 | 9.58 | 9.58 | 0.64 | 0.88 | 0.50 | 2.78 | 0.19 | 29.02 | 1.56E-03 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**

1.- EL VOLUMEN SE CALCULO POR MEDIDAS GEOMETRICAS
2.- SE UTILIZO UN CALIBRADOR ELECTRONICO CON UNA PRESICION DE .01 mm

Laboratorista

Ingeniero

# ANEXO K

| ASPECTOS AMBIENTALES COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DE RESINAS PLASTICAS (Inyección, Extrusión, Inyección- soplado, Extrusión-soplado - y Rotomoldeo) | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividad** | **Aspecto ambiental** | **Impacto ambiental** | **Medida de Control** |
| Descarga y alimentación de materias primas. | Emisiones atmosféricas de material particulado. | Contaminación al aire por materal particulado. | Filtros de mangas para retención de finos y sistemas de captación de polvos. |
| Fabricación de compuestos y transformación. | Consumo de materias primas. | Afectación de recursos por desperdicio de materias primas. | Control de sobrepeso. Recuperación de desperdicios. |
| | Consumo de energía. | Afectación de recursos por desperdicio de energía. | Programas de reducción energética. |
| | Consumo de agua. | Afectación de recursos por desperdicio de agua. | Programas de racionalización de consumo y eliminación de fugas.Cerrar circuitos. |
| | Generación de residuos sólidos. | Carga al relleno sanitario con materiales quemados (scrap), barredura con compuesto. | Programa de selección y reducción de residuos sólidos. Optimización del control de procesos. |
| | Vertimientos de aguas residuales del proceso. | Contaminación del agua con sustancias contenidas en los vertimientos. | Cerrar los circuitos evitando vertimientos y reutilizando el agua del proceso. Medición y control de la calidad fisicoquímica del agua. |
| Mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura. | Generación de residuos. | Carga al relleno sanitario con repuestos, trapos, aceites, baterías, papel, empaques y envases. | Programas de devolución al proveedor, reciclaje o incineración controlada. |

| ASPECTOS AMBIENTALES DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividad** | **Aspecto ambiental** | **Impacto ambiental** | **Medida de control** |
| Alimentación de materia prima | Emisión de material particulado | Contaminación atmosférica | Filtros de mangas para retención de finos y sistemas de captación de polvos en los equipos de alimentación de materia prima |

| **Actividad** | **Aspecto ambiental** | **Impacto ambiental** | **Medida de control** |
|---|---|---|---|
| Extracción de los túneles de secado | Emisiones de gases y vapores | Contaminación atmosférica | Equipo de descontaminación atmosférica (equipo lavador de gases y filtro electroestático) |
| Lavado de bombas alimentadoras de plastisol | Generación de residuo (disolvente mezclado con plastisoles) | Contaminación del agua<br>Contaminación del suelo | Separación y recuperación de los productos (disolvente y plastisol) |
| Corte de orillos | Generación de residuos sólidos (fragmentos de producto terminado p.e. tela, papel, resina) | Contaminación del suelo<br>Carga al relleno sanitario | Recuperación de la resina y el sustrato |

| ASPECTOS AMBIENTALES DEL PROCESO DE TERMOFORMADO | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividad** | **Aspecto ambiental** | **Impacto ambiental** | **Medida de Control** |
| Calentamiento de lámina en horno | Emisiones atmosféricas (emisión de humos y cenizas durante potencial combustión e incendio de lámina) | Contaminación atmosférica | Ajuste apropiado de las temperaturas de calentamiento y control de apagado del horno durante un bloqueo o problema en la zona de termoformado |
| Formado y troquelado | Consumo de materias primas | Afectación de recursos por desperdicio de materias primas | Recuperación limpia de los retales o esqueletos de lámina para ser molidos y usados puros o mezclados nuevamente en cualquier proceso de transformación de plásticos (acorde a las exigencias técnicas y de higiene y salubridad para cada aplicación particular) |
| | Consumo de energía. | Afectación de recursos. Desperdicio de energía. | Programas de reducción energética y optimización de temperaturas de formado. |
| | Consumo de agua. | Afectación de recursos. Desperdicio de agua. | Programas de racionalización y eliminación de fugas en los circuitos de enfriamiento de los moldes. Utilización de enfriadores con circuitos cerrados. |
| | Generación de residuos sólidos provenientes del esqueleto o material sobrante del proceso de termoformado puede ser aprox. el 30-50% de la lámina original, dependiendo de la forma y troquelado de las piezas. | Carga para el relleno sanitario con lámina quemada y/o piezas quemadas o mal termoformadas, imposibles de recuperar en la molienda. | Control de ajustes de temperatura del horno durante el arranque y la operación, así como de los demás parámetros de termoformado. Proceso de reciclaje. |
| | Vertimientos de aguas de proceso | Contaminación del agua con sustancias contenidas en los vertimientos. | Cerrar los circuitos evitando vertimientos y reutilizando el agua de proceso. |

| ASPECTOS AMBIENTALES COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DE RESINAS TERMOFIJAS | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividad** | **Aspecto ambiental** | **Impacto ambiental** | **Medida de Control** |
| Llenado de tanques. Transvase de materia prima. | Derrames o fugas de materia prima. | En altas concentraciones es tóxico para la fauna, flora y seres humanos que tengan contacto o consuman el agua contaminada | Líneas de conducción cerradas. Sistemas de retención de productos tóxicos. |
| Fabricación de piezas en plástico reforzado con fibra de vidrio | Emisión de solvente en la aplicación de gel coat o resina poliéster. | Contaminación atmosférica | Extractores de aire con filtros para vapores orgánicos e inorgánicos. Utilización de productos supresores de emisión de estireno o bajo contenido de solvente. |
| | Generación de desperdicios sólidos en la aplicación de fibra de vidrio por aspersión o aplicación manual. | Contaminación del suelo | Entrenamiento en las técnicas de aplicación para reducir los desperdicios. Utilizar técnicas de moldeo cerrado. Implementar programas de reutilización y reciclaje |
| | Emisión de solventes en el curado de las piezas | Contaminación atmosférica | Extractores de aire y/o áreas con buena ventilación que controlen el nivel permisible de solvente en ambientes cerrados. Utilización de productos con supresantes de emisión de estireno o bajo contenido de solvente |
| | Generación de desperdicios sólidos en el corte y pulido de las piezas | Contaminación del suelo | Programas de recuperación y reutilización de desperdicios sólidos.Entrenamiento en las técnicas de aplicación para reducir desperdicios |
| Mantenimiento de maquinaria y equipos | Generación de residuos líquidos en el evento en que ocurra derrame de solvente en el lavado de los equipos | Contaminación del suelo y del agua | Cerrar los circuitos para reutilizar los solventes y evitar la contaminación de los vertederos |

# ANEXO L

# MODELO DE RECICLAJE EN BOGOTÁ

# ANEXO M

## Equipo Semi-Industrial para Aprovechamiento de Plásticos Mixtos Reciclados

| Sección | Detalle | Cantidad | Vr.equipos | Iva | Vr.total |
|---|---|---|---|---|---|
| Sección de recepción del plástico granulado | Bascula | 1 | 630.000,00 | 120.000,00 | 750.000,00 |
| Sección de formulación y mezclado de materiales | Mezclador | 1 | 588.000,00 | 112.000,00 | 700.000,00 |
| | Silo alimentador | 1 | 546.000,00 | 104.000,00 | 650.000,00 |
| | Control eléctrico y sistema de protección | 1 | 210.000,00 | 40.000,00 | 250.000,00 |
| Sección de Alistamiento de moldes | Fabricación de molde para adoquín, | 5 | 5.670.000,00 | 1.080.000,00 | 6.750.000,00 |
| | Sistema de precalentamiento y lubricación | 1 | 714.000,00 | 136.000,00 | 850.000,00 |
| Sección extracción e Inyección de material: | Estrusora con capacidad para trabajar Material mixtos | 1 | 33.000.000,00 | - | 33.000.000,00 |
| | Sistema de montaje para moldes y alistamiento | 1 | 378.000,00 | 72.000,00 | 450.000,00 |
| | Sistema de Vacío | 1 | 1.344.000,00 | 256.000,00 | 1.600.000,00 |
| | Sistema para movilización del molde | 1 | 1.260.000,00 | 240.000,00 | 1.500.000,00 |
| | Control eléctrico y sistema de protección | 1 | 3.780.000,00 | 720.000,00 | 4.500.000,00 |
| Sección de Prensado | Sistema de prensado con 2 gatos Capacidad de 2500 psi | 1 | 8.232.000,00 | 1.568.000,00 | 9.800.000,00 |
| | Unidad y controles hidráulicos | 1 | 5.460.000,00 | 1.040.000,00 | 6.500.000,00 |
| | Control eléctrico y sistema de protección | 1 | 210.000,00 | 40.000,00 | 250.000,00 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sección de enfriamiento y reposo | Pila de enfriamiento | 1 | 298.200,00 | 56.800,00 | 355.000,00 |
| | Sistema de prensado con 1 gato | 1 | 4.200.000,00 | 800.000,00 | 5.000.000,00 |
| | Unidad y controles hidráulicos | 1 | 2.100.000,00 | 400.000,00 | 2.500.000,00 |
| | Control eléctrico y sistema de protección | 1 | 210.000,00 | 40.000,00 | 250.000,00 |
| Sección de acabados | Maquina para dar acabado y pulir | 1 | 546.000,00 | 104.000,00 | 650.000,00 |
| Mantenimiento | Preventivo 4 veces al año sin repuestos | 1 | 220.000,00 | - | 220.000,00 |
| | Montaje puesta en marcha | | 750.000,00 | - | 750.000,00 |
| IMPUESTOS Y LEGALIZACION | Retención en la fuente | | | - | |
| | 4x1000 | | 394.400,00 | - 38.357,13 | 356.042,87 |
| | Póliza de cumplimiento | 1 | - | - | |
| | Póliza por anticipo | 1 | - | - | |
| ADMINISTRACION | Transporte de maquinaria | 1 | 3.500.000,00 | | 3.500.000,00 |
| | Diseño, dibujos y manual de uso | 1 | 1.850.000,00 | | 1.850.000,00 |
| | Informe final por la asesoría | 1 | | | |
| | Asesoría por 4 meses | 1 | 6.000.000,00 | | 6.000.000,00 |
| Tiempo para la entrega de los equipos funcionando es 120 día una vez firmado y recibido el contrato | | | 82.090.600,00 | 6.890.442,87 | 88.981.042,87 |

## ANEXO N

## MEMORIA DE CÁLCULOS COSTOS DE OPERACIÓN

RECURSO HUMANO

| FASE | ETAPA DEL PROCESO | MAQUINARIA | No OPERARIOS | SALARIO ($) |
|---|---|---|---|---|
| I | RECEPCIÓN MP | BASCULA | 1 | 408000 |
| | PESAJE | | | |
| | FORMULACIÓN | | | |
| | MEZCLADO | MEZCLADORA | | |
| | ALMACENAMIENTO | SILO ALMACENAMIENTO | | |
| II | EXTRUSIÓN | EXTRUSORA | 1 | 408000 |
| | MOLDEO | MOLDE | | |
| | | PULPO | | |
| | PRENSADO | PRENSA 01 | 1 | 408000 |
| III | ENFRIAMIENTO | SISTEMA DE ENFRIAMIENTO | | |
| | DESMOLDE | | 1 | 408000 |
| | PRENSADO 02 | PRENSA 02 | | |
| | ACABADOS | SIERRA ELÉCTRICA | 1 | 408000 |
| | EMPAQUE | | | |
| IV | ADMINISTRATIVOS | No Aplica | 1 | 816000 |
| | | TOTAL | 6 | 2.856.000 |

| CONSUMO DE AGUA | |
|---|---|
| ENFRIAMIENTO L/dia | 250,00 |
| HUMANO L/dia | 300,00 |
| TOTAL L/dia | 550,00 |
| TOTAL m3/dia | 0,55 |
| TOTAL m3/mes | 16,50 |

| | |
|---|---|
| COSTO ($/M3) | 2.095 |
| **COSTO TOTAL AGUA/MES** | 34.574 |
| **COSTO TOTAL ASEO/MES** | 30000 |
| **TOTAL FACTURACIÓN/MES** | 64.574 |

**ENERGIA**

| MAQUINARIA | FUENTE GENERADORA | POTENCIA (HP) | ENERGIA (KW) | COSTO KW/H ($/KW) | $/mes |
|---|---|---|---|---|---|
| BASCULA | No Consumo | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| MEZCLADORA | Motor | 2 | 1,4914 | 311,4 | 11.116,2 |
| SILO ALMACENAMIENTO | No Consumo | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| EXTRUSORA | Motor | 20 | 14,914 | 3113,8 | 627.736,1 |
| | Resistencias (6) | | 7,2 | 1503,2 | 303.050,8 |
| PULPO GIRATORIO | No Consumo | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| PRENSA 01 | Motor | 4 | 2,9828 | 622,8 | 125.547,2 |
| PRENSA 02 | | | | | |
| SISTEMA DE ENFRIAMIENTO | Bomba | 1/4 | 0,186425 | 38,9 | 7.846,7 |
| SIERRA ELÉCTRICA | Motor | 1 | 0,7457 | 155,7 | 11.508,5 |
| | | **TOTAL** | 27,5 | 5745,7 | 1.086.805,5 |

## Cálculo del Valor Unitario del adoquín CPM

| Capital de Trabajo | Costo($)/mes | Valor unitario |
|---|---|---|
| Energía | 1.086.805 | $ 61 |
| Agua y Aseo | 64.574 | $ 4 |
| R. Humano | 2.856.000 | $ 161 |
| MP | 13.752.220,20 | $ 775 |
| Maquinaria+Instalaciones | 898.342 | $ 51 |
| **Total** | 18.657.941 | **$ 1.052** |
| **Valor m2** | | **$ 21.034** |

# ANEXO O

## TARIFAS ENERGÍA

| SECTOR NO RESIDENCIAL NIVELES 2, 3 Y 4 | | | MEDIDA NIVEL 2 (11.4 y 13.2 kV) ($/kWh) | MEDIDA NIVEL 3 (34.5 kV) ($/kWh) | MEDIDA NIVEL 4 (57.5 y 115 kV) ($/kWh) |
|---|---|---|---|---|---|
| OFICIAL | SENCILLA | Monomia | 192.8969 | 176.4724 | 143.0772 |
| | OPCIONES HORARIAS (**) | Punta | 202.3563 | 180.1742 | 143.3108 |
| | | Fuera de Punta | 188.8059 | 168.0722 | 142.1332 |
| INDUSTRIAL Y COMERCIAL | SENCILLA | Monomia | 231.4762 | 211.7668 | 171.6926 |
| | OPCIONES HORARIAS (**) | Punta | 242.8276 | 216.2090 | 171.9730 |
| | | Fuera de Punta | 226.5671 | 201.6866 | 170.5598 |
| INDUSTRIAL | DOBLE HORARIA | Nocturna | 241.4909 | 218.5440 | |
| | | Diurna | 227.3151 | 208.7817 | |
| | TRIPLE HORARIA | Nocturna | | 218.5440 | |
| | | Diurna | | 214.7457 | |
| | | Madrugada | | 198.8377 | |

(*): No incluye en el Cargo por Uso de nivel 1 (Dt1) el componente de inversión (CDI1), conforme la Resolución CREG-082 de 2002

Fuente: CODENSA

# ANEXO P

## MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNCIONES FINANCIERAS

### Valor Presente Neto

$VP = VF(1+i)^{-n}$

### Alternativa A

$$VPN = Inversión + VNA(ValoresFuturos)$$

$$VPN = -107'800.981 + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^1} + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^2} + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^3} + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^4} ..... + \frac{23'242.135}{(1+0.04)^{10}}$$

$$VPN = +\$14'298.802$$

### Alternativa B

$$VPN = Inversión + VNA(ValoresFuturos)$$

$$VPN = -171'850.981 + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^1} + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^2} + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^3} + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^4} ..... + \frac{73'575.480}{(1+0.04)^{10}}$$

$$VPN = +\$15'303.104$$

### Alternativa B'

$$VPN = Inversión + VNA(ValoresFuturos)$$

$$VPN = -171'850.981 + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^1} + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^2} + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^3} + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^4} ..... + \frac{37'384.248}{(1+0.04)^{10}}$$

$$VPN = +\$17'189.325$$

## Tasa Interna de Retorno

### Alternativa A

$$0 = -107800.981 + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^1} + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^2} + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^3} + \frac{14'344.031}{(1+0.04)^4} ... \frac{23'242.135}{(1+0.04)^{10}}$$

$$i = 6.51\%$$

### Alternativa B

$$0 = -171'850.981 + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^1} + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^2} + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^3} + \frac{58'272.376}{(1+0.04)^4} ... \frac{73'575.480}{(1+0.04)^{10}}$$

$$i = 31.97\%$$

### Alternativa B'

$$0 = -171'850.981 + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^1} + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^2} + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^3} + \frac{22'081.144}{(1+0.04)^4} ... \frac{37'384.248}{(1+0.04)^{10}}$$

$$i = 5.91\%$$

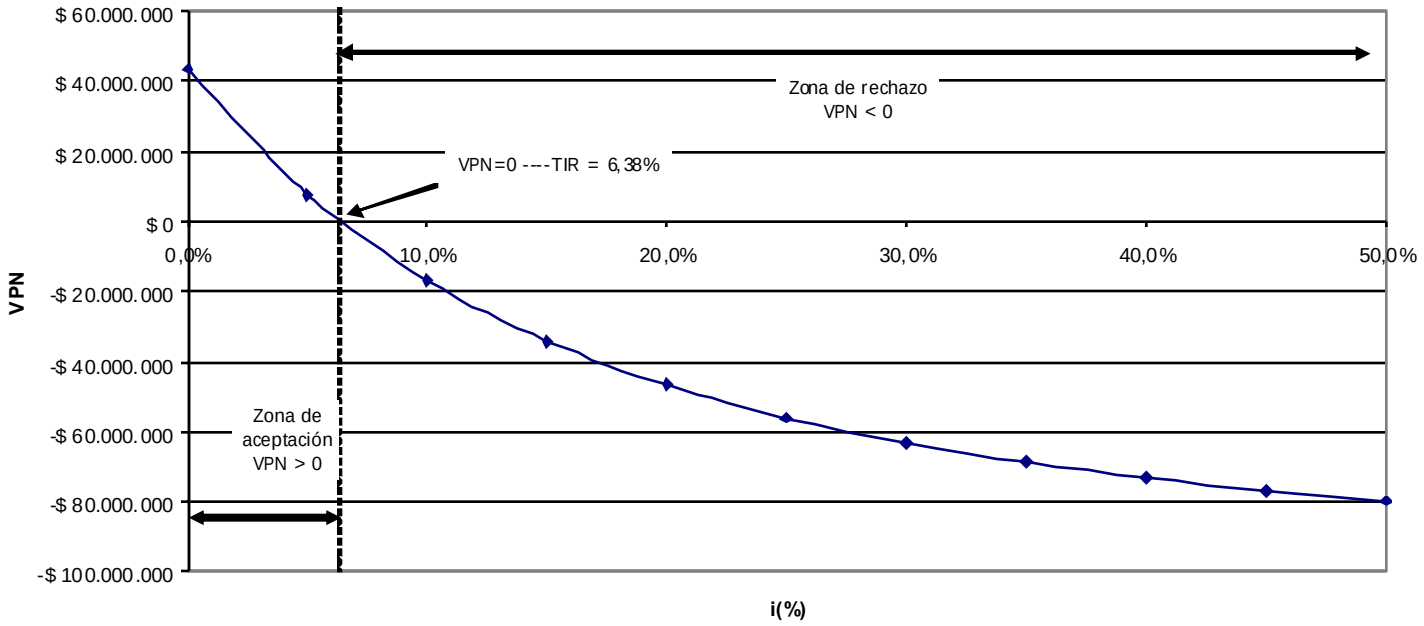
## COSTO/BENEFICIO

107’800.981
14’344.031
23’242.135

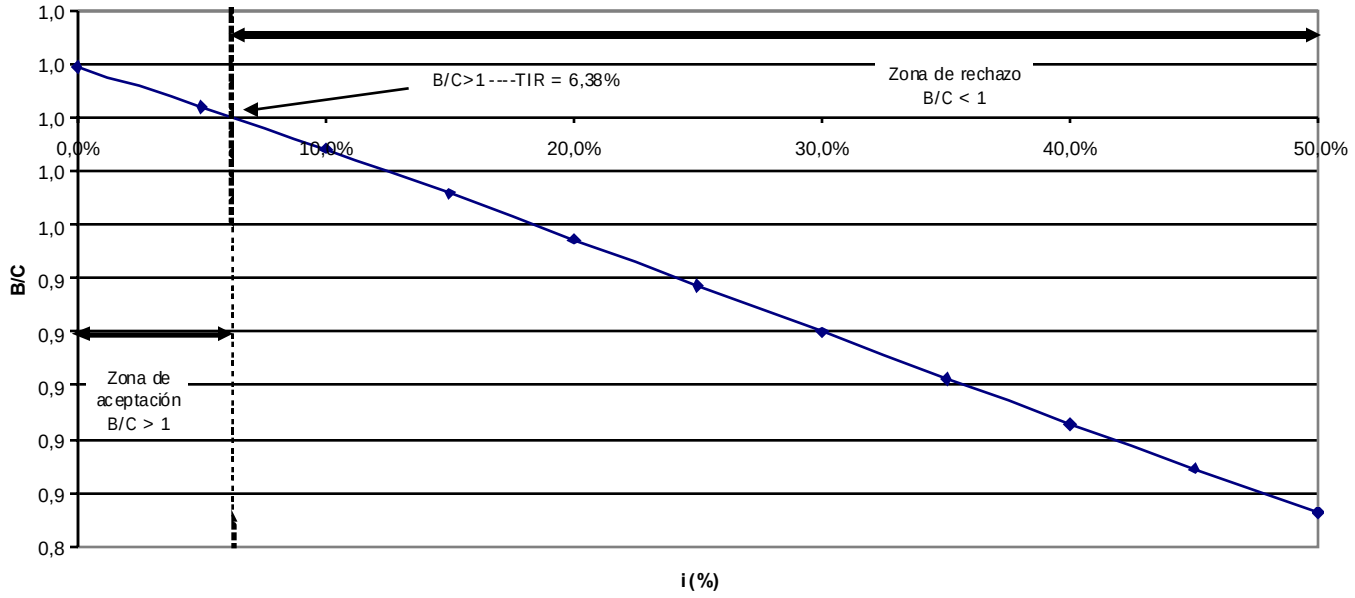
171’850.981
58’272.376
73.575.480

171’850.981
22’081.144
37384248

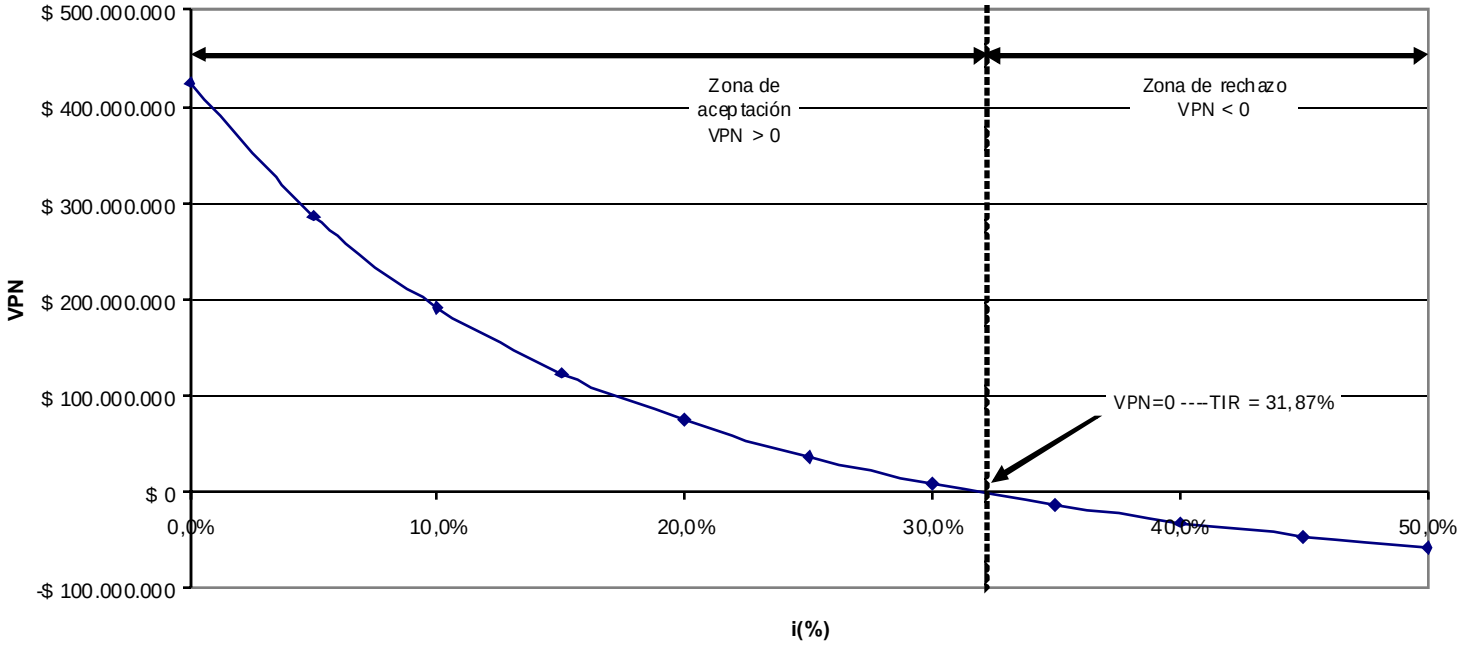
**Análisis de sensibilidad VPN - Alternativa A**



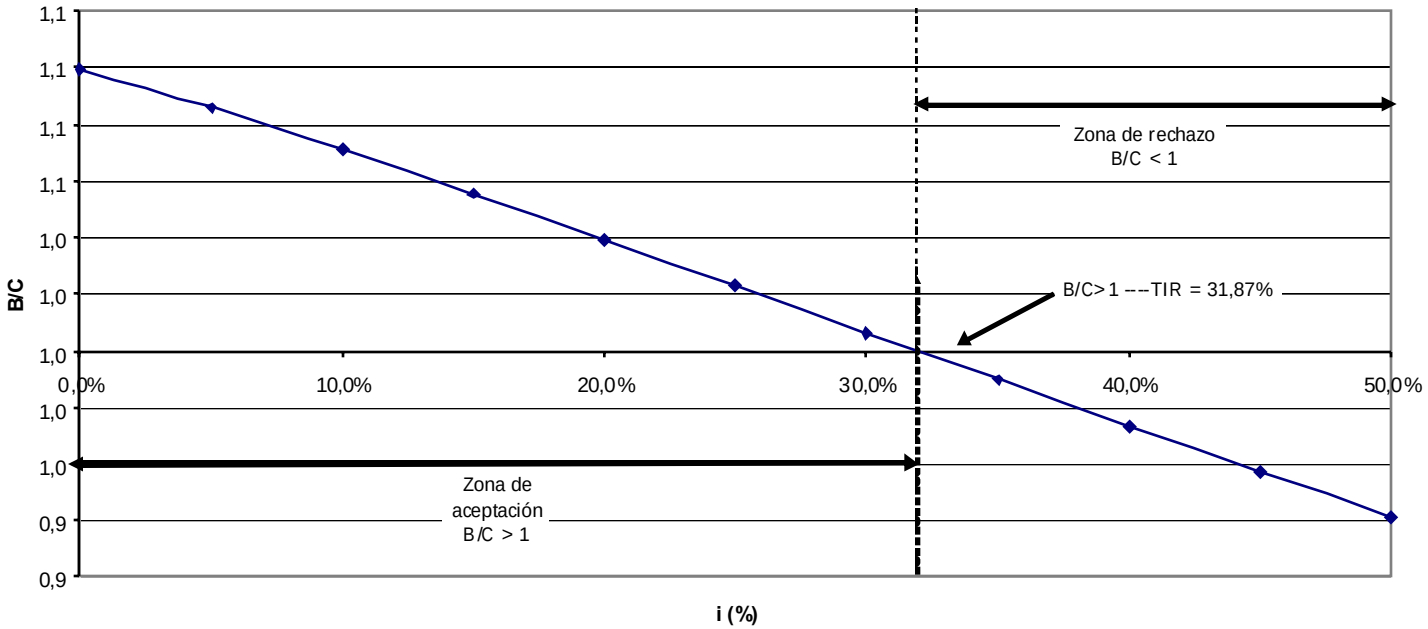

**Análisis de sensibilidad B/C- Alternativa A**



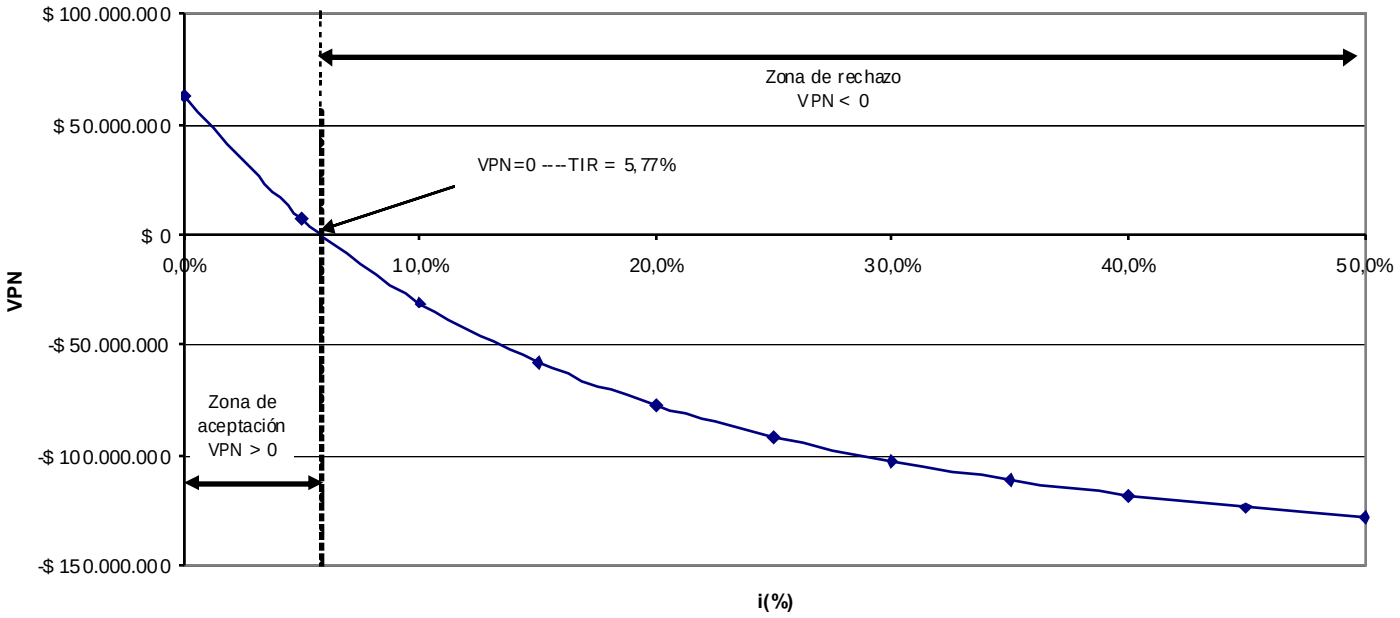
**Análisis de sensibilidad VPN - Alternativa B**



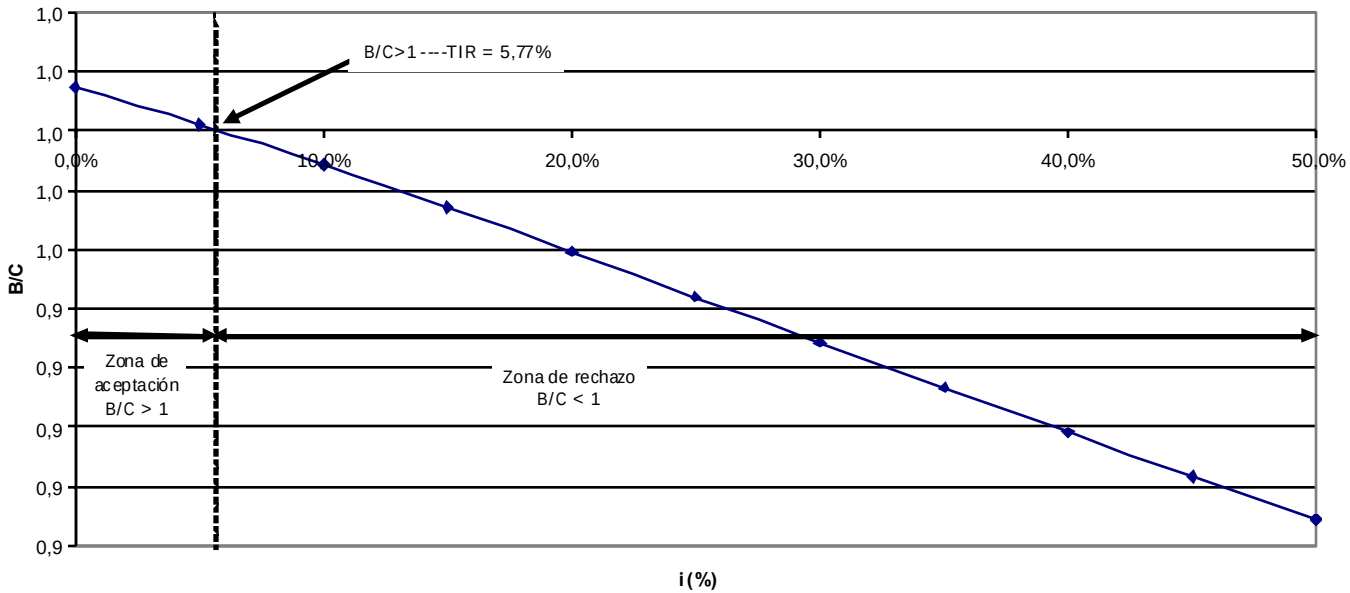

**Análisis de sensibilidad B/C - Alternativa B**



**Análisis de sensibilidad VPN - Alternativa B'**




**Análisis de sensibilidad B/C - Alternativa B'**

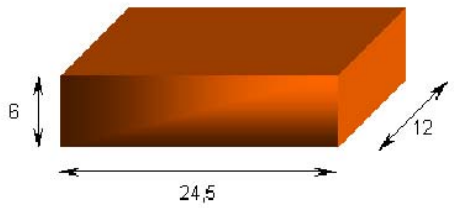


# ANEXO Q

## FICHAS TÉCNICAS OTROS ADOQUINES

Santafé

### *LADRILLO ADOQUIN COLONIAL*




Dimensiones en cm.

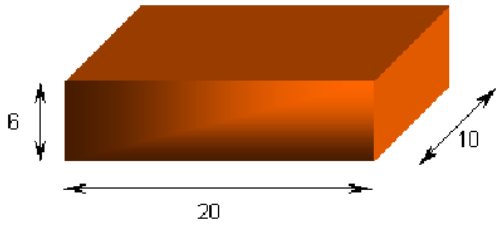
### *ESPECIFICACIONES TECNICAS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Dimensiones** | **Largo** | **Ancho** | **Alto** |
| | 24,5 cm | 12 cm | 6 cm |
| **Tolerancia dimensional** | +3,7 mm | +1,8 mm | +1,2 mm |
| **Color** | TERRACOTA | | |
| **Textura** | RUGOSA | | |
| **Peso / Unidad** | **3,7 kg.** | | |
| **Rendimiento: Unidades / m²** | **34** | | |
| **Peso de un (1) m2** | 125,8 Kg | | |
| **Aplicación** | Pisos Peatonales<br>Pisos Vehiculares | | |
| **Clasificación** | Tipo 1 | Tráfico peatonal y Tráfico Vehicular | |
| **Resistencia a la Compresión** | 600 Kgr./cm² (8.574 psi) | | |
| **Módulo de Rotura** | 80 Kgr./cm² ( 1.000 psi) | | |
| **Indice de Abrasión** | | 0.11 | |
| **Absorción de Agua** | 8% | | |
| **Normas Aplicadas** | *ICONTEC* | *NTC 3829 y 4017* | |
| | *ASTM* | *C 902, C 67,C 88 Y C 418* | |

| | Vo.Bo. PRODUCCION | Vo. Bo. LOGISTICA | Vo.Bo. COMERCIAL |
|---|---|---|---|
| **PREPARO:** | | | |
| ALJ | | | |
| **FECHA:** Marzo 27 de 2001 | | | |

Santafé

# LADRILLO ADOQUIN ESPAÑOL




**Dimensiones en cm.**

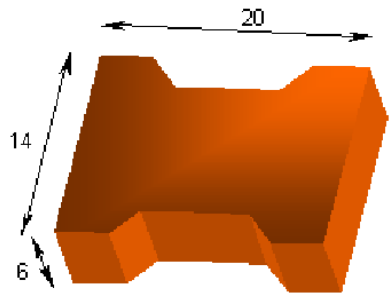
## ESPECIFICACIONES TECNICAS

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Dimensiones** | **Largo** | **Ancho** | **Alto** |
| | 20 cm | 10 cm | 6 cm |
| **Tolerancia dimensional** | ± 3,0 mm | ± 2,0 mm | ± 1,2 mm |
| **Color** | **TERRACOTA** | | |
| **Textura** | RUGOSA | | |
| **Peso / Unidad** | **2,62 kg.** | | |
| **Rendimiento: Unidades / m²** | **50** | | |
| **Peso de un (1) m2** | 131,00 Kg | | |
| **Aplicación** | Pisos Peatonales<br>Pisos Vehiculares | | |
| **Clasificación** | Tipo I | Tráfico peatonal y Tráfico Vehicular | |
| **Resistencia a la Compresión** | 600 Kgr./cm² (8.574 psi) | | |
| **Indice de Abrasión** | 0.11 | | |
| **Absorción de Agua** | 8% | | |
| **Normas Aplicadas** | *ICONTEC* | *NTC 3829 y 4017* | |
| | *ASTM* | *C 902, C 67,C 88 Y C 418* | |

| | Vo.Bo. PRODUCCION | Vo. Bo. LOGISTICA | Vo.Bo. COMERCIAL |
|---|---|---|---|
| **PREPARO:** | | | |
| ALJ | | | |
| **FECHA:** Marzo 27 de 2001 | | | |

Santafé

# LADRILLO ADOQUIN ROYAL



*MEDIO*
*2.9Ka*

*REMATE LATERAL*
*2,7 Kg*

***ACCESORIOS***

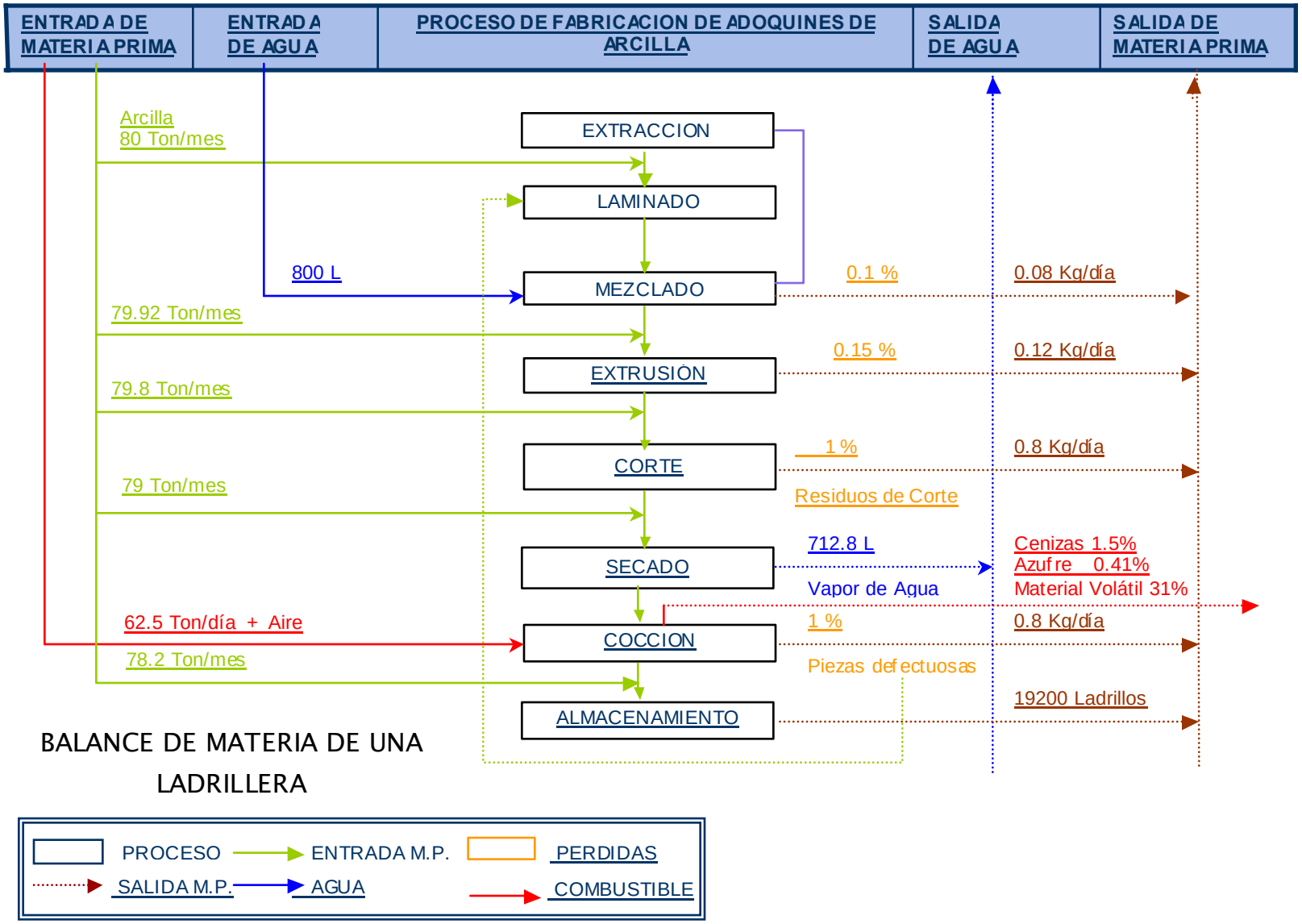
**Dimensiones en cm**

## *ESPECIFICACIONES TECNICAS*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Dimensiones** | **Largo** | **Ancho** | **Alto** |
| | 20 cm | 14 cm | 6,0 cm |
| **Tolerancia dimensional** | ± 3,0 mm | ± 2,1 mm | ± 1,1 mm |
| **Color** | **TERRACOTA** | | |
| **Textura** | RUGOSA | | |
| **Peso / Unidad** | **2,9 kg.** | | |
| **Rendimiento: Unidades / m²** | **42** | | |
| **Peso de un (1) m2** | 116 Kg | | |
| **Aplicación** | Pisos Peatonales<br>Pisos Vehiculares | | |
| **Clasificación** | Tipo I | Tráfico peatonal y Tráfico Vehicular | |
| **Resistencia a la Compresión** | 600 Kgr./cm² (8.574 psi) | | |
| **Indice de Abrasión** | 0.11 | | |
| **Absorción de Agua** | 8% | | |
| **Normas Aplicadas** | ***ICONTEC*** | ***NTC 3829 y 4017*** | |
| | ***ASTM*** | ***C 902, C 67,C 88 Y C 418*** | |

| | **Vo.Bo. PRODUCCION** | **Vo. Bo. LOGISTICA** | **Vo.Bo. COMERCIAL** |
|---|---|---|---|
| **PREPARO:** | | | |
| ALJ | | | |
| **FECHA:** Marzo 27 de 2001 | | | |

ANEXO DFGHJK




BALANCE DE MATERIA DE UNA LADRILLERA