

TEMA 5 EL MÉTODO GENÉRICO DE EP+L. Estudio detallado.

5.1 Estudio detallado

Mientras la evaluación preliminar se puede completar en un tiempo relativamente breve, en función del tamaño y complejidad de la empresa, el tiempo requerido para el estudio detallado será significativamente mayor. Debido a que es un proceso iterativo, no puede ser estimado fácilmente el tiempo requerido y aunque el apoyo esté asegurado, esto fácilmente podría absorber muchas, muchas horas de trabajo. Aún cuando la evaluación preliminar ha reducido las áreas a ser investigadas, es esencial una eficiente planificación y utilización del tiempo.

5.1.1 El balance detallado de M&E

El estudio detallado es la recopilación, validación y evaluación sistemática de los datos de proceso para identificar oportunidades específicas para la reducción o eliminación de los desperdicios. El estudio detallado se fundamenta en los datos e información sobre áreas específicas de la evaluación preliminar y busca desarrollar un cuadro más detallado de las entradas y salidas del proceso seleccionado, y examina la variación de proceso en el tiempo por unidad de producción.

Esto conduce al desarrollo y evaluación de opciones para el mejoramiento y, finalmente, al plan de mejoras de la empresa. Es probable que el equipo de las P+L encuentre diferencias sustanciales en el balance preliminar de M&E. Esto puede requerir la revisión de las asunciones hechas, hacer nuevas mediciones, y haciendo las requeridas revisiones de los datos utilizados para las entradas y salidas. Entonces, la próxima tarea para el equipo es preparar el estudio detallado mediante balances detallados de materiales y energía sobre ciertas partes del DFP. No resulta práctico ni pertinente desarrollar un balance de materiales detallado por cada operación. Las operaciones críticas generalmente se seleccionan a partir de:

- El enfoque de la EP+L y los resultados del balance preliminar de M&E realizado anteriormente
- Los tipos de materiales y procesos utilizados; es decir se seleccionan las operaciones donde se utilizan materiales peligrosos, o donde los materiales son caros, o donde se usan materiales en cantidades que exceden las referencias.

Se realizan a menudo los balances detallados de M&E cuando los procesos tienen largas secuencias operacionales. Antes de concluir el balance de M&E podría ser sumamente útil asignar los costos a las pérdidas de materiales o a las corrientes de desperdicios que se han identificado en el balance, lo que se conoce como Mapas de consumo cuantitativos. La experiencia ha mostrado que esta pudiera ser la información sencilla más importante para convencer a la dirección de una empresa, del valor de las P+L y para afianzar su compromiso para los próximos pasos. Para la asignación de un valor monetario a los materiales o corrientes de desperdicios, el equipo debe considerar a lo siguiente:

- El costo de las materias primas, de los productos intermedios y de los productos finales perdidos en las corrientes de desperdicios (por ejemplo, los costos del tinte en el licor crudo de desperdicio)
- El costo de la energía en las corrientes de desperdicios, por lo que se refiere a la energía consumida para calentarlos o enfriarlos
- El costo del tratamiento, manipulación y disposición de corrientes de desperdicios, incluyendo los impuestos por descarga si existieran

- Los costos, si existieran, en que se incurre por protección a los obreros y mantenimiento de condiciones seguras de operación (por ejemplo, los sistemas de descarga de efluentes)
- La potencial obligación de costos asociados a un posible derrame accidental, descarga, o filtración.

Estos costos deben determinarse por lo menos para cada corriente importante de desperdicios. Los costos específicos (es decir, costos por unidad de masa o de volumen de una corriente de desperdicios) también deben determinarse para poder calcular las economías al reducir o evitar las corrientes de desperdicios. Obviamente, el alto costo de las corrientes de desperdicios serán los más interesantes desde un punto de vista económico.

Así, un balance detallado de M&E proporciona al equipo las pistas para identificar las causas de la generación de desperdicios o de baja productividad. Más adelante se muestra una guía de cómo realizar el diagnóstico de causas. En la figura 5.1 se muestra un ejemplo de un balance de materiales detallado en una unidad de proceso textil húmedo.

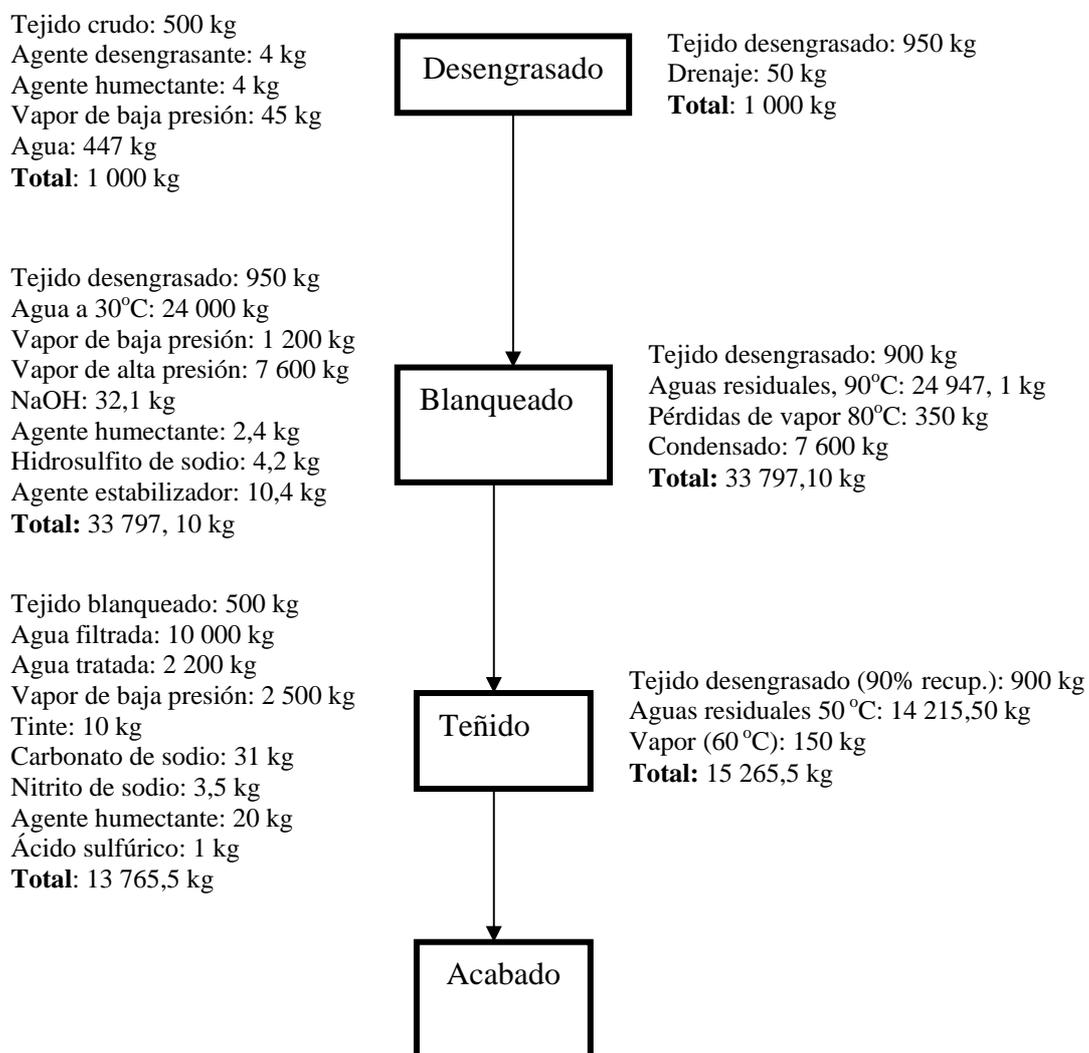


Figura 5.1: Balance de Materiales Detallado en una unidad de proceso textil húmedo

La figura 5.2 muestra un balance de energía detallado en la misma unidad del proceso.

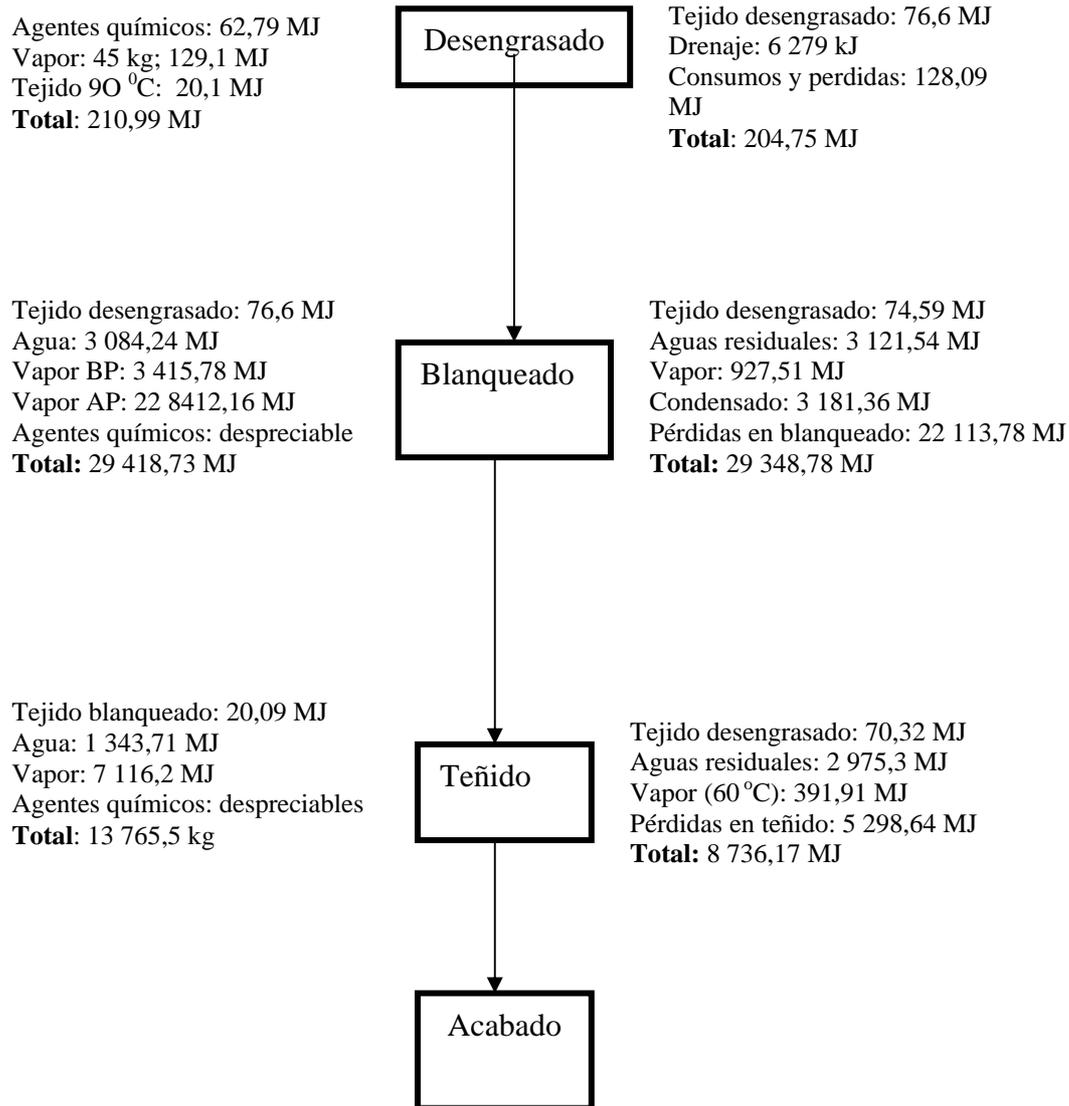


Figura 5.2: Un Balance de Energía Detallado en una unidad de proceso textil húmedo

5.1.2 Elementos del Balance Detallado de M&E:

1. Recolección de datos
2. Validación de datos
3. Balances de masa
4. Confección de los Mapas Cuantitativos de Consumo

A continuación se detallan los elementos anteriores:

5.1.2.1 Recolección de datos:

La recolección de datos en la evaluación preliminar es una aproximación gruesa a la identificación de las principales entradas y desperdicios con la intención de identificar probables objetivos para el estudio detallado. En el estudio detallado, la recolección de datos es más específica y exhaustiva, y es donde resulta necesario asegurar la precisión y veracidad de los datos, es decir, la validación de los datos obtenidos.

Los datos se colectan para completar los mapas cuantitativos de consumo y para tener un conocimiento completo de los flujos de masa y energía de las entradas y salidas

seleccionadas. Estos datos adicionales a menudo dan nuevas ideas sobre las ineficiencias de la empresa e identifican nuevas corrientes de desperdicios.

5.1.2.1.1 Calidad de los datos

Puede no ser fácil la recolección de datos veraces y seguros. Es bastante común que en empresas, especialmente en las pequeñas, existan malos registros de las compras de materiales y energía, que no existan registros para los consumos reales de producción e, inclusive, que ni siquiera existan registros de las cantidades de producto vendidas, todo lo cual puede ser un gran reto para hallar datos veraces. Las razones de esto son simples, puesto que los registros en una empresa están generalmente enfocados a monitorear el volumen de ventas y a la gestión de costos, ya que las empresas tradicionalmente no monitorean eficiencias o niveles de desperdicios, por lo que resulta bastante difícil hallar datos de este tipo.

¿Porqué es importante la calidad de los datos?

Si el equipo de la EP+L acepta simplemente los datos dados por los empleados de la empresa, pueden concluir, sobre esta evidencia, que existen pocas oportunidades para el mejoramiento. Sin embargo, como la validación de los datos soluciona la veracidad de los datos de los estimados generales y llena las lagunas, las oportunidades serán aparentes. Basados en los datos de que disponen, la mayoría de los empresarios creen que su empresa es eficiente y el aspecto de los desperdicios es poco práctico. El equipo de EP+L necesita descubrir las inexactitudes de los datos utilizados en la empresa y extraer los datos que no conocen en ella.

El equipo no debe desanimarse

Cuando los miembros del equipo encuentren difícil hallar los datos requeridos, deben estar seguros de que el conocimiento sobre los desperdicios (y las oportunidades para el mejoramiento) es, probablemente, el peor de los registros llevados en la empresa. Si los niveles de desperdicios no son monitoreados, entonces, probablemente, no serán controlados.

Datos incompletos

Por varias razones, no siempre están completas las tablas de datos. Por ejemplo, basta que se ausente por un tiempo el empleado de llevar los registros para que se pierda la entrada regular de datos al registro, o, de tiempo en tiempo, una persona puede intencionalmente dejar de registrar datos porque el proceso por el cual es responsable no está operando correctamente.

Imprecisión de los datos

Muchos de los datos disponibles por el equipo de estudiantes pueden ser imprecisos, usualmente por errores inadvertidos o por mala estimación, por ejemplo:

- Los valores suministrados de consumo eléctrico pueden no incluir algunas cuentas
- Los costos de materiales pueden no incluir pagos hechos con tarjetas personales de crédito
- El valor del consumo de agua puede solo incluir 11 meses porque la última cuenta se pagará el próximo año
- Los valores del reproceso pueden ser un estimado y no estar basados en mediciones o registros
- Los valores de los desechos excluyen aquellos que se lanzan a los contenedores de basura
- Los datos son imprecisos por errores tipográficos o mala escritura
- Los equipos de medición pueden no estar calibrados correctamente, o la persona encargada de las mediciones puede no estar bien entrenada

Fiabilidad de los estimados

Los estimados hechos “en el aire” son notoriamente incorrectos, aún cuando los haga el propio empresario. Aún cuando tales estimados pudieran ser adecuados para la evaluación preliminar, serán minuciosamente investigados durante el estudio detallado.

Falta de datos

A menudo será necesario para el equipo tomar datos por si mismos para completar datos faltantes, por ejemplo, lectura de metros contadores o medir por si mismos dimensiones de tanques, cantidad de desechos en contenedores u observando el proceso y tomando notas.

Recolectar datos del proceso basados en el tiempo

Donde sea posible, recolectar datos basados en el tiempo para las entradas y desperdicios seleccionados para el mapa de consumo. Obtener los correspondientes datos de unidades de producción para el mismo período de tiempo, por ejemplo, mensualmente durante doce meses.

Estos datos serán usados para calcular y examinar variaciones del proceso después en el estudio detallado.

Búsqueda de variaciones en los indicadores de comportamiento

La variación en los resultados de los indicadores de comportamiento de la empresa también debe ser examinada, porque son indicativos de pérdidas del control del proceso y de, posiblemente, incremento de los desperdicios.

Fuentes de los datos

La obtención de datos fiables para los mapas de consumo no es, a menudo, tarea fácil pues requiere de considerables recursos. Las siguientes fuentes pueden ser útiles para hallar estos datos adicionales:

- Registros de compras e inventarios
- Registros de producción y administración
- Cálculos empíricos
- Mediciones directas (sobre un período de tiempo representativo)

Todos los estimados (especialmente las conjeturas) utilizados en el mapa de consumos deben ser confirmados. Estos estimados a menudo contienen grandes inexactitudes y, si deben ser utilizados, hay que preguntar por la misma cantidad a una variedad de personas en la misma posición para hacer estimados razonables, incluyendo personal administrativo y operadores.

Recolección de datos – Interrupciones del proceso

Naturaleza de las interrupciones

Conversar con el administrador y operadores para identificar todas las interrupciones del proceso en la empresa y conocer las razones de tales interrupciones, las que pueden incluir:

1. Roturas de equipos
2. Mantenimiento periódico
3. Cambios o remodelación de equipos
4. Cambio del contenido de tanques o remoción de lodos

Frecuencia de las interrupciones

Establecer la frecuencia de las interrupciones, lo que resulta mejor determinar en los registros de producción, si es posible, porque los estimados de los empleados suelen ser muy imprecisos.

Entradas y salidas asociadas con interrupciones

Establecer cuales entradas y salidas de desperdicios adicionales, incluyendo desechos, se generan por:

- Arrancadas y paradas del proceso

- Mantenimientos
- Cambios en los equipos, en el contenido de tanques o remoción de lodos

Recolección de datos – Variaciones operacionales

Variaciones operacionales

Las *variaciones operacionales* son cambios deliberados en los procedimientos operacionales, los cuales pueden incluir:

- Métodos rápidos para ahorrar tiempo o esfuerzos
- Variaciones necesarias por problemas de trabajo o materiales
- Variaciones para compensar mala calidad de las materias primas
- Cambios para acomodar reproceso
- Cambios para acomodar requerimientos no promedios de algún cliente

Solamente los operadores pueden ser capaces de ofrecer información veraz sobre las variaciones operacionales pues, usualmente, la administración no está informada de esto. No obstante, los operadores pueden ser cautos en ofrecer información precisa y puede ser necesario que se requiera ser sutil para encontrar lo buscado.

Es importante distinguir entre variaciones operacionales y variaciones del proceso, ya que mientras las variaciones operacionales son cambios deliberados introducidos en el proceso, las variaciones del proceso son variaciones no pretendidas de la eficiencia de un proceso en el tiempo.

Frecuencia de las variaciones operacionales

Recoger cuanta información exista sobre la frecuencia de las variaciones operacionales, recordando que tal información es frecuentemente de bastante baja calidad.

Desperdicios asociados con las variaciones operacionales

Llevar un registro de cualquier cambio en los niveles de desperdicios que se presuma sean el resultado de variaciones operacionales. Recordar que los niveles de desperdicios pueden aumentar o disminuir.

Recolección de datos – Reproceso

Naturaleza del reproceso

Usualmente el reproceso es debido a problemas con la calidad del producto. Hablar con los empleados para establecer los tipos de reproceso que ocurren en la empresa y conocer las razones para esto, así como la naturaleza del reproceso.

Frecuencia del reproceso

Establecer, si es posible, la frecuencia de los reprocesos. Es realmente importante tratar de obtener evidencias documentadas de la frecuencia del reproceso o verificar la información brindada. Es usualmente muy difícil para los empleados estimar con precisión la frecuencia del reproceso.

Costos asociados con el reproceso

El reproceso puede representar un costo muy alto para la empresa, pudiendo duplicar los costos de producción. El reproceso habitualmente aumenta los niveles de desperdicios y hay que tratar de estimar este desperdicio adicional e incluirlo en los datos de desperdicios.

Existen muchos costos asociados con el reproceso, los que cuando son identificados y sumados, usualmente impresionan al administrador de la empresa. La reducción del reproceso, y por tanto, de los costos asociados, es una fértil área de oportunidades en la evaluación de P+L.

Ejemplo

El repintado de un carro cuesta al taller \$800. El cliente paga \$1 000. Si la pintura se corre y es necesario un reproceso, entonces el costo se duplicará a \$1 600, por lo que la empresa tendrá una pérdida de \$600 en ese trabajo, lo que representaría el beneficio de tres trabajos hechos sin pérdidas

5.1.2.2 Validación de los datos

La intención de la validación de los datos es descubrir las imprecisiones y omisiones en los datos colectados en la evaluación preliminar y sumar detalles adicionales a estos datos a fin de ganar un conocimiento más exhaustivo de una unidad de proceso dentro de la empresa. Porque los datos estén escritos y registrados con dos lugares decimales, no significa que sean exactos. La validación de datos es el proceso de recoger evidencias de que los datos colectados son exactos y fiables y, además, corregir los que no lo sean.

La validación de los datos es el proceso de reunir evidencias de que los datos colectados son veraces y, además, corregir los datos inseguros. Existen variadas técnicas para realizar la validación de los datos.

El éxito depende de la precisión de los datos

Si se aceptan los primeros datos que se obtengan, probablemente la evaluación de P+L fallará por aparentemente pocas oportunidades. Sin embargo, cuando comienzan los cuestionamientos, pruebas y validación de datos, las cosas probablemente no sean como primero aparecieron, y nuevos datos e información revelarán desperdicios ocultos y oportunidades para el mejoramiento. La experiencia ha demostrado esto: **tiempo y más tiempo.**

¿Cuándo finaliza la validación de datos?

La validación de datos puede seguir indefinidamente, por lo que se necesita una guía para saber cuán lejos ir. El equipo de la EP+L debe hallar un balance entre el tiempo disponible y la necesidad de precisión de los datos. La validación de los datos debe concentrarse en los datos asociados con las mayores oportunidades aparentes de mejoras, y en los datos que el equipo juzgue más irreales.

Técnicas para la validación de datos

Las técnicas utilizadas incluyen:

- Chequeo mediante búsqueda de los mismos datos en otras fuentes y por observación directa del proceso
- Intentando balances de masa a partir de los mapas de consumo y los diagramas de entrada/salida

Validación de datos - Chequeo

Técnicas de chequeo

Algunos datos imprecisos o perdidos son bastante normales en todas las empresas, y estas imprecisiones y omisiones usualmente no son aparentes inmediatamente.

Se utilizan ampliamente varias técnicas para validar datos y rebuscar datos perdidos, las que se enuncian a continuación y se discuten posteriormente.

- Hacer preguntas sobre los datos
- Examinar los registros de la empresa
- Conversar con los operadores y con la administración
- Comparar datos de diferentes fuentes
- Caminar, y observar, por la empresa
- Calcular balances de masas

Preguntar sobre los datos

No aceptar ningún dato inmediatamente. El primer paso en la validación de datos es hacer preguntas sobre esto. Por ejemplo, preguntar sobre:

- ¿Cuál es la fuente de los datos y cómo fueron encontrados éstos?
- ¿Existen algunas compras de materias primas o utilidades (compras por tarjetas de crédito, ordenes manuales) no registradas en el día (cuando se cerró la computadora)?
- ¿Se acostumbra chequear las cantidades suministradas?

- ¿Cuales son los datos exactos cubiertos por las cuentas de utilidades?
- ¿En qué período de tiempo fue consumida esta cantidad de materia prima?
- ¿Con qué frecuencia se calibran los equipos de medición?
- ¿Hubo algún cambio en el inventario durante el período?

Se necesita alguna habilidad para hacer estas preguntas sin molestar a las personas y sin “meter las narices”.

Examinar los registros de la empresa

El contador de la empresa, cuando se le pregunta por las cuentas de la electricidad, toma el file de cuentas, suma los totales y ofrece la suma de los datos, pero esta información puede no ser exacta. Si las cuentas fuesen examinadas, pudiera hallarse, por ejemplo, que:

- Se perdió una cuenta
- El consumo del propietario del local inadvertidamente se incluyó
- Cambió la tarifa a mediados del año, afectando la conversión de dinero a kw/h

No hay sustituto para el examen de los registros de la empresa como medio para validar los datos registrados. Hay que destacar que los costos, cantidades, fechas, período de tiempo y otros datos pertinentes de las facturas, serán útiles mas tarde. Los registros de la empresa pueden también incluir los informes de producción y otra documentación interna.

Conversar con los operadores y con la administración

Cuando al administrador de la empresa se le pregunta sobre información operacional, la respuesta que da, a menudo difiere bastante de la respuesta a la misma pregunta hecha a los operadores. Algunas veces será necesario buscar registros fuera de la compañía para resolver las diferencias. Si se requiere información de una sola persona, puede no haber indicación inmediata de inexactitudes.

Comparar datos de fuentes diferentes

Cuando se obtienen datos de dos fuentes diferentes, a menudo los números no coincidirán. La investigación de estas diferencias comúnmente descubrirá información oculta sobre los desperdicios. Por ejemplo, si las compras anuales de materias primas se comparan con los registros de consumo e inventarios, usualmente aparecerán diferencias. Tales diferencias pueden indicar desperdicios “ocultos”, ineficiencias de producción, equipos de medición mal calibrados, o, aún, fraudes.

Caminar y observar por la empresa

Después que los diagramas de flujo se han completado, los estudiantes deben caminar por la empresa y examinar físicamente los procesos. Es altamente probable que al caminar observen prácticas y desperdicios que nadie en la empresa les había comunicado. Este caminar no debe hacerse rápidamente, deben tomarse su tiempo, ser inquisitivos y hacer muchas preguntas, y siempre buscando posibles desperdicios.

Esto ayudará al equipo de estudiantes a estar al corriente de los procesos de la empresa y a identificar fuentes de desperdicios. Usar los diagramas de proceso y chequearlos contra la práctica real.

Inspeccionar los locales de la empresa varias veces al día, incluso después de haber cerrado. Buscar desperdicios en forma de:

- Equipos trabajando cuando no sea necesario
- Evidencias de reproceso
- Desperdicios de materia prima, incluyendo echada a perder y derrames
- Procesos de “vía rápida”, los cuales incrementan los desperdicios
- Disposición de desperdicios por vertederos (preguntar a donde van los vertederos)
- Sub-utilización de capital o duplicación innecesaria

Buscar tanques de sustancias químicas o materias primas no incluidas en el diagrama de entrada/salida. Buscar en los depósitos de desperdicios y precisar si todos los tipos de desperdicios en dichos tanque están contabilizados en los diagramas de entrada/salida. Durante el caminar por la empresa los estudiantes deben ser cuidadosos de no comprometer su propia seguridad o la de otros.

Los miembros del equipo deben ser inquisitivos. Deben informar a los operadores de lo que están haciendo y hacer muchas preguntas. Deben tomar nota de todas las observaciones y registrar la fecha y hora del día. Anotar también si la fuente de información son los empleados. Hay que insistir en las preguntas si se siente que hay algo que no resulta claro sobre el proceso o los datos recogidos.

5.1.1.3 Balance de masa

La meta de las P+L es que todos los materiales que entran, salgan del proceso como el producto deseado. La realidad es que solo parte de los materiales entrados, salgan como producto y otra parte salga como alguna variedad sólida, líquida o gaseosa de desperdicios.

El balance de masa (el balance de entradas y salidas de materiales) es una poderosa técnica para identificar datos faltantes o inexactos. Las discrepancias deben ser investigadas y a menudo conducen a nuevos desperdicios y oportunidades de mejoras.

El cálculo del balance de masa es probablemente la más poderosa de las herramientas para la validación de los datos, y es utilizado con los mapas de consumo y los diagramas de entrada / salida. Está basado en el conocimiento de que lo que entra al proceso, o unidad de proceso, debe salir ya sea como producto usable o como algún tipo de desperdicio.

Aplicación

Los balances de masa pueden ser usados de dos maneras. La forma más común es en el mapa de consumo. El total de entradas o desperdicios, usualmente es bastante fácil establecerlo. Lo que es más difícil establecer es el desglose de este valor total sobre el otro lado del mapa de consumo. Por supuesto, el total a cada lado del mapa debe ser igual, por cuanto no puede desaparecer materia. Si no quedan balanceadas las masas, entonces las técnicas de validación deben usarse para investigar estas diferencias.

La segunda forma en que puede utilizarse el balance de masa es con los diagramas de entrada / salida, donde los datos cualitativos se aplican a estos diagramas para hacer un estimado del desperdicio de la unidad de proceso. Por ejemplo, si 100 kg de acero/día entran a una unidad de proceso, y 80 kg /día salen como producto, entonces los restantes 20 kg deben ser desperdicios.

Ejemplo: níquel en una planta de niquelado

En una planta de niquelado, tal como la descrita en el caso de estudio de la Sesión 3, se registraron los siguientes datos de los resultados promedio semanales:

Ánodo de níquel: 4 kg

Níquel depositado sobre las planchas de acero: 7 kg

Pérdidas de níquel en 2 000 l de solución: 2 g/l (= 4 kg)

(Este fue adicionado cada semana como sales concentradas de níquel)

¿ Cuanto níquel se perdió semanalmente por drenaje del tanque?

En la figura 5.3 se muestra el mapa de consumo y el cálculo del balance de masa ofrece la respuesta.

4 kg ánodos + 2 g/l x 2000 l = 4 kg	→ Depositado sobre las planchas de acero	7 kg
Total de 8 kg Ni adicionados por semana	→ Pérdidas por arrastres	desconocidas
Por tanto	Pérdidas por arrastres = 1 kg (1,25 l de solución de Ni de 80 g/l)	
8 kg entrados	Cantidad total de Ni por semana	8 kg salidos

Figura 5.3: Utilización del balance de masa para calcular las pérdidas por arrastres

El ejemplo anterior demuestra que los datos disponibles no siempre están completos y la utilización del balance de masa puede llenar este vacío.

En el caso de estudio de la pintura por spray estudiado anteriormente, los datos sobre el consumo de solvente condujeron a cambios en el proceso, lo que podría no haber ocurrido si no se hubiese desarrollado el programa de P+L. En ese ejemplo podrían haber sido incluidos los siguientes datos:

1. Registro del inventario de solvente comprado en el año, existencias al principio y final del año, de lo cual puede calcularse el consumo total.
2. Cantidad de solvente requerido en la formulación de cada tipo de pintura usada.
3. La cantidad aproximada de cada tipo de pintura mezclada durante el año.

Normalmente no se dispone de los datos de la cantidad de solvente utilizada en la limpieza de las pistolas de pintar, y tampoco está disponible la cantidad de solvente perdida como derrames y la utilizada en la limpieza general del área de pintura.

Solución del caso de estudio de la pintura por spray

Asumir que se puede hallar un registro de cuanto solvente fue utilizado cada año para limpiar las pistolas de pintar, pero no cuanto se usó en la limpieza general o se perdió por derrames. También se puede asumir que todavía no existe ninguna unidad de recuperación de solvente.

Los registros del almacenero indican que el aprendiz que limpia las pistolas, solicita semanalmente tres contenedores de solvente de 20 litros cada uno, lo que da el dato de 60 litros semanales de solvente. Los registros de producción, combinados con el registro de pintura para las mezclas, muestran que la cantidad de pintura para mezclar es de 250 litros semanales. A partir del inventario anual se pudo establecer que el consumo promedio fue de 360 litros semanales.

El mapa cuantitativo de consumo en la **figura 5.4** mostrará algo. El balance de masa se consigue tomando 50 litros por semana como la suma de pérdidas desconocidas de solvente.

360 l solvente/semana	→	Mezcla de pinturas	250 l
	→	Limpieza de pistolas	60 l
	→	Limpieza general	desconocido
	→	Pérdidas por trasiego	desconocido
Por lo tanto		Limpieza general y pérdidas por trasiego =	50 l
360 l		Cantidad total por semana	360 l

Figura 5.4: Uso del balance de masa para calcular las pérdidas de solvente

A continuación se muestra un ejemplo del uso del cálculo del balance de masa para hallar cantidades desconocidas de entrada o salida a un proceso.

Ejemplo: En una planta química el metro contador mostró una lectura de 15 kl de agua consumidos en un mes. Durante el mismo tiempo, la lectura para los efluentes líquidos residuales fue de 5 kl; mientras la producción fue de 16 toneladas de productos, con un contenido de agua del 50 % en peso. De acuerdo con las normas vigentes, se estimó un consumo de 2 kl de agua para propósitos “domésticos”.

- a) Desarrollar un balance de masa para comprobar si toda el agua medida se contabiliza o no.
- b) De las cinco líneas de productos de la planta, cuatro contribuyen a los residuales con un total de 4 kl, y la contribución del quinto producto es despreciable. ¿ Que indica el balance de masa de los residuales en relación con el metrado del agua en la planta?.

Solución:

- a) El consumo de agua está balanceado, pues a 15 kl entrados corresponden 15 kl salidos.
- b) De los 5 kl de aguas residuales, solamente se pueden identificar 4 kl, por lo que es posible que 1 kl de agua entrado a la planta se desperdicie con los efluentes, sin aportar ningún valor a la empresa. De acuerdo con esto, podría ser necesaria una investigación para detectar posibles fugas, o para reanalizar el proceso de producción, y continuar monitoreando para confirmar la consistencia de la observación hecha.

5.1.1.4 Mapas Cuantitativos de Consumo

Estos mapas de consumo contienen datos cuantitativos de cada componente significativo en los materiales, agua, energía y corrientes de desperdicios priorizados en la evaluación preliminar. Un componente significativo puede ser definido como cualquier componente que se crea contribuye más del 5% del total. Los datos del mapa completo de consumo se usarán posteriormente para completar los balances de masa. Se asignan costos y cantidades a los mapas de consumo. Los datos de costos se usarán en la posterior priorización de oportunidades para el mejoramiento, y los datos de cantidades serán usados para ajustar los objetivos del mejoramiento.

Expansión de los diagramas de entrada/salida y de los mapas de consumo

Con los datos e información adicionales hallados, los diagramas de entrada/salida y los mapas de consumo pueden ser desarrollados posteriormente. Por ejemplo, puede aparecer mejor en lugar de una simple unidad de proceso, representarla como dos unidades de proceso, puesto que pueden descubrirse entradas y corrientes de desperdicios adicionales y subdividirse éstas Al estudiar actividades que ocurren entre

unidades de procesos (ej.: lavado de productos, inspección, transporte) puede descubrirse que estas actividades son potencialmente productoras de desperdicios, entonces puede ser aconsejable incluirlas como unidades de proceso separadas.

Cómo construir un Mapa Cuantitativo de Consumo

Estos mapas se construyen asignando costos a los mapas cualitativos desarrollados anteriormente. Es usualmente más fácil asignar cantidades primero y después convertir éstas a costos. Posteriormente se muestran ejemplos de mapas cuantitativos de consumo.

Asignación de costos de desperdicios

Para asignar los costos de los desperdicios se utiliza el costo total de desperdicios calculado en la etapa de Consumos y Desperdicios Anuales.

Ejemplo de Mapa Cuantitativo de Consumo

El siguiente ejemplo muestra un mapa cuantitativo de consumo de electricidad en el proceso de producción y distribución de pan en una panadería mayorista (**Fig. 5.5**) y de desperdicios de masa y pan (**Fig. 5.6**). Hay que notar que aunque los costos se expresan mensualmente en estos mapas, cualquier otra base conveniente de tiempo puede usarse.

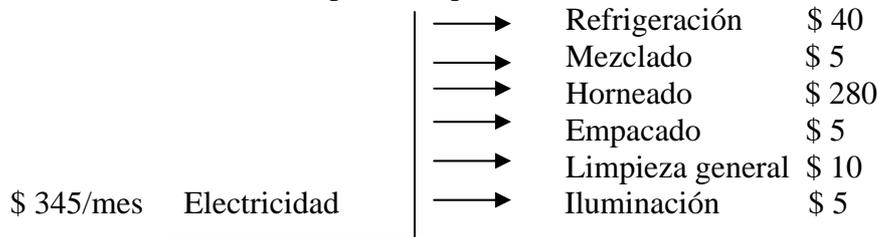


Figura 5.5 Mapa cuantitativo de consumo de electricidad



Figura 5.6 Mapa cuantitativo de desperdicios de masa y de pan

Medición de cantidades

Las cantidades totales de las entradas y desperdicios pueden ser calculadas del consumo anual y desperdicios ya calculados. Sin embargo, mientras más detallado es el desglose, es más difícil de establecer. Estos datos pueden ser obtenidos del análisis del registro de compras, tomando las mediciones pertinentes o usando los datos de producción. En el proyecto de los estudiantes, como en cualquier evaluación de P+L, el equipo de estudiantes deberá ser ingenioso para hallar modos de recolectar los datos necesarios para el mapa de consumo.

¿Por qué asignar cantidades?

Los datos de cantidades son necesarios para completar después los balances de masa. Con la información cuantitativa es posible la priorización de objetivos, lo cual conducirá a la identificación de los mejores objetivos para mejorar la eficiencia de la empresa.

Los datos de costos se usarán en la priorización de las posteriores oportunidades para el mejoramiento, y los datos cuantitativos se usarán en ajustar los objetivos del mejoramiento.

5.1.2 Diagnóstico de causas

Los costos de las interrupciones del proceso, de las variaciones operacionales y del reproceso a menudo son desconocidos para los administradores de PYMEs, aún cuando los costos puedan ser muy altos.

Los costos asociados con las interrupciones del proceso, con las variaciones operacionales y con el reproceso fueron estimados en los elementos previos del estudio detallado. Las causas de todos estos problemas necesitan ser identificadas y hay que tener en cuenta que las opiniones al respecto de los operadores y la administración pueden ser superficiales y es necesario buscar más profundamente en las causas subyacentes. Por ejemplo, si un proceso se detiene frecuentemente porque un ingrediente falta a menudo, hay que averiguar sobre esa inexistencia frecuente. Si se informa que a menudo ese ingrediente se hecha a perder, hay que averiguar la causa de esto. Si se dice que varía mucho la temperatura de refrigeración, hay que averiguar por qué ocurre esta variación, etc. Eventualmente, la causa profunda puede emerger, como por ejemplo, que no exista una rutina de mantenimiento.

El equipo de EP+L necesita ahora empezar a generar opciones de las Producciones más Limpias. Esto será posible mediante lo que se conoce como un diagnóstico de la causa. Como el nombre sugiere, el ejercicio de diagnóstico de causa involucra hacer la pregunta "¿por qué?"; es decir "¿por qué semejante problema o resultado ocurrieron?". Es esencialmente un ejercicio para suponer las causas de la raíz de cualquier problema.

El equipo puede conducir más eficazmente un diagnóstico de la causa, usando una herramienta conocida como el diagrama de espina de pescado. El diagrama de espina de pescado es una herramienta excelente para el diagnóstico de la causa en situaciones complejas donde varios factores probablemente estarán involucrados. Una vez que semejante diagrama se ha preparado, el equipo puede usarlo eficazmente para la generación de opciones de las Producciones más Limpias, lo que se explicará en detalle más adelante.

A continuación se expone la técnica usada para preparar un diagrama de espina de pescado utilizando como ejemplo el proceso textil de tinte, mostrado en la figura 5.7.

1. Identificar el problema principal que será diagnosticado y se escribirá al lado de la cabeza del pez. Por ejemplo, uno de los problemas comunes en el tinte del textil es que la sombra del tejido teñido no concuerda con la sombra especificada por el cliente. Esto es llamado "Bajo Derecho de Primera Vez (BDPV)" y causa el desperdicio excesivo del producto, así disminuye la productividad amenazadora y genera desperdicios (tela inadecuadamente teñida).
2. Identificar las causas primarias del problema. Se categorizan genéricamente las causas primarias como el Hombre, el Método, el Material y la Máquina. Para ilustrar las causas primarias del problema principal de BDPV, estas podrían ser:
 - a : Falta de supervisión. (Categoría: el Hombre)
 - b : Operación de teñido no apropiadamente ejecutada. (Categoría: el Método)
 - c : Pobre calidad de los materiales de entrada. (Categoría: el Material)

d : Estirado desigual del tejido en contacto con el licor del tinte. (Categoría: la Máquina).

Estas causas primarias serán listadas en las "espinas primarias del pez ", como se muestra en la figura 5.7.

3. Cada causa primaria es el resultado de una o más causas secundarias. Por consiguiente, este paso involucra identificar la causa, o causas, secundarias atribuibles a cada causa primaria.

Un torno es una máquina abierta por encima con una tina como estructura, donde el tejido, enrollado como una "soga", se estira dentro del licor del tinte durante varias horas. Esta es una de las piezas más baratas del equipo usado para el tinte, y por consiguiente se usa extensivamente por las empresas pequeñas y medianas.

Para llevar la ilustración más allá del punto (2b) anterior, la operación de teñido puede no haberse ejecutado propiamente fuera debido a:

a Uso excesivo de sal en la operación de teñido;

b Procedimiento incorrecto seguido mientras se dosificaban los agentes químicos.

Similarmente al punto (2c) anterior, la pobre calidad de los materiales de entrada puede haber sido el resultado de:

a : Impurezas en los tintes usados para la operación de teñido;

b : Vencimiento de los materiales auxiliares para la operación de teñido

c : Almacenamiento impropio del tejido utilizado en la operación de teñido

d : Pobre calidad del agua utilizada en la operación de teñido.

Estas causas secundarias serán listadas en las "espinas secundarias del pez", tal como se muestra en la figura 5.7.

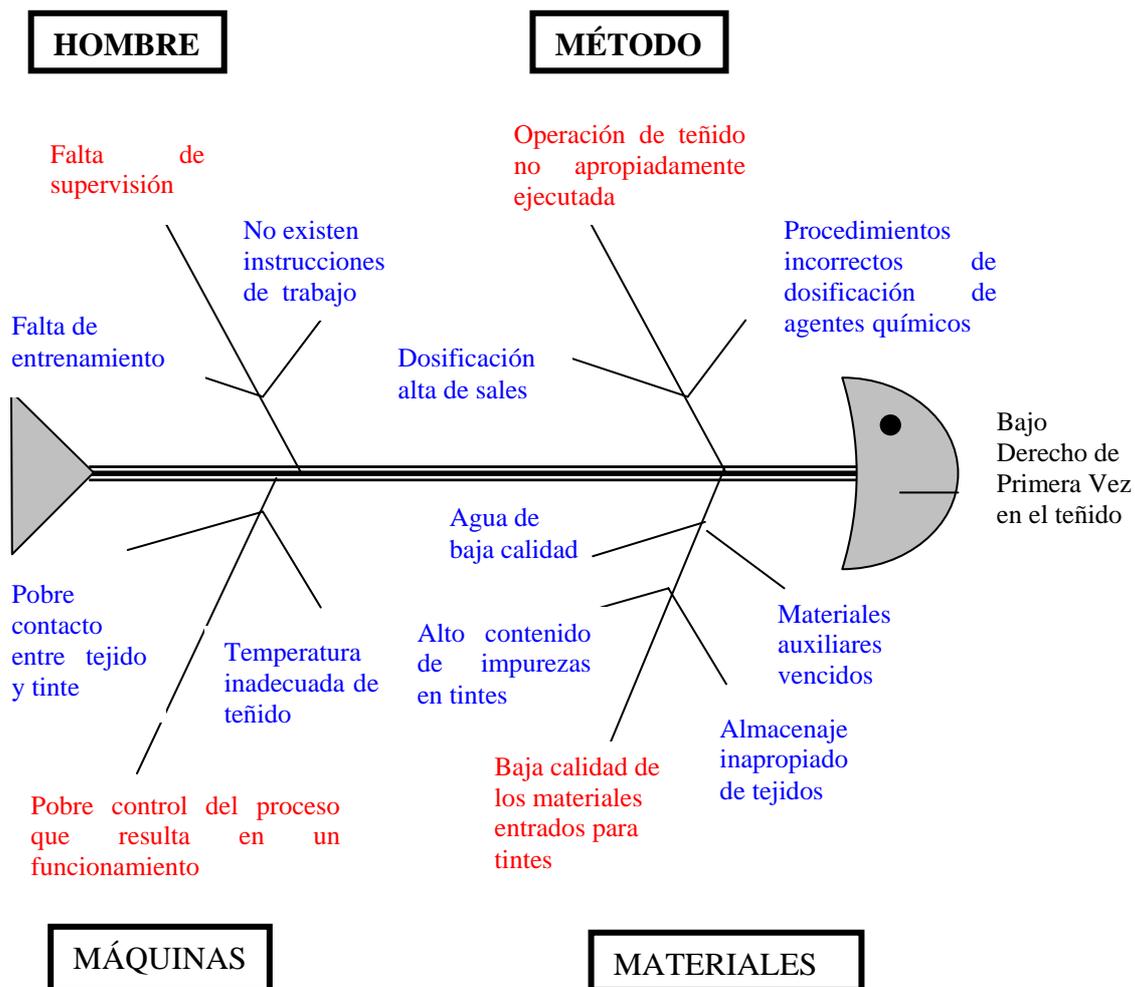
Hay que destacar que la técnica de identificar las posibles causas primarias (y aún las secundarias) de cualquier problema implica hacer la pregunta "¿por qué?"; es decir "¿por qué semejante problema o resultado ocurrieron?"

Resulta interesante que ciertas causas aparecen varias veces en el diagnóstico de las causas primarias y, aún, incluso de las secundarias. Los ejemplos comunes en este caso incluyen "la pobre calidad de agua utilizada en la operación de teñido" y "falta de instrucciones de trabajo claras y concisas". Esto permite identificar las causas comunes, las que una vez corregidas pueden resolver varios de los problemas relacionados ambientales y de productividad. Las opciones con influencia sobre la corrección de las causas comunes se convierten así en opciones prioritarias en el esquema del plan de implementación.

El diagrama de la espina de pescado de pescado está completo a estas alturas. Pueden codificarse mediante colores las causas primarias y secundarias, aunque por su claridad, esto no es un imperativo. La figura 5.7 muestra el diagrama completo de espina de pescado para el ejemplo precedente.

Las causas identificadas en el diagrama de la espina de pescado sólo son causas "probables". Así, el próximo paso es calcular hasta que punto cada causa particular contribuye al problema principal. El equipo de las P+L necesita analizar hasta que punto cada una de estas causas probables contribuye a que la operación de teñido no está llevándose a cabo satisfactoriamente. Semejante análisis es posible a través de las observaciones, el análisis de los registros y diseñando y desarrollando experimentos controlados para aislar una causa secundaria específica.

Estos esfuerzos pueden ayudar al equipo a validar las causas primarias y secundarias y a priorizar la eliminación de causas.



Leyenda: Las causas primarias se denotan en rojo y las secundarias en azul

Figura 5.7: Ilustración de un diagrama de espina de pescado para facilitar el Diagnóstico de las Causas en el proceso de teñido, asociando las prioridades a las causas identificadas.

Pueden usarse herramientas como el análisis de Pareto si varias causas primarias y secundarias serán analizadas. El análisis de Pareto a veces también se llama la regla 80/20. Esto significa que el 80% de los problemas son causados por el 20% de las causas, y es en este importante 20% sobre el que deben concentrarse los esfuerzos.

Fuente: Kanji G. y Asher M. (1996) "100 Métodos para la Gestión de Calidad Total."

El equipo de P+L debe concentrarse en separar las causas más importantes de un problema de las muchas triviales existentes.

Muchos equipos de P+L tropiezan con esta coyuntura, ya que estimar la importancia relativa de cada causa probable parece una tarea pesada. Nunca se enfatizará demasiado en que deben animarse los equipos para trabajar fuertemente con este paso, ya que puede evitar después derroche significativo de tiempo y dinero en la EP+L.

5.1.3 Generación de opciones

La evaluación de los datos, en el contexto de este curso, es el procesamiento de los datos para obtener información, en este caso, información requerida para hallar

oportunidades para reducir los desperdicios y mejorar el funcionamiento de la empresa. Los mapas de consumo junto con la validación de los datos, preparan el camino para la evaluación de los datos. El proceso de evaluación no se estructura rígidamente, sino que comprende mayormente la identificación intuitiva de las oportunidades para el mejoramiento.

Los datos se evalúan para obtener información útil sobre los niveles y fuentes de desperdicios. Esta información se usa para identificar oportunidades específicas de mejoras.

Una vez se entienden los puntos de acción y prioridades y se listan, el equipo de las P+L debe seguir a la próxima fase lógica, es decir la generación de opciones.

La generación de opciones es un proceso creativo, y se realiza como en el caso del diagnóstico de la causa, trabajando de conjunto el equipo y el personal de la empresa. La participación del personal de la empresa en esta actividad los llevará a tener un sentido de propiedad de las opciones generadas y un sentido más profundo del conocimiento acerca de por qué una cierta opción se recomienda finalmente para la aplicación. De acuerdo con esto, en el grupo debe estar incluido el representante de la administración miembro del equipo, así como operadores. Los operadores conocen el proceso mejor que nadie, por lo que hay que preguntarles sobre sus ideas de mejoras. Si manifiestan que no tiene ninguna, hay que mantener la conversación porque pueden emerger nuevas ideas.

El ejercicio de generación de opciones se conduce mediante la “tormenta de ideas” (brainstorming), la cual es una herramienta normalmente usada para generar ideas. Dado un aspecto particular que necesita ser resuelto, el equipo y el personal de la empresa tienen que reflexionar en las maneras y medios de obtener una solución. En este sentido, el diagnóstico de causas, descrito anteriormente, deviene un marco inicial del ejercicio del brainstorming.

En una sesión típica de brainstorming, una idea puede proponerse por una persona, y puede ser apoyada y / o extendida por otras personas. Las discusiones adicionales conducen a otras nuevas ideas, transformándolas, oponiéndolas y / o apoyándolas, facilitando así la generación de opciones de P+L. La pregunta principal durante la sesión del brainstorming es “¿cómo?” ; es decir “¿cómo uno resuelve eficazmente este problema particular?”.

Algunas veces las ideas sugeridas por un “recién llegado”, como son algunos de los miembros del equipo de EP+L, simplemente pueden no ser factibles por razones técnicas, financieras o de otro tipo. Un chequeo de la realidad hecho por un especialista o por alguien de la empresa puede evitar gastar tiempo en desarrollar una opción de mejoramiento que pueda no ser practicable.

Algunas veces es difícil evaluar un cambio mayor o una idea “estelar”. Regularmente tales ideas tienen que ser desarrolladas y evaluadas etapa por etapa, quizás usando pruebas de laboratorio, proyectos a pequeña escala o pruebas en plantas piloto para probar la idea durante un extenso período de tiempo.

Jerarquización

La jerarquización se usa durante el estudio detallado en el desarrollo de opciones de mejoras, y es un modelo para decidir la vía más efectiva para enfrentarse a aspectos relacionados con los desperdicios. La jerarquización es utilizada en el Estudio Detallado para la generación de opciones de mejoras. La regla es simple: mientras más alta es la jerarquía de una acción, más efectiva es. A continuación se muestran los criterios de jerarquización en orden de efectividad descendente:

1. Evitar

La opción más atractiva es la eliminación completa de los desperdicios. Esto puede conllevar, por ejemplo, cambios en la práctica de compras o almacenaje para eliminar los desechos, cambios en el proceso de producción para eliminar ciertos desperdicios del proceso, o cambios en el almacenamiento y distribución del producto para eliminar productos desechados.

Sin embargo, la eliminación completa de los desperdicios a menudo conllevará grandes cambios en el proceso o cambiar a un nuevo proceso o tecnología.

2. Reducir

La reducción de desperdicios puede alcanzarse mediante pequeños cambios hechos en el proceso, en una parte de un equipo, una práctica de trabajo o aún en los quehaceres domésticos. La reducción puede ser en los desechos o pérdidas en la entrada al proceso, en un desperdicio generado por un proceso o en los residuos del reproceso.

3. Reusar

Si un desperdicio no puede ser eliminado, quizás pudiera ser posible reutilizarlo en el proceso. Por ejemplo, el agua de lavados puede ser reusada en el proceso, o los gases calientes pueden ser utilizados para calentamiento. El proceso puede cambiarse para hacer reutilizables los desperdicios, lo que puede ser tan simple como segregar una corriente de desperdicios.

4. Reciclar

El reciclado puede significar reducción de costos para la empresa, o puede ser algo más altruista. Los desperdicios de una empresa a menudo pueden ser utilizados como otra materia prima, por lo que los estudiantes deben estar atentos a esta posibilidad.

5. Reformular

El costo de disposición o el impacto ambiental de los desperdicios puede reducirse mediante cambios en las entradas del proceso.

6. Repensar

Si no se halla una solución, entonces hay que repensar a fin de hallarla. El acto de repensar debe incluir algunos cuestionamientos básicos sobre los procesos y los métodos usados en la empresa, tales como:

- ¿Cuál es nuestro negocio?
- ¿Por qué lo estamos haciendo de esta manera?
- ¿Exista una mejor manera?

Ejemplos de opciones que pueden ser utilizados en esta etapa son los siguientes:

- Sub-contratar algunas de las más ineficientes operaciones relacionadas con los desperdicios a otra compañía que puede hacerlo más eficientemente
- Usar entradas parcialmente procesadas para reducir el número de pasos del proceso

Tres fuentes de oportunidades

La eficiencia de un proceso puede incrementarse de tres maneras.

- La primera es mejorar el funcionamiento promedio, por ejemplo, haciendo un cambio básico en una práctica, proceso o equipo para reducir desperdicios.
- La segunda es reducir las variaciones del proceso, es decir, las variaciones de la eficiencia en el tiempo, mejorando el control del proceso.
- La tercer es reducir las interrupciones del proceso, las variaciones operacionales y el reproceso que pueda elevar significativamente el nivel de desperdicios.

Cada uno de estos tres aspectos se considera en las siguientes secciones.

1. Funcionamiento promedio

La información y datos mostrados en los mapas de consumo completados, deben dar un amplio y cuantitativo cuadro del consumo de las entradas seleccionadas y de la producción de los desperdicios seleccionados, todos en un período de 12 meses.

La evaluación de los niveles promedio de las entradas y salidas conducen a un cuadro completo de las eficiencias del proceso y al nivel de desperdicios existentes, y ayudará en la identificación de las áreas de mayor producción de desperdicios.

Los datos de las cantidades promedio de desperdicios pueden, a menudo, obtenerse bastante fácilmente. La cantidad de cada materia prima comprada, por ejemplo en 12 meses, puede obtenerse de los registros de venta e inventarios. Las cantidades totales de esas materias primas incorporadas a los productos vendibles en el mismo período, pueden calcularse utilizando el conocimiento del producto y los registros de producción o ventas. La diferencia entre estas dos cantidades son los desperdicios, es decir, materia prima que no se vende como producto. Algunos de esos desperdicios pueden formar parte del proceso (desperdicios inherentes al proceso), pero otros pueden no serlo (desperdicios incidentales).

2. Variación del proceso

La variación del proceso se define como la variación no intencional de la eficiencia en el tiempo. La variación del proceso es, pura y simplemente, desperdicios. Si un proceso usa hoy un 5 % más de materia prima que ayer para producir la misma cantidad de producto, entonces, esa cantidad adicional de materia prima es un desperdicio evitable. Hay que evitar la confusión entre variación del proceso y variación operacional, pues ésta es producida por cambios deliberados del proceso hechos por un operador.

La eficiencia de todos los procesos varía en el tiempo. La minimización de estas variaciones es la piedra angular de gestión de calidad total. El estudio de las variaciones del proceso, y de las causas de estas variaciones, puede conducir a significativas ideas sobre los desperdicios y las vías para minimizarlos, y sobre la formulación de objetivos alcanzables para la reducción de desperdicios.

3. Variaciones operacionales

La variación de las cantidades de energía, agua o materias primas por unidad de producción es un signo de que están ocurriendo desperdicios. Las mejoras del proceso para reducir desperdicios incluye definir objetivos para aquellas áreas donde los indicadores del funcionamiento son cuantitativamente más altos que lo usual, es decir, donde más energía, agua o materias primas son consumidas, o donde más desperdicios se producen. A menudo, los indicadores de funcionamiento, graficados contra unidades de producción, varían irregularmente. Esta variación es signo de que el proceso no está bien controlado. Un proceso que no esté bien controlado desperdicia materiales y energía y, probablemente, produce más productos defectuosos, los que son otra forma de desperdicios.

La variación del proceso es uno de los mejores indicadores de oportunidades de mejoras. Si la empresa opera con relativamente alta eficiencia, entonces, debe ser capaz de mantenerse así sostenidamente en el tiempo.

Ejemplo

El siguiente gráfico, en la figura 5.8, muestra la variación mensual del consumo de electricidad, en kW / t de producto, durante 12 meses en una empresa de producción. La variación de 32 kW / t a 93 kW / t es una fuerte indicación de que se está desperdiciando electricidad en el proceso, aunque las causas que motivan estas variaciones no resultan evidentes en este gráfico.

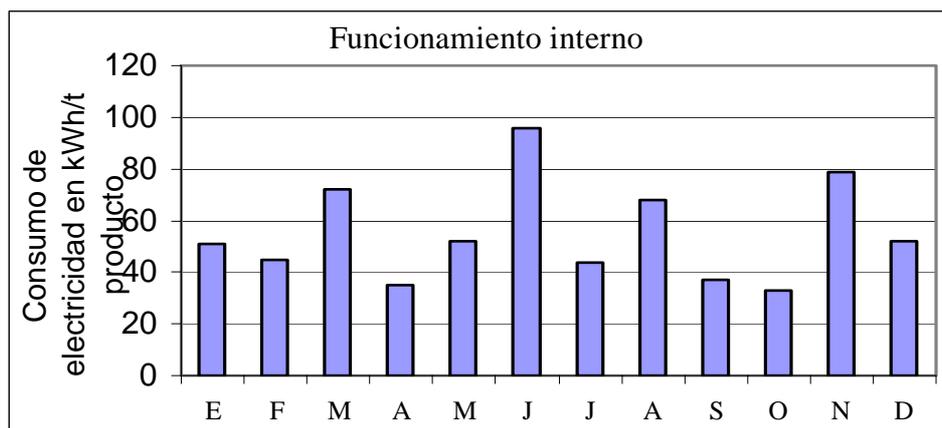


Figura 5.8: Consumo de electricidad indicando la variación del proceso

Clasificación de las opciones

Las opciones de las Producciones más Limpias podrían clasificarse bajo una de las categorías siguientes:

El “gobierno de la casa”: Clasifican en esta categoría las mejoras en prácticas y métodos de trabajo, mantenimiento apropiado de equipos, etc. El “gobierno eficaz de la casa” puede proporcionar beneficios significativos en lo que se refiere a ahorro de recursos. Estas opciones son típicamente de bajo costo y proporcionan bajos a moderados beneficios.

Un ejemplo simple de “buen gobierno de la casa” en una operación de teñido es limpiar regularmente los suelos y máquinas de suciedad, grasa, óxido, etc., lo que reducirá la posibilidad de ensuciar accidentalmente el tejido y así minimizará la necesidad del lavado extra.

La gestión y práctica del personal: La gestión y prácticas del personal incluyen la supervisión eficaz, entrenamiento de los empleados, reforzar las habilidades de los operadores, y la provisión de incentivos y pagas extraordinarias para animar a los empleados a esforzarse por reducir concienzudamente las pérdidas y emisiones. Estas opciones son típicamente de bajo costo y pueden proporcionar beneficios de moderados a altos.

Para más información sobre el “gobierno de la casa”, refiérase a la "Guía del Buen Gobierno de la Casa para las Empresas Pequeñas y Medianas". Disponible como: www.getf.org/file/toolmanager/O16F15343.pdf

Optimización del proceso: La optimización del proceso involucra racionalización de la secuencia del proceso, combinando o modificando las operaciones para ahorrar recursos y tiempo, y mejorar la eficiencia del proceso. Por ejemplo, pueden no requerirse ciertas operaciones de lavado debido a cambios en las materias primas o especificaciones del producto.

Sustitución de materias primas: Las materias primas y auxiliares pueden sustituirse si existen buenas opciones por lo que se refiere al costo, eficiencia del proceso y salud y reducidos riesgos de seguridad. Semejante enfoque puede ser necesario si los materiales provienen de fuentes de acceso difícil, o resultan caros, o caen bajo la esfera de nuevas regulaciones medioambientales o de salud y de seguridad. En todos los casos de sustitución de materiales, es crucial probar la conveniencia del nuevo material en lo que se refiere a los beneficios medioambientales y económicos, la concentración óptima, la calidad del producto, la productividad y mejoras de las condiciones de trabajo.

Por ejemplo, el sulfuro de sodio y el dicromato acidificados tienden a ser usados como agentes auxiliares en el proceso sulfuroso de tinte de textiles negros. Sin embargo, ambos agentes son tóxicos y peligrosos de manipular. Su uso puede dejar residuos que causan daños en el tejido acabado y puede generar efluentes que son difíciles de tratar y dañan el ambiente. Ambos agentes pueden seguramente sustituirse sin una declinación en la calidad del tejido, a la vez que eliminan los impactos adversos medioambientales y sobre la salud.

Puede reemplazarse el sulfuro de sodio con glucosa, mientras que el dicromato acidificado puede sustituirse con perborato de sodio o persulfato de amonio. La sustitución de tintes químicos por tintes naturales también puede citarse como un ejemplo de sustitución de materias primas.

Nuevas tecnologías: La adopción y transferencia de nuevas tecnologías puede, a menudo, reducir el consumo de recursos, minimizar los desperdicios, así como el aumento del rendimiento o la productividad. Estas opciones requieren, básicamente, de importantes inversiones, pero puede conducir a beneficios potencialmente altos.

Las modificaciones en el diseño de equipos pueden ser otra opción, en la cual la inversión de capital tiende a ser ligeramente menor o igual al requerido por la opción de nueva tecnología, y puede conducir a beneficios potencialmente altos.

Nuevo diseño del producto: El cambio del diseño del producto puede causar impactos tanto “corriente arriba” como “corriente abajo” del producto. El azufre generalmente se usa en los tintes negros para producir un color azabachado en fibras de algodón. Los tintes de azufre son insolubles y deben convertirse primero a una forma soluble en agua, agregando un agente, tradicionalmente sulfuro de sodio, para que los tintes puedan absorberse por la fibra. Después de teñir el tejido, el tinte se convierte a la forma insoluble con la suma de otro agente, a menudo dicromato acidificado.

El rediseño del producto, por ejemplo, puede reducir la cantidad o toxicidad de materiales en un producto, o reduce el consumo de energía, agua y otros materiales, o reduce los requisitos de empaque, o aumenta la "reciclabilidad" de componentes usados. Esto puede conducir a beneficios tales como la reducción de recursos naturales, al aumento de la productividad y a la reducción de riesgos medioambientales. A menudo, esto ayuda en ambos sentidos estableciendo ampliando el mercado. El rediseño del producto es, sin embargo, una estrategia comercial mayor y puede requerir estudios de factibilidad y estudios de mercado, sobre todo si la cadena de suministro alrededor del producto ya está establecida y es compleja.

Recuperación de subproductos y recursos útiles: Esta opción de las Producciones más Limpias trae consigo la recuperación de desperdicios como los subproductos y recursos que pueden tener aplicaciones útiles dentro de la propia industria o fuera de ella. Este tipo de opciones lleva esencialmente al reuso y al reciclado, y así a la minimización, tanto de desperdicios como de costos.

Un ejemplo común para muchas industrias respecto a recuperación desde una corriente de desperdicios, es la recuperación de calor a través del uso de intercambiadores de calor. Las tales opciones son típicamente de costo medio y pueden proporcionar beneficios de moderados a altos.

Reciclado y reuso en el lugar: Esta opción involucra el retorno de un material de desperdicio al proceso que lo origina o a otro proceso como sustituto de un material de entrada. Por ejemplo, en el caso de una unidad de tinte de textil, en lugar de agotar fuera los últimos lavados fríos, estos pueden colectarse en un tanque subterráneo, ajustado a pH 6, y entonces pueden filtrarse previamente al reuso en las operaciones subsecuentes de lavado. Estas opciones son típicamente de costos bajos a medios y pueden proporcionar moderados a altos beneficios.

5.1.4 Selección de opciones

Durante los pasos anteriores se habrán ido identificando diversas opciones de P+L. Algunas de las opciones identificadas serán de aplicación obvia desde el primer momento, en especial las que solo implican cambios de gestión, mientras otras se podrán descartar inmediatamente. Otro grupo de opciones requiere de un análisis técnico y económico más profundo antes de determinar lo apropiado de su ejecución.

Establecer prioridades en la ejecución de las oportunidades es tanto más importante en cuanto los recursos económicos son limitados. Para establecer prioridades se tendrán en cuenta los límites legales establecidos en las emisiones de todo tipo, los riesgos potenciales, las cantidades de residuos que se originan, el potencial de recuperación, los costos de tratamiento o disposición de los residuos y los recursos disponibles.

Para determinar el orden de prioridades se puede recurrir a la discusión dentro del equipo evaluador. Además, se pueden obtener ideas de otras fuentes como pueden ser los suministradores, en particular, cuando las opciones tengan un componente tecnológico muy especializado.

El principio de Pareto, también denominado regla 80/20, ilustra la desigualdad que se observa en muchas distribuciones. Así, Pareto observó que aproximadamente un 20% de las personas poseen el 80% de las riquezas, un 80% de los beneficios de una empresa proceden del 20% de los productos, etc. y en el inventario de almacenes un 80% del valor de los inventarios corresponde a un 20% de los productos almacenados, aunque esta distribución se conoce más como distribución ABC.

En el diagrama de Pareto, los sujetos se disponen según el orden de importancia para contribuir a la asignación de prioridades. En un estudio de minimización de corrientes residuales, de entre 20 procesos de fabricación y unas 100 etapas de proceso, una única etapa representó el 35% de la contribución a la contaminación total de la fábrica y, por tanto, un candidato seguro para la evaluación. Más aún, tres etapas de las 100 representaban dos tercios de toda la fuente de contaminación.

Los cambios de equipos deben tener asegurada su disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad futura. Los operadores pueden necesitar una preparación adicional. Si se precisan cantidades suplementarias de los servicios auxiliares (agua, vapor, etc.) hay que verificar que estén disponibles. Si se esperan cambios potenciales en la calidad del producto hay que asegurar su aceptabilidad por parte del cliente. Si puede variar la productividad de la instalación, estos cambios deberán reflejarse en los cálculos de evaluación económica.

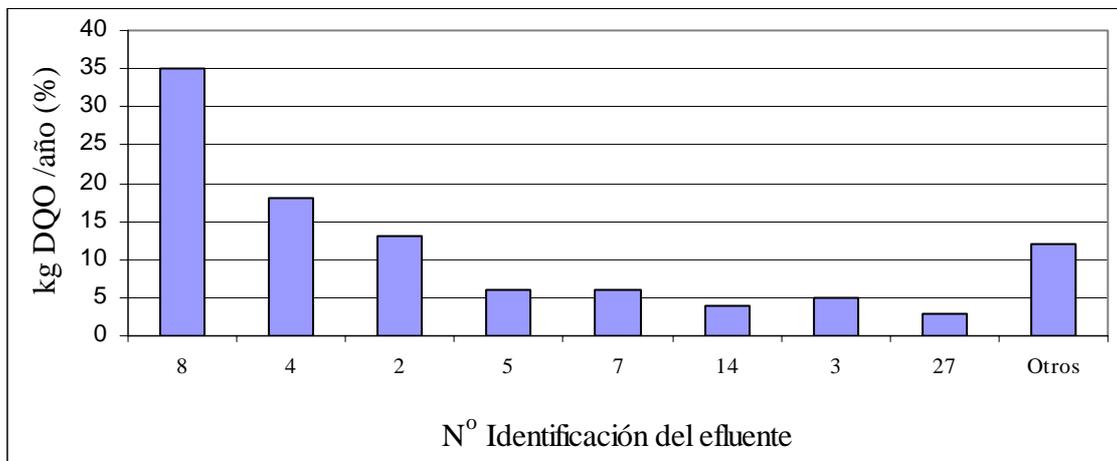


Figura 5.9: Sólo una etapa representó el 35% de la contaminación global de la fábrica.

El equipo siempre debe recordar que, en general, es mejor no generar un desperdicio, en lugar de generarlo y después reciclar, recuperar o reusar. Por consiguiente, el equipo debe considerar este último tipo de opciones una vez que se han examinado todas las otras que podrían prevenir la generación de desperdicios.

En la realidad, muchas de las opciones que un equipo identificará para producir resultados rentables y sustentables, son el resultado de una combinación de las categorías anteriores. Por ejemplo, cualquier opción de nueva tecnología debe precederse y debe seguirse por mejoras en la gestión y entrenamiento. Por otra, muchas veces, la opción de nueva tecnología también requiere sustitución de materias primas.

Es importante tener presente que algunas de las opciones escogidas pueden requerir cambios mayores en los procesos o equipos o productos. A menudo, estas reducirán dramáticamente la generación de desperdicios o aumentan la productividad, pero generalmente implican también inversiones considerables.

Por razones económicas, o de otro tipo, no todas las opciones halladas pueden tener una inmediata realización. Aquellas que no son prioritarias o no ejecutables inmediatamente pasan a formar parte del programa de P+L, dentro de cual se determinará el momento oportuno para su ejecución. En procesos continuos con paradas de mantenimiento programadas cada dos años, por ejemplo, es fácil de entender que muchas opciones esperarán a ser introducidas en el momento de la parada.

Muchas opciones potenciales no se consideran prioritarias por alguna razón económica o tecnológica. Sin embargo, se puede prever que en un futuro más o menos próximo las circunstancias pueden pasar a ser favorables o tener una solución tecnológica previsible. Con todas estas potenciales alternativas se forma un archivo que debe ser revisado y puesto al día periódicamente.

Finalmente, es igualmente importante tener presente que ciertas opciones escogidas requerirán ensayos de laboratorio, escalado, estudios piloto para asegurar que no se degrada la calidad del producto como resultado de su aplicación y que es aceptable por el mercado.

Durante la evaluación de los datos se identificarán un número de oportunidades. Dependiendo del número, puede que sea necesaria la priorización de las oportunidades, entonces se procede con las más prometedoras, dejando las menos atractivas para atenderlas en etapas posteriores.

El método simple de priorización utilizado en la evaluación preliminar puede utilizarse para la selección de las opciones de mejoramiento con el más grande potencial de retorno de la reducción de desperdicios.

Las opciones de mejoras se desarrollan y evalúan, siendo los posibles cursos de acción para realizar las oportunidades de mejoras identificadas. Las opciones de mejoras se priorizan en función de criterios tales como costos, beneficios, posibilidad de ejecución y probabilidad de éxito.

Cuando se ha identificado una opción de mejora, a menudo existe una solución obvia. Sin embargo, aún cuando estas soluciones obvias puedan ser la mejor solución, muy a menudo son simplistas y, o no funcionan, o conducen a otros problemas. Debido a estas realidades, a continuación se desarrolla una metodología para el desarrollo y evaluación de dos o más alternativas.

Lista de Control:

Se da la siguiente lista de control para desarrollar opciones de mejoras y posteriormente se indican algunas de las potenciales ventajas de cada una de ellas:

- Optimizar el proceso
- Mejorar el control del proceso
- Cambiar a una tecnología más limpia

- Segregar desperdicios
- Resusar/reciclar

Optimizar el proceso

Optimizar el proceso significa hacer que los equipos y procesos funcionen tal cual fueron diseñados, lo que se puede lograr, por ejemplo, por:

- Mejor entrenamiento de los operadores
- Revisar la documentación de los procedimientos de los operadores
- Utilizar materias primas de más alta calidad
- Asegurar que los equipos trabajen de acuerdo al orden establecido
- Reducir las necesidades de interrupciones del proceso y de reciclado

Tal optimización puede lograr:

- Reducción en la cantidad de entradas al proceso
- Reducción de desperdicios, desechos y reproceso
- Menor tiempo perdido e interrupciones del proceso
- Reducción de los costos de mano de obra
- Mejoramiento de la calidad del producto

Mejoramiento del control del proceso

El control del proceso asegura que el funcionamiento del proceso continúe durante un extenso período de tiempo, tal como fue diseñado y con un mínimo de variaciones. Esto se puede alcanzar mediante.

- Sistematizar el entrenamiento de los operadores
- Buena documentación para los operadores
- Mantenimiento preventivo
- Materias primas de calidad consistente
- Buena gestión de almacenes e inventario
- Reducción de las variaciones operacionales
- Reducción de las interrupciones del proceso y del reproceso
- Calidad más consistente del producto

Cambio a una tecnología más limpia

Una nueva tecnología (nuevo equipamiento o nuevo proceso) puede ofrecer las siguientes ventajas:

- Menor entrada por unidad de salida
- Un menor número de entradas reduce el almacenaje y manipulación
- Entradas en formas más baratas (Ejemplo: gas en lugar de calentamiento eléctrico)
- Menor cantidad de desperdicios, reprocesos y productos desechados
- Desperdicios en una forma más utilizable
- Menos mantenimientos, pérdidas de tiempo o interrupciones del proceso
- Costos reducidos de la mano de obra
- Calidad mejorada del producto

La evaluación de P+L puede proporcionar la oportunidad de considerar los costos y beneficios derivados de la introducción de tecnologías y procesos más limpios. Sin embargo, a causa del limitado conocimiento del proceso por los estudiantes, el equipo debe estar en estrecho contacto con la administración en este aspecto.

Segregación de desperdicios

Esto es simplemente el procedimiento para mantener separados en el proceso los desperdicios de distintas fuentes, donde exista una ventaja en hacer esto. Algunas de las ventajas pueden ser:

- Reducción de los costos de disposición. Por ejemplo: Si la disposición del desperdicio A cuesta \$10 / kl y la del B cuesta \$2 / kl, disponer de la mezcla probablemente costará \$12 / kl.
- Maximizar las oportunidades de reuso/reciclo. Por ejemplo: el agua limpia puede ser reutilizada si no está contaminada con otros desperdicios; desechos de aluminio pueden ser vendidos para el reciclado si no están contaminados con otros residuos metálicos.
- Tratamiento de desperdicios simplificado. Por ejemplo: los costos del tratamiento de un desperdicio antes de la disposición/descarga, pueden ser minimizados si no está mezclado con otros desperdicios antes del tratamiento.

Resuso/reciclaje

Si un desperdicio puede ser reusado o reciclado dentro de la propia empresa, éste constituye una materia prima gratis. Por ejemplo:

- El agua de enfriamiento o de lavados puede ser reusada en otra parte de la empresa.
- Desperdicios calientes pueden usarse para calentar entradas al proceso
- Materiales desechados pueden colectarse y reusarse
- El agua de lluvia puede almacenarse y utilizarse en el proceso

Círculo de mejoras y reducción de desperdicios

En la figura 5.9 se muestra cómo las opciones para la reducción de desperdicios pueden ser divididas en cambios en las operaciones, equipos y procesos. El término “mejoras” se utiliza aquí en el sentido de minimización de desperdicios y su eliminación donde sea posible. Moviéndose en sentido contrario a las manecillas del reloj, se incrementan la complejidad y costos de las opciones.

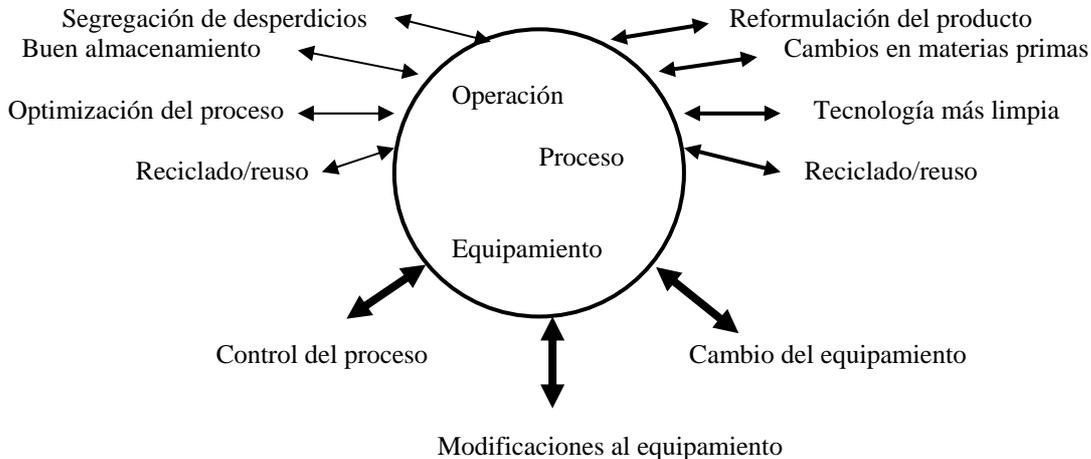


Figura 5.9: Opciones de reducción de desperdicios