



METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE REEMPLAZO DE EQUIPOS

División de Evaluación Social de Inversiones

2013

INDICE

	Página
I. Introducción	3
II. Preparación de proyectos	7
III. Evaluación del proyecto	9
IV. Elementos condicionantes	17
V. Propositiones respecto a evaluación bajo incertidumbre	18
VI. Evaluación financiera	20

I. Introducción

La presente metodología tiene como objetivo entregar los elementos necesarios para tomar la decisión de adquirir equipos nuevos o para reemplazar equipos usados, ya sea porque estos últimos están presentando fallas en su operación o aún no presenten fallas significativas.

La metodología también facilita la labor de selección de alternativas de equipos nuevos que ofrece el mercado.

Para el caso de adquisición de equipos por primera vez, se calculan indicadores para evaluar la conveniencia de automatizar labores que actualmente se desarrollen en forma manual, es decir, la conveniencia de la sustitución del factor mano de obra por el factor capital.

Tipologías de Proyectos

Se pueden definir tres tipologías de proyectos:

-Proyectos de Reposición: implica la renovación total o parcial de un equipo ya existente, sin cambios de la capacidad y calidad de los servicios de dicho equipo, o con cambios que signifiquen mejoras pequeñas de la capacidad y calidad del servicio.

-Proyectos de Equipamiento: consiste en la adquisición y/o instalación de nuevos equipos para algún servicio o proceso existente, estos equipos no reemplazan a ningún otro, ya que se adquieren para labores o tareas a ser dotadas de equipamiento por primera vez.

-Proyectos de Ampliación: consiste en el aumento de la capacidad del servicio por medio de la adquisición de equipamiento adicional o por medio del cambio tecnológico.

I. Teoría sobre la cual se basa la metodología.

Identificación de beneficios y costos

Los beneficios de estos proyectos provienen de dos fuentes. En primer lugar, el nuevo equipo puede entregar una mayor cantidad de bienes y servicios producidos, mejor calidad, continuidad en la entrega, seguridad en términos de programación de producción, etc. Por otra parte, la adquisición de nuevo equipamiento genera un ahorro de costos, ya que lo normal es que los equipos nuevos tengan menores costos de operación, mantención y menores costos por falla del equipo.

Los costos corresponden principalmente a los ítems de adquisición del equipo (inversión) y sus costos de operación y mantención. Dentro de los costos de inversión deben considerarse tanto el costo de adquisición del equipo, como también los costos en que se debe incurrir para dejar el equipo en condiciones de funcionar, tales como: inversiones adicionales en infraestructura, instalaciones eléctricas y otros.

Se denomina costos de operación a los que se requieren para que el equipo funcione y produzca o entregue los bienes y servicios previstos, como insumos y materiales, remuneraciones del personal y gastos generales (agua, energía, etc.). Los costos de mantención son aquellos en que se debe incurrir periódicamente a efectos de mantener el equipo en buen estado de funcionamiento.

Para la evaluación del proyecto, se deben estimar los costos y beneficios adicionales que el nuevo equipo implica, con respecto a la situación actual o situación base. La diferencia entre los costos y

beneficios que se generan bajo la alternativa de adquirir un nuevo equipo, y los que se generarían si se continúa con la situación base, permitirá determinar la conveniencia o no de adquirir un nuevo equipo.

Para los proyectos de equipamiento, la situación base es la realizar una tarea o labor sin equipos, es decir en forma manual, o bien subcontratando parte de las operaciones a terceros ("outsourcing"). En el primer caso se habla de sustitución de trabajo por capital y el segundo caso se conoce como el problema de "hágalo o cómprelo". Cuando la adquisición del equipo no involucre aumento de capacidad con respecto a la situación base, la naturaleza de los beneficios será similar al caso de proyectos de reposición, se tienen en este caso beneficios por ahorro de costos con respecto a la situación base (principalmente, costos de mano de obra o costos de subcontratación), y el equipamiento resultará conveniente cuando los costos totales de los equipos sean menores que los costos de la situación base.

Para proyectos de ampliación y proyectos de equipamiento que involucren aumento de capacidad, se tendrán, además de los beneficios por ahorro de costos que se presentaban en los casos anteriores, beneficios por el aumento de la capacidad y/o calidad del servicio, estos beneficios se estimarán por medio de la diferencia en los ingresos por venta comparando la situación base versus la situación con proyecto de adquisición. Los mayores ingresos por venta se producen debido al aumento de capacidad que se genera en la situación con proyecto, por lo tanto hay un mayor volumen de ventas; sin embargo, también podrían obtenerse mayores ingresos por ventas producto de un mayor precio del bien o servicio, debido a una mejora en la calidad de éstos.

Indicadores de rentabilidad

El criterio de decisión más general aplicable los proyectos de adquisición de equipamiento es el **Valor Actual Neto (VAN)**. De acuerdo a este indicador, un proyecto cualquiera es conveniente si su VAN es positivo y la alternativa más conveniente entre reemplazar o no reemplazar será aquella que tenga mayor VAN.

El VAN permite sumar costos y beneficios que se producen en distintos períodos de tiempo, los cuales no pueden ser sumados directamente debido a que el valor del dinero varía en el tiempo, es decir, no tiene el mismo valor dinero de hoy que dinero futuro. Para corregir esto, el VAN "actualiza" los flujos futuros de costos y beneficios mediante una tasa de descuento, transformándolos en flujos expresados en dinero de hoy, para luego sumarlos sobre una base común.

La tasa de descuento o costo del capital corresponde a la rentabilidad de la mejor alternativa de inversión de la empresa o el inversionista que evalúa el proyecto. A modo de ejemplo, si la mejor alternativa de inversión para la empresa o el inversionista es comprar bonos del Banco Central que ofrecen una cierta tasa de interés, entonces esa tasa de interés será el costo del capital y la tasa de descuento relevante para calcular el VAN.

El VAN puede determinarse con la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i}$$

donde "r" es la tasa de descuento, "n" es el horizonte de evaluación del proyecto (número de períodos de tiempo a considerar en el análisis) y Bi y Ci son los beneficios y costos del período "i".

Cuando se comparan alternativas de proyectos que tienen iguales beneficios y que por lo tanto se diferenciarán solamente por los costos, puede usarse el Valor Actual de Costos (VAC), indicador que sirve para seleccionar la alternativa de mínimo costo, es decir, la que consume menos recursos. El VAC se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$VAC = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Cuando se están evaluando alternativas de equipos de distinta vida útil, se utilizan los indicadores Valor Anual Equivalente (VAE) y el Costo Anual Equivalente (CAE), éste último, cuando las alternativas producen los mismos beneficios. Estos indicadores calculan un flujo de costos y beneficios anual constante para todos los períodos de la vida útil, tal que al actualizar dicho flujo al año cero se obtenga como resultado el VAN y el VAC respectivamente.

El VAE se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$VAE = VAN \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

El término entre paréntesis cuadrado se denomina Factor de Recuperación del Capital.

Esta fórmula “reparte” el VAN en montos iguales, a lo largo de la vida útil del proyecto.

El CAE se calcula de forma similar, pero en este caso lo que se anualiza es el VAC.

$$CAE = VAC \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Para los proyectos de reemplazo de equipos interesa comparar las alternativas de seguir con el equipo antiguo versus adquirir uno nuevo, las cuales son alternativas de distinta vida útil, por lo tanto, se debe usar para comparar el VAE o el CAE, el primero cuando el equipo nuevo proporciona mayores beneficios que el antiguo (proyectos de equipamiento con aumento de capacidad o proyectos de ampliación) y el segundo cuando el nuevo equipo proporciona los mismo beneficios que el antiguo pero a un costo menor (caso de proyectos de reposición o de equipamiento sin aumento de capacidad).

Horizonte de evaluación y momento óptimo de reemplazo

La vida útil económica de estos proyectos siempre es menor que su vida útil técnica. En términos generales, la vida útil económica de un equipo finaliza cuando los beneficios que proporciona al operar un período adicional son menores que los costos que involucra mantenerlo operando un período más. Ese momento representa el momento óptimo de reemplazo del equipo, es decir, el momento en que culmina la vida útil económica determina el momento óptimo de reemplazo. Los beneficios netos adicionales que puede proporcionar un equipo entre la vida útil económica y su vida útil técnica quedan incorporados a los flujos mediante el valor residual económico.

Para conocer la vida útil económica del equipo nuevo se realiza el siguiente proceso iterativo: en la fórmula del CAE antes descrita, se deja como variable a determinar el "n", es decir el horizonte o

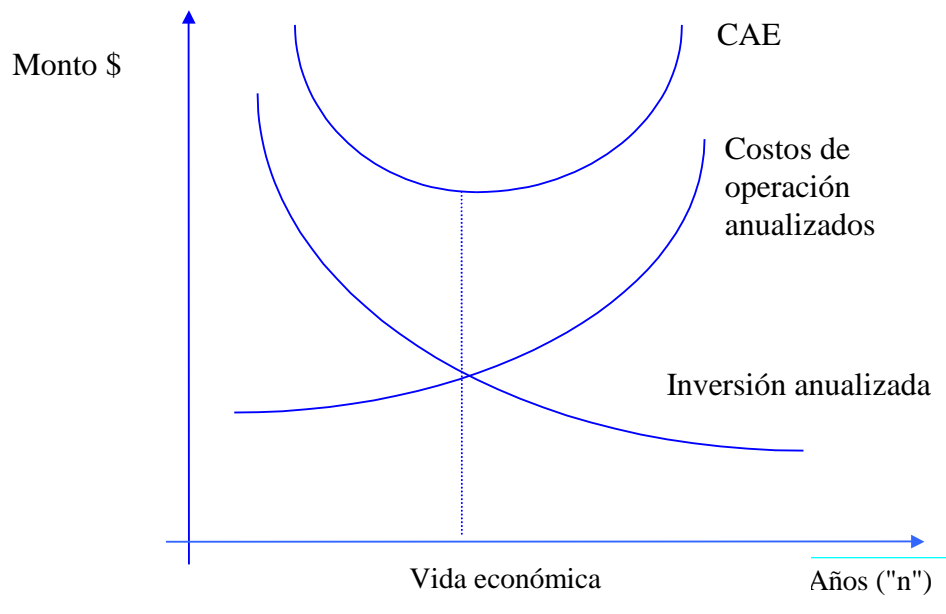
período de evaluación. Se deberá calcular el CAE para $n=1, 2, 3, \dots$ etc. En general, se obtienen valores cada vez menores para el CAE cuando aumenta "n", hasta que llegado un punto el CAE comenzará a aumentar. Aquel período para el cual el CAE es mínimo corresponderá al que fija la vida útil económica del equipo y también el momento óptimo de reemplazo.

Este comportamiento del CAE, decreciente y luego creciente en función del horizonte de evaluación "n", obedece a que este indicador anualiza dos términos de comportamiento opuesto: por un lado se tienen los costos totales de operación (la sumatoria de los C_j) que crecen a medida que transcurre el tiempo, ya que se agregan más términos a la sumatoria, y por otro lado está la inversión anualizada, que tiende a disminuir ya que es el producto del valor de adquisición en el año cero (I_0) por el Factor de Recuperación del Capital, el cual es decreciente con el tiempo.

La fórmula del CAE antes calculada, queda más claramente especificada al separar como costo del año cero al valor de adquisición y al restar de los costos el beneficio que significa el valor de reventa del equipo al final de su vida útil (Valor Residual), de esta manera:

$$CAE = \left(I_0 - \frac{VR}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i} \right) \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Al conjugar ambos términos se obtiene la curva de CAE decreciente y luego creciente tal como se presenta en el siguiente gráfico.



II. Preparación de Proyectos

Análisis de Antecedentes

En primer lugar, se deberán presentar datos referentes a la institución que presenta el proyecto: antecedentes generales respecto de su actividad, servicio que presta, tamaño (número de trabajadores, volumen de producción o servicios prestados), ubicación geográfica y disponibilidad de recintos adecuados para el equipo.

En relación al equipo o componente de equipo objeto del proyecto, deberá indicarse:

-Tipo de equipo y producto que proporciona

-Descripción del equipo existente, marca y año de adquisición, vida útil técnica y calidad de producción del bien o servicio (si es que ya existe un equipo, es decir, en el caso de proyectos de reposición o ampliación)

-Descripción del equipo que se pretende adquirir, vida útil técnica y calidad de su producción

-Volúmenes de producción o de prestación de servicios durante los últimos años, y precios de venta del producto o servicio que se obtiene con el equipo

-Volúmenes de producción o servicios subcontratados a terceros (si fuera el caso)

Diagnóstico

En el planteamiento y análisis del problema, corresponde definir la necesidad que se pretende satisfacer o se trata de resolver, establecer su magnitud y señalar las deficiencias detectadas.

Si se trata de una reposición o ampliación, el problema seguramente estará relacionado con el funcionamiento actual de un equipo antiguo. La presentación del proyecto deberá en este caso respaldarse con informes técnicos referidos a las causas del funcionamiento deficiente.

Si, en cambio, se trata de equipamiento nuevo, se deberá describir los problemas, oportunidades desaprovechadas o necesidades insatisfechas que se han producido debido al procesamiento manual o la subcontratación de servicios a terceros.

Como resumen de este punto deben quedar justificados los problemas y requerimientos, diferenciando claramente cuáles están asociados a problemas de gestión organizacional (problemas administrativos) y cuáles a problemas netamente tecnológicos; los primeros debieran solucionarse previamente a la introducción de soluciones tecnológicas; respecto a los segundos, éstos debieran sintetizarse en requerimientos técnicos, a objeto de poder con posterioridad seleccionar entre distintas alternativas tecnológicas.

Optimización de la Situación Actual

La definición de la situación actual optimizada (o situación base optimizada) es clave para determinar los beneficios atribuibles al reemplazo de un equipo específico.

Se entiende por situación base optimizada, a la situación actual mejorada por medio de medidas correctivas que permitan elevar el nivel de desempeño sin necesidad de adquirir aún un nuevo equipo. Dichas medidas siempre deberían ser implementadas en forma previa a la decisión de adquirir un nuevo equipo, de otra forma, se estarán sobreestimando la rentabilidad del proyecto, ya que parte de los beneficios se podrían obtener de todas maneras con medidas que implican costos mucho menores que una adquisición de equipos

Ejemplos de medidas de tipo administrativas son los siguientes: mejorar el rendimiento del equipo existente perfeccionando al personal a cargo de su operación, medidas de racionalidad del servicio tales como mejorar las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo, rediseños menores del proceso productivo (redistribución de cargas de trabajo entre equipos, reasignación de cargas entre turnos de trabajo, etc.). En el caso en que en la situación actual se esté subcontratando servicios se podría cambiar la empresa subcontratada.

Alternativas de Solución

En el caso de proyectos de reposición o de ampliación, las alternativas son: continuar operando con el equipo existente (con las necesarias reparaciones y mantenciones) o reemplazarlo por uno nuevo. En el caso de proyectos de equipamiento, las alternativas son: continuar con procesos manuales o subcontratados a terceros, o adquirir el equipamiento. También podría considerarse como dos alternativas más de la situación con proyecto la subcontratación a terceros, ya que ésta puede a veces ser preferible a la situación base en proyectos de reposición, ampliación o los de equipamiento en los que la situación actual es un proceso manual.

La invertir una reparación mayor y reacondicionamiento del equipo antiguo, es similar a la adquisición de un equipo nuevo, por lo tanto, se procede de la misma manera en la evaluación.

Preselección de Alternativas

Este es un análisis técnico necesario y previo a la evaluación económica de las alternativas. La idea es descartar aquellas opciones que no sean técnicamente factibles.

Si el proyecto pretende mantener la capacidad y calidad actual (reposición o equipamiento sin incremento de capacidad), se deberán descartar aquellas alternativas tecnológicas que no permitan alcanzar dicha capacidad. Por otra parte, si el proyecto pretende aumentar la capacidad (ampliación o equipamiento con incremento de capacidad), se deberán descartar aquellas alternativas que no permitan alcanzar el nuevo estándar de capacidad deseado.

En cualquiera de los casos anteriores, un punto de la mayor importancia es seleccionar correctamente entre las alternativas de equipos para la situación con proyecto, es decir, la selección entre la gama de equipos nuevos de características similares que ofrece el mercado. Para hacer esta selección del equipo nuevo se deberá realizar el siguiente proceso de evaluación:

Sean "m" el número de equipos de características similares que ofrecen los proveedores, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Calcular para los "m" equipos su vida útil económica o momento (año) óptimo, de la manera que se detalla en los puntos teóricos anteriores.

2. Sea n_i^* el año óptimo de reemplazo para la alternativa "i" de equipo nuevo. Se deberá calcular para cada equipo su CAE mínimo, es decir el CAE calculado para año n_i^* . Se definirá CAE_i^* al CAE mínimo del equipo "i".

3. Seleccionar entre todos los equipos aquel que presente el menor CAE_i^* , es decir, se selecciona el equipo "j" tal que $CAE_j^* = \text{MIN} \{ CAE_i^* \}_{i=1,2,\dots,m}$

Cabe señalar que cuando la situación con proyecto considere la subcontratación de servicios a terceros, dicha alternativa será analizada como una alternativa más de equipo nuevo, es decir, se la deberá calcular el CAE a la subcontratación, considerando los costos del servicio subcontratado, y se incluirá la alternativa dentro del ranking del que será seleccionada la alternativa de menor CAE_i^*

III. Evaluación del Proyecto

En esta etapa corresponde definir todos los beneficios y los costos atribuibles al proyecto. Estos pueden ser directos o indirectos. La **evaluación privada** sólo considerará los beneficios y los costos que afectan directamente a los "dueños" del proyecto, vale decir a la empresa o institución ejecutora del proyecto, en tanto la **evaluación social** introducirá correcciones a dichos valores privados para que reflejen el efecto del proyecto en el conjunto de la sociedad, a la vez que se agregarán aquellos costos y beneficios que el proyecto genera en otros mercados (productores y consumidores) y que no son considerados en la evaluación privada.

Además, los proyectos pueden generar beneficios y costos difíciles de medir y valorar, tales como contaminación, calidad de la producción, mayor confiabilidad y oportunidad de la información, etc. A este tipo de beneficios y costos se les denomina intangibles o no cuantificables y debido a las dificultades para su medición y valoración, solamente deberán describirse en términos cualitativos.

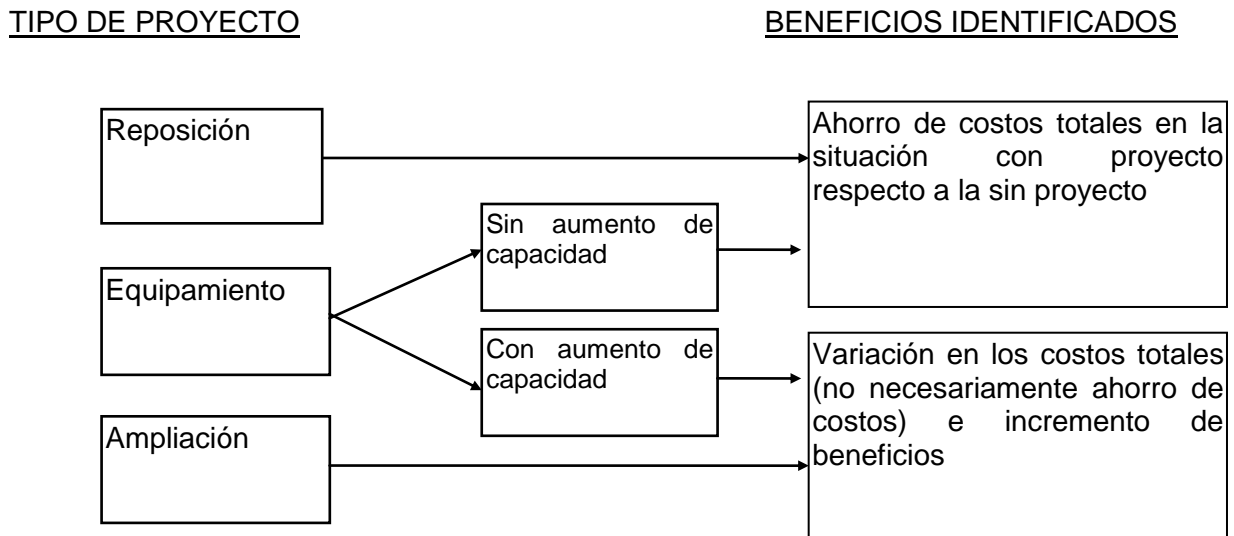
Los beneficios y costos que se pueden medir y valorar (se les denomina tangibles o cuantificables), deberán considerar sólo los beneficios y costos incrementales, es decir, sólo aquellos costos y beneficios adicionales que proporciona el proyecto con relación a la situación base optimizada (sin proyecto).

Beneficios y Costos según Tipología de Proyectos

La evaluación de proyectos de reemplazo de equipos que mantienen un determinado nivel de capacidad y calidad en la producción de bienes y servicios, no requiere determinar los beneficios de las situaciones con y sin proyecto, ya que en la comparación se anularían. En ese caso los beneficios están dados exclusivamente por las diferencias en los costos totales (inversión, operación y mantención) de ambas situaciones. Este sería el caso de los proyectos de reposición y de equipamiento sin aumento de capacidad y calidad en la producción.

En los proyectos de reemplazo que involucran aumento de capacidad (ampliación y equipamiento con aumento de capacidad), no bastará con comparar los costos, sino que además, debido al aumento de capacidad en la situación con proyecto, esta última situación presentará beneficios con respecto a la situación sin proyecto, estos beneficios normalmente podrán estimarse en base a los mayores ingresos por venta que se obtendrían debido al aumento de la capacidad o la calidad de la producción. Cabe señalar que los costos de producción y/o mantenimiento podrían incluso aumentar, debido a mayores niveles de producción.

En el siguiente esquema se resume la identificación de beneficios y costos según tipología de proyectos descrita en los dos párrafos anteriores:



Estimación de beneficios sociales y privados

Los beneficios deben estimarse para la alternativa de mínimo costo anual equivalente y se compararán con los beneficios de la situación base optimizada, obteniéndose así beneficios netos incrementales de la situación con proyecto, es decir

$$BN_{c/s} = (B_{cp} - C_{cp}) - (B_{sp} - C_{sp})$$

Donde

BN c/s: Beneficio neto con proyecto versus sin proyecto

B_{cp} : Beneficios con proyecto

B_{sp} : Beneficios sin proyecto

C_{cp} : Costos con proyecto

C_{sp} : Costos sin proyecto

Nótese que reordenando los términos

$$BN_{c/s} = (B_{cp} - B_{sp}) - (C_{cp} - C_{sp})$$

Se observa que el beneficio neto incremental en el caso más general, provendrá de incremento de beneficios, de ahorro de costos o de ambos. La estimación de los ahorros de costos se abordará en el punto siguiente (Estimación de costos).

El incremento de beneficios atribuible a la mayor capacidad de producción de bienes o servicios, puede determinarse por la diferencia en los ingresos por venta que se obtendrían en las situaciones con y sin proyecto. Los ingresos por venta (precio de venta multiplicado por la cantidad vendida) serán mayores en la situación con proyecto asumiendo que la producción adicional debida al proyecto podrá ser vendida en el mercado.

El incremento de beneficios atribuible a la mayor calidad y seguridad en la producción, puede estimarse de dos formas alternativas:

-Buscar datos de precios de venta de productos que tengan niveles de calidad similares a los que se alcanzará en la situación con proyecto; estos precios debieran ser mayores a los precios de venta en la situación base con un producto de calidad inferior.

-Si no existen datos sobre precios de productos de calidad similar a la que permitirá alcanzar el proyecto, o si por políticas de las empresas no se diferencian precios entre productos de distinta calidad, se puede estimar el incremento de beneficios por calidad, simulando que en la situación base se intenta alcanzar el nivel de calidad de la situación con proyecto, mediante mayores costos de operación, supervisión, rediseños de procesos, y cualquier otro costo que no involucre adquirir aún un nuevo equipo. En este caso el incremento de beneficios por calidad y seguridad puede estimarse como el ahorro de esos costos.

Por otra parte, al final de la vida útil del proyecto debe considerarse el valor residual del equipo (que dependerá de los años de funcionamiento que aún la quedan). Se puede tomar como valor residual el probable valor de reventa que tendría el equipo a esa fecha, o el valor de sus elementos y componentes que pudieran utilizarse como repuestos.

En la evaluación privada los valores antes indicados no deberán incluir el impuesto IVA. Para la evaluación social del proyecto, deben corregirse los factores de ajuste de la divisa y la mano de obra calificada y no calificada, eliminando previamente del cálculo todo impuesto o subsidio

Estimación de costos

Costos privados

Los costos que deben considerarse corresponden a los desembolsos que requeriría la alternativa seleccionada en relación a la situación base optimizada. En el caso de bienes y servicios, su valor debe excluir el impuesto al valor agregado (IVA), e incluir los aranceles de

importación, además de todas las erogaciones necesarias para tenerlos disponibles en la institución o empresa. En el caso del personal, el costo se mide por las remuneraciones que deben pagarse. Ellas deben incluir todos los conceptos que signifiquen una erogación para la institución (lo que se le paga al empleado, el pago de las leyes sociales de salud y fondos de pensiones, los impuestos, etc.)

a. Costos de Inversión:

El costo de inversión corresponde a la adquisición de equipos, considerando la inversión total de la compra del equipo nuevo hasta su puesta en funcionamiento, incluyendo también las modificaciones y/o adaptaciones de infraestructura y edificios que se pudieran necesitar. Corresponde asignar este gasto en el momento inicial del proyecto (llamado momento cero). Si la inversión durara más de un año, se asignará a cada año la parte que corresponda de la inversión total.

La base para la estimación de la inversión serán las cotizaciones obtenidas de una o más empresas proveedoras.

Es importante conocer el plazo en que pudiese necesitarse una mantención mayor, es decir, dentro de cuántos años a partir del año cero, habría que hacer una inversión importante en mantención y a cuánto ascendería dicha mantención mayor.

En la situación sin proyecto no se considera la inversión en equipos, ya que ésta se realizó en el pasado (caso de reposiciones o ampliaciones) o bien nunca se hizo dicha inversión (caso de equipamiento).

b. Costos de operación:

Estos costos ocurrirán durante todos los años de vida del proyecto a partir del momento en que el equipo (nuevo o reparado) quede listo para entrar en funcionamiento.

El costo total de operación será igual a los costos fijos, que no dependen de los niveles de producción, más el costo unitario variable multiplicado por el nivel de producción o prestación de servicios. Para obtener el costo unitario variable por producto o prestación de servicio se deben determinar los costos totales variables incurridos en un determinado período, en el tipo de producto o servicio que se está estudiando y se dividirá luego por el nivel de producto o servicio de ese mismo período. El costo fijo se estimará como un promedio de esos gastos en una época de funcionamiento normal del equipo.

Deben incluirse en este análisis los costos correspondientes a la adquisición de:

- Insumos, materiales necesarios para la producción o prestación del servicio
- Remuneración del personal (operarios, profesionales, ayudantes, secretarias, etc.)
- Gastos generales, fijos y variables.

c. Costos de mantención:

Para la situación base optimizada y para la alternativa seleccionada deberán estimarse los costos de mantención. Esta información generalmente es proporcionada por las empresas que reparan o venden los equipos. Puede aparecer como un porcentaje del valor inicial del equipo y generalmente los gastos de mantención crecen a medida que el equipo se hace más antiguo.

d. Costos financieros e impuestos a las utilidades

Dentro de los costos privados, se consideran además el pago de los costos financieros y el pago de los impuestos a las utilidades.

Costos Sociales

A partir de los datos de costos privados se estiman los costos sociales correspondientes a las alternativas de solución y la situación considerada como base. Para ello, se deben realizar correcciones a los costos de acuerdo con las instrucciones sobre precios sociales dadas por el Ministerio de Desarrollo Social cada año.

Los bienes, tanto materiales y como servicios, se dividirán en bienes importados y bienes nacionales.

Bienes importados: en primer lugar se debe descontar el IVA y el arancel de importación; luego, se deberá aplicar el factor de corrección de la divisa.

Bienes nacionales: se debe descontar solamente el IVA y otros impuestos específicos aplicables a ese bien.

Remuneraciones: se deberá distinguir entre mano de obra calificada, mano de obra semi calificada y mano de obra no calificada, aplicando los factores de corrección correspondientes a cada categoría.

Estos cálculos referentes a bienes materiales y a remuneraciones se harán para los siguientes rubros de costos: Inversión, operación y mantención, es decir, no todos los indicados anteriormente (caso privado), ya que no se incluyen los costos financieros y los impuestos.

Cálculo de indicadores para la evaluación social

Para cualquiera tipología de proyecto (reposición, equipamiento o ampliación), previo a determinar la conveniencia del reemplazo (de un equipo antiguo por uno nuevo, de mano de

obra por un equipo nuevo, o de subcontratación a terceros por un equipo nuevo), se deberá seleccionar entre las alternativas de equipos nuevos existentes en el mercado, es decir, se deberá determinar cuál es el equipo más conveniente para considerar en la situación con proyecto. Esta selección se realizará con el criterio de optar por el equipo de menor CAE tal y como se describió en el punto anterior de Preselección de alternativas de solución.

Caso de proyectos de reposición y equipamiento sin aumento de capacidad

Una vez seleccionada la alternativa de equipo nuevo más conveniente, y para el caso de proyectos de reposición o equipamiento sin aumento de capacidad, se compara el CAE de ese nuevo equipo con el **costo marginal** de seguir operando el equipo antiguo durante un año más, o el costo marginal de seguir operando con procesos manuales o el de seguir subcontratando a terceros según fuera el caso. En cualquiera de estas tres situaciones base el costo marginal (CM) se calcula como:

$$CM = \frac{C_1}{(1+r)} + VR_0 - \frac{VR_1}{(1+r)}$$

donde:

C_1 : Costos directos e indirectos asociados a la operación del equipo durante un período adicional

VR_0 : Valor residual del equipo en el momento cero, es decir, al inicio del año adicional

VR_1 : Valor residual del equipo al final del período adicional (al final del año adicional)

r : Tasa de descuento relevante para la empresa o servicio

La comparación del CAE del nuevo equipo con el costo marginal (CM) de la situación base, es lo que permite determinar si existen ahorros de costos al hacer el reemplazo. Claramente el criterio de decisión será:

-Si CAE del nuevo equipo es mayor que Costo Marginal de la situación actual, entonces no conviene reemplazar ya que no hay beneficios por ahorro de costos

-Si CAE del nuevo equipo es menor que el Costo Marginal de la situación actual, entonces conviene reemplazar ya que habría un beneficio igual a la diferencia de los costos, es decir, Beneficio anual = Costo Marginal de la situación actual - CAE del equipo nuevo.

Caso de proyectos de equipamiento con aumento de capacidad y de ampliación

Como ya se vio anteriormente, en este caso no basta con comparar los costos de las situaciones con proyecto y sin proyecto, porque se deben considerar además las diferencias entre los beneficios que se generan en ambas situaciones. Para incorporar estas diferencias en los indicadores, se modifica la ecuación del CAE para el equipo nuevo, restando de los costos anuales de operación y mantención los beneficios incrementales que el nuevo equipo proporciona con respecto a la situación base, de esta forma las alternativas que generen mayores beneficios tendrán menores CAE y por lo tanto serán seleccionadas. La ecuación corregida del CAE (CAE') será

$$CAE' = (I_0 - \frac{VR}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i - B_i}{(1+r)^i}) \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Nótese que esta fórmula corregida del CAE corresponde exactamente al VAE con signo opuesto, es decir, CAE' = - VAE. Se utilizará el CAE' en lugar del VAE, para poder tener indicadores comparables en cuanto al signo (positivo o negativo) entre proyectos de reposición, equipamiento o ampliación.

La fórmula del CM no se modifica ya que la situación base no debiera presentar beneficios netos con respecto a la situación con proyecto (con el nuevo equipo).

El criterio de decisión vuelve a ser el mismo que en el caso anterior, es decir:

-Si CAE' del nuevo equipo es mayor el Costo Marginal de la situación actual, entonces no conviene reemplazar ya que no hay beneficios netos considerando los costos y los beneficios del nuevo equipo.

-Si CAE' del nuevo equipo es menor que el Costo Marginal de la situación actual, entonces conviene reemplazar ya que habría un beneficio igual a la diferencia de los costos, en este caso ese beneficio provendrá de la mayor capacidad y calidad, pudiendo o no existir beneficios por ahorro de costos, es decir, los beneficios netos (beneficios menos costos) del nuevo equipo, serán mayores que los beneficios netos de la situación actual.

Cálculo de indicadores para la evaluación privada

En el caso de la evaluación privada, se aplica exactamente el mismo método anterior, sólo que los beneficios y costos son los privados en lugar de los sociales. Además, pasan a ser relevantes otros ítems de costos y beneficios (como por ejemplo los impuestos).

Al existir un impuesto que grave las utilidades de las empresas, se introduce una distorsión en la toma de decisiones con respecto al momento óptimo de reemplazar un equipo y la conveniencia de reemplazar o no. Esto se debe a que los costos marginales de cualquier

empresa que genera utilidades son absorbidos en parte por ella y en parte por quien recibe los impuestos (el fisco). En este caso la expresión para el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) se modifica según se indica a continuación:

$$CAE = (I_0 - \frac{VR_n - t \cdot (VR_n - VL_n)}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i(1-t) - t \cdot D_i}{(1+r)^i}) \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

donde

- D_i : Depreciación del equipo asociada al año i
- VL_n : Valor Libro (valor contable) del equipo en el año n
- t : Tasa de impuesto a las utilidades de la empresa

También se verá modificada la ecuación de los costos marginales para los dos casos analizados con anterioridad, según se verá a continuación

Caso de proyectos de reposición y equipamiento sin aumento de capacidad

En este caso la ecuación del costo marginal de operar un año más se modifica a la siguiente expresión:

$$CM = \frac{C_1 \cdot (1-t) - t \cdot D_1}{(1+r)} + VR_0 - t \cdot (VR_0 - VL_0) - \frac{VR_1 - t \cdot (VR_1 - VL_1)}{(1+r)}$$

donde

- D_1 : Depreciación del equipo asociada al año 1
- VL_0 : Valor libro del equipo en el año 0
- VL_1 : Valor libro del equipo en el año 1
- T : Tasa de impuesto a las utilidades

Con las nuevas expresiones, el criterio para la toma de decisiones sigue siendo el mismo.

Caso de proyectos de equipamiento con aumento de capacidad y de ampliación

La expresión para el cálculo del costo marginal en este caso queda igual que en la expresión anterior, dado que no se consideran beneficios netos adicionales para la máquina antigua. La expresión para el cálculo del CAE del nuevo equipo se verá modificada a la siguiente expresión

$$CAE = (I_0 - \frac{VR_n - t \cdot (VR_n - VL_n)}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(C_i - B_i) \cdot (1-t) - t \cdot D_i}{(1+r)^i}) \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

donde los B_i son los beneficios netos incrementales por aumento de capacidad o calidad que el nuevo equipo presenta con respecto al antiguo.

IV. Elementos condicionantes

Aspectos ambientales

Todos los proyectos en mayor o menor grado generan impactos en el medio ambiente. Estos impactos pueden ser analizados desde el punto de vista técnico-económico y deben ser considerados e incluidos en la evaluación social del proyecto. Se deberá intentar valorar desde el punto de vista económico los principales impactos del proyecto, identificando, midiendo y valorando los costos y beneficios ambientales.

Estos ítems adicionales de costos y beneficios, una vez que sean medidos y valorados, se deberán incorporar al cálculo de los indicadores (C.A.E. en este caso). A modo de ejemplo, si un nuevo equipo además de aumentar la capacidad y calidad de la producción, contamina menos que el equipo antiguo, esa menor contaminación será un beneficio adicional del nuevo equipo que se debiera medir, valorar e incorporar al cálculo del CAE, haciéndolo disminuir y favoreciendo por lo tanto la alternativa del reemplazo. Si por el contrario, una determinada alternativa genera impactos ambientales negativos, estos deberán medirse, valorarse e incorporarse como costos adicionales para el cálculo del CAE, tendiendo así a descartar dicha alternativa.

Aspectos legales

Estos aspectos también deben ser analizados y considerados, ya que claramente influirán en la determinación de los costos y beneficios y por ende en la evaluación del proyecto. Dado que la metodología de preparación y evaluación de proyectos reemplazo de equipos es intersectorial, no se puede a priori definir las consideraciones legales que se deberán tener en cuenta, ya que éstas dependerán de cada sector en específico.

No obstante, en general se deberán analizar y considerar al menos las disposiciones de las leyes, decretos, reglamentos y normas relativos a calidad de los productos o servicios, expropiaciones de terrenos (si fuera necesario para el proyecto), adquisiciones, importaciones, aranceles, remuneraciones, impuestos, franquicias, arrendamientos y leasing.

V. Proposiciones Respecto a Evaluación Bajo Incertidumbre

Una crítica que se le puede hacer a la metodología de reemplazo tal y como se ha presentado, es el hecho de que no toma en cuenta el riesgo que tiene la máquina de fallar. Este riesgo no viene dado por la variabilidad de los costos de mantención, ya que se supone que los costos de mantener la máquina se conocen con bastante certeza, ya sea por la información histórica que posee la empresa o por información de los proveedores o la empresa encargada de la mantención. El problema surge con la probabilidad de que la máquina falle si se la sigue operando.

Esta probabilidad existe por el sólo hecho de que si se está analizando el reemplazo de un equipo antiguo es por que éste tiene ciertos años de uso, luego el análisis de reemplazo debería tomar en cuenta esa probabilidad de fallo, dado que si se decide no reemplazar y el equipo falla, los costos asociados a esa falla serán en general de gran consideración (mayores que los costos de operar un año más el equipo).

A continuación se plantea un método simplificado para incluir el riesgo de falla dentro del análisis de reemplazo. Como primera aproximación se hará el supuesto de que la probabilidad de falla del equipo nuevo es cero dentro de los períodos comprendidos en su vida útil económica, por lo tanto el cálculo de su CAE no se altera con respecto a lo ya visto en el capítulo de cálculo de indicadores.

Para el equipo antiguo, se calcula el costo de operar un año más (CM) tomando en cuenta los costos de falla. Para la estimación de dichos costos de falla se deben considerar:

-Tiempo estimado entre la falla y la nueva puesta en marcha de la máquina, llamado duración de la falla y se denota "d" (medido en días)

-Los costos estimados por pérdida de ingresos por ventas asociados a la falla, es decir, caída de las ventas durante el período de duración de la falla

-Los costos por tener que subcontratar parte de las operaciones del proceso productivo durante el tiempo en que la máquina esté detenida

-Costos ocasionados por el deterioro de la imagen ante los consumidores del bien o servicio (posibles pérdidas de ventas futuras aún después de la falla)

-Costos de la reparación del equipo para su nueva puesta en marcha

A la suma de los cuatro los costos anteriores se le llamará costo total de falla, Cf. Un nuevo supuesto para este método simplificado, es que la falla ocurre en la mitad del período adicional (en la mitad del próximo año). En base a todo lo anterior y denotando como "D" al número de días del año en que la máquina es operable en condiciones normales (sin falla), y siendo "p" la probabilidad de que el equipo falle durante el siguiente año:

Con probabilidad $(1-p)$ se obtiene un costo marginal sin falla (CMsf)

$$CM_{sf} = \frac{C_1}{(1+r)} + VR_0 - \frac{VR_1}{(1+r)}$$

Con probabilidad p se obtiene un costo marginal con falla (CMcf)

$$CM_{cf} = \frac{Cf}{(1+r)^{1/2}} + \frac{C_1}{(1+r)} - \left[\frac{C_1}{(1+r)} \right] \cdot \frac{d}{D} + VR_0 - \frac{VR_1}{(1+r)}$$

El CM esperado es:

$$CM = (1-p) CM_{sf} + p CM_{cf}$$

y se llega a que

$$CM = p \cdot \frac{Cf}{(1+r)^{1/2}} - \left[\frac{C_1}{(1+r)} \right] \cdot \left[1 - \frac{p \cdot d}{D} \right] + VR_0 - \frac{VR_1}{(1+r)}$$

Luego, con este método simplificado, éste es el CM del equipo antiguo en condiciones de incertidumbre, que debería ser comparado con el CAE del equipo nuevo a objeto de determinar la conveniencia de llevar o no cabo el reemplazo.

En la expresión anterior del CM esperado, falta determinar la probabilidad de falla p. Ésta puede estimarse en base a información histórica de la empresa sobre el comportamiento anterior de fallas de la máquina. En algunas ocasiones esta información puede ser entregada por el proveedor o por la empresa encargada de las reparaciones y mantenciones. Usando estas fuentes de información se debería estimar la probabilidad de que la máquina falle o no durante el siguiente año de uso.

El método anterior es simplificado básicamente por dos razones. La primera es que el análisis de la decisión de reemplazo en términos probabilísticos, se plantea en forma más rigurosa mediante el uso de la técnica conocida como árboles de decisiones, en la cual se elijen las decisiones secuenciales óptimas considerando no sólo el siguiente año sino varios años hacia el futuro en cada uno de los cuales se determina la conveniencia de seguir operando la máquina antigua o reemplazar, esto requiere conocer más información sobre las probabilidades de falla en cada período, siendo estas probabilidades de tipo condicional, es decir, la probabilidad de que el equipo falle el año n depende de si ha fallado o no en el año n-1. La complejidad de esta técnica en términos de la información requerida para su aplicación lleva a descartarla para objetos de la presente metodología.

La segunda razón, es que en el método simplificado no se está tomando en cuenta el grado de aversión al riesgo del tomador de decisiones, esto requiere conocer la función de utilidad ante eventos inciertos del tomador de decisiones, pero se puede trabajar suponiendo que los

tomadores de decisiones son adversos al riesgo y preferirán mantener la máquina antigua sólo cuando sus CM esperados sean menores que el CAE de la máquina nueva, y en el caso de que sean similares se optará por la máquina nueva precisamente por ser menos riesgosa.

VI. Evaluación Financiera

Finalmente, en los casos en que resulte conveniente la adquisición de un nuevo equipo, se deben evaluar las alternativas de financiamiento considerando:

- Arriendo
- Leasing
- Subcontratación
- Compra con recursos propios
- Compra con préstamo
- Compra con préstamo y recursos propios

Un correcto análisis financiero se logra calculando el indicador VAN para cada una de las alternativas de financiamiento anteriores, para ello se deben estimar los costos por período de cada alternativa incluyendo los ítems que correspondan a cada caso (monto del arriendo, cuotas de leasing, pagos a contado, pagos de deuda, pagos de intereses, etc.).

En ausencia de otras consideraciones (como por ejemplo, las cláusulas de un crédito que obliguen a determinada alternativa), se debe seleccionar aquella alternativa que genere el mayor VAN.