



PROGRAMA INTEGRAL DE “ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE ESPECIALISTAS EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE GUATEMALA”

**CURSO – TALLER
PROMOTORES DE AHORRO Y EFICIENCIA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA**

MÓDULO IX: EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Guatemala, Guatemala

1 – 5 / Marzo / 2010



9. EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONOMICA DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA.

A menudo los proyectos de ahorro de energía tienen que competir contra otros proyectos que en apariencia inicial suelen presentarse como de menor inversión inicial, vale la pena preguntarse. ¿En realidad son más baratos?

El análisis detallado de todas las implicaciones que tiene un proyecto de inversión demuestra que en la mayoría de los casos decidir por la “menor inversión” a mediano y largo plazo resulta ser mucho más costoso.

El criterio de adjudicar una obra o compra de equipo a la menor oferta económica ha llevado a un gran número de empresas e instituciones a la adquisición de equipos y materiales de baja calidad, poca durabilidad, mala eficiencia, alto consumo de energía y finalmente mayores costos de operación.

Información a recopilar

Para realizar la evaluación económica, es necesaria la siguiente información, la cual forma parte de las políticas de la empresa y de las medidas de ahorro seleccionadas.

Datos de empresa

- Tasa de rentabilidad de la empresa sobre sus proyectos de inversión (%).

La tasa de rendimiento esperada por la empresa en sus inversiones. En caso de que la empresa no maneje un valor específico se considerará la tasa de interés de un instrumento financiero como CETES + algunos puntos.

- Período máximo de recuperación de las inversiones

Se define como el tiempo máximo en el que una empresa amortiza sus proyectos de inversión.

Datos de la medida de ahorro

Adicionalmente serán requeridos para cada medida de ahorro lo siguiente:

- Inversión total

Representa el costo total en pesos M.N. de la medida de ahorro: costo del equipo e instalación.

- Ahorro anual

La cantidad monetaria anual en pesos M.N. por concepto de la energía ahorrada.

- Resultados de la evaluación económica
 - Tiempo de Recuperación Simple.
 - Valor Presente Neto.
 - Tasa Interna de Retorno o Rendimiento.



Período o Tiempo de Recuperación.

Este método consiste en medir el tiempo (meses, años, etc.) que tarda un inversionista para recuperar el capital invertido, mediante los ingresos que produce el proyecto, o por los beneficios resultantes (ahorros de energía eléctrica por tanto ahorros en la facturación eléctrica); el número de meses o años recibe el nombre de período de recuperación.

Se consideran todos los costos en términos nominales y no se considera el valor del dinero en el tiempo. El criterio de aceptación del proyecto lo establece el inversionista definiendo el período máximo en que debe de recuperarse la inversión.

$$\text{Período o Tiempo de Recuperación} = \frac{\text{Inversion}}{\text{Beneficios} \cdot \text{anuales} - \text{Costos} \cdot \text{anuales}}$$

El tiempo de recuperación es simple, debido a que no se considera el valor del dinero en el tiempo.

Ejemplo:

Se tiene el proyecto de sustitución de una bomba que descarga 1800 litros por minuto y con una carga de 33 metros, la potencia de su motor es 30 HP. La Bomba propuesta cumple con las mismas condiciones de gasto y carga, requiere un motor de 25 HP.

La parte de los ahorros de energía ya ha sido vista en la etapa anterior en la sección referente a sustitución de bomba.

El ahorro en demanda es de 7.4 kW

Considerando las siguientes horas de operación al mes:

| | Base | Intermedio | Punta | Total |
|--------------|------|------------|-------|-------|
| Lunes a Vier | 132 | 352 | 44 | 528 |
| sábados | 28 | 68 | 0 | 96 |
| Domingos | 76 | 20 | 0 | 96 |
| Total | 236 | 440 | 44 | 720 |

Los ahorros en consumo (kWh/mes) son:

| | Base | Intermedio | Punta | Total |
|-----------------|---------|------------|-------|---------|
| Lunes a Viernes | 976.8 | 2,604.8 | 325.6 | 3,907.2 |
| Sábados | 207.2 | 503.2 | 0.0 | 710.4 |
| Domingos | 562.4 | 148.0 | 0.0 | 710.4 |
| Total | 1,746.4 | 3,256.0 | 325.6 | 5,328.0 |

Los ahorros económicos son:

| Jun-98 | Precio Unitario | Ahorro |
|------------------------|-----------------|-------------|
| Demanda kW | \$47.396 | \$350.73 |
| Consumo kWh punta | \$0.8767 | \$285.47 |
| Consumo kWh intermedia | \$0.2739 | \$891.79 |
| consumo kWh punta | \$0.2275 | \$397.32 |
| Total mes | | \$1,925.31 |
| Total año | | \$23,103.67 |

La inversión requerida equivale a \$30,000.00.



Por lo que el tiempo de recuperación es:

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\$30,000.00}{\$23,103.67} = 1.3 \text{ años} = 15.6 \text{ meses}$$

Valor Presente Neto (VPN).

Consiste en transformar a valor presente, vía una tasa de interés todos los componentes del flujo de efectivo durante el período de análisis del proyecto, la tasa de actualización debe ser superior al costo de capital, a fin de satisfacer el costo de oportunidad que tendría el inversionista.

El VPN representa, en valor presente, la magnitud absoluta en que los ingresos equivalentes de un flujo de efectivo superan a, o son superados por, los egresos equivalentes de dicho flujo. Es decir, sí el valor presente neto del flujo efectivo es positivo, significa que los ingresos son mayores que los costos y que el rendimiento que se espera obtener del proyecto de inversión es mayor que el rendimiento mínimo establecido por la empresa. En este caso el proyecto debe emprenderse. Para usar esta técnica en la evaluación, los ingresos o beneficios deben definirse como flujos positivos de dinero y con valor negativo los egresos o desembolsos de dinero.

$$VPN = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Valores}_i}{(1 + \text{tasa})^i}$$

o

$$VPN = VP \cdot \text{beneficios} - VP \cdot \text{egresos}$$

donde

n : es el número de intervalos de tiempo sobre los cuales se analiza la inversión, su valor puede estar definido por el tiempo de vida del equipo.

Valores : representan los flujos de efectivo.

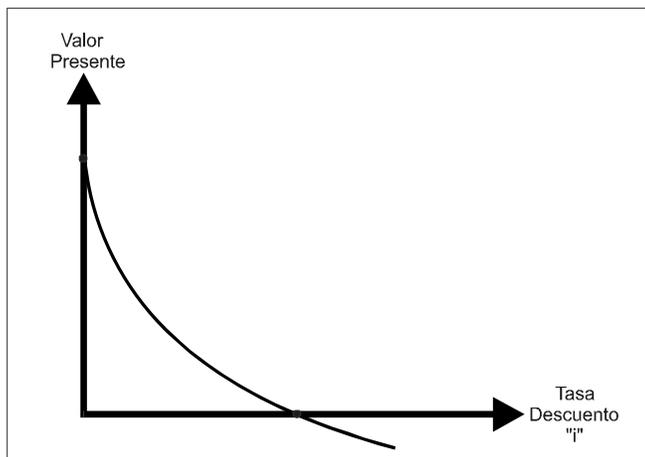
Tasa: es la tasa de actualización establecida por el inversionista.

El flujo de efectivo en un proyecto dado, por ejemplo de ahorro de energía puede incluir: ahorros en costos de energía, inversión, costos de mantenimiento y reparación, valor de rescate de la inversión, etc.

La tasa de descuento o actualización "i" apropiada debe determinarse externamente al proyecto, tomando como referencia el uso alternativo que se le puede dar al dinero y el riesgo de realizar la inversión. Es común utilizar indebidamente como tasa de descuento la tasa de interés que se paga por la deuda, en lugar de un valor mayor que considere el costo de oportunidad para el inversionista y que denominaremos tasa de rendimiento mínima atractiva (TREMA).

El valor presente neto tiene ciertas características que lo hacen adecuado como base de comparación: considera el valor del dinero en el tiempo de acuerdo al valor de tasa de descuento "i" escogido para los cálculos; sitúa el valor equivalente de cualquier flujo de efectivo en un punto particular en el tiempo (t=0) y en un solo índice; cualquiera que sea la sucesión de ingresos y egresos del flujo, el valor presente neto será único para un valor dado de la tasa de descuento "i".

Para proyectos típicos, caracterizados porque demandan desembolsos en su etapa inicial y generan ingresos en lo sucesivo, el valor presente para diferentes valores de "i" se comporta como se muestra en la siguiente gráfica, aunque para otro tipo de flujos cabe la posibilidad de tener comportamientos diferentes.



En este gráfico se puede observar que el valor presente neto de un proyecto decrece conforme se utilizan tasas de descuento cada vez mayores, y por tanto, la probabilidad de aceptarlo es cada vez menor. Esto es debido a que con tasas altas una cantidad futura representa un monto pequeño en el presente.

Los criterios de aprobación de un proyecto que haya sido evaluado con la técnica de valor presente son:

- a) Sólo serán aceptadas aquellas inversiones que tengan beneficios netos positivos y
- b) Al seleccionar la técnica de valor presente neto para comparar las inversiones alternativas, es importante evaluar los costos y los beneficios de cada una de éstas, a lo largo de un número igual de años. Esto se puede hacer de las siguientes maneras:

Ejemplo:

A continuación, se presenta el flujo de efectivo a 10 años del proyecto de sustitución de bomba planteado anteriormente.

| Año | Inversión | Ahorro | Flujo |
|-----|-------------|-------------|--------------|
| 0 | \$30,000.00 | \$0.00 | -\$30,000.00 |
| 1 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 2 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 3 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 4 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 5 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 6 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 7 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 8 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 9 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |
| 10 | \$0.00 | \$23,103.67 | \$23,103.67 |

El valor presente neto del flujo de efectivo se determina como:

$$n = 10, i = 35\%, \text{VPN}_{\text{flujo de Efectivo}} = ?$$



$$\begin{aligned}
 \text{VPN}_{\text{Neto}} &= \frac{-30,000}{(1+0.35)^0} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^1} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^2} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^3} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^4} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^5} \\
 &+ \frac{23103.67}{(1+0.35)^6} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^7} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^8} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^9} + \frac{23103.67}{(1+0.35)^{10}} = \mathbf{\$ 24,242.57}
 \end{aligned}$$

En este caso, el valor presente neto del flujo efectivo es positivo \$24,242.57 significa que los beneficios son mayores que los costos, también implica que en valor presente el proyecto dará un ahorro económico por el monto indicado, o sea la empresa recuperará sus \$30,000.00 y obtendrá en forma adicional \$24,242.57. El rendimiento que se espera obtener del proyecto de inversión es mayor que el rendimiento mínimo (35%) establecido por la empresa, por tanto, el proyecto debe emprenderse.

Una de las desventajas que presenta esta técnica, es que al concentrarse solamente a beneficios netos no distingue entre un proyecto que involucre beneficios y costos relativamente elevados, y otro que involucre beneficios y costos mucho más pequeños, en tanto ambos proyectos resulten en beneficios netos iguales.

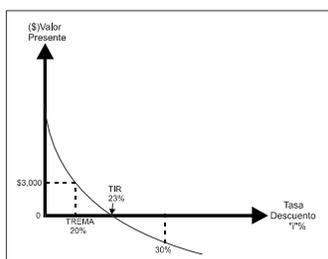
Sin embargo, la técnica de valor presente neto tiene la ventaja de medir el efecto neto de una inversión a lo largo de su vida, tomando en cuenta el costo de oportunidad de capital; esto es, particularmente útil para determinar la escala o tamaño eficiente de un proyecto de inversión.

Tasa Interna de Retorno (TIR).- La tasa interna de rendimiento (TIR) es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado. Se define como la tasa de interés "i" que reduce a cero el valor presente del flujo de efectivo, es decir, de una serie de ingresos y egresos.

Calcular la tasa de rendimiento proyectada sobre una inversión es muy recomendable, en vez de sólo averiguar si la inversión satisface un estándar atractivo dado. Por lo general, este cálculo se hace, por un método de tanteos o aproximaciones, a menos que haya un programa de computadora (Excel, Lotus) o una calculadora especial. Se suponen dos o tres tasas de interés, se calculan los valores presentes o flujos de efectivo anuales uniformes equivalentes, y se encuentra la tasa de rendimiento por interpolación.

1. La tasa de retorno se determina de manera iterativa, se propone una tasa de interés y se determina el VPN del flujo de efectivo del proyecto, si el resultado del valor presente es positivo, $\text{VPN}(\text{Tasa}_1) > 0$. Entonces se proponen otras tasas de interés hasta obtener un VPN negativo, es decir, $\text{VPN}(\text{Tasa}_2) < 0$.
2. En caso de que el resultado del VPN sea negativo con la primera tasa de interés propuesta ($\text{VPN}(\text{Tasa}_1) < 0$), entonces se trabaja de manera inversa.
3. Finalmente, la TIR se determina interpolando entre los VPN resultantes para cada tasa de interés propuesta para un $\text{VPN} = 0$.

$$\text{TIR} = (\text{Tasa}_1 - \left(\frac{\text{VPN}_1}{\text{VPN}_1 - \text{VPN}_2}\right) \times (\text{Tasa}_1 - \text{Tasa}_2)$$



Para que la inversión sea rentable se debe tener una tasa de rendimiento o tasa interna de retorno (TIR) mayor que la tasa de descuento propuesta por el inversionista (TREMA).



Por último, es evidente que la TIR no se puede calcular si se tiene un proyecto de inversión con un flujo de efectivo formado en su totalidad por costos, o bien por ingresos.

Ejemplo: Continuando con el ejemplo anterior, ¿cuál sería la TIR de ese proyecto?

Inicialmente se determinará el VPN con una tasa de interés propuesta de 60%.

$$\begin{aligned} \text{VPN}_{\text{Neto}} = & \frac{-30,000}{(1+0.6)^0} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^1} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^2} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^3} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^4} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^5} + \\ & + \frac{23103.67}{(1+0.6)^6} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^7} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^8} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^9} + \frac{23103.67}{(1+0.6)^{10}} = \mathbf{5,097} \end{aligned}$$

El resultado es de un VPN (40%) > 0. Ahora se propone otra tasa de interés hasta obtener un VPN negativo, es decir, 80%.

$$\begin{aligned} \text{VPN}_{\text{Neto}} = & \frac{-30,000}{(1+0.8)^0} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^1} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^2} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^3} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^4} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^5} + \\ & + \frac{23103.67}{(1+0.8)^6} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^7} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^8} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^9} + \frac{23103.67}{(1+0.8)^{10}} = \mathbf{-667} \end{aligned}$$

$$\text{TIR} = 60\% - \left(\frac{5,097}{5,097 - (-667)} \right) \times (60\% - 80\%) = \mathbf{77\%}$$

Dado que todos los factores trabajan con la fórmula básica $(1+i)^n$, es obvio que el uso de la interpolación lineal introduce algunos errores menores. Debe ser igualmente obvio que mientras más cercanas se encuentren las dos tasas de interés, menor será el error introducido por la interpolación lineal.

En general, los cálculos de las tasas de rendimiento en los estudios económicos están hechos para influir en las decisiones entre alternativas. Los errores introducidos por una interpolación lineal en cualquier método de interés compuesto, por lo general son tan pequeños que no tienen una influencia apreciable sobre la toma de decisiones.

En el siguiente ejemplo se mostrarán los parámetros económicos mostrados anteriormente.

Por ejemplo, en una planta donde se fabrican losetas de vinyl tienen secadores de resistencias eléctricas, la propuesta es cambiarlos por unos de gas L.P. La evaluación económica de este proyecto arroja los siguientes resultados:



Ahorros energéticos y económicos.

| Ahorros Económicos | Horno de Gas |
|---|--------------|
| Costo por Demanda | \$18,669 |
| Costo por Consumo de Energía Base | \$16,962 |
| Costo por Consumo de Energía Intermedia | \$47,387 |
| Costo por Consumo de Energía Punta | \$42,316 |
| Costo Mensual por Demanda y Energía | \$125,334 |
| Costos Adicionales | |
| Costo por Combustible a Consumir | \$56,773 |
| Ahorros Netos | |
| Costo Mensual | \$68,561 |
| Costo Anual | \$822,728 |
| Análisis Económico | |
| Inversión | \$1,193,534 |
| Tiempo de Recuperación en años | 1.45 |
| Tasa Interna de Retorno | 69% |
| Relación Beneficio / Costo | 1.97 |

Flujo de efectivo.

| Año | Inversión | Ahorro | Flujo |
|-----|-------------|-----------|--------------|
| 0 | \$1,193,534 | 0 | -\$1,193,534 |
| 1 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 2 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 3 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 4 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 5 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 6 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 7 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 8 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 9 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |
| 10 | 0 | \$822,728 | \$822,728 |

Interés Nominal Anual, Interés Efectivo del Periodo e Interés Equivalente Anual.

Las tasas de interés equivalente dependen del tiempo en que se capitaliza una inversión. Para obtener la tasa equivalente de un plan puede emplearse la siguiente expresión:

$$i_{eq} = (1 + i_f)^n - 1$$

Donde: i_f es la tasa del periodo $i_f = i_{nominal} / n$

n es el plazo equivalente anual, por ejemplo 12 meses en vez de un año

Ejercicio. Sobre USD \$1,000. ¿Qué tasa equivalente, corresponde a una tasa nominal del 12% capitalizable semestralmente? ¿Capitalizable trimestralmente? ¿Capitalizable mensualmente?



Pago o Costo Anual Equivalente, AE.

Este método consiste en transformar a pagos equivalentes uniformes todos los ingresos y gastos, incluyendo la inversión inicial, que ocurren durante la vida económica de un proyecto. La AE o pago también puede calcularse transformando a anualidades equivalentes el VPN del proyecto. Si esta anualidad es positiva significa que los beneficios son mayores que los costos y en consecuencia, el proyecto analizado deberá ser aceptado.

$$AE = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \text{ o } AE = VPN \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \text{ o } AE = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Para comprender mejor la mecánica de este método, suponga que usted está interesado en comprar un controlador de demanda con el cual se podría ahorrar por facturación eléctrica un total anual de USD \$40,000. El controlador de demanda ya instalado cuesta USD \$100,000. Se consigue un financiamiento de USD \$100,000 para la compra del equipo a una institución bancaria la cual cobrará una tasa de interés anual de 20% y exige devolver el préstamo en 5 anualidades iguales.

$$AE = 40,000 - 100,000 \left[\frac{0.2(1+0.2)^5}{(1+0.2)^5 - 1} \right] = 40,000 - 33,438 = 6,562$$

En este caso la anualidad equivalente es positivo por tanto, el proyecto debe emprenderse.

Para comparar series no uniformes de egresos monetarios en donde el dinero tiene un valor en el tiempo, es necesario hacerlas comparables en alguna forma. Una forma es reduciendo cada una a una serie de pagos anuales uniformes equivalentes (también pueden manejarse, pagos mensuales equivalentes o pagos semanales equivalentes).

Ejemplo 10: En un concurso para la compra de equipos de iluminación se requieren los siguientes lotes:

- 10,000 lámparas de 1.22 m.
- 5,000 balastos para dos de las lámparas anteriores.
- 2,500 difusores de 1.22 x 0.60 m.

Las costumbres de uso del lugar donde se emplearan estos equipos son 22 días al mes y 14 horas por día. Se han recibido las ofertas siguientes:

| Oferta 1 | Cantidad | Precio Unitario | Importe | Vida del Equipo |
|--------------------------|----------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Lámparas 39W, LD | 10,000 | \$1.50 | \$15,000.00 | 9,000 Horas |
| Balastro Económico 2x39W | 5,000 | \$5.50 | \$27,500.00 | 12,000 Horas |
| Difusor de Plástico | 2,500 | \$7.00 | \$17,500.00 | 2 años |
| Total | | | \$60,000.00 | |

| Oferta 2 | Cantidad | Precio Unitario | Importe | Vida del Equipo |
|-------------------------|----------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Lámparas 40W, LD | 10,000 | \$1.60 | \$16,000.00 | 12,000 Horas |
| Balastro Normal 2x40W | 5,000 | \$7.90 | \$39,500.00 | 20,000 Horas |
| Difusor de Plástico k23 | 2,500 | \$7.00 | \$17,500.00 | 3 años |
| Total | | | \$73,000.00 | |



| Oferta 3 | Cantidad | Precio Unitario | Importe | Vida del Equipo |
|---------------------------------|----------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Lámparas 32W, 4100 K | 10,000 | \$2.40 | \$24,000.00 | 20,000 Horas |
| Balastro Electromagnético 2x32W | 5,000 | \$11.00 | \$55,000.00 | 60,000 Horas |
| Difusor de Acrílico 100% Puro | 2,500 | \$12.50 | \$31,250.00 | 20 años |
| Total | | | \$110,250.00 | |

| Oferta 4 | Cantidad | Precio Unitario | Importe | Vida del Equipo |
|----------------------------|----------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Lámparas 32W, 4100 K | 10,000 | \$2.40 | \$24,000.00 | 20,000 Horas |
| Balastro Electrónico 2x32W | 5,000 | \$21.50 | \$107,500.00 | 100,000 Horas |
| Difusor Controlente Optico | 2,500 | \$24.00 | \$60,000.00 | 25 años |
| Total | | | \$191,500.00 | |

| Oferta 5 | Cantidad | Precio Unitario | Importe | Vida del Equipo |
|----------------------------|----------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Lámparas 28W, T-5, 4100 K | 10,000 | \$4.80 | \$48,000.00 | 20,000 Horas |
| Balastro Electrónico 2x28W | 5,000 | \$26.00 | \$130,000.00 | 100,000 Horas |
| Difusor Controlente Optico | 2,500 | \$24.00 | \$60,000.00 | 25 años |
| Total | | | \$238,000.00 | |

Cantidades expresadas en US Dólar

El departamento de compras tiene como costumbre adjudicar la licitación a la oferta de menor monto. Sin embargo en esta ocasión la Dirección General, ha dado instrucciones de realizar un análisis energético y económico para garantizar que se obtengan los mejores beneficios económicos.

Utilice el concepto de pago mensual equivalente (se aplica la fórmula de valor presente a mensualidades) para determinar cual de las ofertas debe de ser adjudicada.

¿A quien debe ser adjudicada la compra?

Para facilitarle el trabajo se presentan los siguientes formatos:

Evaluación Energética:

Costos por Electricidad:

Conforme sus características técnicas el par de lámparas con un balastro demandaran la potencia en línea señalada en la tabla siguiente, lo cual conduce a que el conjunto de equipos demande la potencia global señalada.

| | Potencia de Línea (W) | Potencia Global (kW) | Consumo de Energía (kWh) |
|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| Oferta 1 | 102 | 510 | 157,080 |
| Oferta 2 | 94 | 470 | 144,760 |
| Oferta 3 | 71 | 355 | 109,340 |
| Oferta 4 | 65 | 325 | 100,100 |
| Oferta 5 | 56 | 280 | 86,240 |



Costos por Electricidad:

Precio del kW USD \$14.04, Precio del kWh USD \$0.09

| | Costo por Demanda | Costo por Consumo | Costo por Electricidad |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| Oferta 1 | \$7,160.40 | \$14,137.20 | \$21,297.60 |
| Oferta 2 | \$6,598.80 | \$13,028.40 | \$19,627.20 |
| Oferta 3 | \$4,984.20 | \$9,840.60 | \$14,824.80 |
| Oferta 4 | \$4,563.00 | \$9,009.00 | \$13,572.00 |
| Oferta 5 | \$3,931.20 | \$7,761.60 | \$11,692.80 |

Costo Mensual Equivalente:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

tome $i_{\text{mensual}} = 2.5\%$ y

n como la vida expresada en meses de los equipos

| Oferta 1 | Importe | Vida del Equipo | Vida en Meses | Costo Mensual Equivalente |
|--------------------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| Lámparas 39W, LD | \$15,000.00 | 9,000 Horas | 29.2 | \$729.58 |
| Balastro Económico 2x39W | \$27,500.00 | 12,000 Horas | 39.0 | \$1,112.66 |
| Difusor de Plástico | \$17,500.00 | 2 años | 24.0 | \$978.47 |
| Total | \$60,000.00 | | | \$2,820.71 |

| Oferta 2 | Importe | Vida del Equipo | Vida en Meses | Costo Mensual Equivalente |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| Lámparas 40W, LD | \$16,000.00 | 12,000 Horas | 39.0 | \$647.36 |
| Balastro Normal 2x40W | \$39,500.00 | 20,000 Horas | 64.9 | \$1,236.24 |
| Difusor de Plástico k23 | \$17,500.00 | 3 años | 36.0 | \$742.90 |
| Total | \$73,000.00 | | | \$2,626.51 |

| Oferta 3 | Importe | Vida del Equipo | Vida en Meses | Costo Mensual Equivalente |
|---------------------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| Lámparas 32W, 4100 K | \$24,000.00 | 20,000 Horas | 64.9 | \$751.13 |
| Balastro Electromagnético 2x32W | \$55,000.00 | 60,000 Horas | 194.8 | \$1,386.29 |
| Difusor de Acrílico 100% Puro | \$31,250.00 | 20 años | 240.0 | \$783.34 |
| Total | \$110,250.00 | | | \$2,920.77 |



| Oferta 4 | Importe | Vida del Equipo | Vida en Meses | Costo Mensual Equivalente |
|----------------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| Lámparas 32W, 4100 K | \$24,000.00 | 20,000 Horas | 64.9 | \$751.13 |
| Balastro Electrónico 2x32W | \$107,500.00 | 100,000 Horas | 324.7 | \$2,688.39 |
| Difusor Controlente Optico | \$60,000.00 | 25 años | 300.0 | \$1,500.91 |
| Total | \$191,500.00 | | | \$4,940.43 |

| Oferta 5 | Importe | Vida del Equipo | Vida en Meses | Costo Mensual Equivalente |
|----------------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| Lámparas 28W, T-5, 4100 K | \$48,000.00 | 20,000 Horas | 64.9 | \$1,502.27 |
| Balastro Electrónico 2x28W | \$130,000.00 | 100,000 Horas | 324.7 | \$3,251.07 |
| Difusor Controlente Optico | \$60,000.00 | 25 años | 300.0 | \$1,500.91 |
| Total | \$238,000.00 | | | \$6,254.25 |

Valores expresados en US Dólar

Costo Mensual Integrado = Costo Energía Eléctrica + Costo Mensual Equivalente

| | Costo por Electricidad | Costo Mensual Equivalente | Costo Mensual Integrado |
|-----------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Oferta 1 | \$21,297.60 | \$2,820.71 | \$24,118.31 |
| Oferta 2 | \$19,627.20 | \$2,626.51 | \$22,253.71 |
| Oferta 3 | \$14,824.80 | \$2,920.77 | \$17,745.57 |
| Oferta 4 | \$13,572.00 | \$4,940.43 | \$18,512.43 |
| Oferta 5 | \$11,692.80 | \$6,254.25 | \$17,947.05 |

Valores expresados en US Dólar

¿A quien debe ser adjudicada la compra?

El ejercicio resulta ser muy interesante, ya que en el se muestra que la oferta 1, que en principio es la de menor costo, resulta ser la de mayor desventaja. Esta situación en realidad es muy frecuente en licitaciones tanto privadas como públicas, a menudo se adjudica desde el punto de vista de la inversión inmediata, lo cual al mediano y largo plazos trae consigo graves problemas, como por ejemplo baja calidad en materiales, no cumplimiento con las normas vigentes, mayores consumos de energía, mala eficiencia, altos costos de operación, etc.

Efectivamente se puede comprar un equipos a bajo costo, lo cual como en el caso de las lámparas 38W al mediano plazo resulta mucho más costoso.

Si seleccionamos desde el punto de vista exclusivamente del costo de operación eléctrico, la mejor oferta es la cuarta. Sin embargo, la inversión inicial es la mayor y también su costo mensual equivalente. En consecuencia es una buena opción pero no la mejor, desde el punto de vista económico.

La tercer y quinta oferta, energéticamente son la mejor pero desde el punto de vista del costo mensualizado de la inversión no lo son, al integrar los costos mensuales resultan parecidas, sin embargo los materiales de la quinta opción son muy superiores a las demás. Una posible desventaja comparada contra de tercer y cuarta opción es que la lámpara de 28 W T5 da 2750 lúmenes contra 3000 de las 32 W T8, lo cual habría que considerarlo en el caso de que los mas importante sea dar mejores niveles de iluminación.



Análisis de Sensibilidad.

En el desarrollo de un proyecto intervienen varios factores algunos de los cuales pueden resultar muy variables para la combinación de diferentes escenarios económicos. Así mismo un proyecto que en determinadas circunstancias no es favorable, cuando cambia el entorno puede resultar con una valoración atractiva o muy atractiva; o tal vez se tenga el caso contrario un proyecto interesante económicamente se traduzca en uno inviable cuando las circunstancias han cambiado.

Algunos de los factores que pueden alterar el resultado económico de un proyecto son:

- Posibilidad de Financiamiento o crédito.
- Arrendamiento de bienes.
- Alternativas Tecnológicas.
- Tasas de impuesto preferenciales.
- Paridad moneda local contra el dólar.
- Precio de los energéticos.
- Inflación.
- Conflictos Políticos.

En un análisis de sensibilidad habrá que identificar cuáles son los factores que pueden hacer variable el resultado del proyecto, suponer un nuevo escenario y repetir el cálculo, este procedimiento se repetirá tantas veces como sea necesario. Nuestra finalidad será quedar protegidos, o por lo menos minimizar el impacto de los cambios económicos hacia nuestro proyecto.

Distinción entre decisiones de Inversión y decisiones de Financiamiento.

Los beneficios que en el largo plazo una empresa puede lograr, dependen en gran parte de la forma en que los siguientes problemas son resueltos: 1) Selección de fuentes de financiamiento adecuadas, y 2) Racionamiento del capital obtenido entre las diferentes propuestas de inversión disponibles. Las dos decisiones anteriores deben manejarse por separado. La selección de propuestas de inversión debe basarse en los méritos financieros de cada propuesta, independientemente de la fuente o costo de la fuente con que se financia cada propuesta.

El procedimiento lógico de selección de propuestas de inversión, debe ser basado en la medición de los méritos financieros de cada propuesta de acuerdo a alguna base de comparación, tales como: tasa interna de rendimiento, valor presente, período de recuperación, etc. En seguida, una vez justificado la propuesta, esto es, comprobar que esta tiene una TIR mayor a la TREMA o un valor presente mayor a cero y además un período de recuperación aceptable, se debe seleccionar la fuente de financiamiento más adecuada (menor costo y menor riesgo).

Ejemplo.

Una empresa dedicada a la fabricación de paredes prefabricadas ha decidido sustituir un lote de 20 de sus motores, dando prioridad a los de mayor potencia, con ello logrará disminuir su facturación eléctrica en 65 kW y su consumo anual en 402,000 kWh. Los ahorros económicos son de \$454,000 con los precios de la energía eléctrica del año 2010. La inversión requerida es de \$1,330,000 que serán recuperados con los mismos ahorros en menos de 3 años, con una tasa de rentabilidad del 32%



Tabla 6. Resultados de un proyecto de ahorro de energía en motores eléctricos.

| Inversión Iva Inc | Ahorro En Demanda kW | Ahorro En Consumo kWh/año | Ahorro Anual | Tiempo de Recuperación Años | TIR Trimestral | TIR Equivalente Anual |
|-------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|
| \$1,330,000 | 65 | 402,000 | \$454,700 | 2.29 | 5.8% | 25.1% |

Los resultados del proyecto son muy buenos, por las siguientes virtudes que producen:

- Los motores instalados que serán sustituidos poseen una vida de casi 20 años, la empresa modernizara sus principales motores que habrán de durarle otros 20 años más. Ganado confiabilidad, productividad, ahorro de energía y menor contaminación al ambiente.
- El tiempo de recuperación de casi 3 años es muy bueno tomando en consideración que la vida útil de motores será de 20 años.
- La tasa de rentabilidad para un flujo de efectivo de 5 años es del 25.1% , valor mucho mayor que las tasas de interés pasivas que los organismos financieros pagan a sus inversionistas, que actualmente esta por debajo del 7%. Entonces el ahorro de energía es un negocio muy bueno que no hay que dejar escapar.

Flujo de efectivo con erogación propia de la empresa

| Trimestre | Financiamiento FIDE | Ahorro | Flujo de Efectivo |
|-----------|---------------------|-----------|---------------------|
| 0 | \$1,330,000 | 0 | -\$1,330,000 |
| 1 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 2 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 3 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 4 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 5 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 6 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 7 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 8 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 9 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 10 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 11 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 12 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 13 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 14 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 15 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 16 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 17 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 18 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 19 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 20 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |



Análisis de sensibilidad considerando la oportunidad de Financiamiento de parte de FIDE.

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) organismo no lucrativo creado para impulsar la ejecución de proyectos que ahorren energía eléctrica puede financiar este proyecto, con una tasa de interés fija, muy baja del orden del 10%. El préstamo por el total de la inversión requerida será recuperado en 12 pagos trimestrales, con un flujo de efectivo semejante al que se muestra a continuación.

Tabla 7. Flujo de Efectivo del proyecto financiado por FIDE

| Trimestre | Financiamiento FIDE | Pago | Ahorro | Flujo de Efectivo |
|-----------|---------------------|-----------|-----------|-------------------|
| 0 | \$1,330,000 | \$0 | 0 | \$0 |
| 1 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 2 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 3 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 4 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 5 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 6 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 7 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 8 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 9 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 10 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 11 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 12 | \$0 | \$129,658 | \$113,675 | -\$15,983 |
| 13 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 14 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 15 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 16 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 17 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 18 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 19 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |
| 20 | \$0 | \$0 | \$113,675 | \$113,675 |

De esta proyección económica resulta que la empresa no paga los motores en forma inmediata, sino lo hace en 12 pagos iguales de \$113,675, al mismo tiempo los motores de alta eficiencia le producen cada trimestre \$129,658 de ahorro en la factura eléctrica, esto si no hay incrementos en los precios de la energía, porque de haberlos los ahorros serán mayores. Haciendo que el efecto neto por trimestre equivalga a un pago de \$15,983. Esto es un negocio redondo para la industria que ha decidido ahorrar energía, en lugar de pagar \$1,330,000 paga en realidad 12 pagos de casi 16,000. La tasa equivalente se eleva hasta 81.2%. Resultado ser mejor recibir el financiamiento a realizar el proyecto con los recursos propios.

| Inversión Iva Inc | Ahorro En Demanda kW | Ahorro En Consumo kWh/año | Ahorro Anual | Tiempo de Recuperación Años | TIR Trimestral | TIR Equivalente Anual |
|-------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|
| \$1,330,000 | 65 | 402,000 | \$454,700 | 2.29 | 16.0% | 81.2% |