

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL  
SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

PAULA ANDREA SÁNCHEZ RUZ  
JAVIER EMILIO SUCCAR MANZUR

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2003

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL  
SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

PAULA ANDREA SÁNCHEZ RUZ  
JAVIER EMILIO SUCCAR MANZUR

Trabajo de Grado presentado como  
requisito parcial para optar al título  
de Ingeniero Industrial

Directora  
Vilma Viviana Ojeda Caicedo  
Física

Asesora  
Marta Sofía Carrillo Landeazabal  
Ingeniera Industrial

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2003

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Cartagena de Indias, 30 de abril de 2003

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecer a Dios, por brindarnos la fuerza y la perseverancia para el desarrollo exitoso de esta investigación.

También extendemos nuestros mas profundos y sinceros agradecimientos a quienes con su conocimiento guiaron y asesoraron la elaboración del presente trabajo de grado:

- Física Vilma Viviana Ojeda Caicedo
- Ing. Marta Sofía Carrillo Landeazabal

Por su fe, confianza y apoyo incondicional agradecemos ante todo a las familias Sánchez Ruz y Succar Manzur, y a los amigos:

- Cristina Restrepo Saldarriaga
- Dra. Miriam Porras
- Milene Eliana García
- Ing. Paula Carolina García

## ARTICULO 105

La CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR, se reserva el derecho de propiedad intelectual de trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Cartagena de Indias, 30 de abril de 2003

Señores:

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Facultad de Ingeniería Industrial

Att: Comité de evaluación de proyectos

La ciudad

Apreciados señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter para su consideración, estudio y aprobación el Proyecto de Grado titulado “APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE PRODUCCION MAS LIMPIA EN ELSECTOR METALMECANICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS”, realizado por los estudiantes PAULA ANDREA SANCHEZ RUZ y JAVIER EMILIO SUCCAR MANZUR, para optar por el titulo de Ingeniero Industrial.

Atentamente,

Vilma Viviana Ojeda Caicedo

Directora del proyecto

Marta Sofia Carrillo Landeazabal

Asesora

Cartagena de Indias, 30 de abril de 2003

Señores:

COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Facultad de Ingeniería Industrial

La ciudad

Respetados señores:

Con la presente nos permitimos presenta ante ustedes para su consideración, estudio y aprobación el Proyecto de Grado titulado “APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE PRODUCCION MAS LIMPIA EN ELSECTOR METALMECANICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS”, para optar por el titulo de Ingeniero Industrial.

Agradeciendo de antemano la atención prestada.

Atentamente,

Paula Andrea Sánchez Ruz  
C.C. 45.528.738 de Cartagena

Javier Emilio Succar Manzur  
C.C. 3.808.848 de Cartagena

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>20</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL SECTOR METALMECÁNICO EN COLOMBIA</b>	<b>23</b>
1.1 HISTORIA Y GENERALIDADES DEL SECTOR METALMECÁNICO EN COLOMBIA	24
1.1.1 La cadena metalmecánica y su eslabonamiento.	27
1.1.2 Encadenamiento estructural de la cadena.	28
1.2 ASPECTOS ECONOMICOS DEL SECTOR	30
1.3 PROBLEMÁTICA DEL SECTOR METALMECÁNICO EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS	41
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO	50
<b>2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L)</b>	<b>51</b>
2.1 LA EXPANSIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL MUNDO	52
2.2 EVOLUCIÓN DEL ENFOQUE DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN	54



2.3	DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	58
2.4	BENEFICIOS	60
2.5	METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	62
2.5.1	Fase 1: inicio	65
2.5.2	Fase 2: análisis de las etapas del proceso	68
2.5.3	Fase 3: generación de oportunidades de Producción más Limpia	71
2.5.4	Fase 4: seleccionar soluciones de P+L	73
2.5.5	Fase 5: implementación de las soluciones de Producción más Limpia	75
2.5.6	Fase 6: mantenimiento del proceso de Producción más Limpia	77
2.6	OTROS ELEMENTOS A TENER EN CUENTA CUANDO SE GENEREN OPCIONES DE P+L	78
<b>3.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL SECTOR METALMECÁNICO DE CARTAGENA EN CUANTO A P+L</b>	<b>83</b>
3.1	LISTA DE CHEQUEO EMPLEADA PARA EL DIAGNÓSTICO (ENCUESTA)	84
3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	88
3.2.1	Consumo y disposición del agua	89

3.2.2	Consumo de energía	95
3.2.3	Generación de residuos sólidos	104
3.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS CONTAMINANTES	108
3.4	ANÁLISIS DE LOS DESECHOS	115
3.5	LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA LOS DESECHOS IDENTIFICADOS EN EL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA	117
3.5.1	Los residuos sólidos industriales según la legislación ambiental colombiana	118
3.5.2	Clasificación de los residuos sólidos industriales	121
3.5.3	Manejo de los residuos sólidos industriales	123
3.5.4	Venta de los desechos	124
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA EMPRESA EMPLEADA COMO PRUEBA PILOTO EN P+L</b>	<b>126</b>
4.1	ANÁLISIS DE LA LISTA DE CHEQUEO	126
4.2	SELECCIÓN DE LA EMPRESA	134
4.3	ANÁLISIS DETALLADO DE LOS PUNTOS CRÍTICOS CONTAMINANTES	135
4.3.1	Proceso de torneado	138

4.3.2	Procesos de fresado, taladrado y cepillado	142
4.3.3	Otros procesos	144
<b>5.</b>	<b>PROPUESTA DE SOLUCIONES – SELECCIÓN DE VIABILIDAD</b>	<b>149</b>
5.1	PROPUESTA DE SOLUCIONES EN EL MANEJO DE LAS MATERIAS PRIMAS Y EN LOS PROCESOS	149
5.2	PROPUESTA DE SOLUCIONES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE OTRAS HERRAMIENTAS	155
5.2.1	Buenas Prácticas de Manejo	155
5.2.2	Las 5 S	162
5.3	SOLUCIONES VIABLES SELECCIONADAS	170
5.3.1	Solución para el desecho: Retales	170
5.3.2	Solución para el desecho: Virutas	176
5.3.3	Solución para el desecho: Agua empleada en prueba de tanques	179
5.4	EVALUACIONES DE VIABILIDAD DE LAS SOLUCIONES SELECCIONADAS	180
5.4.1	Estudio de viabilidad para la solución: implementación de un sistema de cero inventarios y subcontratación del proceso de corte con los proveedores	182
5.4.2	Estudio de viabilidad para la solución: compresión de viruta	186

5.4.3	Estudio de viabilidad para la solución: reventa de agua	189
<b>6.</b>	<b>APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA</b>	<b>192</b>
6.1	GENERALIDADES DE LA EMPRESA ESCOGIDA COMO PRUEBA PILOTO	192
6.2	PASOS A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LAS EMPRESAS	196
6.2.1	Fase 1: inicio	196
6.2.2	Fase 2: análisis de las etapas del proceso	199
6.2.3	Fase 3: generación de oportunidades de Producción más Limpia	200
6.2.4	Fase 4: seleccionar soluciones de Producción más Limpia	200
6.2.5	Fase 5: implementar soluciones de Producción más Limpia	201
6.2.6	Fase 6: mantener el proceso de Producción más Limpia	208
6.3	RESULTADOS ESPERADOS	209
6.3.1	Resultados esperados con la nueva distribución de la planta	211
6.3.2	Resultados esperados con el sistema de Cero Inventarios	212
6.3.3	Resultados esperados con la venta de la viruta y del agua empleada en pruebas	214

6.4	MODELO A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGIA DE P+L EN EL SECTOR	216
7.	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>221</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>224</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>227</b>
	<b>PÁGINAS WEB CONSULTADAS</b>	<b>230</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>233</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. Producción real del sector.	32
TABLA 2. Resultados de las encuestas en la sección agua	90
TABLA 3. Resultados de las encuestas en la sección energía	97
TABLA 4. Resultados de las encuestas en la sección residuos sólidos	105
TABLA 5. Análisis de los desperdicios por proceso.	109
TABLA 6. Matriz de Leopold aplicada a la implementación de la metodología de P+L en el sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena	114
TABLA 7. Precios de compra y reventa de los insumos más comunes en las actividades metalmecánicas.	125
TABLA 8. Clasificación de las preguntas de la encuesta.	128
TABLA 9. Puntajes totales de las empresas.	134
TABLA 10. Listado de diagramas.	143
TABLA 11. Ejemplo del incremento de la productividad.	184
TABLA 12. Ejemplo del incremento de la productividad.	213

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Tecnologías de limpieza al final del tubo y Producción más Limpia.	56
FIGURA 2. Estrategias de Producción más Limpia	61
FIGURA 3. Diagrama de flujo para la metodología P+L	64
FIGURA 4. Elementos de proceso para las opciones de P+L.	78
FIGURA 5. Lista de chequeo empleada para el diagnóstico del sector metalmecánico.	85
FIGURA 6. Encuesta propuesta para futuras visitas de evaluación a empresas metalmecánicas.	130
FIGURA 7. Ejemplo de aplicación para el formato Seiri.	167
FIGURA 8. Ejemplo de formato para la evaluación y la calificación de proveedores.	174
FIGURA 9. Ahorros logrados con la Producción más Limpia.	185
FIGURA 10. Comportamiento económico de la inversión.	188
FIGURA 11. Diseño de tableros acrílicos para manejo de actividades.	203
FIGURA 12. Ejemplo del uso de los tableros acrílicos para manejo de actividades.	204
FIGURA 13. Ciclo de mejoramiento continuo propuesto para la empresa FERVILL LTDA.	210
FIGURA 14. Modelo para la implementación de la metodología de P+L en el sector metalmecánico de Cartagena.	216

## LISTA DE GRÁFICAS

		pág.
GRÁFICA 1.	Participación de cada sector dentro de la producción metalmecánica.	31
GRÁFICA 2.	Comercio exterior de la industria metalmecánica.	35
GRÁFICA 3.	Principales países para la exportación de los productos de la cadena metalmecánica.	37



## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A Lista de miembros del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales
- ANEXO B Lista de chequeo base sobre la cual se desarrolló la encuesta empleada en el estudio
- ANEXO C Empresas vinculadas a la Asociación de Industrias Metalmecánicas de Cartagena - ASIMECAR -
- ANEXO D Plano actual para la empresa FERVILL LTDA.
- ANEXO E Distribución propuesta para la empresa FERVILL LTDA.
- ANEXO F Cursogramas analíticos de los procesos metalmecánicos para el operario
- ANEXO G Cursogramas analíticos de los procesos metalmecánicos para el material
- ANEXO H Diagramas de recorrido actuales para los procesos metalmecánicos
- ANEXO I Diagramas de recorrido propuestos para los procesos metalmecánicos
- ANEXO J Organigrama de la empresa FERVILL LTDA.
- ANEXO K Descripciones y características de la maquinaria empleada por FERVILL LTDA.

## RESUMEN

En el presente estudio se describe una guía para la implementación de la metodología de Producción más Limpia en las empresas del sector metalmeccánico. Capitulo por capitulo se explican cada una de las fases que conforman esta metodología.

El recorrido inicia en la concepción de la idea del estudio a realizar así como las razones que motivaron su elaboración. A continuación se realizó un diagnóstico del sector metalmeccánico de la ciudad de Cartagena para evaluar el grado de homogeneidad entre las empresas que lo conforman y los problemas que la atacan; de esta evaluación se escogió una empresa para ser empleada como prueba piloto. Luego se realizó un análisis de los procesos productivos con el fin de identificar los puntos críticos contaminantes y determinar su impacto ambiental. Una vez identificados estos puntos se llevó a cabo un análisis detallado de los procesos involucrados en ellos mediante de diagramas de recorrido, cursogramas analíticos, balances de materia, entre otros, con el fin de generar un portafolio de posibles soluciones para los problemas del sector metalmeccánico.

A continuación se investigó la legislación colombiana relacionada con el tema, que sumado a otros factores, permitió la elección de las soluciones más viables a ser implementadas. A cada una de las soluciones elegidas se les realizó un estudio de viabilidad, conformado por evaluaciones técnicas, económicas y ambientales para lograr definir los beneficios de implementar el concepto de Producción más Limpia en el sector.

Por último se plantea un ejemplo de cómo sería la aplicación del proyecto, para esto, se tomó como base la empresa elegida como prueba piloto.

Con la realización de este proyecto se logró analizar y desarrollar la metodología de Producción más Limpia, lo que permitirá que con su implementación se mejore la productividad de las PyMEs del sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena de Indias.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que actualmente tiene la industria es precisamente el manejo de sus recursos y la gestión de sus residuos industriales, los cuales con el ritmo actual de incremento en su generación, colmará en pocos años todos los espacios disponibles para su disposición final.

En Cartagena de Indias, la zona industrial de Mamonal genera una gran demanda de productos relacionados con la transformación de metales, lo que ha ocasionado un crecimiento acelerado del sector metalmecánico en las últimas décadas. Al evaluar la conducta tecnológica de las empresas de este sector y conocer la problemática por la que están atravesando, se puede advertir lo contaminantes que han llegado a ser sus procesos y procedimientos, y lo mal que pueden emplear sus recursos. Es éste el tópico que se desea corregir para conseguir un desarrollo sostenible dentro de la ciudad.

Parece claro que una de las causas de la gestión inadecuada de los recursos y residuos industriales, obedece al desconocimiento y falta de planificación de la gestión en su manejo, ineficiencia en los procesos productivos, mal manejo de inventarios, deficiente capacitación del personal, la falta de estandarización de procesos y la carencia de programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Para solucionar estos problemas es necesario implementar tecnologías limpias que busquen eliminar o minimizar la generación de desechos, disminuir la toxicidad de estos, minimizar el consumo de agua, energía y materias primas, y en general disminuir el riesgo ambiental de los productos a lo largo de su ciclo de vida.

Las tecnologías son consideradas como "ambientalmente limpias" una vez contribuyan de la mejor manera, bajo las circunstancias determinadas, a lograr o restaurar el balance entre el desarrollo social, el crecimiento económico y el uso sostenible de los recursos naturales, incluyendo la protección del medio ambiente.

Dentro de este tipo de tecnologías encontramos la metodología de Producción más Limpia; dicho concepto fue introducido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1989, y fue definida como la "aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente".

Es pues, el objetivo principal de este proyecto analizar, desarrollar y aplicar metodologías de Producción más Limpia en busca de la mejora en la productividad de las PyMEs del sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena. Para lograr esta meta fue necesario desarrollar la investigación en seis etapas, las cuales conforman los objetivos específicos: realizar un diagnóstico del sector,

identificar los puntos críticos contaminantes de los procesos productivos, analizar las etapas de estos para formular estrategias que aumenten la productividad, categorizar los diferentes residuos industriales para presentar soluciones específicas a cada uno de ellos, definir los beneficios de implementar el concepto de Producción más Limpia, y aplicar las propuestas generadas en una empresa escogida como prueba piloto para ser usada como modelo a seguir por las demás empresas metalmecánicas de la ciudad.

Es el deseo de la dirección del Nodo de Producción más Limpia y los autores de esta investigación que esta Tesis sea empleada como una fuente de información para todas aquellas empresas que en un futuro deseen implementar esta metodología.

## **1. GENERALIDADES DEL SECTOR METALMECÁNICO EN COLOMBIA**

En los últimos años la cadena metalmecánica ha generado el 11,3% de la producción real nacional, siendo una de las bases del actual desarrollo industrial colombiano. La apertura realizada durante la década de los 90 ha medido y equilibrado la capacidad de estas industrias, al competir de forma directa con los productos importados. Así, se ha incrementado la producción industrial debido a la entrada de bienes del exterior, que marcan cotas muy altas de calidad a los fabricantes nacionales.

Este sector se puede considerar como el punto de partida de otros muchos, debido a que, por ejemplo, la industria metalmecánica por su diversidad de insumos y de bienes de capital es la base de cualquier industria que se desarrolle en el país; además, es de vital importancia en cuanto a la función que cumple en la cadena productiva.

El sector en conjunto muestra tanto la fortaleza como las debilidades de la economía nacional, puesto que las diversas industrias necesitan aprovisionarse de bienes de capital de este mismo sector, sufriendo así los efectos directos e

indirectos de la apertura económica. Las cifras de los últimos años<sup>1</sup> muestran una orientación clara de estos sectores de la economía hacia los mercados ampliados de la Comunidad Andina, donde la producción nacional sigue afianzando su presencia, así como también hacia Centroamérica, el Caribe, Chile y Estados Unidos.

## 1.1 HISTORIA Y GENERALIDADES DEL SECTOR METALMECÁNICO EN COLOMBIA

La industrialización del país ha atravesado por varias fases, siendo una de las más importantes la denominada estrategia de industrialización por sustitución de importaciones, que tuvo tres etapas: en la primera, 1945-1957, hubo un proceso de modernización industrial acompañado de un dinámico crecimiento que se basa en la sustitución de bienes de consumo e intermedios; en la segunda, 1957-1967, el modelo de industrialización se centró en la sustitución de bienes de consumo durables, intermedios y de capital; y la tercera, 1967-1974, que produjo un modelo mixto de sustitución y promoción de exportaciones. A partir de 1974, comenzó el desmonte de la estrategia sustitutiva, se inició la estrategia de liberalización de la economía y empezaron a generarse las condiciones para la construcción de ventajas competitivas.

---

<sup>1</sup> Según el Centro de Información y Documentación Empresarial sobre Iberoamérica (CIDEIBER).



Del total de 7.104 establecimientos con que cuenta la industria metalmecánica colombiana hoy, el 68.7%, 4.880, tiene vinculado a un número menor o igual de cincuenta personas. Estos corresponden a la categoría de pequeñas industrias, concentradas en Antioquia, 20%, Bogotá, 11%, Valle, 14%. El resto está distribuido en los demás departamentos en proporciones menores.<sup>2</sup>

Con la creación de las fundiciones de Pacho, Samacá, La Pradera y Amagá se inició a finales del siglo XIX la actividad Metalmecánica en Colombia. Posteriormente, con la creación de la Siderúrgica de Medellín (SIMESA) y Acerías Paz del Río, se desarrolló la actividad siderúrgica en el país. En 1992 existían en el país 1.424 establecimientos en este sector de la economía, número que disminuyó con el paso del tiempo, llegando a 1.196, de acuerdo con la última Encuesta Anual Manufacturera publicada; si se incluye el subsector automotor, el número total registrado para este último año es de 1.410.

Para efectos de análisis, la cadena se divide en dos grandes ramas, la Metalurgia y la Metalmecánica, representando esta última el 71.6% de la producción.

Según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) revisión 2, esta cadena comprende las agrupaciones 37 y 38, subdivididas en la producción metalúrgica (37) y la metalmecánica (38). El sector Metalmecánico abarca los

---

<sup>2</sup> Datos obtenidos de la Unidad de Desarrollo Empresarial del Ministerio de Desarrollo Económico. Ver páginas web consultadas al final del documento.

subsectores de productos metálicos elaborados (381), maquinaria no eléctrica (382), maquinaria eléctrica (383), material y equipo de transporte (384) y equipo profesional y científico (385). Los productos más representativos del subsector 381 son molinos manuales, hojas de afeitar, cuchillas, máquinas de afeitar, machetes, muebles metálicos para hogar y cocina, estanterías metálicas, ventanas, puertas, estructuras metálicas para edificaciones, envases de hojalata, calderas y generadores de vapor, entre otros. La fabricación de maquinaria no eléctrica (382) comprende los motores (gasolina y diesel), turbinas (vapor, gas e hidráulicas), construcción de maquinaria y equipo para la agricultura, elaboración de máquinas de cálculo y contabilidad, maquinaria y equipo para embotellar, empaquetar y embalar, principalmente. El sector de maquinaria eléctrica (383) se encuentran las máquinas y aparatos eléctricos industriales, equipos y aparatos de radio, televisión y telecomunicaciones, lavadoras, brilladoras, planchas, aparatos y suministros eléctricos, etc. El Material y Equipo de Transporte (384) se refiere a la construcción y reconstrucción de embarcaciones, fabricación de equipo ferroviario, el ensamble de vehículos automotores, chasis y remolques. Finalmente, el equipo profesional y científico (385) incluye la fabricación de instrumentos de medida y control, aparatos fotográficos e instrumentos de óptica y relojes, básicamente.

Gracias al desarrollo alcanzado por la industria metalúrgica y metalmecánica, la producción nacional comprende actualmente seis subsectores, que tuvieron una producción de 5.407,3 miles de millones de pesos en el año 1999. El sector está compuesto por las cadenas siderúrgicas, metalmecánica y bienes de capital,

participando en conjunto con el 11.3% del total de la producción nacional (8.8% si no se incluye el sector automotor) y el 10.9% del valor agregado industrial (9.4% sin el automotor).

1.1.1 La cadena metalmeccánica y su eslabonamiento. La cadena metalmeccánica tiene una alta concentración en empresas de las agrupaciones CIIU 381 (580 empresas), 382 (339 empresas), y 384 (248 empresas), que constituyen el 81% de los 1.436 locales establecidos dentro del sector.

La cadena se inicia con la transformación de minerales ferrosos y no ferrosos. El eslabón inicial de los ferrosos lo desarrollan las denominadas industrias básicas de hierro y acero (agrupación industrial CIIU 371), las cuales realizan el proceso de transformación del mineral de hierro a través de la fundición en altos hornos hasta la fase de productos semiacabados en talleres de laminación y forjado; es decir, la producción de lingotes, tochos, planchas o barras y piezas fundidas; también se realiza la laminación y estirado en frío y en caliente de formas básicas. Actualmente se encuentran establecidas en esta agrupación 71 empresas que ocupan 9.497 personas y generan una producción bruta de \$376.942 millones de pesos<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Según datos de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI)

El eslabón de inicio por la vía de los no ferrosos agrupa a las industrias básicas de metales no ferrosos, las cuales desarrollan procesos a partir de la fundición, aleación, estirado y laminación, empleando metales no ferrosos como el aluminio, el cobre, el zinc, el estaño, el níquel y el plomo, a partir de los cuales se obtienen lingotes, barras, láminas, perfilería, varillas y piezas fundidas y extruidas.

Todos estos materiales –ferrosos y no ferrosos– son empleados en los procesos realizados por las cinco agrupaciones industriales (CIU 381, 382, 383, 384 y 385) y que componen el sector metalmecánico.

1.1.2 Encadenamiento estructural de la cadena. El encadenamiento interno del sector para la elaboración y fabricación de elementos y partes de diferentes usos, tiene una correlación directa de destino para el uso propio o de otras agrupaciones que los utilizan como partes de máquinas o accesorios en otros productos, como se muestra a continuación:

- *Agrupación CIU 381, fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo.* Se eslabona hacia adelante con las demás agrupaciones del sector, porque de sus procesos se obtienen herramientas utilizadas en la producción de los siguientes eslabones, así como partes y piezas requeridas para su fabricación.

- *Agrupación 382, construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica.* Recibe los insumos resultantes de los procesos de la agrupación 381, para obtener motores y turbinas que se incorporan a la maquinaria no eléctrica (integración dentro de la misma agrupación CIIU 382), a la construcción de material de transporte (CIIU 384) y a la fabricación de equipo profesional y científico, instrumentos de medida, y aparatos fotográficos e instrumentos de óptica (CIIU 385).
- *Agrupación CIIU 383, construcción de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos.* Recibe los insumos resultantes de los procesos de las industrias del CIIU 381, para obtener aparatos eléctricos que se incorporan a la maquinaria eléctrica (integración dentro de la misma agrupación CIIU 383), a la construcción de material de transporte (CIIU 384) y a la fabricación de equipo profesional y científico, instrumentos de medida, y aparatos fotográficos e instrumentos de óptica (CIIU 385).
- *Agrupación 384, construcción de material de transporte.* Recibe los insumos resultantes de los procesos de la agrupación CIIU 381 y en unión de los motores y turbinas (CIIU 3821) y/o aparatos eléctricos (CIIU 3831) origina la construcción de material de transporte (agrupación 384).
- *Agrupación CIIU 385, fabricación de equipo profesional y científico, instrumentos de medida, y aparatos fotográficos e instrumentos de óptica.*

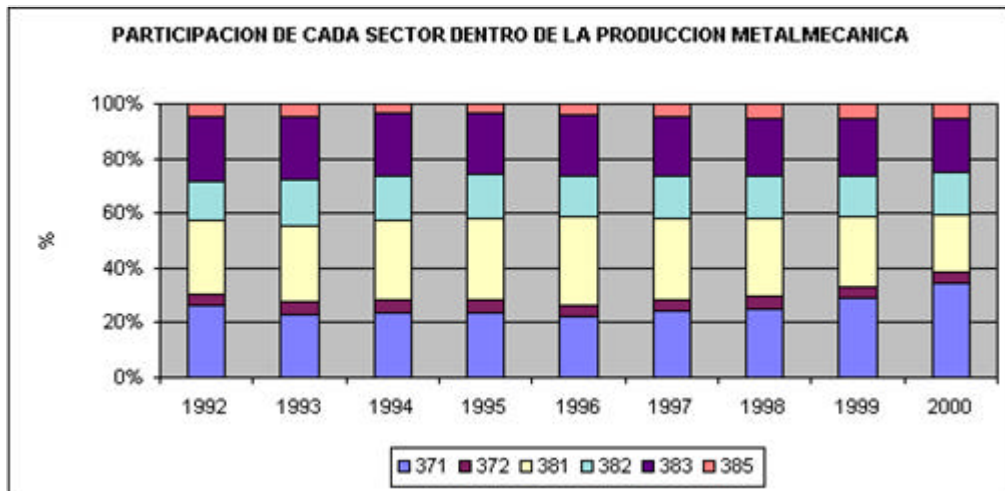
Recibe los insumos resultantes de los procesos de la agrupación CIIU 381, y en unión de los motores y turbinas (CIIU 3821) y/o aparatos eléctricos (CIIU 3831) origina la fabricación de equipo profesional y científico, instrumentos de medida, y aparatos fotográficos e instrumentos de óptica (agrupación 385).

## 1.2 ASPECTOS ECONÓMICOS DEL SECTOR

Durante los años 1998 y 1999 la cadena Metalmecánica en su conjunto experimentó una caída de su producción en términos reales, como consecuencia de la grave recesión que afectó al país durante esos años. No obstante, durante el año 2000, la recuperación fue notoria (14.8%), la cual se explica por el crecimiento de la actividad siderúrgica, que mostró una tasa de crecimiento de 35.4%, que le permitió ganar participación dentro de la cadena metalmecánica, llegando a representar el 30.5% de la producción total (Ver Grafica 1). En importancia, en cuanto a participación se refiere, le siguen la maquinaria no eléctrica (382) con 25.9%, los productos metálicos elaborados (381) con 18.9%, la maquinaria eléctrica (383) con 15.9%, los no ferrosos (372) con 3.8% y, finalmente, el equipo y material científico (385) con un bajo peso equivalente al 4.7% del total.

Todas las actividades del sector mostraron crecimientos importantes en el 2000, sólo el subsector metalmecánico, que concentra el mayor número de empresas, continuó deprimido con una caída de 7.45%.

Gráfica 1. Participación de cada sector dentro de la producción metalmecánica



Datos tomados de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI). Año 2001

Para el sector, la grave recesión que ha venido experimentando la economía colombiana en su conjunto, le ha significado una fuerte caída de la demanda interna, que según la encuesta de la ANDI, constituye el principal factor explicativo de esta situación, especialmente por ser un sector que se ha caracterizado por la baja propensión a la exportación.

Factores como el contrabando, la reevaluación que experimentó el peso colombiano durante los años de la contracción en la producción, la competencia desleal de productos provenientes principalmente de Venezuela, la crisis venezolana de los últimos años con su correspondiente devaluación del Bolívar, la profunda crisis del sector de la construcción, alto demandante de productos de la cadena, bs altos costos financieros en que tuvieron que incurrir las empresas, la

lenta rotación de cartera, la falta de capital de trabajo, y la crisis política, entre otros, explican en gran medida los pobres resultados de los últimos años, los cuales solo han venido a revertirse para los subsectores mencionados, a partir del año 2000. (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Producción real del sector. (En millones de pesos)

AÑO	Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU)						TOTAL
	371	372	381	382	383	385	
<b>1992</b>	495,750	82,978	506,332	273,490	454,656	84,901	1,898,108
<b>1993</b>	463,570	85,727	553,540	334,414	468,649	90,484	1,996,384
<b>1994</b>	509,175	97,553	624,074	345,349	497,329	73,763	2,147,242
<b>1995</b>	534,387	102,556	673,746	356,381	498,450	83,552	2,249,073
<b>1996</b>	503,300	94,870	730,458	331,821	504,957	96,275	2,261,682
<b>1997</b>	573,206	91,985	703,441	367,448	514,573	107,673	2,358,325
<b>1998</b>	546,707	112,015	607,405	349,181	461,249	115,080	2,191,637
<b>1999</b>	534,886	72,804	478,020	271,092	378,406	103,662	1,838,870
<b>2000</b>	724,280	83,228	442,408	332,057	411,007	118,354	2,111,333

DANE. Año 2001

Las siderúrgicas han experimentado un repunte, basado en las obras públicas de Bogotá y en una apertura exportadora (Un crecimiento en la producción del 35.4%, los no ferrosos del 14.3%, maquinaria no eléctrica del 8.6% y la eléctrica del



14.6%). La metalmecánica, por ser un sector básicamente importador, no se ha visto beneficiada del **boom** exportador que ha venido desarrollándose en el país durante estos años, como consecuencia de las políticas de competitividad hacia la exportación, pero especialmente por la tasa de cambio benéfica, luego de una devaluación importante del peso colombiano (Un decrecimiento del 7.45%)<sup>4</sup>.

Para el año 2001 la metalmecánica, revertió la tendencia negativa de los últimos años, lo cual ya se vislumbraba, al mostrar tasas de crecimiento negativas cada vez más pequeñas. La siderurgia continúa su ritmo positivo, en parte por una demanda importante del sector construcción y de las obras públicas (factores antes mencionados). Se resalta el importante aumento de las maquinarias eléctricas y no eléctricas y el mantenimiento de la tasa del sector automotor, el cual ha alcanzado una importante consolidación en las exportaciones.

Al comparar este sector, con el total de la industria manufacturera, se aprecia una notoria diferencia, ya que esta solo creció al 1.9% en producción y cayó en ventas, razón que ha llevado a algunos analistas a llamar la atención sobre una posible desaceleración del ritmo económico, el cual no se percibe en la cadena metalmecánica.

---

<sup>4</sup> Según la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

El sector participa dentro del promedio del total nacional con<sup>5</sup>:

- El 7% de las exportaciones (entre 1985 y 1994), destacándose las agrupaciones industriales CIIU 381, fabricación de productos metálicos con el 32% en promedio, y la CIIU 383, fabricación de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos con el 23%, las cuales se han dirigido sobre todo al Grupo Andino, 64%, y a Estados Unidos, 21%.
- El 47% de las importaciones (entre 1985 y 1994), destacándose los subsectores maquinaria no eléctrica CIIU 382, y material y equipo de transporte CIIU 384, los cuales tienen una participación promedio de 40% y 30% respectivamente; proviniendo sobre todo de Estados Unidos, 47%, la Unión Europea, 22% y el Japón, 16%.
- La tasa de penetración de las importaciones (entre 1986 y 1994) pasó del 45% en 1990 al 64% en 1994 (por cada 100 pesos consumidos en el mercado doméstico, 64 son abastecidos por importaciones), que, comparado con el total del sector industrial, 33%, indica que es un sector con una alta participación de importaciones, resultado de los procesos de apertura.
- La tasa exportadora sectorial (entre 1986 y 1994), pasó del 5% en 1990 al 8% en 1994 (por cada 100 pesos producidos, ocho se venden en mercados de

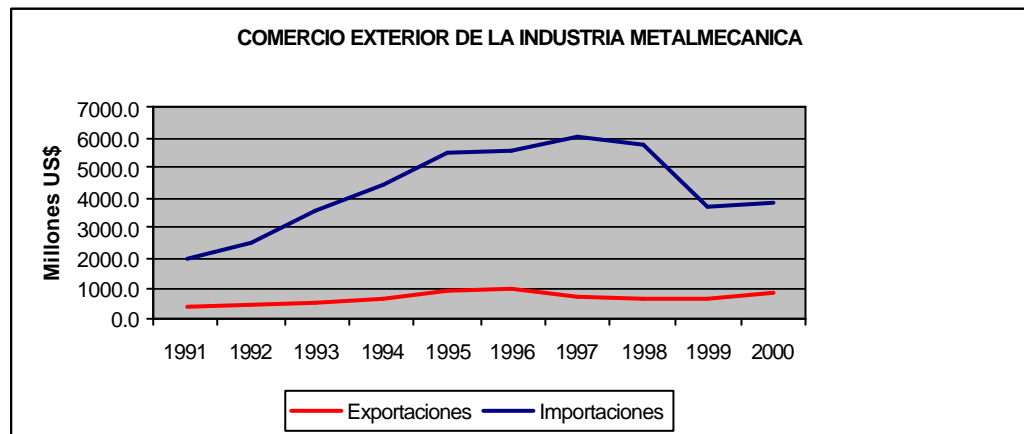
---

<sup>5</sup> Según datos de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI)

exportación), que, comparado con el total del sector industrial, 13%, indica que es un sector que exporta poco, sobresaliendo la evolución presentada por la agrupación industrial CIIU 385, equipo profesional y científico.

La producción de la industria metalúrgica y metalmeccánica se destina principalmente al mercado doméstico. Los subsectores no han tenido tradicionalmente una orientación exportadora, que se refleja en las balanzas comerciales negativas; no obstante, esta tendencia está cambiando en forma acelerada, a pesar de que la balanza continuará en rojo, por algunos años. (Ver Gráfica 2)

Gráfica 2. Comercio exterior de la industria metalmeccánica



Datos tomados de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI)

Dicha situación, no es necesariamente negativa, en cuanto las importaciones sean de bienes de capital para la modernización tecnológica o materias primas y bienes intermedios no producidos en el país.

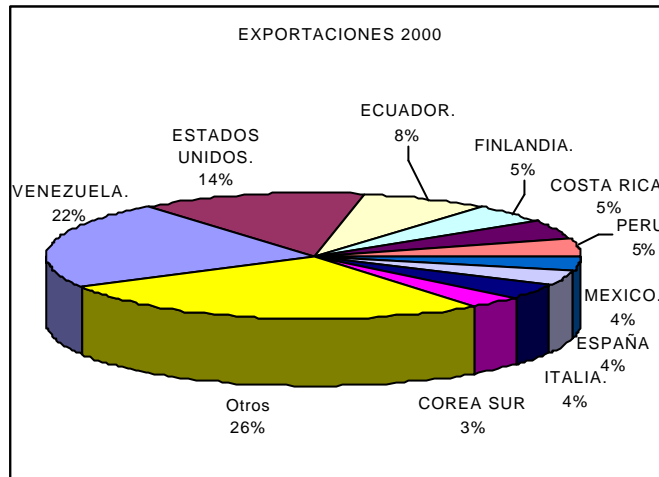
Los subsectores que más contribuyeron a generar el déficit en la balanza comercial fueron el 382 y el 383, que conjuntamente generaron en el año 2000 el 75.5% del saldo negativo. A su vez el subsector con menor incidencia fue el 372, que solo aportó el 3.7%.

Asimismo, las importaciones también se concentraron en las actividades 382 y el 383, que conjuntamente participaron con el 67.0% de las compras externas del sector.

Disminuir este desbalance, sin afectar la necesaria importación de maquinaria y equipo no producido en el país, se constituye en el gran reto y representa el mejor estímulo para transformar la especialización colombiana bajo las nuevas condiciones de internacionalización de la economía.

Los principales países a los cuales exporta la cadena se aprecian en la siguiente gráfica:

Gráfica 3. Principales países para la exportación de los productos de la cadena metalmecánica.



Datos tomados de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI). Año 2000.

Con la Apertura Económica y la Internacionalización de la Economía, el país y las empresas comprendieron que las ventajas se crean<sup>6</sup> y no se basan en las supuestas riquezas que la naturaleza otorga, tales como contar con petróleo, con una gran variedad de climas, con dos costas, entre otros aspectos, sobre los cuales supuestamente han enseñado que Colombia era un país rico.

Diez años después de iniciada la apertura económica y la suscripción de los primeros tratados de libre comercio, las exportaciones industriales se siguen basando más en la tasa de cambio que en factores verdaderamente competitivos, aunque se ha observado una importante tendencia de las empresas hacia la

---

<sup>6</sup> Teoría de las Ventajas Competitivas

modernización tecnológica, la capacitación de su mano de obra, el aseguramiento de la calidad, la conformación de servicios de postventa y en general, unos deseos enormes de ampliar sus ventas hacia el exterior.

Los mercados internacionales son cada vez más exigentes y los productos compiten (entre muchos otros factores) por:

- Precio
- Calidad Certificada
- Volumen
- Capacidad y Seriedad en la entrega
- Servicio Postventa

El país venía acostumbrado a producir bienes de bajo valor agregado, caracterizados por una amplia competencia y una inestabilidad de los precios. Con la apertura económica, la producción nacional se encontraba en crisis debido a los bajos índices de calidad, por esta razón, los bienes de una cadena como la metalmecánica, se encontraban sometidos a una intensa competencia internacional.

La cadena está apenas comenzando a generar una cultura exportadora que se debe desarrollar con aspectos:

- Macro
- Micro
- Meso y
- Metaeconómicos

El manejo macroeconómico, se puede considerar transversal, ya que afecta a todos los sectores y todas las cadenas de la economía. El manejo del país ha sido ortodoxo, salvo algunos baches y la tasa de cambio parece estar controlada, dentro de su normal fluctuación.

Respecto al manejo microeconómico o inherente a la empresa, la estrategia moderna de competitividad exige de las empresas:

- Especialización
- Diversificación
- Ser parte de un Cluster
- Integración de la cadena productiva, hacia delante y hacia atrás
- Fortalecimiento a través del crecimiento
- Tener mano de obra bien calificada
- Logística con Sistemas de producción con “Justo a Tiempo”
- Alianzas Estratégicas de diferentes tipos
- Investigación y Desarrollo (I&D)
- Business to Business (B2B)

En un análisis hacia el futuro, estos aspectos tienen que ser considerados necesariamente y comenzar a montarlos, puesto que la competitividad se construye paso a paso.

Sin embargo, cabe anotar que en un país como los Estados Unidos o en la Unión Europea, con su infraestructura funcionando a niveles óptimos, se puede afirmar que en un 90% o más, la competitividad de las empresas depende de las acciones que tomen sus directivos en materia de estrategia, inversiones, aseguramiento de la calidad, servicios de postventa, tecnología y mercadeo, es decir las variables internas.

No obstante, en Colombia, estas acciones, por acertadas que sean, no pesan más de un 50%, puesto que existe un medio hostil, que afecta notoriamente la competitividad de la industria. Por acertadas que sean las medidas internas de una compañía, enfrentarse a las variables denominadas modernamente “mesoeconómicas”, dentro de las cuales están las infraestructuras de transporte, comunicaciones y servicios públicos, no resulta fácil.

Un producto, elaborado bajo las mejores condiciones de calidad y productividad, puede contar con un valor FOB puerta de fábrica altamente competitivo dentro del país, en comparación con otros productos importados de países que posean un mayor grado de desarrollo. Sin embargo, al transportarlo hacia el puerto, debe enfrentarse a un sin número de problemas, que incidirán en su valor, tales como el



costo del flete terrestre (ya que no hay en la práctica otras alternativas como las fluviales o el ferrocarril). Igualmente influyen, la alta inseguridad de las carreteras, el mal estado de las vías, los cierres permanentes, la congestión en puertos y el tiempo incierto de entrega, todo lo cual hace prácticamente imposible cumplirle a los compradores internacionales y mucho menos crear sistemas como el “Justo a Tiempo”, o utilizar eficientemente el **outsourcing**.

Finalmente, las variables “metaeconómicas” están cobrando cada día más importancia. Es así como el conocimiento y respeto por las costumbres y las culturas de los compradores o productores, bajo modelos de subcontratación, ya es materia primordial de estudio.

Dentro de la globalización del mundo, cada día se arraigan más las costumbres regionales y es necesario conocerlas, para tener éxito en los negocios internacionales.

### 1.3 EL SECTOR METALMECÁNICO EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS

En Cartagena de Indias, el sector metalmecánico es considerado (según la Asociación Nacional de Industriales, ANDI) como uno de los principales de la ciudad debido a la gran demanda (de la zona industrial de Mamonal, de astilleros,

entre otras) de productos relacionadas con la transformación de metales. Su actividad la comprende básicamente procesos de mecanizado por arranque y sin arranque de viruta.

Este sector está conformado principalmente por micro y pequeñas industrias cuyas capacidades y niveles de producción son muy limitados (el 87% del total de empresas según datos de la Cámara de Comercio de Cartagena. Año 2002), con características, procesos, maquinaria e insumos semejantes, y cuyo sistema de trabajo es por lo general sobre pedido.

Al evaluar la conducta tecnológica de las empresas del sector y conocer la problemática por la que están atravesando, debido a su crecimiento desmesurado y desorganizado, se puede advertir los contaminantes que han llegado a ser sus procesos y procedimientos.

Los impactos ambientales negativos del sector metalmeccánico se relacionan con ineficiencias en sus procesos productivos, inherentes a la transformación de los recursos naturales, los insumos y los energéticos en bienes. Otros aspectos a analizar dentro de las empresas metalmeccánicas de Cartagena, que constituye una importante proporción de la generación de residuos peligrosos, están asociados con un mal manejo de inventarios, por sobrexistencias de materias primas y almacenamiento de productos fuera de especificación.

Además, persisten en la industria imperfecciones en la operación de los procesos industriales, como la deficiente capacitación del personal, la falta de estandarización de procesos y la carencia de programas de mantenimiento preventivo y correctivo. Con frecuencia, los residuos generados se encuentran almacenados en los patios de las industrias, lo que representa para estas tanto problemas de operación como una subutilización de espacios, además de riesgos ambientales.

Es necesario diseñar medidas, dentro de este sector, para la minimización de desechos, reutilización de residuos, búsqueda de opciones de reciclaje, aumento en la eficiencia en el manejo de los inventarios y aumento en el aprovechamiento de los recursos e insumos, así como también para la capacitación de los operarios, entre otras.

Para lograr este fin, primeramente se deben analizar los procesos empleados dentro del mencionado sector. Cabe resaltar que no todas las empresas metalmecánicas de la ciudad manejan todos los procesos que se mencionarán a continuación; en general se busca abarcar sus principales y más representativas actividades, las cuales son:

- Torneado
- Fresado
- Prensado
- Troquelado

- Taladrado
  - Cepillado
  - Pulimento
  - Rolado
  - Corte
  - Soldadura
- 
- Torneado. El torno se usa, por lo general, para producir piezas individuales a las especificaciones requeridas. También se utiliza cuando se requiere un número pequeño de piezas similares (corridas cortadas de producción).

Todos los tornos desprenden viruta de piezas que giran sobre su eje de rotación, por lo que su trabajo se distinguirá por que la superficie generada será circular, teniendo como centro su eje de rotación.

En el torno de manera regular se pueden realizar trabajos de desbastado o acabado de las siguientes superficies:

- Cilíndricas y Cónicas (exteriores e interiores)
- Curvas o semiesféricas
- Irregulares (pero de acuerdo a un centro de rotación)

Se pueden realizar trabajos especiales como:

- Tallado de roscas
- Realización de barrenos

- Realización de escariado
  - Moletado de superficies
  - Corte o tronzado
  - Careado
- Fresado. Es uno de los procesos más versátiles y útiles en los sistemas de manufactura. Las fresas son máquinas de gran precisión que se utilizan para la realización de desbastes, afinados y súper acabados.

De entre sus características se destaca que su movimiento principal lo tiene la herramienta y que la mesa de trabajo proporciona el avance y algunas veces la profundidad de los cortes. Este proceso consiste en arrancar material de una pieza haciéndola pasar por una herramienta multifilo (varios dientes).

Los trabajos que se pueden realizar por una fresadora son diversos; por ejemplo se pueden fabricar los dientes de un engrane, un cordón en una placa, un cuñero o formas determinadas sobre una superficie.

- Taladrado. Este proceso consiste en generar una superficie cilíndrica interior (agujero), por medio del uso de brocas en espiral. La herramienta acostumbra tener dos filos y cada uno de ellos corta la mitad del material al dar un giro.

La velocidad de corte es máxima en el borde exterior del filo principal y cero en la punta de la broca.

La calidad del orificio producido es principalmente determinada por las condiciones de los filos secundarios, siendo poco afectada por el estado de la punta. Hay que mencionar que la viruta formada por los filos toma una forma helicoidal y sale a través de las ranuras de la broca.

- Cepillado. La cepilladora para metales se creó con la finalidad de remover metal para producir superficies planas horizontales, verticales o inclinadas, dónde la pieza de trabajo se sujeta a una prensa de tornillo o directamente en la mesa. Las cepilladoras tienen un sólo tipo de movimiento de su brazo o carro, éste es de vaivén, mientras que los movimientos para dar la profundidad del corte y avance se dan por medio de la mesa de trabajo.

El movimiento principal lo tiene la herramienta, la cual va sujeta a una torre del brazo o ariete del cepillo. El movimiento de avance lo proporciona la mesa de trabajo por medio de un dispositivo llamado trinquete, el cual durante la carrera de trabajo de la herramienta no se mueve, pero al retroceso sí lo hace. El movimiento de penetración en el cepillo se logra por medio del ajuste de la mesa de trabajo.

Los cepillos pueden generar escalones, chaflanes, ranuras o canales de formas especiales.

- Pulimento. El proceso de pulimento es la eliminación de metal con un disco abrasivo giratorio que trabaja como una fresadora de corte. El disco está compuesto por un gran número de granos de material abrasivo conglomerado, en que cada grano actúa como un útil de corte minúsculo.

Con este proceso se consiguen superficies muy suaves y precisas. Dado que sólo se elimina una parte pequeña del material con cada pasada del disco, las pulidoras requieren una regulación muy precisa.

La presión del disco sobre la pieza se selecciona con mucha exactitud, por lo que pueden tratarse de esta forma materiales frágiles que no pueden procesarse con otros dispositivos convencionales.

- Prensado. El prensado es un proceso que da forma a las piezas sin eliminar material, o sea, sin producir viruta.

Una prensa consta de un marco que sostiene una bancada fija, un pistón, una fuente de energía y un mecanismo que mueve el pistón en paralelo o en ángulo recto con respecto a la bancada. Las prensas cuentan con troqueles y punzones que permiten deformar, perforar y cizallar las piezas. Estas

máquinas pueden producir piezas a gran velocidad porque el tiempo que requiere cada proceso es sólo el tiempo de desplazamiento del pistón.

Las prensas son especialmente adecuadas para trabajos que requieren mantener un esfuerzo intenso durante un tiempo relativamente largo. Las principales ventajas de las prensas son: Ciclo de trabajo fácilmente adaptable a la operación, esfuerzo de prensado mantenido, posibilidad de un instante de parada al final de la carrera y velocidad de trabajo regulable.

- Troquelado. Proceso empleado para modelar metales, plásticos u otros materiales. En general un troquel corta, prensa, comprime y configura los materiales hasta darles la forma, el diseño y el tamaño deseado. Con ayuda de este proceso, pueden los fabricantes producir grandes cantidades de un determinado artículo en corto espacio de tiempo y a un costo relativamente bajo. Sin este, la moderna producción en masa sería imposible.
- Rolado. Es el proceso cuando el metal se rola, pasa y se comprime entre dos rodillos que giran en sentido contrario. Los cristales se alargan en la dirección del rolado y el metal emerge a una velocidad mas rápida que la de entrada.

Conforme el metal se comprime entre los rodillos, se alarga debido a que es incompresible. Para realizar esto, los rodillos tienen que aplicar presión tanto



normal de apriete como friccional de arrastre. Por lo general, la presión normal de los rodillos en el trabajo es de una o varias veces la cantidad del esfuerzo de cedencia del metal.

- Corte. Los materiales duros se han usado para cortar o deformar otros metales durante miles de años. Si embargo, en los últimos 150 años se han inventado o desarrollado mejores materiales. Por lo general, a medida de que se dispuso de mejores materiales, se construyeron máquinas herramientas más grandes y potentes para producir piezas maquinadas con mayor rapidez y economía.

Las herramientas se pueden clasificar de diferentes maneras, las más comunes responden al número de filos, el material del que están fabricadas, al tipo de movimiento que efectúa la herramienta, al tipo de viruta generada o al tipo de máquina en la que se utiliza. A continuación se presenta un ejemplo de algunas herramientas y como pueden ser agrupadas para su clasificación.

- Soldadura. La soldadura es un proceso para la unión de dos metales por medio de calor y/o presión y se define como la liga metalúrgica entre los átomos del metal a unir y el de aporte. El tipo de fuente de calor es básicamente lo que describe el tipo de proceso, Ej.: soldadura autógena (gas), soldadura de arco (eléctrica).

Luego de analizar diferentes metodologías en busca de la minimización de desechos, reutilización de residuos, opciones de reciclaje, aumento en la eficiencia en el manejo de los inventarios y aumento en el aprovechamiento de los recursos, y de haber analizado los diferentes procesos productivos del sector, se escogió aplicar la metodología de Producción más Limpia, no solo para diseñar soluciones a problemas ambientales sino además para mejorar su productividad. En adelante se explicará y aplicará dicha metodología en el sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena de Indias.

#### 1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

En este proyecto se analizarán únicamente los procesos de mecanizado con arranque de viruta y sin arranque de viruta que se llevan a cabo dentro de las instalaciones de las empresas del sector, descritos en el numeral anterior, excluyendo los otros servicios que prestan algunas de las empresas metalmecánicas, como por ejemplo: limpieza con sandblasting y pintura.

## 2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L)

Al momento de lanzar el concepto de Producción más Limpia, en 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) estaba prácticamente solo como promotor y catalizador del concepto de “prevención” dentro de la Organización de las Naciones Unidas y el resto de sus programas. Desde entonces, varias otras organizaciones han descubierto las ventajas de la prevención. Durante la promoción de la Producción más Limpia dentro del sistema de las Naciones Unidas, quien actúa como un organizador de conciencia, se ha venido trabajando para relacionarla con la ecoeficiencia y con la productividad verde, para crear las sinergias necesarias.

Este cambio de actitud, en cuanto a la prevención de la contaminación, se volvió más evidente durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en 1992. En la *Agenda 21*, la CNUMAD le dio prioridad a la introducción de los métodos de Producción más Limpia y a las tecnologías de prevención y reciclaje, con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible.

## 2.1 LA EXPANSIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL MUNDO

Los conceptos ambientales en esta generación evolucionaron notoriamente durante los últimos años, en la década de los años 60 se alcanzó la "concientización", se empiezan a notar los problemas, desde el punto de vista científico. La década de los 70's fue la época del control, exactamente el 1 de enero de 1970 el presidente Nixon firma el **National Environmental Protection Act** que luego dio lugar a la EPA<sup>7</sup> y en Japón y países europeos se establecen los organismos de control ambiental. La década de los años 80 fue de planeamiento, durante este periodo, exactamente en el año de 1988, el PNUMA hizo el lanzamiento del concepto de Producción más Limpia. En los 90's entró la "globalización" expresada básicamente con la gran reunión de Río en el año de 1992, donde más de 150 jefes de estado participaron en una discusión a nivel mundial sobre los problemas que afectan al mundo en temas ambientales; surge un nuevo rol del sector privado y los conceptos de desarrollo sostenible y ecoeficiencia.

Para promover la aplicación de Producción más Limpia en las empresas e incorporar el concepto de una legislación nacional ambiental para países en desarrollo, la ONUDI<sup>8</sup> y el PNUMA decidieron establecer un Programa de Centros Nacionales de Producción más Limpia (CNPL). Durante la primera fase, iniciada

---

<sup>7</sup> Environmental Protection Agency

<sup>8</sup> Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

en 1994, el programa estableció 10 CNPL en Brasil, China, India, la República Checa, Hungría, Méjico, Eslovaquia, Tanzania, Túnez y Zimbabwe. Basados en el alentador progreso del programa durante esta primera fase y la fuerte demanda por parte de países en desarrollo y de economías en transición, la ONUDI y el PNUMA incluyeron nuevos CNPL en: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Colombia, Vietnam, Croacia, Etiopía, Marruecos y Mozambique.

El programa del CPNL es manejado por la ONUDI y el PNUMA. La ONUDI es la agencia ejecutora para los proyectos, por lo cual es responsable ante la agencia proveedora de fondos por la ejecución apropiada de estos, mientras que el PNUMA está estrechamente asociado con la ejecución.

En Colombia, el Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales (CNPMLTA) cuenta con 36 miembros<sup>9</sup>, de los cuales pertenecen a diferentes sectores de la economía colombiana. Por otra parte, dentro de su Plan de Negocios se encuentra la Estrategia de Regionalización de Nodos, la cual busca atender la demanda de las diferentes regiones del país de una manera sistemática.

En la actualidad, 5 regiones del país han demostrado su interés en el establecimiento de Nodos Regionales de Producción Más Limpia: Caribe, Santanderes, Suroccidente, Eje Cafetero y Centro del país.

---

<sup>9</sup> Ver Anexo A

El Nodo Caribe se encuentra en funcionamiento desde hace ya dos años, en Cartagena su sede principal se encuentra ubicada en el Campus de Ternera de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, en donde ya se han desarrollado varias actividades junto con la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) y el Ministerio del Medio Ambiente.

## 2.2 EVOLUCIÓN DEL ENFOQUE DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

El enfoque de control de la contaminación ha evolucionado a través de tres etapas en los últimos 50 años: diluir, tratar y evitar.

El enfoque de dilución involucra la descarga de contaminantes directamente al ambiente, esto recae en la capacidad de asimilación del agua, aire y suelo para neutralizar los impactos. Este enfoque puede funcionar si la cantidad de residuos es pequeña comparada con el volumen que tiene el ambiente.

La etapa de tratamiento, tradicionalmente llamada tratamiento al final de tubo, ha sido usada al final de procesos de producción para recoger los contaminantes y después separarlos o neutralizarlos de varias maneras, usualmente en instalaciones especialmente construidas. Algunas veces el tratamiento simplemente separa los contaminantes de la corriente de residuos, pero todavía tienen que ser dispuestos en alguna otra parte.

Dilución y tratamiento, e incluso reciclaje, no son soluciones a largo plazo. Los sistemas naturales tienen limitada capacidad de asimilación para diluir residuos. En áreas donde hay una alta concentración de industrias, esta capacidad es fácilmente excedida.

Los residuos pueden afectar la salud humana, reducir la productividad de los sitios de pesca y de los terrenos agrícolas, y dañar las obras hechas por el hombre. El nivel de tratamiento es casi siempre limitado porque muy pocos de los costos de producción pueden ser asignados para control de la contaminación, la cual no es una inversión productiva.

El reciclaje frecuentemente sufre de mercados pobres o impredecibles para sus productos. Ambos tratamientos y el reciclaje generan posteriormente residuos, algunos de los cuales pueden ser peores que el subproducto original.

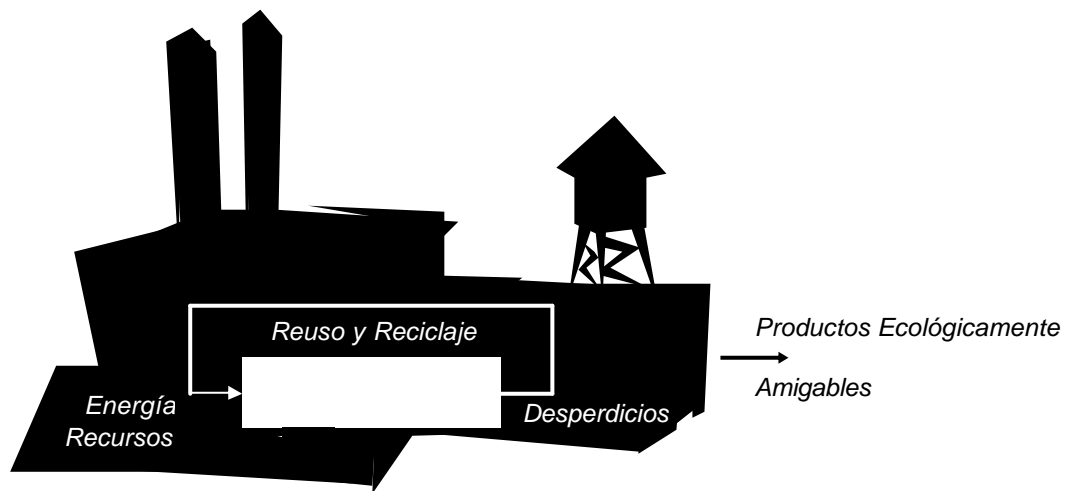
El enfoque de los costos del tratamiento al final del tubo (Ver Figura 1) está creando una barrera para un futuro desarrollo industrial.

Figura 1. Tecnologías de limpieza al final del tubo y Producción más Limpia

### Tecnologías de Limpieza al final del tubo



### Producción Más Limpia



Información obtenida del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales



La composición de la contaminación está empezando a ser más compleja ya que miles de nuevos químicos son introducidos al mercado cada año para sumarse a los que ya existen. Alguno de ellos se van en emisiones y residuos. También, el potencial de toxicidad de estos químicos significan que se requieren más regulaciones de seguridad para proteger los trabajadores y usuarios. Los costos de ajustarse a estas regulaciones deben correr por cuenta de los productores y usuarios de los químicos.

Las regulaciones ambientales fortalecidas están presionando la industria para incrementar el desempeño ambiental. Es difícil, sin embargo, modificar las plantas existentes a un costo razonable.

La P+L<sup>10</sup>, es un enfoque que evita y minimiza los problemas ambientales. Al evitar la contaminación por métodos preventivos frecuentemente se resuelve el problema en vez de tratar los síntomas. Como una consecuencia de la Producción más Limpia, se generan ahorros en los costos y una mejor calidad de los productos.

---

<sup>10</sup> Entiéndase P+L como Producción Más Limpia

## 2.3 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El PNUMA define la Producción más Limpia como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente”.

En los procesos productivos se refiere a la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos.

En los productos busca la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.

En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la presentación de los mismos.

En general la P+L requiere un cambio de actitud, un manejo ambiental responsable y la evaluación de opciones tecnológicas.

En la práctica, la aplicación del concepto de P+L, no significa una “sustitución” de los sistemas de producción, sino un “mejoramiento continuo” de los mismos. Así,

P+L obedece a un proceso dinámico y sistemático, el cual no se aplica una vez, sino permanentemente en cada una de las fases del proceso, producto o servicio.

La Producción más Limpia se soporta en herramientas que apoyan las estrategias y sistemas ambientales de las empresas, proporcionando así técnicas concretas para acceder y combinar información que permita definir el estado ambiental de un proceso o producto, tomar decisiones con base en ello, apoyar la implementación de los cambios necesarios y verificar los resultados.

Reconoce que la producción no puede ser absolutamente limpia. La realidad práctica asegura que habrá residuos de algún tipo, de varios procesos y productos obsoletos. Sin embargo, se puede y se debe, hacer las cosas mejor que en el pasado, si es que se quiere que el planeta siga siendo habitable.

La Producción más Limpia no desconoce el progreso, sólo insiste en que el crecimiento es ecológicamente sostenible en un periodo más largo que aquel que han estado utilizando los economistas.

También es importante tener una visión más clara de lo que no es la P+L. Algunos conceptos erróneos populares<sup>11</sup> deben refutarse constantemente, puesto que muchos intereses establecidos tratan de reclasificar los programas existentes bajo un nuevo título más popular.

---

<sup>11</sup> Por ejemplo: Que el reciclaje y el tratamiento de efluentes constituyan en sí una P+L.

El énfasis principal es claro. Al igual que la prevención durante el proceso manufacturero, también es importante el tomar un enfoque del ciclo de vida para los productos en sí. La Producción más Limpia involucra la aplicación del conocimiento, el mejoramiento de las tecnologías y, sobre todo, el cambio de actitudes en muchos lugares.

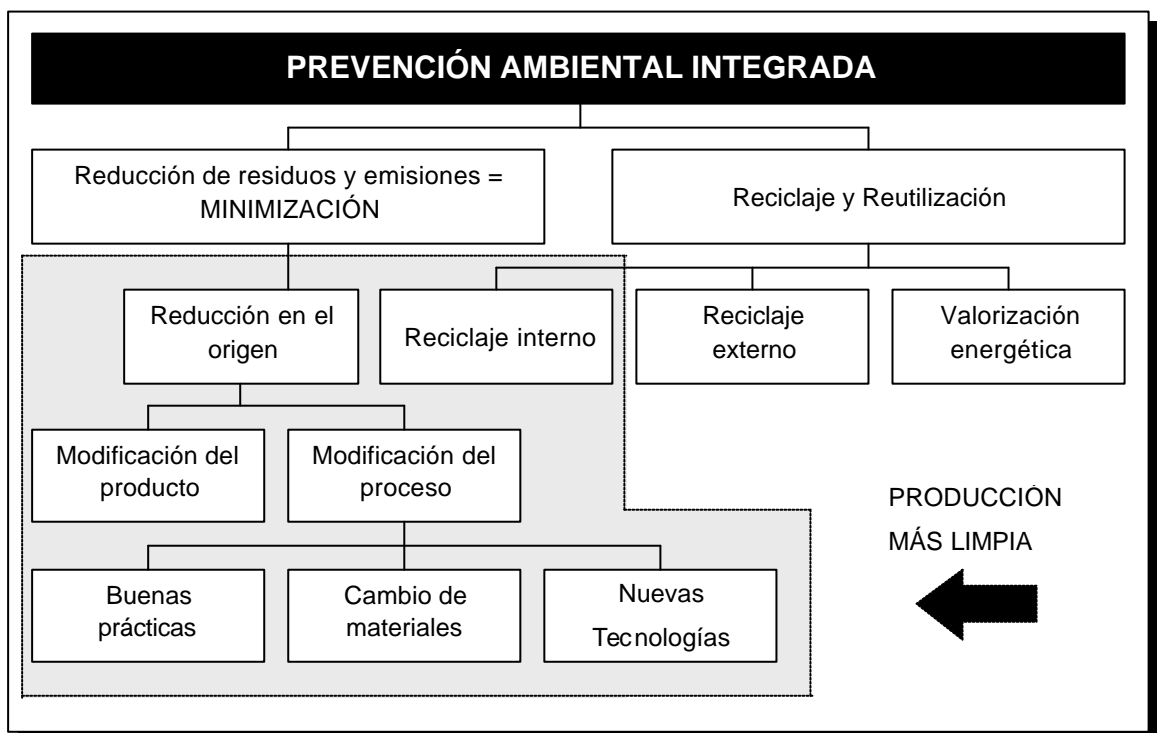
## 2.4 BENEFICIOS

La Producción más Limpia es benéfica para el ambiente porque reduce la contaminación de la industria. También existen beneficios directos para las compañías que sigan esta metodología tales como:

- Ahorro de costos mediante la reducción y el uso apropiado de materias primas y energía.
- Mejor eficiencia operativa de la planta.
- Mejor calidad de los productos y consistencia ya que la operación de la planta es controlada y por ende más predecible.
- La recuperación de algunos materiales de los subproductos.
- Reducción de residuos: reducción de impuestos.
- Menores primas de seguros.
- Mayor credibilidad para créditos por parte de los bancos.

Resumiendo lo anterior, la Figura 2 muestra un recuento general de las estrategias que se deben aplicar cuando se implementa un proceso de Producción Más Limpia dentro de una empresa. Es decir, la P+L además de pensar en “qué hacer con los residuos”, piensa en “que hacer para no generarlos”.

Figura 2. Estrategias de Producción Más Limpia



Tomado del Centro de Iniciativas para la Producción Neta de Cataluña

La P+L lleva al ahorro de costos y a mejorar la eficiencia de las operaciones, habilita a las organizaciones y empresas a alcanzar sus metas económicas mientras mejoran el ambiente al mismo tiempo.

## 2.5 METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Las fases de la metodología de P+L se encuentran comprendidas dentro del esquema de mejoramiento continuo: planear - hacer - verificar - actuar.

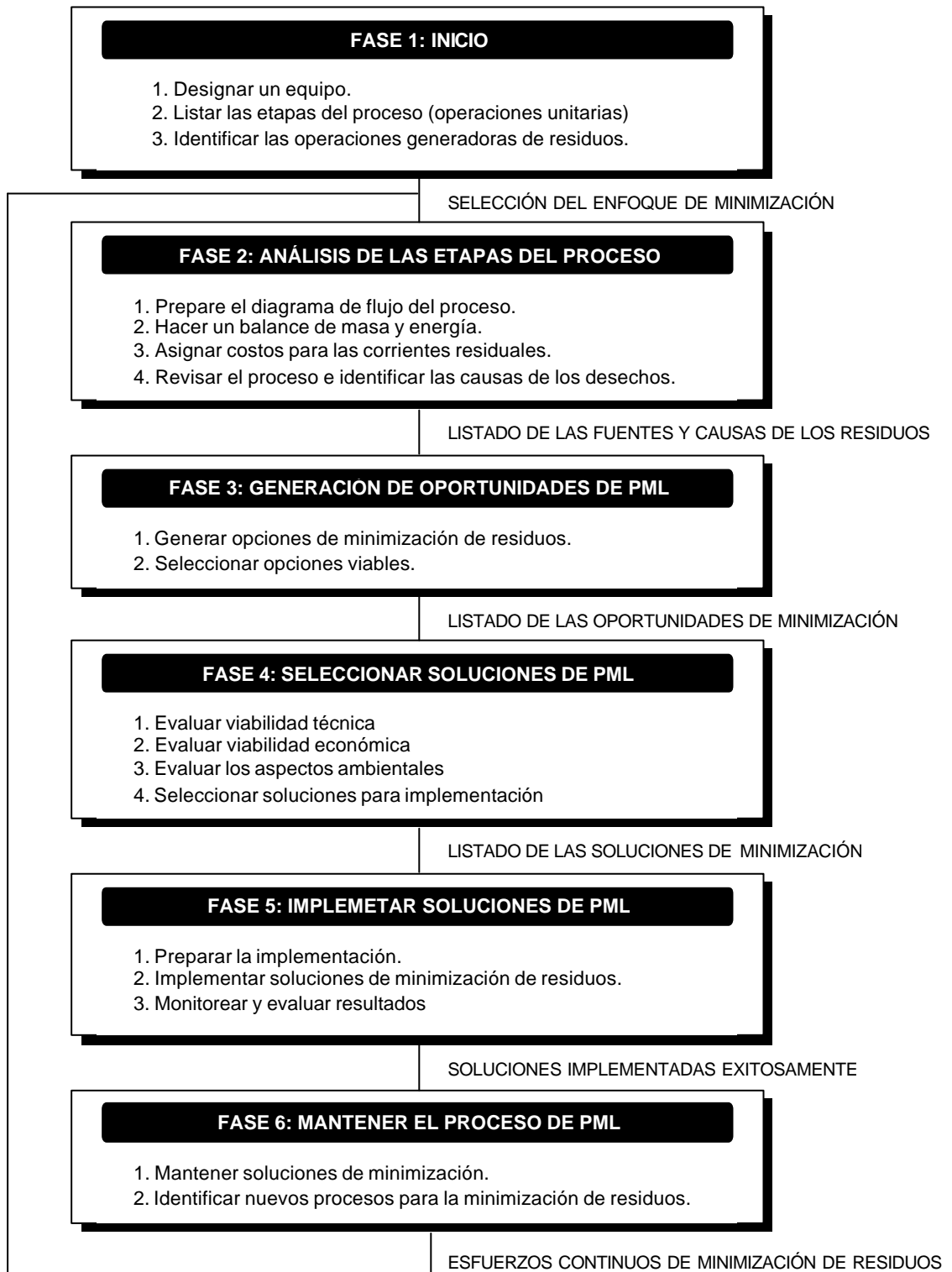
El objetivo de cada una de las 6 fases que comprende esta metodología es el siguiente:

1. Iniciar: se planea y organiza la auditoría para la minimización de los residuos, incluyendo el establecimiento de un equipo para el proyecto y la selección del enfoque de la auditoría.
2. Análisis de las etapas del proceso: se evalúan los puntos críticos del proceso correspondientes a la selección del enfoque de la auditoría con el fin de cuantificar la generación de residuos, sus costos y causas.
3. Generación de oportunidades de P+L: se desarrollan y seleccionan preliminarmente las oportunidades de minimización de residuos.

4. Selección de las soluciones de P+L: se evalúa la viabilidad técnica y financiera de las oportunidades ambientalmente deseables con el fin de seleccionar las mejores soluciones.
5. Implementación de las soluciones de P+L: se implementan las soluciones más viables de minimización de residuos y el monitoreo de los resultados logrados con su implementación.
6. Mantenimiento del proceso de P+L: perpetuar la búsqueda continua de oportunidades de minimización de residuos.

Un diagrama de flujo de esta metodología y una corta explicación de las tareas a ser ejecutadas en cada fase se muestran en la Figura 3.

Figura 3: Diagrama de flujo para la metodología P+L



Tomado del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)



A continuación se presentarán las fases expuestas en la Figura 2 (Diagrama de flujo para la metodología de P+L) de acuerdo a la metodología que se utilizará para este estudio.

2.5.1 Fase 1: inicio. Con el fin de prepararse para la auditoría de minimización de residuos, las siguientes tareas deben ser ejecutadas:

1. *Designar un equipo*: el equipo de Producción más Limpia debe recibir el apoyo de la gerencia y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Su tamaño e integración deben estar de acuerdo con la organización de la empresa.
- Debe estar conformado por personal de todas las áreas.
- Deben tener conocimiento, creatividad y autoridad.
- Deben ser capaces de identificar oportunidades, desarrollarlas e implementarlas.
- Debe coordinar las actividades del programa de P+L.
- Tiene la responsabilidad de obtener las metas establecidas.

Dentro de los miembros que conformen el equipo de P+L pueden estar:

- Representantes de la dirección.

- Jefes de servicios.
- Miembros del área de medio ambiente.
- Supervisores.
- Operadores o técnicos.
- Consultores externos.

Una vez conformado el equipo de P+L se debe empezar con su organización, de manera que se asegure la comprensión del concepto de P+L entre los miembros del equipo y de esta manera también el éxito del programa.

2. *Listar las etapas del proceso (operaciones unitarias):* para identificar las etapas en una empresa metalmecánica es necesario realizar un recorrido por sus departamentos. Todas las etapas del proceso deben ser especificadas, incluyendo los servicios, almacenamiento e instalaciones de tratamiento y disposición de residuos, con el fin de obtener una visión general apropiada de todos los procesos de manufactura.

El equipo debe resaltar específicamente las mayores y más obvias áreas generadoras de desperdicios, las que posean un elevado consumo energético, y un elevado consumo y / o costos de los insumos o recursos. En adición, el mantenimiento y las prácticas de control de los procesos deben ser ampliamente evaluados. Se debe prestar especial atención a las

actividades periódicas, por ejemplo lavado y regeneración (de catalizadores, absorbentes) pues estos son frecuentemente olvidados.

Además es necesario recopilar información disponible sobre:

- Niveles de ocupación y / o servicios prestados.
- Automatización de equipos e instalaciones.
- Los equipos en las diferentes áreas con el fin de comprender todas las actividades operativas y sus interrelaciones administrativas.

3. *Identificar las operaciones generadoras de residuos:* paralelamente al desarrollo de la tarea anterior, se realiza una identificación de las operaciones o procedimientos que son generadores de residuos, las cuales pueden deberse a causas obvias de desviación que resultan en el desperdicio de agua, energía o de materias primas y en la generación de residuos.

Los criterios ya analizados en la segunda y tercera tarea permiten entonces definir el enfoque del diagnóstico, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Económicas: pérdidas económicas relacionadas con los residuos, consumos energéticos, consumo de agua, etc.

- Ambientales: volumen y composición de los residuos, características de las corrientes residuales, etc.
- Técnicas: potencial de mejoras esperado, posibilidad de aplicar opciones de P+L en las actividades operativas.

2.5.2 Fase 2: análisis de las etapas del proceso. Este paso cubre la recolección de la información detallada y la evaluación de los procesos seleccionados. Esta información permitirá la generación y evaluación de oportunidades de reducción en las siguientes fases. Para este fin deben desarrollarse las siguientes tareas:

1. *Preparar el diagrama de flujo de proceso:* este diagrama se prepara a partir de la información que se posee de las etapas del proceso identificadas anteriormente dentro de la empresa, enlazándolas de una manera secuencial.

Esto se realiza con el fin de relacionar los procesos operativos y los flujos de materiales, tales como: insumos, consumos de agua, energía, tipo y cantidad de residuos, emisiones, etc.

Dado el desarrollo histórico de los procesos de producción, no es siempre fácil establecer un diagrama correcto del proceso; esto es sin embargo

crucial para el desarrollo exitoso de la evaluación para la minimización de residuos.

2. *Hacer un balance de masa y energía*: el balance de masa y energía es un enfoque sistemático que aspira a:

- Presentar un vistazo global de los materiales usados en la empresa.
- Identificar el punto de origen, los volúmenes y las causas de los desperdicios y emisiones.
- Crear una base para una evaluación y proyecciones de desarrollos futuros.
- Definir estrategias para mejorar la situación global.

Consiste en analizar, de una manera teórica y en cada etapa del proceso identificado en el diagrama de flujo, las entradas y salidas tanto de materias primas como de energía, agua, combustible, etc.

Es importante presentar gráficamente la información obtenida a través del análisis de los flujos de materiales de tal manera que se puedan interpretar rápida y fácilmente.

Para realizar este balance es necesario consultar los criterios que se poseen para la selección de los materiales e insumos dentro de la empresa

metalmecánica, el número de productos usados para cada actividad, además de las prácticas de manejo del inventario. Mucha de la información necesaria se encuentra con seguridad en la administración o departamento de contabilidad. Aspectos como consumo de agua, energía y número de productos elaborados, entre otros datos pueden ser obtenidos y evaluados sin grandes dificultades.

Las restricciones se pueden encontrar en la realización del análisis de las salidas, donde se debe estimar o calcular el volumen de materiales residuales como agua, calor, emisiones, etc. Esto se puede hacer analizando detalladamente cada una de las etapas del proceso.

El análisis detallado de las entradas y salidas permite obtener un conocimiento preciso de los procesos, y así, identificar con facilidad las posibilidades de optimización, uso más eficiente de las materias primas y medidas de reducción del impacto ambiental, entre otras. Esto conlleva al aumento de la productividad.

3. *Asignar costos a las corrientes de residuos:* para poder asignar dicho costo es necesario considerar:

- Costos internos: valor de los insumos, las pérdidas de materiales, el manejo y recolección de los residuos, la operación de las instalaciones de tratamiento, etc.
- Costos externos: causados por tarifas de descargas, impuestos, costos de permisos, etc.

4. *Revisar el proceso e identificar las causas de los desechos*: analizando el balance de materia y energía teórico de cada etapa del proceso y comparándolo con la situación real, se obtienen conclusiones como:

- Eficiencia de las operaciones que conforman el proceso.
- Determinación de mayores consumos.
- Determinación de mayores residuos y subproductos.

Una vez obtenidas las anteriores conclusiones, se analiza el proceso de una manera global con el fin de identificar las raíces de estos problemas.

2.5.3 Fase 3: generación de oportunidades de Producción más Limpia. Habiendo identificado y asignado las causas de la generación de residuos, el equipo auditor puede continuar con la definición de las oportunidades de minimización, las cuales eliminan estas causas. Las siguientes tareas deben tenerse en cuenta para este fin:

1. *Generar opciones de minimización de residuos:* las opciones que se generen pueden provenir de una lluvia de ideas entre los integrantes del equipo de P+L, de la solicitud de ideas por fuera del equipo de trabajo o de la revisión de ejemplos de opciones de P+L de otros casos desarrollados.

Algunas de las opciones que se pueden plantear en términos generales se agrupan así:

- Seleccionar otros insumos que generen menos residuos.
- Realizar cambios tecnológicos.
- Modificar las áreas de trabajo y los procedimientos .
- Realizar programas de capacitación y motivación al personal.
- Implementar campañas de manejo integral de residuos.
- Ordenar y controlar los equipos y los procedimientos.

2. *Seleccionar opciones viables:* contando con la lista de opciones generadas en la tarea anterior, se deben analizar con mayor detenimiento las opciones y luego eliminar aquellas que no sean factibles. Además, se debe lograr que:

- Las medidas se organicen por actividad operativa.
- Se evalúen las interferencias mutuas que sean obvias.
- Se implementen las medidas que sean posibles.



Una vez desarrollada las primeras tres fases de P+L, se discute dentro del equipo de trabajo acerca de los hallazgos realizados con el fin de confrontar la situación actual que se tiene dentro de la empresa con las medidas de P+L antes propuestas.

2.5.4 Fase 4: seleccionar soluciones de P+L. La viabilidad de las oportunidades de minimización de residuos que son trabajables deben ser evaluadas con el fin de seleccionar el conjunto de soluciones más prácticas. Lo siguiente debe ser tenido en cuenta para este fin:

1. *Evaluar viabilidad técnica:* los integrantes del equipo proceden a realizar una evaluación técnica con el fin de tomar mediciones, hacer cálculos, obtener información detallada y analizar la factibilidad técnica de las medidas de P+L.

Se puede utilizar una lista de verificación para cada una de las opciones planteadas y a partir de ésta, determinar que tan conveniente y viable, desde el punto de vista técnico sería implementar dicha opción.

Una vez se efectúa la lista de verificación, es necesario comparar las situaciones antes y después de la implementación de las alternativas, a partir del análisis de entradas y salidas del balance de masa y energía.

2. *Evaluar viabilidad financiera:* consiste en evaluar el impacto económico de las recomendaciones de P+L planteadas, tanto desde el punto de vista de la inversión como de los costos y beneficios de su implementación.

Se hace necesario entonces, realizar una serie de cálculos de ahorros obtenidos y del periodo de retorno de la inversión necesaria para implementar las alternativas propuestas.

Dependiendo del tiempo en el cual se recupera la inversión se tienen las siguientes clasificaciones:

- Si es de un año o menor se considera que el proyecto es sencillo.
- Si es menor a 4 años es un proyecto de costo medio.
- Si es mayor a 4 años es un proyecto de alto costo.

3. *Evaluar los aspectos ambientales:* se evalúa la cantidad de contaminación que se estima reducir y / o el flujo de residuos remanentes que contienen menos materiales tóxicos o peligrosos.

4. *Seleccionar soluciones para la implementación:* una vez se analiza la viabilidad técnica, financiera y los aspectos ambientales que se obtienen al implementar las opciones de P+L que se había planteado inicialmente, se

determina cuales de las alternativas se van a implementar por medio de la combinación de dichos resultados.

Después de determinadas las alternativas, continua la implementación por parte del equipo de trabajo.

2.5.5 Fase 5: implementación de soluciones de Producción más Limpia. Las soluciones seleccionadas de minimización de residuos tiene que ser ahora implementadas. Un número significativo de soluciones pueden ser implementadas tan pronto como son identificadas (por ejemplo, la reparación de fugas y el mejoramiento de las instrucciones de trabajo), mientras que otras pueden requerir un plan sistemático de implementación. Para este fin, las siguientes tareas se deben tener en cuenta:

1. *Preparar la implementación:* con el fin de llevar a cabo la implementación es necesario realizar una programación de los trabajos que se realizarán, para lo cual se designan los responsables de cada tarea y los plazos y tiempos de ejecución de los proyectos de forma que se minimice el transcurso de la instalación.
2. *Implementar soluciones de minimización de residuos:* como ya se han preparado todos los aspectos relacionados con la implementación de las

soluciones, se empezará entonces con el montaje de cada uno de los proyectos seleccionados y aprobados.

Además, es necesario controlar de manera adecuada la instalación de los equipos e instrumentos requeridos y preparar el inicio de operación de los mismos, con el fin de evitar problemas relacionados.

3. *Monitorear y evaluar resultados:* es necesario seleccionar los métodos de medición que permitan evaluar de una manera sencilla y de fácil cuantificación los resultados obtenidos. Los métodos pueden ser:

- Cambios en la cantidad de residuos.
- Cambios en los consumos de agua y energía.
- Cambio en la rentabilidad.
- Cambio en las condiciones laborales.

Con el fin de evaluar el mejoramiento obtenido por medio de la implementación, es necesario llevar a cabo un seguimiento y monitoreo de los resultados obtenidos, siendo la utilización de indicadores de desempeño una excelente alternativa a emplear para analizar la efectividad de implementar una metodología de P+L en empresas metalmecánicas.

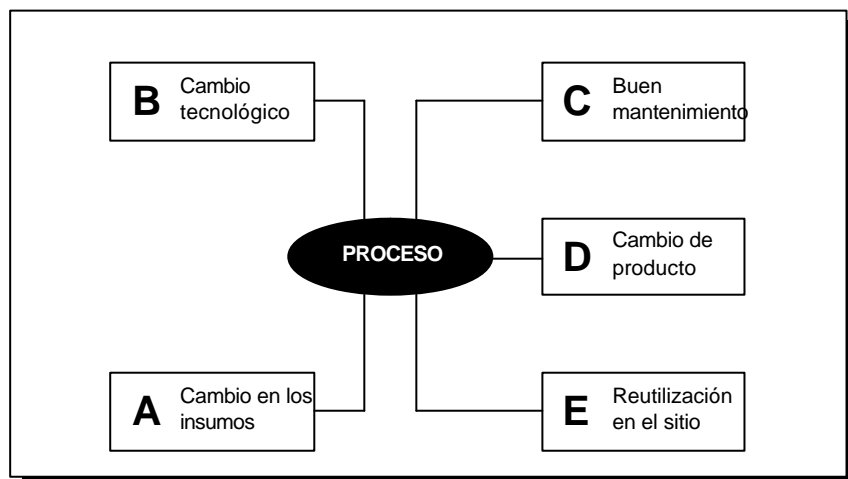
2.5.6 Fase 6: mantenimiento del proceso de Producción más Limpia. A primera vista puede parecer que la minimización de residuos está completa cuando se ha logrado implementar las soluciones de minimización. Sin embargo, el equipo aún enfrenta el mayor reto, como es el de mantener la minimización de residuos para así más tarde reducir los desperdicios y mejorar los beneficios en el futuro. Esto consiste básicamente de dos actividades:

1. *Mantener soluciones de minimización:* es necesario que las soluciones se mantengan a través del tiempo, por lo cual es importante asegurar que los empleados se involucren en el proceso. Esto se puede lograr incorporando la P+L en el desarrollo técnico mediante capacitaciones y diferentes actividades como el uso de incentivos entre otros.
2. *Identificar nuevas oportunidades:* Una vez implementadas las opciones de P+L es necesario realizar un seguimiento de los resultados, con el fin de observar y encontrar otras alternativas diferentes de P+L, buscando en todo momento un mejoramiento continuo en la empresa.

## 2.6 OTROS ELEMENTOS A TENER EN CUENTA CUANDO SE GENEREN OPCIONES DE P+L

Con el fin de ir más lejos, es en ocasiones útil dividir el proceso de manera conceptual en varios elementos esenciales para cuando se está en la tarea de generación de opciones de P+L (Ver figura 4).

Figura 4. Elementos de proceso para las opciones de Producción más Limpia



Tomado del PNUMA

El proceso de generación de opciones considera de manera individual a cada elemento.

A. Cambio en los insumos.

La Producción más Limpia se logra realizando cambios de insumos, reduciendo o eliminando los materiales peligrosos que ingresan en el proceso de producción. Además, pueden realizarse los cambios de insumos para evitar la generación de desechos peligrosos dentro de los procesos de producción. Los cambios de insumos incluyen:

- Purificación del material,
- Sustitución del material.

B. Cambio tecnológico.

Los cambios tecnológicos están orientados hacia las modificaciones de proceso y equipo para reducir desechos, principalmente en una línea de producción. Los cambios tecnológicos pueden variar de las modificaciones menores, las cuales pueden instalarse en cuestión de días y a un bajo costo, a la sustitución de procesos, lo cual requiere de un gasto de capital más grande. Éstos incluyen lo siguiente:

- Cambios en el proceso de producción;
- Disposición del equipo o cambios en las tuberías;
- Uso de automatización;
- Cambios en las condiciones de procesamiento: tales como la cantidad de flujo, temperaturas, presiones y tiempo de residencia.

C. Buen mantenimiento.

El buen mantenimiento incluye medidas de procedimiento, administrativas o institucionales que puede utilizar una compañía para minimizar desechos. Muchas de éstas se utilizan en la industria, en gran parte, para mejorar la eficiencia y como buenas prácticas de manejo. A menudo pueden instrumentarse buenas prácticas de mantenimiento a bajo costo. Estas prácticas pueden ser aplicadas en todas las áreas de la planta, incluyendo producción, operaciones de mantenimiento y en el almacén de la materia prima y almacenaje de productos.

Las buenas prácticas de operación incluyen lo siguiente:

- Programas de producción más limpia;
- Prácticas de la gerencia y el personal;
- Prácticas de manejo del material y de inventario;
- Prevención de pérdidas;
- Separación de desechos;
- Prácticas de contabilidad de costos, y
- Programación de la producción.

Las prácticas de la gerencia y el personal incluyen capacitación para los trabajadores, incentivos, bonos y otros programas que estimulen a que los empleados procuren de manera consciente reducir desechos.



Las prácticas de manejo de material y de inventario incluyen programas para reducir la pérdida de insumos que se dan por manejo inadecuado, materiales caducos de vida corta y buenas condiciones de almacenaje.

La prevención de pérdidas minimiza las pérdidas al evitar que haya fugas en el equipo y derrames.

Las prácticas de separación de desechos reducen el volumen de los mismos al prevenir su mezcla con los que no lo son.

Las prácticas de contabilidad de costos incluyen programas para atribuir los costos de tratamiento de desechos y de disposición directamente al departamento o a los grupos que los generan, en vez de cargar estos costos a las cuentas generales de la compañía. Al hacerlo, los departamentos o los grupos que generan desechos se vuelven más conscientes de los efectos de sus prácticas de tratamiento y disposición y tienen un incentivo financiero para minimizarlos.

La frecuencia de limpieza del equipo y los desechos resultantes pueden reducirse al tener un horario apropiado en las corridas de producción por lotes. Es también, en esta etapa, donde se considera la eficiencia energética del proceso y de las operaciones generales de la planta.

D. Cambios en producto.

Los cambios en producto se realizan por el fabricante del mismo con la intención de reducir los desechos que se den como resultado de la utilización de un producto.

Los cambios en producto incluyen:

- La sustitución del producto;
- Conservación del producto, y
- Cambios en la composición del producto.

E. Reutilización en el sitio.

El reciclaje y/o la reutilización involucra el regreso del material de desecho, ya sea al proceso de origen como insumo sustituto o para otro proceso como insumo.

En general, será ésta la metodología que se aplicará en el proyecto y que, fase a fase, se ira desarrollando a partir del capítulo 3. Al final del estudio se propondrán modificaciones para el sector en búsqueda de mejorar su productividad y ecoeficiencia

### **3. DIAGNOSTICO DEL SECTOR METALMECÁNICO DE CARTAGENA EN CUANTO A P+L**

Para poder determinar cual era la situación del sector metalmecánico en la ciudad se realizaron visitas, entrevistas y encuestas.

Las visitas se desarrollaron de manera personal, entrevistando a cada uno de los representantes legales, encargados de las empresas o aquella persona que mas conocimiento tuviera de esta. En ellas se recopiló información sobre su historia y generalidades, se efectuó un recorrido por la planta, se explicaron cada uno de sus procesos productivos y al final se evaluó a la empresa mediante una encuesta en forma de lista de chequeo, previamente diseñada. El propósito de estas visitas fue establecer una base de datos confiable que cuente con las medidas actuales que están asumiendo las empresas para controlar el uso de sus insumos y el manejo de sus desechos

### 3.1 LISTA DE CHEQUEO EMPLEADA PARA EL DIAGNÓSTICO (ENCUESTA)

La encuesta que se empleó para evaluar el estado actual de las empresas del sector, consta principalmente de tres secciones: uso de agua, uso de energía y manejo de residuos sólidos.

Esta encuesta está basada en la lista de chequeo empleada por el Centro Nacional de Producción más Limpia en su Guía Sectorial de P+L<sup>12</sup>. Cada sección contiene preguntas cerradas (cuyas únicas respuestas son Si, No o No Aplica) que evalúan el uso, manejo y tratamiento de cada uno de los recursos de nuestro interés.

Como antes se mencionó, estas interrogantes fueron resueltas por cada uno de los representantes de las empresas para conocer su estado actual en cuanto al empleo de recursos naturales como el agua y la energía, y el manejo de los desperdicios. Esta lista de chequeo se expone a continuación:

---

<sup>12</sup> Ver Anexo B.

Figura 5. Lista de chequeo empleada para el diagnóstico del sector metalmeccánico

### LISTA DE CHEQUEO

#### Para Diagnóstico del Sector Metalmeccánico

Nombre de la Empresa: \_\_\_\_\_

Dirección y Teléfono: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Actividad: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Numero de empleados: \_\_\_\_\_

Insumos:

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Desechos:

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

- Puntos a Evaluar:

AGUA	SI	NO	Observaciones
1. El consumo de agua puede considerarse significativo?			
2. Existe vertimiento de agua a algún tipo de efluente?			
3. El agua que se emplea se devuelve al sistema de alcantarillado con algún tipo de sólidos suspendidos?			
4. Conoce el consumo mensual de agua?			
5. Se mantiene un registro del consumo de agua por medio de las facturas mensuales de los servicios públicos?			
6. Existe un programa de ahorro de agua?			

<b>AGUA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
7. Estimulan al personal y a los visitantes a ahorrar agua?			
8. Se tienen carteles cerca de las llaves recordando el ahorro del agua?			
9. Chequean continuamente el sistema de acueducto para evaluar el comportamiento del consumo?			
10. Existen submedidores en diferentes áreas?			
11. Existen equipos de detección de fugas?			
12. Se mantienen cerrados los grifos, duchas cuando no se usan?			
13. Se ha estudiado la posibilidad de reutilizar el agua?			
14. Existe la posibilidad de reutilizar el agua?			
15. Se reutiliza el agua de lavado?			
16. Se hacen inspecciones en busca de fugas o grifos con goteras?			
17. Es necesario el uso del agua en el momento de llevar a cabo el mantenimiento de las maquinas?			
18. Luego de llevar a cabo las tareas de limpieza (aseo general de la planta) el agua se vierte al sistema de alcantarillado?			
19. Es tratada el agua antes de su vertimiento?			

<b>ENERGIA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
20. El consumo de energía puede considerarse significativo?			
21. Conoce cuanta energía se consume en total y cuanta en las diferentes áreas de la planta?			
22. Se han fijado objetivos para reducir el consumo de energía?			
23. Se revisa cada mes el consumo de energía con el fin de detectar maquinas con mal funcionamiento?			
24. Existe algún programa de ahorro de energía?			
25. Usan fuentes de energía mas económicas como gas nat.?			
26. Existe la posibilidad de sustituir la energía eléctrica por gas natural?			
27. Se dejan las luces encendidas en los baños cuando no se están usando?			
28. Se hace un mantenimiento periódico programado para las maquinas?			

<b>ENERGIA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
29. Se han reemplazado los equipos viejos por alternativas que sean más eficientes energéticamente?			
30. Se tienen ajustados los niveles de iluminación?			
31. Se han instalado lámparas de bajo consumo de energía?			
32. Se encienden las luces de la planta solo cuando la luz natural es insuficiente?			
33. Se Usan los sistemas de extracción sólo cuando es necesario?			

<b>RESIDUOS SOLIDOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
34. La cantidad de residuos sólidos es significativa?			
35. Se monitorean los tipos y cantidades de residuos generados?			
36. Conocen los costos mensuales por la disposición de los residuos generados?			
37. Existen programas para minimizar, reducir y reciclar los residuos?			
38. Estimulan a los empleados a efectuar sugerencias para minimizar desechos?			
39. Se cuenta con programas de separación de residuos?			
40. Se hace una separación de papel, plástico y vidrio?			
41. Se recicla el papel de oficina?			
42. Se separan los residuos líquidos de los sólidos?			
43. Cuentan con áreas de almacenamiento para desechos tóxicos o peligrosos?			
44. Se tiene predilección por productos que vengan en material reciclado?			
45. Se adquieren productos de limpieza con el mínimo de químicos peligrosos?			
46. Evitan el uso de productos no amigables con el medio ambiente?			

Como se mencionó anteriormente esta lista de chequeo fue resuelta por los representantes legales o por encargados con amplios conocimientos sobre la empresa (designados por los representantes legales). Los resultados obtenidos serán expuestos en el numeral a continuación. En el Capítulo 4 se amplía el análisis de la lista de chequeo y se analizan los resultados para escoger a la empresa que será empleada en la prueba piloto de este proyecto.

### 3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del total de 384 empresas que conforman el sector metalmecánico de Cartagena, según la Cámara de Comercio de Cartagena, 334 son catalogadas como micro y pequeñas empresas, 41 como medianas empresas y 9 como grandes empresas. En el siguiente estudio se trabajará con las empresas vinculadas a la Asociación de Industrias Metalmecánicas de Cartagena - ASIMECAR -<sup>13</sup>, el cual es un grupo industrial organizado y orientado por la Asociación Colombiana para la Pequeña y Mediana Industria - ACOPI -, conformada por empresas que abarcan todas las características y tamaños de las existentes en el sector. Otro factor importante para su elección ha sido el interés y apoyo que poseen para el desarrollo de este proyecto.

---

<sup>13</sup> Ver Anexo C



Fue esta una de las razones por lo que se decidió realizar un muestreo por conveniencia para escoger la muestra sobre la cuál se va a trabajar.

Después de haber procesado la información obtenida de las visitas y de la evaluación de las empresas asociadas a ASIMECAR (14 empresas en total), se generaron conclusiones en cuanto a la semejanza entre insumos, procesos y procedimientos, manejo de inventarios, maquinaria disponible, entre otras, existente dentro del sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena. A continuación se expondrán, según cada una las secciones que conforman la lista de chequeo, las conclusiones obtenidas en las visitas, encuestas y entrevistas.

3.2.1 Consumo y disposición del agua. El consumo de agua es un aspecto ambiental no muy importante para el sector metalmecánico ya que en muy pocos procesos y en muy pocas cantidades se hace uso de este recurso. Al mismo tiempo es importante analizar el crecimiento del sector en el futuro ya que se espera que sea utilizada grandes volúmenes de agua en pruebas de cilindros, tanques, entre otros; en este caso será muy importante lograr disminuir el consumo mediante la recirculación de esta.

La disminución en el consumo traerá beneficios ambientales y económicos directos como:

- Uso eficiente de un recurso natural.
- Disminución de la facturación por el consumo y la disposición.

El agua potable se emplea en usos generales como:

- Instalaciones sanitarias para los trabajadores
- Aseo y limpieza de la planta y las instalaciones sanitarias
- Cocina y jardines

Los resultados de las encuestas para esta sección se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados de las encuestas en la sección Agua

<b>AGUA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>
1. El consumo de agua puede considerarse significativo?	1	13	0
2. Existe vertimiento de agua a algún tipo de efluente?	0	7	7
3. El agua que se emplea se devuelve al sistema de alcantarillado con algún tipo de sólidos suspendidos?	2	5	7
4. Conoce el consumo mensual de agua?	14	0	0
5. Se mantiene un registro del consumo de agua por medio de las facturas mensuales de los servicios públicos?	14	0	0
6. Existe un programa de ahorro de agua?	0	14	0
7. Estimulan al personal y a los visitantes a ahorrar agua?	4	10	0
8. Se tienen carteles cerca de las llaves recordando el ahorro del agua?	0	14	0
9. Chequean continuamente el sistema de acueducto para evaluar el comportamiento del consumo?	4	10	0

10. Existen submedidores en diferentes áreas?	0	14	0
11. Existen equipos de detección de fugas?	0	14	0
12. Se mantienen cerrados los grifos y duchas cuando no se usan?	13	1	0
13. Se ha estudiado la posibilidad de reutilizar el agua?	0	6	8
14. Existe la posibilidad de reutilizar el agua?	1	10	3
15. Se reutiliza el agua de lavado?	0	10	4
16. Se hacen inspecciones en busca de fugas o grifos con goteras?	3	11	0
17. Es necesario el uso del agua en el momento de llevar a cabo el mantenimiento de las maquinas?	0	14	0
18. Luego de llevar a cabo las tareas de limpieza (aseo general de la planta) el agua se vierte al sistema de alcantarillado?	14	0	0
19. Es tratada el agua antes de su vertimiento?	0	14	0

Las conclusiones obtenidas en la sección de *Uso de Agua* son las siguientes:

- La gran mayoría de las empresas (a excepción de una) consideran que el consumo de agua no es significativo, por lo que no realizan ningún tipo de programa para el ahorro de dicho recurso. A pesar de ello algunas estimulan al personal, ya sea con anuncios o recordatorios verbales, a ahorrar agua en lugares como baños y piletas con grifos.
- Como forma de controlar el consumo de agua y detectar fugas, todas las empresas vigilan sus facturas mensuales, mas sin embargo, ninguna cuenta con equipos de detección de fugas.

- Debido a que el agua es un recurso que no es necesario para llevar a cabo los procesos productivos o mantenimiento de las maquinas, no se le ha dado importancia a conocer el consumo por departamento empleando submedidores o de iniciar programas de ahorro en busca de ahorros.
- El 35,71% de las empresas consideran no estar desechando, en el sistema de alcantarillado, aguas residuales con algún tipo de sólidos suspendidos, y otro 50% consideran que en su caso ni siquiera se aplica dicha situación, mas sin embargo el 100% de las empresas admiten estar vertiendo el agua empleada en el aseo general de la planta en el sistema de alcantarillado. Por observación se aprecia que dicha agua se encuentra mezclada con tierra, virutas de metal, refrigerante y otros elementos. Esta agua residual no es tratada por ninguna de las empresas.

La reducción del consumo de agua puede empezarse con la instalación de unos sencillos economizadores en los grifos, duchas e inodoros, los cuales permiten ahorros de hasta un 40%, sin restar comodidad al usuario. Éstos, simplemente impiden la salida de una cantidad de agua excesiva por medio de reductores de caudal, tales como micro dispersores o aireadores.

Es importante tener en cuenta que al presentarse un ahorro en el consumo de agua se produce también un ahorro por la disminución en la generación de aguas

residuales. Igualmente, pueden generar un ahorro de energía, ya que el almacenamiento y el transporte del agua genera un consumo de este recurso.

Para iniciar un programa de ahorro de agua es necesario contar con unos dispositivos medidores de flujo, los cuales permitan establecer los consumos en las diferentes áreas de las empresas (en duchas, baños, grifos, etc.) y poder, posteriormente, efectuar un seguimiento a los ahorros obtenidos. De esta manera se puede priorizar la actuación en los sitios donde el consumo de agua es alto y exista potencial de minimización.

- *Cálculo de Ahorro*

El ahorro obtenido una vez implementadas algunas de las opciones de P+L relacionadas con el recurso agua se calcula de la siguiente manera:

- Consumo de agua de las áreas de una empresa:

$$CT_1 = N \times C_2 \times D \times H \times 60 \text{ min/hora}$$

Donde:

$CT_1$  = Consumo total de agua, m<sup>3</sup>/año

$N$  = Número de áreas

$C_2$  = Consumo de agua de una área convencional, m<sup>3</sup>/año

$D$  = Días del año en que el equipo está en uso, d/año

$H$  = Horas del día en que el equipo está en uso, h/día

Una vez conocido el consumo de agua en los equipos ahorradores o la cantidad de agua que permite ahorrar un dispositivo instalado, se puede calcular, de igual manera, la cantidad de agua consumida. Para calcular el ahorro en términos económicos, se continúa con:

- Ahorro en el consumo de agua:

$$A_1 = CT_1 - CT_2$$

Donde:

$A_1$  = Ahorro en el consumo de agua, m<sup>3</sup>/año

$CT_1$  = Consumo total de agua, m<sup>3</sup>/año

$CT_2$  = Consumo total de agua con los dispositivos ahorradores, m<sup>3</sup>/año

- Ahorro en términos económicos:

$$A_2 = A_1 \times \$C$$

Donde:

$A_2$  = Ahorro en términos económicos, \$/año

$A_1$  = Ahorro en el consumo de agua, m<sup>3</sup>/año

$\$C$  = Costo del agua (acueducto + alcantarillado), \$/m<sup>3</sup>

- Período de retorno de la inversión

$$PR = \frac{\$I}{A_2}$$

Donde:

$PR$  = Período de retorno de la inversión, año

$\$I$  = Costo de la inversión, \$

$A_2$  = Ahorro en términos económicos, \$/año

3.2.2 Consumo de energía. La energía es uno de los recursos más importantes para el sector metalmeccánico y que genera costos importantes. Estos costos pueden ser reducidos substancialmente a través de medidas simples y de baja inversión, orientadas a mejorar la eficiencia en la utilización de este recurso.

Desde el punto de vista netamente ambiental, el control del consumo de energía es importante ya que en su generación se hace uso de recursos naturales no renovables y se produce un impacto ambiental tanto en la producción de la electricidad como en la emisión por la combustión para generación de energía térmica.

Existe potenciales para aumentar la eficiencia energética en los equipos y procesos necesarios en las empresas metalmeccánicas, como por ejemplo: cambio

de maquinarias por otras de menor consumo, realizar un mantenimiento preventivo a todas las maquinas de la empresa, iluminación, etc. Para estos ejemplos existen soluciones rentables ampliamente demostradas.

El ahorro energético es un tema de gran relevancia tanto en las empresas metalmecánicas como en la industria en general. En una metalmecánica donde no se ha aplicado un programa de ahorro de energía se pueden presentar ahorros de un 15% a un 30% de la facturación<sup>14</sup>.

Para la empresa existen una serie de beneficios al implementar un programa de ahorro energético, entre ellos se encuentran:

- Reducción de los costos de operación produciendo utilidades adicionales.
- Incremento en la productividad y competitividad.
- Incremento de la eficiencia en las operaciones.
- Mejoramiento de la imagen de la empresa ante la comunidad.

Los resultados de las encuestas para la sección de energía se pueden apreciar en la Tabla 3 que se encuentra a continuación.

---

<sup>14</sup> Según información del Centro Nacional de Producción Más Limpia



Tabla 3. Resultados de las encuestas en la sección Energía

<b>ENERGÍA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>
20. El consumo de energía puede considerarse significativo?	14	0	0
21. Conoce cuanta energía se consume en total y cuanta en las diferentes áreas de la planta?	2	12	0
22. Se han fijado objetivos para reducir el consumo de energía?	4	10	0
23. Se revisa cada mes el consumo de energía con el fin de detectar maquinas con mal funcionamiento?	10	4	0
24. Existe algún programa de ahorro de energía?	4	10	0
25. Usan fuentes de energía mas económicas como gas nat.?	1	10	3
26. Existe la posibilidad de sustituir la energía eléctrica por gas natural?	4	8	2
27. Se dejan las luces encendidas en los baños cuando no se están usando?	1	12	1
28. Se hace un mantenimiento periódico programado para las maquinas?	10	4	0
29. Se han reemplazado los equipos viejos por alternativas que sean más eficientes energéticamente?	0	14	0
30. Se tienen ajustados los niveles de iluminación?	7	7	0
31. Se han instalado lámparas de bajo consumo de energía?	11	3	0
32. Se encienden las luces de la planta solo cuando la luz natural es insuficiente?	9	3	2
33. Se Usan los sistemas de extracción sólo cuando es necesario?	1	0	13

Las principales conclusiones que se pueden obtener son las siguientes:

- De forma unánime las empresas consideran que debido a las características de las operaciones que se llevan a cabo dentro de ellas, el consumo de energía es significativo, por lo que le dan gran importancia al control mediante las facturas mensuales. A pesar de lo anterior, es importante

mencionar que los empresarios no han estudiado posibilidades para disminuir este consumo o sustituir del todo el uso de este recurso.

- Las mayoría de las empresas (el 71.42%) no se han fijado un programa de ahorro de energía, aunque admiten que implementándolo podrían obtener grandes ahorros.
- El tipo de mantenimiento que llevan a cabo la mayoría de las empresas (el 71.42%) es preventivo, para evitar que por falta de este o por fallas inesperadas se genere un mayor consumo de energía. Las otras empresas prefieren llevar a cabo un mantenimiento correctivo.
- En la búsqueda de disminuir los altos costos de la energía , las empresas han ajustado los niveles de iluminación, instalado lámparas de bajo consumo, o han modificado la estructura física de la planta para un mejor aprovechamiento de la luz natural.

Las empresas metalmecánicas obtendrán un ahorro significativo al implementar un sencillo programa de ahorro de energía. Dicho programa consta de varias etapas:

- Compromiso de la gerencia.
- Recopilación de información y análisis.
- Diagnóstico energético.

- Capacitación del personal.
- Organización del programa para la implementación de medidas según la priorización.
- Planeación del presupuesto para inversiones requeridas.
- Realización de proyectos específicos.
- Seguimiento, control y evaluación.

La etapa del diagnóstico energético es en donde se debe centrar todo esfuerzo dada su relevancia en la evaluación del consumo de energía en una instalación determinada.

La realización de un diagnóstico energético comprende varios puntos, entre ellos se encuentra:

- Análisis de equipos y sistemas: comprende el análisis de los principales equipos y sistemas consumidores de energía eléctrica con el fin de determinar las áreas donde se pueden obtener los mayores ahorros posibles.
- Definición de potenciales de ahorro: definición de los potenciales de ahorro de energía y su equivalente en ahorro económico para la empresa.
- Evaluación de medidas: cada medida de ahorro y uso eficiente de energía se evalúa técnica, ambiental y económicamente, especificando acciones,

montos de inversión y tiempos de recuperación. También se indica cuando se requieran, estudios especiales para definir modificaciones en los sistemas.

- Elaboración de un informe final

En todas las etapas del diagnóstico energético se requiere la participación activa y el apoyo del personal de la empresa en los siguientes aspectos:

- Apoyo al realizar las mediciones (localización de interruptores, acceso a los motores de las maquinarias, etc.).
- Explicación del proceso y forma de trabajar.
- Discusión de las medias de ahorro.

Las diversas medidas de ahorro de energía requieren, casi todas, altos costos de inversión, pero también representan grandes ahorros económicos. Por esta razón, es necesario realizar un plan de inversión ya que generalmente no es posibles efectuar todas las inversiones al mismo tiempo.

- *Cálculo de Ahorro*

El ahorro obtenido una vez implementada algunas de las recomendaciones planteadas a partir de la metodología de Producción más Limpia se calculan de la siguiente manera:

- Potencial eléctrica demandada:

$$P = P_1 \times N_1$$

Donde:

$P$  = Potencia eléctrica demandada, kW

$P_1$  = Potencial del equipo eléctrico, kW

$N_1$  = Número de equipos en el área

- Energía eléctrica consumida anualmente:

$$E = P_1 \times N_1 \times D_1 \times H_1$$

Donde:

$E$  = Energía eléctrica consumida anualmente, kW h/año

$P_1$  = Potencial del equipo eléctrico

$N_1$  = Número de equipos en el área

$D$  = Días del año en que funciona el área, d/año

$H$  = Horas del día en que funciona el área, h/día

Si se conocen cuáles y cuántos equipos nuevos se van a instalar (reemplazo de anteriores), la potencia eléctrica demandada y la energía que consumirán una vez entren en funcionamiento, se puede determinar el ahorro a

lograr cuando se efectúe dicho cambio a través de una comparación entre la situación actual y la propuesta, así:

- Ahorro de energía:

$$DP = P_{actual} - P_{propuesta}$$

$$DE = E_{actual} - E_{propuesta}$$

Donde:

$DP$  = Ahorro en potencia, kW/año

$P_{actual}$  = Potencia actual, kW/año

$P_{propuesta}$  = Potencia propuesta, kW/año

$DE$  = Ahorro en consumo de energía, kW h/año

$E_{actual}$  = Consumo actual, kW h/año

$P_{propuesta}$  = Consumo propuesto, kW h/año

- Ahorro en términos económicos:

$$P_1 = DP \times \$D$$

$$E_1 = DE \times \$E$$

Donde:

$P_1$  = Ahorro económicos por potencia, \$/año

$DP$  = Ahorro en potencia, kW/año

- $\$D$  = Costo de la demanda eléctrica,  $\$/kW$
- $E_1$  = Ahorro económicos por consumo,  $\$/año$
- $DE$  = Ahorro en consumo de energía,  $kW h/año$
- $\$E$  = Costo del consumo eléctrico,  $\$/kWh$

- Ahorro total:

$$DT = (P_1 + E_1) \times iva$$

Donde:

- $DT$  = Ahorro total económico,  $\$/año$
- $P_1$  = Ahorro económicos por potencia,  $\$/año$
- $E_1$  = Ahorro económicos por consumo,  $\$/año$
- $iva$  = Impuesto al valor agregado (por ejemplo 1.16 si es 16%)

- Período de retorno de la inversión:

$$PR = \frac{\$I}{\Delta T}$$

Donde:

- $PR$  = Período de retorno de la inversión, año
- $\$I$  = Costo de la inversión,  $\$$
- $\Delta T$  = Ahorro total económico,  $\$/año$

3.2.3 Generación de residuos sólidos. La complejidad de la empresa metalmecánica determina las características de los residuos que se generan. Las cantidades generadas depende de varios factores: dimensiones de la pieza que se va a maquinar, dimensiones de la materia prima usada para crear una pieza determinada, secuencia de procesos a los que son sometidas las piezas, entre otros.

El problema ocasionado por los residuos sólidos se soluciona en gran medida con la implementación de un programa integral de manejo de residuos sólidos, pero antes de pensar en su implementación y desarrollo se debe:

- Reducir: los residuos en la fuente, analizando los productos que son innecesarios en el consumo, cuales generan contaminación y no son reciclables.
- Reutilizar: los residuos que pueden servir de nuevo como retazos de laminas, ejes, etc.

Como una última sección de la lista de chequeo se analizó la actitud de las empresas frente al manejo de residuos sólidos generados. Los resultados de las encuestas se encuentran en la siguiente tabla:



Tabla 4. Resultados de las encuestas en la sección Residuos Sólidos

<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>
34. La cantidad de residuos sólidos es significativa?	10	4	0
35. Se monitorean los tipos y cantidades de residuos generados?	3	10	1
36. Conocen bs costos mensuales por la disposición de los residuos generados?	1	12	1
37. Existen programas para minimizar, reducir y reciclar los residuos?	4	9	1
38. Estimulan a los empleados a efectuar sugerencias para minimizar desechos?	1	12	1
39. Se cuenta con programas de separación de residuos?	1	12	1
40. Se hace una separación de papel, plástico y vidrio?	0	2	12
41. Se recicla el papel de oficina?	8	6	0
42. Se separan los residuos líquidos de los sólidos?	0	2	12
43. Cuentan con áreas de almacenamiento para desechos tóxicos o peligrosos?	4	8	2
44. Se tiene predilección por productos que vengan en material reciclado?	1	13	0
45. Se adquieren productos de limpieza con el mínimo de químicos peligrosos?	0	14	0
46. Evitan el uso de productos no amigables con el medio ambiente?	1	13	0

De lo que se concluyó lo siguiente:

- La opinión de las empresas en cuanto a si la cantidad de residuos sólidos generados es significativo se encuentra dividida.

Como se puede observar en con la respuesta de la pregunta 34, el 43% de las empresas consideran que los residuos son entre el 5% y el 20% (según

datos de los representantes de las empresas) de los insumos empleados en sus procesos.

- Teniendo en cuenta que la mayoría de las empresas consideran significativa la cantidad de residuos que generan, se convierte en una prioridad llevar a cabo un programa integral de manejo de residuos sólidos para reducirlos y reciclarlos, ya que como se puede observar con la respuesta de la pregunta 37, la mayoría no los desarrollan.
- Dicho programa debe permitir monitorear los tipos y cantidades de residuos generados, conocer sus costos por disposición e incentivar entre los empleados la separación de estos dependiendo de su naturaleza, para así lograr crear una conciencia colectiva de la importancia de la reducción, reutilización y reciclaje dentro y fuera de la empresa.
- La mayoría de las empresas encuestadas no cuentan con áreas adecuadas para el almacenamiento de residuos tóxicos o peligrosos lo que genera un alto riesgo para las personas que laboran en ellas.

Es estrictamente necesario que los integrantes del equipo de trabajo de la empresa metalmeccánica examinen su propia corriente de residuos para reunir ideas de como lograr su reducción.

Al observar la corriente de residuos, cada integrante e preguntará:

- ¿Dónde puedo reducir la cantidad o la toxicidad de los materiales usados en las diferentes actividades?
- ¿Existen productos antiguos o nuevos que se pueda *reutilizar* una y otra vez?
- ¿Existe productos antiguos o nuevos que sean reparables o de una mayor vida útil?

A partir de estos análisis se puede determinar qué medidas o cambios se deben implementar.

Una vez se ha implementado algunas de las medidas relacionadas con *reducir* y *reutilizar*, se puede comenzar con el programa de manejo de residuos sólidos, para lo cual es necesario:

- Poseer una conciencia ambiental, la cual busque un equilibrio entre los recursos naturales y el hombre que los explota para su bienestar.
- Tener un compromiso y apoyo de la alta gerencia, al igual que de los empleados de la institución.
- Contar con una conciencia colectiva tanto de reutilización de los residuos como de la adecuada disposición de los mismos.

Los beneficios que se obtienen al poner en práctica dicho programa son:

- Mejoramiento de las condiciones ambientales de la empresa.
- Optimización de costos en el manejo de los residuos.
- Reducción del impacto ambiental.
- Mejoramiento de la imagen de la empresa ante la comunidad.
- Incremento de los niveles de seguridad tanto del personal interno como externo.

A continuación se llevará a cabo la identificación y análisis de los puntos críticos contaminantes de los procesos productivos de las empresas metalmecánicas, tomando como base las instalaciones y operaciones de la empresa que se escoja para la prueba piloto.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS CONTAMINANTES

Teniendo en cuenta que en la mayoría de las empresas metalmecánicas el uso del agua no es significativo y no producen emisiones, la selección de los puntos críticos contaminantes dependerá netamente de la cantidad de desperdicio generado por proceso.

Para este análisis se tomaron en cuenta el tipo de insumo empleado en cada uno de las actividades y la clase y cantidad de desperdicio generado en cada uno de ellas.

Vale la pena anotar que las cantidades de insumo son dependientes del trabajo solicitado por el cliente, por lo que en el análisis no se presentarán datos exactos de volúmenes o pesos.

Para un mejor entendimiento, los resultados obtenidos mediante las visitas y encuestas realizadas anteriormente se han tabulado de la siguiente manera:

Tabla 5. Análisis de los desperdicios por proceso

PROCESO	INSUMOS	DESPERDICIO	PORCENTAJE DE INSUMO DESPERDICiado <sup>15</sup>
Torneado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales<sup>16</sup></li> </ul>	Viruta	20%
Fresado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Viruta	20%

<sup>15</sup> Valores obtenidos de la lista de chequeo desarrollada en las visitas

<sup>16</sup> Diferentes metales dependiendo de las necesidades del cliente

Taladrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Viruta	20%
Cepillado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Viruta	20%
Pulimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Piedra de esmeril</li> <li>• Lija</li> <li>• Discos de fibra</li> <li>• Pasta para acabados</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Polvillo Discos en mal estado Piedras desgastadas. Lija desgastada	Menos de un 5%
Prensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Ninguno	0%
Troquelado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Ninguno	0%
Rolado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Ninguno	0%

Corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Bronce</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Teflón</li> <li>• Otros tipos de metales</li> </ul>	Retales	15% : Se re-usa más de un 10%
Soldadura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbón</li> <li>• Acero Inoxidable</li> <li>• Aluminio galvanizado</li> <li>• Otros tipos de metales</li> <li>• Diferentes tipos de soldaduras</li> </ul>	Escoria	Menos de un 5%

Además del análisis anterior se desarrolló una evaluación de impacto ambiental para así determinar los puntos críticos contaminantes que se tendrán en cuenta para el desarrollo de la investigación.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un proceso destinado a prever e informar sobre los efectos que un determinado proyecto puede ocasionar en el medio ambiente. En general, se indica que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en algún componente del medio ambiente.

Las metodologías para evaluar los impactos ambientales tienen como objetivo principal sistematizar información referente a los impactos que se presentan en proyectos, actividades o en nuestro caso en empresas. Existe un amplio espectro de metodologías de evaluación que va desde las más simples, en las que no se pretende evaluar en forma numérica o de otro modo el impacto de cada acción del

proyecto, sino solo exponer los principales; a aquellas más complejas, en las que a través de diferentes procesos de ponderación se intenta dar una visión de la magnitud parcial o global del impacto.

Para dicha evaluación se decidió desarrollar una “matriz interactiva simple” conocida como “Matriz de Leopold”, diseñada en 1971 a partir de la EIA de una mina de fosfatos de California, EUA. Esta muestra las acciones o actividades en un eje y los factores ambientales pertinentes a lo largo del otro eje de la matriz. Cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se apunta en el punto de intersección de la matriz y se describe además en términos de consideraciones de magnitud e importancia.

La magnitud de una interacción es su extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico comprendido entre 1 y 10, donde 10 representa una gran magnitud y 1 una pequeña. Por otra parte, la importancia está relacionada con lo significativa que ésta sea, o con una evaluación de las consecuencias del impacto previsto. La escala de la importancia también varía de 1 a 10, en la que 10 representa una interacción muy importante y 1 una de relativa poca importancia. La asignación de valores numéricos para la magnitud y para la importancia ha sido basada en una valoración objetiva de los autores de este proyecto.



En la Tabla 6 se presenta la matriz interactiva para la identificación y evaluación de impacto ambiental.

Del análisis anterior se puede concluir que los principales puntos contaminantes en una empresa metalmeccánica se presentan en los procesos de mecanizado con arranque de viruta, tales como: torneado, fresado, taladrado y cepillado; estos generan grandes cantidades de chatarra, las cuales a su vez generan riesgos laborales. Dentro del análisis se destaca otra actividad que genera un impacto ambiental, como lo es la mala utilización del recurso agua empleado en las pruebas de tanques; sin embargo son pocas las empresas que están llevando a cabo este tipo de pruebas.

Otro punto a resaltar es que el contaminante generado se presenta en forma de viruta, con mucho volumen y poco peso, la cuál no es aceptada para su reventa en chatarrerías o fundidoras, debido a su alto grado de volatilidad al momento de ser fundida, lo que hace que sea recogida por las compañías de aseo urbano y su destino final sea el relleno sanitario de la ciudad.

Tabla 6. Matriz de Leopold aplicada a la implementación de la metodología de P+L en el sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena

### 3.4 ANÁLISIS DE LOS DESECHOS

Como se ha venido mencionando en el estudio, el desecho generado por los procesos de mecanizado más usuales en el sector metalmecánico se presenta comúnmente en forma de viruta.

Entre las características de esta, encontramos los siguientes:

- Ocupa gran volumen
- Es de poco peso
- Se presenta en la mayoría de los casos en forma de espiral
- Es muy frágil
- Cortante
- Alto grado de volatilidad al someterse a altas temperaturas
- Rápida oxidación cuando el metal del que se genera es ferroso

Por otra parte, la escoria y el polvillo, son desechos que se presentan a menor escala dentro de las empresas metalmecánicas.

La escoria esta conformada por fragmentos de metal fundido y residuos del material usado para soldar, resultado de esta operación.

En cuanto al polvillo, como su nombre lo indica, son partículas finas de metal, que se desprenden del proceso de pulido, junto con residuos de lijas, piedras de esmeril, u otro elemento usado para este propósito.

Ambos son residuos que no son factibles para re uso debido a que las cantidades generadas no ameritan someterse a un proceso de recuperación, y a esto se suma el echo que el material recogido esta contaminado por otros elementos que se encuentran en el ambiente (tierra, piedras, astillas de madera, etc).

La Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia (CINSET), ha desarrollado una clasificación en la cual se evalúa el impacto y las condiciones posibles de recuperación y de descontaminación de los distintos grupos industriales. Esta clasificación ha permitido una identificación más exacta de los impactos que se presentan debido a los procesos industriales.

La clasificación es la siguiente:

- Sectores de Alta Significación Ambiental (ASA), en donde se presentan grandes cargas contaminantes que impactan negativamente al ambiente.
- Sectores de Alta Recuperación Potencial (ARP), en donde las opciones de recuperación y reciclaje de insumos y desechos son interesantes

- Sectores de Potencial Preliminar Descontaminable (PPD), en donde los procesos no producen impactos fuertes negativos y en los cuales con prácticas sencillas de manejo ambiental de residuos se pueden obtener procesos ambientalmente limpios.

Usando esta clasificación, CINSET ha catalogado al sector metalmecánico como ARP (sectores de alta recuperación potencial) y donde el impacto ambiental está relacionado con los “residuos sólidos recuperables”

### 3.5 LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA LOS DESECHOS IDENTIFICADOS EN EL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

Para la selección de las opciones viables a ser aplicadas, se decidió antes investigar si la legislación colombiana exige un tratamiento específico para el manejo, eliminación o tratamiento de los desechos del sector.

La Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia (CINSET), como se explicó en el numeral anterior, ha desarrollado una clasificación en la cual se evalúa el impacto y las condiciones posibles de recuperación y de descontaminación de los distintos grupos industriales. Esta clasificación ha permitido una identificación más exacta de los impactos que se presentan debido a los procesos industriales.

Usando dicha clasificación, el sector metalmecánico había sido catalogado como ARP (sectores de alta recuperación potencial), donde el impacto ambiental está relacionado con los “residuos sólidos recuperables”.

3.5.1 Los residuos sólidos industriales según la legislación ambiental colombiana. El paralelo con el desarrollo conceptual del tema ambiental, se ha generado en el país en diferentes etapas de producción normativa. Desde la segunda mitad de la década de los setenta, los diferentes entes gubernamentales han tratado de organizar las disposiciones, siempre con la intención de evitar la duplicidad de esfuerzos y de lograr una compilación genuina y eficaz, llegando incluso a producir uno de los mejores Códigos de Recursos Naturales del Continente.

En 1991, la constitución política del país consagró el capítulo tercero del título segundo, con cinco artículos<sup>17</sup> a los “Derechos Colectivos y del Ambiente”; de ellos, el artículo 80 otorga al Estado la función de ente rector del manejo de los recursos naturales y le concede potestades de planificador, inventor y sancionador, al igual que le otorga la posibilidad de ejercitar contra los particulares acciones de reparación directa.

Con posterioridad, la creación del Ministerio del Medio Ambiente y la organización del Sistema Nacional Ambiental (SINA) pretendieron ajustar en forma sistemática

---

<sup>17</sup> Los artículos 78 al 82 inclusive

los principios rectores y las acciones en materia ambiental. Es así, como se produce la ley 99 de 1993 que surge como orientación básica de la futura reglamentación. La regulación normativa se ocupa de los residuos según sus características físicas.

Dentro de la normatividad ambiental analizada encontramos:

- Reglamentación relacionada con la preservación de la calidad de aire:
  - Decreto 948 de 1995
  - Decreto 2107 de 1995
  - Resolución 898 de 1995
  - Resolución 1351 de 1995
  - Resolución 005 de 1996
  - Resolución 619 de 1997
  - Resolución 045 de 1998
  
- Reglamentación relacionada con la preservación del recurso agua:
  - Decreto 1594 de 1984
  - Resolución 005 de 1997
  - Ley 373 de 1997
  - Resolución 3102 de 1997

- Reglamentación relacionada con la gestión integral de los residuos sólidos:
  - Decreto 2104 de 1983
  - Resolución 2309 de 1986
  - Decreto 605 de 1996
  - Decreto 1713 de 2002

Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto, la metodología P+L aplicada y los desechos hasta ahora identificados, se analizó la normatividad relacionada con los residuos sólidos, la cual básicamente la comprenden el Decreto 2104 de 1983, la Resolución 2309 de 1986, el Decreto 605 de 1996 y el Decreto 1713 de 2002. En ellas se determina:

- Definiciones esenciales: creadas para evitar la ambigüedad en las normas.
- Parámetros generales para el manejo de basura y desechos sólidos: se definen claramente el manejo, almacenamiento, presentación, recolección, transporte, transferencia, tratamiento, disposición sanitaria y recuperación de basuras; y se establecen responsabilidades y obligaciones en el manejo de las basuras.
- Medidas sanitarias y sanciones: aquí se contemplan las medidas en contra de los infractores, tales como la clausura temporal de los establecimientos, la suspensión parcial de trabajos, el decomiso y la destrucción. En cuanto a



sanciones, se señalan entre otras la multa, la suspensión o cancelación del registro o licencia y el decomiso.

- Residuos especiales, incompatibles, responsabilidades, criterios de identificación
- Residuos especiales: almacenamiento y transporte
- Residuos especiales: tratamiento
- Residuos especiales: disposiciones sanitaria
- Plan de cumplimiento: cuando el concepto de la autoridad de salud sea desfavorable para la concesión de autorización sanitaria a una persona o empresa, deberá el petitionario presentar un plan de cumplimiento ante dicha entidad.

3.5.2 Clasificación de los residuos sólidos industriales. Según la legislación colombiana, los residuos sólidos de las industrias se pueden clasificar en tres categorías:

- Los residuos industriales, de características similares a las de las basuras urbanas, que se producen en todas las empresas como consecuencia de actividades diarias tales como servicios de limpieza de oficinas, de comedor,

etc, los cuales por sus características pueden ser tratados como basuras que se originan en el sector residencial.

- Los residuos de características inertes que no representan riesgos para el medio ambiente dentro de los cuales se incluyen residuos de abrasivos, chatarra, vidrios, cenizas, polvos, arenas, escorias y otros.
- Los residuos industriales especiales que no pueden ser incluidos en ninguno de los grupos anteriores y que requieren un tratamiento particular y específico. Algunos de estos dos últimos pueden provenir de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en forma de lodos.

De acuerdo a lo anterior, los desechos presentados en las empresas del sector metalmeccánico se pueden clasificar como “Residuos Industriales de Características Inertes”.

Este tipo de residuos, una vez depositados en vertederos no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Según las leyes colombianas estos no necesitan un tratamiento previo a su deposición en el medio ya que no suelen presentar grandes riesgos a corto plazo para el medio ambiente, solo impactos visuales.

3.5.3 Manejo de los residuos sólidos industriales. Luego de haber concluido que la legislación colombiana no exige un tratamiento especial para los desechos del sector metalmecánico, se continuará analizando el manejo de los residuos según la metodología que se aplica en el proyecto, para luego seleccionar las soluciones a dichos desperdicios.

Según la metodología de Producción más Limpia, en el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, los esfuerzos deben estar encaminados a lograr en una primera etapa la minimización de su producción; por lo tanto, es necesario considerar diferentes aspectos tales como la reducción, la concentración, el reciclaje y la reutilización.

- Reducción: comprende aquellas medidas que pueden disminuir la generación de residuos industriales. Una producción promedio mayor de desechos implica casi siempre un mal manejo del proceso y el desperdicio de materias primas. En otros casos es posible la reducción de los residuos mediante la sustitución de insumos, mediante cambios tecnológicos, o mediante cambios en los procesos.
- Concentración: consiste en identificar los sitios de su generación y adoptar las medidas pertinentes para separarlos del resto de residuos que puede generar una industria, tales como residuos domésticos, empaques, plásticos,

etc. con el fin de reducir los costos de tratamiento, en caso de que sea necesario por sus características.

- Reciclaje y reutilización: comprende el análisis de una serie de alternativas que permiten el re uso de diversos desechos sólidos en otros aspectos productivos, casi siempre de naturaleza diferente a la de la industria que los produce.

3.5.4 Venta de desechos. El único desecho que en el momento esta siendo aprovechado por las empresas del sector para su reventa o para cambio por nuevos insumos son los retales de laminas y ejes generados durante el proceso de corte.

El precio de venta de esta chatarra es mínimo con respecto al precio de compra.

Esto se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 7. Precios de compra y reventa de los insumos más comunes en las actividades metalmecánicas

INSUMO	CALIBRE Y MEDIDAS	PRECIO DE COMPRA	PRECIO DE REVENTA*
Lámina de Acero al Carbón	1/8" - 4mts x 8mts	148.050	22.208
	16" - 1mts x 2mts	100.500	15.075
Lámina Galvanizada	16" - 4mts x 8mts	115.500	17.325
Lámina de Bronce	1,5 mm - 67mm x 1,34 mts	445.740	66.861
Lámina de Aluminio	1 mm - 1mt x 2 mt	72.450	10.867
	1,5 mm - 1mt x 2 mt	116.100	17.415
	2 mm - 1mt x 2 mt	162.000	24.300
Lámina de Acero Inoxidables	16" - 4mts x 8mts	385.000	57.750
	14" - 4mts x 8mts	436.600	65.490
Teflón	1/8" - 1,20mts x 1,20mts	1.420.800	213.120
	1/4" - 1,20mts x 1,20mts	2.592.000	388.800

Basado en información suministrada por la FERRETERÍA INDUSTRIAL DEL CARIBE ubicada en la ciudad de Cartagena.

(\*) Los precios de reventa se calcularon con la equivalencia en retazos para cada lámina correspondiente

En el siguiente capítulo, luego de haber desarrollado un diagnóstico para el sector, de haber identificado los puntos críticos contaminantes y de haber analizado los desechos generados, se desarrollará un análisis con un mayor grado de profundidad para los puntos críticos contaminantes. Para esto es necesario seleccionar una empresa que se empleará como prueba piloto del proyecto.

## **4. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA EMPRESA EMPLEADA COMO PRUEBA PILOTO EN P+L**

Luego de haber identificado los puntos críticos contaminantes y de haber analizado los desechos que se generan, se desarrollará un análisis de dichos puntos para así generar un portafolio de posibles soluciones que aumenten el aprovechamiento de los insumos y recursos, y eviten o disminuyan la producción de residuos contaminantes. Para lograr esta meta, es necesario antes seleccionar una empresa metalmecánica para que sea empleada como prueba piloto dentro de este proyecto.

La selección de la empresa se desarrolló mediante la cuantificación y cualificación de los resultados obtenidos con las visitas y con el desarrollo de los cuestionarios.

### **4.1 ANÁLISIS DE LA LISTA DE CHEQUEO**

Siendo necesario cuantificar los resultados obtenidos, para escoger<sup>18</sup> la empresa piloto que se empleará de ejemplo en la aplicación de la metodología de Producción Más Limpia, se utilizó un sistema sencillo de valoración para cada una

---

<sup>18</sup> Junto con otros factores que se enumerarán más adelante

de las preguntas que conformaban el cuestionario: se otorgó un (1) punto a cada respuesta, que a criterio de los autores de esta investigación, ofrecía una oportunidad para aplicar conceptos relacionados a la metodología que se desea usar; y se otorgó cero (0) puntos a cada respuesta que no presentaba interés con los objetivos del proyecto.

Las preguntas se clasificaron de dos tipos: tipo A para las preguntas cuya respuesta afirmativa otorgaba un (1) punto y cuya respuesta negativa otorgaba cero (0) puntos, por ejemplo: ¿El consumo de agua puede considerarse significativo?, en este caso una respuesta afirmativa representa una oportunidad para indagar e investigar aun más sobre el empleo de agua en los procesos de la empresa, lo que aumentaría el interés para que esta sea elegida como empresa piloto; y Tipo B para las preguntas cuya respuesta afirmativa otorgaba cero (0) puntos y cuya respuesta negativa otorgaba un (1) punto, por ejemplo: ¿Existe un programa de ahorro de agua?, al contrario que en el caso anterior una respuesta negativa representa una oportunidad para aumentar la investigación.

En resumen las preguntas se calificaran de la siguiente manera:

		PUNTAJE	
		Si	No
Tipo	Rta		
	A	1	0
B	0	1	

La clasificación de cada pregunta se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Clasificación de las preguntas de la encuesta

<b>Sección: AGUA</b>	<b>Clasificación</b>
1. El consumo de agua puede considerarse significativo?	A
2. Existe vertimiento de agua a algún tipo de efluente?	A
3. El agua que se emplea se devuelve al sistema de alcantarillado con algún tipo de sólidos suspendidos?	A
4. Conoce el consumo mensual de agua?	B
5. Se mantiene un registro del consumo de agua por medio de las facturas mensuales de los servicios públicos?	B
6. Existe un programa de ahorro de agua?	B
7. Estimulan al personal y a los visitantes a ahorrar agua?	B
8. Se tienen carteles cerca de las llaves recordando el ahorro del agua?	B
9. Chequean continuamente el sistema de acueducto para evaluar el comportamiento del consumo?	B
10. Existen submedidores en diferentes áreas?	B
11. Existen equipos de detección de fugas?	B
12. Se mantienen cerrados los grifos y duchas cuando no se usan?	B
13. Se ha estudiado la posibilidad de reutilizar el agua?	B
14. Existe la posibilidad de reutilizar el agua?	A
15. Se reutiliza el agua de lavado?	B
16. Se hacen inspecciones en busca de fugas o grifos con goteras?	B
17. Es necesario el uso del agua en el momento de llevar a cabo el mantenimiento de las maquinas?	A
18. Luego de llevar a cabo las tareas de limpieza (aseo general de la planta) el agua se vierte al sistema de alcantarillado?	A
19. Es tratada el agua antes de su vertimiento?	B



<b>Sección: ENERGÍA</b>	<b>Clasificación</b>
20. El consumo de energía puede considerarse significativo?	A
21. Conoce cuanta energía se consume en total y cuanta en las diferentes áreas de la planta?	B
22. Se han fijado objetivos para reducir el consumo de energía?	B
23. Se revisa cada mes el consumo de energía con el fin de detectar maquinas con mal funcionamiento?	B
24. Existe algún programa de ahorro de energía?	B
25. Usan fuentes de energía mas económicas como gas nat.?	B
26. Existe la posibilidad de sustituir la energía eléctrica por gas natural?	A
27. Se dejan las luces encendidas en los baños cuando no se están usando?	A
28. Se hace un mantenimiento periódico programado para las maquinas?	B
29. Se han reemplazado los equipos viejos por alternativas que sean más eficientes energéticamente?	B
30. Se tienen ajustados los niveles de iluminación?	B
31. Se han instalado lámparas de bajo consumo de energía?	B
32. Se encienden las luces de la planta solo cuando la luz natural es insuficiente?	B
33. Se Usan los sistemas de extracción sólo cuando es necesario?	B

<b>Sección: RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>Clasificación</b>
34. La cantidad de residuos sólidos es significativa?	A
35. Se monitorean los tipos y cantidades de residuos generados?	B
36. Conocen los costos mensuales por la disposición de los residuos generados?	B
37. Existen programas para minimizar, reducir y reciclar los residuos?	B
38. Estimulan a los empleados a efectuar sugerencias para minimizar desechos?	B
39. Se cuenta con programas de separación de residuos?	B
40. Se hace una separación de papel, plástico y vidrio?	B
41. Se recicla el papel de oficina?	B
42. Se separan los residuos líquidos de los sólidos?	B
43. Cuentan con áreas de almacenamiento para desechos tóxicos o peligrosos?	B
44. Se tiene predilección por productos que vengan en material reciclado?	B
45. Se adquieren productos de limpieza con el mínimo de químicos peligrosos?	B
46. Evitan el uso de productos no amigables con el medio ambiente?	B

Al haber desarrollado y analizado la lista de chequeo empleada en la realización de este proyecto se desarrolló, a manera de recomendación, una lista de chequeo final que podrá ser aplicada en el futuro cuando deseen llevar a cabo nuevos estudios de P+L en el sector metalmeccánico. Esta nueva lista de chequeo se enfatiza en las preguntas más relevantes para así obtener información mas clara y precisa, y se puede observar a continuación:

Figura 6. Encuesta propuesta para futuras visitas de evaluación a empresas metalmeccánicas

**ENCUESTA PROPUESTA**

**PARA VISITAS DE EVALUACIÓN A EMPRESAS METALMECCÁNICAS**

---

Nombre de la Empresa: \_\_\_\_\_  
Dirección y Teléfono: \_\_\_\_\_  
Página web o e-mail: \_\_\_\_\_  
Año en que fue fundada: \_\_\_\_\_  
Responsable: \_\_\_\_\_  
Entrevistado: \_\_\_\_\_

Actividad: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Numero de empleados fijos: \_\_\_\_\_  
Número de empleados subcontratados: \_\_\_\_\_

Insumos:

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Desechos y sus características: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Puntos a Evaluar:

AGUA	SI	NO	Observaciones
• El consumo de agua puede considerarse significativo?			
• El agua que se emplea se devuelve al sistema de alcantarillado con algún tipo de sólidos suspendidos?			De que tipo?:
• Se mantiene un registro del consumo de agua por medio de las facturas mensuales de los servicios públicos?			
• Existe un programa de ahorro de agua?			Cual?:
• Existen submedidores en diferentes áreas?			
• Se mantienen cerrados los grifos y duchas cuando no se usan?			
• Es posible reutilizar el agua dentro de la empresa?			
• Se reutiliza el agua de lavado?			
• Se hacen inspecciones en busca de fugas o grifos con goteras? Existen equipos de detección de fugas?			
• Luego de llevar a cabo las tareas de limpieza (aseo general de la planta) el agua se vierte al sistema de alcantarillado?			
• Es tratada el agua antes de su vertimiento?			Como?:

ENERGÍA	SI	NO	Observaciones
• El consumo de energía puede considerarse significativo?			
• Conoce cuanta energía se consume en total y cuanta en las diferentes áreas de la planta?			
• Se han fijado objetivos para reducir el consumo de energía?			
• Se revisa cada mes el consumo de energía con el fin de detectar maquinas con mal funcionamiento?			
• Existe algún programa de ahorro de energía?			Cual?:
• Existe la posibilidad de sustituir la energía eléctrica por gas natural u otra fuente de energía más económica? usan alguna?			En que áreas?:

<b>ENERGÍA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
• Se dejan las luces encendidas en los baños cuando no se están usando?			
• Se hace un mantenimiento periódico programado para las maquinas?			Cada cuanto?
• Se han reemplazado los equipos viejos por alternativas que sean más eficientes energéticamente?			
• Se tienen ajustados los niveles de iluminación?			
• Se han instalado lámparas de bajo consumo de energía?			De que tipo?
• Se encienden las luces de la planta solo cuando la luz natural es insuficiente?			

<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observaciones</b>
• La cantidad de residuos sólidos es significativa?			Que porcentaje de residuos se genera (con respecto a los insumos)?
• Se monitorean los tipos y cantidades de residuos generados?			Como?:
• Conocen los costos mensuales por la disposición de los residuos generados?			Cuanto?:
• Existen programas para minimizar, reducir y reciclar los residuos?			Cuales?:
• Estimulan a los empleados a efectuar sugerencias para minimizar desechos?			Como?
• Se cuenta con programas de separación de residuos?			Cuales?:
• Se recicla el papel de oficina?			
• Cuentan con áreas de almacenamiento especiales para lubricantes, refrigerantes, pipetas de gas, etc?			

- En que parte de la empresa, o de sus procesos, cree usted que existe un mayor consumo de agua? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- En que parte de la empresa, o de sus procesos, cree usted que existe un mayor consumo de energía? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- En que parte de la empresa, o de sus procesos, cree usted que existe la mayor generación de residuos sólidos? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Realiza trabajos fuera de su planta? Cuenta con equipos móviles para trabajos externos? Que equipos? Que tipo de trabajos?  
\_\_\_\_\_
- Cree usted que de alguna manera su empresa colabora con el cuidado del medio ambiente? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Estaría usted dispuesto a implementar un programa de Producción más Limpia, o algún otro tipo de programa ambiental, dentro de su empresa? Cual?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Observaciones Generales: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 4.2 SELECCIÓN DE LA EMPRESA

Luego de haber cuantificado cada respuesta, se empleó la siguiente fórmula para el cálculo del puntaje total obtenido por cada una de las empresas:

$$P_T = \frac{\sum \text{Puntos Obtenidos}}{\text{Número Total de Preguntas} - \text{Número de Preguntas que No Aplican}}$$

Los puntajes totales ( $P_T$ ) obtenidos se pueden observar en la Tabla 9.

Tabla 9. Puntajes totales de las empresas

EMPRESA	PUNTAJE OBTENIDO	PREGUNTAS NA	PUNTAJE TOTAL
1. SERIDME	29	4	0.69
2. IND. METALMEC. SAN JUDAS LTDA.	31	3	0.72
3. TALLER IND. COAL LTDA	19	7	0.48
4. INDUSTRIAS ALAN LTDA	18	9	0.48
5. TALLERES UNIDOS	26	0	0.56
6. LAGUMOR	25	3	0.58
7. IMEC – IND. METALMEC. DE LA COSTA	20	8	0.52
8. TALLER PALMER	30	4	0.71
9. BUSTO REYES Y CIA LTDA.	23	9	0.62
10. METALPREST – METALMEC. DE PRECISION	26	7	0.66
11. TALLER IGNACIO SIERRA SUC. LTDA	27	6	0.67
12. INDUSTRIAS FERVILL	30	2	0.68
13. TALLER IND. SERVITEC	25	6	0.62
14. DISTRIBUIDORA DE METALES	19	11	0.54

Dentro de estos resultados tenemos que las cinco empresas que obtuvieron el mayor puntaje y que podrían ser escogidas para emplearse como prueba piloto son:

1. INDUSTRIAS METALMECANICA SAN JUDAS LTDA
2. TALLER PALMER
3. SERIDME
4. INDUSTRIAS FERVILL
5. TALLER IGNACIO SIERRA SUCESORES LTDA

Igualmente se emplearon otros factores como son: tamaño de la empresa, interés en el proyecto y la diversidad de procesos empleados. De entre las empresas preseleccionadas, la que cumple en un mayor grado lo anterior es **INDUSTRIAS FERVILL**, por lo que fue esta la elegida para ser usada como prueba piloto.

#### 4.3 ANÁLISIS DETALLADO DE LOS PUNTOS CRÍTICOS CONTAMINANTES.

Habiendo escogido la empresa, se prosigue con el análisis detallado de los puntos críticos contaminantes en busca de identificar posibles soluciones para la generación de desperdicios.

Para el análisis de estas actividades fue necesario desarrollar diagramas de flujo de proceso (cursograma analítico), diagramas de recorrido y balances de materia; así como también se realizaron búsquedas e investigaciones sobre alternativas de cambios en los procesos, materia prima y manejo de los desechos. Todo esto se desarrolló a partir de la información obtenida y de lo observado en las visitas.

Las herramientas empleadas en esta investigación se explicarán a continuación:






El diagrama de flujo de procesos o cursograma analítico, es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a exámenes, mediante el símbolo que corresponda. Dichos diagramas poseen 3 bases posibles:

- El operario: diagrama de lo que hace la persona que trabaja .
- El material: diagrama de cómo se manipula o trata el material.
- El equipo o maquinaria: diagrama de cómo se emplean.

El diagrama de flujo de procesos de los materiales siguen los pasos realizados en un componente o material durante todo el proceso o procedimiento. El diagrama del operario sigue a una persona indicando todas las actividades que esta realiza. El de los materiales es más útil para echar un vistazo general a las operaciones de producción, mientras que el del operario es mejor para las operaciones de mantenimiento o servicio, pero deben ser diagramas separados.



Los símbolos empleados en este diagrama son los siguientes:

- |  |  |
|--|--|
|  Operación.                 |  Inspección.                    |
|  Transporte.                |  Depósito provisional o espera. |
|  Almacenamiento permanente. |  |

En cuanto a los diagramas de recorrido, estos son esquemas de disposición de los pisos y edificios que muestran la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo de procesos. La ruta del material o del operario que se ha graficado con el recorrido del proceso se sigue en el diagrama de recorrido por medio de líneas. Cada actividad se localiza e identifica en el diagrama de recorrido por medio de un símbolo y un número que corresponden al diagrama de flujo de procesos.

El diagrama de recorrido se convierte en un anexo necesario de cualquier cursograma analítico en el que el movimiento sea un factor importante, ya que muestra los retrocesos, los recorridos excesivos y los congestionamiento de tráfico, al tiempo que sirve de guía para una mejor distribución.

Por último, los balances de materia son una herramienta fundamental para la elaboración de modelos cualitativos, cuantitativos y análisis matemático. Visto desde el punto de vista “contable” es una definición de entradas y salidas, pero también de las transformaciones al interior de los procesos. Esta metodología de análisis se puede aplicar a cualquier actividad.

El balance de materia nos permite, no sólo definir las sustancias que manejamos, sino también cuantificarlas y definir las transformaciones que sufren. Finalmente nos ayuda a definir que hacer con ellas una vez usadas.

En principio elemental, en un balance de materia sin reacción química (como la que se presenta en los procesos mencionados del sector), la cantidad de materia que entra en un proceso es la misma que sale, ya sea si se mira en peso o energía.

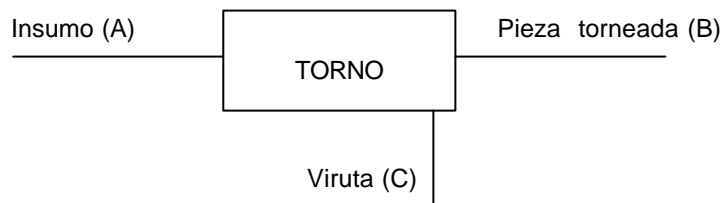
En adelante se analizarán de forma detallada cada uno de los procesos arriba identificados como puntos contaminantes, usando las herramientas mencionadas. Para una mejor comprensión se expondrán ejemplos de la empresa tomada como prueba piloto FERVILL LTDA.

4.3.1 Procesos de torneado. Los insumos principales usados para este proceso son: acero al carbón, acero inoxidable, bronce, aluminio galvanizado, teflón y otros tipos de metales dependiendo del trabajo y requerimientos del cliente, cuyas presentaciones son usualmente en forma de: láminas, platinas, ejes, tubos, ángulos u otros.

Como bien se había mencionado antes, el desperdicio generado en la actividad de torneado tiene forma de viruta, siendo aproximadamente un 20% de los insumos

empleados en cada tarea. Esta cifra depende de las características de la materia prima, del trabajo a realizar y del orden en que se presente el proceso, es decir, si en primer lugar la pieza requiere ser torneada la generación de viruta tiende a ser mayor, a diferencia de que si el proceso torneado es precedido por algún otro en el que ha sido modelada la pieza.

El balance de materia para este proceso es el siguiente:



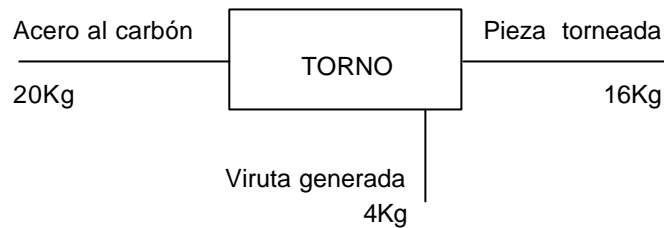
En el caso que un cliente requiera una pieza cualquiera fabricada en acero al carbón, en la que sea necesaria emplear 20 Kg de material y sabiendo que la viruta generada corresponde al 20% de los insumos usados, el balance de materia sería el siguiente:

$$A = B + C$$

Donde:  $C = 0,2 * A$ , por lo que se deduce que siendo este un

balance de materia sin reacción química,  $B = 0,8 * A$

Entonces, siendo  $A = 20$  Kg, la viruta generada (C) sería igual a 4 Kg y la pieza final (B) tendría un peso de 16Kg.



Siendo el torneado una actividad necesaria para la elaboración de un sin número de piezas se convierte así pues en un proceso indispensable para el sector, por lo que no se puede buscar reemplazo para él. Del balance de materia se puede concluir que existe un alto grado de generación de virutas que debe ser corregido<sup>19</sup>.

En el cursograma analítico 1 (ver Anexo F) se explica paso a paso como un operario realiza el proceso de torneado<sup>20</sup>; en el cursograma analítico 6 (ver Anexo G) se muestra como se somete el material a dicho proceso; y como complemento a estos, se presenta el diagrama de recorrido 1 (ver Anexo H) mostrando los movimientos dentro de la planta requeridos para llevar a cabo esta actividad<sup>21</sup>. Un ejemplo de las conclusiones que se pueden lograr con el uso de estos diagramas son:

---

<sup>19</sup> Las soluciones propuestas serán expuestas más adelante en el Capítulo 5

<sup>20</sup> A manera de ejemplo, se desarrollaron todos los cursogramas analíticos en la empresa elegida como prueba piloto FERVILL LTDA.

<sup>21</sup> A manera de ejemplo, se desarrollaron todos los diagramas en la empresa elegida como prueba piloto FERVILL LTDA.

- Teniendo en cuenta la secuencia de actividades, la ubicación de las máquinas no es la apropiada, lo que lleva a los operarios a recorrer grandes distancias y perder en ello tiempo que puede ser empleado para llevar a cabo otras actividades.
- Una gran parte del área de producción se encuentra actualmente ocupada por chatarra, piezas inservibles, materiales para re usar y otros elementos que se pueden considerar como desperdicio, obstaculizando la labor de los empleados.
- Como se pueden apreciar en el plano, no existen áreas demarcadas ni para los procesos, ni para la circulación del montacargas, lo que ocasiona constantes interrupciones por el hecho de compartir el área con otros operarios.
- La acumulación de chatarra impide al operario del montacargas llevar a cabo los movimientos de forma segura, debido a la poca visibilidad que posee.
- El área de producción se encuentra dividida en dos niveles y el acceso al nivel superior está limitada a una pequeña rampa ubicada en una zona donde, por lo general, se encuentran operarios haciendo trabajos de soldadura. Todos estos factores juntos aumentan los riesgos de accidentes laborales e impiden el flujo libre de materiales y personas hacia esta área.

- El acceso a la planta para la carga o descarga de materia prima, productos terminados, evacuación de desechos, chatarra y otros elementos se encuentra restringida a un solo portón que comunica a la empresa con una calle angosta que dificulta el ingreso de grandes vehículos.

En el desarrollo de las soluciones se seguirán planteando nuevas conclusiones.

4.3.2 Procesos de fresado, taladrado y cepillado. Al igual que para el proceso de torneado, los insumos principales usados para estas actividades lo conforman: acero al carbón, acero inoxidable, bronce, aluminio galvanizado, teflón y otros tipos de metales dependiendo del trabajo y requerimientos del cliente, todos en forma de láminas, platinas, ejes, tubos, ángulos u otras presentaciones.

El desperdicio generado en las actividades tiene forma de viruta, y lo conforma aproximadamente el 20% de los insumos empleados en cada tarea, dependiendo igualmente de las características de la materia prima, del trabajo a realizar y del orden en que se presente el proceso.

El balance de materia para estos tres procesos sería igual que el realizado para la actividad de torneado y por ende las conclusiones también coinciden en que la generación de viruta se presenta en un alto grado.

La siguiente tabla relaciona los distintos cursogramas analíticos y diagramas de recorrido a sus respectivos procesos:

Tabla 10. Listado de diagramas

PROCESO	DIAGRAMA	ANEXO
FRESADO	Cursograma analítico Hombre 2	Anexo F
	Cursograma analítico Materiales 7	Anexo G
	Diagrama de Recorrido 2	Anexo H
CEPILLADO	Cursograma analítico Hombre 3	Anexo F
	Cursograma analítico Materiales 8	Anexo G
	Diagrama de Recorrido 3	Anexo H
TALADRADO	Cursograma analítico Hombre 4	Anexo F
	Cursograma analítico Materiales 9	Anexo G
	Diagrama de Recorrido 4	Anexo H

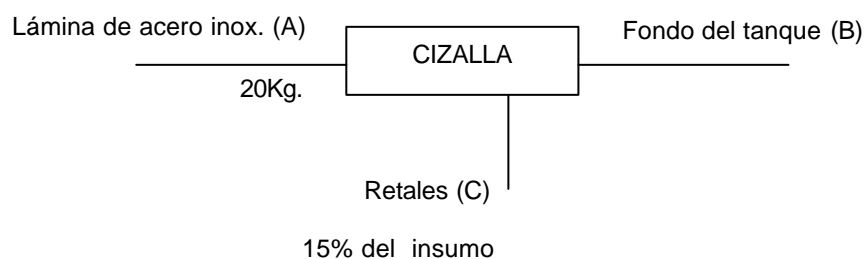
Los cursogramas analíticos y diagramas de recorrido para estos tres procesos poseen gran similitud con los generados para el proceso de torneado, esto debido a las características de las operaciones y a que las máquinas se encuentran ubicadas actualmente en una misma área. Con esto se deduce que las conclusiones generadas a partir de los diagramas son iguales.

4.3.3 Otros procesos. El conjunto de procesos que no clasifican como puntos críticos contaminantes poseen como insumos los antes ya mencionados: acero al carbón, acero inoxidable, bronce, aluminio galvanizado, teflón y otros tipos de metales dependiendo del trabajo y requerimientos del cliente, todos en forma de láminas, platinas, ejes, tubos, ángulos u otras presentaciones.

Ya que el desperdicio de estos no son significativos, se analizaron en conjunto todos los procesos. A manera de ejemplo se planteará la fabricación de un tanque metálico sin tapa que agrupará la mayoría de las actividades:

En el caso que un cliente requiera un tanque metálico sin tapa fabricado en acero inoxidable, en el que es necesario emplear 100 Kg de material y sabiendo que el porcentaje de desperdicio que generan cada proceso es como sigue: corte: 15% en forma de retales, soldadura: 2% en forma de escoria, y pulido: 2% en forma de polvillo que contiene partículas del material, residuos de lija, residuos de piedra de esmeril, entre otros, el balance de materia sería el siguiente:

Fabricación del fondo del tanque:





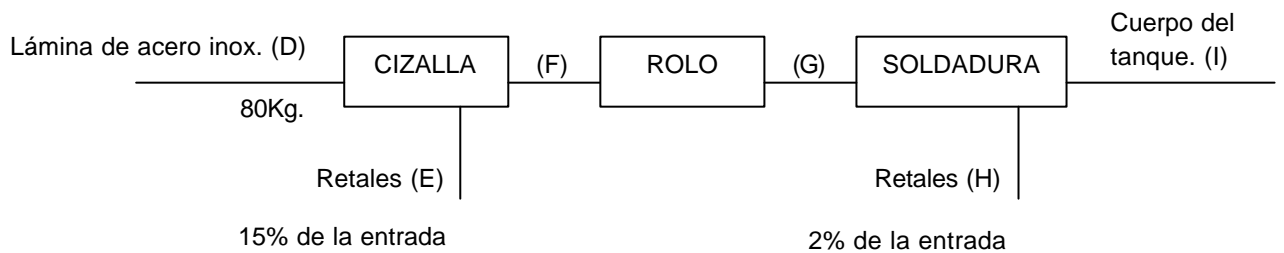
Los cálculos son los siguientes,

$$A = B + C$$

Donde:  $C = 0,15 * A$ , por lo que se deduce que siendo este un balance de materia sin reacción química,  $B = 0,85 * A$

Entonces, siendo  $A = 20\text{Kg}$ , el peso de los retales generados ( $C$ ) sería igual a  $3\text{Kg}$  y el fondo del tanque ( $B$ ) tendría un peso final de  $17\text{Kg}$ .

Fabricación del cuerpo del tanque:



Para efectos del balance de materia, este proceso se analizará tomando cada actividad como un sistema independiente.

Para el proceso de corte empleando la Cizalla eléctrica, los cálculos son los siguientes:

$$D = E + F$$

Donde:  $E = 0,15 * D$ , por lo que se deduce que siendo este un balance de materia sin reacción química,  $F = 0,85 * D$

Entonces, siendo  $D = 80\text{Kg}$ , el peso de los retales generados ( $E$ ) sería igual a  $12\text{Kg}$  y el material cortado ( $F$ ) tendría un peso final de  $68\text{Kg}$ .

Para el proceso de rolado, los cálculos son:

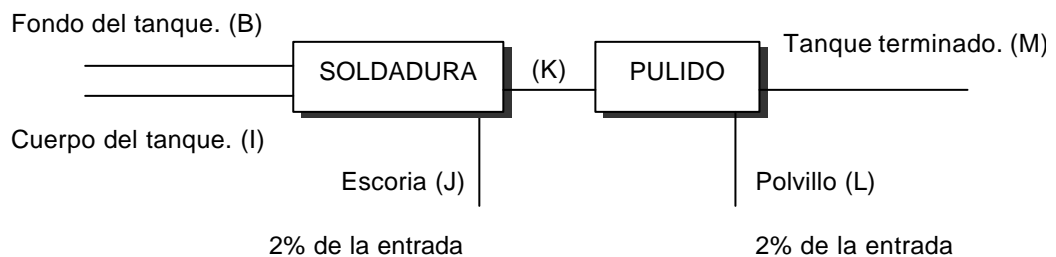
$F = G$  Ya que en el proceso de rolado no se presenta desperdicio por ser un proceso de mecanizado sin arranque de viruta. Por lo tanto se deduce que el material rolado ( $G$ ) tiene un peso de  $68\text{Kg}$ .

Por último para la actividad de soldadura los cálculos son:

$G = H+I$  Donde:  $H = 0,02 * G$ , por lo que se deduce que siendo este un balance de materia sin reacción química,  $I = 0,98 * G$

Siendo  $G = 68\text{Kg}$ , el peso de la escoria generada ( $H$ ) sería igual a  $1,36\text{Kg}$  y el cuerpo del tanque ( $I$ ) tendría un peso final de  $66,64\text{Kg}$ .

Ensamble del tanque:



Al igual que en el caso anterior, se analizará cada actividad como un sistema independiente en el momento de realizar el balance de materia.

Para la actividad de soldadura, los cálculos son los siguientes:

$B+I = J+K$                       Donde:  $J = 0,02*(B+I)$ , por lo que se deduce que siendo este un balance de materia sin reacción química,  $K = 0,98*(B+I)$ .

Siendo  $B = 17Kg$  y  $I = 66,64Kg$ , el peso de la escoria generada ( $J$ ) sería igual a 1,67Kg y el tanque ensamblado ( $K$ ) tendría un peso de 81,97Kg.

Para la actividad de pulido, los cálculos son los siguientes:

$K = L+M$                       Donde:  $L = 0,02*(K)$ , por lo que se deduce que siendo este un balance de materia sin reacción química,  $M = 0,98*(K)$ .

Siendo  $K = 81,97Kg$ , el peso del polvillo generado ( $L$ ) sería igual a 1,64Kg y el tanque terminado ( $M$ ) tendría un peso final de 80,33Kg.

En general, de los 100 Kg. de acero inoxidable usados para la fabricación del tanque metálico sin tapa, 80.33 Kg conforman el tanque, 15 Kg salieron del proceso en forma de retales de lámina los cuales se pueden re usar para la fabricación de otro producto, 3.03 Kg salieron en forma de escoria imposible de re

usar, y 1.64 Kg salieron en forma de polvillo. Es decir, el proceso generó en total 4.67 Kg de desperdicio.

De este balance de materia se concluye que aunque la cantidad de desperdicio aparenta ser considerable, se debe tener en cuenta que corresponde solo al 4,67% de los insumos. Son muy pocas las metalmecánicas de la ciudad que llevan a cabo proyectos de esta magnitud debido a que su infraestructura no se los permite, es por esto que dichos procesos no son considerados puntos críticos contaminantes. A pesar de ello, se realizó un análisis usando cursogramas analíticos y diagramas de recorrido buscando la productividad en los procesos.

En el cursograma analítico 5 (ver anexo F) se presenta paso a paso las etapas que requiere un operario para llevar a cabo esta actividad, en el cursograma analítico 10 (ver anexo G) se muestra las transformaciones a las que se ve sometido el materia a lo largo del proceso, y finalmente, en el diagrama de recorrido 5 (ver anexo H) se presentan los movimientos necesarios dentro de la planta.

Habiendo elegido la empresa que será empleada como prueba piloto y de haber analizado los puntos críticos contaminantes, se desarrollará en el próximo capítulo un portafolio de posibles soluciones para las empresas del sector metalmecánico.

## **5. PROPUESTA DE SOLUCIONES – SELECCIÓN DE VIABILIDAD**

En este capítulo se plantearán las diferentes propuestas generadas para los problemas del sector metalmecánico. Aquellas que se consideren más viables serán analizadas en un mayor grado.

### **5.1 PROPUESTA DE SOLUCIONES EN EL MANEJO DE LAS MATERIAS PRIMAS Y EN LOS PROCESOS**

Entre los problemas a los que se tienen que enfrentar las industrias metalmecánicas de la ciudad de Cartagena, como se había mencionado anteriormente, se encuentran: una alta generación de viruta y retales, una excesiva acumulación de chatarra en sus locales, formación de polvillo, escoria, contaminación por sólidos suspendidos, entre otros.

Las soluciones propuestas para eliminar y evitar dichos problemas son las siguientes:

- No mantener inventario de materia prima.

Con esto se busca que las empresas metalmecánicas compren en el último momento posible la materia prima que se necesite, con el objeto de adquirirlas con las menores dimensiones posibles (las más acercadas a las dimensiones de la pieza a fabricar) y así generar la menor cantidad de desperdicio.

Para esto se necesita tener un conjunto de proveedores confiables, cuya disposición de materiales, tiempos de entrega y cumplimiento sean sobresalientes.

- Subcontratar el proceso corte con los proveedores.

Los procesos de corte son la principal fuente de generación de retales, esto debido a que en muchas ocasiones las dimensiones de las láminas, ejes y demás materiales exceden las dimensiones necesitadas. Es por ello que se recomienda implementar mecanismos de cooperación con los proveedores de manera que este logre entregar la materia prima de acuerdo a lo que las empresas metalmecánicas requieren.

Para implementar esta mejora es necesario establecer un convenio con los proveedores sobre el precio de compra de los materiales (disminuir los precios de compra a cambio de prioridad en la selección del proveedor) y el compromiso de suministrar los insumos en las dimensiones necesitadas. El

sobrecosto del material lo cubrirá la disminución en las pérdidas por retales, generación de desperdicios y por el aumento en la capacidad física de la planta (por no necesitar almacenes de materia prima, ni espacio en áreas de producción para la disposición de chatarra).

- Prensado y reventa de viruta

Actualmente la viruta no es comercialmente atractiva por lo poco aprovechable que es en el proceso de fundición (posee gran volumen y poco peso), siendo su disposición final el relleno sanitario de la ciudad.

Una solución para este desperdicio es idear una manera de comprimirla (poco volumen y mucho peso) para volverla atractiva a las empresas fundidoras y re usarlas en la creación de nuevos insumos.

- Viruta artesanal

Otro uso es emplearla como insumo en la creación de obras artísticas y objetos decorativos, diseños de nuevos productos y otros artefactos.

Aquí las empresas se beneficiarían al vender los desechos, y los artesanos por su parte, crearían un producto con una etiqueta de “Producto Amigable al Medio Ambiente”.

- Uso del agua.

Aunque en muy pocas empresas el uso del agua se puede considerar significativo según el estudio, se decidió buscar soluciones a los problemas generados por aquellos procedimientos en donde el agua es empleada para la realización de pruebas, como lo son el caso de las pruebas de tanques.

Para aprovechar el agua de mejor manera, se recomienda diseñar un sistema para re circularla y emplearla en otras actividades en donde no importe su potabilidad, como por ejemplo en funciones sanitarias que no contemplen el contacto directo con la piel, en tareas generales de limpieza de la planta, en la prueba de tanques de menor capacidad, etc.

- Re venta de agua.

En la búsqueda de otras soluciones para el problema del mal uso del agua, se puede crear convenios con otras empresas para la reventa de este insumo, como por ejemplo a las empresas sacrificadoras de ganado las cuales consumen grandes cantidades de agua para la limpieza de las zonas de desangrado, o cualquier otra empresas que la necesite para efectos de aseo general.

- Otras alternativa para las pruebas de tanques.

Una alternativa para evitar el empleo de agua en las pruebas de tanques, es que estas se lleven a cabo usando aire a presión. La idea es someter a cada



producto en prueba a presiones iguales a las generadas por la misma cantidad de agua usada y controlar los escapes mediante manómetros.

- Nueva distribución de áreas y de máquinas dentro de las plantas

En la gran mayoría de las empresas metalmecánicas de la ciudad de Cartagena, la ubicación de las máquinas no siempre es la más apropiada, ocasionándole a los operarios recorrer grandes distancias y perder con ello tiempo productivo. Una nueva distribución logrará reorganizar las áreas y maquina por procesos, de tal forma que se disminuyan los recorridos y se aproveche al máximo el espacio con que se cuenta.

Es común en las empresas de este sector esta situación debido a que muchas de ellas nacieron como talleres con pocas máquinas y a medida que fueron creciendo ampliaron sus locales, adquirieron nuevos equipos y en muchas ocasiones los espacios físicos no fueron bien distribuidos.

Un ejemplo de ello se observó en la empresa analizada (FERVILL LTDA.) en donde la distribución de la planta no era la ideal. Basándose en la distribución actual (ver Anexo D) se propone una nueva distribución (ver Anexo E) que permitirá a la empresa aumentar su capacidad física y productiva, y de esta forma realizar de manera mas organizada el trabajo dentro de la planta.

En la distribución propuesta se realizaron los siguientes cambios:

- Una nueva distribución de maquinas
- Una nueva distribución de áreas
- La habilitación de una nueva vía de acceso
- Una nueva rampa para el acceso al segundo nivel del área de producción
- La demarcación de las áreas de producción
- La demarcación de las áreas para circulación del montacargas

La implementación de los cambios propuestos traerán mejoras en la productividad de la empresa, la disminución de los recorridos de los operarios, el aumento de los tiempos disponibles para nuevas tareas, la mejora de los controles, la disminución de riesgos laborales debido al establecimiento de pasillos para la circulación del montacargas, la demarcación de las áreas de trabajo y del despeje de desperdicios en las áreas de producción.

Otros análisis que se realizaron en la empresa empleada para la prueba piloto fueron los cursogramas analíticos y los diagramas de recorrido para los procesos de torneado, fresado, cepillado, taladrado y para la fabricación de tanques metálicos, que se pueden observar en los anexos F, G, H e I. Es importante aclarar que dentro de los cursogramas analíticos se encuentran relacionadas, en

el resumen, tanto la situación actual como la propuesta ya que las actividades no varían, a diferencia de las distancias recorridas las cuales disminuyen, producto de la nueva distribución propuesta.

## 5.2 PROPUESTAS DE SOLUCIONES MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE OTRAS HERRAMIENTAS.

Para aumentar la productividad en las empresas metalmecánicas se pueden aplicar herramientas de mejora continua como son: las Buenas Practicas de Manejo y la filosofía de las 5S.

5.2.1 Buenas prácticas de manejo<sup>22</sup>. El objetivo de las BPM es habilitar a las empresas metalmecánicas a identificar las medidas de sentido común, simple y práctico que pueden llevarse a cabo para reducir los costos de producción, incrementar la productividad total de las empresas y disminuir el impacto ambiental.

Las Buenas prácticas de Manejo en la industria se refieren al número de medidas, que se relacionen con la prevención de pérdida de materias primas, minimización de residuos, ahorro de agua, ahorro de energía y mejorar los procedimientos de

---

<sup>22</sup> Entiéndase de ahora en adelante BPM como Buenas Prácticas de Manejo

operación y organización, mejorando así la productividad y reduciendo el impacto ambiental de sus operaciones.

El uso de las BPM pretende:

- La racionalización en el uso de materias primas, agua, y suministros de energía.
- La reducción de volumen y / o de residuos tóxicos, aguas residuales, y lo relativo a las emisiones del proceso productivo.
- La reutilización y reciclaje máximo de las materias primas y empaque de materiales.
- El mejoramiento de las condiciones de trabajo y seguridad ocupacional en la empresa.

La adopción de dichas prácticas en las empresas del sector pueden reducir la contaminación generada, con lo cual mejorará su imagen y la de sus productos ante los consumidores, proveedores, vecinos y autoridades regulatorias. La implementación de estas prácticas es relativamente sencilla y el costo no es muy elevado.

Para poder llevarlas a cabo se necesita:

- Cultura Organizacional.

El éxito en la reducción de los residuos de las empresas está relacionada directamente con el cambio de comportamiento organizacional y a la creación de una cultura de productividad y minimización de desperdicios en todos los niveles en la empresa.

- Conciencia del Problema.

Es importante para las empresas crear conciencia en sus empleados hacia el problema de contaminación e identificar las oportunidades para que se adopten las metodologías de P+L.

- Difusión de Información.

El manejo adecuado de los sistemas de información interna y la utilización de los procedimientos efectivos de las BPM en la empresa aseguran que los empleados estén informados y sepan como utilizar correctamente la información obtenida.

- Acciones Sencillas.

La adopción de las BPM no requieren inversiones mayores en tecnologías más limpias, las que podría ser muy costosas, especialmente para una empresa pequeña o mediana. El objetivo es mejorar continuamente los

procesos de producción a través de la implementación de pequeñas acciones que permitirán el uso más racional de los recursos y de optimizar los procesos de producción.

La implementación de las BPM requiere el uso de listas de control que abarquen 5 áreas básicas que son:

Área 1: reducir la pérdida / uso de materias primas y suministros

- Prevenir la generación innecesaria de residuos.
- Mantenimiento preventivo de la empresa.
- Establecimiento de planes y procedimientos efectivos en caso de emergencias.

Área 2: control responsable de residuos

- Separar los residuos en diferentes categorías.
- Reutilizar / reciclar residuos como materiales primarios.
- Ordenar los residuos de manera económicamente eficiente y sin dañar el ambiente.

### Área 3: manejo efectivo y transferencia de materiales y productos

- Asegurar el buen manejo y el almacenamiento.
- Establecer un control de inventarios efectivo.
- Conservando buenos registros.
- Planificando y optimizando la producción.

### Área 4: ahorro de agua

- Prevenir fugas y derrames.
- Reciclar el agua.
- Monitorear el uso de agua.

### Área 5: ahorro de energía

- Tener instalaciones eléctricas en buen estado.
- Monitorear el uso de energía.
- Recuperar y reciclar la energía.

Las medidas que pueden utilizarse para crear procesos más efectivos y lograr la integración de Buenas Prácticas de Manejo dentro de las operaciones diarias en las empresas son:

- Establecer objetivos reales, confiables para la reducción de residuos.
- Dar responsabilidad a un solo individuo dentro de cada departamento para cada acción específica llevada a cabo y para monitorear los resultados obtenidos en tiempo extra.
- Identificar los procesos en donde se utilizan mayores cantidades de agua y energía, y aquellos que generan un alto nivel de agua residual, y asignar prioridades de acción en estas áreas.
- Asignar responsabilidades para el control de residuos para tener una idea precisa acerca de las cantidades de residuos generados.
- Hacer un inventario regular de la materia prima.
- Adaptar y mejorar las habilidades del personal de acuerdo a las labores específicas para que sea competente respecto al proceso de producción.
- Capacitación respecto al personal.
- El manejo correcto de materiales para disminuir pérdidas y evitar riesgos y accidentes.



- El uso de equipos para el ahorro de agua, energía y materias primas (por ejemplo conservar el equipo en condiciones estándar, nivel continuo en lugar de cambio frecuente de alto y bajo poder).
- La detección y minimización de pérdidas de materia prima, aire, agua y residuos.
- Procedimientos de emergencia que pueden implementarse para minimizar la pérdida de materias primas.
- Monitorear regularmente la aplicación de procedimientos por empleados para asegurar su uso en la aplicación de ahorro de agua, energía y materias primas.
- Involucrar a los empleados en acciones voluntarias para reducir residuos y economizar agua, energía y materias primas.
- Empezar una "Limpieza de la empresa" regularmente cada año.

5.2.2 Las 5 S. El movimiento de las 5's toma su nombre de cinco palabras japonesas que constituyen el **housekeeping**<sup>23</sup> de la fábrica, la oficina o la casa y todas las palabras principian con la letra "S" que son:

- a. Seiri
- b. Seiton
- c. Seiso
- d. Seiketsu
- e. Shitsuke

Estas se pueden considerar como una filosofía, como una forma de vida en el trabajo diario.

En la actualidad practicar las 5's se ha vuelto algo indispensable para cualquier empresa que participa en el área de manufactura. Estos 5 ítems representan un punto de partida para cualquier empresa que busca ser reconocida como un fabricante responsable, apto para un status de clase mundial.

Las representaciones de cada uno de estos términos son los siguientes:

- a. Seiri

Significa diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios en el lugar de trabajo y descartar los innecesarios.

---

<sup>23</sup> Palabra en inglés que significa Mantener el Hogar

Por ejemplo en:

- El trabajo en proceso
- Las herramientas innecesarias
- La maquinaria no ocupada
- Los productos defectuosos
- Los papeles y documentos

Se debe establecer un tope sobre el número de artículos necesarios, ya que en el lugar de trabajo se encuentran toda clase de objetos y en el quehacer diario sólo se necesita un número pequeño de estos; muchos otros artículos no se utilizarán nunca o solo se necesitarán en un futuro lejano. Un método práctico consiste en retirar cualquier cosa que no se vaya a utilizar en los próximos treinta días.

Este concepto puede aplicarse también áreas de oficinas, clasificando los artículos de acuerdo a su uso.

b. Seiton

Palabra que significa poner en orden todos los elementos necesarios.

Todo objeto debe mantenerse en orden de manera que esté listas para ser utilizada cuando se necesite.

Cada artículo debe tener una ubicación, un nombre y un volumen (cantidad) designado (especificado claramente). Las herramientas deben colocarse al alcance de la mano y deben ser fáciles de recoger y regresar a su sitio.

c. Seiso

Este término significa mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo.

El mantener limpio los lugares de trabajo (incluido pisos, paredes) y las máquinas le ayuda a los operarios a descubrir muchos defectos de funcionamiento y problemas de operación, lo que les permite solucionarlos con facilidad. Se ha comprobado que la mayoría de las veces las fallas o averías en la máquinas comienzan con vibraciones debidas a tuercas y tornillos flojos, con la introducción de partículas extrañas como polvo o rebabas de metales, o con lubricación o engrases inadecuados.

d. Seiketsu

Significa extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores.

Significa mantener la limpieza de la persona por medio de uso de ropa de trabajo adecuada, lentes, guantes y zapatos de seguridad, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio.

Es sencillo llevar a cabo el primer paso (Seiri) una vez para realizar algunos mejoramientos, pero sin esfuerzo por continuar tales actividades muy pronto la situación volverá a lo que era originalmente. Para realizar esto continuamente, la gerencia debe diseñar sistemas y procedimientos que aseguren la continuidad.

e. Shitsuke

Palabra que significa construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5's mediante el establecimiento de estándares y seguir los procedimientos en el taller o lugar de trabajo.

Para poder practicar continuamente estos puntos las personas deben adquirir autodisciplina.

Entre los beneficios de adoptar las 5's encontramos:

- Ayudar a los empleados a adquirir autodisciplina.
- Destacar los tipos de desperdicios que existen en el lugar de trabajo.
- Señalar productos con defecto y excedentes de inventarios.
- Reducir movimiento innecesario.

- Permitir que se identifiquen y se solucionen los problemas relacionados con escasez de materiales, líneas desbalanceadas, averías en las maquinas y demoras en las entregas.
- Hacer visibles los problemas de calidad.
- Reducir los accidentes de trabajo
- Mejorar la eficiencia en el trabajo
- Reducir los costos de operación
- Aumentar el piso de trabajo disponible.

A continuación se presenta una guía practica que deberá seguir las diferentes empresas metalmecánicas de la ciudad de Cartagena en el momento de implementar la filosofía de las 5´s.

- Seiri y Seiton:

Para llevar a cabo esta primera tarea (Seiri) en las diferentes zonas de una empresa del sector, se siguió el siguiente sistema:

En primer lugar se debe definir claramente que se necesita dentro del espacio a evaluar. Lo que se necesita se guarda y lo que no, se debe desechar.

Para facilitar la implementación de esta S se puede diseñar un formato<sup>24</sup>, que permitía anotar los diferentes elementos que se pueden observar en el área evaluada, evitando así pasar por alto cualquier objeto. (Ver Figura 7)

Figura 7. Ejemplo de aplicación para el formato Seiri

<b>FORMATO SEIRI</b>			
<b>Lugar a Evaluar:</b> Área de Producción			
<b>Elemento</b>	<b>Desechar</b>	<b>Almacenar</b>	<b>Lugar donde se ubicará</b>
Herramientas		<b>x</b>	Almacén de Herramientas
Piezas de chatarra	<b>x</b>		-
Retales de grandes dimensiones		<b>x</b>	Bodega de Materia Prima
Retales de pequeñas dimensiones	<b>x</b>		-
Equipos de soldadura		<b>x</b>	Centros de Soldadura
Equipos de seguridad personal		<b>x</b>	Almacén de Herramientas

Una vez identificados aquellos elementos necesarios se procede a aplicar la segunda “S”: Seiton, organizando todos los objetos en sus áreas correspondientes.

A partir de la diligencia de este formato, se deberán crear todas las recomendaciones posibles para cumplir con el objetivo de las dos primeras “S”.

---

<sup>24</sup> Ver Formato Seiri

- Seiso:

Para la implementación de esta S, se sugiere seguir con un mismo sistema en todas las dependencias.

Limpieza no es solo barrer y limpiar maquinas; es algo que se debe integrar a las tareas diarias de mantenimiento dentro de la organización. Con una adecuada limpieza, los trabajadores de las empresas metalmecánicas podrían identificar fallas en sus equipos antes que sea necesario interrumpir la producción (mantenimiento preventivo), o identificar elementos que llegado el momento pueden ser desechados.

Es recomendable que el personal de producción al final de cada día de labor disponga de 15 minutos para realizar la limpieza de sus áreas de trabajo y de la maquinaria. Deberán, una vez finalizada la limpieza, entregar un informe en caso de detectar alguna posible falla, para que esta sea corregida de forma inmediata.

En cuanto al personal de oficinas, se recomienda asignar este mismo tiempo para revisar sus oficinas y desechar todo papel que ya no sea necesario, reciclando aquel que se pueda re usar<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> Estas hojas podrán ser empleadas por los diferentes dependientes para entregar sus anotaciones al final del día.



Lo que se busca es crear en el trabajador un sentido de pertenencia con la empresa al hacerse participe de su mantenimiento diario.

- Seiketsu:

En esta etapa lo que se debe pedir es que los operarios mantengan las áreas aseadas, es decir que mantengan lo logrado con la implementación de las primeras tres S. Para ello se recomienda que en la misma hoja de observaciones diligenciada al final de cada día, se anote lo que crean sea necesario para conservar la limpieza.

- Shitsuke:

Como en todo proceso que involucre disciplina, se requiere de energía por parte de las directivas para el correcto cumplimiento de lo establecido en las etapas anteriores. Son estos quienes deben dar el ejemplo a seguir.

Otra forma de mantener dicha disciplina es tomando un espacio cada dos semanas para recordarles a los operarios que esta implementación se a hecho en busca del beneficio común. De igual forma se recomienda publicar frases de apoyo a las 5`s en las diferentes carteleras de la empresa.

### 5.3 SOLUCIONES VIABLES SELECCIONADAS

En cuanto a las soluciones viables planteadas en el portafolio creado en el numeral anterior (en el caso de los desechos, retales, virutas y agua en prueba de tanques) se hará un análisis específico del porqué de la propuesta y se propone la forma de implementarse.

5.3.1 Solución para el desecho: Retales. La propuesta planteada para este tipo de residuos es la de llevar un *Sistema de Cero Inventarios*, para que las empresas adquieran sus insumos con las dimensiones más cercanas a las del producto a fabricar, acompañada de la *Subcontratación del Proceso de Cortado con los Proveedores*, fuente de generación de la mayor cantidad de retales.

Para la implementación de esta propuesta es aconsejable tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Selección de proveedores.

Esta es una pieza fundamental para la implementación de esta propuesta, pues los convenios que se alcancen a realizar con los proveedores serán la base para la viabilidad de esta solución.

La confiabilidad, la calidad y el buen desempeño de esta propuesta dependerá en gran parte del cumplimiento de las especificaciones de la materia prima y demás insumos que adquiera la empresa, y de la disponibilidad y el cumplimiento en las entregas por parte del proveedor; es por ello que la selección de estos requiere de un estricto cumplimiento de las siguientes etapas:

- a. Pre-evaluación. En esta etapa lo que se busca es reunir toda la información posible sobre los proveedores de los diferentes insumos, su disponibilidad, cumplimiento, etc. y que se encuentren de acuerdo en pactar el sistema de compra que requiere la empresa.

Dentro de los datos que se deben tener en cuenta en la pre-evaluación encontramos los siguientes:

- o Especificaciones Administrativas: certificado de constitución y gerencia, certificado que lo acredite como distribuidor o representante, certificado de industria y comercio, certificado de NIT o cédula de ciudadanía, legislación comercial de referencia, referencias comerciales como proveedor, estructura orgánica y funcional de la empresa, dirección comercial, teléfono y fax, lista de los funcionarios con quien comunicarse según el tema a tratar y por último el alcance de la responsabilidad funcional del proveedor.

- o Especificaciones Técnicas: sistema de producción y / o distribución, cantidades, lotes e inventarios propuestos, sistema de entrega y lugar de la misma.
- b. Evaluación. El objetivo de esta etapa es, estudiar e indagar aún más sobre los proveedores que hayan superado la etapa de pre-evaluación.

Será necesario recopilar la siguiente información:

- o Especificaciones Técnicas: certificación del sistema de calidad de la empresa, certificación de conformidad con normas para lotes y entregas, certificación de laboratorios y homologación de ensayos, métodos de ensayos utilizados, planes de muestreo y niveles de calidad, procedimientos técnicos y documentos para pedidos y entregas, servicio de atención al comprador, garantía de calidad.
- o Especificaciones Financieras: fotocopia autenticada de la declaración de renta, balance comercial, estado de perdidas y ganancias, flujo de fondos y de caja, proyecciones económicas del proponente, referencias bancarias, lista de precios, sistema de ajuste a los precios pactados, sistema de pago y descuento, póliza sobre

cumplimiento financiero, alcance de la responsabilidad financiera del proveedor.

- c. Calificación. En esta etapa se cuantifica, mediante un sencillo formato diseñado por cada empresa según sus prioridades, lo evaluado en la etapa anterior.

Un ejemplo de este método de calificación, desarrollado en el estudio, se puede apreciar en la Figura 8.

Las características que aparecen en el formato se darán de acuerdo a las prioridades de la empresa, así como también el porcentaje de ponderación que se le asigne a cada una de ellas.

La nota parcial posee un rango del 1 y al 10, y medirá el grado de cumplimiento de la característica según el proveedor. La calificación parcial será el resultado del producto entre la nota parcial y el porcentaje. Y por último la calificación total será la suma de las calificaciones parciales.

Figura 8. Ejemplo de formato para evaluación y calificación de proveedores

<b>EMPRESA METALMECÁNICA</b>				
FORMATO PARA EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES				
Proveedor:				
Dirección :				
Fecha:				
<i>Nota Parcial: Cada uno de los puntos se evalúa de 1 a 10</i>				
Característica		Nota Parcial	Porcentaje	Calificación
1.	Certificados y razones financieras		5%	
2.	Calidad de los insumos que ofrece		5%	
3.	Precio de los insumos		10%	
4.	Sistema de pago		5%	
5.	Descuentos		5%	
6.	Cumplimiento de envío (Sist. de entrega)		20%	
7.	Disponibilidad de insumos		20%	
8.	Garantía		5%	
9.	Servicio al cliente (seriedad del prov.)		5%	
10.	Conformidad con la necesidad de contratar el sistema de corte.		20%	
	<i>Otros</i>			
CALIFICACION TOTAL			100%	

d. *Registro.* En última etapa se organizarán las calificaciones totales de todos los proveedores, para designar quienes cumplen con la mayoría

de los requisitos. Estos serán quienes conformen en un futuro el grupo de proveedores de la empresa. Igualmente, se deberá llevar un registro de cumplimiento para cada uno de ellos con el objetivo de monitorearlos e identificar quien cumple con lo pactado, y quien no.

- Convenio con los Proveedores.

El pacto que firmen las empresas con los proveedores deberá contemplar todo lo relacionado con su disponibilidad y cumplimiento. Además deberá contener el convenio para suministrar la materia prima cortada, o sea, con las dimensiones que necesita la empresa y que generen la menor cantidad de desperdicio posible. Uno de los principales objetivos de este convenio es lograr mantener precios estables de la materia prima, incluyendo el proceso de corte, que sigan siendo atractivos para la empresa.

- Venta de Chatarras.

Luego de tener firmados los convenios con los proveedores, el siguiente paso consiste en vender toda la chatarra que se tenga hasta el momento, despejando las áreas de bodegas y en especial las áreas de producción.

Siendo mínima la producción de retales y de chatarra, luego de haber creado los convenios con los proveedores y de subcontratado el proceso de corte, es

conveniente no permitir la acumulación de nueva chatarra en la planta, para ello se ha asignado un área de desperdicios<sup>26</sup>.

Esta área deberá estar debidamente demarcada, ya que sus líneas de límite serán las guías que indicarán al jefe de producción cuando sea el momento de contactar a la empresa chatarrera para evacuarla (cuando la chatarra esté a punto de tocar alguna de las líneas límites).

Vale la pena aclarar que el proceso de corte será subcontratado con los proveedores, mas no eliminado del todo de los procesos de la empresa, ya que se presentarán casos en donde la materia prima suministrada necesite ser sometida a un nuevo proceso de cortado.

5.3.2 Solución para el desecho: Virutas. Para este tipo de residuos se ha considerado que la solución más viable consiste en *Comprimir la Viruta* para volverla atractiva a las empresas fundidoras y re usarlas en la creación de nuevos insumos.

En la implementación de esta solución se requiere:

---

<sup>26</sup> Ver área en el plano de distribución propuesta, Anexo E



- Organizar una micro empresa de recolectores.

Habiendo disminuido la producción de viruta debido al nuevo sistema de inventarios<sup>27</sup>, es necesario buscar una nueva solución para la viruta generada.

Teniendo en cuenta que una sola empresa metalmecánica no genera la suficiente viruta para que sea rentable compactarla y revenderla, es necesario crear un centro de recolección de virutas que abarque todo el sector.

Para la creación de este centro se buscaría el apoyo de la Asociación Colombiana de Pequeñas y Medianas Industrias - ACOPI - para que convocara a todos los recicladores informales y organizara a los interesados en hacer parte del proyecto.

Entre los beneficios de la implementación de esta solución se encontrará la ayuda a los menos afortunados, brindándoles una seguridad laboral al igual que un incremento en su calidad de vida y por ende la de sus familias. Por su parte las entidades relacionadas con el proyecto se verán beneficiadas por el cumplimiento de su labor como es la ayuda a la comunidad necesitada.

---

<sup>27</sup> Solución planteada en el numeral 5.3.1 *Solución para el desecho: Retales*

- Diseñar una compactadora de viruta.

Esta compactadora, será la herramienta esencial de trabajo para el centro de recolección de virutas.

Para su diseño se buscará la cooperación de las distintas universidades y centros de desarrollo industrial de Cartagena, por ejemplo, se le puede solicitar a la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar un grupo de estudiantes de Ingeniería Mecánica para que desarrollen la compactadora como su trabajo de grado y luego donarla para los propósitos del sector metalmecánico.

Una vez diseñada la compactadora se buscaría financiación, de los diferentes gremios de la ciudad, la Incubadora de Empresa de Bolívar o empresas privadas interesadas en el proyecto, para su fabricación.

- Crear convenios con los recolectores

El objetivo de estos convenios es sectorizar a cada reciclador y crear horarios de recolección de virutas para cada una de las empresas. Además se fijarán precios muy bajos que deberán pagar los recolectores por cada kilo de viruta recogida, inversión que será recuperada al revender la viruta comprimida a las empresas fundidoras.

El dinero recogido por la venta de la viruta será destinado a un fondo que tendrá cada empresa con el fin de motivar a sus empleados en la recolección de esta, usándola en celebraciones que permitan la integración de los empleados y sus familias.

Para finalizar se concluye que las metalmecánicas serán una de las mas beneficiadas con la implementación de esta propuesta, ya que no sólo disminuirán su impacto ambiental y obtendrán un beneficio económico de esto, sino que además mantendrán a sus empleados motivados, lo que los hará mas productivos.

5.3.3 Solución para el desecho: Agua empleada en prueba de tanques. Uno de los factores identificados en las visitas y entrevistas fue que las empresas metalmecánicas estaban de acuerdo con implementar las metodologías de Producción más Limpia, mas no dispuestas a hacer grandes inversiones. Es por esto que uno de los principales criterios de elección de las diferentes soluciones para los desechos fue el costo que esta podía significar para la empresa.

Luego de analizar las alternativas propuestas para la eliminación o manejo del agua en los sistemas de prueba de tanques, se llegó a la conclusión que la solución más cómoda para la empresa, y aquella que tendrá más oportunidades para ser implementada, es la de *Revender el Agua usada*.

Es importante aclarar que las pocas empresas metalmecánicas que llevan a cabo estas pruebas no consideran económicamente viables desarrollar tecnologías para evitar el uso de agua, debido a que estas son llevadas a cabo cada 2 o 3 meses y, aunque la cantidad empleada de este recurso es significativa, el costo que genera es muy bajo.

Los beneficios de esta propuesta son de tipo económicos y ambientales: económicos debido a que la empresa recuperará parte de los gastos generados por el uso de este recurso, y ambientales ya que las empresas ayudarán a la conservación del agua, compartiendo su consumo con otra empresa.

Luego de haber escogido las soluciones se procederá a estudiar sus viabilidades técnicas, económicas y ambientales, así como también ampliar la información sobre los diferentes beneficios que traerá su implementación en el sector.

#### 5.4 EVALUACION DE VIABILIDAD DE LAS SOLUCIONES SELECCIONADAS

Además de lograr un nivel más bajo de contaminación y de riesgos ambientales, la Producción más Limpia es, con frecuencia, una buena propuesta de negocios. El uso más eficiente de los materiales y la optimización de los procesos dan como resultado menos desechos y costos operativos más bajos. Por lo general, existe

un aumento en la productividad de los trabajadores, con menos tiempo perdido por enfermedad y accidentes.

Para procesos nuevos, tales procedimientos se encuentran ya incluidos en los equipos, pero aún para plantas viejas como es el caso de la mayoría de las empresas metalmeccánicas, con frecuencia existe un incentivo económico para modificar o cambiar el proceso existente.

Para la identificación de los beneficios de la implantación de la P+L en el sector metalmeccánico se realizaron evaluaciones de viabilidad técnica, financiera y ambiental a cada una de las soluciones planteadas. Dichas evaluaciones, además de permitir conocer los bajos costos de la implementación, les brindará a las empresas un orden lógico para su ejecución.

En la evaluación técnica se analiza la disponibilidad y confiabilidad de los equipos necesarios para aplicar las soluciones, los efectos sobre la calidad y la productividad, los requerimientos de mantenimiento y servicios, y las habilidades de los operadores empleados en ellas.

Por otra parte, con la evaluación económica se analiza el impacto financiero de las recomendaciones de la P+L, como la inversión y los costos y beneficios de operación, y se identifica la recuperación de la inversión.

Por último, en la evaluación ambiental se determina la cantidad de contaminación que se estima reducir y/o identificar el flujo de residuos remanentes que contienen menos tóxicos o desechos.

A continuación se plantearán las soluciones con sus respectivas evaluaciones de viabilidad de acuerdo al estudio realizado.

5.4.1 Estudio de viabilidad para la solución: implementación de un sistema de cero inventarios y subcontratación del proceso de corte con los proveedores. En el estudio de viabilidad se considerarán las evaluaciones técnicas, económicas y ambientales.

- Evaluación técnica.

En la implementación del sistema de cero inventarios y subcontratación del proceso de corte la empresa no necesitará adquirir nuevos equipos o crear nuevos programas de mantenimiento, y los proveedores de este sector industrial se encuentran bien dotados para satisfacer la demanda de este servicio.

Dentro de los equipos de corte de alta tecnología con los que actualmente cuentan dichos proveedores encontramos:

- Pantógrafo electrónico.
- Pantógrafo eléctrico.
- Equipo de plasma.
- Segueta eléctrica.
- Sierra eléctrica de corte.
- Cizalla eléctrica.

La calidad de los productos metalmecánicos no se verá afectada con la implementación de esta solución, debido a que el proceso de corte independiente del lugar donde se lleve a cabo seguirá siendo el mismo, por otra parte la productividad de la empresa presentará un incremento, a causa de una disminución en los tiempos de proceso, en los accidentes laborales y a un ambiente de trabajo mas cómodo, originado por la disminución de la generación de retales y la adecuación de la planta para ubicarlos en una zona única.

La productividad es una medida corriente de que tan bien está utilizando sus recursos una empresa. En su sentido más amplio esta se define como:

$$\text{Productividad ad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

Retomando el ejemplo mencionado capítulos anteriores<sup>28</sup> para la producción de un tanque metálico sin tapa, la productividad, antes y luego de implantada la solución, sería la siguiente:

Tabla 11. Ejemplo de incremento de la productividad

	Antes de la implantación	Después de la implantación
Insumos	100 Kg	85 Kg
Retales generados	15 Kg	0
Producto	80.33 Kg	80.33 Kg
Productividad	0.8033 (80.33%)	0.9450 (94.50%)

Al evitar la generación de retales, los insumos necesarios para la fabricación del tanque disminuyen luego de aplicada la solución planteada, lo que trae un aumento en la productividad de un 14.17%

Por último, la empresa no necesitará capacitar a su personal para implementar esta solución. Sin embargo se requerirá una comunicación eficiente y fluida entre los departamentos de producción y compras, para contar con los materiales a emplear en el momento que sea necesarios.

---

<sup>28</sup> Ver Numeral 4.3.3: Otros procesos

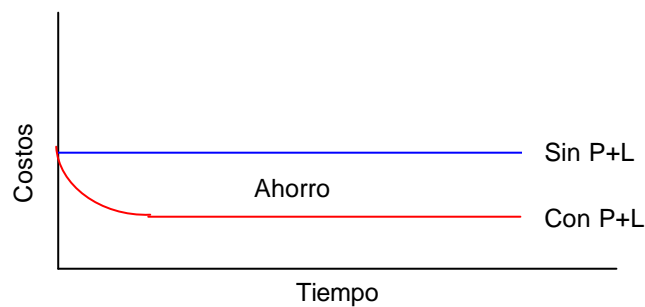


- Evaluación económica.

El impacto económico para esta solución puede considerarse nulo, ya que no se requiere de ningún tipo de inversión. Como bien se había mencionado, las empresas no necesitarán adquirir nuevos equipos ni capacitar su mano de obra, por tanto, lo obtenido se podrá considerar netamente como un ahorro.

El comportamiento económico para la implementación de esta solución será el siguiente:

Figura 9. Ahorros logrados con la Producción más Limpia



- Evaluación ambiental.

Aunque con la implantación de esta solución los desechos no se eliminarán del todo, disminuirán hasta un 85% de lo generado actualmente.

#### 5.4.2 Estudio de viabilidad para la solución: compresión de viruta.

- Evaluación Técnica.

En la implementación de esta solución la empresa no necesitará adquirir nuevos equipos o crear nuevos programas de mantenimiento. Sin embargo, se requerirá diseñar y fabricar una prensa para el centro de recolección de virutas.

Para el diseño es necesario contar con el apoyo de los diferentes centros de educación superior de la ciudad, quienes podrán recomendar a un grupo de estudiantes de ingeniería mecánica para que desarrollen su trabajo de grado en este proyecto. En cuanto a la fabricación de este artefacto correría por cuenta de los gremios o empresas privadas interesadas en el desarrollo de esta investigación. Se espera que la colaboración de estas entidades se presente, dado el compromiso que cada una de ellas tiene con el desarrollo socioeconómico de la ciudad.

La calidad de los productos metalmecánicos no se verá afectada con la implementación de esta solución, debido a que no habrá cambios en los procesos productivos, maquinarias o insumos. Por esta misma razón, la productividad del sistema no presentará ningún tipo de cambios directos, su variación se podrá observar en el rendimiento de los empleados el cuál

aumentará al disminuir el riesgo de accidentes y la creación de un mejor ambiente de trabajo al evacuar constantemente la viruta de la planta.

En cuanto al recurso humano, este entrará a jugar un papel muy importante en la implementación de esta solución, ya que se necesitará de su compromiso para la recolección y separación de la viruta generada.

- Evaluación económica.

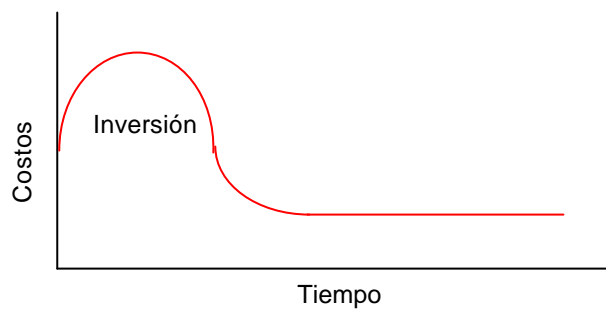
Visto desde la posición de las empresas metalmecánicas la inversión para esta solución es nula, ya que cuentan con los recipientes y con las áreas disponibles para la recolección de este desecho, y no se requiere de ningún otro tipo de herramientas. Por tanto lo obtenido puede considerarse como un ahorro para la empresa.

El comportamiento económico para la implementación de esta solución es el mismo presentado en la evaluación económica expuesta en el numeral 5.4.1 (Ver Figura 9).

Para el montaje del centro de recolección de viruta se requerirá de una inversión para fabricar la prensa, adquirir un lote en donde se comprimirá la viruta, dotar a los recolectores de uniformes y herramientas de trabajo, y capacitar a los encargados de manejar el centro de recolección y de operar la prensa. Una vez más se aclara que esto sólo es posible con el apoyo de las

diferentes entidades y gremios de la ciudad. El comportamiento económico de esta inversión sería el siguiente:

Figura 10. Comportamiento económico de la inversión



- Evaluación ambiental.

Al llevar a cabo esta solución se espera evitar que las virutas terminen en los rellenos sanitarios, lugar que no es el indicado para ello, o como muchas veces ocurre en las calles de la ciudad donde son depositados por los diferentes recolectores informales, los cuales son pagados por las empresas para que se deshagan de esta. Ya que como dijo el Dr. Rafael Vergara Navarro, director del Departamento Administrativo del Medio Ambiente - DAMARENA -, al diario El Universal<sup>29</sup>: “Dejar las basuras en la calle no tiene licencia ambiental”.

---

<sup>29</sup> Publicación del 16 de Febrero de 2.003, página 1B

Aunque con esta solución no se disminuirá la generación de la viruta, se evitará que esta se convierta en un problema ambiental mayor del que ya es, al encontrar una manera para re usarla.

#### 5.4.3 Estudio de viabilidad para la solución: reventa de agua.

- Evaluación técnica.

Las empresas no necesitarán adquirir nuevos equipos o crear nuevos programas de mantenimiento para llevar a cabo esta solución. Sin embargo, deberán subcontratar un método de transporte para llevar el agua usada en sus pruebas a las empresas interesadas en aprovechar este recurso.

Por último, la calidad de los productos metalmecánicos no se verá afectada con la implementación de esta solución, debido a que no habrá cambios en los procesos productivos, maquinarias o insumos.

- Evaluación económica.

El impacto económico de esta solución también se puede considerar nulo, ya que no se requiere de inversión alguna. Por el contrario se logrará recuperar parte del gasto al revender el agua.

Una estimación de esta recuperación es la siguiente:

Empleando 37.85 metros cúbicos de agua en promedio, las empresas gastarían (siendo el costo del metro cúbico<sup>30</sup> \$900) \$34.065 por prueba; esto les permite revenderla a \$20.000, valor que sigue siendo atractivo para otra empresa del mismo estrato que estaría dispuesta a comprarla.

Aunque esta aparente ser una suma insignificante de dinero, se tiene que tener en cuenta que el mayor beneficio de esta solución se encuentra en la parte ambiental y en la necesidad de concientizar a los sectores industriales en general de la importancia de este recurso nacional y la necesidad que existe para preservarlo, y lograr así un desarrollo sostenible

- Evaluación ambiental.

El objetivo de revender el agua empleada en las pruebas es que las empresas logren encontrar un nuevo uso para esta y al mismo tiempo evitar que alguna otra haga este mismo consumo. Es por esto que los beneficios ambientales de esta solución no solo abarca al sector metalmecánico sino además aquel otro sector a la que se revenda este recurso.

Al haber analizado los procesos, identificado los puntos críticos contaminantes y seleccionado las soluciones viables, se habrá logrado una gran parte de las metas

---

<sup>30</sup> Costo del metro cúbico para el estrato 3, en donde se encuentran ubicadas la mayoría de las empresas metalmecánicas de la ciudad. Fuente empresa Aguas de Cartagena

de la metodología de Producción más Limpia, faltando únicamente llevarlo a la realidad. Es por esto que se escogió una empresa del sector para usarla como ejemplo y ofrecer, paso a paso, las pautas que debe llevar a cabo toda empresa metalmeccánica para implementar este proyecto.

En el siguiente, y último capítulo, se ofrecerá un ejemplo de aplicación de la metodología de Producción más Limpia en la empresa escogida como prueba piloto.

## **6. APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA**

La empresa FERVILL LTDA. fue elegida para ser empleada como prueba piloto en el desarrollo de este proyecto. Para ello, se plantean las etapas<sup>31</sup> a seguir por parte de la empresa para la implantación de la metodología de Producción más Limpia.

### **6.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA ESCOGIDA COMO PRUEBA PILOTO**

FERVILL es una empresa de sociedad limitada dedicada desde 1.988 al desarrollo de la industria metalmecánica, al diseño y fabricación de equipos, construcciones civiles, montajes industriales, limpiezas, aplicación de pinturas marinas e industriales, y que también realiza interventorias. Su representante legal es el señor Fernando Villarreal de Ávila y se encuentra registrada con el NIT 890.405.859-8 y ante la Cámara de Comercio de Cartagena de Indias con el número 947909-01.

---

<sup>31</sup> Ver Figura 3. Diagrama de flujo para la metodología P+L.



Tiene como misión: *“desarrollar una logística efectiva, que les permita la confiabilidad y satisfacción de sus clientes, para atender con calidad sus necesidades de servicios e Ingeniería en todo lo concerniente a sus actividades de mantenimiento, diseño, fabricación, montaje y puesta en marcha de sus proyectos industriales”*.

La visión de la empresa es: *“FERVILL LTDA a través de su experiencia y desempeño en el sector industrial, se encuentra afianzándose en programas de mejoramiento continuo con el fin de posesionarse como una empresa sólida y líder en Colombia, con productos y servicios especializados”*.

Para el cumplimiento y desarrollo de estas actividades la empresa cuenta con un grupo de noventa (90) personas, entre los que se encuentran ingenieros mecánicos, civiles, industriales y eléctricos, perfectamente equipados y dotados para el desarrollo de sus labores de ingeniería y ejecución física de trabajos; permitiendo así satisfacer todas las necesidades del cliente<sup>32</sup>. Su organigrama se puede observar en el Anexo J.

Según datos revelados por la empresa esta cuenta con los siguientes servicios:

- Mantenimiento metalmecánicos
- Montajes e instalaciones industriales.

---

<sup>32</sup> Datos obtenidos de la empresa FERVILL LTDA.

- Fabricación y montajes metalmecánicos.
- Fabricación y montaje electromecánicos.
- Limpieza con *Sandblasting* en los diferentes grados.
- Interventorias en las áreas mecánicas y civiles.
- Manejo y gestión de proyectos.
- Diseño y fabricación de estructuras metálicas, tanques, tambores de presión y calderas.
- Fabricación y montajes de accesorios, equipos y tanques en acero inoxidable para la industria lechera, alimenticia, química y farmacéutica.

Según FERVILL LTDA. los principales sectores a los que presta servicios se encuentran:

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| • Plantas petroquímicas | • Plantas agroquímicas |
| • Plantas lecheras      | • Plantas oleaginosas  |
| • Plantas de cementos   | • Plantas de gaseosas  |
| • Sector carbonífero    | • Sector minero        |
| • Sector cervecero      | • Sector hotelero      |
| • Sector siderúrgico    | • Sector portuario     |
| • Sector energético     |                        |

Entre los principales clientes de esta empresa se encuentran:

- ECOPETROL DCC
- HERBERT'S S.A
- MALTERIAS DE COLOMBIA S.A.
- PETROQUIMICA COLOMBIANA S.A.
- PROLECA LTDA
- SURTIGAS S.A.
- BIOFILM S.A.
- CILEDCO LTDA
- COLANTA S.A.
- DOW AGRO-SCIENCE DE COLOMBIA S.A.
- EMBOTELLADORA ROMAN S.A.
- LAMITECH S.A.
- NOVARTIS DE COLOMBIA S.A.
- POLIPROPILENO DEL CARIBE S.A.
- ROYALCO S.A.
- BIOAISE S.A.
- CABOT COLOMBIANA S.A.
- CODEGAN LTDA
- DOW QUIMICA DE COLOMBIA S.A.
- TUVINIL DE COLOMBIA S.A.

Para la realización de sus actividades FERVILL LTDA. cuenta con los siguientes equipos<sup>33</sup>:

- Tornos
- Cepillo
- Roladoras
- Limadora avance automática de vaivén
- Prensa
- Taladros
- Troqueladora
- Sierra
- Cizallas
- Bomba
- Esmeril
- Motor tools
- Air tols
- Tirfor
- Pulidoras
- Maquinas de soldar
- Elevador
- Planta eléctrica

---

<sup>33</sup> Las descripciones y características de dichas maquinas se encuentran en el Anexo K.

- Dobladoras
- Compresor
- Diferencial
- Gatos
- Rectificadora
- Computadores
- Vehículos
- Equipos de comunicación
- Bascula

## 6.2 PASOS A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Toda empresa metalmeccánica que desee implementar las metodologías de Producción más Limpia en sus diferentes actividades debe, antes que nada, tener una administración convencida de los beneficios que trae este tipo de proyecto a su productividad. Es por esto que la P+L se inicia después de que la gerencia haya tomado una decisión consciente de llevar a cabo algunas acciones.

6.2.1 Fase 1: inicio. Con una gerencia positiva y abierta al cambio, el primer paso a seguir es *integrar un equipo de trabajo* (que sea interdisciplinario, conformado por trabajadores conocedores de la empresa y sus procesos, asesores, etc.) que esté encargado de llevar a cabo y supervisar todas las actividades relacionadas con la implementación de las metodologías de P+L.

En la empresa FERVILL LTDA, se recomienda que este equipo esté conformado de la siguiente manera:

- Gerente General. Se encargará de aprobar o desaprobar los medios para implementar el proyecto, dependiendo de los recursos económicos, humanos, maquinaria, etc. que se tengan disponible. Así como cualquier otra actividad en la que sea necesario su apoyo.
- Jefe de Producción. Su función principal será la de programar las diferentes actividades de producción, para garantizar que los trabajadores tengan el menor tiempo ocioso posible y puedan así ayudar en los cambios que se requieren. Dentro de sus actividades también se encuentra la de recopilar todas las sugerencias posibles que se generen durante y después de la implementación del proyecto. Así como cualquier otra actividad en la que sea necesario su apoyo.
- Jefe de Compras. Será el encargado de llevar a cabo la evaluación y análisis de proveedores<sup>34</sup>, y junto con el jefe de producción serán los principales responsables de implementar el sistema de cero inventarios. Así como cualquier otra actividad en la que sea necesario su apoyo.

---

<sup>34</sup> Ver Capítulo 5, numeral 5.3.1 *Solución para el desecho: Retales.*

- Un operario de cada área de producción. Dentro de este grupo encontramos a todas aquellas personas que la administración considere pertinentes hacer parte de este equipo, que por su conocimiento de los procesos y de la planta puedan aportar nuevas soluciones a lo largo del proyecto. Así como cualquier otra actividad en la que sea necesario su apoyo.
- Asesores externos. Cualquier persona externa de la empresa concedora del tema que se encuentre dispuesta a aportar nuevas ideas o realizar auditorias para evaluar el desempeño del proyecto, así como cualquier otra actividad en la que sea necesario su apoyo. Se recomienda que estas personas sean funcionarios, expertos en el tema de Producción más Limpia, de las Corporaciones Autónomas Regionales, de los Nodos Regionales de P+L o de cualquier otra entidad que se encuentre relacionada con el tema.

Una vez formado el equipo de trabajo el siguiente paso a seguir será el de dar a conocer el programa a los trabajadores. Para esto será necesario citar a todos los empleados tanto del área administrativa como del área de producción y presentarles el proyecto, sus beneficios y la importancia de su participación en la evolución de este. Es importante poner atención a los aspectos psicológicos del estudio, ya que los trabajadores no estarán dispuestos a proporcionar ayuda, si creen que tendrán problemas por las ineficiencias del proceso. La idea de esta fase de preparación es evitar la pérdida de tiempo explicando el proyecto a cada uno de los operarios en el momento en que el equipo de trabajo esté evaluando

cada una de las operaciones de la empresa en busca de puntos críticos contaminantes.

Una vez sensibilizado el personal de la planta, los encargados del proyecto deben listar cada una de las etapas del proceso y asegurarse de no dejar ninguna por fuera. En esta descripción se debe desglosar: la materia prima usada, la maquinaria y herramientas empleadas, número de operarios, desperdicios generados y en general cada uno de los diferentes elementos que las conforman.

Luego de recopilada la información el equipo de trabajo debe estar en la facultad de identificar aquellas operaciones que generan la mayor proporción de residuos sólidos y que consumen mayores cantidades de agua y energía.

6.2.2 Fase 2: análisis de las etapas del proceso. Apoyándose en la información recopilada en la fase anterior, los integrantes del equipo de trabajo deben desarrollar diagramas de flujo (o cualquier otra herramienta que les permita realizar un mejor análisis de las actividades) y balances de masa y energía para examinar detalladamente los procesos que desarrolla la empresa. Esto les permitirá identificar las causas de los desechos que se presenten. El contenido de esta fase se puede observar de manera mas detallada en el Capitulo 5 de este proyecto.

6.2.3 Fase 3: generación de oportunidades de Producción más Limpia. Una vez identificados los elementos generadores de desechos el equipo de trabajo deberá reunirse para generar diferentes opciones de minimización de residuos. Para esto es conveniente que se lleven a cabo sesiones de lluvia de ideas en donde se encuentren presentes los operarios encargados de los procesos a evaluar, ya que son ellos quienes están mas familiarizados con dichas actividades y serán una fuente primordial de información.

Otra opción para la generación de ideas es la búsqueda de información externa a la empresa, es decir, estudios realizados por otras entidades relacionados con el tema, búsqueda bibliográfica, búsqueda en la Web, consultar asesores externos y cualquier otro medio que pueda ser útil en esta búsqueda.

Agotado los recursos de búsqueda y planteado el mayor número de soluciones posibles (por descabelladas que parezcan) el paso a seguir por el equipo de trabajo es el de analizarlas e ir descartando aquellas de poca viabilidad, para dejar únicamente las que posean una mayor probabilidad de ser implantadas.

6.2.4 Fase 4: seleccionar soluciones de Producción más Limpia. Luego de haber purgado el portafolio de soluciones y de haber elegido aquellas de mayor viabilidad, los encargados del proyecto deberán evaluar con mayor profundidad cada una de estas, mediante la evaluación de sus viabilidades técnicas,



económicas y ambientales, para seleccionar aquellas soluciones que serán implementadas. Dichas evaluaciones se explicaron y desarrollaron, de manera detallada, en el Capítulo 5 de este trabajo de grado.

6.2.5 Fase 5: implementar soluciones de Producción más Limpia. Una vez escogidas las soluciones a implementar, la siguiente etapa es preparar a la empresa para llevar a cabo toda acción necesaria en la puesta en marcha del proyecto. Para el caso de FERVILL LTDA. las soluciones elegidas fueron definidas y explicadas en el capítulo anterior.

Una capacitación relacionada con los cambios que se efectuarán será necesaria para preparar a todo el personal de la empresa en el momento de llevar a cabo la implementación del proyecto. Esta deberá ser dictada por los miembros del equipo de trabajo apoyados por los asesores externos, ya que son quienes poseen mayor conocimiento de las soluciones. La capacitación deberá contemplar la explicación de cada solución, de cómo será implementada y el papel que juega cada uno de los operarios para el logro de las metas planteadas, punto importante sobre el cual es necesario enfocar los mayores esfuerzos ya que son en las manos de los trabajadores donde recaerá la mayor responsabilidad y es vital importancia su deseo de cooperación.

Teniendo a todo el personal dispuesto a colaborar, la siguiente etapa será la de comenzar con la implantación de las soluciones. En el caso de FERVILL LTDA. se deberá comenzar despejando todas las áreas de la planta de chatarra, viruta<sup>35</sup>, o cualquier otro objeto que se considere inservible. Para llevar a cabo esta tarea el equipo de trabajo deberá contactar a las diferentes empresas chatarreras y vender este material al mejor postor, y para establecer un orden interno, el equipo de trabajo deberá dar a conocer la Metodología de las 5s a los demás trabajadores de la empresa para que esta se implemente<sup>36</sup>.

Una vez despajadas las áreas de la empresa el siguiente paso será el de analizar la distribución actual de la empresa (sus áreas, maquinarias, oficinas, etc.) para buscar el mayor aprovechamiento de estas. Por lo general esta nueva distribución aumentará la eficiencia de los procesos, disminuyendo las distancias recorridas por los operarios y por la materia prima.

Para FERVILL LTDA, dichas distribuciones (Plano actual de la empresa y distribución propuesta) se pueden observar en los anexos D y E.

En este momento el jefe de producción debe organizar el personal y distribuir las actividades de la manera más conveniente con el objetivo de poder utilizar sus tiempos de inactividad para realizar los cambios propuestos en la nueva

---

<sup>35</sup> Esta viruta debe ser desechada ya que esta contaminada y no ha sido previamente clasificada.

<sup>36</sup> Metodología expuesta en el Capítulo 5, numeral 5.2.2 *Las 5 S*

distribución. Para el movimiento de la maquinaria será necesario el empleo del montacargas y de los puente grúa con que cuenta la empresa.

No es posible sugerir un orden para movilizar la maquinaria debido a que se busca no interrumpir los procesos de la empresa (evitar **stops**<sup>37</sup> de producción) o que esta necesite emplear horarios extras para sus trabajadores (lo que se traduce en aumentos en la nómina).

Con el fin de llevar a cabo los movimientos de las maquinarias sin incurrir en altos gastos para la empresa, en el manejo de las actividades productivas se recomendable el uso de tableros acrílicos en donde se puedan anotar los trabajos pendientes y trabajos en proceso, así como los responsables de llevar a cabo estas tareas. Un ejemplo de este tipo de tableros se puede observar en la siguiente figura:

Figura 11. Diseño de tableros acrílicos para manejo de actividades

No	Cliente	Trabajo o Producto	Descripción	Operarios encargados	Máquina o área empleada
1					
2					
3					

---

<sup>37</sup> Termino empleado que significa: detener la producción.

Fecha	Maquinaria o área ocupada	Maquinaria o área libre	Observaciones
DD/MM			
DD/MM			
DD/MM			

Un ejemplo del manejo de los tableros anteriores se puede observar a continuación:

Figura 12. Ejemplo del uso de los tableros acrílicos para manejo de actividades

No	Cliente	Trabajo o Producto	Descripción	Operarios encargados	Máquina o área empleada
1	PROLECA LTDA..	Tubería	Tubería de agua suavizada, 3" y 4" de diámetro...	Juan Pérez	Dobladora Sierra Pulidora Soldadura
2	PETCO S.A.	Escalera	Escalera en acero al carbón...	Carlos López	Sierra Soldadura Pulidora
3	LAMITECH S.A	Engranaje	Engranaje cilíndrico recto...	Mario Martínez	Sierra Torno Fresa Área de pulido

Con ayuda de la tabla anterior se organizan, por fechas, los datos de la siguiente tabla:

Fecha	Maquinaria o área ocupada	Maquinaria o área que se puede mover	Observaciones
15/03	Dobladora, Sierra, Pulidora, Soldadura.	Torno, Fresa...	Es necesario el uso del montacargas y de dos puente grúas
17/03	Sierra, Torno, Fresa, Área de pulido.	Dobladora, soldadura	Es necesario el uso del montacargas y de dos puente grúas

Según los datos expuestos en las tablas, el jefe de producción podrá disponer del recurso humano y de los elementos necesarios (montacargas, puentes grúa, etc) para llevar a cabo la tarea de movilizar las máquinas y áreas correspondientes a la nueva distribución.

Luego de cumplida la meta de movilización de las maquinarias, los tableros servirán de apoyo al jefe de producción para el control de los diferentes recursos.

Una vez alcanzado el objetivo de la nueva distribución se deberá demarcar las nuevas áreas mediante líneas de diferentes colores y crear una vía para el paso del montacargas.

La siguiente etapa en la implantación de estas soluciones, consiste en organizar las actividades relacionadas con la venta de viruta, la venta del agua empleada en

las pruebas de tanque y con el sistema de cero inventarios, de la siguiente manera:

En cuanto a las actividades relacionadas con la venta de viruta, en primer lugar se debe concientizar a los empleados de la importancia que tiene llevar a cabo la separación en sitio de las diferentes virutas generadas, según sea el material. El jefe de producción deberá asignar la tarea de recoger la viruta, de los diferentes puestos de trabajo, a un empleado que se encuentre ocioso para que la lleve a los tanques ubicados en el área de desperdicios.

Se debe tener en cuenta que retirar la viruta de la empresa es responsabilidad del Centro de Recolección de Viruta y se espera que el tiempo de almacenamiento de este desperdicio en la empresa sea mínimo, ya que si el centro desea tener un buen rendimiento deberá estar constantemente recogiendo este residuo.

Las actividades relacionadas con la venta del agua residual se inician una vez se tiene conocimiento que se llevarán a cabo pruebas de tanques. El jefe de producción al recibir la orden de pedido para un tanque, deberá contactar a los posibles compradores para el agua de pruebas, los cuales deberán estar previamente identificados y contactados para llevar a cabo esta negociación. Lo ideal es una vez terminada las pruebas, se encuentre un camión recolector encargado de llevarla a su destino final.

Por último, para la ejecución del sistema de cero inventarios se requiere que el departamento de compras haya llevado a cabo las siguientes actividades<sup>38</sup>:

- Evaluación y selección de proveedores
- Convenio con los Proveedores

Uno de los factores más importantes para tener en cuenta es la comunicación del departamento de compras y el departamento de producción, ya que de este depende la efectividad del sistema. Se recomienda establecer una comunicación directa y verbal que permita sincronizar las actividades entre ambos departamentos.

El jefe de producción establece el punto de inicio del sistema al contactar verbalmente al jefe de compras, al momento de recibir un pedido; inmediatamente el jefe de compras se deberá comunicar con los proveedores seleccionados para que despachen los insumos requeridos. Se recuerda que los materiales deberán ser previamente cortados por los mismos proveedores para lograr cumplir todos los objetivos de esta solución.

Habiendo logrado implementar con éxito todas las soluciones planteadas, será necesario monitorear y evaluar constantemente los resultados que se logren. Es de

---

<sup>38</sup> Actividades ya descritas en el Capítulo 5, numeral 5.3.1 *Solución para el desecho: Retales*.

absoluta importancia desarrollar una evaluación del desempeño del proyecto con el fin de calcular las variaciones entre los resultados obtenidos y los esperados; de igual forma es conveniente controlar el manejo de la información obtenida en cada puesto de trabajo una vez implantadas las soluciones. Por último un objetivo primordial de esta fase será de sostener el compromiso para la minimización de residuos y ahorro de agua y energía.

6.2.6 Fase 6: mantener el proceso de Producción más Limpia. Habiendo logrado implementar las soluciones de minimización y eliminación de residuos, el equipo de trabajo de FERVILL LTDA. tendrá que enfrentar un mayor reto: mantener las soluciones implementadas para seguir reduciendo los desperdicios y mejorar así los beneficios en el futuro. Siguiendo la metodología de Producción más Limpia, son necesarias dos actividades:

- Mantener las soluciones de minimización. Teniendo en cuenta que los empleados tienden a devolverse a los despilfarros y a las viejas prácticas, se les debe motivar constantemente para sostener las soluciones implementadas; es por esto que se creó un fondo proveniente de la venta de la viruta, el cual debe ser empleado para llevar a cabo actividades de recreación, talleres y en general todo lo que en un futuro les pueda traer comodidades en su trabajo.



Además de las motivaciones materiales, la empresa deberá dictar charlas y publicar en sus tableros informativos los beneficios obtenidos por la implementación de la metodología de P+L, para hacerle ver a los empleados que ha valido la pena los esfuerzos realizados.

Por último, el programa requiere ser constantemente documentado ya que la información es crucial para monitorear los logros en los procesos.

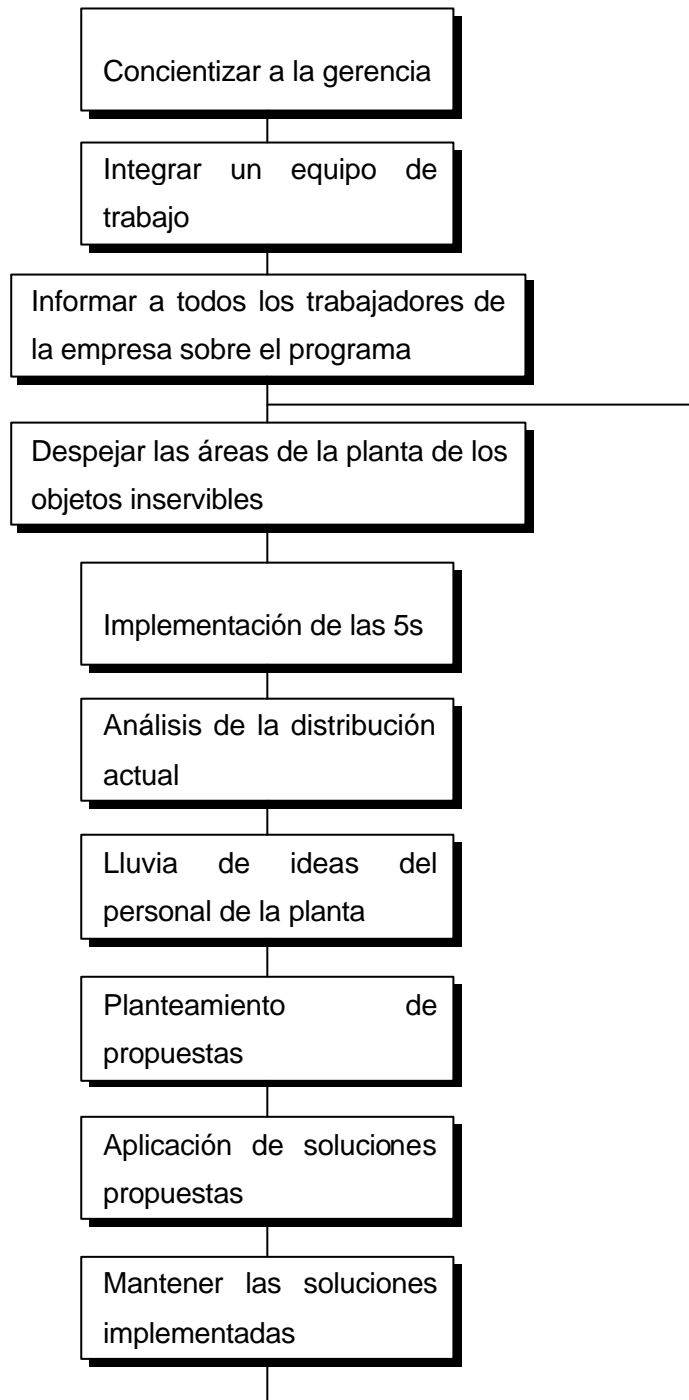
- Identificar nuevos procesos para la minimización de residuos. Habiendo la empresa mejorado el desempeño ambiental de los procesos identificados como puntos críticos contaminantes, se debe comenzar nuevamente todo el proceso para realizar una nueva auditoría de minimización.

Para el caso de FERVILL LTDA. el ciclo se puede sintetizar la Figura 13.

### 6.3 RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados en la aplicación de este proyecto en las empresas metalmecánicas se pueden resumir en: eliminar y/o reducir los desechos generados por la empresa y aumentar la productividad.

Figura 13. Ciclo de mejoramiento continuo propuesto para la empresa FERVILL LTDA.



La reducción de desechos es importante para lograr un desarrollo sostenible del sector, y el aumento de la productividad es el único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad.

Por incremento en la productividad se entiende el aumento en la producción por hora de trabajo. Y el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos y el estudio de tiempos.

En adelante se expondrán los resultados esperados en cada una de las áreas de cambio.

6.3.1 Resultados esperados con la nueva distribución de la planta. Basándose en la actual distribución que presenta FERVILL LTDA, con relación a sus áreas de producción y maquinarias<sup>39</sup>, se planteo una nueva teniendo en cuenta las distancias recorridas por los operarios y por la materia prima<sup>40</sup>.

Dentro de los resultados esperados luego de la implementación de esta nueva distribución se encuentra un aumento en la productividad logrado por una notable disminución en las distancias recorridas por personal y por la materia prima, logrando también una disminución en los tiempos necesarios para terminar un

---

<sup>39</sup> Ver Anexo D

<sup>40</sup> Ver Anexo E

producto, lo que permitirá que un operario realice un mayor número de actividades por día. Estos resultados se pueden observar en los diagramas de recorrido propuestos y en los resúmenes de cada cursograma analítico, anexos a esta investigación<sup>41</sup>.

A modo de ejemplo, se plantea la fabricación de una pieza cualquiera que sólo requiere del proceso de torneado. Como se puede observar en el resumen del Cursograma Analítico 1 en donde la distancia actual recorrida por el operario es de 219m, se logra reducir luego de los cambios a 132m lo que equivale a una disminución de 87m que corresponde al 39.72% de la distancia original. Se reitera que al reducir la distancia recorrida, el tiempo empleado por el operario para la fabricación de dicha pieza también disminuirá lo que permite que desarrolle un mayor número de actividades por día.

Aunque no se cuente con datos numéricos, se sabe que se logran incrementos en la productividad al aumentar la producción por hora de trabajo, lo que reafirma lo expuesto anteriormente.

6.3.2 Resultados esperados con el sistema de Cero Inventarios. Los resultados esperados al momento de aplicar el sistema de Cero Inventarios se han venido exponiendo desde el capítulo anterior, donde por medio de un ejemplo se

---

<sup>41</sup> Ver anexos F, G, I: Cursogramas analíticos y diagramas de recorrido propuestos

demonstró el aumento de la productividad en los procesos relacionados con la fabricación de tanques metálicos<sup>42</sup>.

Para dicho caso, los datos fueron los siguientes:

Tabla 12. Ejemplo del incremento de la productividad

	<b>Antes de la implantación</b>	<b>Después de la implantación</b>
Insumos	100 Kg	85 Kg
Retales generados	15 Kg	0
Producto	80.33 Kg	80.33 Kg
Productividad	0.8033 (80.33%)	0.9450 (94.50%)

El aumento en la productividad es notable, ya que se incrementó en más de 14 puntos porcentuales.

Sin embargo el aumento de la productividad no sólo se dará por un mejor aprovechamiento de los insumos, sino además por la subcontratación del proceso de corte, que ofrecerá a la empresa una disminución en los tiempos de proceso, ya que mientras se este llevando a cabo el corte de los materiales en las instalaciones del proveedor los operarios de FERVILL LTDA podrán estar adelantando otras actividades.

---

<sup>42</sup> Ver Capítulo 5, numeral 5.4.1, Sección *Evaluación técnica*.

6.3.3 Resultados esperados con la venta de la viruta y del agua empleada en pruebas. Con la venta de la viruta y del agua empleada en las pruebas de tanques, la empresa logrará disminuir su impacto ambiental y recuperar parte del capital empleado en la compra del agua y de la materia prima.

Por un lado, la variación de la productividad se podrá observar en el rendimiento de los empleados la cuál aumentará al disminuir el riesgo de accidentes y la creación de un mejor ambiente de trabajo al evacuar constantemente la viruta de la planta.

Por otro lado, aunque muy leve, la productividad general de la empresa se verá afectada positivamente con la venta de estos desechos, ya que si en un principio un capital de \$10.000.000 lograba producir una utilidad de \$5.000.000, ahora con la implementación de la solución se requerirá invertir un menor capital para producir esta misma utilidad.

Dado lo anterior, se tiene que:

Productividad = Valor de las unid. producidas / Valor de los insumos empleados

Donde el valor de las unidades producidas es \$15.000.000 (costos + utilidad), el valor de los insumos empleados antes de la solución es \$10.000.000 y el valor de

los insumos empleados después de aplicada la solución es \$9.000.000 (asumiendo que con la venta de los desechos, se recuperan \$500.000).

Por esto:

Productividad antes de P+L =  $15.000.000 / 10.000.000 = 1.50$  (150%)

Productividad después de P+L =  $15.000.000 / 9.500.000 = 1.58$  (158%)

Logrando apenas un aumento de 8 puntos porcentuales, queda demostrado una vez más que la productividad de las empresas metalmecánicas se puede ver afectada con la implementación de las metodologías de Producción más Limpia.

Así como se había mencionado en el capítulo anterior, los beneficios de esta metodología no solo son ambientales sino que además optimizan los procesos de las empresas y mejoran su eficiencia operativa, y se convierte a la vez en una buena propuesta de negocio.

#### 6.4 MODELO A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR LA METODOLOGIA DE P+L EN EL SECTOR

Para la implementación de la metodología de P+L en el sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena se deberá seguir el siguiente modelo:

Figura 14. Modelo para la implementación de la metodología de P+L en el sector metalmecánico de Cartagena.





- Convocar a los empresarios del sector: para iniciar la implementación del modelo en el sector metalmecánico se debe antes que nada convocar a todos los empresarios involucrados, ya sea a través de gremios como ACOPI, la Cámara de Comercio de Cartagena, empresas privadas, instituciones educativas tales como la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, el Centro Nacional de Producción Más Limpia por medio del Nodo Regional, o bien sea a través de la Alcaldía de Cartagena. El objetivo de esta fase es reunir al sector para establecer un medio de comunicación directa y empezar así la siguiente etapa del modelo.
- Presentación del proyecto: una vez convocados todos los empresarios, el siguiente paso es darles a conocer la metodología de P+L y el proyecto para implementarla en el sector. Esto se logrará a través de tertulias, talleres, seminarios y cualquier otra herramienta necesaria para cumplir con el objetivo de esta fase, entre los cuales también se encuentra el de concientizar a los dueños de empresas sobre la importancia de la implementación inmediata de este tipo de proyectos para lograr un desarrollo sostenible en la ciudad.
- Conformación de equipos de trabajo: dentro de la presentación del proyecto se les explicará a los empresarios como deben conformar los equipos de trabajo dentro de cada una de las empresas, además de esto, la entidad encargada de la implementación del proyecto en el sector (ya sea el

gremio, la institución educativa, la empresa privada, la Alcaldía, o cualquier combinación entre estas) deberá asignarle a cada equipo un asesor externo quien deberá guiar a los empresarios en todo el proceso. Cada uno de los asesores deberá tener bajo su responsabilidad un conjunto de empresas, esto con el fin de relacionar las diferentes soluciones que se presenten a lo largo de la implementación de la P+L en las diferentes empresas.

- Desarrollo de la metodología en cada una de las empresas del sector: una vez logrados los objetivos de las etapas anteriores del modelo se deberá iniciar con la implementación de la metodología de P+L expuesta a lo largo de este trabajo de grado, los pasos a seguir para esto se plantean a partir del Capítulo 2. Un ejemplo de dicha aplicación se expone al inicio de este Capítulo, donde se emplea la empresa Fervill Ltda. como prueba piloto. Durante la implementación de esta metodología en las empresas es recomendable que la entidad encargada de convocar a los empresarios, desarrolle tertulias entre estos sobre el avance del proyecto en cada una de las empresas para compartir ideas y experiencias.
- Análisis de resultados: una vez finalizadas todas las fases anteriores se deberán convocar nuevamente a todos los empresarios para discutir el avance del proyecto y los resultados obtenidos en cada una de las empresas. Dentro de estos resultados se espera encontrar:

- Reducir los desechos generados.
- Aumento en la productividad general de la empresa.
- Aumento en la productividad de los empleados.
- Mejoras en la distribución de la planta.
- Disminución en los riesgos laborales.
- Ambiente de trabajo más agradable.

Estos beneficios fueron expuestos en el numeral 6.3 *Resultados esperados*.

- Retroalimentación y generación de nuevas ideas: una vez implementado el proyecto en el sector, es recomendable que los empresarios se sigan reuniendo para comentar los avances y los beneficios que este a traído en sus empresas, con el fin de mantenerlos motivados e interesados en el tema para así generar un ciclo de mejoramiento continuo, en donde se mantengan las soluciones implementadas y se generen nuevas ideas para la minimización de residuos y un mayor aprovechamiento de los recursos. Para complementar lo anterior dentro de cada una de las empresas se deberá desarrollar el ciclo de mejoramiento continuo expuesto en la Figura 13 que evite que los trabajadores recaigan en sus viejas prácticas.

Se espera que con este proyecto se logre introducir la metodología de Producción más Limpia en todos los sectores industriales de la ciudad, para así alcanzar un desarrollo sostenible.

## 7. CONCLUSIONES

Con la elaboración del presente trabajo se concluye lo siguiente:

- La metodología de Producción más Limpia es una propuesta factible al ser realizable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, y necesaria para lograr un desarrollo sostenible.
- Se identificó un alto grado de homogeneidad en el sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena, esto debido a la semejanza entre insumos, maquinaria, procesos productivos, procedimientos y manejo de inventarios.
- Debido a un crecimiento desmesurado y desorganizado, el sector metalmecánico ha desarrollado problemáticas ambientales relacionadas con ineficiencias en sus procesos productivos inherentes a la transformación de los recursos naturales, los insumos y los energéticos en bienes; a un mal manejo de inventarios, por sobrexistencias de materia prima y almacenamientos no adecuados; a una deficiente capacitación del personal, falta de estandarización de los procesos, carencia de programas de mantenimientos y mal manejo de los residuos generados.

- Los puntos críticos contaminantes de una empresa metalmecánica se presentan en los procesos de mecanizado con arranque de viruta, tales como los procesos de torneado, fresado, taladrado y cepillado.
- El principal desecho generado en los puntos críticos contaminantes se presenta en forma de viruta, de gran volumen y poco peso, la cual no es aceptada para su reventa debido a su alto grado de volatilidad.
- Mediante la clasificación de la Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia (CINSET), el sector metalmecánico ha sido catalogado como ARP (sectores de alta recuperación potencial), y sus desechos industriales se clasifican como “residuos industriales de características inertes”.
- Existen herramientas sencillas tales como diagramas de recorrido, balances de materia, cursogramas analíticos, buenas practicas de manejo, entre otras, que les permiten a las empresas metalmecánicas identificar posibles soluciones para los problemas que actualmente se presentan en sus plantas.
- Las soluciones más viables a ser aplicadas para la reducción o eliminación de los desechos industriales de este sector, identificadas a partir de esta investigación son: sistema de cero inventarios, subcontratación del proceso

de corte, compresión y venta de viruta, y reventa de agua usada en pruebas.

- Mediante la implementación de la metodología de Producción más Limpia, las empresas metalmeccánicas obtendrán los siguientes beneficios: optimización de los procesos productivos y ahorro de costos, mediante la reducción y el uso eficiente de materias primas e insumos en general; mejoramiento de la eficiencia operativa; mejor calidad y consistencia de los productos, debido a un mejor control de las operaciones, haciéndolas más predecibles; reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados con su correcta disposición; y un aumento en la productividad de los trabajadores por un incremento en la producción por hora de trabajo.
- Para mantener el éxito logrado con la implementación de la metodología de Producción más Limpia es necesario llevar a cabo programas de mejoramiento continuo, y así evitar que la empresa recaiga en las antiguas prácticas e identifique nuevos procesos para la minimización de residuos.
- Este trabajo constituye un sólido marco conceptual acerca de los criterios básicos a tener presentes para adelantar proyectos de Producción más Limpia enfocados particularmente en el sector metalmeccánico.

## RECOMENDACIONES

Además de las recomendaciones propuestas a lo largo de este Trabajo de Grado, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Es importante desarrollar indicadores de desempeño para el sector metalmecánico, con el fin de determinar qué tan bien está funcionando, dando una voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar oportunamente medidas para solucionarlo. Entre dichos indicadores se encuentran los indicadores ambientales, que tienen como propósito específico brindar la información sobre el desempeño ambiental de la industria con el fin de desarrollar las acciones que aumenten la conciencia ambiental interna y externa de la empresa, medir el mejoramiento, dirigir innovaciones, lograr metas, responder a presiones del mercado e implementar estrategias de gestión.
- En caso de que se desee revalidar este estudio, o llevarlo a cabo dentro del sector metalmecánico de otra ciudad diferente a Cartagena de Indias, se recomienda emplear la “Encuesta Propuesta para Visitas de Evaluación a Empresas Metalmecánicas” la cual se puede observar en el numeral 4.1.



Dicha encuesta fue desarrollada a partir de la “Lista de Chequeo Preliminar” analizada en el Capítulo 3, numeral 3.1.

- Cuando se realicen las visitas de evaluación de las empresas, es primordial que el cuestionario no sea entregado al entrevistado, sino que sea llenado por el grupo de trabajo encargado del proyecto, con el fin de obtener la mayor información posible y despejar cualquier duda.
- Al momento de emplear el sistema de valoración de preguntas de la lista de chequeo (ver numeral 4.1) se recomienda reunir un grupo de trabajo para la clasificación de estas, con el fin de garantizar una correcta evaluación, análisis y cuantificación de los resultados.
- Es importante tomar en cuenta varios factores para la selección de la empresa que se escoja para de la prueba piloto, y no solo basarse en la información obtenida con las listas de chequeo. Entre estos factores se encuentran: tamaño de la empresa y diversidad de procesos empleados (no usar una empresa pequeña que no emplee los principales procesos metalmecánicos) e interés en el proyecto (que se encuentre dispuesta a suministrar toda la información necesaria).
- Se debe dar a conocer el programa de P+L que va a implementar a todos los trabajadores de la empresa para impedir malentendidos, para obtener la

mayor colaboración posible y para evitar repetir la misma información cada vez que se evalúe un nuevo puesto de trabajo

- Una de las mejores maneras de desarrollar un portafolio de posibles soluciones es organizar una sesión de lluvia de ideas entre los encargados de la investigación con el propósito de lograr generar el mayor número de soluciones a los problemas anteriormente identificados, por más descabelladas que estas parezcan.
- Se recomienda no olvidar las herramientas más sencillas, como las Buenas Practicas de Manejo, ya que la implementación de estas por lo general son relativamente simples, se obtienen buenos resultados y los costos no son muy elevados.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACERCAR. Minimización de residuos: manual para empresarios de la PyME. Bogotá, 2000. Pág. 12 - 81
- CHASE, Richard. AQUILANO, Nicholas. JACOBS, F. Robert. Administración de Producción y Operaciones, Colombia, Editorial Mc. Graw Hill, 2000. Pág. 35 - 40, 82 - 108, 210 - 215, 320 - 337, 464 - 481.
- DEL CASTILLO, José A RAMOS, Yesenia. Modelo de gestión tecnológica para las empresas metalmecánicas localizadas en la ciudad de Cartagena, 2001. Pág. 41 - 52.
- DEMING, Edwards. Calidad, Productividad y Competitividad: La salida de la crisis, New York, Editorial Summit, 1989. Pág. 15 - 50
- DOYLE, Lawrence E. Procesos y Materiales de Manufactura para Ingenieros, México, Editorial Prentice-Hall Hispanoamericano, 1988. Cap. 12
- ECOINTEGRAL LTDA. Incentivos y regulaciones para una gestión adecuada de los residuos industriales, Bogota D.C, Editorial Códice, 1999. Pág. 154 - 181.

- FLEITMAN, Jack. Evaluación integral para el diagnóstico y solución de problemas de productividad, calidad y competitividad, México, Editorial Mc Graw Hill, 1993. Pág. 10 - 34.
  
- GTZ PROGRAMA PILOTO PARA LA PROMOCIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR PRIVADO DE PAISES EN DESARROLLO. Guías de buenas prácticas de manejo para pequeñas y medianas empresas (PyMEs). México, 1998. Pág. 8 - 44
  
- HODSON, William K. Maynard Manual del Ingeniero Industrial, México, Editorial Mc. Graw Hill, 1996. Sección 2- Cap. 2, Sección 3 - Cap. 1 y 2.
  
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la Gestión integral de Residuos. Bogotá, D.C. 1998. Pág. 78 - 89
  
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE . Política Nacional de Producción más Limpia. Bogotá, D.C. 1997. Pág. 5 - 34
  
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE - PNUMA - . Un paquete de recursos de capacitación: Producción Más Limpia, Ciudad de México, Editorial y Litografía Regina de los Ángeles S.A., 1999.
  
- OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO EN GINEBRA (OIT). Introducción al Estudio del Trabajo, México, Editorial Limusa S.A. de C.V. 1996.

- CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES. Guia sectorial de Producción más Limpia, Medellín, Editorial Clave. 2002. Pág. 9 - 39.
- CANTER, Larry W. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, México, Editorial Mc. Graw Hill, 1998. Pág. 71 - 99.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

- **[www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)**

Página Web del Ministerio del Medio Ambiente de Colombia con información actualizada de los desarrollos en el tema ambiental.

- [www.cgpl.org.gt/default.html](http://www.cgpl.org.gt/default.html)

Centro guatemalteco de P+L.

- [www.rubes.es/editorial/13.htm](http://www.rubes.es/editorial/13.htm)

Publicaciones ambientales de la editorial española Rubes.

- [www.cdmb.gov.co/nodo/p+l.htm](http://www.cdmb.gov.co/nodo/p+l.htm)

Página web de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.

- [www.corantioquia.com.co](http://www.corantioquia.com.co)

Página Web de la Corporación Autónoma Regional de Antioquia.

- [www.cinset.org](http://www.cinset.org)

Página de la Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia.

- [www.gapcinsetacopi.org](http://www.gapcinsetacopi.org)

Gestión ambiental más productividad. Programa Gestión Ambiental e Incorporación De Tecnologías Mas Limpas que tiene como objetivo principal mejorar la competitividad y aumentar la productividad de la PYMES Colombianas.

- [www.cnpml.org](http://www.cnpml.org)

Página Web del Centro Nacional de Producción Más Limpia colombiano con información actualizada de los desarrollos en las metodologías de P+L.

- [www.proexport.com.co](http://www.proexport.com.co)

Página de Proexport. Entidad encargada de la promoción comercial de las exportaciones no tradicionales colombianas.

- [www.humboldt.org](http://www.humboldt.org)

Página del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, cuya misión es promover, coordinar y realizar investigación que contribuya a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en Colombia

- [www.ecoeficiencia.com](http://www.ecoeficiencia.com)

Información general sobre ecoeficiencia en Colombia, Argentina, Chile, México y Costa Rica.

- [www.cideiber.com/infopaises/Colombia/Colombia-05-02.html](http://www.cideiber.com/infopaises/Colombia/Colombia-05-02.html)

Página web del Centro de Información y Documentación Empresarial sobre Iberoamérica (CIDEIBER).

- [www.andi.com.co](http://www.andi.com.co)

Página web de la Asociación Nacional de Industriales con información general de la industria colombiana.

- [www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion\\_Desarrollo\\_Empresarial/Informacion\\_sectorial/Microempresas/metalmecanica/Metalmecanica.htm](http://www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Empresarial/Informacion_sectorial/Microempresas/metalmecanica/Metalmecanica.htm)

Información general de las empresas metal mecánicas de Colombia.

- [www.dane.gov.co/](http://www.dane.gov.co/)

Página web del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas con información general de las industrias y del comercio en Colombia



**ANEXOS**

---

---

## ANEXO A

### LISTA DE MIEMBROS CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

ANDI	<a href="http://www.andi.com.co">www.andi.com.co</a>
ÁREA METROPOLITANA	<a href="http://www.metropol.gov.co">www.metropol.gov.co</a>
seco/EMPA (Suiza)	<a href="http://www.eis-online.net.co">www.eis-online.net.co</a>
CÁMARA DE COMERCIO COLOMBO AMERICANA	<a href="http://www.amchamcolombia.com.co">www.amchamcolombia.com.co</a>
CÁMARA DE COMERCIO COLOMBO SUIZA	<a href="mailto:suizacam@colomsat.net.co">suizacam@colomsat.net.co</a>
CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN	<a href="http://www.camamed.org.co">www.camamed.org.co</a>
CEMENTOS DEL NARE S.A.	<a href="http://www.cementonare.com.co">www.cementonare.com.co</a>
CEMENTOS EL CAIRO S.A.	<a href="http://www.cementocairo.com.co">www.cementocairo.com.co</a>
CEMENTOS RIOCLARO S.A.	<a href="http://www.cementorioclaro.com.co">www.cementorioclaro.com.co</a>
CENTRO DE PRODUCTIVIDAD DEL PACÍFICO	<a href="http://www.cpp.org.co">www.cpp.org.co</a>
CODESARROLLO	<a href="http://www.codesarrollo.org">www.codesarrollo.org</a>
COLCIENCIAS	<a href="http://www.colciencias.gov.co">www.colciencias.gov.co</a>
COMITÉ DEP. DE CAFETEROS DE ANTIOQUIA	<a href="http://www.cafedecolombia.com">www.cafedecolombia.com</a>
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S.A.	<a href="http://www.argos.com.co">www.argos.com.co</a>
CORNARE	<a href="http://www.cornare.gov.co">www.cornare.gov.co</a>
CORP. EMPRESARIAL DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO	<a href="http://www.ceo.org.co">www.ceo.org.co</a>
EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN	<a href="http://www.eevvm.com.co">www.eevvm.com.co</a>
ENKA DE COLOMBIA S.A.	<a href="http://www.enka.com.co">www.enka.com.co</a>
ESCUELA DE INGENIERÍAS DE ANTIOQUIA	<a href="http://www.eia.edu.co">www.eia.edu.co</a>
FUNDACIÓN MAMONAL	<a href="mailto:fundamamonal@ctgred.net.co">fundamamonal@ctgred.net.co</a>
FUNDACIÓN PROANTIOQUIA	<a href="mailto:proantioquia@epm.net.co">proantioquia@epm.net.co</a>
FUNDACIÓN SURAMERICANA	<a href="http://www.suramericana.com.co">www.suramericana.com.co</a>
MANCESA S.A.	<a href="http://www.mancesa.com.co">www.mancesa.com.co</a>
MINEROS DE ANTIOQUIA S.A.	<a href="mailto:mdageren@epm.net.co">mdageren@epm.net.co</a>
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	<a href="http://www.minambiente.gov.co">www.minambiente.gov.co</a>
MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A.	<a href="http://www.monmeros.com">www.monmeros.com</a>
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI	<a href="http://www.puj.edu.co">www.puj.edu.co</a>
SENA (cooperante)	<a href="http://www.sena.edu.co">www.sena.edu.co</a>
SIMESA	<a href="http://www.simesa.com">www.simesa.com</a>
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	<a href="http://www.udea.edu.co">www.udea.edu.co</a>
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE	<a href="http://www.uco.edu.co">www.uco.edu.co</a>
UNIVERSIDAD DEL VALLE	<a href="http://www.univalle.edu.co">www.univalle.edu.co</a>
UNIVERSIDAD EAFIT	<a href="http://www.eafit.edu.co">www.eafit.edu.co</a>
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	<a href="http://www.unalmed.edu.co">www.unalmed.edu.co</a>
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	<a href="http://www.upb.edu.co">www.upb.edu.co</a>
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	<a href="http://www.utp.edu.co">www.utp.edu.co</a>

ANEXO B

LISTA DE CHEQUEO BASE SOBRE LA CUAL SE DESARROLLÓ LA  
ENCUESTA EMPLEADA EN EL ESTUDIO

SECCION AGUA:

AGUA	SI	N O	Comentarios
Conoce el consumo mensual de agua?			
Se mantiene un registro del consumo de agua por medio de las facturas mensuales de los servicios públicos?			
Se chequea la calidad del agua de suministro?			
Se cuenta con algún tratamiento inicial del agua?			
Se cuenta con algún tratamiento posterior del agua?			
Existe un programa de ahorro de agua?			
Estimulan al personal y a los visitantes a ahorrar agua?			
Se tienen carteles cerca a las llaves recordando ahorrar agua?			
Han tomado acciones específicas para ahorrar agua en los últimos 12 meses?			
Chequean continuamente el sistema de acueducto para evaluar el comportamiento del consumo?			
Se han instalado sub-medidores en diferentes áreas?			
Se ofrecen sugerencias escritas a los pacientes y visitantes, de cómo economizar y conservar el agua en sus baños?			
Se tienen instalados equipos de detección de fugas?			
Se reportan inmediatamente las fugas de agua de duchas, sanitarios y lavamanos de los baños de las habitaciones y comunes?			
Se tiene regulado el flujo del agua en lavamanos?			
Se mantienen cerrados los grifos y duchas cuando no se usan?			

Se han instalado grifos aspersores en los baños de las habitaciones?			
Se tienen instalados lavamanos y sanitarios que se activen según su utilización por medio de rayos infrarrojos?			
Se ha estudiado en qué lugares se puede reutilizar el agua y en qué cantidad?			
Se usan los lavadores de platos con carga completa?			
Se hacen inspecciones regulares de las bombas del lavaplatos en búsqueda de fugas?			
Se han reducido los tiempos de riego del jardín?			
Se tienen decorados los jardines con plantas que requieran menos agua?			
Se lava el parqueadero con agua directamente?			
Se usa un balde, esponja y/o aspersor a presión para lavar alguna área?			
Se recolecta el agua lluvia en tanques para ser utilizado en alguna actividad o se ha considerado la posibilidad?			
Se recicla el agua de la piscina?			
Se lava la ropa sólo cuando hay carga completa?			
Se usa la cantidad de detergente especificada por el fabricante en el lavado de ropa?			
Se hace una recuperación del agua de los ciclos de enjuague y secado de la lavandería?			
Se cuenta con trampas de grasa?			
Al descongelar los productos, se usa agua caliente?			

SECCION ENERGIA:

<b>ENERGIA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
Conoce cuánta energía se consume en total y cuánta en las diferentes áreas del hospital?			
Se monitorean y revisan las cuentas de servicios para tener un registro continuo de los consumos?			
Ha bajado o subido el consumo de energía en el último año?			
Se han fijado objetivos para reducir el consumo de energía?			

Han comparado el uso de energía con puntos de referencia?			
Han chequeado que las tarifas más económicas se utilicen en cada propósito? Se revisa cada mes los costos por energía con el fin de detectar posibles equipos con mal funcionamiento?			
Existe un programa de ahorro de energía?			
Se informa a los pacientes y visitantes acerca del programa de ahorro de energía?			
Usan fuentes de energía más económicas como gas natural?			
Se usa energía renovable donde se tenga una buena relación costo – beneficio?			
Se mantienen informados de las últimas tecnologías y avances en manejo de energía?			
Se verifica el consumo de energía de los aparatos eléctricos antes de comprarlos?			
Se ha educado y/o entrenado a los empleados para que operen los equipos eficientemente?			
Se hacen lluvias de ideas con los empleados para buscar nuevas formas de ahorrar energía en todas las áreas?			
Se reporta cualquier daño en equipos o fugas en las tuberías?			
Se hace un mantenimiento periódico programado para los equipos?			
Se tienen temporizadores para los equipos de modo que se apaguen cuando no sean utilizados por un período determinado?			
Han tenido una auditoria en los últimos tres años?			
Se han reemplazado los equipos viejos por alternativas que sean más eficientes energéticamente?			
Se han instalado equipos de control: sistemas de manejo de energía en tiempo real, temporizadores, celdas fotoeléctricas, entre otros?			
Se tienen ajustados los tiempos de operación de los equipos que trabajan con energía?			
Se tienen ajustados los niveles de iluminación?			

Se apagan los equipos cuando no son utilizados por períodos de tiempo significativos?			
Se apagan los sistemas de enfriamiento, calentamiento e iluminación de áreas no ocupadas?			
Han instalado lámparas de bajo consumo de energía con un costo efectivo?			
Se encienden las luces sólo cuando la luz natural es insuficiente?			
Se limpian con frecuencia las lámparas y el sistema de iluminación para mejorar la radiación y la capacidad de iluminación?			
Se apagan las luces y los computadores en las oficinas desocupadas?			
Se tienen sensores de presencia en las instalaciones?			
Se distribuyen los escritorios de acuerdo a la forma en que entra el sol a la oficina para aprovechar al máximo la luz natural?			
Se cuenta con bombillos fluorescentes y balastos que tengan una mejor transferencia de energía?			
Se tienen instalados reflectores especulares para disminuir el número de lámparas por soporte?			
Se tienen instaladas láminas traslúcidas para aprovechar la iluminación natural?			
Se han ajustado los reguladores de temperatura, de luz, etc., para asegurar el mínimo nivel de energía que da confort?			
Se detienen los equipos de regulación de temperatura en las habitaciones mientras se hace el aseo y cuando se abren las ventanas?			
Se ajustan los acondicionadores de equipos para maximizar la eficiencia?			
Se evitan los espacios en los que se tiene calentamiento y enfriamiento simultáneo?			
Se cierran las cortinas para reducir la radiación solar que entra a la habitación?			
Se asegura que los muebles no obstruyan la salida del aire acondicionado o de la calefacción?			

Se mantienen las puertas y ventanas cerradas cuando el aire acondicionado este en funcionamiento?			
Se aseguran que el termostato esté ajustado a la temperatura correcta? Se tiene instalado un sistema que ajuste automáticamente la temperatura de las oficinas basado en el nivel de ocupación?			
Se usan los sistemas de extracción sólo cuando es necesario?			
Se chequean regularmente los filtros de los sistemas de extracción y aire acondicionado?			
Se tienen dimensionados adecuadamente los equipos de aire acondicionado para el área donde se encuentran?			
Se verifica que las temperaturas de calentamiento de agua y de enfriamiento del aire acondicionado sean las óptimas y con las que los equipos trabajan más eficientemente?			
Está optimizado el nivel de la temperatura para el calentamiento del agua?			
Se tienen aislados los tubos que transportan el agua caliente y fría y sus tanques?			
Se hace un mantenimiento constante al sistema de extracción de la cocina?			
Se mantiene el período de precalentamiento del horno al mínimo?			
Se utiliza el lavaplatos sólo cuando haya carga adecuada?			
Se usan los sartenes del tamaño adecuado para la cantidad de alimento a cocinar?			
Dejan enfriar los alimentos sobre una mesa antes de colocarlos en el refrigerador?			
Se mantienen las puertas de los refrigeradores, congeladores, cavas, etc. perfectamente cerradas y se verifica que los empaques estén en buen estado?			
Se realiza una recuperación de calor en la lavandería?			

SECCION RESIDUOS SÓLIDOS:

<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Comentarios</b>
Conoce la cantidad y composición de los residuos generados por el hospital?			
Se monitorean los tipos y cantidades de residuos generados?			
Conoce los costos mensuales por la disposición de los residuos generados?			
Existen programas para minimizar, reducir y reciclar los residuos?			
Cuenta con la cantidad suficiente de recipientes para los residuos?			
Se le informa a los pacientes y visitantes del programa de reducción de residuos?			
Estimulan a los pacientes o empleados a efectuar sugerencias al programa?			
Han identificado posibles oportunidades de reducción de los residuos?			
Se cuenta con un programa de separación de residuos?			
Los recipientes están señalados según el tipo de residuo?			
Se hace una separación de papel, plástico y vidrio para luego reciclarlos?			
Se recicla el papel de oficina?			
Se hace una recolección de periódicos y revistas para luego reciclarlos?			
Se hace una separación de todo residuo orgánico?			
Se separan los residuos líquidos de los sólidos?			
Tienen un lugar de almacenamiento para desechos tóxicos o peligrosos?			
Se compran los insumos en empaques o contenedores grandes o al por mayor?			
Se tiene predilección por productos que vengan en material reciclado?			
Se devuelven los empaques al proveedor para utilizarlos nuevamente?			



Se le ha sugerido a los proveedores que investiguen nuevas alternativas de productos que sean menos contaminantes?			
Se le ha consultado al jefe o encargado de alimentos y bebidas sobre sugerencias de cómo hacer las compras más eficientes? El servicio de gaseosas, agua, refrescos, cervezas, etc. es con dispensador?			
Se usan portavasos permanentes?			
Se recicla el aceite de cocina?			
Se tiene algún programa de donación de comida que no haya sido usada a centros de caridad?			
Se adquieren productos de limpieza con el mínimo de químicos peligrosos, como por ejemplo detergentes biodegradables que no contengan fosfatos?			
Se compra de forma concentrada los productos de limpieza de la lavandería?			
Se tienen registros de todas las sustancias peligrosas usadas?			
Las bolsas de la lavandería son plásticas?			
Se hace una clasificación de los residuos en el aseo de las habitaciones?			
Se cuenta con un compactador de residuos para reducir el volumen generado?			
Se compran fertilizantes y biocidas orgánicos?			
Se tiene un programa de compostaje?			
Se evitan productos no amigables con el medio ambiente: aerosoles con CFC, pinturas a base de aceite, etc.?			
Se usan lapiceros y cartuchos de tinta que se puedan volver a llenar?			
La comunicación interna es vía e-mail o por red interna?			
Se usan baterías recargables para calculadoras y otros aparatos de las oficinas?			

*Tomada de la Guía Sectorial de P+L del Centro Nacional de Producción Más Limpia*

## ANEXO C

### EMPRESAS VINCULADAS A LA ASOCIACIÓN DE INDUSTRIAS METALMECÁNICAS DE CARTAGENA (ASIMECAR)

EMPRESA	GERENTE	DIRECCIÓN	TELÉFONO	EMAIL
TALLER IGNACIO SIERRA	Germán Spicker	Bosque Trv. 53 Cl. La Giralda #53-16	6694267 - 6694243	<a href="mailto:gspiker@hotmail.com">gspiker@hotmail.com</a>
IMEC S.A.	Luis M. Avedaño	Bosque sector San Isidro #28-60	6695412 - 6694278	<a href="mailto:imec@ctgred.net.co">imec@ctgred.net.co</a>
INDUSTRIAS FERVILL LTDA.	Fernando Villareal	Bosque Av. Crisanto Luque #48-17	6624141 - 6621422 - 6624689	<a href="mailto:fervill@ctgred.net.co">fervill@ctgred.net.co</a>
SERVICIOS INDUSTRIALES Y METALMECÁNICOS (SERIDME)	Oscar Tabares Puerta	Bosque sector San Isidro	6695154	<a href="mailto:seridme@telecartagena.com">seridme@telecartagena.com</a>
BUSTOS REYES & CIA. LTDA.	Floralba Bustos Reyes	Nuevo Bosque Trv. 53 A 29 E-141 #155	6776052 - 6776069	NP
TALLER INDUSTRIAL SERVITEC	Luis E. Cardenas	Ceballos Trv. 54 # 29 C-38 Carretera al Bosque	6673111 - 6673889	NP
TALLER INDUSTRIAL LAGUMOR	Carlos Morales	Via a Mamonal sector Bellavista	6571241 - 6767036	NP
INDUSTRIAS METALMECÁNICAS SAN JUDAS	Hector Revolo Mendoza	Bosque sector San Isidro #22E-108	6695150 - 6695189	NP
TALLER INDUSTRIAL COAL	Orlando Mercado	Ceballos Dg. 29 #57-21 calle principal	6671870	NP
TALLER METALPREST LTDA.	Norberto Tordecilla	Bosque Trv. 54 #28-100	6673777	NP
INDUSTRIAS ALAN LTDA.	Angel Nitola	Cevallos Dg. 30 #56a-136	6571315	<a href="mailto:indualan@uolpremium.net.co">indualan@uolpremium.net.co</a>
TALLER PALMER	Abel Rios	Bosque Cll 1a. del mamón	6743019	NP
DISTRIBUIDORA DE METALES	Elmer Franco	Bosque Trv. 54 #41-161	6776446 - 6776541	<a href="mailto:dmetales@ctgred.net.co">dmetales@ctgred.net.co</a>
TALLERES UNIDOS	Gustavo Villalobos	Alto Bosque Av. Crisanto Luque Tr. 51 B #21 C-59	6623952 - 6627794	NP

NP: No posee

# Anexo D

---

Plano de la empresa FERVILL Ltda..

# Anexo E

---

Distribución propuesta para la empresa  
FERVILL Ltda.

# Anexo F

---

Cursogramas analíticos de los procesos  
metalmecánicos para el operario

# Anexo G

---

---

Cursogramas analíticos de los procesos  
metalmecánicos para el material

# Anexo H

---

Diagramas de recorrido actuales para los  
procesos metalmecánicos

# Anexo I

---

Diagramas de recorrido propuestos para  
los procesos metalmecánicos



# Anexo J

---

Organigrama de la empresa  
FERVILL Ltda..

## ANEXO K

### DESCRIPCIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA EMPLEADA POR FERVILL LTDA.

- **TORNOS**

Marca Turri 190. Capacidad: 1mt x 12" diam x 1 ½" husillo.

Marca Turri 225. Capacidad: 1 ½ mts x 16" diam x 1 ½ husillo.

Marca Rumano. Capacidad: 2mts x 24" diam x 1 ¾" husillo.

Marca Romi. Capacidad: 3,2 mts x 32" volteo x 2" husillo.

- **CEPILLO**

Marca Sacia. Capacidad: 16 x 2".

Marca Klopp. Capacidad: recorrido 80 cm transversales.

- **ROLADORAS**

*Marca Kliwc (eléctrica). Capacidad: 3mts. x 3/8".*

*Marca Schofer Maschinenbau. Capacidad: 3000 x 26 x 20 x 16 mm.*

Marca Schofer Maschinenbau. Capacidad: para láminas hasta de 1½"

Sin marca (manual) Capacidad: 1 ½ mts x 1/8".

- **LIMADORA**

Sin Marca, de avance automática de vaivén. Capacidad: 650 y 500mm.

- **PRENSA**

Sin Marca (hidráulica). Capacidad: 100 ton.

- **TALADROS**

Marca Americano (radial) de 1,5 mts x 2 mts.

Marca Americano (radial) de 2,0 mts x 3,5 mts.

Marca Bufalo (pedestal) de ¼".

Marca Black & Decker (eléctrico) profesional de ½".

Marca Black & Decker (eléctrico) profesional de ¾".

Marca Black & Decker (eléctrico) profesional de ¼".

Marca Milwaukee (martillo) de 1".

Sin Marca (magnético) de 1 ¼".

Sin Marca (neumático) de ¼".

- **TROQUELADORA**

Sin Marca (Electro-mecánica). Capacidad: 25 ton.

- **SIERRA**

Marca Cartowice (Eléctrica) de corte de 24".

Marca Black & Decker de corte.

Sierra eléctrica de corte de 18".

- **CIZALLAS**

Sin Marca (eléctrica). Capacidad: 244 cm de corte.

Sin Marca (eléctrica manual). Capacidad: 1,5 mm de corte.

- **DOBLADORAS**

Sin Marca, de tubo hidráulico. Capacidad: 2" diam.

Sin Marca, de tubo hidráulico. Capacidad: 3" diam.

Sin Marca, plegadora electro-hidráulica. Capacidad: 60 ton.

Sin Marca, dobladora plana mecánica. Capacidad: 2400 mm long x 3 diam.

- **COMPRESOR**

Marca Joy (eléctrico) de 50 hp y 100 psi.

Sin Marca (eléctrico) de 18 hp y 100 psi.

Sin Marca (eléctrico) de 7,5 hp y 80 psi.

Sin Marca (diesel) para sandblasting de 350 psi.

- **BOMBA**

Sin Marca (eléctrica) de 3 hp.

Sin Marca (eléctrica monofásica) de ¾ hp.

Sin Marca (hidráulica) con gato para 55 ton.

- **ESMERIL**

Sin Marca de 3600 rpm. Capacidad: 1 hp.

Sin Marca de 1800 rpm. Capacidad: ¼ hp.

Sin Marca de 1160 rpm. Capacidad: ½ hp.

Sin Marca de 3600 rpm. Capacidad: 1/8 hp.

- **MOTOR TOOLS**

Marca Black & Decker de 8600 rpm y de ¼".

- **AIR TOLS**

Marca Black & Decker de 1 ¼".

- **TIRFOR**

Sin Marca. Capacidad: 750 kg.

- **PULIDORAS**

Marca Black & Decker (angulares)

Marca Black & Decker (rectas)

Marca Boss (angulares)

- **MAQUINAS DE SOLDAR**

Marca Miller 400a (220 - 440v).

Marca Howard 400a (220 - 440v).

Marca Manfer 200a (220 - 110v).

Marca Cebora 60a (110 - 220v).

Marca Lincoln 225a (220v).

Marca Lincoln (gasolina) 250a.

Marca Lincoln (diesel) 350a.

Marca Lincoln (diesel) 250a.

Marca Howard (gasolina) 250a.

Marca Howard (diesel) 250a.

- **DIFERENCIAL**

Sin Marca. Capacidad 5,0 ton.

Sin Marca. Capacidad 2,5 ton.

Sin Marca. Capacidad 2,0 ton.

Sin Marca. Capacidad 1,5 ton.

Sin Marca. Capacidad 1,0 ton.

- **GATOS**

Sin Marca (mecanico). Capacidad 10 ton.

Sin Marca (hidraulico). Capacidad: 10 ton.

Sin Marca (hidraulico). Capacidad: 30 ton.

- **RECTIFICADORA**

Marca Fervill (de cara) de 3800 rpm.

- **BASCULA**

Sin Marca. Capacidad: 250 kg.

- **ELEVADOR**

Marca Yale. Capacidad: 4,0 ton.

Marca Datsun. Capacidad: 2,5 ton.

- **PLANTA ELECTRICA**

Sin Marca (diesel) de 70 kw.

- **COMPUTADORES**

Marca MCA Pentium II.

Marca Omega 386.

Marca Alton 486.

Marca DTK 586.

Marca Compaq. Referencia: presario 4160.

- **VEHICULOS**

Camión Marca Ford 350.

Camión Marca Ford - 700.

Camioneta Marca Ford -150.

Camioneta Marca Luv - 1600.

Camioneta Marca Luv - 2300.

- **OTROS**

Chazadora electro - neumática

Equipo para corte con plasma nerta-zip star kva.

Cuerpos de andamios.

Contenedores.