

Selección y evaluación de una planta de tratamiento de agua para la Central Termoeléctrica Este Habana

Selection and Evaluation of a Water Treatment Plant for the Thermoelectric Este Havana

Dra. C Dania del Toro-Álvarez, daniadt@fiq.uo.edu.cu, Ing. Fidel F. Castellanos-Ortiz,
Ing. Eyilennys Probanca-Caro

Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Se comparan las características de los diferentes métodos que se utilizan en el mundo para desalar el agua de mar, lo que permitió identificar el método de osmosis inversa como el más adecuado, para las necesidades de la planta. Se licitaron posibles tecnologías existentes en el mercado internacional, ofertándose cuatro posibles plantas. Con las características de cada una de ellas, se procedió a realizar un proceso de tamizado aplicando el método cualitativo, el cual permitió seleccionar la tecnología Chematek como la más apropiada desde el punto de vista técnico. Se determinó la factibilidad económica y con ella se determinaron los principales indicadores que miden la eficiencia de un proyecto: el Valor Actual Neto (VAN) para una tasa de interés de 10% y la tasa interna del rendimiento (TIR). El resultado del VAN indica que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico.

Palabras clave: *Osmosis Inversa, métodos de desalación, índices de eficiencia económica.*

Characteristics of different methods used in the world to desalinate sea water are compared, was identified the reverse osmosis method as the most appropriate. Were tendered possible technologies in the international market, given four possible plants. With the characteristics of each of them, carried out a screening process using the qualitative method, which allowed selection Chematek technology as the most appropriate from a technical standpoint. Was determined economic feasibility and the principles indicators of the efficiency of a project: the net actual value and the. The result of the NPV indicates that the project is profitable from the economic point of view.

Key words: *reverse osmosis, desalination methods, indices of economic efficiency.*

Introducción

Este trabajo se ocupa de la selección de una planta de tratamiento de agua que sea capaz de procesar el agua salada, para en una etapa posterior utilizarla como materia prima en la generación de energía eléctrica en la Central Termoeléctrica (CTE), "Este Habana".

La planta de tratamiento de agua que actualmente se encuentra en la empresa es un instalación que ya sobrepasó su tiempo de vida útil, con más de 20 años de explotación; basada en el Intercambio Iónico con resinas aniónicas y catiónicas, para lo cual emplea ácido sulfúrico al 98 % y sosa cáustica al 45 %, como químicos regeneradores de las resinas, los cuales posteriormente son vertidos en el canal de agua

de enfriamiento, causando gran impacto desde el punto de vista medioambiental.

Por otra parte, la planta actual emplea como materia prima agua dulce proveniente de pozos situados a unos 20km, la misma debe ser transportada desde esta distancia hasta los tanques de almacenaje de agua cruda, implicando un alto costo de bombeo que en ocasiones sobrepasan los 5mW. El producto de esta planta es Agua Desmineralizada que constituye la sustancia de trabajo para producir a su vez el vapor de alta presión, cuya expansión posterior en el turbo-grupo, genera la corriente eléctrica.

Hoy la escasez de agua dulce es un problema global. En muchas zonas del planeta, el desarrollo industrial requiere grandes cantidades de agua. Para resolver este problema se ha recurrido a soluciones como la desalación de aguas salobres

y de mar, con el fin de hacerla potable o utilizable en la industria, la agricultura, etcétera.

Cuba es un archipiélago que su mayor recurso hídrico es el marino, de ahí que la mayoría de las termoeléctricas cubanas utilizan el agua de mar para el sistema de enfriamiento, las que son extraídas mediante canales que rodean las plantas. En el caso particular de la Central Termoeléctrica Este Habana, su ubicación permite de igual manera la utilización del agua salada, para luego de un tratamiento previo emplearla para la obtención de corriente eléctrica.

En el mundo existen diversos métodos y tecnologías que permiten tratar aguas saladas; por lo que la importancia de este trabajo radica en conocer las características de cada una de ellos, y partiendo de las necesidades de la planta, seleccionar en una etapa posterior el método más adecuado y la tecnología basada en éste, que permita resolver los problemas actuales de Central Termoeléctrica que se estudia.

Materiales y métodos

- Realizar un estudio bibliográfico sobre los métodos existentes en el mundo para desalar agua de mar.
- Comparar las características de cada una de los métodos estudiados con las condiciones de la Central Termoeléctrica, para definir cuál emplear.
- Caracterizar las tecnologías ofertadas por varias compañías extranjeras, basadas en el método seleccionado.

- Seleccionar la mejor tecnología desde el punto de vista técnico a través de un análisis cualitativo, teniendo en cuenta el equipamiento ofertado y las exigencias a cumplir para la nueva planta.
- Realizar la evaluación económica de la tecnología seleccionada a través de los indicadores de eficiencia económica valor actual neto (VAN) y la tasa Interna del rendimiento (TIR).

Fundamento teórico

El fundamento teórico se basa en dos aspectos fundamentales, el primero referente a los métodos de tratamiento para desalar agua de mar y el segundo a los aspectos teóricos sobre el análisis de rentabilidad de proyectos de inversión.

Métodos de tratamiento para desalar agua de mar en el mundo

Debido a la escasez de agua dulce que existe en este planeta, y el desarrollo creciente de las industrias, han surgido diversos métodos para desalar agua de mar, entre los más utilizados se encuentran:

- Destilación súbita por efecto flash (MSF)
- Destilación por múltiple efecto (MED)
- Compresión térmica de vapor (TVC)
- Compresión mecánica de vapor (CV)
- Ósmosis inversa(O.I)

A continuación, se presenta una tabla comparativa de las características de cada uno de los métodos anteriormente mencionados, lo que permite después de su análisis, seleccionar el método más adecuado a utilizar.

Tabla 1
Comparación de los métodos de
desalación existentes en el mundo, a escala Industrial

Características	MSF	MED-TVC	CV	O,I
Tipo de energía	Térmica	Térmica	Eléctrica	Eléctrica
Consumo energético primario (kJ/kg)	Alto > 200	Alto/medio 150 - 200	Medio 100-150	Bajo < 80
Costo de instalaciones	Alto	Alto/medio	Alto	Medio
Capacidad de producción (m ³ /día)	Alta > 50000	Media < 20000	Baja < 5000	Alta > 50000
Posibilidad de ampliación	Difícil	Difícil	Difícil	Fácil
Fiabilidad de operación	Alta	Media	Baja	Alta
Calidad del agua desalada (ppm)	Alta < 50	Alta < 50)	Alta < 50	Media 300 - 500
Superficie requerida de instalación	Mucha	Media	Poca	Poca

Los métodos más ventajosas para obtener agua desmineralizada (tabla 1), son la destilación súbita por efecto de flash (evaporación, MSF) y el de ósmosis inversa (OI), pero la primera tiene muchas desventajas con respecto a la segunda; además existen otras razones, las cuales se relacionan a continuación:

- El proceso de destilación necesita mucha más agua salada para producir la misma cantidad de agua que el método por ósmosis inversa, lo mismo ocurre con los residuos, pues una planta de destilación vierte al mar diez veces el volumen del agua que ha depurado, mientras que las plantas de ósmosis inversa no llegan a la tercera parte.
- El consumo eléctrico específico de una instalación de ósmosis inversa es el menor de los estudiados hasta ahora (de 6 a 8kW-h/m³), pudiéndose aprovechar la energía contenida en la salmuera rechazada a alta presión para rebajar esa cifra hasta por debajo de 3kW-h/m³.
- Al ser un proceso de filtración, el costo energético depende de la concentración del agua bruta, cosa que no ocurre en los métodos de evaporación.

- Permite una adaptabilidad mayor que otras plantas a una ampliación de su capacidad si la demanda es creciente en la zona.
- Los costos de inversión de una instalación de O.I están por debajo de otros métodos de destilación.

Como deficiencia de este método se puede señalar el ensuciamiento coloidal de las membranas; sin embargo, por las ventajas anteriormente mencionadas, se selecciona el método de ósmosis inversa como el método a utilizar en este trabajo y sobre el cual seleccionar la tecnología a utilizar.

Análisis de eficiencia económica

La evaluación económica financiera constituye la etapa de la evaluación del proyecto donde se mide la magnitud de la Inversión realizada, los gastos durante el proceso productivo y los beneficios obtenidos con la ejecución el proyecto.

Cuando en el proceso de evaluación se cuenta con más de dos alternativas, para la selección de

la oferta u ofertas adecuadas se utiliza el tamizado de alternativas empleando para ello diferentes métodos, siendo los más utilizados el método cualitativo y el cuantitativo, los cuales constituyen un dispositivo eficaz para eliminar las ofertas poco convenientes.

Para efectuar el proceso comparativo, a través del método cualitativo, se recomienda utilizar el siguiente código:

- (-): Criterio indeseable
- (+): Criterio deseable
- (¿?): Criterio incierto
- (0): Criterio neutral

Tabla 2
Método de evaluación cualitativa

Alternativa de solución	Criterios de evaluación				
	I	II	III	...	n
1					
2					
n					

La primera columna muestra la cantidad de alternativas presentes en el proyecto y en las restantes, los criterios más significativos a evaluar en cada alternativa.

Una vez realizada la evaluación con la clasificación anterior, se recomienda una segunda evaluación teniendo en cuenta la clasificación siguiente:

- a) Deseables
- b) Imprescindibles

La tecnología que no satisfaga un criterio de evaluación clasificado como imprescindible se elimina automáticamente.

Una vez culminado el proceso de tamizado y teniendo la o las alternativas seleccionadas por el método explicado anteriormente, se procede a determinar la rentabilidad de la o las mismas, a través de los índices de eficiencia económica, valor actual neto (VAN), tasa interna del rendimiento (TIR) o el tiempo de recuperación de la inversión (TR); sin embargo, para llegar a ellos se necesita previamente conocer o estimar el costo de inversión y el costo de producción del proyecto.

Método para la determinación del costo de capital o de inversión del proyecto

El costo de capital de la planta se determina por:

$$\text{Capital Total o Inversión Total} = \text{Capital Fijo} + \text{Capital Operativo } I = I_F + I_O$$

El capital operativo, es el que se invierte para mantener la planta en operación.

Estimación del capital operativo

Para estimados de prediseño, es aceptable un valor de 10 a 20 % del capital fijo.

- Cercano a un 10 % cuando la materia prima sea barata o el costo del equipo excesivamente caro.
- Cercano a un 20 % para situaciones contrarias.
- 15 % para una operación normal.

También puede estimarse considerando su valor igual al de un mes de materia prima o al inventario de tres meses del producto.

Estimación del capital fijo

A diferencia de los bienes de consumos y aparatos que se compran y se usan de inmediato, el equipo de proceso debe ser diseñado, construido o seleccionado a la medida y comprado e instalado por especialistas. En la mayoría de las aplicaciones esto significa que el costo final de la planta es varias veces mayor que la suma de los precios de los equipos sin instalar, pues al precio de estos se debe de sumar las obras de montaje y puesta en marcha entre otras.

Procedimiento para la estimación del capital fijo

1. Precio de compra de los equipos actualizados, $E = S E_i$
2. Costo del equipamiento instalado actualizado, C_{ei}
3. Edificaciones principales, $E_{dp} = 12 \% E$
4. Edificaciones auxiliares, $E_{da} = 10 \% E$
5. Facilidades y servicios instalados, $F_s = 55 \% E$

La suma de 2 a 5 = Costo directo de la planta = C_d

$$C_d = C_{ei} + E_{dp} + E_{da} + F_s$$

6. Movimiento de tierras, $Mt = 13 \% E$
7. Fletes, seguros e impuestos, $Fsi = 8 \% E$
8. Otros gastos directos, $Ogd = 6 \% Cd$
La suma de 2 à 8 = Costo directo total de la planta = Cdt

$$Cdt = Cd + Mt + Fsi + Ogd$$

9. Personal indirecto del campo de acción, $Pica = 12 \% Cdt$ (3 – 19 % Cdt)
10. Otros gastos indirectos del campo de acción, $Ogica = 21 \% Cdt$ (7 – 44 % Cdt)

La suma de 2 à 0 = Costo de construcción = Cc

$$Cc = Cdt + Pica + Ogica$$

11. Gastos de la oficina matriz de la empresa constructora, $Gom = 17 \% Cc$ (3 – 19 % Cc)
12. Gastos de la dirección del Proyecto, $Gdp = 8 \% Cc$ (3 – 27 % Cc)
13. Gastos del personal supervisor, $Gps = 3 \% Cc$ (0 – 7 % Cc)

La suma de 2 a 3 = Capital depreciable excluyendo Imprevisto = $Cadi$

$$Cadi = Cc + Gom + Gdp + Gps$$

14. Imprevistos del proyecto, $IPC = 5 \% Cadi$ (3 – 8 % $Cadi$)
15. Imprevistos del proceso, $IPS = 8 \% Cadi$ (5 – 15 % $Cadi$)

La suma de 1 à 15 = Capital depreciable incluyendo Imprevisto = $Cadii$

16. Compra del terreno, $Ctr = 2 \% Cadii$

La suma de 1 → 16 = capital fijo o inversión fija = I_F

$$I_F = Cadii + Ctr$$

También es imprescindible estimar los costos de producción, que son todos aquellos en que es necesario incurrir para desarrollar el proceso productivo. Para ello se seguirán los pasos que a continuación se enumeran.

Método para la estimación del costo de producción

1. Materias primas.
2. Ventas de subproductos.

3. Materiales de producción (catalizadores, disolventes, etcétera).

4. Mano de obra de operación.

5. Supervisión directa (10- 20 % de la mano de obra de operación).

6. Servicios auxiliares del proceso.

7. Mantenimiento y reparaciones (2 – 10 % del capital fijo)

8. Suministro de operación (10 – 20 % de mantenimientos y reparaciones)

9. Laboratorio de control (10 – 20 % de la mano de obra de operación)

10. Patentes y derechos (0 – 6 % del Costo de producción total)

Costo de fabricación directos = $C_{FD} = 1- 2 +$ suma 3 → 10

Generales (nomina, empaçado, almacenamiento, etcétera), (50 – 70 % de la suma 4 + 5 + 7)

11. Impuestos locales (1 – 2 % del capital fijo)

12. Seguro (0,4 – 1 % del capital fijo)

Costo de fabricación indirecto = $C_{FI} = 11 + 12 + 13$

Costo de fabricación totales = $C_{FT} = C_{FD} + C_{FI}$

13. Depreciación, $D =$ (aprox. 10 % del capital fijo)

14. Costos administrativos (25 % de los gastos generales)

15. Distribución y costo de venta (10 % del costo de producción total)

16. Investigación y desarrollo (5 % del costo de producción total)

Gastos generales = $G_G = 16 + 17 + 18$

Gastos de producción totales = $C_T = C_{FT} + D + G_G$

Valor actual neto (VAN)

Se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por años de las entradas y salidas de divisas en efectivo desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento del proyecto.

$$VAN = \frac{FNE_1}{(1+TMAR)^1} + \frac{FNE_2}{(1+TMAR)^2} + \dots + \frac{FNE_n + V_s}{(1+TMAR)^n} - I$$

donde:

FNE: Es el flujo neto de efectivo de un proyecto en los años 1, 2,...n.

Vs: Valor de salvamento.

I: Inversión.

TMAR: Tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta. Se calcula de la siguiente forma:

$$TMAR = i + f + i * f$$

donde:

f: índice de inflación (promedio para el período en que se evalúa).

i: índice de riesgo o premio de riesgo (se estima entre un 10 y 15 %).

La alternativa es factible siempre que se cumpla que el VAN e » 0, y si se tienen varias alternativas se toma aquella que tenga mayor valor de VAN.

Tasa interna de rentabilidad (TIR)

La tasa interna de rentabilidad (TIR) es la tasa de actualización a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivos, dicho de otra manera es la tasa a la cual el VAN es cero, o sea nula la rentabilidad del proyecto. Mientras mayor sea el valor del TIR más rentable es el proyecto. Para lograr calcular el valor del TIR es necesario calcularlo por métodos numéricos como el *Newton Raphson*.

$$0 = \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FNE_n + V_s}{(1+TIR)^n} - I$$

Resultados

Los resultados se presentan en dos partes:

Selección de la mejor tecnología (alternativa), empleando el método cualitativo.

Evaluación económica de la tecnología seleccionada para la nueva planta de tratamiento de agua.

- 1 Selección de la mejor tecnología (alternativa), empleando el método cualitativo.

Partiendo de las características del agua desmineralizada que se necesita obtener en la planta de tratamiento de agua y el método de *Ósmosis inversa* seleccionado anteriormente, se procedió a licitar en el mercado internacional las posibles tecnologías a emplear, ofertándose cuatro tecnologías que se relacionan a continuación:

- 1 Tecnología (1) propuesta por KROSYS.Inc, Siheung, Corea.
- 2 Tecnología (2) propuesta por BKG {Water solutions.
- 3 Tecnología (3) propuesta por Chemetek. S.p.a.
- 4 Tecnología (4) propuesta por STRABAG.

Para realizar el proceso de tamizado se escogieron los criterios siguientes, teniendo en cuenta las características comunes que existen entre ellas y la importancia de los criterios:

- I Costo de la inversión.
- II Efectos sobre el medio ambiente.
- III Consumo de potencia.
- IV Equipamiento por más de un año.
- V Forma de pago con facilidad.
- VI Entrenamiento de los obreros.
- VII Toma de agua por el canal de entrada.
- VIII Conocimiento de la tecnología a utilizar.
- IX Tratamiento de residuales.
- X Experiencias en termoeléctricas cubanas.

Tabla 3
Resultados obtenidos de la aplicación del método cualitativo

Tecnología de solución	Criterios de evaluación										
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
1	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
2	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-

Al analizar la tabla anterior se puede comprobar que la oferta 3 presenta mayor cantidad de criterios evaluados positivamente, siendo hasta ahora la alternativa a elegir. Para llegar a conclusiones

precisas al respecto, se procede a evaluar los criterios según la clasificación en Deseables ó Imprescindibles. Los resultados de esta aplicación se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Segunda clasificación de los criterios

Criterios	Clasificación
Costo de la inversión	Deseable
Efectos sobre el medio ambiente	Imprescindible
Consumo de potencia	Imprescindible
Equipamiento por más de un año	Deseable
Forma de pago con facilidad	Imprescindible
Entrenamiento de los obreros	Deseable
Sistema automático	Deseable
Toma de agua por el canal de entrada	Deseable
Conocimiento de la tecnología a utilizar	Imprescindible
Tratamiento de residuales	Imprescindible
Experiencias en termoeléctricas cubanas	Deseable

Al analizar la tabla cualitativa de decisiones, teniendo en cuenta la clasificación dada en la tabla 4, se confecciona la tabla 5, en ella se muestran las alternativas evaluadas según la clasificación de los criterios deseables o imprescindibles.

donde:

D: deseable

I: imprescindible

Tabla 5
Resultados definitivos obtenidos de la aplicación del método cualitativo

Tecnología de solución	Criterios de evaluación										
	D	I	I	D	I	D	D	D	I	I	D
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
1	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
2	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-

Al analizar la tabla anterior se observa que en las variantes 1,2 y 4 existen dos criterios evaluados negativamente en aspectos clasificados como imprescindible; por ejemplo, las alternativas 1, 2 y 4 no cumplen con la exigencia del aspecto Consumo de potencia; las alternativas 1 y 4 no cumplen con la exigencia del aspecto facilidad de la forma de pago; la alternativa 2 no cumple con la exigencia del aspecto conocimiento de la tecnología a utilizar; y por último, la alternativa 4 no cumple con la exigencia de los aspectos efectos sobre el medio ambiente y tratamiento de residuales, aspectos estos que fueron declarados como imprescindibles. Con el análisis realizado se concluye que de las cuatro ofertas planteadas, la tecnología 3; o sea, Chematek, es la que da solución al problema de tratamiento de agua en la CTE "Este Habana".

Evaluación económica de la tecnología seleccionada

Estimación de la inversión o costo de capital del proyecto

Aspectos necesarios a tener en cuenta para realizar proceso de inversión:

- No hay que hacer cálculos del costo de inversión porque esos datos la ofrecen las tecnologías ofertadas y relacionadas anteriormente.
- No hay movimiento de tierra debido a que es una ampliación de la CTE.
- No hay que comprar el terreno debido a que ese territorio pertenece a la CTE.

Los resultados fundamentales de la inversión son los siguientes:

- . Capital fijo o inversión fija

$$I_F = 3685848 \text{cuc}$$

- . Estimación del capital operativo

$$I_O = 368584 \text{cuc}$$

- . Capital total o inversión total

$$I_T = 4054432 \text{cuc}$$

Estimación del costo total de producción

Para realizar la estimación del costo total de producción se tuvieron en cuenta algunos parámetros que se relacionan a continuación.

- La materia prima es cero debido a que la misma es agua de mar.
- Es una planta auxiliar del proceso de generación de corriente eléctrica de la CTE "Este Habana" por lo que no es necesario un dirigente administrativo, esta tarea la asume la dirección de servicios productivos.
- Se vende las tres cuartas partes del agua desmineralizada que se produce en la planta de tratamiento de agua.

Los resultados fundamentales del proceso de estimación del costo de producción son los siguientes:

- Costo de fabricación totales = 443786 cuc/a
- Depreciación = 338 942,20 cuc/a
- Costos totales de producción = 955731 cuc/a

Estimación de los indicadores de eficiencia económica (VAN y TIR)

Para la estimación de los indicadores de eficiencia, además del costo de inversión y del costo de producción, se necesitan los valores de los siguientes parámetros:

- Precio de venta de agua desmineralizada = 1,10\$/mW

- Ingresos por ventas = 1 778 280 \$/a.
- Tasa de interés = 10 %

Con los resultados de la inversión, el costo de producción y los datos relacionados anteriormente, se procede a calcular el valor actual neto (VAN), para diferentes valores de tasa de interés, el valor de la tasa interna del rendimiento (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión (TR).

Tabla 6
Resultados de los principales indicadores económicos

Año	VAN 10%	VAN 15%	VAN 20%	TIR	TR
1	-3685848	-3525593	-3378694	0,27	3,7
2	-2701440	-2624925	-2551517		
3	-1806523	-1841736	-1862204		
4	-992963	-1160701	-1287776		
5	-253363	-568497	-809087		
6	419000	-53538	-410178		
7	1030239	394253	-77755		
8	1585912	783636	199264		
9	2091069	1122231	430113		
10	2550302	1416661	622488		
11	3096974	1751912	832407		

Análisis de resultados

- Como se puede observar, al hacer los cálculos en el programa VAN-TIR, la tecnología es factible con tasas de interés mostradas en la tabla 6 (10, 15 y 20 %), para el 10 % de tasa interés se recupera la inversión al quinto año de la puesta en marcha el proyecto con ganancias de 419 000 CUC/a en cambio para un 15 y un 20 % las ganancias comienzan al sexto y al séptimo año respectivamente.
- Para una tasa de interés del 10 % se obtiene un valor actual neto de 3 096 974 cuc/a.
- Se obtiene una tasa interna del rendimiento del 27 % que pudiera llegar hacer susceptible si el proyecto sufre grandes cambios.
- El tiempo de recuperación de la inversión es a los 3,7 años después de haber iniciado la inversión.

Conclusiones

1. El estudio bibliográfico permitió seleccionar como mejor método para el tratamiento de agua de mar el de *ósmosis inversa*.
2. La aplicación del método cualitativo permitió escoger como mejor oferta la tecnología (3), es decir, *Chematek*.
3. El análisis económico demostró mediante los indicadores de eficiencia económica VAN y TIR que la tecnología escogida es factible pues se obtiene una ganancia neta de 3096974cuc/a para una tasa de interés de 10 %, y un valor de TIR de 27 %.

Nomenclatura

- Cadi:** capital despreciable excluyendo Imprevisto
Cadii: capital despreciable incluyendo Imprevisto
Cc: costo de construcción

Cd: costo directo de la planta
Cdt: costo directo total de la planta
Cei: costo del equipamiento instalado actualizado
CIF: costo de inversión total
CTE: central termoeléctrica
Ctr: compra del terreno
CV: compresión mecánica de vapor
E: precio de compra de los equipos actualizados
Eda: edificaciones auxiliares
Edp: edificaciones principales
f: índice de inflación
FNE: flujo neto de efectivo
Fs: facilidades y servicios instalados
Fsi: fletes, seguros e impuestos
Gdp: gastos de la dirección del proyecto
Gom: gastos de la oficina matriz de la empresa constructora
Gps: gastos del personal supervisor
I_F: capital fijo o inversión fija
i: índice de riesgo o premio de riesgo
I: capital total o inversión total
I_O: capital operativo
IPS: imprevistos del proceso
Ipy: imprevistos del proyecto
MED: destilación por múltiple efecto (siglas en Ingles).
MSF: destilación súbita por efecto flash (siglas en Ingles).

Mt: movimiento de tierras
n: número de años
Ogd: otros gastos directos
Ogica: otros gastos indirectos del campo de acción
Pica: personal indirecto del campo de acción
TIR: tasa Interna del Rendimiento
TR: tiempo de recuperación de la inversión
TMAR: tasa mínima aceptable del rendimiento
TVC: compresión térmica de vapor (siglas en Ingles)
VAN: valor actual neto.

Bibliografía

1. Colectivo de autores. "Solicitud de oferta a ENERGOIMPORT de La CTE Este Habana". Ministerio de Economía y Planificación. Bases Metodológicas para la evaluación de Estudios de Factibilidad de las Inversiones en Industrias. La Habana, 2001. CTE Este Habana, 20 de Marzo del 2010.
2. FARIÑAS, M. Ed. McGraw Hill, Ósmosis Inversa. Fundamentos, tecnología y aplicaciones. 1999.
3. PROBANCE, C. E. Evaluación de la planta de tratamiento de agua de la Central Termoeléctrica Este Habana. Trabajo de Diploma, año 2011.
4. SANZ, M. La desalación de agua de mar por Ósmosis Inversa. Caso práctico: I.D.A.M. de Bahía de Palma. I Congreso AED y R, Murcia. (2000)