

ALTERNATIVAS PARA CÁLCULOS ECONÓMICO-FINANCIERO DE UN PROYECTO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA TENIENDO EN CUENTA DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS.

Clara Isabel Arévalos Silvero, Carlos Manuel Cardozo Florentín.

RESUMEN

Una auditoria energética (AE) comprende la inspección, el estudio y el análisis de los flujos energéticos de una instalación con varios objetivos; primero, evaluar la dinámica del consumo de energía; segundo, aplicar métodos de evaluación económica para determinar las ventajas de su realización, así como el monto de la inversión necesaria en su ejecución; y tercero, estudiar alternativas para la aplicación de recursos. Los dos últimos ítems se realizan a través de un estudio económico realizado con auxilio de varios métodos, como ser: *Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Período de Recuperación de la Inversión, Relación Costo – Beneficio.*

Frecuentemente todos estos métodos no incluyen explícitamente la pérdida precoz o la depreciación de los materiales, esto, dado la complejidad que representa su tratamiento, entretanto, esto de hecho ocurre en la práctica y con este trabajo, se demuestra el grado de influencia en el análisis en pauta. Sobre los materiales utilizados en la inversión, unos tienen características de “muerte súbita” y son insustituibles, otros tienen fallas aleatorias pero son reparables y finalmente algunos dejan de reportar beneficios al cliente con el

tiempo y deben ser cambiados. Estas tres modalidades de influencia sobre la inversión son consideradas en un trabajo de investigación que incluye una AE aplicada sobre una residencia típica de una familia de clase media alta. Además.

Para la disponibilidad de equipo se utiliza Monte Carlo no secuencial.[1]

Los resultados obtenidos, sin incluir e incluyendo la depreciación, demuestran su importancia en la rentabilidad, o no, del proyecto analizado.

PALABRAS-CLAVE: Auditoría Energética, Eficiencia Energética, Ahorro energético, Depreciación

INTRODUCCIÓN

Una Auditoria Energética (AE) es un análisis que refleja cómo y dónde se emplea la energía de una instalación con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. En otras palabras, ayuda a comprender cómo se emplea la energía y a controlar sus consumos, identificando las áreas en las que se presentan posibles despilfarros y en dónde es probable hacer mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el consumo de la energía sin afectar el confort de los usuarios.

El resultado inicial de una AE es la determinación de una relación de ajustes y modificaciones, que se debe efectuar en las instalaciones auditadas de forma a alcanzar el objetivo propuesto. En este proceso se determina un monto global de las inversiones que se debe efectuar, definir métodos del análisis económico y definir alternativas de aplicación de recursos; estas pueden ir desde la realización de la totalidad de las modificaciones en una única vez, hasta realizarlas en forma parcial en el tiempo.

Métodos para la Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión

Existen varios métodos para la evaluación de proyectos, aunque los más difundidos en la actualidad, y los más confiables, son aquellos que toman en consideración la variación del valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del equipamiento. Los métodos más utilizados [2], [3].

Valor Presente Neto (VPN)

Consiste en la actualización de los flujos netos de fondos a una tasa conocida y que no es más que el costo medio ponderado de capital, determinado sobre la base de los recursos financieros programados con antelación. [4] Se determina como:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

Donde: K_0 - Inversión o capital inicial; Fc_i - Flujo de caja en el año i ; D - Tasa de descuento real utilizada; n - Período de evaluación del proyecto.

De forma general, el flujo de caja se puede calcular como:

$$Fc_i = (I_i - G_i - Dep) \cdot (1 - t/100) + Dep.$$

Donde: I - Ingresos en el año i , \$; G - Gastos en el año i , \$; t - Tasa de impuestos sobre ganancia, %; Dep - Depreciación del equipamiento o amortización de la inversión, \$.

La depreciación es el proceso de asignar o repartir la inversión inicial en activos fijos, en los períodos donde el uso de dichos activos reporta beneficios a la empresa. Esto permite dividir la inversión inicial en anualidades de forma tal que se realice un balance adecuado de costos y beneficios durante todo el período de evaluación, permitiendo, además, deducir pagos adecuados por concepto de impuestos fiscales. En el concepto depreciación deben tenerse en cuenta dos elementos, uno es la pérdida de valor del activo fijo por el uso del mismo y la obsolescencia tecnológica; el otro es el tratamiento de la depreciación en el mecanismo contable de la empresa..

La depreciación es un gasto virtual, que sólo se contabiliza a los efectos de determinar los impuestos a pagar. La depreciación que permite la legislación fiscal normalmente es menor que la vida útil real del activo.

Existen varios métodos para determinar la depreciación aunque la más común es considerarla lineal:

Nótese en la ecuación arriba que la inversión inicial no se descuenta, pues se considera que se realiza al inicio del período de evaluación, que generalmente se considera como el año “cero” de análisis. [3].

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma tal que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto es la fracción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese momento. Analíticamente la TIR se determina como: [3]

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1 + TIR)^i}$$

Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Fc_i}{(1 + D)^i}$$

Esta ecuación no puede resolverse directamente, por lo que para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.[3]

Relación Costo - Beneficio (RCB)

Se determina como la relación entre el Valor Presente Neto de los Costos (VPNC) y el Valor Presente Neto de los Beneficios (VPNB).

$$RCB = \frac{VPNC}{VPNB}$$

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar. [3]

Evaluación

En la tabla siguiente se brinda el análisis cuantitativo de estos indicadores para considerar si el proyecto es viable económicamente.

Técnica de Evaluación	Rango adecuado
VPN, \$	VPN > 0
TIR, %	TIR > D
PRI, años	PRI < n
RCB	RCB < 1

Tabla 1: índices de evaluación.

Aunque los rangos en la tabla incluyen los valores límites máximos, generalmente en el análisis se fijan determinados valores límites de acuerdo con las políticas de la empresa donde se analicen.

MATERIALES Y MÉTODOS.

En este trabajo se utilizan los cuatro métodos arriba descriptos aplicado a un proyecto de Auditoría Energética Residencial; esto, con la finalidad de hacer comparaciones y formular recomendaciones sobre su aplicabilidad.

Las distintas tareas que componen una AE residencial pueden ser agrupadas dentro de las siguientes etapas:

- Trabajos Preparatorios.
- Análisis previo y toma de datos de la instalación.
- Pre-Diagnóstico y posibles soluciones.
- Toma de Datos Finales.

- Análisis de datos recogidos y estudios de soluciones.
- Planilla de Calculo AERI para el análisis de las inversiones.
- Informe al propietario.

como entradas para realización de los cálculos económicos.

La tabla 2 presenta el resumen de los resultados obtenidos por la toma final de datos; los cuales, son utilizados

AHORRO MENSUAL Y COSTO DE INVERSIÓN		
Descripción	Ahorro mensual (gs.)	Costo Inversión (Gs.)
Total del área externa	243.377	3.309.760
Total área interna	501.229	7.360.600
Total en el sistema de iluminación	187.938	703.100
Total cambio de conductores	0	750.510
Total cambio de disyuntores	0	816.750
Total cambio de AA	536.772	8.400.000
Inversión Total sin mano de obra	744.606	10.670.360
Inversión total con mano de obra del Auditor (40%)		14.938.504
Ahorro total anual		8.935.212

Tabla 2: Ahorro mensual y Costo de la inversión

Aspectos que Influyen en la Evaluación Económica

Cuatro alternativas de análisis son aquí realizadas, todas ellas relacionadas a diferentes propuestas de mejoras. Ellas son:

Alternativa 1: Todas las mejoras seguidas, concluyendo primero las externas en tres meses y las internas también en tres meses.

Alternativa 2: Todas las mejoras seguidas, primero cambio cables, segundo Iluminación, tercero AA. Todas duran 2 meses.

Alternativa 3: Todas las mejoras internas primer año, externas segundo año, duración de ambas tres meses

Alternativa 4: Todas las mejoras internas primer año, externas segundo año, duración ambas 3 meses, inflación anual del 5 %.

En relación a equipos y artefactos se deben considerar lo siguiente:

Artefactos de Iluminación:

- Las lámparas incandescentes serán sustituidas por lámparas fluorescentes compacta con tiempo de vida de 12.000 horas.
- Depreciación lumínica del 75 % a los 80 % de su vida útil, luego de este plazo las lámparas deben ser sustituida.

- Fallas prematuras esperada de lámparas, del 10 %. Estas fallas pueden ocurrir de forma aleatoria o pueden no fallar; luego utilizaremos el sorteo de Monte Carlo no secuencial para definir el funcionamiento o no de las mismas al inicio.
- Fallas a lo largo de la vida útil del 15 %, para su verificación también utilizaremos sorteo de Monte Carlo, al inicio de cada año.

Equipos de Aire Acondicionado:

- Equipos a retirar son del tipo ventana y los nuevos son del tipo Split.
- Los equipos nuevos tienen garantía de funcionamiento por 01 año, a partir del segundo año tiene mantenimientos con costo de 1/10 del costo del equipo.
- Taza de falla grave, 1 falla cada 5 años y el equipo debe ser cambiado. La aleatoriedad de la falla se define por sorteo de Monte Carlo.

Conductores y Disyuntores:

- Se consideran que no fallan durante el periodo de 5 años de análisis.

Ejecución de los Cálculos utilizando Monte Carlo.

Por la utilización del Método de Monte Carlo, se obtienen resultados diferentes

a cada sorteo, luego se establecen los siguientes criterios en la ejecución de los cálculos:

- Se inicia los cálculos buscando determinar el valor del TIR, valor que debe ser cero, no se adopta cero, sí un valor que este dentro de la tolerancia ± 1.000 .
- Se utiliza en los cálculos un número fijo para el TIR, y se efectúan tantos sorteos como necesarios hasta encontrar el valor del TIR que este dentro de la tolerancia. Se guarda este valor.
- Se repite el proceso hasta obtener tantos TIR que muestre una tendencia para el valor. Se encontró que la tendencia no es mayor que tres números seguidos. Luego se anota como valor de TIR el valor promedio entre estos tres números.
- Se adopta el valor definido para el TIR y se calcula los demás parámetros con este valor.
- En la determinación de los valores del VPN, PRI y RCB, se adopta para cada año y cada alternativa los valores definidos para el TIR y se efectúan tantos sorteos como necesarios hasta que su valor este dentro de la tolerancia de ± 1.000 .

ANALISIS DE LOS RESULTADO.

Las tablas 3, 4, 5 y 6 a seguir presentan los resultados obtenidos para cada una de las alternativas arriba citadas.

Índice	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺
VPN (Gs.)	-10.220.034	-10.652.776	-3.010.923	-4.158.611	3.507.302	1.919.013	8.958.441	6.746.803	13.698.561	10.723.379
TIR (%)	-----	-----	-4,18	-13,6	29,81	23	45,16	37	52,68	45
PRI (meses)	Sin ⁺					Con ⁺⁺				
	30					32				
RCB	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺
	-----	-----	1,25	1,39	0,81	0,92	0,62	0,68	0,52	0,58
OBS.: * Sin considerar aleatoriedad. ** Considerando la aleatoriedad de las fallas y el tiempo de vida de los artefactos y equipos.										

Tabla 3 – Resultado de la alternativa 1

ALTERNATIVA 2										
Índice	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺
VPN (Gs.)	-10.746.970	-11.483.067	-3.537.839	-4.728.067	2.980.387	1.311.255	8.431.525	6.064.370	13.171.646	10.748.581
TIR (%)	-----	-----	-6,86	-13,6	27,28	20,83	42,84	35,14	50,50	44,71
PRI (meses)	Sin ⁺					Con ⁺⁺				
	31					34				
RCB	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺
	-----	-----	1,31	1,41	0,83	0,88	0,64	0,71	0,53	0,58
OBS.: * Sin considerar aleatoriedad. ** Considerando la aleatoriedad de las fallas y el tiempo de vida de los artefactos y equipos.										

Tabla 4 – Resultado de la alternativa 2

ALTERNATIVA 3										
Índice	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺
VPN (Gs.)	-6.193.250	-6.393.250	-4.238.090	-4.897.436	2.280.136	1.079.415	7.731.275	5.753.775	12.471.395	10.628.639
TIR (%)	-----	-----	-11,92	-17,00	24,10	18,50	40,37	34,13	48,39	43,38
PRI (meses)	Sin ⁺					Con ⁺⁺				
	32					34				
RCB	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺	Sin ⁺	Con ⁺⁺
	-----	-----	1,40	1,49	0,87	0,64	0,66	0,51	0,55	0,40
OBS.: * Sin considerar aleatoriedad. ** Considerando la aleatoriedad de las fallas y el tiempo de vida de los artefactos y equipos.										

Tabla 5 – Resultado de la alternativa 3

ALTERNATIVA 4										
Índice	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Sin*	Con**	Sin*	Con**	Sin*	Con**	Sin*	Con**	Sin*	Con**
VPN (Gs.)	-6.329.910	-6.866.867	-4.882.185	-5.701.185	942.580	-142.084	5.491.375	3.787.400	9.249.076	7.590.716
TIR (%)	-----	-----	-11,92	-18,00	24,10	18,87	40,38	34,37	48,40	43,75
PRI (meses)	Sin*					Con**				
	34					38				
RCB	Sin*	Con**	Sin*	Con**	Sin*	Con**	Sin*	Con**	Sin*	Con**
	-----	-----	1,49	1,19	0,94	0,69	0,73	0,55	0,62	0,46
OBS.: * Sin considerar aleatoriedad. ** Considerando la aleatoriedad de las fallas y el tiempo de vida de los artefactos y equipos.										

Tabla 6 – Resultado de la alternativa 4

En términos globales se puede afirmar lo siguiente:

1. Con los resultados presentados en las 4 alternativas analizadas se verifica que el fenómeno de las fallas aleatorias de equipos y artefactos deben ser siempre considerada, caso contrario, los resultados son aproximaciones no realistas.
2. Comparando las alternativas 3 y 4, se verifica que el fenómeno de la inflación igualmente ejerce importante influencia en los resultados, es decir, cálculos precisos exigen presentarlos en la realización del análisis.

Por otro lado, en términos particulares y objetivo se puede afirmar lo siguiente:

1. Con relación a la alternativa más ventajosa para el cliente, se debe tener en cuenta la disponibilidad total de los recursos, o si la misma se efectuará por etapas de desembolso.
2. Las alternativas 1 y 2, se muestra mejor que la 3, en las dos primeras se dispone al inicio de la totalidad de los recursos necesarios y los trabajos se efectúan de forma continuada, ya en la tercera solo se disponen recursos en etapas anuales.
3. La forma de organizar la ejecución de los trabajos también es importante, esto se verifica comparando las alternativas 1 y 2, donde al inicio se dispone de la totalidad de los recursos, pero se prioriza la realización de los trabajos que proporcionan un flujo de caja más favorable.

CONCLUSIONES.

1. El trabajo de investigación no deja dudas de la importancia de la realización de una Auditoría Energética. En la misma se debe considerar variables económicas y el aspecto aleatorio asociado a los equipos y artefactos cambiados.
2. Diferentes formas de aplicación de recursos para la realización de las mejoras tienen importancia para el cliente, y para presentar una visión más completa se debe aplicar distintos índices de análisis y explorar más de una alternativa.
3. El estudio también muestra la dinámica del trabajo, posiblemente auditorías realizadas sobre instalaciones diferentes arrojarán resultados diferentes, de ahí la importancia de que todo el trabajo de campo y su posterior análisis sean realizado por equipos de especialistas.
4. El Método de Monte Carlo no Secuencial se muestra adecuado para el tratamiento de la aleatoriedad en la falla de los equipos y artefactos.

REFERENCIAS.

- [1]. Javier. F, Ángel A. Juan. "Simulación de Monte Carlo con Excel".
- [2]. Cardozo F, C; Arévalos S, C (2013). "Alternativas para cálculos económico-financieros de un proyecto de auditoría energética". Paraguay.
- [3]. Hernández R, G., Montero L, R (2011). "Diagnóstico y Auditoría Energética".

- [4]. Altuve, J G (2014). "El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión". Mérida. Venezuela. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17341/1/articulo1.pdf>.
- [5]. Pugna N, M (?). "VAN y TIR". Universidad Arturo Prat. Chile. Recuperado de: <http://www.mpuga.com/docencia/Fundamentos%20de%20Finanzas/Van%20y%20Tir%202011.pdf>.
- [6]. Orizaba (2002). Primera Feria Internacional sobre Energía Mini-hidráulica. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/1685/1/images/textodelcurso.pdf>.
- [7]. Arévalos S, C I., GALEANO A, L R (2013). Modelo de Auditoría Energética Residencial Integral. Paraguay.