

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ciencias Ambientales

Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

Aplicación de técnicas de Producción más Limpia para reducir el desperdicio de yeso en el proceso de elaboración de moldes utilizados para la fabricación de sanitarios en una industria cerámica.

Autora:

Gabriela Arrobo Vidal

Directora:

Ing. Laura Huachi

Quito – Ecuador

2011

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Internacional SEK y a mis profesores, por contribuir con mi formación profesional lo que me permitió llevar a cabo el presente trabajo.

Agradezco a la empresa EDESA S.A por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones, al personal del área de moldes por su colaboración, y de sobremanera al Ing. Vicente Unda por todo el apoyo y la confianza prestada antes, durante y después de la investigación.

Agradezco a mi familia por el apoyo que me brindaron durante la elaboración de este trabajo.

Finalmente agradezco a Dios por todas sus bendiciones en mi vida.

Dedico el presente trabajo a mi familia, a mi novio y amigos, en especial a mis padres, hermanos y a mi sobrino...

Índice

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Breve descripción de la empresa.....	1
1.3 Problemática a resolver.....	2
1.4 Justificación	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo General:	3
1.5.2 Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1 Producción más Limpia	4
2.1.1 Antecedentes de Producción más Limpia	4
2.1.2 Definición de Producción más Limpia	5
2.1.3 Niveles de aplicación de PML (Fúquene, 2007).....	5
2.1.4 Beneficios de la Producción Más Limpia	8
2.1.5 Principios de la PML	9
2.1.6 Barreras para la aplicación de PML.....	10
2.1.6.1 Barreras del entorno a la empresa:	10
2.1.6.2 Barreras internas de la empresa:	12
2.1.7 Producción más Limpia vs “Fin de tubo”	13
2.1.8 Implantación de un programa de PML	15
2.1.8.1 Etapa 1: Planificación y Organización	17
2.1.8.2 Etapa 2: Pre evaluación y Diagnóstico.....	19
2.1.8.3 Etapa 3: Estudios y Evaluación.....	21
2.1.8.4 Etapa 4: Estudios de Viabilidad Técnica, Económica y Financiera.....	23
2.1.8.5 Etapa 5: Implantación y Planes de Seguimiento	27
2.2 Industria Cerámica	29
2.2.1 Generalidades del sector	29
2.2.2 Cerámica Sanitaria	30
2.2.3 Procesos productivos	30
2.2.3.1 Fabricación moldes.....	32
CAPITULO III: METODOLOGÍA	34

3.1	Etapa 1: Planificación y Organización	34
3.2	Etapa 2: Pre evaluación y Diagnóstico.....	35
3.3	Etapa 3: Estudios y Evaluación	35
3.4	Etapa 4: Estudios de Viabilidad Técnica, Económica y Financiera.....	41
3.5	Etapa 5: Implantación y Planes de Seguimiento.....	42
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS		45
4.1	Manual 1: Pre – Auditoría.....	45
4.2	Manual 2: Diagnostico Ambiental del proceso y gestión de residuos	45
4.3	Manual 3: Evaluación de aspectos legales.....	48
4.4	Manual 4: Balance de Materiales y Diagnóstico	48
4.5	Manual 5: proyectos de Producción más Limpia	51
4.5.1	Estudio de Caso n° 1	51
4.5.2	Estudio de Caso n° 2	53
4.5.3	Estudio de Caso n° 3	57
4.5.4	Resultados Generales de la implementación del programa de PML	60
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones.....	63
CAPITULO VI: REFERENCIAS Y CITAS BIBLIOGRAFICAS		64
Anexo A: Proceso de Elaboración Moldes.....		66
Anexo B: Mediciones de desperdicio de yeso.....		68
Anexo C: Manual 1:Pre- Auditoría.....		70
Anexo D: Manual 2: Diagnóstico Ambiental del proceso y gestión de residuos.....		80
Anexo E: Manual 3: Evaluación de aspectos legales.....		117
Anexo F: Manual 4: Balance de materiales y Diagnóstico.....		124
Anexo G: Oportunidades de Mejora.....		147
Anexo H: Manual 5: Proyectos de Producción más Limpia.....		149
Anexo I: Programa de Producción más Limpia.....		175

Índice de figuras

Figura 1. Enfoque tradicional de un proceso (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)	4
Figura 2. Enfoque integral de los procesos (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)	5
Figura 3. Enfoque PML (PNUMA)	7
Figura 4. Etapas de un programa de Producción más Limpia (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)	16
Figura 5. Etapa de Planeación y Organización (Bosworth, Hummellose, & Christianse, 2000)	17
Figura 6. Diagrama de flujo (Prévez & Sánchez-Osuna, 2007)	20
Figura 7. Identificación de opciones de PML (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)	21
Figura 8. Fabricación de moldes (EDESA S.A., 2010)	34
Figura 9. Etapas de un programa de Producción más Limpia (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)	34
Figura 10. Mediciones de desperdicio de yeso. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	37
Figura 11. Muestras de Laboratorio. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	38
Figura 12. Homogenización de las muestras de desperdicio de yeso. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	38
Figura 13. Base Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	41
Figura 14. Implementos de llenado. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	52
Figura 15. Gancho para sujetar jarra. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	52
Figura 16. Buenas prácticas operacionales. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	52
Figura 17. Tablas con pesos de las matrices. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	53
Figura 18. Peso Molde 1260	54
Figura 19. Peso Molde 4262	55
Figura 20. Consumo Anual de Yeso	56
Figura 21. Consumo Anual de Agua	56
Figura 22. Tablas con nuevos valores de pesaje	58
Figura 23. Consumo Anual de Yeso. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	59
Figura 24. Consumo Anual de Agua	60

Índice de tablas

Tabla 1. Prácticas Limpias a lo largo de la vida de un producto (Fúquene, 2007)	6
Tabla 2. Diferencias entre PML y "Fin de Tubo" (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005)	14
Tabla 3. Ejemplos de obstáculos en las implementación de un programa de PML (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005)	19
Tabla 4. Descripción de productos cerámicos (Austin, 1992)	30
Tabla 5. Modelos de mayor Producción. (EDESA S.A., 2010). Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	36
Tabla 6. Componentes Modelo 4262. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010	39
Tabla 7. Componente Modelo 1260. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	39
Tabla 8. Componentes de una matriz. Elaborado por: Gabriela arrobo, 2010.	40
Tabla 9. Modelos de mayor producción utilizados para los cálculos de viabilidad. (EDESA S.A., 2010) Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	42
Tabla 10. Actividades Etapa 5. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	44
Tabla 11. Proceso Global. (EDESA S.A., 2010). Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	45
Tabla 12. Listado de oportunidades de mejora. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	47
Tabla 13. Flujograma Moldes. (EDESA S.A., 2010). Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	49
Tabla 14. Porcentaje de desperdicio antes de la implementación. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	49
Tabla 15. Oportunidades de mejora Área de Moldes. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	50
Tabla 16 Estudios de Caso Área de Moldes. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	51
Tabla 17. Porcentaje de desperdicio propuesto en el programa de PML. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	54
Tabla 18. Resumen Estudio de Caso 1 y 2	55
Tabla 19. Indicador de desperdicio al momento del pesaje. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	57
Tabla 20. Desperdicio Anual Vicentini #1	58
Tabla 21. Desperdicio anual Vicentini #2	58
Tabla 22. Resumen Estudio de Caso # 3. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.	59
Tabla 23. Beneficios e inversiones	60
Tabla 24. Beneficios ambientales	61
Tabla 25. Cantidad de sacos de yeso que no entraría al proceso. Elaborado Por: Gabriela Arrobo, 2010.	61

Resumen

El presente trabajo de fin de carrera tuvo como objetivo aplicar un programa de Producción más Limpia (PML) en Edesa S.A. Luego del diagnóstico realizado, se determinó que en el Área de Moldes existía desperdicio de yeso. Razón por la cual, la finalidad del programa fue minimizar los desperdicios de yeso en la elaboración de moldes para la fabricación de sanitarios. Para implementar el programa se siguió una serie de cinco etapas y se seleccionó las tres mejores opciones (estudios de caso) para minimizar el desperdicio.

El primer estudio de caso consistió en concientizar a los trabajadores sobre el desperdicio de yeso existente en el área para de esta forma mejorar las prácticas operacionales, el segundo estudio de caso fue la estandarización (uniformidad) de pesos para minimizar el desperdicio, y el tercer estudio de caso consistió en disminuir el exceso de material pesado debido al punto de corte de las máquinas dosificadoras de yeso y agua.

La aplicación de estos estudios de caso reducirían el desperdicio anual en 36.26 toneladas de yeso y 26.60 m³ de agua. La reducción de desperdicio de yeso implica que no se generen 587 sacos de papel y 319 sacos de yute como residuo anualmente. Mediante lo cual se contribuiría a la preservación del recurso agua y suelo, y se disminuiría la generación de residuos sólidos.

La inversión total de los estudios de caso de la estrategia de Producción más Limpia fue de \$524,13 con un periodo de recuperación de 1.71 meses y beneficios económicos anuales de \$ 5,696.02.

La aplicación de estrategias de producción más limpia brinda un sin número de beneficios tanto para la empresa como para el ambiente y las personas involucradas directa o indirectamente en los procesos y su producto final.

Abstract

This thesis' aim was to implement the Cleaner Production (CP) strategy in Edessa S.A. After the diagnosis, it was determined that plaster is wasted in the molds area. Therefore, the purpose of the CP strategy was to minimize the waste in the preparation of plaster molds for the production of toilets. To implement and comply with the strategy, a series of five stages were followed and the three best options (case studies) were selected.

The first case study was to raise awareness among workers about the plaster waste in the area to thereby improve operational practices, the second case study was to standardize the plaster weights to minimize waste, and the third case study was to reduce excess material due to the cutoff measurement of the plaster and water machines.

The application of these case studies would reduce the annual waste by 36.26 tons of plaster and 26.60 m³ of water. The plaster waste reduction represents 587 paper bags and 319 jute bags of material that is wasted. The application of the reduction plan would contribute to the preservation of water and soil, and would reduce the generation of solid waste.

The total investment of the case studies for the cleaner production strategy was \$524.13 with a payback period of 1.71 months and annual economic benefits of \$ 5,696.02.

The implementation of the cleaner production strategies provides endless benefits for both, the company and the environment, and the people involved directly or indirectly with the processes and final product.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El constante crecimiento poblacional implica el aumento de las necesidades, las cuales involucran el elevado consumo de recursos naturales, tomando en cuenta que el crecimiento de los recursos naturales no va a la par del crecimiento poblacional, se debe tener un manejo adecuado de estos, de modo que los mismos puedan beneficiar a la población actual y a futuras generaciones.

Una forma de manejar los recursos de una mejor manera es mediante Producción más limpia que es la aplicación continua de estrategias preventivas integrales a los procesos y productos cuya finalidad es eliminar o reducir los riesgos para las personas como para el ambiente.

El Municipio de Quito mediante la Secretaría del Ambiente creó un proyecto de alianza estratégica entre el sector industrial y centros educativos para que a través de tesis de grado de estudiantes universitarios se realicen estudios de factibilidad económica, técnica y ambiental para aplicar proyectos de P+L en industrias del Distrito Metropolitano de Quito, los proyectos se llevaron, a cabo con asesoría del CEPL (Centro Ecuatoriano de Producción Más Limpia); todo esto con el objetivo de la prevención de la contaminación por parte de un seleccionado grupo de industrias en Quito.

Una de las empresas que forman parte del proyecto de Producción más Limpia es EDESA S.A.; una empresa encargada de la elaboración de sanitarios en donde los recursos naturales son indispensables para la elaboración de los sus productos. Anualmente se usa materias primas como arcilla, yeso, feldespatos, entre otros, necesarios para la elaboración de moldes de yeso, preparación del esmalte y la pasta; requeridos para la fabricación de los productos en sí. El programa de PML se llevó a cabo en el área de moldes de la empresa. El objetivo principal para la realización de este trabajo fue elaborar un proyecto de producción más limpia mediante el cual, se pueda optimizar el uso materias primas de tal forma que se pueda disminuir el desperdicio de yeso que se da en el área.

1.2 Breve descripción de la empresa

EDESA, es una fábrica dedicada a la fabricación de sanitarios de cerámica y productos complementarios para el baño que se distribuyen en el mercado nacional e internacional. La

empresa se fundó en 1974 con la participación de inversionistas ecuatorianos y la Compañía Venezolana de Cerámica C.A. VENCERAMICA, empezando la producción a mediados de 1978, con una capacidad inicial de producción de 200.000 piezas al año y una muy limitada variedad de modelos y colores.

A partir de 1982 se incorporan a la producción nuevos modelos y colores para satisfacer la demanda del mercado nacional. En 1985 se incorporó a la producción un segundo horno túnel, con el cual se aumentó la capacidad de producción a 500.000 piezas al año. En 1998, la compañía BRIGGS de Norteamérica pasa a formar parte de la corporación CISA. Este hecho marca un importante hito al adquirir una compañía que se encuentra ubicada dentro de las 5 primeras empresas del área de sanitarios de Estados Unidos. Con esta adquisición, CISA no sólo pasa a ser una de las mayores productoras de sanitarios del continente americano, sino que también se adquiere una amplia red de distribución y una reconocida marca en el mercado norteamericano, lo que permite crear canales futuros de distribución para sus plantas latinoamericanas. (EDESA S.A., 2011)

En 1998, EDESA se constituye en la única empresa productora de sanitarios en América del Sur que certifica bajo la Norma ISO 9001. En el año 2000 se conforma como empresa fundadora del sistema de responsabilidad integral, cumpliendo con los códigos establecidos. Desde el año 2005 trabaja en el sistema integrado de gestión, obteniendo la certificación ISO 14001 y OSHAS 18001 en julio del 2010. (EDESA S.A., 2011)

1.3 Problemática a resolver

Se determinó que en el área de fabricación de moldes de la empresa existe un desperdicio de yeso en la etapa de pesaje de materia prima y en el vaciado del molde, por lo que mediante la aplicación de técnicas de producción más limpia se minimizaría el desperdicio de yeso necesario durante la elaboración del moldes de yeso en EDESA S.A.

1.4 Justificación

El consumo de recursos naturales por parte de las sociedades actuales obliga a las personas a dar un uso responsable a estos, basándonos en un enfoque de sustentabilidad que garantice que sociedades futuras puedan hacer uso los recursos naturales de la misma forma que lo hacemos hoy en día.

EDESA S.A es una empresa que dentro de su sistema integrado de gestión busca constantemente realizar sus actividades garantizando la seguridad y salud de sus colaboradores como la protección del ambiente; es por esto que mediante la implementación de un proyecto de producción más limpia en el área de moldes se pretende disminuir el desperdicio de yeso lo que implica un menor consumo de materias primas, yeso y agua, de modo que se disminuya el uso de recursos naturales.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General:

Planificar e implementar un proyecto de producción más limpia para reducir el desperdicio de yeso utilizado para la fabricación de los moldes usados en de elaboración de sanitarios en EDESA S.A.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la cantidad de yeso que se desperdicia en la elaboración de moldes de yeso.
- Reducir el desperdicio de yeso utilizado en la elaboración de moldes mediante la estandarización de pesos.
- Reducir el desperdicio de yeso utilizado en la elaboración de moldes mediante el uso de accesorios que ayuden en el vaciado de la matriz
- Realizar un análisis de factibilidad económica, ambiental y tecnológica de las oportunidades de mejora.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Producción más Limpia

2.1.1 Antecedentes de Producción más Limpia

Desde la década de 1990, la Producción más Limpia (PML), ha sido promovida a nivel mundial, como una visión novedosa para involucrar las actividades empresariales con los programas y proyectos relacionados con la conservación y protección del medio ambiente. Debido al enfoque preventivo de la PML, diferente a los enfoques tradicionales basados en tratamientos al final de los procesos, la Producción más Limpia busca implementar proyectos que generen beneficios económicos para las empresas y beneficios para el medio ambiente y los trabajadores. (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008)

Históricamente, las empresas han respondido a la contaminación causadas por sus actividades productivas de cuatro maneras:

- En primer lugar, ignorando el problema. Esto siempre conlleva a un daño máximo al medio ambiente. Este daño no se limita sólo a escala local, sino que puede ocurrir a nivel regional y en algunos casos incluso a escalas globales.
- En segundo lugar, mediante la prescripción de que "la solución a la contaminación es la dilución", es decir, mediante la dilución o dispersión de la contaminación a fin de que sus efectos sean menos nocivos aparentemente.
- En tercer lugar, al tratar la contaminación a través del enfoque llamado fin de tubo.
- En cuarto lugar (el más reciente), a través de la prevención de la contaminación y la generación de residuos en la misma fuente. (UNEP/UNIDO, 2004)

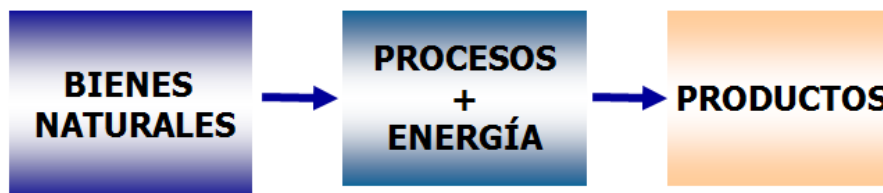


Figura 1. Enfoque tradicional de un proceso (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)

2.1.2 Definición de Producción más Limpia

La Producción Más Limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. (UNIDO)

Otras definiciones de producción más Limpia:

"La idea básica de la producción más limpia (PML) es reducir al mínimo o eliminar los residuos y emisiones en la fuente en vez de tratarlos después de que se hayan generado." (IVAM-*Environmental Research*)

"Aprovechar los recursos eficientemente respetando el medio ambiente" (*Comité de Producción Más Limpia para las Américas*) (SISMA S.A, 2005)

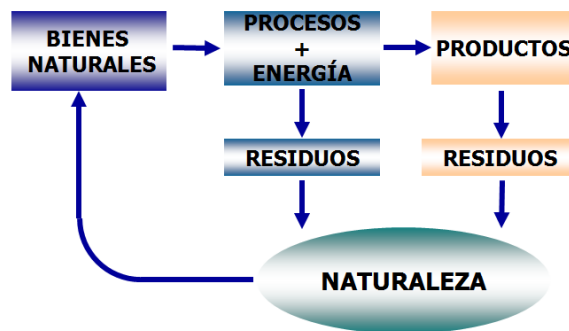


Figura 2. Enfoque integral de los procesos (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)

2.1.3 Niveles de aplicación de PML (Fúquene, 2007)

La aplicación de programas de PML no solo se limita a prevenir la contaminación por medio de la optimización de procesos o el cambio en la tecnología de producción. PML es una estrategia integral que se aplica también a los productos y servicios:

- En los procesos de producción:

La Producción Más Limpia busca la eliminación o reducción de las materias primas tóxicas, la reducción de emisiones, vertidos, desechos y el uso eficiente de los recursos.

- En el desarrollo y diseño del producto:

La Producción Más Limpia aborda los esfuerzos necesarios para que una mayor eficiencia en cada etapa del ciclo de vida del producto. El ciclo de vida de un producto inicia por el diseño, sigue con la recepción de materia prima, y continua con el proceso productivo hasta llegar a su distribución,

uso y disposición final. La eficiencia es un término relacionado con hacer las cosas de manera correcta en cada una de las etapas del ciclo de vida del producto. Hacer las cosas de manera correcta implica satisfacer al cliente en cuanto a requerimientos y especificaciones, cuidando el medio ambiente lo cual se puede lograr por ejemplo mediante, el uso de materias primas renovables y biodegradables, procesos eficientes en el consumo de materias primas y la fabricación de productos de bajo impacto ambiental y bajo consumo de energía. (Fúquene, 2007)






Etapa		Prácticas Limpias
Extracción de materia prima		Materiales renovables, reciclables y biodegradables.
Recepción de materia prima		No utilización de empaque
Fabricación		Procesos eficientes en el consumo de recursos, procesos que permitan el reproceso y empleo de material reciclado.
Inspección		Insumos biodegradables
Transporte		Eliminación de empaque
Uso		Bajo consumo de recursos durante el uso
Disposición		Biodegradable, reciclable y reprocesable

Tabla 1. Prácticas Limpias a lo largo de la vida de un producto (Fúquene, 2007)

- **En los servicios:**

La Producción Más Limpia busca incorporar las prácticas ambientales en su diseño y prestación para garantizar el uso adecuado de recursos como materiales, insumos, agua y energía. La planificación del servicio permite especificar el qué, dónde, cuándo y cómo; de esta planificación dependerá la calidad de atención y solución de las necesidades de los usuarios, así como la optimización de de los recurso. (Fúquene, 2007)

El enfoque de producción más limpia es un enfoque reflexivo, holístico y proactivo para la gestión ambiental. (Needham, Ruppin, & Browne, 2000)

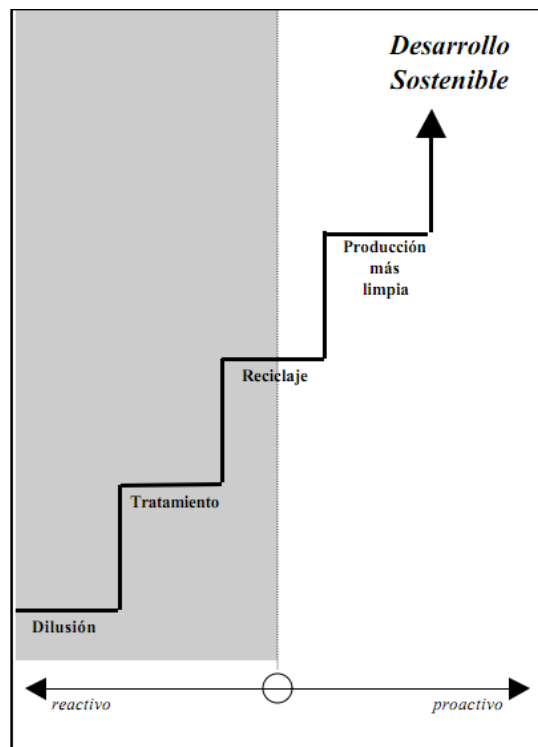


Figura 3. Enfoque PML (PNUMA)

Según el PNUMA los puntos claves de la definición de PML son:

- La producción más limpia implica un proceso continuo, no es una actividad de una sola vez.
- La producción más limpia no se limita a las industrias o empresas de un cierto tipo y / o tamaño.
- La producción más Limpia se mueve hacia un equilibrio entre la disponibilidad y consumo de materia prima (incluyendo agua) y la energía. La PML no niega el crecimiento de la empresa sino más bien busca que su producción sea ecológicamente sostenible.
- La producción más limpia se refiere al enfoque de la producción de bienes y prestación de servicios con un mínimo impacto ambiental, teniendo en cuenta los límites tecnológicos y

económicos en el momento. No se limita solamente a la minimización de los residuos, sino que emplea un contexto más amplio, y se utiliza el término "impacto" en el ciclo de vida.

- La producción más limpia también se ocupa de los problemas de salud y seguridad, y hace hincapié en la reducción de su riesgo. En esta perspectiva, la producción más limpia es una estrategia integral de gestión ambiental.
- La producción más limpia es eficiente (en términos de aumento de la producción de forma inmediata) y eficaz (en términos de resultados positivos a largo plazo).
- La producción limpia es un "ganar - ganar - ganar" una estrategia que protege el medio ambiente, las comunidades (es decir, la salud y la seguridad de los trabajadores, los consumidores y el barrio) y las empresas (es decir, su rentabilidad e imagen). (UNEP/UNIDO, 2004)

Por lo tanto, la producción más limpia se direcciona en resolver preocupaciones económicas, ambientales y sociales por lo que no se la debe considerar solo como una estrategia ambiental.

Según el Banco Mundial, con la aplicación de estrategias de PML se puede alcanzar una reducción de 20 a 30% de la contaminación sin la necesidad de hacer inversiones de capital; y puede lograrse una reducción adicional de 30% o más con inversiones cuyo periodo de recuperación es de meses. (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008)

2.1.4 Beneficios de la Producción Más Limpia

La aplicación de programas de producción más limpia en una empresa trae consigo un sinnúmero de beneficios como los mencionados a continuación:

a) Beneficios Financieros

- Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas e insumos en general.
- Ahorro por el mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)
- Reducción en los niveles de inversión asociados a tratamientos y/o disposición final de residuos.
- Aumento de Ganancias

b) Beneficios operacionales

- Aumento de la eficiencia de los procesos productivos.
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional de los trabajadores de la empresa.
- Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad ambiental.
- Reducción de la generación de residuos.
- Aumento de la motivación del personal. (Galeas, 2008)

c) Beneficios Comerciales:

- Mejora el posicionamiento de los productos que se venden en el mercado.
- Mejora la imagen corporativa de la empresa.
- Facilita el acceso a nuevos mercados.
- Aumenta las ventas y el margen de ganancias. (Agencia de protección ambiental, 2009)

d) Beneficios Ambientales:

- Uso eficiente del agua, energía, recursos naturales ayudando así al desarrollo sustentable.
- La conservación de los recursos naturales.
- La disminución y control de los contaminantes
- La armonización de las actividades con el ecosistema (Agencia de Medio Ambiente, 2008)

2.1.5 Principios de la PML

Los cuatro principios principales que forman parte del concepto de PML son (Beverley, 1999):

- **El principio de precaución:**

La Declaración de Wingspread de 1998 sobre el principio de precaución se lo define de esta manera: "Cuando una actividad representa una amenaza de daño para el medio ambiente o la salud humana, las medidas de precaución deben tomarse aún cuando algunas relaciones de causa y efecto no están plenamente establecidas científicamente." Lo que quiere decir que los proponentes del proyecto deben demostrar a la población y al ambiente que puedan ser afectados, demostrar los daños que la ejecución de la actividad puede causar.

- **El Principio Preventivo:**

Este principio requiere examinar el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Es más barato y más eficaz prevenir el daño ambiental que tratar de manejar o remediarlo cuando este ya ha sido generado. Mediante el principio preventivo se busca el uso de tecnologías más limpias y el desarrollo de productos más amigables ambientalmente. La prevención por ejemplo requiere cambios en los diseños de procesos y productos, utilizando productos menos tóxicos y el uso de materias primas que puedan ser reutilizados y reciclados.

- **El Principio Democrático:**

La PML involucra a todos los afectados por las actividades industriales lo que incluye a los gerentes, trabajadores, consumidores y comunidades. Un programa de PML se puede llevar a cabo con la plena participación de los trabajadores y los consumidores en el producto de la cadena.

- **El Principio holístico:**

La PML es una estrategia integral por lo que las personas debemos adoptar un enfoque holístico a las varias actividades que realizamos. Por ejemplo, cuando compramos un producto debemos enfocarnos en el ciclo de vida que tiene este de modo que podamos ver todos los factores involucrados y así determinar la compra o no del producto, priorizando un consumo sostenible. (Beverley, 1999)

2.1.6 Barreras para la aplicación de PML

A pesar de los beneficios que implica la aplicación PML esta no ha tenido una aplicación generalizada. Dentro del enfoque empresarial existen dos grupos de barreras, las cuales a su vez se subdividen en otras, así (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008):

2.1.6.1 Barreras del entorno a la empresa:

Estas barreras se deben a factores ajenos a la empresa; esta no tiene control sobre ellos, sin embargo puede influir para modificarlos, mitigar y prevenir sus efectos.

- a) **Barreras de mercado:** Son las que están directamente relacionadas con los clientes o los potenciales de la empresa.

Esto se debe a que no existe una demanda suficiente de productos y/o procesos con un mejor desempeño ambiental. Sin embargo la demanda de productos y/o procesos ambientalmente amigables ha ido creciendo en los últimos años pero en un porcentaje pequeño con respecto al total; esto se debe situaciones como las siguientes:

- La preferencia de “productos verdes” no son suficientes para justificar los esfuerzos, inversión y riesgos que en muchas ocasiones conlleva la satisfacción de dicha demanda.
- La clasificación de “productos verdes” normalmente es ambigua, incluyendo productos que aun teniendo alguna característica amable al ambiente, no son resultado de PML.
- Los mercados tienden a premiar por igual a productos o procesos que presenten aplicación de soluciones de “fin de tubo”, que aquellos resultados de PML.
- Problemas culturales de mercados que dificultan la introducción o aplicación de nuevos “productos verdes”.
- Los mercados aun no “castigan” a los productos con problemas ambientales.
- El sector financiero no valora lo suficiente, ni premia o castiga a las empresas por un mayor o menor compromiso ambiental. (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008)

b) Barreras financieras externas: La implementación de tecnologías de producción más limpia se ha visto obstaculizado por la falta de acceso a la financiación. Bancos, agencias gubernamentales de inversión, los departamentos financieros, los capitalistas de riesgo, y otras fuentes de capital de riesgo para la industria no discriminan o no tienen la competencia para evaluar las solicitudes que se refieren a programas de producción más limpia, por lo tanto limitando seriamente el acceso al capital. (UNEP/UNIDO, 2004)

Entre las barreras que no pueden ser controladas por la empresa se encuentran:

- Falta de ofertas de financiamiento adecuado.
- Deficiencia en la divulgación de los mecanismos de financiamiento y e la agilidad para cumplir con los tramites.
- El bajo costo de los recursos naturales (agua y energía) puede no hacer atractivas las alternativas de PML que, con algún costo de inversión, tienden a bajar su consumo.

c) **Barreras legislativas:** La falta de orientación en las políticas nacionales vigentes y el marco legal para la PML es uno de los principales obstáculos para la adopción de la estrategia de producción más limpia. (UNEP/UNIDO, 2004). La Falta de soporte legislativo y legislación adecuada que privilegie acciones de carácter preventivo. (ALYEC) ya que los enfoques convencionales son los que se encuentran regulados.

2.1.6.2 Barreras internas de la empresa:

Estas barreras se deben a factores propios de la empresa y sobre los cuales la empresa tiene control.

a) **Barreras tecnológicas:** La inversión en nueva tecnología, más limpias es una decisión importante para las empresas. Además de los considerables costos de nueva tecnología, hay varios obstáculos potenciales externos que pueden desalentar o impedir que las empresas actualicen sus plantas y equipos. Estos pueden incluir la complejidad de las nuevas tecnologías, el nivel de especificidad tecnológica (tecnologías más limpias pueden ser difíciles de transferir de un usuario a otro), etc. (UNEP/UNIDO, 2004)

b) **Barreras organizacionales:** Dentro de las barreras más importantes que pueden presentarse en la implementación de un programa de PML están:

- Falta de compromiso de los directores de la empresa.
- Falta de comunicación interna en la empresa entre las diferentes áreas de organización.
- Falta de conocimiento de las fuentes contaminantes y de los flujos de los residuos.
- La percepción pública de los aspectos ambientales suelen no ser congruentes con la actuación del consumidor.
- Competencia entre los distintos departamentos de la empresa.
- Resistencia al cambio, quizá es una de las principales barreras al momento de implementar PML en una empresa. Muchos actores tienen una actitud de seguir como lo han hecho durante años y no adaptarse a los cambios; cualquier cambio es considerado como injustificado, arriesgado y no necesariamente rentable.
- Intereses creados, esto puede deberse a vínculos que pueden haber entre los proveedores de ciertos productos, peligrosos por ejemplo, y algún miembro de la empresa.

c) **Barreras financieras internas:** Las barreras financieras pueden darse tanto a nivel externo como interno, las barreras a nivel interno pueden darse por:

- Las inversiones en PML por lo general se recuperan a mediano plazo por lo que se dificulta el acceso a recursos económicos necesarios para la implantación, esto se debe a que las empresas buscan resultados económicos a corto plazo.
- El alto riesgo de una recuperación de inversión en tecnología para mercados ambientalistas.
- Las deficiencias en los cálculos reales de costos de la “no calidad ambiental” (desperdicios), y de los ahorros que podrían obtener con medidas de PML.
- Las empresas desconocen los costos de las unidades de agua, energía, etc., lo que dificulta la evaluación de alternativas de PML para reducirlas.
- Asignación de prioridades de inversión dentro de la empresa y competencia entre los proyectos de la misma empresa, así como los métodos de contabilización de los costos y beneficios que para evaluar estos proyectos se hayan utilizado. (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008)

Muchas de estas barreras pueden ser abordadas a través de estrategias como la sensibilización, capacitación, prestación de asistencia técnica, ejecución de proyectos de demostración, la apertura de programas de financiamiento, y mediante la alineación de las políticas nacionales y regulaciones para promover la producción más limpia. (UNEP/UNIDO, 2004)

2.1.7 Producción más Limpia vs “Fin de tubo”

El enfoque tradicional que han tenido las empresas a lo largo de los años es el denominado “fin de tubo” el que implica el tratamiento de desechos y emisiones resultantes de los procesos productivos una vez que estos han sido generados, por ejemplo la tecnología del filtro de aire, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de lodos, incineración de desechos, etc., y tiene como característica principal los gastos adicionales que los tratamientos de residuos le generan a la empresa. Este enfoque de “fin de tubo” no resuelve el problema de contaminación, sino que traslada de un medio ambiental a otro. Por ejemplo, en el caso de los incineradores, los residuos son quemados, contaminando el aire y el agua. Los contaminantes se concentran en las cenizas, pueden ser colocadas en vertederos o, en algunos países, como Holanda, que pueden ser utilizadas para la construcción de carreteras. Pero esto no es una solución definitiva: ya que de los vertederos se pueden lixiviar y de las superficies de las carreteras se pueden desintegrar. (Beverly, 1999)

<p align="center">Tratamiento de efluentes “al final del proceso” Reaccionar y Corregir</p>	<p align="center">Producción Más Limpia Anticipar y prevenir</p>
<p>La contaminación es controlada mediante sistemas de tratamientos al final del proceso (enfoque solo en residuos)</p>	<p>Se previene la generación de la contaminación en su fuente de origen, a través de medidas integrales</p>
<p>Es aplicada cuando los procesos se han desarrollado, los productos se han producido y los residuos se han generado</p>	<p>Es una parte integral del desarrollo de los procesos y productos, enfocada al aumento de la productividad y rentabilidad.</p>
<p>Los sistemas de tratamientos y control requieren inversiones que, en general, no son rentables para la empresa.</p>	<p>Los residuos pueden ser transformados en productos/subproductos útiles y ser fuente potencial de recursos. Con ello, se aumentan las ganancias y las inversiones tienen retornos a corto y mediano plazo.</p>
<p>La conducción del manejo ambiental en la empresa es realizada tanto por expertos ambientalistas como por expertos en el manejo de desechos.</p>	<p>La conducción del manejo ambiental en la empresa es responsabilidad de todo el personal de la empresa incluyendo obreros, jefes de planta, administrativos y gerencia.</p>
<p>Las mejoras ambientales van acompañadas de técnicas y tecnológicas sofisticadas.</p>	<p>Las mejoras ambientales resultan de la aplicación de medidas sencillas como buenas prácticas operativas, incluso de medidas no técnicas (por ejemplo administrativas), hasta cambios tecnológicos.</p>
<p>Las medidas aplicadas deberían permitir el cumplimiento con los estándares impuestos por las autoridades.</p>	<p>Las medidas aplicadas, al estar dentro de un proceso de mejora continua, permiten alcanzar estándares cada vez más altos.</p>
<p>El tratamiento de efluentes “al final del proceso” no está relacionado con la mejora de la calidad de los productos, ni la mejora del ambiente de trabajo.</p>	<p>La PML, reduce la contaminación ambiental, mejora las condiciones de seguridad y salud, y puede mejorar la calidad de los productos.</p>

Tabla 2. Diferencias entre PML y "Fin de Tubo" (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005)

2.1.8 Implantación de un programa de PML

La implementación de un programa de producción más limpia es de carácter integral, ya que mediante la evaluación de la empresa se pueden determinar los puntos críticos en los cuales se puede trabajar y así buscar soluciones que sean apropiadas para resolver las necesidades relacionadas; de modo que los beneficios sean económicamente viables para la empresa y se pueda reducir el impacto que sus actividades puedan causar al ambiente.

Un proceso de implementación de producción más limpia debe llevarse a cabo de forma sistemática y no sobre una base generalizada. Un enfoque estructurado es necesario para obtener los mejores resultados. (UNEP/UNIDO, 2004)

Esta metodología está compuesta por cinco etapas las cuales contienen varias actividades:

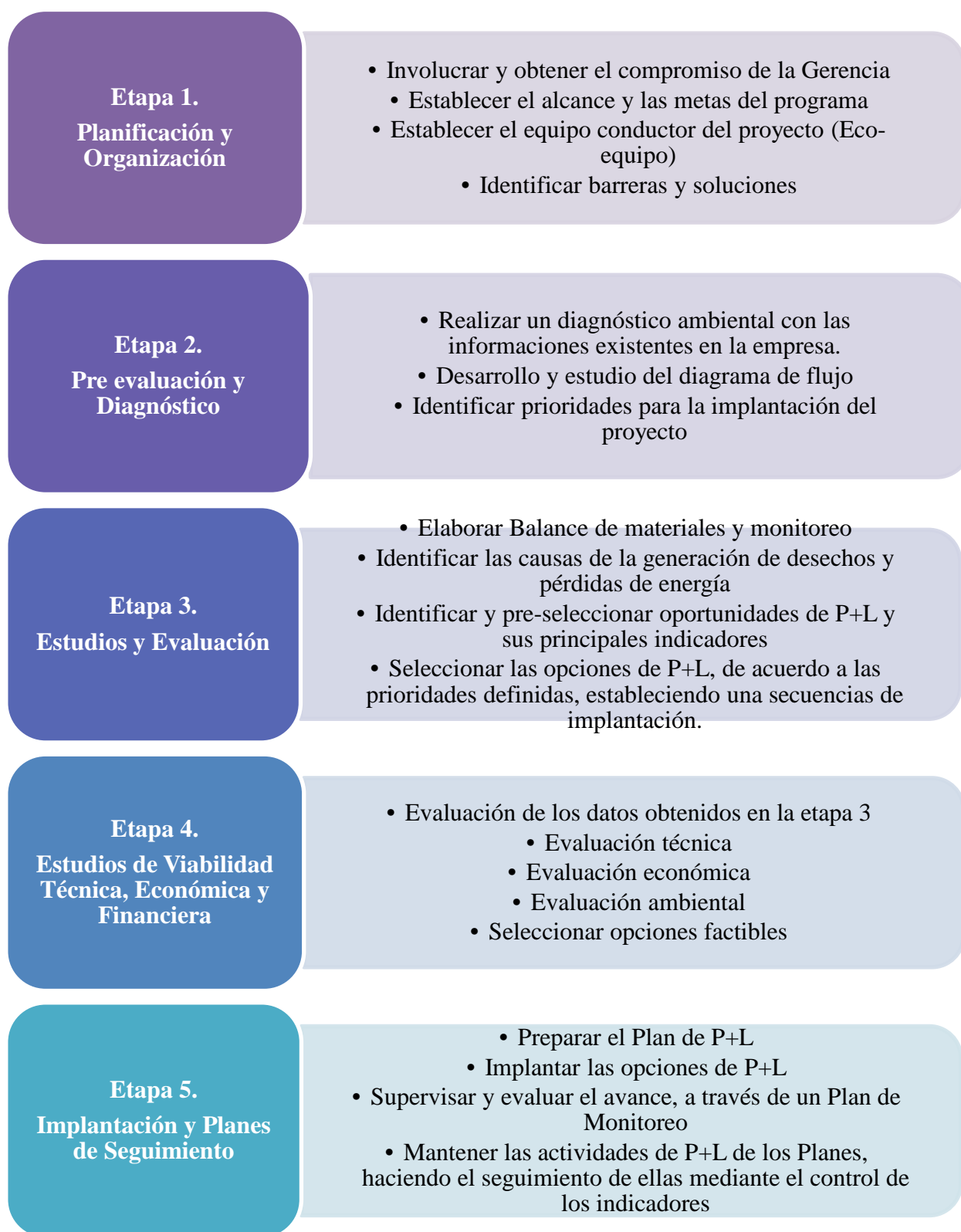


Figura 4. Etapas de un programa de Producción más Limpia (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)

2.1.8.1 Etapa 1: Planificación y Organización

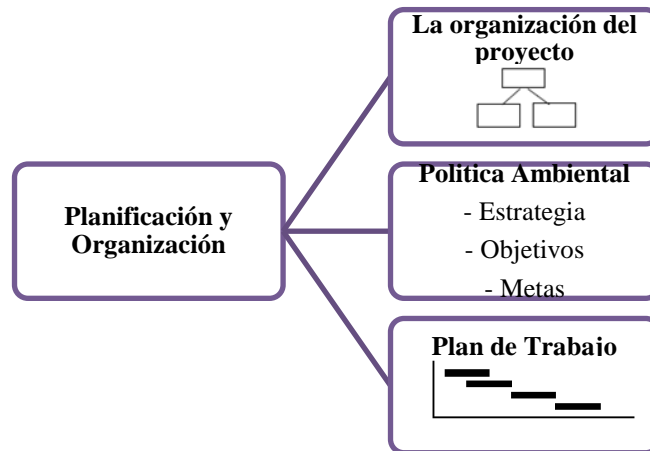


Figura 5. Etapa de Planeación y Organización (Bosworth, Hummelrose, & Christianse, 2000)

- **Involucrar y obtener el compromiso de la Gerencia**

El compromiso de la Gerencia es la fuerza impulsadora para el desarrollo de un proyecto de producción más limpia, pues implica disponer de recursos materiales, humanos y financieros para lograr los objetivos que espera la gerencia. (Consultoria Informativa de la Casa Consultora Disaic., 2005)

Para obtener el compromiso de la empresa es necesario establecer un diálogo abierto, franco y convincente con la administración para demostrar a cuánto ascienden las pérdidas en la producción, traducidas a valor monetario, por no aplicar y/o introducir las recomendaciones de PML. Este lenguaje es fácil de entender por el personal encargado de la toma de decisiones y tiene un efecto positivo para la aprobación del proyecto. (Prévez & Sánchez-Osuna, 2007)

La experiencia de las empresas en todo el mundo muestra que los resultados de Producción Más Limpia se observan en mejoras ambientales y un mejor desempeño económico. Sin el compromiso de la alta Gerencia con el programa de Producción Más Limpia, este puede convertirse en un instrumento a corto plazo de gestión ambiental. (Bosworth, Hummelrose, & Christianse, 2000)

- **Establecer el alcance y las metas del programa**

Dependiendo de la naturaleza de los productos o servicios que se ofrecen las metas pueden ser cualitativas o cuantitativas. Las metas cualitativas también pueden ser apropiadas. Por ejemplo, las metas cualitativas generales se podría enunciar como:

- mejoras significativas en la productividad de la fábrica, o
- las descargas de aguas residuales y la contaminación del aire se reducirá considerablemente, o simplemente
- los objetivos de la política ambiental se llevarán a cabo.

En tanto que las metas cuantitativas se pueden establecer para una o más áreas de la actividad (una vez que los objetivos generales se establecen), tales como:

- un promedio de 10% de reducción de residuos generados, o
- una reducción del 30% en las descargas de contaminación del aire a través de procesos de mejora, o
- una reducción del 25% en productos químicos utilizados por el control de inventario mejor". (Needham, Ruppin, & Browne, 2000)

- **Establecer el equipo conductor del proyecto (Eco-equipo)**

La creación de un equipo de trabajo de PML resulta indispensable para desarrollar, coordinar y supervisar todas las actividades inherentes al proyecto. Se debe incluir en el mismo a representantes de todas las áreas involucradas en el proceso y, en especial, a aquellas involucradas con el medio ambiente. La integración del eco-equipo dependerá del tamaño y la estructura de la empresa. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

Generalmente, la participación de los consultores externos, expertos en temas de prevención de la contaminación o de ahorro de energía, se concentra principalmente en las actividades del diagnóstico de Producción Más Limpia y, en algunos casos, en la evaluación técnica detallada de las medidas identificadas durante la auditoria. (Bosworth, Hummelrose, & Christianse, 2000)

- **Identificar barreras y soluciones**

Con el fin de desarrollar soluciones viables, el eco-equipo de producción más limpia debe identificar los obstáculos que se pueden presentar durante el desarrollo e implementación del proceso. Las soluciones a tales impedimentos típicamente incluyen la realización de sesiones de sensibilización, capacitaciones, proporcionar y explicar los estudios de casos relevantes que demuestren los beneficios del programa de PML y así sucesivamente. (UNEP/UNIDO, 2004)

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de cómo realizar un diagrama en el cual se coloquen las barreras y sus posibles soluciones.

Obstáculos	Ejemplo	Solución
De información	Se desconocen los beneficios de PML.	Mostrar beneficios en base a casos exitosos en otras empresas del mismo o de otros sectores.
Institucionales	Resistencia al cambio; falta de espíritu y/o práctica de trabajo en equipo.	Interesar al personal mostrándoles beneficios laborales, etc.
Tecnológicos	Incapacidad de adecuar y/o apropiar tecnología.	Mostrar ejemplos de industrias que han adecuado o apropiado tecnología aun cuando so sean del mismo rubro.
Financieros	Falta de recursos financieros y/o baja capacidad de acceso a créditos.	Estimar las pérdidas económicas ocasionadas por deficiencias existentes. Mostrar que las inversiones en PML son atractivas debido a los cortos periodos de retorno.

Tabla 3. Ejemplos de obstáculos en las implementación de un programa de PML (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005)

Uno de los problemas más comunes en el desarrollo y la implementación de un programa de PML es la resistencia al cambio, por lo que se debe concienciar al personal de los beneficios de PML no solo para la empresa sino los beneficios directos hacia ellos. (Needham, Ruppin, & Browne, 2000)

2.1.8.2 Etapa 2: Pre evaluación y Diagnóstico

La evaluación previa se ha diseñado para dar una visión general de la organización. Esto incluye la recolección de la información o el desarrollo de algunos procesos básicos que permite a su empresa para establecer el alcance general del proyecto de Producción Más Limpia. Esta información también será la base de la evaluación y fases de evaluación. (UNEP, 1999)

- Realizar un diagnóstico ambiental con las informaciones existentes en la empresa

Para una descripción de los procesos de la empresa se debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué produce la empresa?
- ¿Cuál es la historia de la empresa?
- ¿Cómo se organiza la empresa?
- ¿Cuáles son los principales procesos?
- ¿Cuáles son los insumos más importantes y los resultados? (Bosworth, Hummelrose, & Christianse, 2000)

Esta recopilación debe tener en cuenta el tamaño, la naturaleza y la complejidad de la empresa. Esta información es muy valiosa para entender y tener una idea preliminar clara sobre los procesos de la planta, especialmente de aquellos que generen contaminación y/o energéticamente no sean muy eficientes. (CET, 2005)

- **Desarrollo y estudio del diagrama de flujo: verificar las entradas y salidas con datos existentes**

La preparación de un diagrama de flujo es un paso importante en el proceso de PML. Para realizar un diagrama de flujo, el eco-equipo debe empezar haciendo una lista de las operaciones unitarias que se realizan en la empresa; desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento o salida del producto final. (UNEP/UNIDO, 2004)



Figura 6. Diagrama de flujo (Prévez & Sánchez-Osuna, 2007)

- **Identificar prioridades para la implantación del proyecto:**

Las evaluaciones de Producción Más Limpia se centran en los procesos que:

- Generen una gran cantidad de residuos y emisiones;
- Utilicen o producen sustancias químicas y materiales peligrosos;
- Implicarían una alta pérdida financiera;
- Tiene numerosos beneficios obvios de producción más limpia;
- Se considera un problema de todos los involucrados.
- Se considera como prioridad por parte de la empresa. (Bosworth, Hummelmoose, & Christianse, 2000)

Nº	Area de la Empresa	Oportunidades o problemas	Plan de acción, estrategias u opciones	Barreras y necesidades	Motivo de la elección	Prioridad*
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						

* listar en orden descendente por prioridad, utilizando 0, 1, 2 y 3, considerando el 0 como la máxima prioridad

Figura 7. Identificación de opciones de PML (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)

2.1.8. 3 Etapa 3: Estudios y Evaluación

En esta etapa se genera conocimiento del proceso y la obtención de un conjunto amplio de oportunidades de P+L.

- **Elaborar el balance de materiales y monitoreo**

El fin de realizar un balance de materiales es tener datos sobre el consumo de materias primas y servicios que son utilizados por el proceso, las pérdidas, residuos y emisiones resultantes del proceso. Un balance de materia se basa en el principio de "lo que entra al proceso debe ser igual a lo que sale". Lo ideal sería que las entradas sean igual a las salidas, pero en la práctica esto no sucede así. También ayudan a la empresa un seguimiento de su desempeño hacia sus objetivos medioambientales. (Bosworth, Hummelmoose, & Christianse, 2000)

Con el fin de establecer prioridades, el balance debe incluir el volumen del material, la naturaleza del material (por ejemplo, los riesgos potenciales) y el valor económico total del material a la empresa. Esto le ayudará a identificar las áreas que tienen el riesgo ambiental más importante y representa el costo económico más importante para la empresa. (UNEP, 1999)

- **Identificación de las causas relacionadas a; productos, materias primas, cambios tecnológicos y prácticas operacionales**

Una vez que se ha medido la cantidad y el costo de los residuos, el siguiente paso es identificar las causas. Algunas de las causas de los residuos pueden ser inevitables; otras, los costos para arreglar el problema pueden ser mayor que los beneficios que se obtendrá.

Sin embargo, la experiencia demuestra que muchas causas son evitables. Identificar las causas puede requerir de una investigación de ideas, además de la ayuda de un experto para reconocerlas. Las causas típicas son:

- Almacenamiento y transporte de productos (por ejemplo, tanques de filtración, tuberías, derrames);
- El control deficiente del proceso o la falta de optimización de procesos;
- Equipos defectuosos o viejos;
- Inadecuado o mal seguimiento de los procedimientos operativos;
- Falta de mantenimiento , y
- Prácticas de falta de limpieza. (UNEP, 1999)

- **Identificar y preseleccionar oportunidades de producción más limpia y sus principales indicadores**

La identificación de oportunidades de producción más limpia depende de los conocimientos y la creatividad de los miembros del eco-equipo y del personal de la empresa, muchos de los cuales provienen de su experiencia. Las soluciones de Producción Más Limpia se llegan mediante un cuidadoso análisis de la causa del problema. (Bosworth, Hummelrose, & Christianse, 2000)

Algunas opciones de PML que comúnmente se proponen son las que a continuación se numeran:

- Cambios en las materias primas (UNEP/UNIDO, 2004)

- Cambios en la tecnología (UNEP, s/f)
- Buenas prácticas operativas (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)
- Cambios en los productos (UNEP/UNIDO, 2004)
- Reuso y reciclaje en planta (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)
- Limpieza (UNEP/UNIDO, 2004)

Finalmente, los miembros del equipo de PML habrán de reunir toda la información recopilada del proceso y entonces, se deberá tener una sesión de grupo para generar la “lluvia de ideas” respecto las oportunidades de PML que surgieron, o bien las que se podrían proponer. El resultado será una lista de opciones de PML. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

- **Seleccionar las opciones de P+L, de acuerdo a las prioridades definidas, estableciendo una secuencia de implantación.**

Una vez que han sido generadas las opciones de Producción Más Limpia, estas deben de ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación, rentabilidad etc. En esta etapa no deben eliminarse ninguna opción a menos que sea obviamente no factible y por último las opciones similares deben de fusionarse. (CET, 2005)

Una vez que las opciones han sido clasificadas por orden de importancia, se pasa a la siguiente etapa: el estudio de factibilidad para aquellas que así lo requieran. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

2.1.8.4 Etapa 4: Estudios de Viabilidad Técnica, Económica y Financiera

En esta fase se elaboran los análisis económicos, tecnológicos y ambientales de las oportunidades de mejora encontradas, para identificar las que sean factibles. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- Evaluación técnica, económica y ambiental: considerando como estos elementos afectan a la producción, la calidad, el ambiente, los costos de inversión y beneficios.
- Definición de recomendaciones.
- Selección de las medidas a tomar. (Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras, 2009)

Algunas opciones pueden ser evaluadas de forma sencilla y rápida, mientras que otras requieren un esfuerzo considerable. (Needham, Ruppin, & Browne, 2000)

- **Evaluación de los datos obtenidos en la Etapa 3**

Se debe evaluar, en principio, la factibilidad técnica, económica y ambiental de las opciones seleccionadas para poder determinar la importancia que tiene cada evaluación. Se recomienda que, antes de someter las opciones a alguna de las tres evaluaciones, se clasifiquen como:

- **Opciones relativamente sencillas vs. complejas:** las opciones sencillas generalmente, solo requieren de buenas prácticas operativas o ligeros cambios técnicos con cero o baja inversión, mientras que las complejas pueden necesitar el reemplazo de una operación unitaria, requiriendo de una evaluación técnica y económica compleja.

- **Opciones de bajo, medio o alto costo:** Las opciones pueden seleccionarse juzgando los costos de su implementación.

Al llegar aquí se debe contar con un archivo de cada una de las opciones de PML que contenga toda la información necesaria para poder realizar el estudio de factibilidad. La información que no se pueda obtener, también se debe incluir en el archivo. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

Por ejemplo, una medida de Producción Más Limpia basada en la sustitución de insumos o en un cambio tecnológico en una operación unitaria posiblemente requiera de una evaluación técnica, ambiental y económica detallada, mientras que una medida sencilla basada en la motivación de empleados posiblemente necesite solamente una rápida evaluación ambiental y económica. (CET, 2005)

- **Evaluación técnica**

La evaluación técnica debe cubrir los siguientes aspectos:

- Materiales y el consumo de energía
- Producto / calidad del producto
- Recursos humanos necesarios

- Riesgos en la ejecución del programa de PMA
- Facilidad de implementación
- Tiempo necesario para la implementación
- Vínculos cruzados con otras opciones (UNEP/UNIDO, 2004)

- **Evaluación económica**

La factibilidad económica es frecuentemente un parámetro clave para determinar si una opción puede implementarse o no. Es recomendable evaluar primero las opciones más atractivas económicamente y que no requieren de una inversión elevada. Esto refuerza el interés y el compromiso de la empresa con la Producción Más Limpia.

La evaluación económica se lleva a cabo utilizando medidas estándar de rentabilidad, como el período de recuperación, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Al realizar una evaluación económica se deben considerar diversos costos y ahorros. Al igual que en muchos proyectos, los costos para las opciones de Producción Más Limpia se pueden desglosar en muchos costos operativos y de inversiones. Los tres métodos normales para medir la rentabilidad son:

- **Período de recuperación:** Este concepto financiero se define como el número de periodos de tiempo que se requeriría para recuperar la inversión inicial, asumiendo que cada período se recupera un mismo monto de dinero, que es igual al valor del flujo de caja estimado para el primer periodo. (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005). Es utilizado para medir la viabilidad de un proyecto. El Periodo de Recuperación basa sus fundamentos en la cantidad de tiempo que debe utilizarse, para recuperar la inversión, sin tener en cuenta los intereses. Es decir, que si un proyecto tiene un costo total y por su implementación se espera obtener un ingreso futuro, identifica el tiempo total en que se recuperará la inversión inicial. Este método selecciona aquellos proyectos mutuamente excluyentes cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, es decir, cuanto más corto sea el periodo de recuperación de la inversión mejor será el proyecto, o bien, la decisión de invertir se toma comparando este período de recuperación con algún estándar predeterminado. (Secretaría de Salud México, 2011)

- **Tasa interna de retorno (TIR):** Es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos al final de la vida útil del proyecto o en cualquier otra fecha en que se lo evalué. (Bonta & Farber, 2004). Se define como aquella tasa de descuento que, al cabo de un número de períodos de tiempo predefinido, hace que el VAN sea igual a 0. (Centro de Promoción de tecnologías Sostenibles, 2005).

Es la más alta tasa de actualización que se puede exigir al proyecto. Mientras más alto sea el TIR el proyecto presenta mayores posibilidades de éxito. La TIR es un importante punto de referencia para el inversionista puesto que le indica que no debe contraer obligaciones a tasas de interés mayores a ella para no exponerse a futuros fracasos financieros. (Hamilton & Pezo, 2005)

- **Valor actual neto (VAN):** Cuando se realiza una inversión de capital, el inversionista espera obtener un retorno de su inversión, de tal manera que, al cabo de un tiempo, se recupere el capital invertido y, posteriormente, este se incremente en forma indefinida. Se define con el valor presente que tendrá un capital invertido al cabo de un número de periodos de tiempo, por los flujos de caja que se obtendrán en cada periodo, aplicando dichos flujos de caja una tasa de descuento, que puede tener un valor constante o variable para cada uno de los periodos mencionados. (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005).

En la actualidad existen paquetes informáticos que nos pueden ayudar a realizar una evaluación financiera completa. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

- **Evaluación ambiental**

Este tipo de evaluación está destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energía, consumo de materia prima etc. Como criterio de selección debe darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala. (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005)

Se considera la posibilidad de uno o más de los siguientes elementos al evaluar los aspectos ambientales de producción más limpia:

- Los beneficios o efectos adversos para la actual o futura situación ambiental empresarial, y cumplir con los objetivos internos establecidos;

- Los beneficios o efectos adversos sobre los requisitos regulatorios, incluyendo las emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones contaminantes y las sustancias peligrosas;
- Los cambios en el uso de materiales peligrosos;
- Cambios en la generación y descarga de contaminación y residuos (emisiones a la atmosfera, efluentes líquidos y residuos sólidos);
- Evaluación del ciclo de vida de los materiales y productos, y
- Salud y seguridad ocupacional. (Needham, Ruppin, & Browne, 2000)

- **Seleccionar opciones factibles**

Al momento de seleccionar las medidas a implementar, se debe analizar la relación costo beneficio de la inversión, así como el periodo de retorno de las acciones. Teniendo en cuenta que la P+L es un proceso de mejora continua las recomendaciones no son estáticas y dependerán de las condiciones de cada empresa que decidirá cuales implementar en función de los beneficios económicos, del ahorro de recursos o de la prevención de problemas ambientales.

2.1.8.5 Etapa 5: Implantación y Planes de Seguimiento

El objetivo de esta última etapa es asegurar que las opciones seleccionadas se apliquen, y que los programas de PML sean monitoreados continuamente.

- **Preparar el Plan de P+L**

Para garantizar la aplicación de las opciones seleccionadas, un plan de acción debe ser desarrollado, y deben de preferencia detallar lo siguiente:

- Las actividades que se llevarán a cabo;
- La forma en que las actividades son llevadas a cabo;
- Los requisitos de recursos (financieros y de mano de obra);
- La personas responsables de llevar a cabo dichas actividades;
- Un marco de tiempo para completar con los hitos intermedios. (Bosworth, Hummellose, & Christianse, 2000)

- **Implantar las opciones de P+L**

Los requisitos de implementación varían según el tipo de opción. Para opciones técnicas complejas el trabajo de implementación consta de:

- Preparación detallada en caso de que se requiera instalación de equipo (selección del equipo, diseño de las modificaciones a las instalaciones, y planificación del presupuesto para las inversiones requeridas);
- Planificación de la instalación (mano de obra, equipo de instalación, paro temporal de la línea de producción);
- Instalación,
- Capacitación de los operarios.

Al igual que cualquier otro proyecto de inversión, las actividades para el proyecto de Producción Más Limpia incluyen: planeación, diseño, gestión y construcción. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

- **Supervisar y evaluar el avance, a través de un Plan de Monitoreo**

El objetivo de este paso es comprobar, mediante monitoreo y al cabo de un tiempo preestablecido en el plan de acción, los beneficios que proporciona cada una de las medidas de PML implementadas.

Las actividades que se deben realizar para cumplir con este objetivo son:

- Usar indicadores útiles y sencillos para evaluar los resultados de la implementación del programa de PML.
- Identificar y evaluar el posible efecto de las medidas de PML implementadas sobre las operaciones unitarias vinculadas, a través de consultas con los trabajadores, encargados de producción, calidad, ventas, etc.
- Elevar informes periódicos a la gerencia, y de esta, a los empleados. (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS, 2005)

- **Mantener las actividades de P+L de los Planes, haciendo el seguimiento de ellas mediante el control de los indicadores**

La filosofía de Producción Más Limpia, se considera como un programa de mejora continua, el cual tendrá por objetivo primordial reducir constantemente las emisiones, residuos, consumo de materias

primas y energía de la empresa. Por ello es que durante las etapas anteriores del programa debe capacitarse a los miembros de la empresa con los conceptos de Producción Más Limpia, a fin que continúen en esta labor una vez que el proyecto finalice. (CET, 2005)

El eco-equipo junto con la dirección deberán usar los resultados exitosos obtenidos en la etapa de implementación para respaldar el seguimiento del programa de PML. (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 2009)

2.2 Industria Cerámica

2.2.1 Generalidades del sector

La industria cerámica tiene como característica importante el alto consumo de energía térmica especialmente debido a las elevadas temperaturas que se necesitan para la fundición de los minerales en hornos, al igual que la fusión del vidrio y la producción de cemento por decantación.

Esta industria se caracteriza por la generación de residuos sólidos inorgánicos (arcilla inerte cocida, y recortes no reutilizables), degradando el paisaje por la presencia de vertidos y acumulación de residuos en lugares no acondicionados, además del deterioro de la vegetación y la pérdida del valor del suelo. Así mismo, la industria se caracteriza por ser una de las mayores productoras de sólidos suspendidos en los efluentes y residuos sólidos representados por piezas imperfectas, que alcanza hasta un 5% de la producción.

El proceso de producción característico de la pequeña y mediana empresa presenta como problema ambiental la generación de cenizas y emisiones con contenido de partículas en suspensión y azufre, a raíz del uso de los hornos de cocción, cuyas características varían de acuerdo con el tipo de combustible empleado. (Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008)

Producto Cerámico	Descripción
Loza de barro (llamada a veces vajilla semivitrea)	Es porosa y no traslucida con un suave barniz.
Porcelana fina	Es un producto traslucido y vitrificado, con un barniz intermedio que resiste la abrasión hasta cierto grado, se usa con propósitos no técnicos.
Porcelana	Producto traslucido y vitrificado, con un barniz duro que resiste la abrasión al máximo grado. Incluye la porcelana química, la aislante y la dental.
Productos sanitarios	En un principio se hacían de arcilla y eran usualmente porosos, por lo que actualmente se usa una composición vítrea.
Vajilla de gres	Uno de los productos cerámicos más antiguos, puede considerarse como una porcelana cruda, no tan cuidadosamente fabricada, y a partir de materias primas de un grado más pobre.
Lozas cerámicas	Disponibles en un cierto número de tipos especiales; por lo general se clasifican como lozas para pisos, que son resistentes a la abrasión e impermeables a la penetración de las manchas, y que pueden ser vidriadas o no; también azulejos o mosaicos para paredes, que tienen una superficie dura, permanente, y vienen en una gran cantidad de colores y texturas.

Tabla 4. Descripción de productos cerámicos (Austin, 1992)

2.2.2 Cerámica Sanitaria

La cerámica sanitaria surge por primera vez a finales del siglo XVIII en Inglaterra; durante muchos años hasta mediados del siglo XX, el material utilizado fue la loza. (Avgustinik, 1983)

Los principales tipos de artículos pertenecientes a este grupo son: tazas de inodoro, depósitos de descarga, lavabos, pedestales para lavabos, bidets, accesorios como jaboneras y toalleros entre otros.

2.2.3 Procesos productivos

El proceso productivo para la fabricación de sanitarios se detalla a continuación al igual que los procesos técnicos necesarios para obtener los productos finales:

- **Ingreso de materia prima:**

Las materias primas son transportadas y almacenada en las instalaciones de la empresa.

- **Preparación Pasta:**

Las materias primas que formaran parte de la pasta como lo son las arcillas, feldespatos, caolines pasan por procesos como los de tamizado y molienda para formar la colada base que luego será almacenada para continuar con el proceso productivo.

- **Vaciado:**

En esta etapa la pasta almacenada pasa a los moldes de yeso colocados en las diferentes áreas de vaciado de la empresa, una vez que la pasta obtiene la consistencia deseada se procede al desmolde de la misma.

- **Secado:**

Luego que las piezas son vaciadas, según el tipo de pieza pasa al área de secaderos para eliminar la humedad presente en la pasta. La eliminación de la humedad de las piezas es importante ya que la humedad causa deficiencias en las propiedades mecánicas de esta, lo cual puede traer consigo la rotura de la pieza sanitaria. (Colmenares, 2007)

- **Inspección Cruda:**

En esta etapa luego que a la pieza se le ha retirado la humedad se la coloca en las cabinas de inspección cruda con el fin de pulirla y buscar imperfecciones.

- **Esmaltado:**

Las piezas inspeccionadas pasan al proceso de esmaltado, este proceso se realiza en cabinas y con equipos propios para este fin. El esmalte es previamente elaborado en el área de elaboración esmaltes, los mismos que están sujetos a las especificaciones y necesidades de producción.

- **Quema:**

Las piezas una vez esmaltadas se las coloca en carros especiales para pasar por los hornos, en el cual la pieza se vitrificara luego de un tiempo, temperatura y otras condiciones específicas.

- **Inspección final:**

Previo al embalaje las piezas son inspeccionadas minuciosamente con el fin de que cumplan con las especificaciones requeridas, las piezas que no cumplen con dichas especificaciones son llevadas a requema o a rotura, de modo que el producto final es de excelentes condiciones.

- **Embalaje y almacenamiento:**

Finalmente las piezas que cumplen con las especificaciones requeridas son embaladas y almacenadas en las bodegas de la empresa para su posterior distribución tanto a nivel nacional como internacional.

Dentro del proceso productivo para la fabricación de las piezas sanitarias se encuentran las áreas técnicas en las cuales se elaboran los elementos necesarios para fabricar el producto final. Estas áreas se detallan a continuación:

- **Diseño y desarrollo**

Esta área también denominada matricería, es en la cual se diseñan matrices prototipos para nuevos productos, las cuales serán producidas a escala para ser entregadas al proceso de moldes y ser reproducidas como moldes de yeso

- **Preparación esmalte**

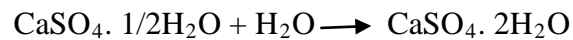
En esta etapa se elabora el esmalte, el cual luego de ser fabricado se lo almacena y pasa al área de esmaltado que mediante equipos especializados pasan a cubrir la pieza. Se preparan una variada gama de colores todo dependiendo de la producción requerida.

2.2.3.1 Fabricación moldes

La fabricación de sanitarios contempla varios procesos en los cuales se va dando forma a la pieza; dentro de los cuales se encuentra la elaboración de moldes de yeso. La producción y el uso de moldes de yeso en las industrias de cerámica es sencilla, económica, precisa y flexible. La utilización de moldes de yeso requiere una inversión mínima en maquinaria e instalaciones, y está especialmente adaptado a los diversos tamaños encontrados en la cerámica. (Kingery, 1958)

La fabricación de moldes, es un proceso en el cual se realizan los moldes de yeso necesarios para la fabricación de sanitarios. Este proceso se encuentra en una área cubierta de 1080.3 m² con la

utilización de los siguientes equipos: Secaderos, máquinas dosificadoras de yeso, agitadores y balanzas. Los moldes de yeso son elaborados de manera manual, para su fabricación se utiliza yeso semihidratado $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ obtenido por deshidratación de la piedra de yeso dihidratado $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Para la elaboración de los distintos moldes de yeso se mezcla yeso semihidratado con agua en proporciones establecidas según el tipo de yeso utilizado, mediante la siguiente ecuación: (Enciclopedia de la construcción, 1979)



La fabricación de los moldes se los da en las siguientes etapas:

- **Vaciado de yeso**

Luego de que la materia prima ha sido pesada en las jarras correspondientes en la maquina Vicentini según el requerimiento de cada modelo es mezclada un tiempo determinado y luego pasa a ser colocada en la matriz previamente armada y limpiada del modelo correspondiente. Una vez que la mezcla tenga la consistencia adecuada se la desmolda para pasar al siguiente proceso.

- **Secado de moldes de yeso**

Las piezas una vez desmoldadas pasan a los secaderos (no todas) para eliminar la humedad y luego de un tiempo determinado se las lleva a la etapa final.

- **Pulido de moldes de yeso**

Finalmente las piezas son inspeccionadas y pulidas como parte del proceso productivo, para corregir alguna falla que pueda traer posibles problemas a la pieza sanitaria en la etapa de vaciado. Las piezas pulidas son llevadas y colocadas en las diferentes áreas de vaciado de la empresa. En el Anexo A se muestra detalladamente el proceso productivo para la fabricación de moldes.

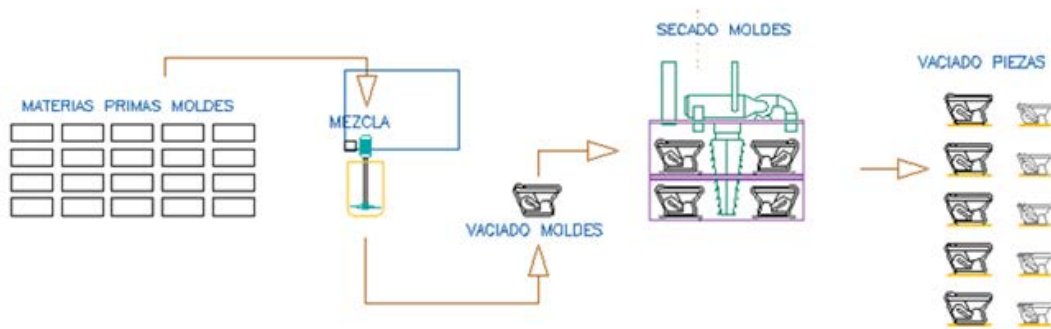


Figura 8. Fabricación de moldes (EDESA S.A., 2010)

CAPITULO III: METODOLOGÍA



Figura 9. Etapas de un programa de Producción más Limpia (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2010)

La aplicación de la metodología de producción más limpia es una estrategia integral, que dentro de la empresa se realizó en las siguientes etapas:

3.1 Etapa 1: Planificación y Organización

Luego de obtener el compromiso de la Gerencia se procedió a realizar la recolección de la información necesaria para realizar el diagnóstico de la empresa.

Dentro de esta etapa se efectuaron reuniones con los involucrados en el programa de Producción más Limpia en la empresa; para las cuales se contó con la presencia del Gerente del área Técnica, los supervisores del área de Moldes, el Jefe de Seguridad, Salud y Ambiente, y el consultor designado por el CEPL. En las reuniones se estableció el área de la empresa en la cual se implantó el programa de PML, y se definieron los integrantes del eco-equipo. Se elaboró un cronograma de trabajo para el proceso de producción más limpia igualmente se determinó las barreras y soluciones

que se presentaron durante el programa, y se definió que la principal barrera era la resistencia al cambio por parte del personal del área.

3.2 Etapa 2: Pre evaluación y Diagnóstico

Para realizar el diagnóstico de la empresa se elaboraron los diagramas de flujo de todos los procesos productivos en los que se identificó sus entradas y salidas. Para realizar el diagnóstico ambiental se trabajó conjuntamente con el departamento de contabilidad de la empresa el cual proporcionó toda la información necesaria sobre materias primas, insumos y auxiliares de la empresa, al igual que información sobre residuos generados. La información obtenida corresponde al periodo desde Junio del 2009 hasta Mayo del 2010. Para determinar las materias primas más importantes se utilizó el principio de Pareto; en el que el 20% de las materias primas compradas representan el 80% del dinero que anualmente se emplea en la compra de todas las materias primas para la fabricación de sanitarios en la empresa.

Se incluye también toda la información legal sobre la cual se rige la empresa.

Finalmente se identificó todas las oportunidades de mejora encontradas en el diagnóstico de la empresa en las cuales por prioridad de la empresa se escogió el Área de Moldes para llevar a cabo el programa de PML.

Como resultado de esta etapa se elaboraron los siguientes manuales:

- Manual 1: Pre-Auditoría. Anexo C
- Manual 2: Diagnóstico ambiental del proceso y gestión de residuos. Anexo D
- Manual 3: Evaluación de aspectos legales. Anexo E

3.3 Etapa 3: Estudios y Evaluación

Dentro de esta etapa se elaboraron los balances de materia del área de Moldes, enfocándonos en los procesos de pesaje de materia prima y vaciado de las piezas.

Para realizar el balance de materiales del área se determinó los principales modelos de producción anual de los cuales se realizó el balance de yeso y agua que entran y salen del proceso. La producción anual del área es de 40.128 moldes (EDESA S.A., 2010), al utilizar el principio de Pareto los modelos que representan el 20% de la producción anual total son los que se detallan a continuación:

Modelos de mayor producción		
Modelos	Cantidad [# Moldes]	Porcentaje [%]
1260	4535	11%
4262	3823	10%

Tabla 5. Modelos de mayor Producción. (EDESA S.A., 2010). Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Las mediciones se realizaron en los dos modelos de mayor producción: 1260 y 4262, los datos se analizaron al final de cada turno de trabajo (8 horas). Para las mediciones efectuadas se colocó plástico negro debajo de cada componente de las matrices que iban a ser medidas y se recogió los residuos de yeso en 4 recipientes distintos, así:

- 1) Residuos de yeso (hermeticidad y salpicadura)
 - a) Residuos de yeso (Rebabas, yeso de mayor tamaño)
 - b) Residuos de yeso (residuos en el plástico)
- 2) Residuos de yeso (hermeticidad)
- 3) Residuos de yeso (sobrante en jarras)

Ver Anexo F numeral 4.6.2



Figura 10. Mediciones de desperdicio de yeso. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010

En el Anexo B se encuentran los registros fotográficos de los recipientes en donde se colocaron los diferentes residuos de yeso en las mediciones.

Al final de cada turno de trabajo se pesó cada recipiente, se homogenizó el tamaño del desperdicio y se tomó una muestra para realizar el análisis de humedad a 60°C en el laboratorio de calidad de la empresa, para así determinar la cantidad de yeso semihidratado [$\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$] presente en la mezcla (yeso dihidratado [$\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$])



Figura 11. Muestras de Laboratorio. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010



Figura 12. Homogenización de las muestras de desperdicio de yeso. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010

Se registró la cantidad de mezcla que se pesó en cada jarra para así determinar la cantidad de yeso y agua que se desperdicia.

Para la fabricación de cada molde se contó con una matriz la cual estuvo compuesta de 4 componentes a excepción del modelo 1260 que cuenta con 5 componentes, así:

- Base
- Núcleo

- Lateral izquierdo
- Lateral derecho
- Pines (Solo para 1260)

Los botones plásticos, armazones y tubos plásticos se colocaron en los componentes en la siguiente cantidad para cada molde fabricado:

Modelo 4262:

Componente	Armazón metálico (#)	Botones plásticos (#)	Tubos plásticos (#)	Refuerzo (#)
Base	1	4	1	-
Núcleo	1	4	-	-
L. izquierdo	1	8	-	1
L. derecho	1	8	-	1

Tabla 6. Componentes Modelo 4262

Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010

Para el modelo 4262 se colocó refuerzos metálicos en cada lateral, los mismos que son necesarios para ubicar el molde elaborado en la maquina respectiva en el área de vaciado.

Modelo 1260:

Componente	Armazón metálico (#)	Botones plásticos (#)	Tubos plásticos (#)	Gancho metálico (#)
Base	1	4	1	-
Núcleo	1	4	-	-
L. izquierdo	-	8	-	-
L. derecho	-	8	-	-
Pines	-	-	-	4

Tabla 7. Componente Modelo 1260.

Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010

Componente	Registro fotográfico
Núcleo	 <p>Armazón metálico</p> <p>Tubo plástico</p> <p>Botones plásticos</p>
Base	 <p>Armazón metálico</p> <p>Botones plásticos</p>
Lateral	 <p>Botones plásticos</p>
Pines	 <p>Gancho metálico</p>

Tabla 8. Componentes de una matriz. Elaborado por: Gabriela arrobo, 2010.

Una vez sacados los componentes de la matriz se los une y se colocan dos flejes, uno de en la parte superior y el otro en la parte inferior del molde.



Figura 13. Base Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010

Luego de realizar las mediciones se determinó el indicador de desperdicio de yeso de los modelos mencionados anteriormente.

Debido a que el proceso de elaboración de moldes es manual se efectuaron reuniones con todo el personal del área para determinar las causas del desperdicio de yeso, y las posibles soluciones que se les puede dar a las oportunidades de mejora determinadas.

En esta etapa se levantó toda la información del área de moldes en cuanto a producción, uso de materias primas e insumos y generación de residuos, al igual que la etapa de diagnóstico se realizó el levantamiento de los datos en base anual (Desde Junio del 2009 hasta mayo del 2010).

Finalmente se elaboraron opciones de PML que fueron implantadas en el área.

Como resultado de esta etapa se elaboró el Manual 4: Balance de Materiales y diagnóstico.

3.4 Etapa 4: Estudios de Viabilidad Técnica, Económica y Financiera

Debido a la diferencia de los indicadores obtenidos en los modelos que se elaboró los balances de materiales, para los estudios de viabilidad los cálculos se basaron en los modelos de mayor producción con la cantidad de yeso que se utilizaba para su elaboración y la cantidad propuesta por el estudio; estos datos se calcularon para un año asumiendo que durante todo este periodo se pesó la cantidad de yeso propuesta.

Los modelos y los pesos que se utilizaron para los análisis de datos fueron:

Tipo de Yeso	Modelo	Cantidad anual [# de moldes]	Situación Inicial [kg/molde]	Situación Propuesta [kg/molde]
Yeso Cerámico	1260	4534	142.13	139.5
	4262	3822	152.5	150
	2241	3529	104	103
	3341	1704	113	112
	5710	867	182	179
	6660	703	197	190
Yeso Volcán	1149	3529	133	131

Tabla 9. Modelos de mayor producción utilizados para los cálculos de viabilidad. (EDESA S.A., 2010) Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Para la fabricación de moldes se utilizaron dos tipos de yeso, Yeso Cerámico y Yeso Máximo los cuales llegan a la empresa en sacos de 40 kilogramos en presentaciones de papel y yute respectivamente.

Para realizar la evaluación económica de las opciones de producción más Limpia en el presente trabajo se utilizó una hoja de cálculo proporcionada por el CEPL; se realizaron los cálculos tomando en cuenta únicamente las materias primas y asumiendo que la producción de moldes no va a variar en el tiempo de realizar la investigación.

Como resultado de esta etapa se elaboró el Manual 5: Proyectos de Producción más Limpia. (Anexo H)

3.5 Etapa 5: Implantación y Planes de Seguimiento

Finalmente en esta etapa se implantaron las opciones de Producción más Limpia. Para los diferentes estudios de caso se realizaron varias actividades las con la colaboración del personal del área y con la supervisión de los jefes de planta.

Actividad	Registro Fotográfico	
<p>Para la Campaña de Concientización se realizaron reuniones en las cuales conjuntamente con los trabajadores se elaboró un logotipo y eslogan para la campaña.</p>		
<p>Se realizaron capacitaciones para el personal del área tanto en temas de producción más limpia como en aspectos motivacionales.</p>		
<p>Se entregó al personal del área artículos de la campaña a los trabajadores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gorras - Escarapelas - Camisetas 		

Se acondicionó el área con rótulos de la campaña, al igual que se elaboró gavetas con el logo para los dos turnos.



Tabla 10. Actividades Etapa 5. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Para la estandarización de pesos se monitoreó la cantidad pesada para cada matriz, este peso fue registrado en tablas y así crear una base de datos de referencia. Para controlar que se cumplan con los pesos establecidos en las tablas, el operador de la maquina luego de cada jornada de trabajo registra el peso del modelo fabricado en las hojas de producción las mismas que serán revisadas por los supervisores. Todas las opciones de PML fueron controladas por los supervisores del área para así dar seguimiento a los estudios de caso y buscar nuevas oportunidades de mejora para el área.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Como resultado de la implantación de programas de producción más limpia en el área de moldes de la empresa, se logró disminuir el desperdicio de yeso que existía durante el pesaje de la materia prima como en el vaciado de los moldes de yeso. Se obtuvo los 5 manuales llenos, los cuales cumplen con la metodología anteriormente detallada.

4.1 Manual 1: Pre – Auditoria

Como primer resultado se obtuvo el Manual 1 (Anexo C) en donde se detalla información general de la empresa, flujograma de sus procesos, lay out de sus instalaciones, principales productos fabricados, información sobre pasivos ambientales entre otros.

4.2 Manual 2: Diagnostico Ambiental del proceso y gestión de residuos

En el Manual 2 se detallan datos importantes en cuanto a aspectos ambientales de la empresa. Se definieron análisis de los procesos que se llevan a cabo en la empresa, en los que se enlistaron las entradas y salidas de cada etapa de los diferentes procesos.

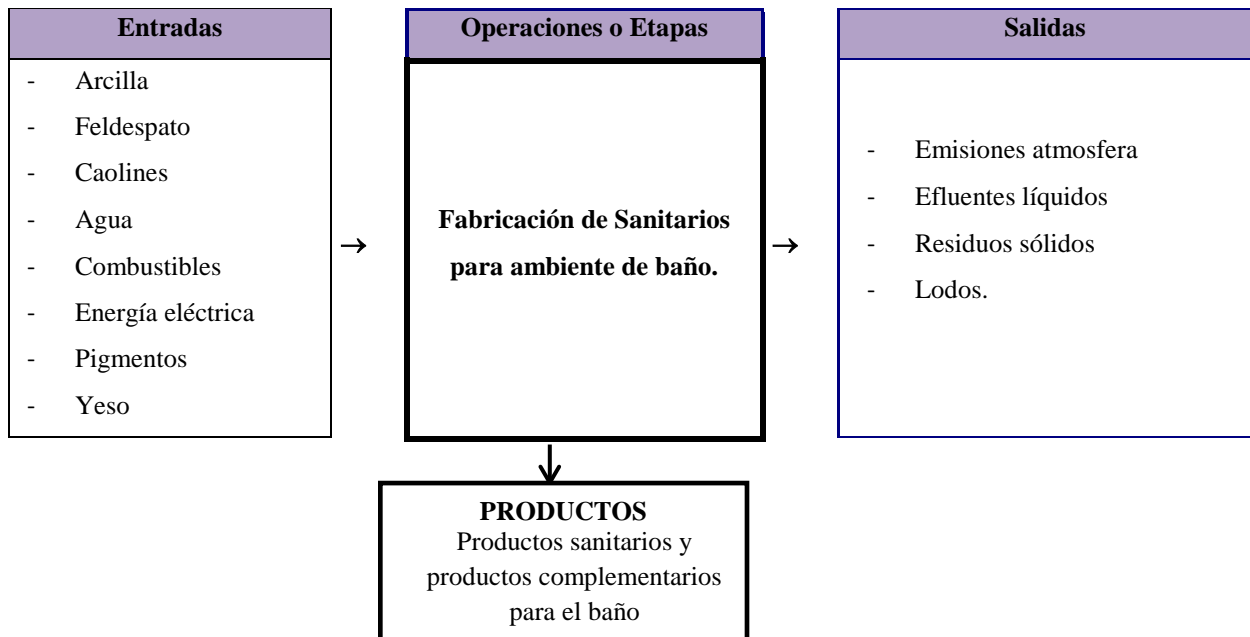


Tabla 11. Proceso Global. (EDESA S.A., 2010). Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

En este manual se cuenta también con información importante en cuanto a los principales equipos, materias primas, insumos y auxiliares que se usan en los diferentes procesos.

Se detalla la cantidad adquirida anualmente y su costo para la empresa de las materias primas, insumos y auxiliares; la finalidad de estas dentro de los procesos productivos, así como también el tipo de embalaje en el cual estas llegan a la empresa, las formas de almacenamiento de las mismas entre otros.

Dentro de este diagnóstico ambiental se indicaron aspectos relevantes en cuanto al consumo de agua en la empresa, los usos que se le da a esta en las diferentes áreas y el tratamiento que se le da a los efluentes una vez que han salido de los procesos productivos. Se describe la cantidad y costo de la energía eléctrica y combustibles utilizados anualmente en los diferentes procesos productivos. Se encuentra también toda la información sobre residuos generados, emisiones a la atmósfera y ruido generado en las instalaciones de la empresa.

Toda la información anteriormente detallada se la encuentra en el Anexo D del presente trabajo.

Finalmente en este Manual como se muestra en la Tabla 10, se enlistan las oportunidades de mejora encontradas en la empresa luego del diagnóstico, se enumeraron las áreas de la empresa en donde se detectó las oportunidades de mejora, se describe el problema que se presenta en el área, las acciones que se podrían tomar para solucionar las oportunidades de mejora enumeradas al igual que las barreras y necesidades para ejecutar el plan de acción, se describe el motivo por el cual se determinó la oportunidad de mejora y la prioridad para implementar las acciones según una escala que va del 0 al 3, en donde el 0 representa de mayor prioridad.

Nº	Área de la Empresa	Oportunidades o problemas	Plan de acción, estrategias u opciones	Barreras y necesidades	Motivo de la elección	Prioridad *
1		Lay out de Planta	Reubicación de procesos	Alto costo	Desperdicio de tiempo y de materias primas	2
2	Elaboración moldes	Desperdicio de yeso	Mejorar prácticas operacionales, hermeticidad de las matrices.	Resistencia al cambio, alto costo para realizar matrices completamente herméticas.	Desperdicio de materias primas (yeso - agua)	0
3	Preparación esmalte	Desperdicio de agua lavado molinos (lavado en cambio de color)	Tanques de almacenamiento de colores.	Tanques de almacenamiento para colores remanentes en los molinos.	Elevado consumo de agua	2
4	Preparación esmalte	Planificación en producción de esmalte (Capacidad de molinos)	Molinos para fabricar una menor cantidad de esmalte	Alto costo para adquirir nuevos molinos	Desperdicio de materias primas	2
5	Elaboración moldes	Presentación de fundas de papel de yeso	Adquirir el producto en una presentación más grande por ejemplo fundas de big bag	Dificultad de importar yeso en esta presentación	Desperdicio de embalaje	1
6	Esmaltado	Baja eficiencia en el proceso de esmaltado	Boquillas o equipos más eficientes. Disposición adecuado de piezas en las cabinas de esmaltado	Alto costo	Desperdicio de esmalte	1
7	Inspección final y embalaje	Desperdicio de embalaje y elementos.	Optimización en el uso de embalaje. Rediseño de embalaje.	Resistencia al cambio	Desperdicio de embalaje y generación de residuos sólidos	1
8	Esmaltado	Elevado consumo de agua usado en el lavado de las cabinas de esmaltado	Mejorar prácticas operacionales	Dificultad de utilizar otro elemento para realizar esta actividad	Desperdicio de agua y esmalte	2

Tabla 12. Listado de oportunidades de mejora. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

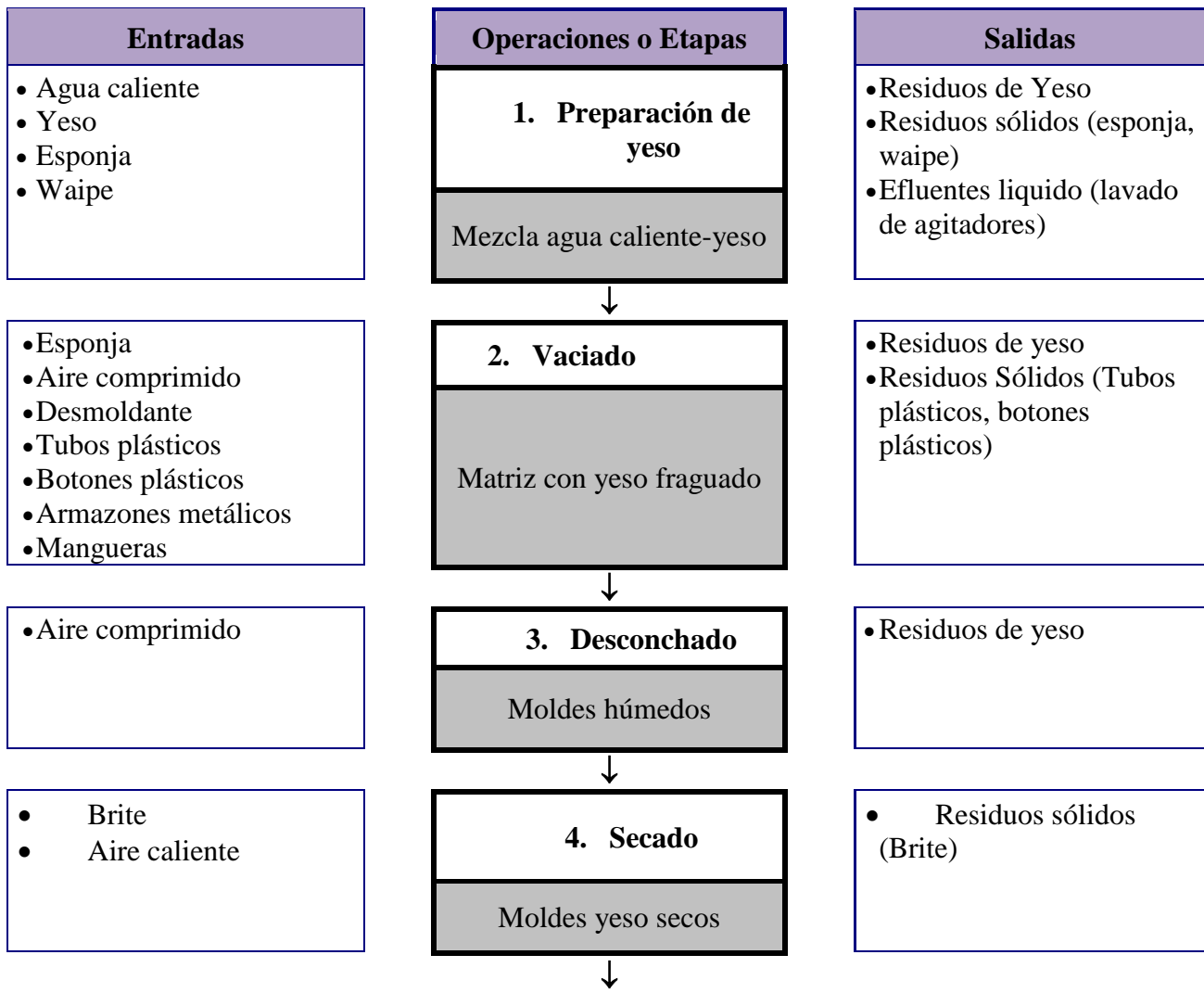
4.3 Manual 3: Evaluación de aspectos legales

En el Anexo E se detallan todos los aspectos ambientales que cumple la empresa al realizar sus procesos productivos. En general la empresa cumple con todas la legislación vigente en cuanto a lodos, efluentes líquidos, emisiones a la atmosfera, residuos sólidos, entre otros, por lo que cuenta con Certificación de Sistema integrado de gestión es decir ISO 14001, OHSAS 18001 e ISO 9001.

4.4 Manual 4: Balance de Materiales y Diagnóstico

Se realizó un análisis y diagnóstico del área de moldes, y como resultado se elaboró el Manual 4, descrito en el Anexo F.

Se elaboró el flujograma del proceso productivo para la elaboración de moldes, en el cual se identificó las entradas y salidas de cada etapa.



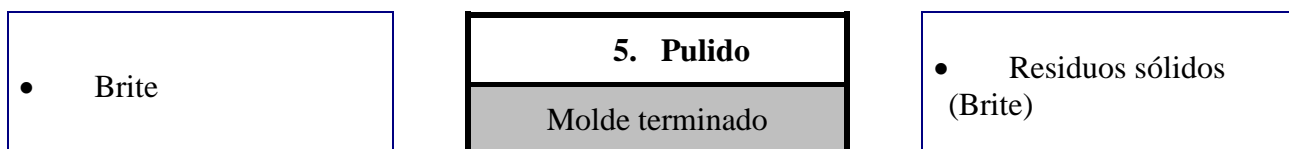


Tabla 13. Flujograma Moldes. (EDESA S.A., 2010). Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Como lo muestra la tabla 12, luego de las mediciones realizadas a los modelos de mayor producción se determinó el porcentaje de desperdicio de yeso durante su fabricación, lo que se debió a que en el área no existía una base de datos con la cantidad necesaria para elaborar una matriz lo que conllevó a que se pese diferentes cantidades de materias primas en los dos turnos como a cada trabajador que fabricaba este tipo de moldes, esto dio como resultado que la cantidad que se pesaba en exceso se convirtiera en residuo.

Modelo	Indicador
4262	1.51%
1260	2.16%

Tabla 14. Porcentaje de desperdicio antes de la implementación. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

En este Manual se detalla a demás los productos fabricados, costos asociados a las materias primas utilizadas, al tratamiento y disposición final de los desechos producidos en el área. Se muestran también cuadros en los cuales se identificaron los residuos, efluentes y emisiones generadas y las formas es que estos se pueden minimizar.

Al igual que en el Manual 2 se detallan las oportunidades de mejora pero esta vez específicas para el área de moldes.

Como se ve en la Tabla 13 se realizó una evaluación de los datos de donde se determinó las oportunidades de mejora, la etapa del proceso en donde esta se encuentra, las acciones que se van a adoptar frente al problema y las posibles barreras o necesidades para solucionar las oportunidades de mejora detectadas:

Etapa del proceso o área de la Empresa	Oportunidad o problema	Acciones a ser adoptadas	Barreras y /o necesidades
Pesaje	Desperdicio de yeso por exceso de pesaje	Implementación de un sensor para que el punto de corte sea más preciso. Adaptar tablas con nuevos valores para que los pesos sean más precisos.	Costo del sensor Dificultad al maquinista para colocar los nuevos valores
Pesaje	Desperdicio de yeso por fugas al ambiente	Cerrar herméticamente la jarra con la maquina Vicentini al momento del pesaje	Diferentes tamaños de jarras, por lo que es complicado que todas queden cerradas herméticamente.
Pesaje	No existe estandarización de pesos	Elaborar tablas en las que se registren los pesos de las diferentes matrices.	Hacer un seguimiento de los modelos fabricados para determinar el la cantidad de mezcla de yeso que se necesita y registrarla.
Vaciado	Salpicadura de yeso fuera de la matriz al momento del vaciado	Utilización de implementos que ayuden en el vaciado de las matrices	Falta de colaboración por parte del personal para utilizar los implementos, debido a la resistencia al cambio.
Vaciado	Desperdicio de yeso por hermeticidad de las matrices	Utilización de pasta para evitar fugas	Falta de colaboración por parte del personal para utilizar cubrir fugas con pasta, debido a la resistencia al cambio.
Vaciado	Desperdicio de yeso sobrante en jarras	Estandarización de pesos	Implica limpiar bien el yeso sobrante en la jarra lo cual no es de agrado de los vaciadores.
Desconchado	Desperdicio de yeso por rebabas	Matrices con tapas Matrices herméticas	Alto costo económico Alto costo económico

Tabla 15. Oportunidades de mejora Área de Moldes. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Fotografías de las oportunidades de mejora se muestran en el Anexo G.

Una vez elaborado el análisis del proceso, en la tabla 14 se enlistan los estudios de caso que se ejecutaron en el área para lograr cumplir con el objetivo de disminuir el desperdicio de materias primas en el área.

Estudio de caso	Nombre del estudio	Motivo de elección
1	Campaña de reducción de residuos	Trabajo en equipo con todos los trabajadores del área para obtener resultados positivos.
2	Estandarización de pesos	No se cuenta con información en donde se detalle en peso de cada matriz
3	Exceso de pesaje	Facilidad de aplicación

Tabla 16 Estudios de Caso Área de Moldes. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

4.5 Manual 5: proyectos de Producción más Limpia

Finalmente en el Manual 5 (Anexo H), se detallan los programas de PML que se implementaron y se describen también los beneficios técnicos, económicos y ambientales que estos representan. Se describe la situación antes del PML y las actividades realizadas dentro de este programa.

4.5.1 Estudio de Caso nº 1

Nombre del estudio de caso:	Campaña de concientización para la disminución de residuos de yeso en el área de Moldes
Fecha de implantación:	Octubre 2010

El objetivo principal fue comprometer a los trabajadores con los programas de PML; de modo que sean conscientes del desperdicio de yeso que existe en el área.

Como soluciones propuestas en las reuniones para las oportunidades de mejora, se fabricó implementos de llenado como embudos que ayuden con el vaciado de las matrices para evitar el desperdicio por salpicadura de yeso fuera de la matriz. Se colocó un gancho el cual permita mantener la jarra con la mezcla en posición horizontal y así que el trabajador pueda recoger la mayor cantidad de yeso posible de jarra y colocarlo en la matriz.

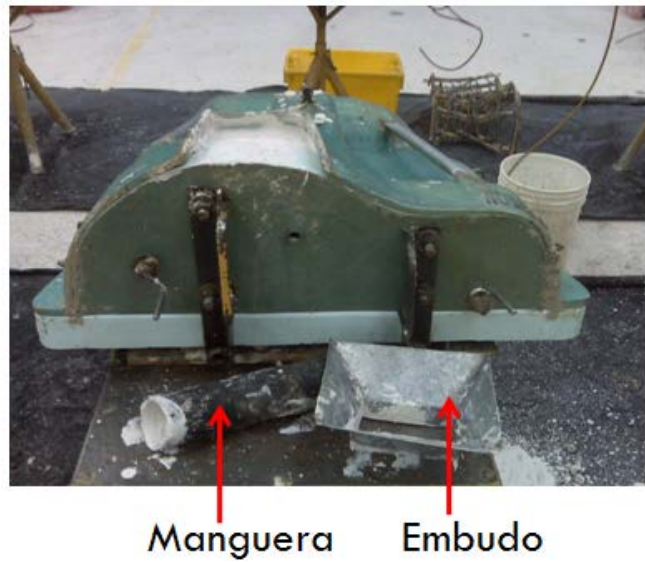


Figura 14. Implementos de llenado. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.



Figura 15. Gancho para sujetar jarra. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

En el Anexo I se muestran fotografías de las mejoras de prácticas operacionales antes y las propuestas por el programa.



Figura 16. Buenas prácticas operacionales. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

El presente estudio de caso fue el más importante ya que al ser la elaboración de moldes un proceso muy artesanal, el éxito del programa depende principalmente del compromiso de los trabajadores en conjunto con la supervisión de los jefes del área.

4.5.2 Estudio de Caso nº 2

Nombre del estudio de caso: Estandarización de pesos

Fecha de implantación: Octubre 2010

Otro de los principales problemas fue que no se contaba con registros en los cuales se detalle la cantidad de mezcla de yeso y agua necesaria para llenar cada matriz, por lo que había un desperdicio de yeso y agua al momento que se pesaban diferentes cantidades para un mismo modelo.

Con la colaboración de los maquinistas y los monitoreos de pesos en cada turno, como se ve en la figura 27, se elaboró registros del peso de cada modelo de modo que sea siempre el mismo peso para una determinada matriz, como para los trabajadores que estén fabricando esos moldes.



Figura 17. Tablas con pesos de las matrices. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Luego de elaborar los balances de materia con los nuevos pesos para los modelos anteriormente seleccionados se determinó que los porcentajes de desperdicio con la implementación son:

Modelo	Indicador
4262	0.87%
1260	1.68%

Tabla 17. Porcentaje de desperdicio propuesto en el programa de PML. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Como se puede ver en la tabla 15 los indicadores de desperdicio con la implementación difieren ampliamente para los dos modelos; y debido a esta diferencia los cálculos para realizar el análisis económico y ambiental se basan en la cantidad de yeso que no entra al proceso por la reformulación, debido a que este yeso en exceso no forma parte del molde por lo tanto se convierte en residuo:

- Para el modelo 1260 antes de la implementación se pesaba para cada molde un promedio de 142.13 kg y el valor propuesto por el programa es de 139.5 kg.

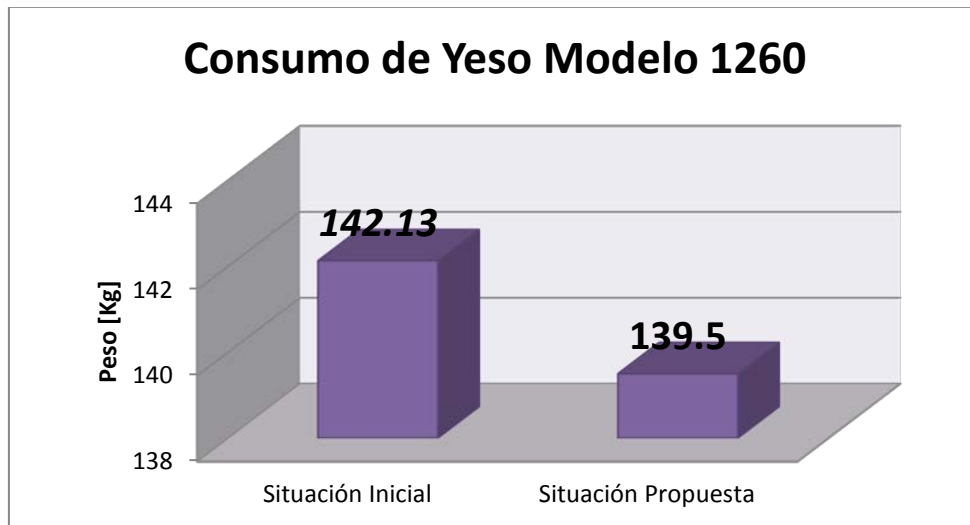


Figura 18. Peso Molde 1260

- Para el modelo 4262 antes de la implementación se pesaba para cada molde un promedio de 152.5 kg y el valor propuesto por el programa es de 150 kg.

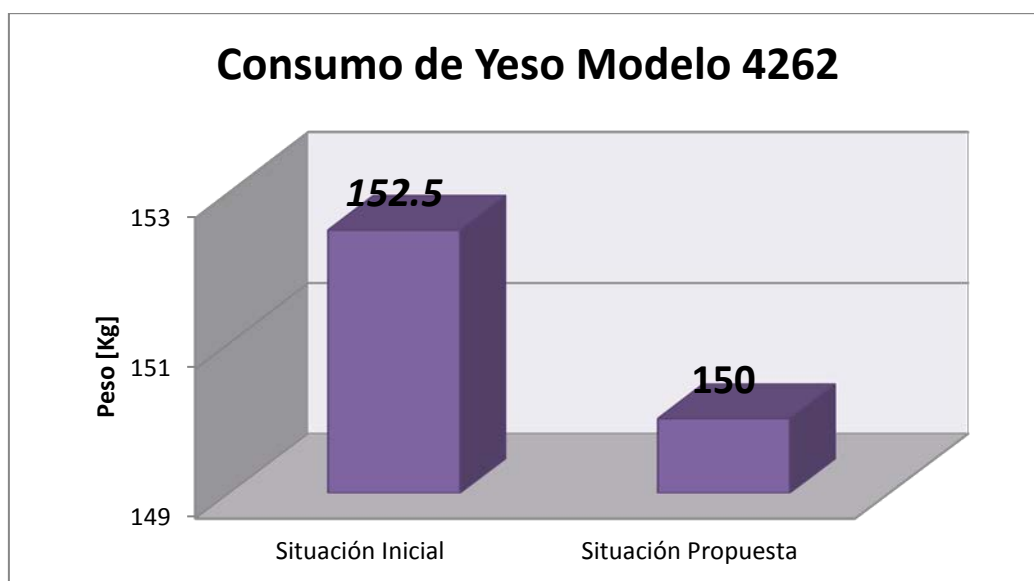


Figura 19. Peso Molde 4262

Como resultado final del análisis económico y ambiental de este estudio de caso se resume:

EDESA S.A Estudio de caso 1y2	AREA DE MOLDES			
	Inversión: USD 514.13	Recuperación: 1.65 meses	VAN: USD 11209.5	TIR: 729.17%
SITUACIÓN INICIAL	QUÉ SE HIZO		SITUACIÓN PROPUESTA	
Yeso Cerámico: 1,187,54 tn Yeso Máximo: 228,50 tn TOTAL YESO: 1,416,04 TN Agua: 1,054,66 m ³	Estandarización de Pesos.		Yeso Cerámico: 1,168,03 tn Yeso Máximo: 225,07 tn TOTAL YESO: 1,393,09 TN Agua: 1,037,55 m ³	

Tabla 18. Resumen Estudio de Caso 1 y 2

Como se muestra en la tabla 16 para estos estudios de caso la inversión realizada fue de \$514, con un periodo de recuperación de 1.65 meses, un VAN de \$11209 y un TIR de 729%, lo que nos muestra claramente que el proyecto fue viable.

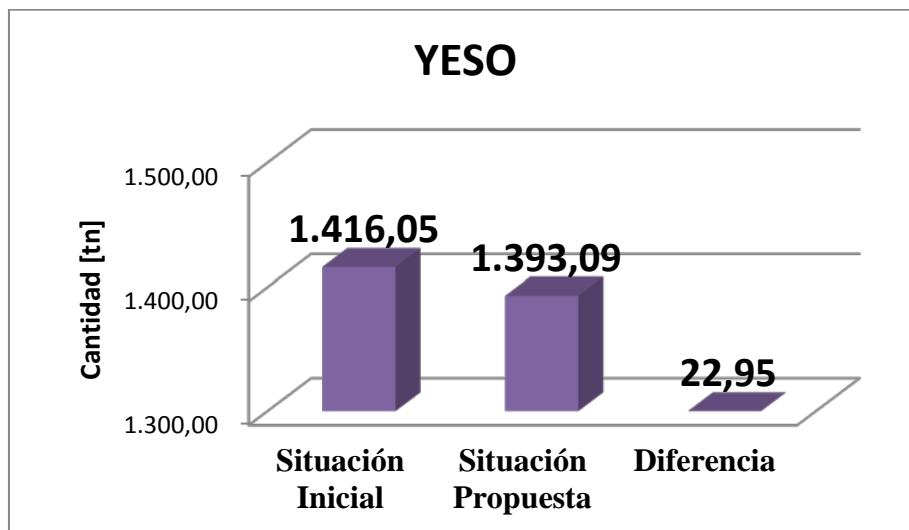


Figura 20. Consumo Anual de Yeso

Según el figura 30 se muestra que la cantidad de yeso que se utilizaba para la fabricación de los modelos anteriormente mencionados era de 1.416 toneladas, y la cantidad de yeso que se utilizaría si estos modelos son llenados con las cantidades de yeso propuestas por el programa sería de 1.393 toneladas lo que implica que 22.95 toneladas no entrarían al proceso anualmente y por lo tanto no se convertirían en desperdicio.

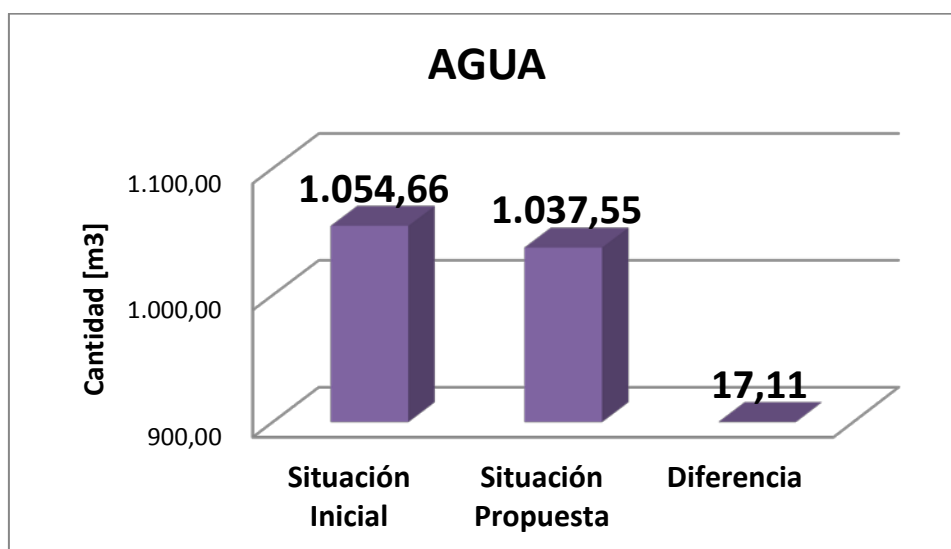


Figura 21. Consumo Anual de Agua

En la figura 31 se observa que la cantidad anual de agua que se utilizaba para la fabricación de estos moldes era de 1.054 m³ y en la situación propuesta se utilizó 1.073 m³. Y como resultado 17,11 m³ de agua no entrarían al proceso anualmente.

4.5.3 Estudio de Caso nº 3

Nombre del estudio de caso: **Pesaje de jarras**

Fecha de implantación: **Octubre 2010**

En el área existía un exceso de pesaje en la jarras debido al punto de corte de las maquinas, el indicador de desperdicio al momento del pesaje se lo calculó antes y después del programa de PML por lo que se elaboró tablas con los nuevos pesos que debían ser digitados por los maquinistas para disminuir este desperdicio.

Nombre del Indicador Ambiental	Antes del Programa		Propuesta del Programa de PML	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Desperdicio de yeso debido exceso de pesaje (Vicentini#1)	0.28	%	0.10	%
Desperdicio de yeso debido exceso de pesaje (Vicentini#2)	0.75	%	0.02	%

Tabla 19. Indicador de desperdicio al momento del pesaje. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

En la tabla 17 se detallan los indicadores de desperdicio por exceso de pesaje antes y después del programa de PML; para las dos maquinas dosificadoras; como se ve claramente el indicador de desperdicio antes de la implementación es mayor en la Vicentini #2 (dosificadora de yeso volcán) que en la Vicentini #1 (dosificadora de yeso cerámico), sin embargo con la implementación el indicador de desperdicio es menor en la Vicentini#2 que en la #1.



Figura 22. Tablas con nuevos valores de pesaje

Vicentini #1		Situación Inicial de desperdicio	Situación Propuesta de desperdicio	Diferencia
Yeso [tn]	2209.91	6.19	2.21	3.98
Agua [m ³]	1667.13	4.67	1.67	3.00

Tabla 20. Desperdicio Anual Vicentini #1

Vicentini #2		Situación Inicial de desperdicio	Situación Propuesta de desperdicio	Diferencia
Yeso [tn]	1278.53	9.59	0.26	9.33
Agua [m ³]	888.47	6.66	0.18	6.49

Tabla 21. Desperdicio anual Vicentini #2

Como se ve en las tablas 18 y 19 se logró disminuir el desperdicio de yeso y agua en cada una de las maquinas Vicentini con la implementación del programa, en la Maquina Vicentini#1 se logró un ahorro anual de 3.98 tn de yeso cerámico y 3 m³ de agua; en tanto que en la Vicentini #2 un ahorro de 9.33 tn de yeso volcán y 6.49 m³ de agua.

EDESA S.A Estudio de caso 3	AREA DE MOLDES			
	Inversión: USD 10.00	Recuperación: 0.06 meses	VAN: USD 6078.74	TIR: 19470.46
SITUACIÓN INICIAL	QUÉ SE HIZO		SITUACIÓN PROPUESTA	
Yeso Cerámico: 2,209.91 Yeso Máximo: 1,278.53 Total yeso: 3,488.44 Agua: 2,555.60	Elaboración de tablas con nuevos pesos para digitar.		Yeso Cerámico: 2,205.93 Yeso Máximo: 1,269.20 Total Yeso: 3,475.13 Agua: 2,546.11	

Tabla 22. Resumen Estudio de Caso # 3. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

Como se muestra en la tabla 20 para este estudio de caso la inversión realizada fue la realización de nuevas tablas con los valores a digitar en cada máquina lo que tuvo una inversión de \$10, con un periodo de recuperación menor a un mes, un VAN de \$6078.74 y un TIR de 19470%, lo que nos muestra claramente que el proyecto fue viable.

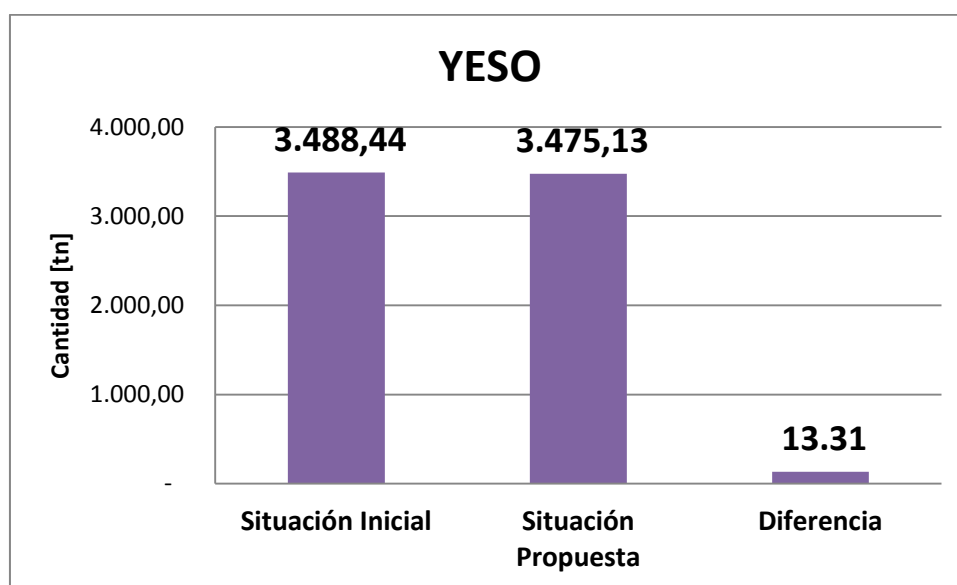


Figura 23. Consumo Anual de Yeso. Elaborado por: Gabriela Arrobo, 2010.

En figura 33 se ve que la situación inicial de uso de yeso en las dos máquinas es de 3.488 tn anuales y el usado con la implementación del programa fue de 3475 tn; lo que representa que 13.31 tn anuales de yeso no entran al proceso por exceso de pesaje y por ende no se convierten en desperdicio.

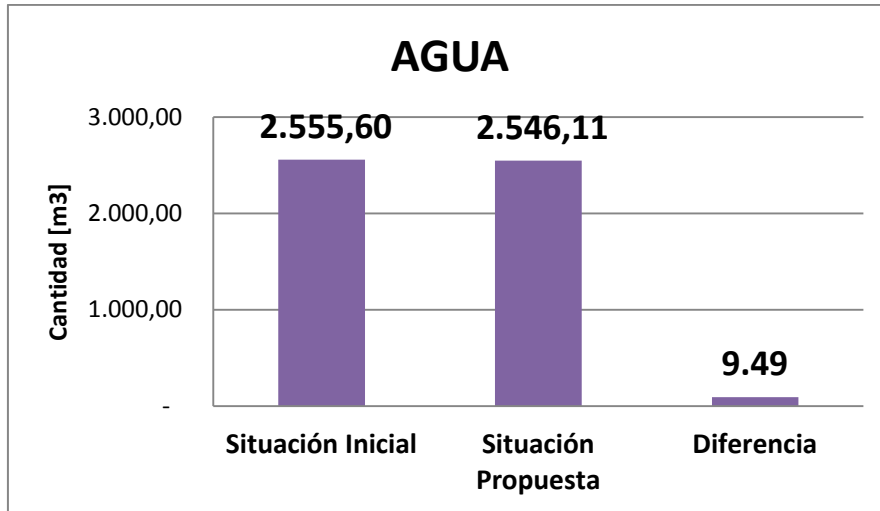


Figura 24. Consumo Anual de Agua

En tanto que en la figura 34 se muestra que en las dos máquinas 9.49 m³ de agua no entrarían al proceso por exceso de pesaje.

4.5.4 Resultados Generales de la implementación del programa de PML

Con la aplicación de programas de PML en el área de moldes de la empresa se ve claramente la existencia de beneficios económicos y ambientales con una inversión pequeña y un tiempo de recuperación igualmente bajo, a continuación se detalla cada uno de estos beneficios:

4.5.4.1 Beneficios e inversiones

Estudio de Caso	Inversión (US\$)	Recuperación de la Inversión (meses)	Beneficios económicos (US\$)
1	514.13	1.65	3,748.97
2	10.00	0.06	1,947.05
Total	524.13	1.71	5,696.02

Tabla 23. Beneficios e inversiones

El beneficio económico en el primer año si se aplican las situaciones propuestas por los programas sería de \$ 5,696.02, con un período de recuperación de menos de dos meses y con una inversión de \$ 524.13.

5.5.4.2 Beneficios ambientales

Beneficios ambientales	Valores	Unidad
1. Reducción en el consumo de materia prima (Yeso)	36,263.69	kg/año
2. Minimización de residuos sólidos – total (Yeso)	36,263.69	kg/año
3. Minimización en el consumo del agua	26,60	m ³ /año

Tabla 24. Beneficios ambientales

Los beneficios ambientales serían como lo muestra la tabla 22, un total de 36 toneladas de yeso las cuales no entrarían a los diferentes procesos por estandarización de los pesos y por exceso de pesaje; y por estas mismas razones 26.6 m³ de agua no se convertirían en desperdicio.

Detalles de cómo se obtuvieron estos valores de detallan en el Anexo H, en el análisis económico y ambiental de cada estudio de caso.

Así mismo con el yeso que no entraría al proceso no se generarían residuos de empaque del mismo, como se ve en la tabla 23; 587 sacos de papel y 319 sacos de yute no se convertirían en residuos.

Materia Prima	[kg/año]	# sacos [40 kg]
Yeso Cerámico Máximo [sacos de papel]	23,494.25	587
Yeso Volcán [sacos de yute]	12,769.44	319

Tabla 25. Cantidad de sacos de yeso que no entraría al proceso. Elaborado Por: Gabriela Arrobo, 2010.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Utilizando la metodología propuesta por la ONUDI se obtuvo 5 Manuales los cuales proporcionan información sobre el estado de las empresa, los procesos productivos, las oportunidades de mejora y las actividades realizadas en el área en la cual se llevó a cabo el programa de P+L.
- Con la aplicación del estudio de caso # 1 y #2; es decir concienciando a los trabajadores sobre el desperdicio de área y así mejorar prácticas operacionales; y mediante la estandarización de pesos, los cálculos realizados en los modelos de mayor producción determinaron que para la elaboración anual de estos se necesitaban 1416,05 toneladas de yeso y 1054,66 m³ de agua, y mediante el programa de PML se podría llegar a un consumo anual de 1393,09 toneladas de yeso y 1037,55 m³ de agua; lo que representa un ahorro anual de 22,95 toneladas de yeso y 17,11m³ de agua.
- Mediante el estudio de caso #3, disminuyendo el exceso de pesaje debido al punto de corte de las máquinas dosificadoras de yeso y agua; Vicentini #1 y Vicentini # 2 elaborando nuevas tablas de pesaje, se disminuyó el indicador de desperdicio de las máquinas; de 0.28% a 0.10% para la Vicentini#1 y de 0.75% a 0.02% para la Vicentini #2 con lo que se logró un ahorro de 13.41 toneladas de yeso y 9.49 m³ de agua anuales.
- Mediante la aplicación de técnicas de producción más limpia en el área de moldes se podría reducir el desperdicio de la mezcla agua-yeso, en 36.26 toneladas de yeso y 26.60 m³ de agua anuales, y no se generaría 587 sacos de papel y 319 sacos de yute; con lo cual se contribuyó a la preservación del recurso agua y suelo.
- La inversión total de los estudios de caso del programa de PML fue de \$524,13 con un periodo de recuperación de 1.71 meses y un beneficio económico en el primer año de \$5,696.02. Los TIR y VAN obtenidos en los estudios de caso son altos, lo cual refleja claramente lo viable que son los proyectos en cuanto al aspecto ambiental, y que con pequeñas inversiones se puede obtener un beneficio para el ambiente.
- La aplicación de técnicas de producción más limpia brindan un sin número de beneficios tanto para la empresa como para el ambiente y las personas involucradas directa o indirectamente en los procesos productivos y su producto final.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda trabajar enfáticamente en los tiempos de producción del área, es decir controlar los tiempos de agitado de la mezcla al igual que el tiempo que la mezcla de agua y yeso permanece en la matriz antes de ser descochada.
- Se recomienda controlar la calidad del yeso que llega a las máquinas Vicentini, por lo que se debe hacer un seguimiento de este desde que se encuentra almacenado. Igualmente se debe controlar la temperatura del agua usada en la fabricación de los moldes.
- Se recomienda que se siga con la estandarización de pesos de todas las matrices de modo que se pese una determinada cantidad de yeso y agua para una matriz específica, lo que disminuirá el desperdicio de la mezcla agua-yeso debido a las variaciones de peso.
- Para evitar el exceso de peso debido al punto de corte se recomienda colocar sensores de corte para que la cantidad pesada sea más exacta.
- Se recomienda que se haga un estudio de factibilidad para que las matrices sean completamente herméticas y así evitar el desperdicio por fugas.
- Finalmente se recomienda seguir implementando programas de Producción más Limpia en el área de moldes al igual que en toda la planta.

CAPITULO VI: REFERENCIAS Y CITAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia de Medio Ambiente. (2008). *Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-Cuba*. Recuperado el 12 de Marzo de 2011, de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-Cuba: <http://www.medioambiente.cu/uftpml/files/Clase%2010.pdf>
- Agencia de protección ambiental. (2009). *Producción más limpia*. Buenos Aires: Gob Ciudad de Buenos Aires.
- Austin, G. (1992). *Manual de Procesos Químicos en la Industria*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Avgustinik, A. (1983). *Cerámica*. Barcelona: Reverte.
- Beverley, T. (Agosto de 1999). *Clean Production*. Recuperado el 20 de Febrero de 2011, de Clean Production: <http://www.cleanproduction.org/library/C%20Guide%20Text.pdf>
- Bonta, P., & Farber, M. (2004). *199 preguntas sobre marketing y publicidad*. Bogota: Editorial Norma.
- Bosworth, M. E., Hummelrose, B., & Christianse, K. (2000). *United Nations Environment Programme*. Recuperado el 15 de Abril de 2011, de United Nations Environment Programme: <http://www.uneptie.org/shared/publications/pdf/2480-CpDairy.pdf>
- Centro de Promoción de tecnologías Sostenibles. (2005). Recuperado el 6 de Marzo de 2010
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS. (2005). *Guía Técnica General de Producción Más Limpia*. La Paz, Bolivia: PGD Impresiones.
- Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia. (2010). Curso de formación para líderes de proyectos de Producción más Limpia (P+L). *Producción más Limpia* . Quito, Pichincha, Ecuador.
- Centro Mexicano para la Producción más Limpia. (2009). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <http://www.pnuma.org/industria/curso/Modulo1-PyCS.pdf>
- Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras. (2009). *USAID/MIRA*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2010, de USAID/MIRA: <http://www.mirahonduras.org/pml/docs/GUIA%20P+L%20FORESTAL.pdf>

- CET. (2005). *Ministerio del Ambiente. Perú*. Recuperado el 10 de Enero de 2011, de Centro de Documentación Ambiental: <http://cdam.minam.gob.pe:8080/cendoam/bitstream/123456789/442/1/CDAM0000262.pdf>
- CMPL. (s.f.). *Centro Mexicano para la Produccion Mas Limpia*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2010, de Centro Mexicano para la Produccion Mas Limpia: <http://www.cmpl.ipn.mx/portal/PL/Metodologia/FaseI.asp>
- Colmenares, A. (2007). *Universidad Nacional Experimental del Táchira* . Recuperado el 1 de Julio de 2011, de Biblioteca UNET: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2007/pregrado/Mecanica/ColmenaresR_AuraM/Capitulo1.pdf
- Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável CEBDS. (s.f.). *Rede Brasileira de Produção Mais Limpia*. Recuperado el 15 de Enero de 2011, de Rede Brasileira de Produção Mais Limpia: http://www.pmais1.com.br/publicacoes/cartilha_sebrae.pdf
- Consultoria Informacional de la Casa Consultora Disaic. (2005). *Red de Informacion Industrial de Cubana (RIIC)*. Recuperado el 6 de Marzo de 2011, de Red de Informacion Industrial de Cubana (RIIC): <http://www.cubaindustria.cu/pl/P+L%20Sime/metodologia.htm>
- EDESA S.A. (2010).
- EDESA S.A. (2011). *EDESA S.A.* . Recuperado el 5 de Octubre de 2010, de EDESA S.A.: http://www.edesa.com.ec/129_historia-edesa.html
- *Enciclopedia de la construcción*. (1979). Barcelona: Editores Técnicos Asociados.
- Fúquene, C. E. (2007). *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana .
- Galeas, G. (2008). *Aplicación de un Programa de Producción más Limpia en una industria procesadora de productos lácteos*. Quito: EPN.
- Hamilton, M., & Pezo, A. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados*. Colombia: Convenio Andrés Bello.
- Kingery, W. D. (1958). *Ceramic Fabrication Processes*. Massachusetts: US/ The Massachusetts Institute of Technology.
- Needham, S., Ruppin, P., & Browne, D. (2000). *Best Practice Environmental Management in Mining - Cleaner Production*. Australia: Commonwealth of Australia.

- PNUMA. (s.f.). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Recuperado el 30 de Junio de 2011, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp03b.pdf>
- Prévez, L., & Sánchez-Osuna, M. (2007). *Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI)*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2010, de Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI): http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Manual_de_produccion_mas_limpiar_para_el_sector_industrial_citricola.pdf
- Secretaría de Salud México. (2011). *Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud*. Recuperado el 18 de Agosto de 2011, de Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud: http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/PERIODO_RECU.pdf
- SISMA S.A. (2005). *Red Empresarial Vanguardia*. Recuperado el 30 de Junio de 2011, de Red Empresarial Vanguardia: <http://www.redempresarial.info/redempresarialvanguardia/red-de-accionistas/sala-de-prensa/queesproduccionmaslimpia>
- UNEP. (Octubre de 1999). *Eco-efficiency for Queensland Manufacturers*. Recuperado el 20 de Enero de 2011, de Eco-efficiency for Queensland Manufacturers: http://www.ecoefficiency.com.au/Portals/56/factsheets/foundry/ecofndry_guide.pdf
- UNEP. (s/f). *United Nations Environment Programme*. Recuperado el 12 de Mayo de 2011, de United Nations Environment Programme: <http://www.uneptie.org/scp/cp/understanding/industries.htm>
- UNEP/UNIDO. (Junio de 2004). *United Nations Environment Programme*. Recuperado el 6 de Marzo de 2010, de United Nations Environment Programme: <http://www.uneptie.org/shared/publications/pdf/WEBx0072xPA-CPcentre.pdf>
- UNIDO. (s.f.). *Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial*. Recuperado el 25 de Marzo de 2011, de Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial: http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_01/1-Textbook.pdf
- Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2008). *Producción más Limpia. Paradigma de Gestión Ambiental*. Bogotá: Ediciones Uniandes.