TEMA 6 EL MÉTODO GENÉRICO DE EP+L. Análisis de factibilidad. Aplicación y supervisión.

6.1 Análisis de factibilidad

El equipo puede emprender ahora un chequeo detallado de las opciones en la categoría que requiere de un análisis extenso para determinar cuales de las opciones son técnicamente factibles, y determinar los beneficios medioambientales y económicos de llevar a cabo estas opciones. Cada uno de estos aspectos se describe a continuación.

6.1.1 Chequeo detallado de opciones

Las opciones de mejoras se evalúan contra varios criterios, incluyendo aspectos técnicos, económicos y de seguridad, de modo que la alternativa es rechazar una opción o pasarla a la siguiente etapa.

Como se dijo, para eliminar opciones se usan criterios técnicos, medioambientales, de seguridad o económicos. Por ejemplo, si una opción degrada los márgenes de seguridad o requiere de un largo período para el retorno económico, puede ser abandonada.

Chequeo detallado de opciones

Una vez que se identifican las opciones mediante técnicas como el diagrama de Pareto o el brainstorming, es importante chequear si todas las causas identificadas son dirigidas adecuadamente por las opciones o si se requieren opciones adicionales para resolver cualquier causa que todavía permanece pendiente.

El equipo de las P+L necesita emprender entonces un rápido chequeo de las opciones de las Producciones más Limpias desarrolladas, para decidir sobre las prioridades de aplicación. En semejante ejercicio de chequeo las opciones podrían categorizarse en dos clases:

Las opciones directamente aplicables: Son las opciones simples obvias y que pueden llevarse a cabo enseguida. Generalmente, las opciones relacionadas con “el gobierno de la casa” (por ejemplo, sellando las fugas y evitando los derrames) o la optimización simple del proceso (por ejemplo, controlando el exceso de aire en los sistemas de combustión) entran en esta categoría. Para estas opciones no se requiere ningún análisis de factibilidad detallado y extenso. Además, su aplicación inmediata rinde beneficios reales, tangibles para la dirección en un periodo corto, cosa que hace muy atractiva la EP+L.

Opciones que requieren un análisis extenso: Esas opciones que son técnicamente y económicamente más complejas. La mayoría de las opciones relacionadas con mejoras en la gestión, substitución de materias primas, y el cambio de equipos o de tecnología, entraría en esta categoría. Algunas de estas opciones podrían incluso ponerse en una categoría subalterna: aquéllas que requieren mucho más recolección de información o que son difíciles de llevar a cabo (debido a razones como muy altos costos, falta de tecnología, requerimientos de cambios mayores, etc.). Estas pueden dejarse pendientes para consideraciones posteriores.

En la **Tabla 6.1** se combina un ejemplo del diagnóstico de causa mediante el diagrama de espina de pescado con la identificación de posibles opciones de Producciones más Limpias.

Tabla 6.1: Combinando los problemas diagnosticados usando el Diagrama de la Espina de Pescado con las posibles opciones de las Producciones más Limpias

Categorías según el diagrama de espina de pescado	**Causas primarias**	**Causas secundarias**	**Posibles opciones de P+L**	**Categoría de la opción de P+L**
Hombre	Pobre supervisión	Ausencia de instrucciones claras de trabajo	Desarrollo de instrucciones de trabajo como la Norma Práctica de Operación (NPO). Revisión de las NPO por expertos externos. Supervisar estrechamente las mejoras o los problemas enfrentados para la implementación de las NPO. Definir un sistema de registro de la supervisión de las NPO.	Gestión y prácticas del personal
		Falta de entrenamiento	Organizar los pisos de trabajo basándose en los programas de entrenamiento para obreros y supervisores.	Gestión y prácticas del personal
Método	Operación de teñido no ejecutada apropiadamente	Excesivo uso de sal en la dosificación	Mejorar la supervisión y la capacitación del obrero. Rediseñar la formulación del tinte cambiando la composición y materiales, por ejemplo bajar el uso de sal en los tintes.	La gestión y la práctica del personal. Optimización del proceso Sustitución de materias primas
		Procedimiento incorrecto de dosificación de agentes químicos	Mejorar la supervisión y la capacitación del obrero	La gestión y las prácticas del personal

Tabla 6.1 cont.

Categorías según el diagrama de espina de pescado	**Causas primarias**	**Causas secundarias**	**Posibles opciones de P+L**	**Categoría de la opción de P+L**
Materiales	Entrada de materiales de baja calidad	Muchas impurezas en los tintes	Verificar la pureza del tinte por instituciones independientes sobre un número de muestras y mediante las sombras normalmente usadas. Cambiar de proveedor si es necesario	Sustitución de las materias primas
		Materiales auxiliares vencidos	Mejorar la inspección en la unidad receptora. Verificar las etiquetas de los recipientes, y los sistemas de almacenamiento y suministro	La gestión y las prácticas del personal
		Impropio almacenamiento de tejido	Asegurar el almacenamiento apropiado de los materiales del desengrasado/blanqueado, por ejemplo sobre bloques de madera, envolviendo para evitar ensuciar	La gestión y la practica del personal, el gobierno de la casa
		Pobre calidad del agua	Analizar los constituyentes del agua como la dureza, sólidos totales disueltos, pH y contenido de hierro / manganeso, y comparar los niveles medidos con las normas recomendadas	Sustitución de materias primas
Maquinaria	Pobre control del proceso, resultando en un funcionamiento inconsistente	Óptimo de temperatura no mantenido en el licor del baño del tinte	Verificar la posición de la entrada de vapor y presión de vapor para asegurar que el calentamiento es óptimo. Tomar lecturas de temperatura del licor antes y después de las modificaciones	Optimización del proceso. Nueva tecnología

6.1.1.1 La evaluación técnica: La evaluación técnica debe cubrir los aspectos siguientes**:**
Consumo de materiales y de energía: Para cada opción, es importante establecer el balance de materiales y energía para las condiciones antes y después de la aplicación, para cuantificar las economías de materiales y energía que resultarán de las probables reducciones de entradas y desperdicios
Calidad de los productos y subproductos: Evaluar la calidad de los productos y subproductos antes y después de la aplicación de la opción.
Corrección del BPDV: Proporcionar estimados en la posible mejora del BDPV que corresponde a antes y después de la aplicación de la opción.
También es importante examinar los aspectos siguientes desde el punto de vista de la aplicación:
Recursos humanos requeridos: Si para llevar a cabo la opción en cuestión se requiere solo del personal interno, o si se requiere de especialización externa o colaboración en sociedad con alguna otra organización.
Riesgos en llevar a cabo la opción: Algunas opciones no pueden demostrarse totalmente y pueden exigir experimentos a nivel de laboratorio, o estudios pilotos para evaluar los resultados antes de que una aplicación importante se lleve a cabo. Algunas opciones pueden afectar procesos claves de producción, o características del producto, o si es muy alto el impacto potencial sobre la empresa si la opción no trabaja como se planeó.
Facilidad de aplicación: La facilidad técnica con que una opción puede llevarse a cabo dependerá de cosas tales como el esquema del proceso de producción y de los servicios auxiliares como las líneas de vapor, líneas de agua, líneas de gas inertes, etc., el espacio físico disponible, los requisitos de mantenimiento, los requisitos de entrenamiento, etc., tanto por implicaciones técnicas, como por efectos sobre otros procesos; o si una opción particular interfiere con la aplicación de otras opciones, o si es mejor llevar a cabo la opción independiente o teniendo en cuenta otras opciones.
También, si las opciones requieren trabajar en los procesos de producción importantes, si es crítico el tiempo de aplicación de las opciones. Si la opción requiere cambios mayores o interrupciones en la configuración de la producción, cualquier pérdida en la producción necesita ser tenida en cuenta en el análisis económico de la opción, es decir, hay que tener en cuenta consideraciones de estrategia o de logística
Tiempo requerido para la aplicación: Hay que tener en cuenta el tiempo requerido para que el equipo o material sea encargado, obtenido y montado, incluso la consideración de tiempo de parada por la afectación por la aplicación de la opción.

6.1.1.2 Evaluación medioambiental: Dondequiera que sea prácticamente posible, la evaluación medioambiental de una opción debe tener en cuenta sus impactos sobre el ciclo de vida total de un producto o un servicio. En las situaciones prácticas, sin embargo, la evaluación de las mejoras medioambientales se restringe a menudo al lugar y al entorno inmediato (el barrio).
La evaluación medioambiental debe incluir estimación de los siguientes beneficios que cada opción puede traer:

- Reducción probable en la cantidad de desperdicios y emisiones generadas (expresadas en una base de masa)
- Reducción probable en la descarga de desperdicios y emisiones peligrosas, tóxicas, o no biodegradable (expresadas en una base de masa)
- Reducción probable en el consumo de recursos naturales renovables (expresado en una base de masa);
- Reducción probable en el consumo de recursos naturales no renovables, por ejemplo los combustibles fósiles consumidos (expresado en una base de masa);

- Reducción probable en los niveles de ruido
- Reducción probable de olores molestos (debido a la eliminación de un compuesto oloroso)
- Reducción probable del nivel de riesgo en el lugar (desde el punto de vista de seguridad del proceso)
- Reducción probable en la descarga de importantes contaminantes globales (substancias agotadores de la capa de ozono, emisiones de gases invernadero)

6.1.1.3 Aspectos de seguridad

Desde el punto de vista de la seguridad, pueden usarse los siguientes criterios para evaluar opciones de mejoras:

- Mejoramiento o degradación de la seguridad asociada con cambios en los procesos
- Cambios en los riesgos asociados con el almacenaje y manipulación de materiales y/o desperdicios
- Riesgos asociados con cambios en el diseño del puesto de trabajo

6.1.1.1.4 La evaluación económica

El equipo debe evaluar ahora los beneficios económicos de todas las reducciones en la generación desperdicios y consumo de recursos que cada opción puede ocasionar. Debe estimar las economías inmediatamente obvias en los costos de las compras de materiales y combustibles, los costos evitados del tratamiento y de la disposición así como los costos de las corrientes de materiales de desperdicio (anteriormente identificados durante el balance de M&E). Además, también debe estimar los beneficios financieros menos obvios tales como la reducción de los días perdidos por enfermedad de los obreros o la elevación de la productividad de los obreros, el más bajo costo de personal por la reducción de la carga de gestión especial e informes de materiales peligrosos, desperdicios y contaminación, reducción de obreros y obligaciones medioambientales, ganancias potenciales de la venta de desperdicios como subproductos, créditos por el dióxido de carbono, etc. La experiencia ha demostrado que semejante evaluación financiera extendida ayuda a menudo a mejorar considerablemente la factibilidad económica de una opción. El equipo también debe estimar los costos económicos de cada opción, en la forma de inversiones en nuevas tecnologías o equipos, pero también en lo que se refiere a entrenamientos y otros costos asociados a la aplicación de la opción.

Una correcta selección de opciones requiere completar el análisis técnico y ambiental con una evaluación económica. Para ello se determinan las inversiones necesarias y los cambios en los costos operativos (actuales y anticipando los futuros). Previamente la dirección de la empresa habrá especificado las bases de la evaluación económica.

Los componentes principales de la evaluación económica son:

Inversión:

- Equipos
- Equipos secundarios, piezas de repuesto, etc.
- Materiales
- Modificaciones en los servicios auxiliares
- Preparación del emplazamiento
- Construcción / instalación
- Ingeniería y aprovisionamiento
- Parada y puesta en marcha
- Formación del personal
- Permisos oficiales / certificaciones

- Capital operativo
- Valor residual

Costos operativos:

- Tratamiento y/o disposición de las corrientes residuales
- Materias primas y auxiliares, catalizadores, etc.
- Transportes y almacenamiento
- Mano de obra: operación, mantenimiento, control de a calidad, etc.
- Servicios auxiliares
- Gastos institucionales
- Seguros
- Responsabilidades civil y/o penal
- Ingresos

Estos beneficios y costos se analizan y se calculan entonces usando varios criterios de evaluación, por ejemplo el periodo de retorno, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), etc.

Un periodo del reembolso simple se evalúa basado en una comparación de las economías anuales y la inversión inicial. Indica simplemente el periodo de tiempo para recuperar la inversión inicial. Se calcula como:

Periodo de reembolso en años = (Inversión de Capital/Ahorros Anuales)

El periodo de reembolso, o de retorno, generalmente debe ser considerado sólo como una evaluación del estadio que ignora la depreciación de la inversión hecha y el valor del dinero en el tiempo. Normalmente, pueden tomarse decisiones sobre la inversión basándose en el periodo de reembolso, solo si la inversión requerida es baja o los ingresos son altos, de modo que el periodo de reembolso sea menor de dos años.

Los costos fijos incluyen:

- Capital del equipamiento
- Costos de instalación / implementación
- Costos de re-entrenamiento
- Cualquier pérdida de producción debida al tiempo perdido provocado por el cambio

Ejemplo:

En el siguiente ejemplo se calcula el período de retorno para cuatro opciones de reducción del consumo de solvente en una empresa de pintado por aspersión.

Las cuatro opciones son:

1. Instalación de una unidad de recuperación de solvente
2. Rediseño de las cabinas para pintar para minimizar el sobre-asperjamiento
3. Remojar las pistolas de pintar en lugar de asperjar solvente para limpiar las toberas
4. Comprar solvente en recipientes pequeños para minimizar los derrames durante el trasiego

Tabla 6.2 Periodo de retorno de cuatro opciones de reducción de desperdicios

Opción	Reducción de costos anuales	Costo del cambio	Período de retorno
1. Recuperación de solvente	$ 1 200 menos solvente	$ 1 500 capital/instalación + $ 120 anuales por costos de operación	1,4 años
2. Rediseño de cabinas	$ 200 menos solvente	$ 1 400 capital y costos de instalación	7 años
3.Enjuague de pistolas	$ 500 menos solvente	0	Inmediato
4. Recipientes pequeños	$ 200 menos solvente	$ 200 anuales por elevación del precio de compra	Inmediato

Conclusiones del ejemplo:
Sobre la base del período de retorno, podrían considerarse las opciones 1 y 3. Las otras dos pueden desecharse, aunque la opción 4 pudiera considerarse al tener en cuenta las ventajas de seguridad y medioambientales que ofrece por minimización de derrames.
El período de retorno es simplemente el período de tiempo que toma a la empresa alcanzar el punto de equilibrio financiero después del cambio, por ejemplo, cuanto tiempo se requiere para que los ahorros logrados con el cambio se igualen con el costo del cambio.
Normalmente una empresa requiere de un período de retorno de menos de dos años. Afortunadamente, el período de retorno para muchas de las mejoras basadas en el concepto de la P+L es menor de un año.
Si estas condiciones no se reúnen, un buen enfoque es usar los conceptos del Valor Actual Neto (VAN) o de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos conceptos consideran el valor de las entradas y salidas (flujo de caja) del dinero en efectivo en el tiempo durante la vida útil de la inversión hecha. Este tipo de evaluación económica requiere información sobre:

- Los costos de capital asociados con cualquier inversión requerida;
- Rédito neto, el cual se calcula como una diferencia entre el rédito total (que podría ser mayor que el caso base) y los costos de operación (que son típicamente menores en el escenario cambiado)
- Tasas de interés y depreciación para permitir el cálculo del Valor Actual.

La siguiente ecuación que pueden usarse para el cálculo del VAN:

$$VAN = -(CF_0) + \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Flujo\ de\ Caja\ Neto_i}{(i+r)^i}$$

donde:
CF_O = la salida del dinero en efectivo en el primer año (la inversión importante)
r = la oportunidad de costo de capital (es decir para una proporción de 10% ' los r' serían 0.1)
n = la vida útil de la inversión en años
Para que una inversión sea financieramente viable, el VAN debe ser mayor que cero.
Otro indicador normalmente usado con el VAN es el Índice de Rentabilidad (IR). El IR se calcula como la proporción del valor actual de las entradas totales de dinero en efectivo, al valor actual de las salidas totales de dinero en efectivo.
Para que una inversión sea financieramente viable, el IR debe ser mayor que 1.
La TIR es esencialmente la proporción de retorno en una inversión que asegura que durante el tiempo de vida de la inversión, el flujo neto de dinero en efectivo (flujo de entrada de dinero – flujo de salida de dinero) es igual a cero, es decir, la TIR es el valor de **r** que hace cero el valor del VAN:

$$VAN = -(CF_0) + \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Flujo\ de\ Caja\ Neto_i}{(i+r)^i} = 0$$

Asumiendo **r** y siguiendo un procedimiento de interpolación se resuelve este problema. La TIR se compara entonces con la proporción del interés de los préstamos que pueden necesitarse del mercado.

Típicamente, si el TIR es más bajo que la tasa del mercado de préstamos, entonces no se considera que la inversión es financieramente viable.
Es útil llevar a cabo un análisis de sensibilidad para entender la "desigualdad" de una opción. Esto puede hacerse variando las eficiencias o rendimientos esperados, los precios que los subproductos pueden obtener en el mercado, o los costos de capital del nuevo equipo, y ver cuánto efecto tiene cada uno de éstos sobre el resultado. Esto puede ayudar construir las situaciones optimistas y pesimistas para probar cuan sensibles son la TIR o el VAN a los datos asumidos en el análisis económico.
Considerando el ejemplo de cambiar seis máquinas de torno existentes por tres máquinas de tinte a chorro en una unidad textil de teñido. Las máquinas de tinte a chorro son superiores al torno en productividad, consumo de recursos, calidad del tinte y versatilidad. Tres máquinas del chorro producirán eficazmente el mismo nivel de producción que seis máquinas de torno. La figura 6.1 presenta un diagrama de flujo de dinero en efectivo que muestra varias entradas y salidas. También se dan los resultados de reembolso, el VAN y la TIR.

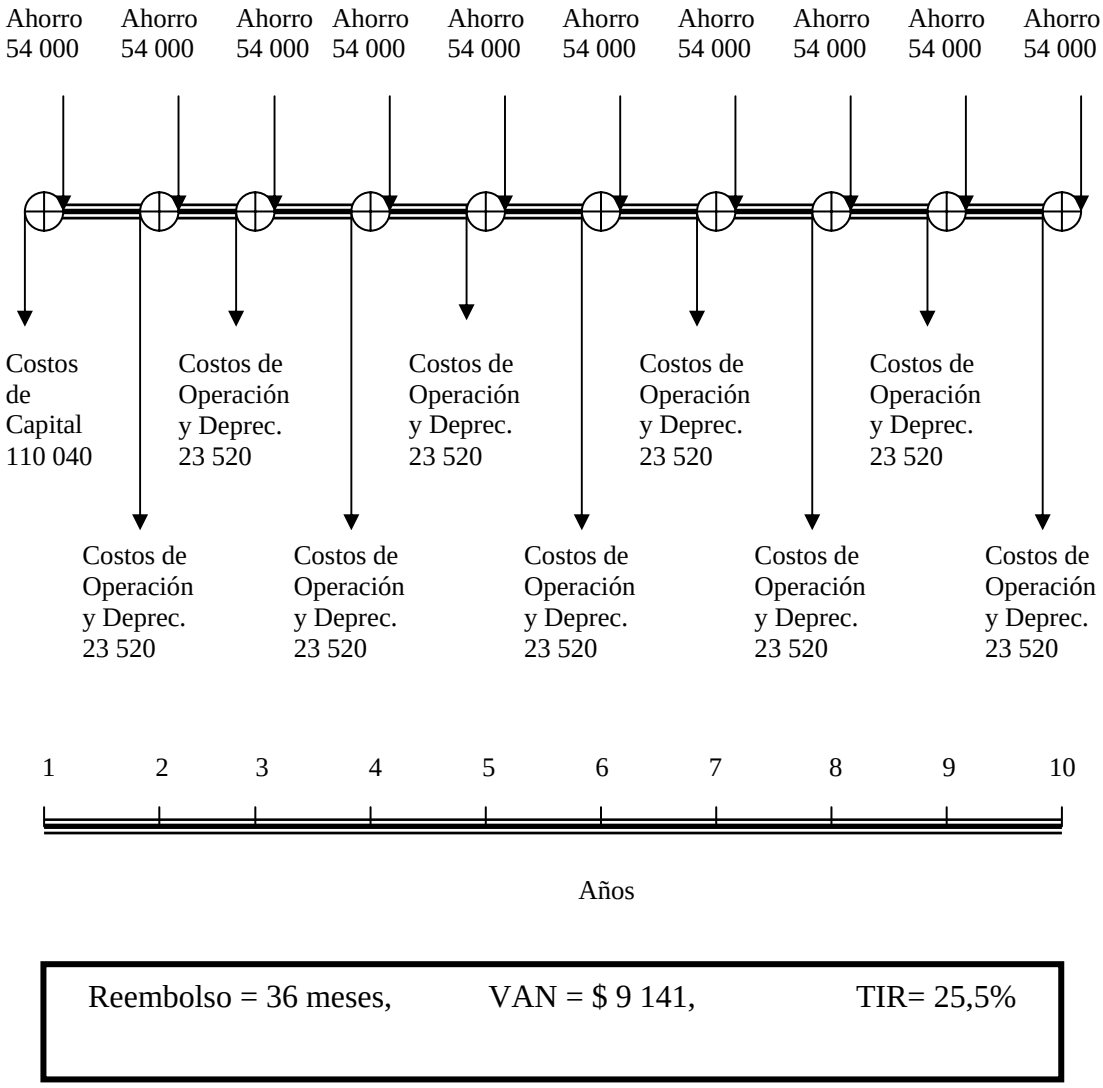


Figura 6.1: Entradas y Salidas: Reemplazando Seis Tornos Mecánicos por Tres Máquinas de Tinte a Chorro
Los ahorros de $54,600 dólares al año son debidos a las mejoras del derecho primero de tiempo con las máquinas de tinte de chorro. El mejorado derecho primero de tiempo significa

menos procesamiento y menos consumo de agua, energía y tinte. Aparte de reducir los costos de compra, estas reducciones también disminuyen los costos del tratamiento de las aguas residuales. La cantidad de $23,520 corresponde a la incrementada operación y a los costos de mantenimiento de las máquinas de tinte de chorro cada año y a la depreciación anual del equipo en su periodo de vida. La depreciación es calculada basado en la proporción lineal y asumiendo cero para el valor salvable del equipo al final de su periodo de vida. Los costos importantes en el año 0 (cero) indican los costos incurridos en comprar las nuevas máquinas de chorro, incluso los costos de la instalación.
Los cálculos para determinar el VAN para este ejemplo se muestran a continuación. Se supuso una tasa de interés del 10%.

$$NPV = -(11\,400) + \frac{(54\,600 - 23\,520)}{(1+0{,}1)^{1}} + \frac{(54\,600 - 23\,520)}{(1+0{,}1)^{2}} + \ldots + \frac{(54\,600 - 23\,520)}{(1+0{,}1)^{10}}$$

La TIR puede calcularse mediante un proceso de la interpolación tal que haga el VAN igual a cero. Basándose en la siguiente ecuación:

$$VAN = -(CF_0) + \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Flujo\ de\ Caja\ Neto_i}{(i+r)^i} = 0$$

VAN = $ 9 141

VAN = $80 934 para r = 10%
VAN = $45 944 para r = 15%
VAN = $20 262 para r = 20%
VAN = $929 para r = 25%
VAN = $13 954 para r = 30%
Debido a que el VAN ha comenzado a aumentar, la TIR debe estar entre 25 y 30%. Tomando los puntos medios para las próximas iteraciones:
VAN = $5 475 para r = 27%
VAN = $2 363 para r = 26%
Y así sucesivamente para encontrar **r** = 25,5% como la TIR que hace al VAN cerca de cero.
Los flujos del dinero en efectivo pueden ser más complejos que el mostrado anteriormente.
Los costos de funcionamiento y mantenimiento de la máquina podrían aumentar con el tiempo. De igual manera, los costos podrían ser más puesto que se espera que aumenten las tasas unitarias para el agua, la energía y los tintes. En tales casos, herramientas de software tales como el P2Finance pueden usarse puesto que permiten el cálculo del VAN y la TIR para entradas y salidas no uniformes de dinero en efectivo.
Es importante notar que siempre deben estudiarse juntos VAN y TIR para poder hacer un análisis realista. El paquete del software para P2Finance puede descargarse de http://www.tellus.org/general/software.html.
Los ingresos absolutos de una inversión pueden incluso ser mayores que los de otra inversión, aun cuando los valores de la TIR sean más bajos para la primera que para la última. Así un estudio solo de la TIR podría estar descaminando mientras se deciden las opciones de la inversión.

6.1.2 Selección de Opciones Factibles

Las cuatro evaluaciones ayudan eliminar opciones que no son viables. Las opciones restantes pueden ser consideradas en la preparación de un plan de aplicación de Producciones más Limpias.
Con la evaluación económica se completa la parte cuantificable de la evaluación y se pasa a la toma de decisiones y a la asignación de prioridades. Adicionalmente hay que considerar otros aspectos de difícil cuantificación como las responsabilidades civiles y penales y las mejoras de imagen pública o comercial.
Una vez determinadas las oportunidades y su prioridad se pueden definir los resultados esperados en términos específicos de masa, volumen, concentración y tiempo, con los cuales se pueda cuantificar el progreso.
En resumen, la evaluación total permite:

- Identificar las opciones más evidentes: de P+L y de reducción de riesgo
- Identificar otras corrientes con problemas y determinar un orden de ejecución de las mejoras de P+L
- Desarrollar alternativas a largo plazo

Ordenación (priorización) de opciones de las Producciones más Limpias
En la mayoría de los casos, después de realizar el análisis de factibilidad, surgirá que esas opciones diferentes tienen diferentes niveles de factibilidad técnica, factibilidad económica y actuación medioambiental. Ya que no es generalmente posible, o deseable, llevar a cabo todas las opciones al mismo tiempo, será necesario para el equipo priorizar las opciones de las Producciones más Limpias.
Después de haber eliminado algunas opciones en la etapa de evaluación detallada, se usa una matriz de priorización para tomar la decisión final sobre las opciones a incluir en el plan de mejoramiento de la empresa.
En el contexto de las Producciones más Limpias, priorización es el proceso de decidir cuales ineficiencias de las entradas y de las unidades de proceso ofrecen las mejores oportunidades para beneficiar la empresa mediante la reducción de desperdicios.
Para ayudar al proceso de ordenación, será necesario un marco común de evaluación. Un método de asignación de puntos, o matriz de priorización, podría ser considerado para este propósito. La matriz de priorización es una ayuda cuantitativa para la toma de decisiones. Las opciones en competencia se colocan en el lado izquierdo de la matriz, y los criterios de priorización a lo largo de la parte superior. Se asigna una clasificación en cada cuadro de la matriz y se suman las filas para obtener la puntuación de cada opción.
En este método, el equipo asignará puntos a cada uno de los cuatro aspectos del análisis de factibilidad (la factibilidad técnica, la factibilidad económica, la actuación medioambiental, la seguridad). Estos puntos podrían decidirse a través de una sesión de brainstorming e involucrando la dirección superior. Los puntos variarán de empresa a empresa, dependiendo de su competencia técnica, de las condiciones financieras, de la sensibilidad medioambiental etc. Por ejemplo, una empresa de pequeña escala financieramente saludable que enfrenta presiones medioambientales considerables, puede decidir dar el puntaje más alto a la actuación medioambiental (por ejemplo: 50%), menos a la factibilidad técnica (por ejemplo: 30%) y menos a la factibilidad financiera (20%). Esto indica que la empresa es muy perspicaz para reducir la carga contaminante, pero no tiene niveles altos de capacidad para emprender las opciones técnicamente involucradas.
Una vez que se asignan los puntos, pueden desarrollarse indicadores simples como criterios" para evaluar la actuación relativa de cada opción. Por ejemplo, podría evaluarse la factibilidad económica basado en el periodo de reembolso, el VAN o la TIR. La actuación medioambiental podría evaluarse basado en el porcentaje de reducción de la carga contaminante. La factibilidad técnica podría evaluarse basándose en la complejidad técnica,

requisitos para el nuevo equipo o tecnología, el requisito de habilidades técnicas adicionales, etc.

Los criterios con los cuales hay que evaluar las opciones varían de una empresa a otra, pero pueden considerarse los siguientes criterios:

- Período de retorno
- Ahorros anuales después del período de retorno
- Probabilidad de éxito en lograr los ahorros previstos después del cambio
- Beneficios no financieros de la empresa, por ejemplo: seguridad, mantenimiento, aspectos medioambientales, etc.

Cada opción se evalúa entonces sobre una base subjetiva.

Los valores podrían tener un rango de 0 a 10, donde los más bajos valores implicarán un pobre logro de la actuación. Por ejemplo, dos opciones pueden tener TIR de 15% y 33% respectivamente y pueden asignarse valores de 8 y 5 en el aspecto de factibilidad económica.

La suma ponderada de los valores dará un índice para cada opción en base al que pueden asignarse las prioridades. Debe notarse que la intención es no priorizar cada opción individualmente, sino agruparlas en las categorías como "prioridad superior", "prioridad media", y "prioridad baja". Este ejercicio sería entonces la base para preparar el plan de aplicación. La tabla 6.3 presenta una ilustración de tal análisis para priorizar las opciones de las Producciones más Limpias.

	Factibilidad Técnica	Factibilidad económica	Comportamiento ambiental	Porcentaje alcanzado
Porcentajes	30	45	25	100
Opción 1	6	6	7	6,25
Opción 2	7	9	6	7,65
Opción 3	3	4	8	4,70
Opción 4	5	8	3	5,85
Opción 5	9	9	7	8,50

Tabla 6.3: Decidiendo Prioridades para la Aplicación Entre las Opciones de las Producciones más Limpias

Basado en lo anterior, la Opción Cinco puede ser considerada como la de prioridad más alta, seguida por las Opciones Uno y Dos como las de prioridad media, seguida por las Opciones Tres y Cuatro. Semejante método de ordenación auxilia en el desarrollo de un plan de aplicación.

Otro Ejemplo:

Usando las tres opciones restantes del ejemplo estudiado para la reducción del consumo de solvente en una empresa de pintura por asperjamiento, puede construirse una matriz de priorización como se muestra a continuación:

Tabla 6.4 Otro enfoque del análisis para la aplicación de opciones de las P+L

	Período de retorno	Ahorros anuales	Probabilidad de éxito	Beneficios no financieros	Total
Recuperación de solvente	2	10	5	4	21
Enjuague de pistolas	5	4	3	2	14
Recipientes más pequeños	0	0	4	4	8

Las opciones se valoran de 1-5 en cada criterio, excepto para los Ahorros Anuales por la importancia percibida para la empresa. Entonces, la Recuperación de Solvente es la opción de prioridad más alta.

Evaluación de opciones – Decisión

La etapa final de la evaluación es la decisión sobre cual de las opciones debe incluirse en el plan de mejoras de la empresa. La selección de opciones debe tomar en consideración los resultados de la priorización, pero no deben ser dictadas por ella, ya que hay muchas otras consideraciones en la empresa que pueden influir en la decisión final.

La decisión sobre cual de las opciones incluir en el plan de mejoras puede incluir aportes de la administración y consideraciones sobre los recursos disponibles en la empresa para implementar tales opciones.

6.2 Aplicación y supervisión

6.2.1 Plan de aplicación de las Producciones más Limpias

El resultado final del estudio detallado es el plan de mejoras de la empresa. Este plan presenta los resultados de cada etapa del estudio detallado y esboza un plan de acción para alcanzar las mejoras identificadas en la empresa.

Los resultados de las evaluaciones deben documentarse de forma fácilmente comunicable, en particular para informar a la dirección que es la que, en última instancia, autoriza las mejoras y que da paso a la elaboración de un plan de acción. También debe servir para una posterior comprobación de los resultados alcanzados frente a las expectativas puestas en el proyecto.

El plan de acción debe prepararse detalladamente como si se tratara de cualquier proyecto de nueva ejecución. Se han de especificar por tanto los datos técnicos como las necesidades de tipo humano y se incluirán no solo la ejecución material, sino otras como la formación del personal operativo o las acciones con los clientes.

Un plan de aplicación consiste en la organización de los proyectos requeridos para llevar a cabo las opciones, la movilización de los fondos, recursos humanos y logística necesarios. El entrenamiento, la supervisión y el establecimiento de un sistema de gestión como el Sistema de Gestión Medioambiental (SGE) también son a menudo componentes importantes de un plan de aplicación.

El plan de aplicación debe definir claramente el tiempo, las tareas y las responsabilidades. Esto implica:

- Priorización de la aplicación de opciones que dependen de los recursos disponibles
- Preparación de las especificaciones técnicas requeridas, la preparación del sitio, preparación de la documentación para la licitación, etc.
- Asignación de las responsabilidades y preparación de los programas de supervisión y revisión

El equipo de las P+L debe dar la primera prioridad a llevar a cabo opciones que son de bajos costos, fáciles llevar a cabo y que sean un pre-requisito para la aplicación de otras opciones. A estas deben seguir las opciones que requieren más inversión, laboratorio, pruebas piloto o interrupciones en los horarios de producción.

Desarrollo del plan de mejoras de la empresa

En la redacción del plan de mejoras de la empresa hay tres etapas. La primera es el borrador del plan. La segunda es el trabajo con el representante de la empresa en el equipo para preparar la presentación a la administración. La tercera es la revisión del plan a partir de la retroalimentación con la administración y finalizar el plan.

Contenido del plan

El plan de mejoras contiene:

- Una descripción detallada de los cambios propuestos
- Un resumen de costos, beneficios y período de retorno

- Requerimientos de recursos (trabajo, equipos, materiales, energía)
- Resumen del programa de implementación
- Objetivos técnicos de funcionamiento e indicadores
- Objetivos financieros de funcionamiento, basado en los objetivos técnicos

Muchas veces, las opciones se llevan a cabo durante o inmediatamente después de las EP+L en las empresas.

Habiendo decidido cuales opciones de mejoras implementar, muchas veces quedan fijados los objetivos de las mejoras. Entonces se seleccionan uno o más indicadores de la realización para medir el éxito alcanzado en la consecución de los objetivos.

Después de decidir cuales opciones de mejoras serán implantadas, hay que desarrollar los objetivos e indicadores de lo que se va a llevar a cabo para clarificar cuales serán las expectativas del mejoramiento y como serán medidas.

Definiciones:

Objetivo: es el requisito detallado de funcionamiento que hay que buscar, preferiblemente expresado en términos cuantitativos, para alcanzar un propósito definido de mejoramiento.

Indicador: es la medida cuantitativa usada para evaluar el éxito en alcanzar el objetivo.

Ejemplo:

Tabla 6.5 Ejemplo de propósito del mejoramiento, objetivo e indicador:

Propósito	Opciones	Objetivo	Indicador
Reducir la cantidad de madera consumida y desperdiciada en la fabricación de ratoneras	• Base de la ratonera más pequeña y fina • Mayor precisión en el corte de la madera	Incrementar el número de ratoneras producidas por kg de madera de 160 a 180 mensuales	Compatibilización mensual entre las compras de madera y la cantidad de ratoneras que pasan el control de calidad

Los objetivos deben ser cuantitativos, de hecho, mientras más cuantitativos, mejor. Por ejemplo, especificar exactamente cual desperdicio debe ser reducido, cuando y cuanto. Las correspondientes reducciones de costos también deben ser calculadas e incluidas en la definición del objetivo.

Los objetivos nunca serán arbitrarios y deben tener una justificada esperanza de realización. Por ejemplo, puede derivarse de cálculos basados en datos del proceso, del benchmarking industrial o de registros internos de funcionamiento, significando esto último que " lo que se alcanzó el mes pasado, hay que ser capaz de alanzarlo todos los meses a partir de ahora". Obviamente, los empleados apropiados de la empresa deben estar involucrados en el ajuste de los objetivos, puesto que ellos serán los que tratarán de alcanzar los objetivos después que los estudiantes hayan finalizado el proyecto y se hayan ido.

Indicadores de funcionamiento

Los indicadores de funcionamiento deben ser:

- Prácticos
- Cuantitativos (basados en la medida de cantidades)
- Expresados como cantidad por unidad de producción (kg de desperdicios/ t producto, o kg de materia prima/kg de producto)
- Rentables (las mediciones son relativamente de bajo costo)

Es importante expresar los indicadores en unidades que sean independientes de la escala de operación de la empresa. Este permite que los datos de funcionamiento de la empresa sean usados en el benchmarking futuro cuando la empresa haya crecido.

Selección de indicadores

La selección de indicadores efectivos no es siempre fácil. Hay que ser cuidadosos en la selección de indicadores que muestren que parezca que hay un buen comportamiento económico, pero no puedan indicar las mejoras medioambientales.

En el ejemplo anterior de la ratonera, por ejemplo, si se seleccionó un indicador en relación con la cantidad de desperdicios que exista en los depósitos de residuos de madera, entonces, los empleados pueden estar tentados a sacar desechos de madera de los depósitos con el fin de que parezca que se alcanzó el objetivo.

Indicadores de funcionamiento útiles

Los indicadores de funcionamiento relacionados con las entradas y la producción de productos vendibles, regularmente son los mejores indicadores, por ejemplo:

- Cantidad de una particular materia prima consumida por unidad de producción
- Energía consumida por unidad de producción
- Cantidad de agua requerida por unidad de producción

Las mediciones directas de desperdicios pueden ser usadas como un indicador de funcionamiento, siempre que sean fiables las mediciones y no causen que los empleados oculten desperdicios a fin de alcanzar el objetivo propuesto.

Otros indicadores de funcionamiento frecuentemente usados incluyen el tiempo de utilización del equipamiento de producción, velocidad de producción y tiempo perdido. Sin embargo, estos parámetros pueden no ser relevantes para el proyecto a desarrollar por los estudiantes.

Indicadores financieros del funcionamiento

Así como se expresan los indicadores de funcionamiento en términos de cantidades de material, o energía, y productos, estos se expresan en términos de ahorro financiero. Esta es una información que no solo es importante para la administración de la empresa, sino que es importante también en la demostración del éxito de la evaluación de P+L.

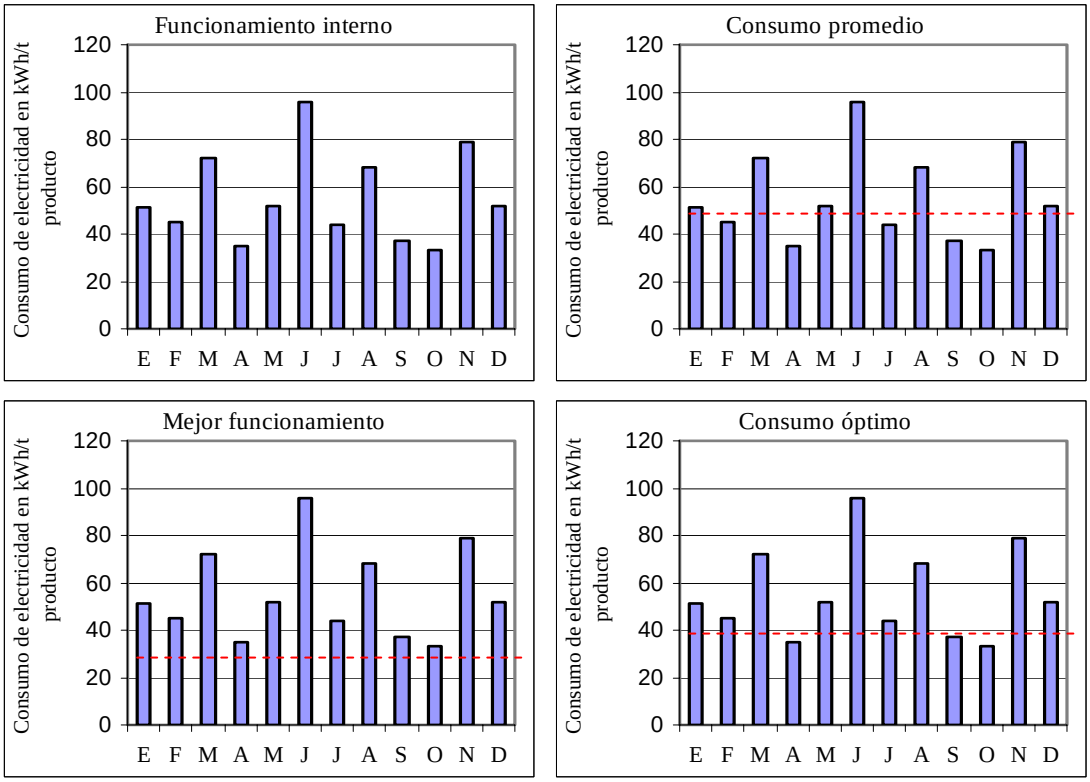
Otros usos de los indicadores de funcionamiento

Estos indicadores también pueden ser usados por la empresa para monitorear aspectos del comportamiento de los desperdicios, con independencia de si esos desperdicios han sido considerados dentro de los objetivos de las mejoras del funcionamiento.

El equipo de estudiantes debe revisar los indicadores de funcionamiento de la empresa (ver las planillas de la evaluación preliminar) y sugerir otros indicadores de funcionamiento que puedan centrar la atención sobre el nivel de desperdicios y sus costos para la empresa. Esto es especialmente útil donde hayan variaciones significativas en el tiempo de los niveles de desperdicios por unidad de producción, por ejemplo, donde los procesos presentan algún grado de descontrol.

Ejemplo:

A continuación se repite el gráfico de la **Figura 5.8** del Tema 5,el cual muestra el consumo de energía por unidad de producción, y otros tres gráficos iguales en los que aparecen tres niveles que pueden ser seleccionados como objetivos para el consumo de electricidad en una empresa de producción.



Discusión del ejemplo

La selección del consumo promedio de electricidad como objetivo (Objetivo 1 – Promedio) no conducirá a ninguna reducción significativa en el consumo anual o en los costos, aunque puede conducir a mejorar el control del proceso, el cual es, obviamente, malo.

Si se escoge el mínimo consumo de electricidad como objetivo (Objetivo 2 – Mejor funcionamiento), puede no ser alcanzable porque este nivel de consumo ha sido alcanzado solo una vez en los últimos 12 meses. Si se selecciona un objetivo inalcanzable, esto puede desanimar y erosionar el apoyo al plan de mejoramiento.

Seleccionando un objetivo a un nivel intermedio (Objetivo 3 – Objetivo óptimo), si se alcanza, conducirá a una reducción significativa en el consumo de electricidad y en los costos. Este parecería un objetivo práctico y alcanzable, pues solo no se alcanzó tres veces en los pasados 12 meses.

6.2.2 Sostener en el tiempo la Evaluación de las Producciones más Limpias

La aplicación de EP+L y aplicación de opciones de las Producciones más Limpias requerirá a menudo de cambios en la organización y sistema de dirección de la empresa.

Las áreas importantes de cambios son: la integración del nuevo conocimiento técnico; la comprensión de las nuevas prácticas de operación, la extensión de los procedimientos de compras revisados, la instalación y operación del nuevo equipo, el cambio del empaquetamiento y comercialización de los productos y los subproductos. Estos cambios incluirán los procedimientos modificados de mantenimiento preventivo, la segregación desperdicios y prácticas de reciclado, etc.

Por consiguiente, es importante asegurar que la EP+L se lleve a cabo como una actividad continua, integrando el concepto de Producciones más Limpias en el sistema de dirección de la empresa.

6.2.2.1 Supervisión

Una vez realizados los cambios y ejecutada la puesta en marcha, se procede a las mediciones necesarias para comprobar la correcta ejecución y las mejoras conseguidas. Los nuevos

consumos, producción de residuos, productividad, calidad del producto, costos, etc. deben ser adecuadamente verificados.
La supervisión tiene como objetivo conocer los resultados de la integración de las P+L como parte de la estrategia global de gestión de la empresa. Hay muchas formas de medir el progreso alcanzado en los objetivos de P+L, aunque siempre que sea posible será preferible utilizar una forma cuantitativa. El beneficio conseguido con las diferentes opciones implementadas debe ser cuantificado. Ésta será la mejor manera de confirmar a la dirección las ventajas de la P+L y conseguir la implantación de un programa de continuidad. Para la cuantificación se pueden utilizar valores absolutos o índices relativos. Como valores absolutos se pueden tomar valores medidos en base anual y utilizar la comparación entre valores correspondientes en el tiempo para determinar la medida del progreso. Alternativamente se pueden utilizar índices normalizados que por si solos dan la medida del progreso.
Algunos ejemplos de medidas absolutas son:

- Consumo anual de energía en las distintas formas
- Consumo anual de agua
- Producción anual de aguas residuales en volumen o carga contaminante
- Producción anual de emisiones
- Generación anual de subproductos
- Consumo anual de sustancias tóxicas
- Generación anual de residuos totales y/o tóxicos

Los indicadores basados en índices normalizados sobre la base de la unidad de producción se utilizan no solo para comparaciones internas, sino que son de uso frecuente para comparar diferentes plantas de producción fabricando los mismos productos y, de ser posible, se utilizan para comparar con los mejores valores teóricos o alcanzados en la práctica (benchmarking).
El índice de reducción (IR) se calcula según la ecuación:

$$IR = \left(\frac{\left(\frac{Gb}{Pb}\right) - \left(\frac{Gn}{Pn}\right)}{\left(\frac{Gb}{Pb}\right)} \right) 100$$

donde:
Gb = cantidad procesada o generada en el año base
Gn = cantidad procesada o generada en el año que se informa
Pb = cantidad de producto producido en el año base
Pn = cantidad de producto producido en el año que se informa.
La relación **Pn/Pb** es, a su vez, el índice de actividad de la planta de fabricación.
El rendimiento de utilización de las materias primas o de la energía también se puede calcular como la relación entre la cantidad que se ha integrado en el producto y la cantidad alimentada; o si se prefiere un índice de desperdicio calculado como la relación entre la cantidad que aparece en las corrientes residuales respecto a la cantidad alimentada.
El verdadero progreso puede quedar enmascarado por algunos factores que no se hayan tenido en cuenta, como son:

- Los consumos o las pérdidas no siempre siguen una relación completamente lineal con la producción
- Las pérdidas de una materia prima pueden generarse en más de un punto del proceso
- En una planta compleja, si se mide un componente residual, este puede haber sido generado en más de una unidad

- Cuando se cambia de sustancias para conseguir la P+L, las comparaciones no se pueden hacer sobre una base homogénea, y raramente se pueden dar comparaciones cuantitativas de peligrosidad de sustancias distintas

Excepcionalmente, puede ser necesario algún reajuste de las previsiones de progresión, tanto en una dirección como en otra. Del mismo modo hay que acumular la experiencia conseguida, sea negativa o más positiva de lo esperado, pero para futuras opciones.

6.3 Conclusión

6.3.1 Los límites de la P+L

Hasta hace pocos años, el marco de desarrollo de la industria estaba regido casi exclusivamente por criterios económicos. En general, el criterio ambiental desempeñaba un papel muy secundario en las decisiones.

Hoy día la creciente sensibilidad por el medio ambiente ha impuesto unas nuevas condiciones; una conciencia de la necesidad del desarrollo ecológicamente sostenible y un nuevo marco regulador. Dentro de este nuevo marco se encuentra, como una oportunidad le P+L

Sin embargo, la P+L ha estado muy desconectada de las anteriores experiencias de análisis operacional o análisis de procesos practicado por muchas empresas en sus plantas de proceso porque los actores han sido casi completamente otros. La P+L debió su impulso inicial no a una generación anterior de tecnólogos, sino a una nueva generación impulsada por la necesidad de un desarrollo sostenible. Posiblemente en la etapa presente, en que la P+L está siendo absorbida por muchos especialistas sectoriales y se va integrando en la gestión industrial más general, se puede llegar a obtener por coordinación de mentalidades y suma de experiencias, el máximo beneficio de la misma.

Sin embargo, la P+L beneficiosa a la vez para el ecoambiente y la economía, tiene unas limitaciones determinadas en cada sector industrial. Se menciona repetidamente la posibilidad de reducir hasta un 30 % los problemas ambientales mediante la P+L, no obstante, queda un largo camino hasta alcanzar los objetivos de emisión cero.

Una vez incorporados los beneficios inventariados de la P+L en el diseño de nuevos procesos, solamente queda la vía de la innovación. Hacen falta nuevos procesos para las fábricas del futuro. El objetivo es llegar a los mismos productos fabricados al máximo con materias primas renovables, transformadas con la máxima eficiencia, dejando un mínimo de corrientes residuales, y sin rastros de toxicidad en la producción y en el producto.

6.3.2 La innovación tecnológica

Para llevar adelante todo este cambio hay que introducir la motivación en los laboratorios de investigación, formar a los ingenieros de diseño y los operadores de la fabricación y convencer a los políticos del camino a seguir. Para alcanzar estos objetivos hay que impulsar manifiestamente una política apropiada de innovación tecnológica, que impulse la promoción y eliminación de barreras de la innovación tecnológica. Su consecución es la manera más efectiva de dar continuidad a la P+L.

6.3.2.1 Promoción de la innovación tecnológica

Se identifican las siguientes acciones para la promoción de la innovación tecnológica:

- Identificar y clarificar las necesidades
- Establecer objetivos tecnológicos
- Integrar la tecnología con los sistemas económico y social
- Reducir las barreras a la adopción de innovaciones
- Mantener un control sobre el proceso de desarrollo tecnológico

6.3.2.2 Barreras de la innovación tecnológica

A continuación se describen las barreras más comunes de la innovación tecnológica:

- El innovador no sabe que existe una necesidad específica en el mercado
- El innovador no está familiarizado con las características importantes de la necesidad o el mercado
- El usuario potencial no conoce la existencia del proceso o producto resultante de la innovación
- El usuario potencial no está familiarizado con la propuesta técnica
- El usuario potencial no tiene los medios técnicos o financieros para adaptarla a su caso
- La innovación no está adaptada a las circunstancias propias del lugar de aplicación
- No está claro el beneficio potencial u oportunidad que ofrece la innovación
- La innovación representa un elevado riesgo de fracaso
- Nadie en el entorno está utilizando la innovación

6.3.2.3 Recomendaciones para salvar las barreras

- Buscar si existe la tecnología apropiada a las necesidades
- Identificar si la innovación disponible se corresponde con los objetivos tecnológicos
- Identificar si se trata de cambios de orden mayor o de adaptación a la nueva tecnología
- Comprobar la relación aplicabilidad / mercado potencial / beneficio esperado de la innovación