

00.78.21



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



**CURSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA NUCLEAR
ORIENTADO A LA CAPACITACION BASICA PARA LA
IMPLEMENTACION DE PROGRAMAS NUCLEOELECTRICOS**

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 3	AÑO 1978

CNEA AC- 62/78

ECONOMIA DE CENTRALES NUCLEARES

METODOS DE COMPARACION DE ALTERNATIVAS

Prof.: Lic. ALEJANDRO PARKER

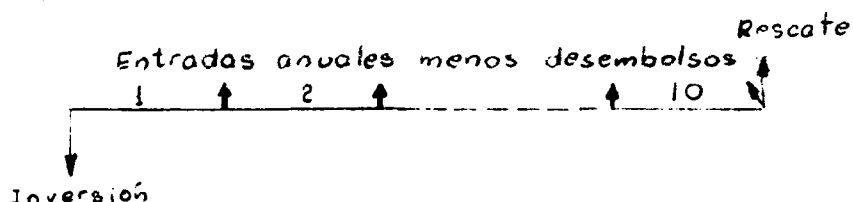
BUENOS AIRES - ARGENTINA

OCTUBRE - 1978

EQUIVALENTE ANUAL Y EQUIVALENTE PRESENTE

Comparación de flujos de caja

La inversión típica en una planta o equipo involucra un esquema de un gasto presente seguido por entradas anuales en exceso de desembolsos anuales y culminada por la venta de la planta o equipo por algún valor neto de rescate (aunque frecuentemente un ingreso, el valor de rescate puede ser despreciable o negativo, es decir un desembolso).



Aún cuando se hacen estimaciones precisas de tales flujos de caja, raramente la sola inspección revela una respuesta a la pregunta "¿Pagará?". La dificultad estriba en que los flujos de caja son de diferentes años, y por lo tanto no son directamente comparables. Esta dificultad puede ser salvada tomando en cuenta el valor temporal del dinero (interés); el tratamiento de los efectos del cambio en el poder de compra del dinero (inflación/deflación) será tratado más adelante.

El valor temporal del dinero puede tomarse en cuenta convirtiendo los flujos de caja a sumas equivalentes en fechas específicas. Por lo tanto los flujos de caja pueden ser expresados tanto como un monto equivalente anual o como un monto equivalente a una fecha dada. Los dos métodos más usados son la conversión a: (1) un monto equivalente uniforme anual, y (2) un monto equivalente presente; los métodos dan lugar a los denominados métodos de "costo anual" y "valor presente".

Hallar flujos de caja equivalentes requiere la aplicación de los factores de interés compuesto. Dada la tasa de interés apropiada, podemos convertir entradas y desembolsos a sumas equivalentes en fechas específicas. Si el proyecto satisface los criterios del método, las entradas equivalentes deben igualar o exceder a los desembolsos equivalentes.

Recuperación del costo de instalación y valor de rescate a la tasa de retorno atractiva mínima estipulada

En muchos ejemplos que seguirán se calculará el equivalente anual uniforme del costo de instalación y del valor de rescate. Este equivalente provee al propietario del retorno e interés de su inversión, es decir de la "recuperación del capital".

Hay muchas técnicas para calcular el equivalente anual del costo de instalación y del valor de rescate, y es importante distinguir aquellas que son matemáticamente exactas de las aproximaciones. Tratare-

mos aquí solo las exactas, pero hay que recordar que estas técnicas exactas se aplican a estimaciones, es decir que no necesariamente producen resultados exactos.

Sea I = primer costo = costo de instalación

R = valor de rescate al final del año n -ésimo = valor bruto de rescate menos el costo de remoción y restauración.

CEA = costo equivalente anual

i = tasa de retorno atractiva mínima

n = número de años

Cualquiera de las siguientes técnicas exactas puede ser usada para determinar el equivalente anual del costo de instalación y del valor de rescate.

- 1.- La técnica del flujo de caja que empleamos consiste en hallar el equivalente anual del costo de instalación menos el equivalente anual del rescate:

$$CEA = I (a/p)_n^i - R (a/f)_n^i$$

- 2.- Recuperación e interés sobre el capital consumido más el interés sobre el valor residual (rescate):

$$CEA = (I - R) (a/p)_n^i + R i$$

la cual puede escribirse como:

$$= I (a/p)_n^i - R ((a/p)_n^i - i)$$

la cual es equivalente a nuestra primera expresión.

- 3.- Interés sobre el total de la inversión más el fondo de amortización sobre el capital consumido:

$$CEA = I i + (I - R) (a/f)_n^i$$

La cual puede escribirse como:

$$= I (i + (a/f)_n^i) - R (a/f)_n^i$$

que es equivalente a nuestra primera expresión.

- 4.- Recuperación e interés del costo de instalación menos el valor presente del valor de rescate:

$$CEA = (I - R (p/f)_n^i) (a/p)_n^i$$

la cual puede escribirse como:

$$= I (a/p)_n^i - R (a/f)_n^i$$

que es nuestra primera expresión.

5.- Interés sobre la inversión remanente más la recuperación uniforme (depreciación lineal) del capital consumido:

$$CEA = i \left(I - \frac{I - R}{n} (a/g)_n^i \right) + \frac{I - R}{n}$$

ya que

$$(a/g)_n^i = \frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1}$$

$$\begin{aligned} CEA &= i I + \frac{I - R}{n} \left(-\frac{i}{i} + \frac{ni}{(1+i)^n - 1} + 1 \right) \\ &= i I + (I - R) (a/f)_n^i \end{aligned}$$

la cual es igual a la expresión 3 y equivalente a nuestra primera expresión.

Todas las técnicas precedentes deben por supuesto ser aplicadas consistentemente para producir resultados idénticos. En la expresión 3, el uso de tasas de interés diferentes para el fondo de amortización que para el interés sobre la inversión producirá resultados inconsistentes con las técnicas descritas. Este tratamiento algunas veces está basado sobre la suposición que los fondos de amortización no serán reinvertidos en el negocio sino en un fondo especial o cuenta donde la tasa de interés será diferente de la tasa de retorno de los fondos del proyecto.

El método del valor presente neto o valor actual neto (VAN)

El equivalente presente neto o exceso de los ingresos sobre los costos = EPI - EPC = EPB es también llamado "valor presente neto" ó "valor actual neto".

$$VAN = EPB = \sum_{z=0}^n (1+i)^{-z} x_z$$

donde:

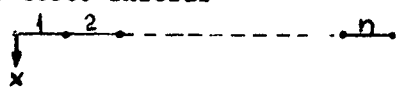
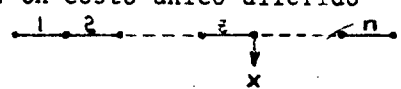
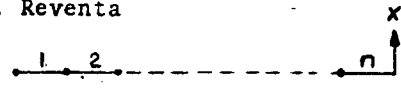
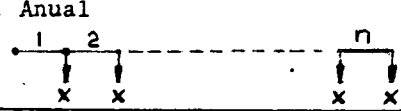
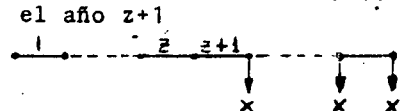
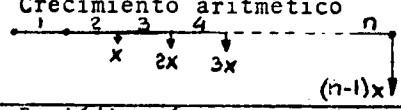
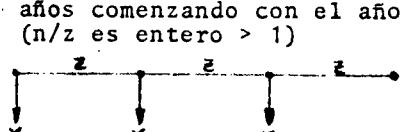
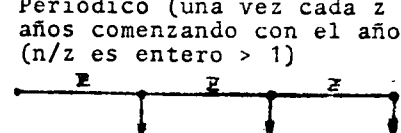
- VAN = Valor actual neto.
- EPB = Equivalente presente de los beneficios
- i = tasa de retorno o descuento requerida
- x_z = el flujo neto de caja en el año z .
- n = vida del proyecto en años

A partir de un grupo de proyectos mutuamente excluyentes se debe seleccionar aquel con el máximo VAN, y luego aceptar la inversión si:

- 1.- la inversión es mandatoria ó
- 2.- $VAN \geq 0$

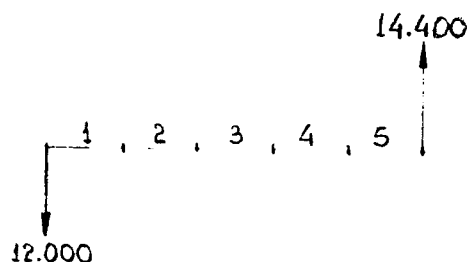
El equivalente anual de los beneficios (EAB) y el equivalente futuro de los beneficios (EFB) son criterios de decisión análogos. Si en el proceso de confección del presupuesto el costo de los proyectos independientes aceptados excede los fondos disponibles, la tasa de retorno requerida debe ser revisada (aumentada) para reflejar el "costo de oportunidad". El valor final de i debería ser aquél que compatibiliza los fondos requeridos con los fondos disponibles. Este método puede ser también aplicado a los equivalentes presentes de los costos o de los beneficios separadamente. En la TABLA I se resumen los factores requeridos para la conversión de algunos tipos comunes de flujos de caja ya sea a su equivalente anual o a su equivalente presente.

T A B L A I

TIPO DE FLUJO DE CAJA	EJEMPLO	EQUIV. ANUAL = x por	EQUIV. PRESENTE = x por
1. Costo inicial 	Edificio	$(a/p)_n^i$	1
2. Un costo único diferido 	Adición de Edificio	$(p/f)_z^i (a/p)_n^i$	$(p/f)_z^i$
3. Reventa 	Reventa de Edificio	$(a/f)_n^i$	$(p/f)_n^i$
4. Anual 	Impuesto a la propiedad, mantenimiento, seguro	1	$(p/a)_n^i$
5. Anual diferido comenzando con el año z+1 	Incremento en el costo de la mano de obra	$(f/a)_{n-z}^i (a/f)_n^i$	$(p/a)_n^i - (p/a)_z^i$
6. Crecimiento aritmético 	Mantenimiento	$(a/g)_n^i$	$(p/g)_n^i$
7. Periódico (una vez cada z años comenzando con el año 0) (n/z es entero > 1) 	Retejado si se considera el techo inicial	$(a/p)_z^i$	$(a/p)_z^i (p/a)_n^i$
8. Periódico (una vez cada z años comenzando con el año z) (n/z es entero > 1) 	Retejado	$(a/f)_z^i$	$(a/f)_z^i (p/a)_n^i$

EJEMPLO SOBRE COSTO EQUIVALENTE ANUAL (CEA)

Supongamos que se compra por U\$S 12.000 un terreno para una fábrica. A los 5 años se desmantela la fábrica y se vende el terreno por U\$S 14.400. ¿Cuál es el costo equivalente anual del terreno que debe ser cargado al precio de venta de la producción anual de la fábrica si $i = 10\%$?



$$1.- \quad CEA = I \times (a/p)_5^{10\%} - R(a/f)_5^{10\%}$$

$$CEA = 12.000 \times 0,2638 - 14.400 \times 0,1638$$

$$= 3.165,6 - 2.358,72 = 806,88 \text{ U\$S}$$

$$CEA = 806,88 \text{ U\$S}$$

=====

$$2.- \quad CEA = (I-R)(a/p)_5^{10\%} + Ri$$

$$= (12.000-14.400) \times 0,2638 + 14.400 \times 0,1$$

$$= -2.400 \times 0,2638 + 1.440$$

$$CEA = -633,12 + 1.440$$

$$CEA = 806,88 \text{ U\$S}$$

=====

$$3.- \quad CEA = Ii + (I-R)(a/f)_5^{10\%}$$

$$= 12.000 \times 0,1 + (12.000-14.400) \times 0,1638$$

$$= 1.200 - 2.400 \times 0,1638$$

$$= 1.200 - 393,12$$

$$CEA = 806,88 \text{ U\$S}$$

=====

$$\begin{aligned}
 4.- \quad CEA &= (I - R(p/f)^{10\%}) (a/p)^{10\%} \\
 &= (12.000 - 14.400 \times 0,62092) \times 0,2638 \\
 &= (12.000 - 8.941,27) \times 0,2638 \\
 &= 3.058,73 \times 0,2638
 \end{aligned}$$

$$CEA = 806,88 \text{ U\$S}$$

=====

$$\begin{aligned}
 5.- \quad CEA &= i \left(I - \frac{I-R}{n} (a/g)^i \right) + \frac{I-R}{n} \\
 &= 0,1 \left(12.000 - \frac{12.000 - 14.400}{5} \times 1,810 \right) + \frac{12.000 - 14400}{5} \\
 &= 0,1 (12.000 + 480 \times 1,810) + (-480) \\
 &= 0,1 (12.000 + 868,8) - 480 \\
 &= 1.286,88 - 480
 \end{aligned}$$

$$CEA = 806,88$$

=====

TASA INTERNA DE RETORNO

Si se conoce la tasa de descuento o de retorno requerida para un proyecto se recomienda utilizar el criterio del Valor Presente Neto ó Valor Actual Neto ya comentado. Si no es conocida esta tasa recomendamos usar el criterio de la tasa interna de retorno.

Para aplicar este criterio necesitamos calcular la tasa de retorno que se logrará si se cumplen las estimaciones del proyecto.

La tasa interna de retorno (TIR) estimada de una inversión es la tasa de interés a la cual el equivalente presente de los ingresos es igual al equivalente presente de los costos, es decir la tasa de interés a la cual el Valor Presente Neto es igual a cero.

$$VPN = 0 = \sum_{z=0}^n (1+i)^{-z} Fz$$

donde:

- i = tasa interna de retorno
- n = vida del proyecto en años
- F_z = el flujo de caja neto en el año z .

El método más práctico de calcular la tasa interna de retorno es el gráfico. Supongamos las siguientes estimaciones para un proyecto propuesto:

- Costo inicial = F_0 = U\$S 250.000
- Ingresos netos por año = U\$S 70.000
- Vida útil del proyecto = 5 años
- Valor de reventa al año 5 = U\$S 100.000

La tasa interna de retorno será el valor de i que hace nula la ecuación:

$$VPN = -250.000 + 70.000(p/a)_5^i + 100.000(p/f)_5^i = 0$$

(construya el diagrama del flujo de fondos)

En la ^{TABLA} II se calcula este valor para valores seleccionados de i

i	$(p/a)_5^i$	$(p/f)_5^i$	VPN
0	5	1	200.000
5	4,329	0,7835	131.380
10	3,791	0,6209	77.460
15	3,352	0,4972	34.360
20	2,991	0,4019	-440

T A B L A II

Puede observarse que la tasa interna de retorno será algún valor próximo al 20%. Si interpolamos linealmente entre los valores del 15 y 20% obtenemos:

$$i = 15\% + 5\% (34.360/34.800) = 19,9\%$$

LA TASA INTERNA DE RETORNO MARGINAL

Definición:

La tasa interna de retorno marginal (TIRM) es aquella tasa de interés que hace que el valor neto de la diferencia entre dos propuestas de inversión sea cero.

Por este motivo la TIRM mide la rentabilidad "marginal" o rentabilidad de la inversión extra requerida para pasar de una propuesta con menor costo inicial a otra propuesta con costo inicial mayor.

Su uso es esencial para discutir "dimensionamiento óptimo".

Ejemplo de determinación de la TIRM

Se trata de determinar el espesor óptimo de aislación térmica a colocar en una dada instalación. En la Tabla III se resumen los costos iniciales y las pérdidas anuales de calor para varios espesores.

Alternativa Nº	Espesor de aislación (pulgadas)	Costo inicial (\$)	Pérdida anual de calor (\$)
1	0	0	1.800
2	3/4	1.800	900
3	1	2.545	590
4	1 1/2	3.340	450
5	2 1/4	4.360	360
6	3	5.730	310
7	2 1/2	7.280	285

T A B L A III

Suponiendo una vida del proyecto de 15 años hallamos las tasas internas de retorno marginal comparando cada alternativa con la anterior. La misma estará dada por la solución de la ecuación:

$$\text{Inversión extra} = \text{Ahorro anual en pérdida de calor} \times (p/a)_{15}^{\text{TIRM}}$$

En la Tabla IV se resumen estos valores.

Estos y otros valores son mostrados en la Figura 1.

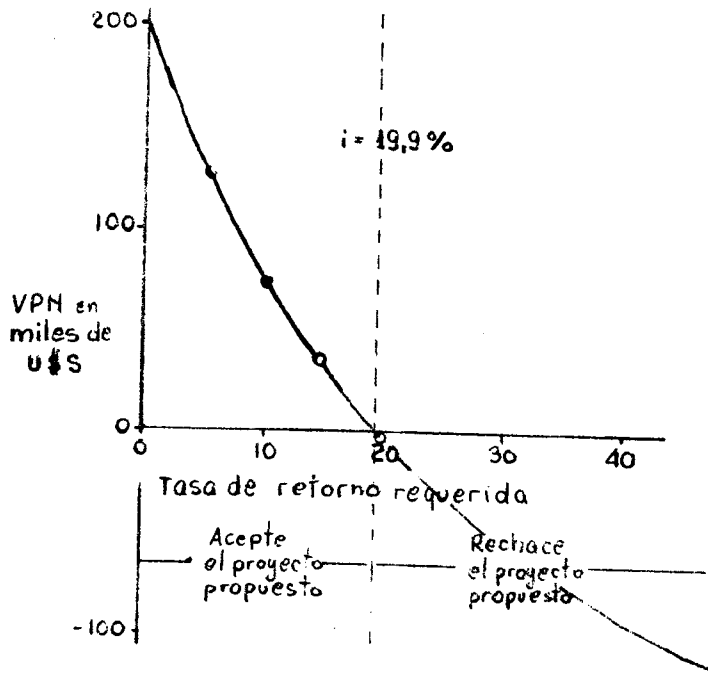


Figura 1. Valor presente neto del flujo de caja del ejemplo.

Ya que no ha sido especificada la tasa de retorno requerida (TRR ó costo del capital) sólo podemos establecer nuestras conclusiones en forma condicional.

Si TRR es:	Elección
$> 19,9\%$	Rechace el proyecto propuesto
$\leq 19,9\%$	Acepte el proyecto propuesto

Cuando se debe optar por una entre varias alternativas mutuamente excluyentes hay que determinar qué alternativa maximiza el beneficio (ó minimiza las pérdidas) a varios valores de tasas de retorno requeridas

T A B L A IV

Alternativa Nº	Inversión extra (\$)	Ahorro anual en pérdida de calor (\$)	TIRM (%)
1	0	0	0
2	1.800	900	49,88
3	745	310	41,38
4	795	140	15,61
5	1.020	90	3,73
6	1.370	50	-6,73
7	1.550	25	-14,07

En general se tiene la siguiente condición para determinar el tamaño óptimo de una propuesta de inversión:

$$\text{TIRM} = i ;$$

donde i , es la tasa mínima requerida de interés. Si los tamaños no son continuos sino discretos hay que avanzar hacia diseños mayores hasta el momento en que la próxima expansión arroje una $\text{TIRM} < i$. De esta manera se asegura el mejor VPN de una propuesta.

Período de repago

El período de repago o "pay-out" mide el lapso en el cual el flujo de fondos originado en el proyecto, permite recuperar el monto de la inversión en el mismo, y normalmente se mide en años.

De acuerdo con este criterio para un grupo de proyectos mutuamente excluyentes se debe seleccionar aquél con período de repago mínimo y entonces aceptarlo si: (1) la función del proyecto es obligatoria ó (2) el período de repago \leq período de repago máximo aceptable. Para un grupo de proyectos independientes se deben ordenar los proyectos en el orden ascendente de sus períodos de repago y luego aprobar los proyectos de acuerdo a su orden hasta agotar los fondos disponibles. Recomendamos evitar este "criterio popular" debido a:

- 1.- Los flujos de caja posteriores al año de repago son despreciados y por lo tanto el criterio no pesa los flujos de caja que ocurren después de la fecha de repago.
- 2.- Se desprecia el "timing" de los flujos de caja dentro del período de repago. Un proyecto A con flujos de caja a final de año de -100, +50, +50, ... será considerado como equivalente a un proyecto B con flujos de caja a final de año de -100, 0, +100...

- 3.- El método de prueba no es uniforme; discrimina contra proyectos de vida útil larga.
- 4.- Los usuarios tienden a usar requerimientos de repago más y más cortos hasta que pocas inversiones, si existe alguna, pueda pasar el "test".

RENTABILIDAD O RETORNO DE LA INVERSION

Se expresa como la relación entre el total de los ingresos netos derivados del proyecto y el monto de la inversión. Normalmente se calcula su valor tomando la suma de valores no actualizados, pero también es habitual que la relación se establezca entre valores actualizados a una tasa dada.

Obsérvese que si se utiliza como tasa de descuento la del costo del capital, el criterio de elección será aprobar todo proyecto con rentabilidad superior o igual a 1 y rechazar todo aquel con rentabilidad inferior a 1. Obsérvese además que si la tasa de descuento elegida es igual a la tasa interna de retorno del proyecto, la rentabilidad es igual a 1. Recomendamos evitar los cálculos de rentabilidad sin actualización de valores por ser poco serios y proclives a producir errores tan groseros como el siguiente: un proyecto con el siguiente flujo de fondos: -100,0,0,150 tiene mayor rentabilidad que uno con: -100,50,50,40, siendo la tasa interna de retorno del primero 14,47% y la del segundo 19,7 %.

PUNTO DE EQUILIBRIO

Una de las incertidumbres más graves en todo proyecto es la que se refiere a las perspectivas de venta de la planta.

En el caso de los empresarios tradicionales, anteriores a las técnicas de proyecto, el tamaño de las empresas era definido simplemente por la intuición y sentido de los negocios de los empresarios. La evaluación de proyectos adicionó técnicas capaces de predecir las posibilidades en cantidad y el valor de ventas de la empresa a través de los Estudios de Mercado.

El mercado, proyectando tendencias y analizando perspectivas define la demanda insatisfecha y el precio de ventas previsible para

los productos de la empresa.

Con esta base se definen los ingresos previsibles y se calcula la rentabilidad del proyecto.

Sin embargo, los responsables del proyecto, y los evaluadores del mismo, necesitan conocer lo que pasaría con esta rentabilidad en el caso que ocurriera algún cambio en estas perspectivas de mercado.

Eso es necesario se consideramos que además de las inversiones, todo proyecto presenta costos fijos que deben ser cubiertos cada año, independientemente del nivel de producción en que funciona la empresa.

El instrumento más utilizado corrientemente para tal fin, es el Punto de Equilibrio.

Sin hacer juicio sobre la corrección de los datos que sirven de base al estudio de mercado, el Punto de Equilibrio o (Punto de Nivelación) indica el grado en que un error en las ventas no genera pérdidas efectivas a la empresa.

El principio en que se basa el Punto de Equilibrio es de lo más sencillo. Si el proyecto está diseñado para producir y vender una cantidad Q de bienes, y sin obtener una utilidad $U=I-C$, al empresario le interesa saber que cantidad mínima q debe vender para que por lo menos no tenga pérdida, o sea le interesa saber, en el caso que el estudio de mercado esté errado o se comporte mal en algún año, hasta que puntos se puede reducir las ventas sin que la planta incurra en perjuicio. El Punto de Equilibrio es exactamente el nivel mínimo de producción y ventas en que una planta puede funcionar "autónomamente", o sea sin pérdidas.

Para calcular el Punto de Equilibrio es suficiente aplicar su concepto a una expresión que iguale los Ingresos y Costos, representados en función del nivel de producción.

Sean los ingresos I y los costos C , en el nivel de producción máxima, base sobre la cual se calcula la rentabilidad de la empresa:

$$U = I - C = p.Q - (C_f + C_v)$$

donde p es el precio del producto, C_f el costo fijo y C_v el cos-

to variable para el nivel de producción Q.

Asumamos que el Punto de Equilibrio sea representado como una fracción n de la producción total Q. Así, cuando $n=q/Q$, n será la fracción de la producción total en que

$$I.n = C_f + C_v.n$$

$$n = \frac{C_f}{I - C_v}$$

Así, el Punto de Equilibrio puede ser obtenido en función del Costo Fijo y del Ingreso y Costo Variable que presenta la empresa en su máximo nivel de producción proyectada.

Esta expresión indica con que fracción de la capacidad instalada en funcionamiento, la empresa se mantiene sin beneficios ni perjuicios. Para una producción superior hay beneficios y para una inferior habrá perjuicio.

Este punto n es el punto de nivelación o punto de equilibrio, también llamado "Break-even-point" o sea el punto vecino a la quiebra.

De esta manera, el análisis de los puntos de nivelación permite estimar dentro de qué zonas de capacidad utilizadas, o dentro de qué límites de variación tendrá la empresa posibilidades de éxito. Esto es tanto más importante dependiendo de la inseguridad que se tenga en las proyecciones del mercado.

Así un proyecto cuya demanda no satisfecha se sitúa en 400.000 unidades de un cierto producto, y el tamaño mínimo es para producir 400.000 unidades y cuyo punto de nivelación sea el 90%, si se ejecuta es con inmenso riesgo y gran posibilidad de fracaso.

En resumen, los puntos de nivelación sirven para determinar los niveles de producción críticos en el funcionamiento de la empresa. El Punto de Equilibrio así calculado sirve para determinar el riesgo básico del proyecto. Sin embargo, siempre es conveniente calcular otro Punto de Equilibrio, quitando de los costos fijos, las depreciaciones y las amortizaciones de gastos preoperacionales. Con eso se reduce el Punto de Equilibrio indicando el punto

abajo del cual la empresa necesitará de aportes externos para financiar sus pérdidas. Con la depreciación incluida en los costos, el punto de equilibrio permite cierta recuperación del capital y la formación de una reserva.

