

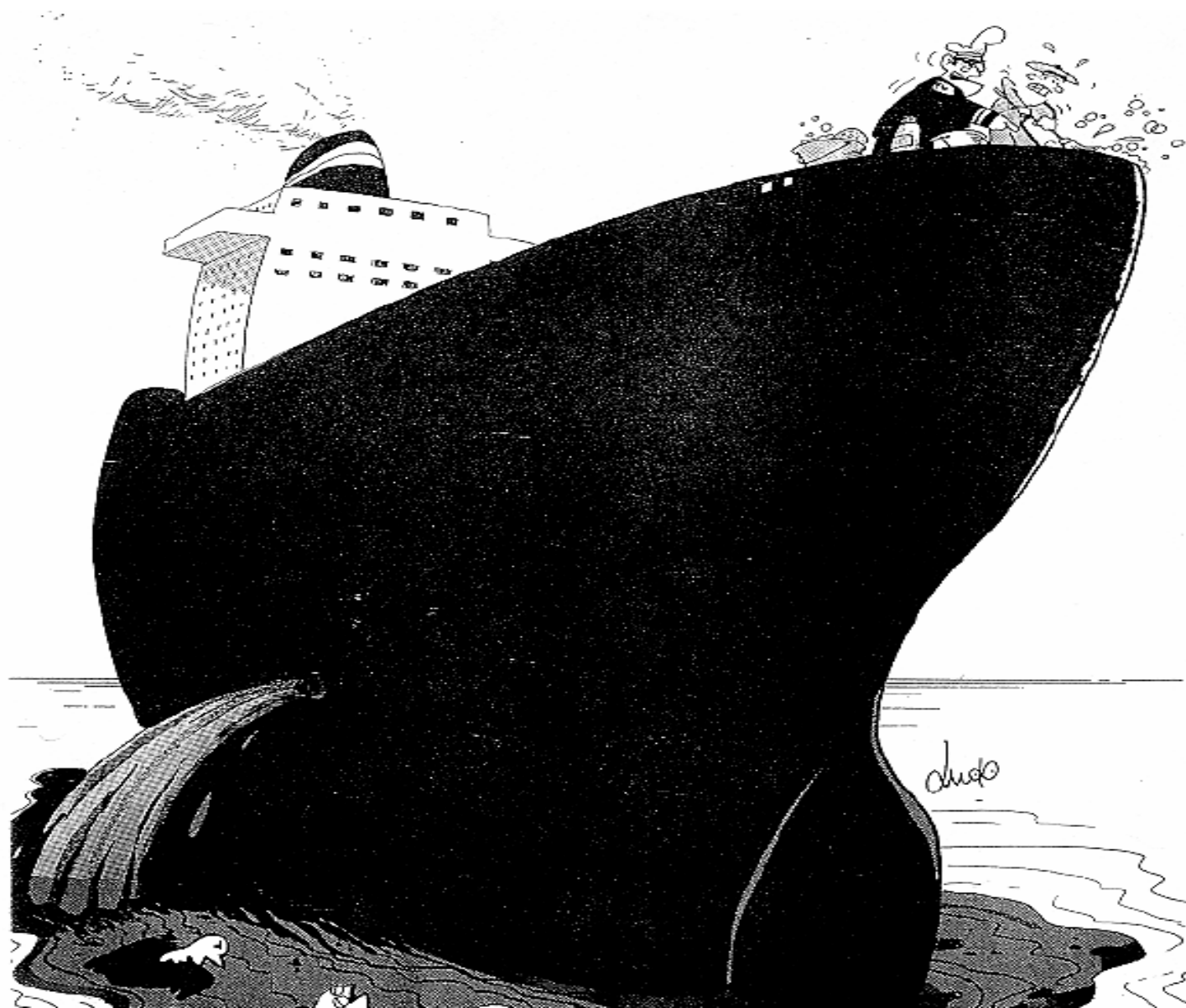


CAPÍTULO 4

DESEMPEÑO AMBIENTAL PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

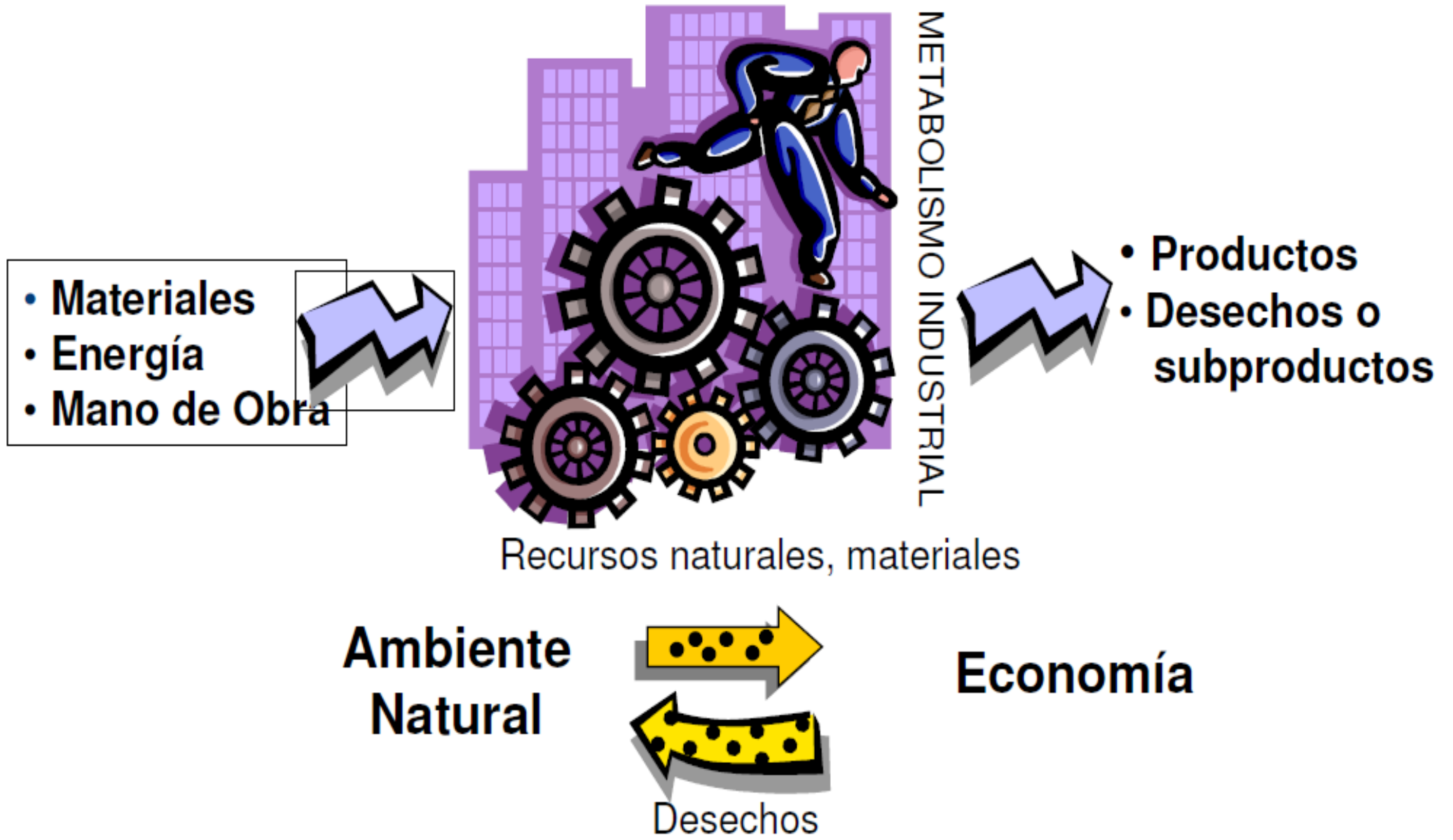
CAPÍTULO 4

DESEMPEÑO AMBIENTAL: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



**ESTAMOS
HACIENDO
LO
CORRECTO?**

Sistema Económico



Qué es la Declaración de PML?

- Una Declaración de compromiso entre los líderes de los sectores políticos, públicos y privados para:
 - la práctica de la PML
 - la reducción sistemática de la contaminación
 - mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos
 - ecoeficiencia, prevención de la contaminación, minimización de residuos, etc.

¿Cómo reducir los costos ambientales?

Producción Más Limpia (P+L) La Producción Limpia es la permanente aplicación de una estrategia de negocios y ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios, a fin de incrementar la eficiencia, la productividad y reducir los riesgos sobre la población humana y el ambiente.

(UNEP-UNIDO)

Permite reducir los costos ambientales disminuyendo la generación de residuos en el origen.

Qué es la PML?

- Estrategia para:
 - mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y
 - minimización de los residuos, la contaminación y los riesgos para la salud humana y la seguridad
- Se enfoca en:
 - la fuente del problema
- Mientras que
 - se generan ahorros económicos

Cómo puede ayudar la PML?

- La estrategia de PML incluye:
 - modificación de los procesos de producción
 - cambio de la tecnología
 - Buenas prácticas de mantenimiento operativo.
- Y los resultados :
 - Se suplen las necesidades de los consumidores con una mayor mentalidad ambiental, y calidad en los productos y servicios

Declaración de Río

- **Principio 9 :**

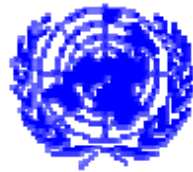
Los Estados deberán cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio del conocimiento científico y tecnológico, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, incluyendo tecnologías nuevas e innovadoras.

Agenda 21

- **Capítulo 9: Protección de la Atmósfera**
 - Los gobiernos deberán usar medidas administrativas y económicas que fomenten la industria en el desarrollo de tecnologías más eficientes, seguras y limpias.
- **Capítulo 20: Manejo de Residuos Peligrosos**
 - Las industrias [...] deberán promover métodos de PML a una escala amplia [...]
 - Los gobiernos deberán promover y asistir en la innovación por parte de las industrias en métodos de PML, tecnologías preventivas y de reciclaje.
 - Los países desarrollados deberán promover la transferencia de tecnologías ambientalmente sanas y el know-how en tecnologías limpias [...]

Análisis de la Producción Más Limpia (APML)

Basada en las metodologías de:

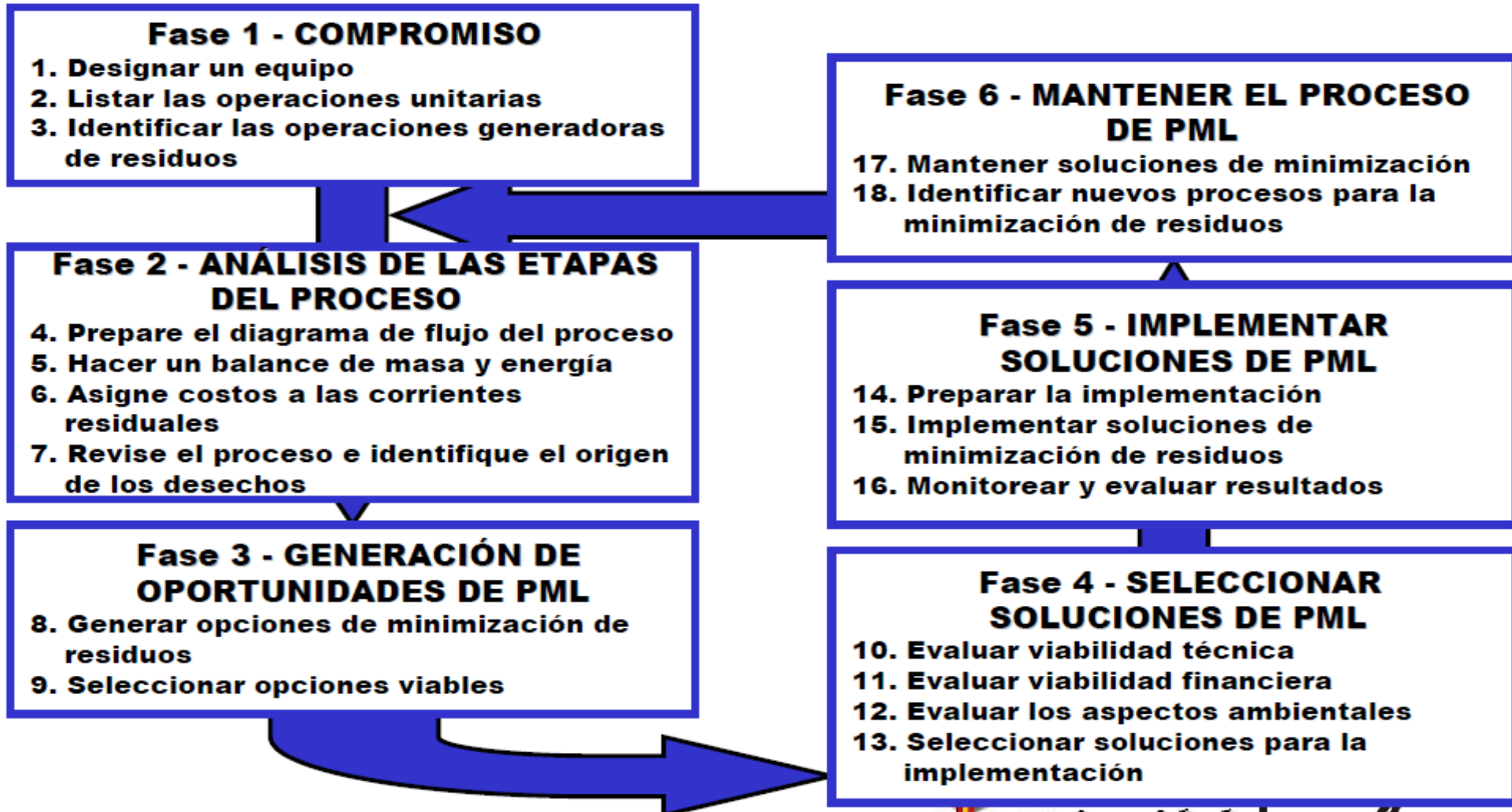


UNEP: United Nations
Environment Programme



IVAM: Environmental Research
Institute related to the
University of Amsterdam

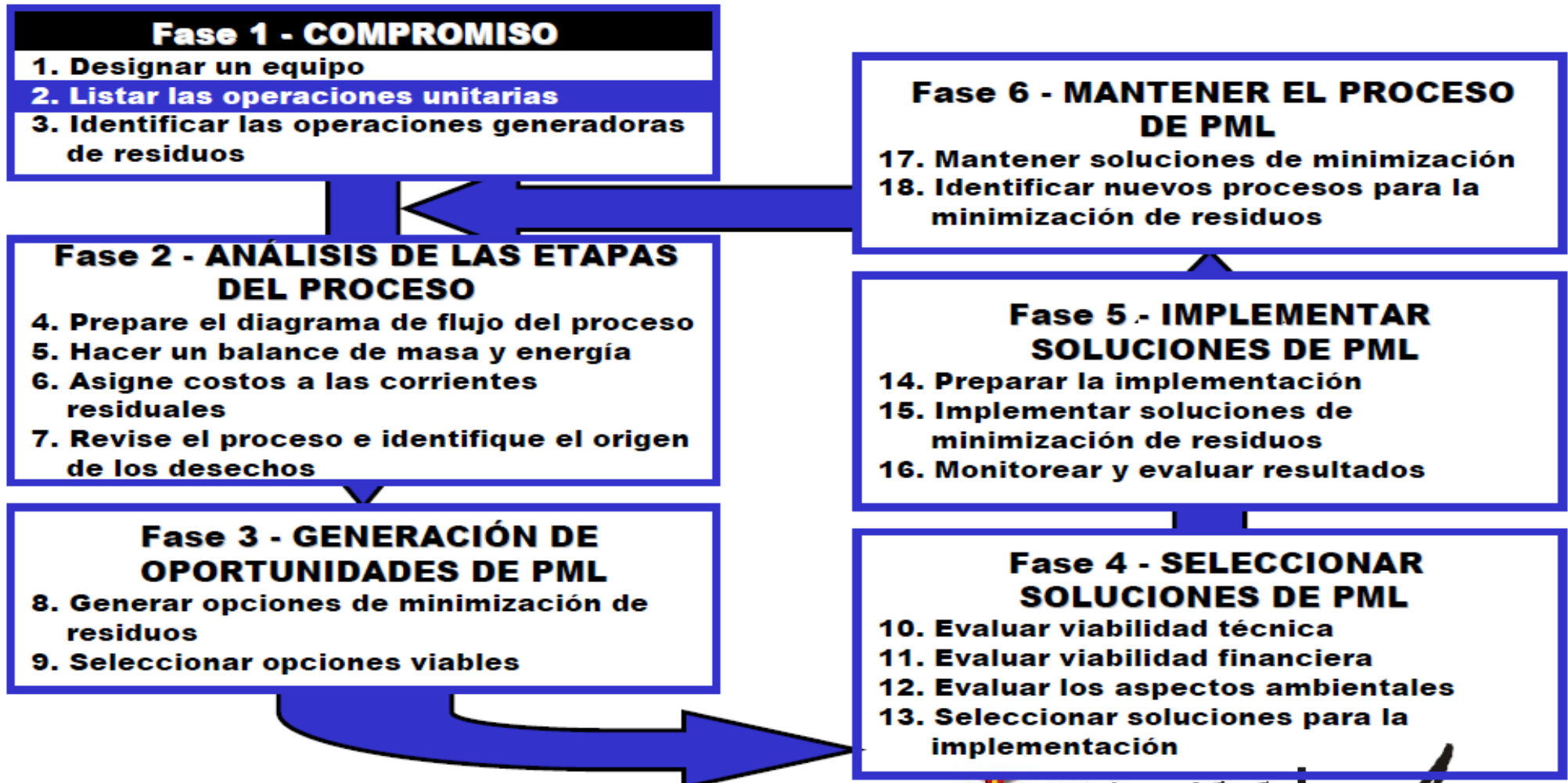
Análisis de la PML



1. Formar un Equipo para el APML

- **Compromiso Gerencial**
 - Obtener compromiso gerencial
 - Promover la participación gerencial
- **Crear condiciones óptimas para:**
 - recolección sistemática de los datos
 - participación en la generación y evaluación de opciones
 - implementación efectiva de opciones factibles
 - continuar actividades de la PML

Análisis de la PML



2. Etapas del Proceso

- Inspección en planta
 - Verificar el estado actual de producción
 - Identificar opciones obvias que impliquen bajos costos
- Empezar resolviendo los problemas obvios

2. Etapas del Proceso

Entradas	Proceso de producción	Salidas
Granos de café energía (gas natural)	Preparación de la materia prima con un molidor de café	Café molido, emisiones al aire (CO ₂ , Nox, etc.), calor,
Agua fría Agente limpiador	Limpieza del molidor	Agua residual, Molidor de café limpio
Agua fría energía (gas natural)	Calentamiento del agua	Agua caliente, pérdidas calóricas, vapor caliente, Emisiones al aire (CO ₂ , NOx, etc.)
Café molido Agua caliente	Fabricación del café con la cafetera	Café caliente, pérdidas calóricas, vapor caliente, olores, ripio de café húmedo
Agua caliente Agente limpiador	Limpieza de la cafetera	Agua residual, Máquina de café limpia
Pocillo para café, cuchara, azúcar y/o crema	Refinación	Café caliente listo para tomar, residuos de empaque
Pocillo y cuchara sucios, Agua caliente y agente de limpieza	Limpieza	Pocillo y cucharas limpios, Agua residual

Análisis de la PML



3. Seleccionar las Etapas más contaminantes del proceso

- Implementar opciones obvias:
 1. Adquisición y control de buenas materias primas
 2. Tener materiales adecuados en las plantas
 3. Evitar desperdicios de energía y agua
 4. Correcto mantenimiento de equipos e instalaciones
 5. Correcta implementación de instrucciones y controles del proceso
 6. Correcta recolección y manipulación de residuos

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

CASO 1

- GALVANOPLASTIA

CASO 2

- CURTIEMBRES

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL

- *RECURSO AGUA*

- Preparación de baños.
- Reposición de pérdidas por evaporación.
- Enjuagues después del baño.
- Vertimientos (composición).

- *INFORMACIÓN CLAVE SOBRE EL PROCESO*

- Punto de partida para el diagnóstico ambiental.
- Caracterización de aguas residuales finales.
- Índices de consumo y vertimiento.
- Determinación de la superficie de recubrimiento.
- Balance de agua.

Tabla 1. Usos del agua y vertimientos asociados al proceso

Consumo	Características	Vertimiento
Preparación de baños.	Baja conductividad (acueducto), pH neutro, mínimo contenido de sales.	Reformulación de baños.
Reposición de pérdidas por evaporación.	Solución menos concentrada Proveniente de los tanques de recuperación.	Arrastres entre tanques.
Enjuagues.	Agua de acueducto (deterioro gradual de su calidad debido a la concentración de sales).	Reposición de enjuagues.

(Consumos y vertimientos)

INFORMACIÓN CLAVE SOBRE EL PROCESO

- Seguimiento al desempeño productivo y ambiental del proceso.
 - Registros históricos → Generación de vertimientos vs. producción.
- Seguimiento a la producción (cuantificación).
- Cierre del balance de masa (sales y agua) → Cuantificar el desperdicio.
 - Tendencias en la demanda.
 - + Diseñar planes de contingencia frente a la demanda.
 - + Modificar la capacidad de los acabados más/menos frecuentes.

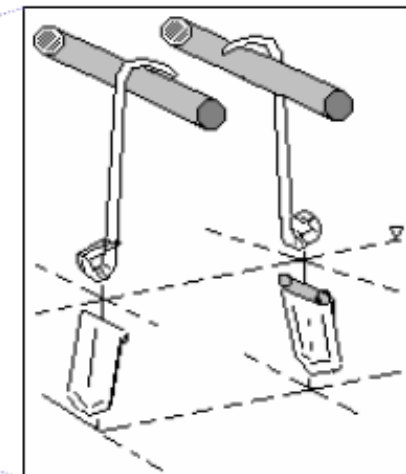
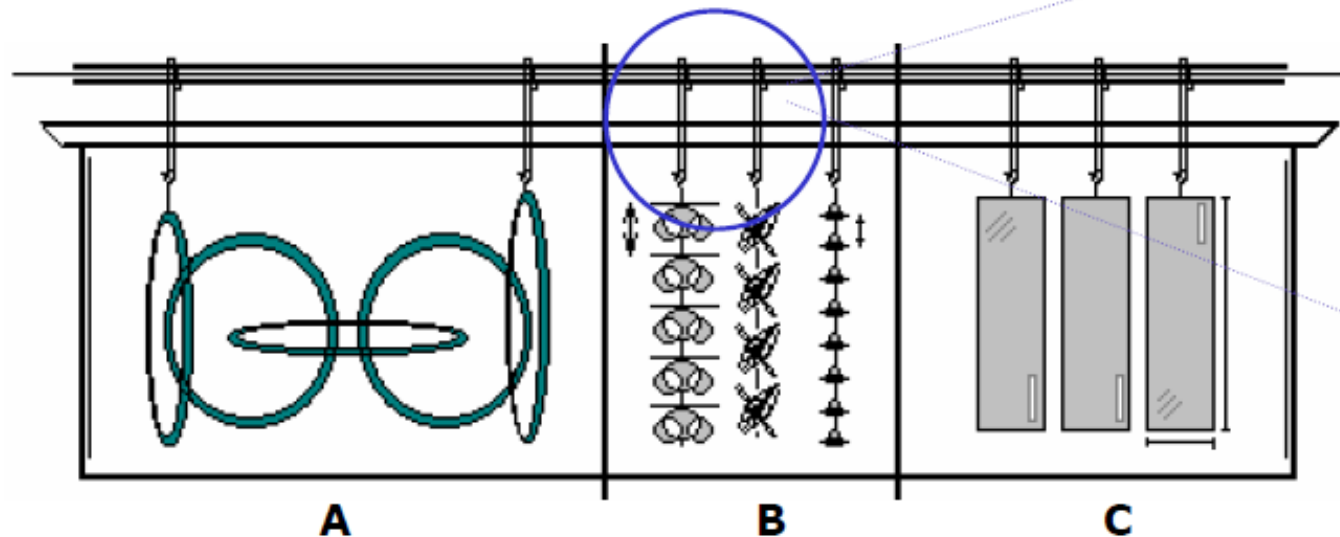


Tabla 2. Parámetros a determinar en los efluentes de proceso

PARÁMETRO	OBJETIVO
Caudal promedio de vertimiento.	Cuantificar las salidas para el Balance.
Frecuencia y duración de la descarga.	Definir intermitencia.
Concentración de iones metálicos (interés sanitario).	Establecer concentraciones críticas. Comparar con la legislación. Definir tratamiento.
Conductividad.	Verificar máximo agotamiento de enjuagues.
pH.	Definir necesidad de neutralización.
Ca, Mg, Fe, Sólidos suspendidos.	Identificar aguas duras y corrosivas.
Otros (cianuros, grasas).	Composición de lodos residuales.

Tabla 3. Métodos indirectos para determinar la producción en planta

MEDIDA	OBSERVACIONES
Área	Establecer categorías de acuerdo a la similitud entre las piezas. Establecer el consumo de materia prima por grupo. Definir la duración de la inmersión en el baño. Recubrir una superficie metálica de área conocida. Medir la proporción en el consumo de materia prima. Establecer un índice de acuerdo con el gasto de sales/ tanda.



REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (Aspectos Ambientales)

RECURSO AGUA (Consumos y vertimientos)

- Uso doméstico.
- Alimentación a los fulones.
 - Enjuagues de las pieles.
- Vertimientos (composición).

RECURSO AIRE

- Generación de olores.

RECURSO SUELO (Residuos sólidos)

- Residuos de los cárcamos.
- Lodos de los tanques de almacenamiento de aguas de pelambre y curtido.
- Residuos de cuero Wet- Blue provenientes de desorillo.

PRIORIZACIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO **(Resultados)**

Para la priorización de las etapas del proceso se tuvieron en cuenta las etapas globales:



PELAMBRE



CURTIDO



Alto consumo de agua

Presencia de contaminantes

Generación de Residuos

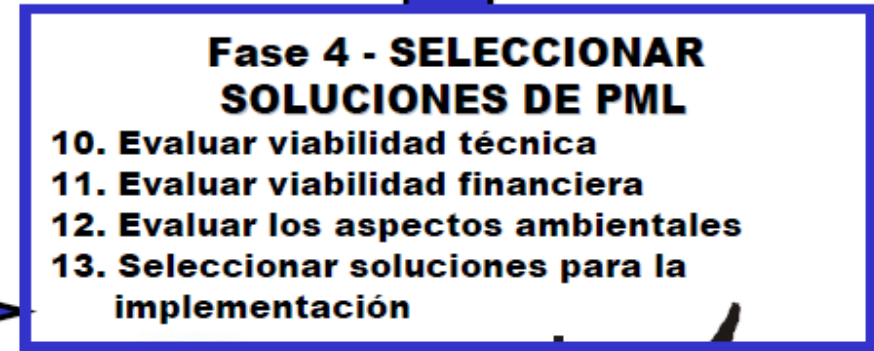
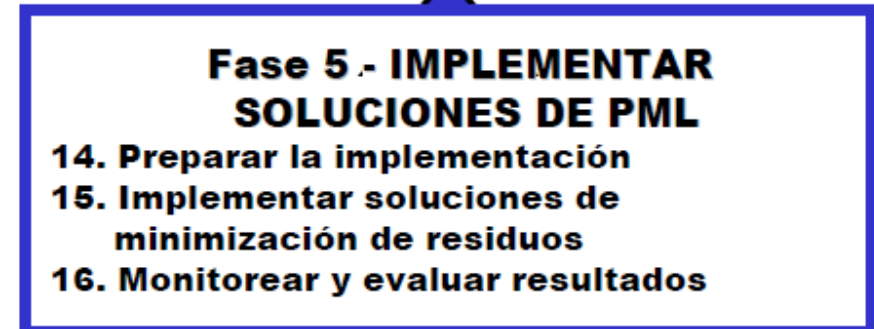
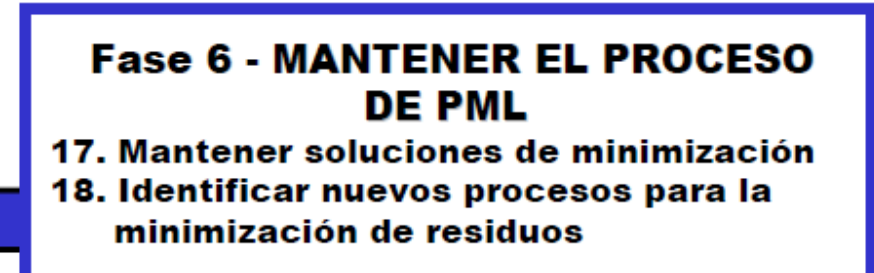
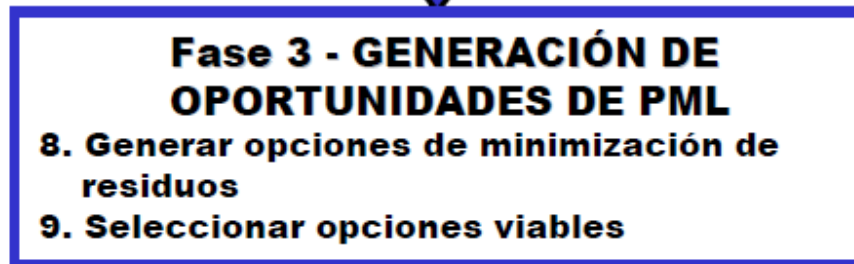
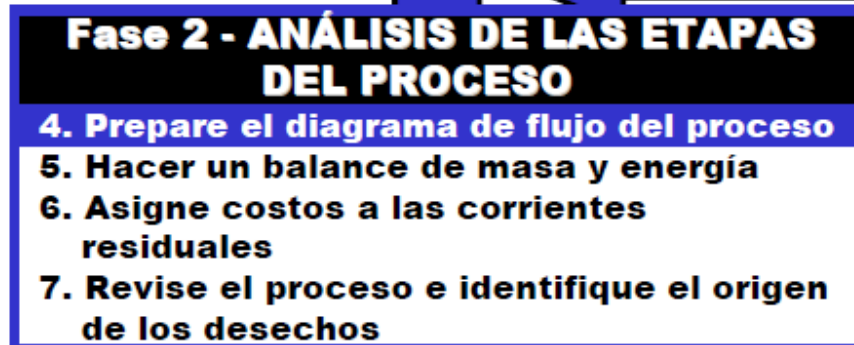
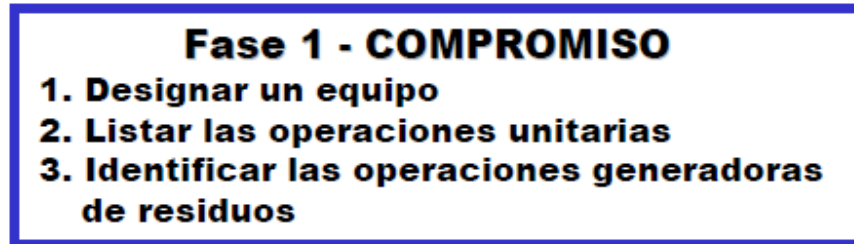
Alto potencial de recuperación de
materias primas

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL

- Identificación de fuente de abastecimiento.
 - ✓ Quebrada
 - ✓ Agua de pozo
 - ✓ Río
- Consumo de agua global y por etapas del proceso.



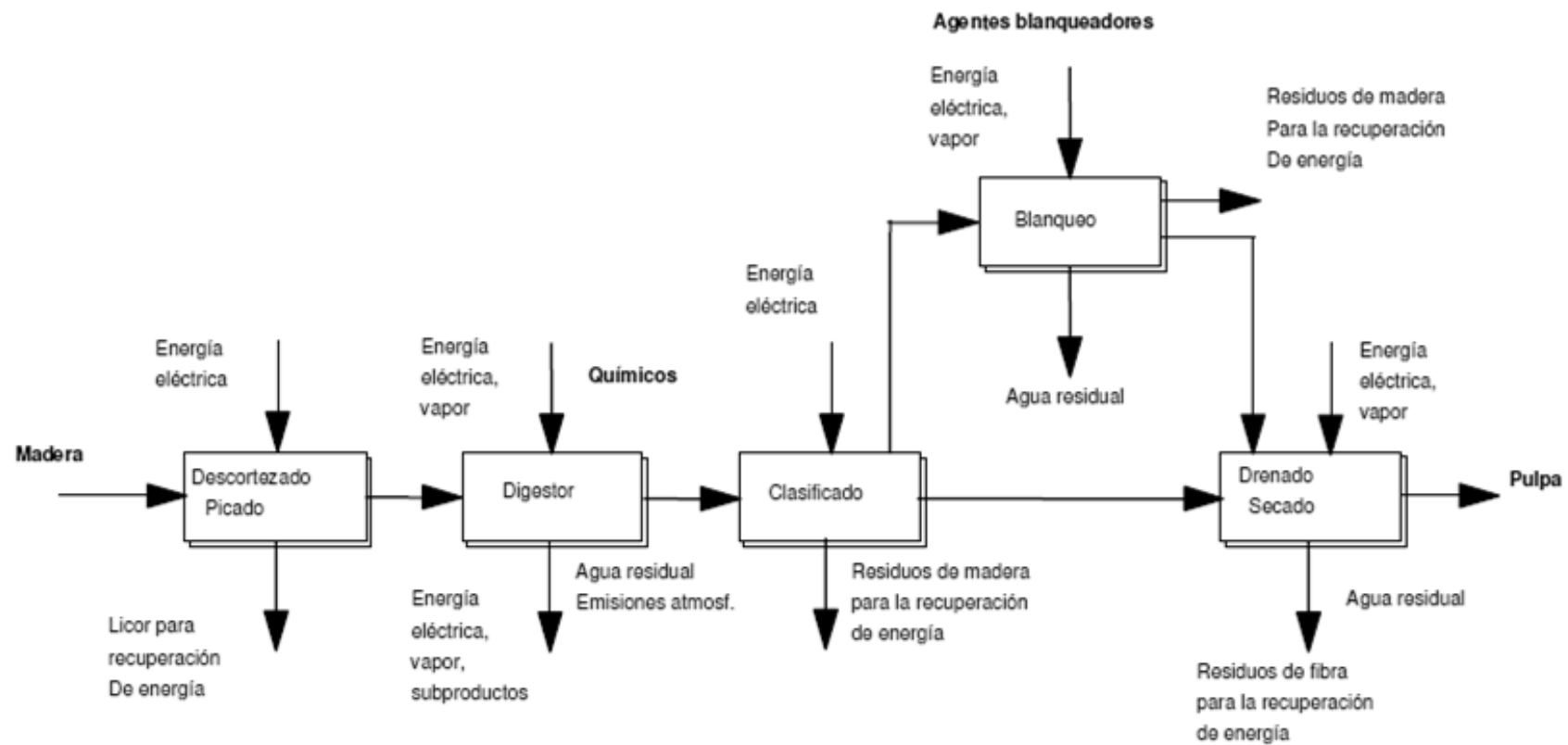
Análisis de la PML



4. Preparar el Diagrama de Flujo

- Diagrama de flujo para la etapa evaluada:
 1. Identificar todas las operaciones unitarias
 2. Enlazar las operaciones unitarias con los diagramas de materia & energía
 3. Determinar todas las entradas y salidas

4. Preparar el Diagrama de Flujo



5. Realizar el Balance de Masa y Energía

- Principios

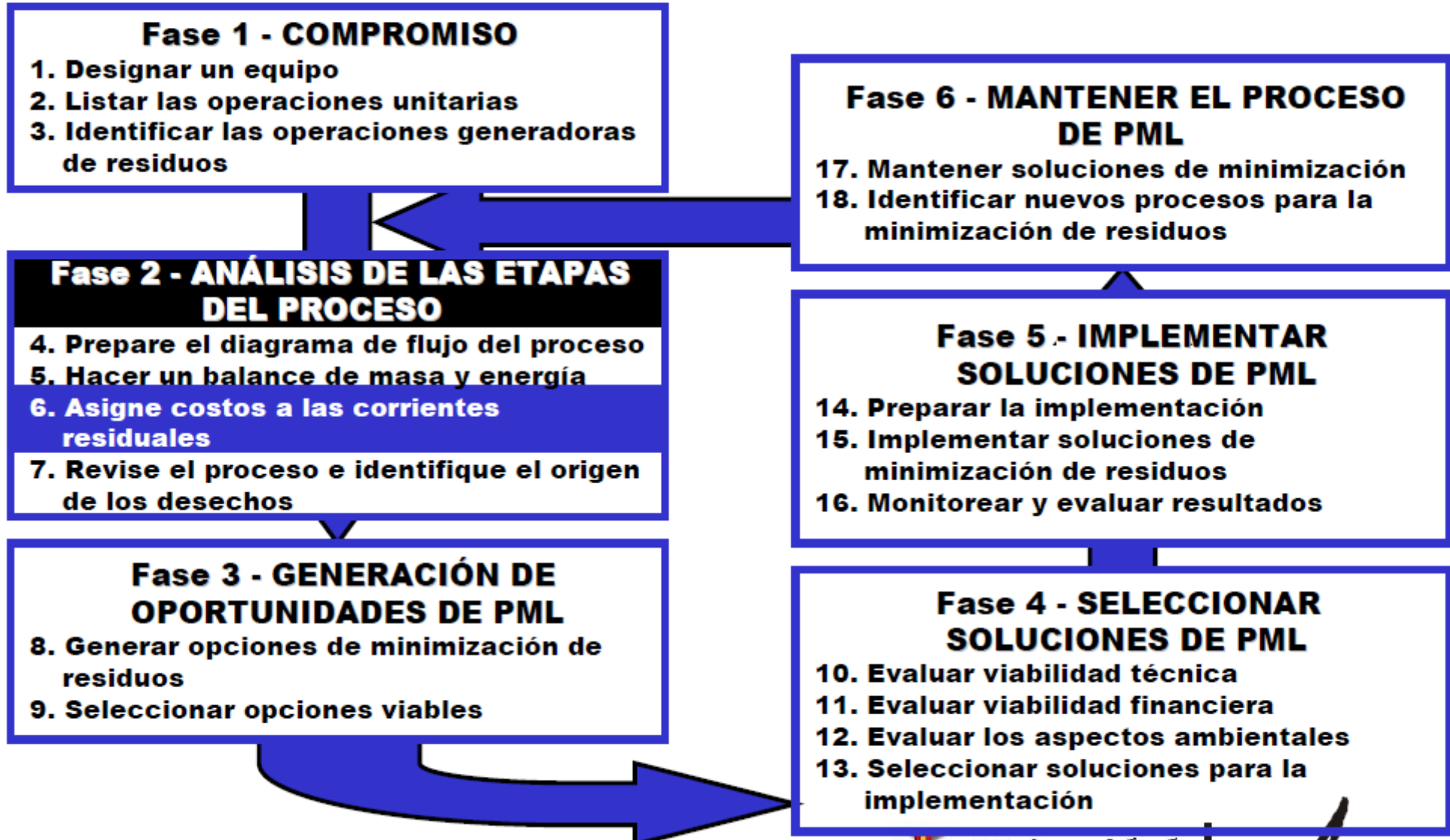
- Ley de conservación de la masa:

$$\text{Entrando + material generado} = \text{Saliendo + material consumido}$$

- Sin reacciones químicas o cambio en el almacenamiento/inventario:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

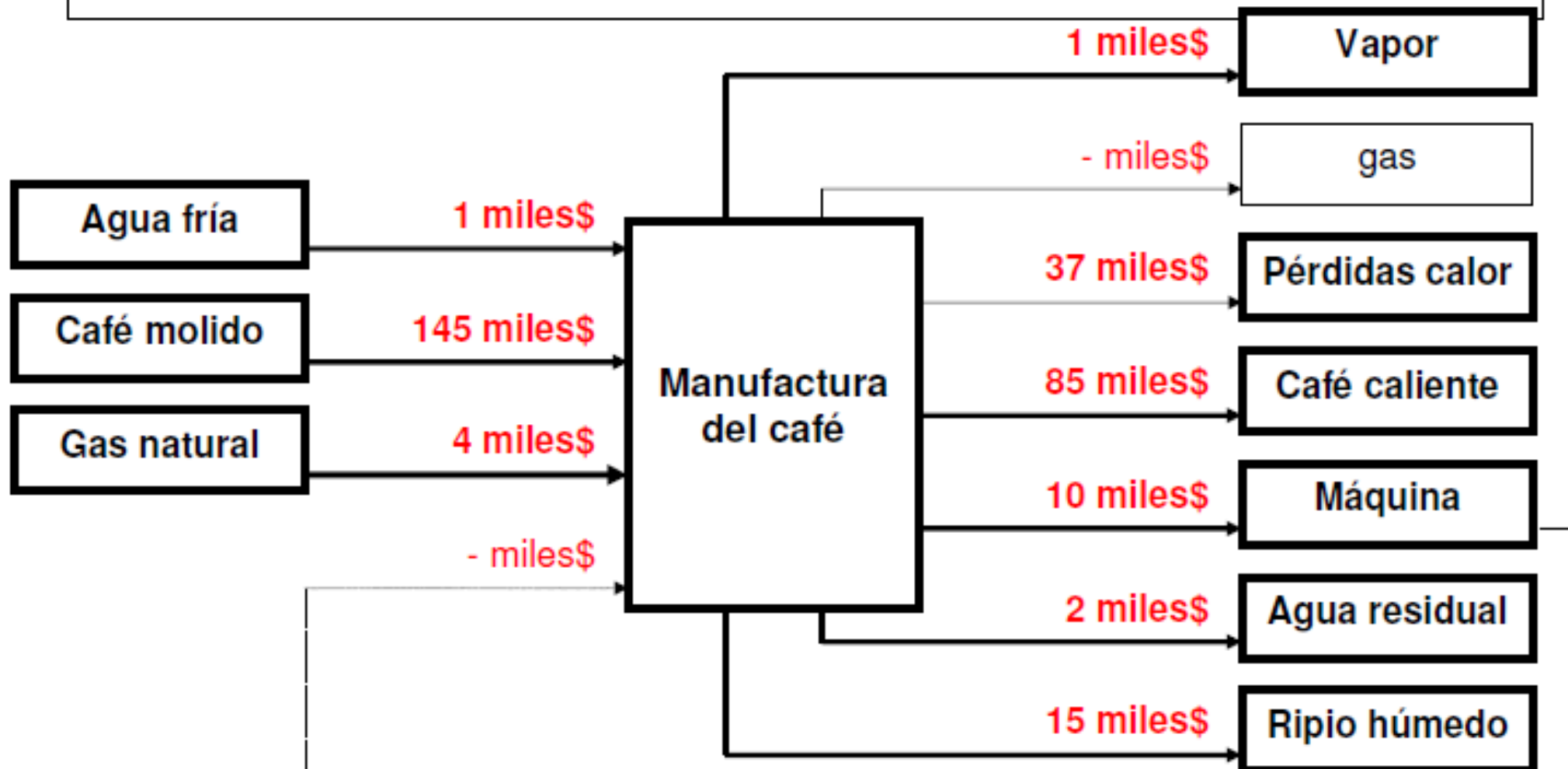
Análisis de la PML



6. Análisis de Costos de los Desperdicios

- ✓ Costos Internos:
 - recolección de residuos y manipulación
 - operación de plantas de tratamiento
 - pérdida de materia prima y productos intermedios
- ✓ Costos Externos:
 - Costos de disposición
 - Costos de los permisos y los impuestos

6. Análisis de Costos de los Desperdicios



Análisis de la PML

Fase 1 - COMPROMISO

1. Designar un equipo
2. Listar las operaciones unitarias
3. Identificar las operaciones generadoras de residuos

Fase 2 - ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

4. Prepare el diagrama de flujo del proceso
5. Hacer un balance de masa y energía
6. Asigne costos a las corrientes residuales
7. Revise el proceso e identifique el origen de los desechos

Fase 3 - GENERACIÓN DE OPORTUNIDADES DE PML

8. Generar opciones de minimización de residuos
9. Seleccionar opciones viables

Fase 6 - MANTENER EL PROCESO DE PML

17. Mantener soluciones de minimización
18. Identificar nuevos procesos para la minimización de residuos

Fase 5 - IMPLEMENTAR SOLUCIONES DE PML

14. Preparar la implementación
15. Implementar soluciones de minimización de residuos
16. Monitorear y evaluar resultados

Fase 4 - SELECCIONAR SOLUCIONES DE PML

10. Evaluar viabilidad técnica
11. Evaluar viabilidad financiera
12. Evaluar los aspectos ambientales
13. Seleccionar soluciones para la implementación

7. Revisión de las Causas de Desperdicio

Analizar el impacto en la generación de residuos en:

1. Operación de los Equipos y prácticas de mantenimiento
2. Eficiencia de los Procesos
3. Diseño de los equipos & lay out
4. Escogencia de la tecnología de producción
5. Escogencia y calidad de los materiales de entrada
6. Presencia de materia prima y productos intermedios en las corrientes residuales
7. Presencia de componentes potencialmente valiosos en las corrientes residuales
8. Especificaciones del producto

7. Revisión de las Causas de Desperdicio

Implementación de opciones obvias con respecto a:

1. Materias primas y manipulación de energía
2. Tecnología de producción y lay-outs
3. Estado de operación y mantenimiento
4. Control de condiciones óptimas del proceso
5. Residuos reusados y potencial de reciclaje
6. Habilidades de los empleados y motivación

7. Revisión de las Causas de Desperdicio

- **Monitoreo de Impactos y modificación del balance de materia según:**
 - La reducción de material, agua, energía, etc.
 - La reducción de residuos, efluentes, emisiones, etc.
 - El incremento en la salida de producto, calidad, etc.
- **Estimar los beneficios económicos**

Fase 2: Analizando las etapas del proceso

Resultados esperados rápidamente:

1. Residuos del proceso cuantificados y con asignación de costos
2. Análisis de las causas de la generación de residuos
3. Promover la implementación de opciones con bajo o cero costo

ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO



BALANCE DE MASA

Balance de agua	
Consumo en planta	
Caudal promedio (L/min)	2,14
Consumo (m ³ /mes)	59,06
Consumo doméstico	
Consumo (L/per.día)	100
Número de empleados	18
Consumo (m ³ /mes)	41,4
Consumo en preparación de químicos	
Consumo (L/mes)	3895
Consumo total (m³)	104,36
Diferencia en volumen (m³)	12,64

Tabla 5. Índice de consumo de agua mensual calculado

ÍNDICE DE CONSUMO	
Consumo promedio agua total (m ³ /mes)	141
Vertimientos totales (m ³ /mes)	117
Consumo en planta (m ³ /mes)	59,06
Área recubierta (m ² /mes)	4784

Tabla 4. Cálculo del balance de agua

- Establecer valores de referencia
- Comparación con indicadores.
- Establecer umbrales (metas).

Tabla 6. Etapas más contaminantes del proceso (estudio de caso)

ETAPA	OBSERVACIONES
Niquelado y cromado	Presencia de compuestos tóxicos y SS. Alto consumo de agua. Mayor costo de la materia prima. Generación significativa de arrastres. Tecnologías de recuperación disponibles.
Desengrases y decapados	Presencia de sustancias corrosivas. Presencia de materia orgánica. Alto agotamiento. Menor consumo de agua de enjuague.

1. Enjuagues de recuperación y final de cromado.
2. Enjuagues de recuperación y final de niquelado.

ANÁLISIS DE COSTOS A LOS DESPERDICIOS (2)

NIQUELADO

CROMADO

Enjuague baño de niquelado

Enjuague baño de cromado

Concentración Ni^{2+} prom. (ppm)	98,92
Volumen enjuague (L/mes)	3247
Costo desperdicio (\$/mes)	21.097
Costo desperdicio (\$/año)	253.159

Concentración Cr^{6+} (ppm)	53,9
Volumen enjuague (L/mes)	210
Costo desperdicio (\$/año)	3.890
Costo desperdicio (\$/mes)	46.681

Contenido de Ni^{2+} - Agua residual

Contenido de Cr^{6+} - Agua residual

Concentración Ni^{2+} prom. (ppm)	96,80
Volumen total (m^3 /mes)	53,33
Costo desperdicio (\$/mes)	339.092
Costo desperdicio (\$/año)	4.069.099

Concentración Cr^{6+} (ppm)	306,90
Volumen total (m^3 /mes)	53,33
Costo desperdicio (\$/mes)	281.150
Costo desperdicio (\$/año)	3.373.805

- Por arrastre se entiende el líquido adherido a la superficie de las piezas procedente de los baños o lavados previos.
- Es conveniente plantear indicadores (i.e. L/m²).
- Volumen de arrastre en función de variables de interés (L/bastidores/tanda/día).

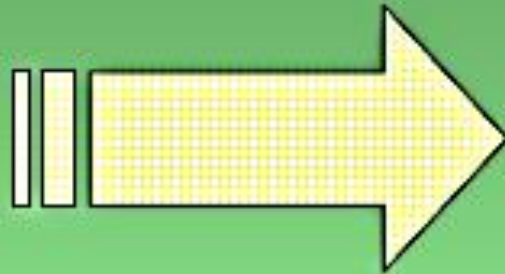
Tabla 7. *Cálculo de costos a los desperdicios (estudio de caso)*

Parámetro	Total
[] Ni ²⁺ promedio (ppm)	18.311
Vol (L) mensual de arrastre	20
Costo NiSO ₄ (\$/Kg)	14.450
Costo desperdicio (\$/mes)	23.789
Costo anual (\$)	285.473



Determinación del consumo de agua.....

Número de
corridas de cada
fulón al mes



Piel fresca

Piel salada

Curtido integral

Curtido dividido

- ✓ Vertimientos
(Caracterización de aguas
residuales).



Parámetros
de interés

Pelambre: DQO, Grasas y
aceites, sulfuros, pH, ST y SS.

Curtido: DQO, Grasas y aceites,
cromo trivalente, pH, ST y SS

✓ Consumo de materiales.



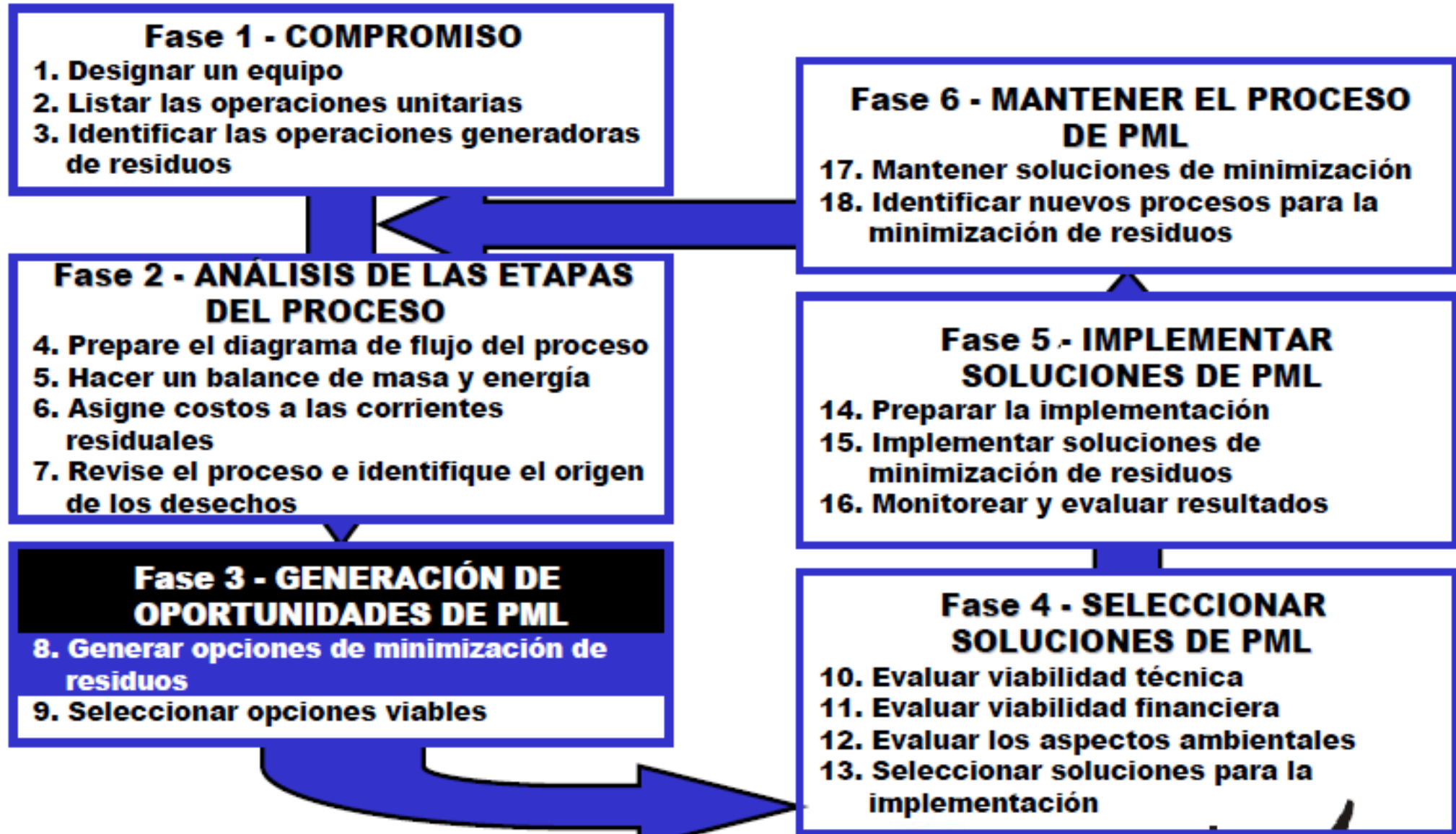
Pelambre

Piel salada o fresca
Jabón, suavizantes
Antibacterico
Sal
Soda cáustica
Sulfuro de sodio
cal

Curtido

Jabón, suavizantes
Sulfato de amonio
Depilante
Fungicidas
Curtientes
Basificantes

Análisis de la PML

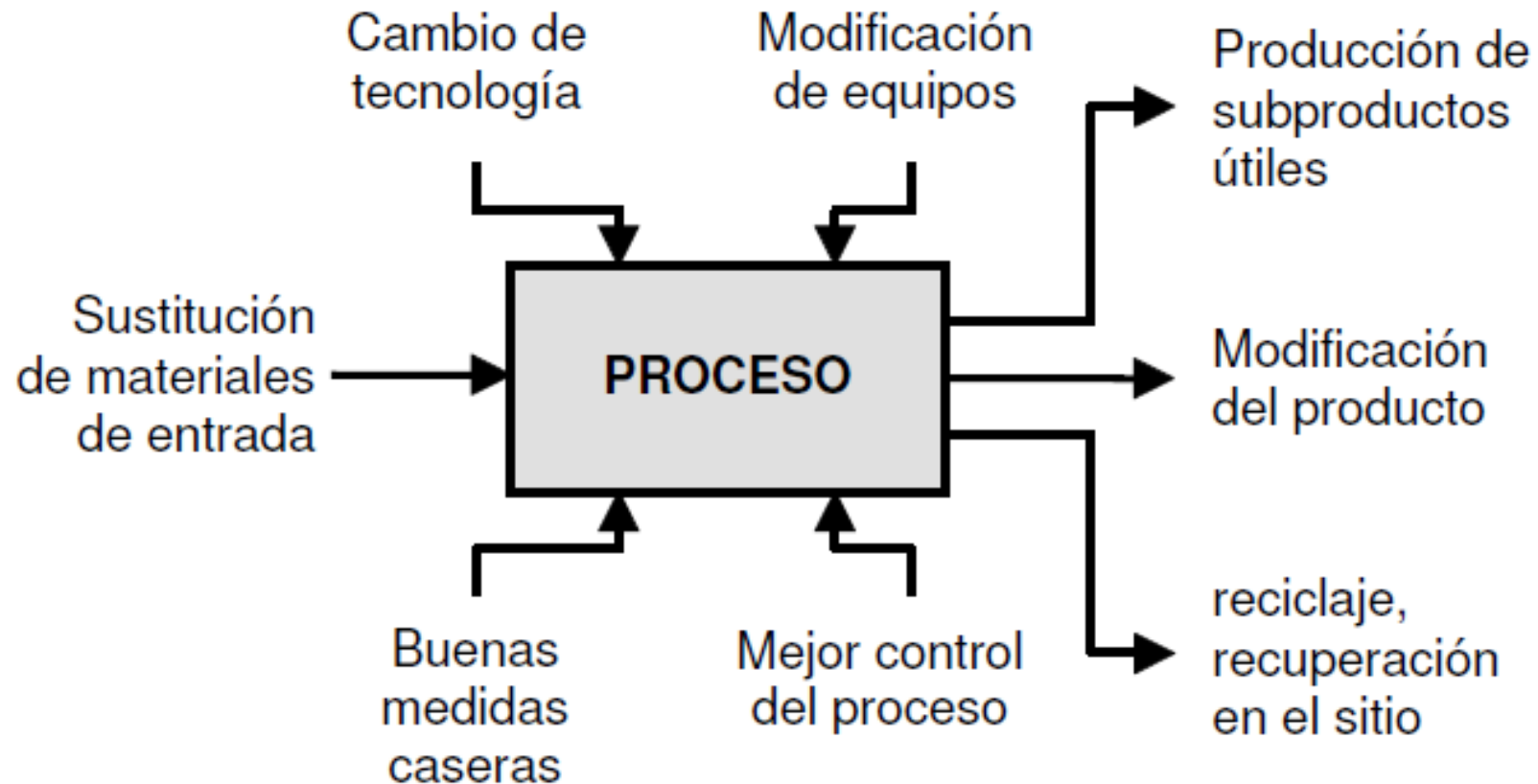


8. Desarrollo de Oportunidades de PML

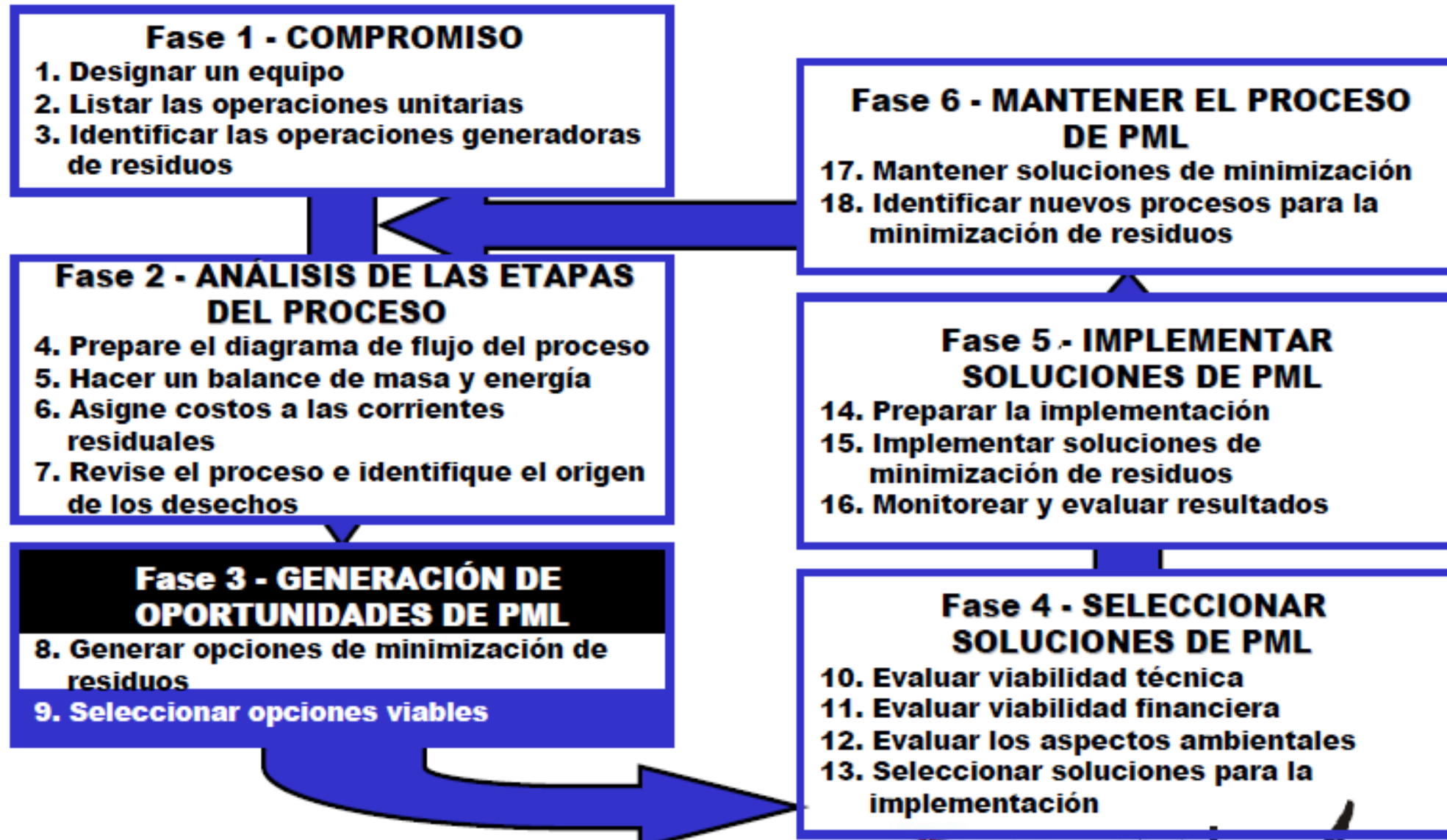
Chequear todas las técnicas preventivas como:

1. Buenas medidas “caseras”
2. Mejor control del proceso
3. Modificación de los equipos
4. Sustitución de tecnología
5. Recuperación o reciclaje en planta
6. Producción de subproductos
7. Modificación del producto
8. Reuso de residuos y reciclaje

8. Desarrollo de Oportunidades de PML



Análisis de la PML



9. Seleccionar oportunidades factibles de PML

✓ Preselección de opciones:

- evaluar obvias interferencias mutuas
- implementar opciones factibles obvias
- eliminar opciones obvias no factibles

✓ Evaluación Preliminar de otras opciones según:

- reducción esperada de residuos/emisiones
- factibilidad económica y técnica
- facilidad de implementación

9. Seleccionar oportunidades trabajables de PML

Elaborar un reporte de avance

- Contenido:

- progreso del análisis de PML
- resultados de opciones con cero o bajo costo
- preselección de opciones tecnológicas innovadoras

- Temas a revisar, en orden de:

- opciones adicionales generadas
- contribución a las opciones a ser implementadas en el futuro
- facilidad de estudios de factibilidad e implementación de innovaciones técnicas

9. Seleccionar oportunidades trabajables de PML

[illegible]

Fase 3: Generando oportunidades de PML

- Resultados esperados rápidamente:
 1. Comprensión de oportunidades de PML para los residuos importantes y las causas de emisiones
 2. Oportunidades factibles obvias que están siendo implementadas
 3. Oportunidades trabajables preseleccionadas para estudios de factibilidad