

# MOMENTO ECONOMICO OPTIMO PARA EL REEMPLAZO DE UNIDADES

*Jaime Avilés Fredes \**  
*Capitán de Corbeta*



## 1. Generalidades.

La disponibilidad de los recursos económicos es limitada y una de las formas más lógicas y eficientes para obtener

el máximo beneficio en su utilización, es a través de una exhaustiva racionalización de los mismos, orientados a satisfacer en la mejor forma, la demanda de los requerimientos para la adquisición, sostenimiento, operación y desarrollo de las unidades.

Para un economista un proyecto es la fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos períodos de tiempo, objeto medirlos y determinar la conveniencia de ejecutarlo.

En la búsqueda de un método de racionalización, se aprecia la necesidad de efectuar permanentemente una evaluación de costos involucrados en las unidades propias y las proposiciones de aquellas existentes en el mercado.

Para el caso de una unidad a flote, en donde los beneficios son intangibles, el desafío se enmarca en determinar la magnitud de todos los costos atribuibles a la adquisición, recuperación, mantención, operación y modernización para emitir un juicio de la conveniencia o bondad de

una proposición de cambio, objeto minimizar el costo y maximizar los resultados operacionales de la unidad seleccionada.

Es importante esclarecer que quien compra una unidad usada a un determinado precio, lo hace por que el valor del nivel en el cumplimiento de los tareas a ella asignadas, tiene una magnitud de beneficios netos esperado para él, mayores que el precio pagado. Este valor desde el punto de vista del compradores es mayor para quien la compra, que para quien la vende. Lo anterior se desprende, debido a las distintas expectativas de las partes, respecto a sus costos y beneficios futuros y es, lo que en definitiva determina la dinámica del intercambio comercial de unidades en el mercado internacional.

Con respecto a la identificación de los factores determinantes de la conveniencia de reemplazo, es interesante tener presente, la variación de los costos de operación en las unidades, los cuales tienden a incrementarse en la medida que aumenta el tiempo de operación de las mismas. Estos costos al ir aumentando en la medida que transcurre el tiempo, van afectando exponencialmente su vida útil económica, no obstante el costo de capital (interés sobre el capital invertido) y la depreciación (pérdida del valor de la unidad en el mercado) van disminuyendo, por lo que se llega a determinar, que al utilizar las unidades en forma intensa, el costo de operación es esencial para determinar la conveniencia o no de su reemplazo.

\* Ingeniero Comercial, con mención en Administración de Empresas, Universidad de Santiago, Chile.

## 2. Vida útil operacional, económica y momento de reemplazo óptimo.

Todas las unidades navales tienen un período de vida útil operacional, el cual está definido como aquel período de tiempo en que la unidad está en condiciones generales apta para cumplir el papel asignado. Durante todo este tiempo, la unidad está permanentemente demandando recursos materiales y humanos para su operación y mantención, como también para mejorar sus capacidades objeto cumplir su rol en forma más expedita y eficiente, demanda que en definitiva se traduce en un mayor requerimiento de recursos monetarios.

En el transcurso del período de vida útil operacional estimada de cada unidad, puede existir en el mercado internacional unidades con capacidades iguales o superiores, sin embargo si analizamos sus costos de operación, mantención y desarrollo, podría darse el caso de ser más convenientes respecto a los costos de las unidades actuales. Esta situación es la base de la teoría económica, de la alternativa de reemplazo que toda unidad tiene.

Para identificar los costos pertinentes en la evaluación es necesario definir una situación base o situación **sin proyecto** y compararlos con la situación **con proyecto**. En este caso vamos a definir **con proyecto** como la alternativa de reemplazar la unidad.

No obstante, en la eventualidad de no reemplazarla nos acercaremos al término de la vida útil operacional, momento final que se caracteriza, por que ya no sea factible, conveniente ni aceptable absorber técnica ni económicamente la operación, mantención, reparación y/o modernización de la unidad.

El horizonte de vida útil operacional de cada unidad se puede desplazar hacia la derecha en el tiempo, dependiendo directamente del nivel de recuperación estructural y de tecnología que se le implemente, por lo tanto la estimación o proyección de este período de utilización de la unidad en servicio, se podrá extender tantas veces como se quiera, asumiendo los costos asociados a dicha decisión. Lo anterior nos indica que en la mayoría de los casos, el factor determinante de reemplazo, es el alto costo de reposición del casco y su capacidad de mantener el compartimentaje, seguido de la complejidad y especificidad de la modernización de sus sistemas de armas.

El problema de la vida útil de las unidades se enmarca en el concepto económico, aplicado al valor de la mantención de un cierto nivel operativo y de eficiencia que se ve afectado por el factor de obsolescencia técnica. Por lo tanto la limitación del período de vida útil operacional por la obsolescencia tecnológica, se debe fundamentalmente a la incidencia económica del rendimiento sobre la inversión de cada unidad en particular y su repercusión como costo alternativo en la distribución de los recursos.

Luego la vida útil económica de la unidad habrá terminado, en el momento que el valor actual de la suma de los costos anuales futuros necesarios para la mantención, recuperación, operación y modernización de una unidad a flote, sea superior a los mismos costos anuales de otra unidad similar, disponible y factible de adquirir en el mercado, como también en la alternativa que se demuestre el bajo índice de rendimiento operativo esperado respecto a su requerimiento de inversión económica.

De lo expuesto se desprende que el horizonte de vida útil económica de una unidad, determina el momento económico óptimo de reemplazo, sin embargo la unidad puede continuar en servicio sin ser reemplazada hasta el término de la vida útil operacional.

Cabe hacer presente que es completamente factible la no existencia en el mercado de un reemplazo potencial de alguna unidad, sin embargo en este caso la vida útil operacional deberá extenderse hasta que ya no sea factible, conveniente ni aceptable absorber técnica y económicamente la operación, mantención, reparación y/o modernización de la unidad.

## 3. Definiciones.

**Costo total:** corresponde a la suma de los costos de la inversión inicial más los costos de acondicionamiento y de sostenimiento anual acumulado en toda la vida útil estimada de la unidad.

**1. Inversión inicial:** es el monto de recursos monetarios necesarios a financiar, para ejecutar la adquisición de la unidad. En este monto debe incorporarse todas aquellas partidas de desembolso que sea necesario incurrir, para disponer de esta nueva unidad en el país en condiciones de iniciar su operación a saber:

**a. Compra de la unidad** en condiciones de pago: Contado, Crédito, crédito proveedor, crédito bancario

**b. Costo del traslado:** Navegando, remolcado o transportado, combustible, lubricantes, víveres, sueldos y sobresueldos, pasajes dotación, pago MOD advisor team, comisión inspectora, servicio general estadía en puerto, apoyo maestranza reparaciones menores, cabullería, agenciamiento, seguros, imprevistos, otros.

**2. Costo de acondicionamiento:** Armamento; Ingeniería; Abastecimiento; Sanidad.

**3. Costos de sostenimiento:** Los costos clasificados a continuación están orientados a que mediante su inversión en las unidades a flote tiendan a contribuir a alcanzar un grado de alistamiento tal, que les permita obtener los niveles y capacidades acorde con los roles encomendados.

Por lo anterior los costos de sostenimiento se clasifican en:

**a. Costos fijos:** aquellos en que se incurre en forma independiente a los días en que la unidad este navegando.

- Víveres; sueldos; mat. de uso intenso; inventariables; consumos generales; espías; asignación dinero; electricidad atraque.

**b. Costos variables:** aquellos que en lo fundamental están asociados o se incurren sólo con la navegación de la unidad, tales como:

**1) Costos de operación:** son aquellos que se derivan directamente por la navegación con motivo de las operaciones de entrenamiento operativo de la unidad: combustibles; lubricantes; repuestos; munición; gastos portuarios.

**2) Costos de mantención:** son aquellos que se derivan de la mantención de sistemas, equipos y componentes de la unidad a fin de que se mantengan operativos y disponibles permanentemente:

Mano de obra; materiales; gastos directos; servicios directos;

**3) Costos de recuperación:** son aquellos en que se incurre para dar cumplimiento al plan de recuperación de las unidades y cuyo fin específico es la conducción de las unidades a sus estándares originales de operatividad y eficiencia potencial en donde se incluye la modernización: Mano de obra; materiales; gastos directos; servicios directos; asignación en dólares y en pesos.

**4. Fórmulas.**

**Determinación matemática de la curva de costo total nominal y real de una unidad.**

$CTA_i =$  **Costo total anual**

$CTA_i = I_i + COA_i + CS_i$

$i:$  momento en año  $i$  ; ( $i = 0,1,2,3,...30$ )

$I =$  **Inversión inicial**

$I = Cad + Ctr$

$Cad:$  Costo de adquisición

$Ctr:$  Costo de transporte

$COA =$  **Costo de acondicionamiento**

$COA = CAAR + CAIN + CAAB$

$CAAR:$  Costo de acondicionamiento de ARMA-MENTO

$CAIN:$  Costo de acondicionamiento de INGENIERIA

$CAAB:$  Costo de acondicionamiento de ABAS-TECIMIENTO

$CASN:$  Costo de acondicionamiento de SANI-DAD

$CS =$  **Costo de sostenimiento**

$CS = CF + CV$

$CS = CF + (Cop + Cma + Cre)$

$CF:$  Costo Fijo anual

$Cop:$  Costo de operación anual

$Cma:$  Costo de mantención anual

$Cre:$  Costo de reparación anual

$N =$  Número de años en servicio efectivo

$VR =$  Valor residual equiv. a un 10% del  $Cad$

Luego el costo total nominal de la unidad durante toda su vida de disponibilidad proyectada será:

$CTAN = (SUM \text{ de } i = 0 \text{ hasta } i = 30 \text{ de } CTA_{ti}) + VR$

$CTAN =$

y el costo total real será su equivalencia al Valor Actual de los Sumatoria de los Costos Totales Anuales:

$CTAR = ((SUM \text{ } i=0 \text{ to } i= 30 ( CTA_i ))/(1+r)^i) + VR/(1+r)^i$

$CTAR =$

**5. Composición gráfica de la curva de costo total anual ( CTA ) para una unidad "XX" en servicio y para dos unidades ofertadas "YY" y "ZZ" dadas las mismas capacidades operativas y de eficiencia que la unidad "XX".**

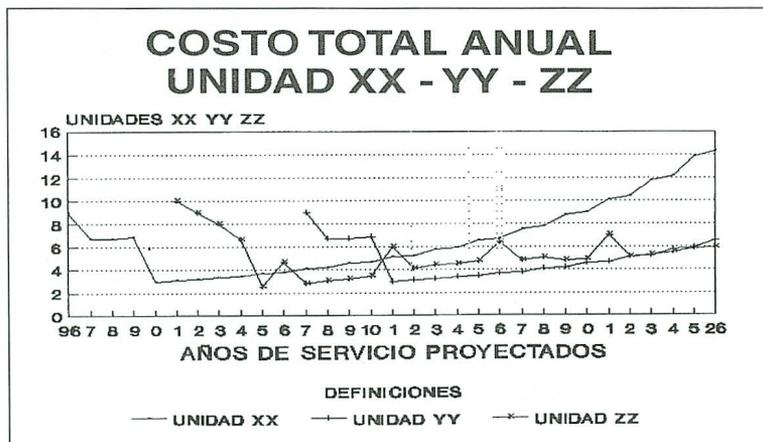
Para poder graficar la curva de los costos anuales de las unidades **xx**, **yy** y **zz**, se utilizaron los datos obtenidos para el cálculo del costo total anual de la unida **xx** tal como se muestra en el gráfico A.

GRAFICO A

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Costo adquisición	4.000	4.000	4.000	4.000												
Costo transporte	1.500															
CAAF																
Activación	300															
Alteraciones	1.400															
Reparaciones	250															
Amonic. extra	600															
CAIN																
Trab exterior	60															
Trab país	400															
Equip.to adic	150															
CAAB																
Costo Fijo		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Costo operación		800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	
C mantención 10 %		300	330	363	399	439	483	531	585	643	707	778	856	942	1.036	
C rep (c/2 años 20 %)		600	600	720	720	864	864	1.037	1.037	1.244	1.244	1.493	1.493	1.792	1.792	
ANOS	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
NUM ANOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
TOTAL XX	8.960	6.700	6.730	6.883	2.919	3.103	3.147	3.368	3.421	3.687	3.752	4.071	4.149	4.533	4.627	
TOTAL YY												8.960	6.700	6.730	6.883	
TOTAL ZZ						10.000	9.000	8.000	6.000	2.500	4.600					
COST MAR ANUAL X - Y						(6.897)	(5.853)	(4.632)	(3.179)	1.187	(848)	(4.889)	(2.551)	(2.197)	(2.246)	
COST MAR ANUAL X - Z												1.271	1.149	1.333	1.227	
COST MAR ANUAL Y - Z												6.160	3.700	3.530	3.484	
COST MARG ACT X - Y															11.165	
COST MARG ACT X - Z																(7.416)
COST MARG ACT Y - Z																7.850
VAL ACT COST FUT XX	58.714	54.729	52.832	50.712	48.212	49.822	51.391	53.068	54.670	56.373	57.955	59.623	61.107	62.654	63.933	
VAL ACT COST FUT YY												48.259	43.449	40.493	37.083	
VAL ACT COST FUT ZZ						57.238	51.962	47.258	43.184	40.243	41.517	40.608	41.589	42.448	43.173	
COST MARG ACT X - Y																11.165
COST MARG ACT X - Z																(7.416)
COST MARG ACT Y - Z																7.850

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	
1.139	1.253	1.378	1.516	1.668	1.835	2.018	2.220	2.442	2.686	2.955	3.250	3.575	3.933	4.326	4.759	5.200	
2.150	2.150	2.580	2.580	3.096	3.096	3.715	3.715	4.458	4.458	5.350	5.350	6.420	6.420	7.704	7.704	9.100	
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
5.089	5.203	5.758	5.896	6.564	6.731	7.533	7.735	8.700	8.944	10.105	10.400	11.725	12.153	13.830	14.262		
2.919	3.103	3.147	3.368	3.421	3.687	3.752	4.071	4.149	4.533	4.627	5.089	5.203	5.758	5.896	6.564		
6.000	4.100	4.400	4.500	4.700	6.400	4.800	5.000	4.800	4.900	7.000	5.100	5.300	5.500	5.800	5.900		
2.170	2.100	2.611	2.528	3.142	3.043	3.782	3.664	4.551	4.411	5.477	5.311	5.592	6.394	7.934	7.699		
(911)	(997)	(1.253)	(1.132)	(1.279)	(2.713)	(1.048)	(920)	(651)	(367)	(2.373)	(11)	(97)	258	96	664		
65.237	66.162	67.055	67.426	67.883	67.231	66.551	64.919	62.902	59.622	55.746	50.205	43.786	35.190	25.341	12.662	1.600	
33.198	33.306	33.223	33.084	32.687	32.192	31.355	30.384	28.922	27.251	24.990	22.389	19.040	15.221	10.409	4.984	1.600	
43.750	41.525	41.168	40.445	39.539	36.323	35.115	33.347	31.182	29.020	26.532	21.485	18.024	13.996	9.345	3.900	2.000	

GRAFICO B



En el gráfico que se muestra en el gráfico B se puede apreciar tres curvas de costos a saber: **"la curva de la unidad xx"** que comienza cuando se adquirió y entró en servicio, es decir en el año 1996 y termina el año 2026 considerando que estará en servicio durante 30 años. Durante los primeros cinco años de servicio, la unidad tiene un costo de operación decreciente, explicado fundamentalmente por que en este período los requerimientos financieros van disminuyendo a una tasa superior al aumento de los costos de operación, sin embargo a contar del sexto año los costos de operación anual si bien no incorporan en su componente, la inversión por adquisición, los sistemas del buque comienzan a necesitar un mayor desembolso económico para continuar operando debido a que es lógico pensar, que el costo de operación por milla navegada va aumentando a medida que aumenta la edad de las unidades, lo que se ve reflejado desde el año 2.001 hasta el año 2026.

Para graficar la curva del **costo total anual** de una unidad **yy** ofertada el año 2006, vamos a utilizar exactamente los mismos valores de costo que utilizamos para la unidad **xx** como se indica en la gráfica mostrada a contar del año 2007.

Cabe tener presente que las curvas indicadas precedentemente consideran la oferta de una nueva unidad **yy** al mismo valor de adquisición y costos de acondicionamiento y sostenimiento que la unidad adquirida 10 años antes.

Sin lugar a dudas, que en la realidad es muy difícil que se de esta situación, pero para mejor aproximación a la realidad se graficó además, un tercer buque denominado **zz**, el cual se supone adquirido en el año 2001 y cuya curva de costos totales anuales se aprecia a contar del mismo año.

De lo anterior se deriva que el área que se encuentra bajo la curva de cualquier unidad, determina el costo total nominal de cada una de estas unidades y por tanto, el valor nominal esperado de los costos a incurrir si se mantiene en servicio.

## 6. Determinación de la conveniencia de mantener la actual unidad o reemplazarla.

Un considerando especial en esta teoría será, tener como mínimo un horizonte de comparación económica de 20 años entre la unidad actualmente en servicio y la alternativa de reemplazo.

Es así como en el ejemplo considerado, la unidad **xx** tiene una proyección de costos estimados para 30 años, es decir del año 1996 al año 2026. La oferta de una nueva unidad **zz** el año 2001 tiene una proyección de sus costos hasta el año 2026 es decir 26 años y la siguiente unidad ofertada **yy** el año 2006 tiene una proyección de 20 años más.

Para comparar los costos actualizados de la proyección de costos de cada unidad, al momento de su comparación será necesario tener una proyección del tiempo de servicio de la unidad como mínimo de 20 años. Lo anterior se basa fundamentalmente en el considerando que el reemplazar una unidad, es una decisión ligada al marco de tiempo de largo plazo de la planificación estratégica del desarrollo y mantención del material para la guerra, por lo tanto, revertir la ejecución de este reemplazo, puede afectar significativamente la vulnerabilidad del sistema, además del consiguiente tiempo y costo extra.

Para los efectos de los cálculos a realizar, la tasa de costo de capital que utilizaremos será de un 10 % anual.

Esta teoría de comparación se puede aplicar en cualquier momento del período de vida útil de la unidad a reemplazar, para lo cual será necesario calcular el valor actual de los costos futuros en cada momento, tanto para la unidad en servicio como para la unidad ofertada.

La conveniencia o no del cambio, está basada fundamentalmente en elegir aquellas unidades, que dadas las mismas capacidades requeridas o mayores, me signifique incurrir en un costo actualizado de la proyección de sus costos futuros, menor.

Un análisis importante además de su mayor o menor costo económico que significaría tomar una decisión de esta envergadura, es determinar la dimensión cuantitativa que avala la recomendación al cambio. Es decir, no es lo mismo proponer el reemplazo ante un cálculo de ahorro del 5 % en los costos futuros que un cambio para obtener un ahorro del 40 %.

En el gráfico C se muestra una proyección del valor actual de los costos futuros (**VACF**) para cada unidad en estudio. Aquí hay que tener presente que cada punto en cualquiera de las tres curvas, simboliza la sumatoria real en el tiempo de cada año, de los costos futuros por incurrir si se hubiera adquirido la unidad **xx** en el año 1996, la unidad **zz** en el año 2001 y la unidad **yy** en el año 2007.

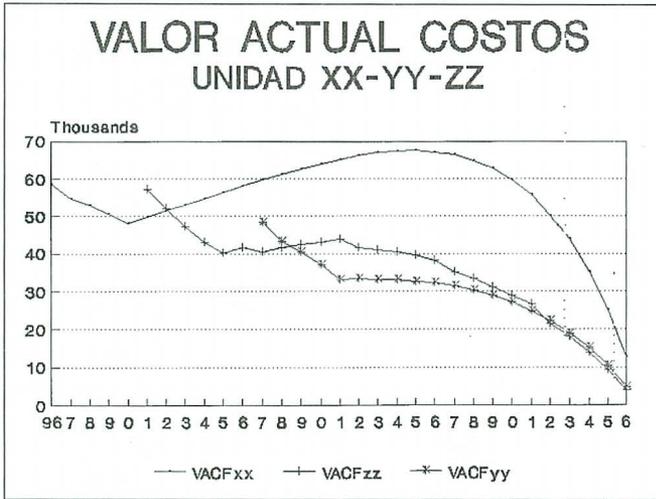


Gráfico C.

El diferencial que se puede apreciar en este gráfico entre los  $VACF_{xx}$  y  $VACF_{yy}$  en el año de adquisición de esta última unidad  $yy$ , determina que si tengo operando nuestra unidad  $xx$  con la estructura de costos descritos en el gráfico A y nos ofrecen en el mercado una unidad  $yy$  el año 2006, nos convendrá en términos económicos realizar el cambio, porque de no hacerlo estaremos asumiendo un extra costo para los próximos 20 años de "US\$ 11.165.000". Sin embargo podemos apreciar en el mismo gráfico del gráfico C que ante una oferta de una unidad  $zz$ , no nos convendrá realizar el cambio, por que significaría comprometerse con un extra costo para los próximos 26 años en un monto equivalente al valor presente de "US\$ 7.416.000".

Otra manera de cuantificar la dimensión

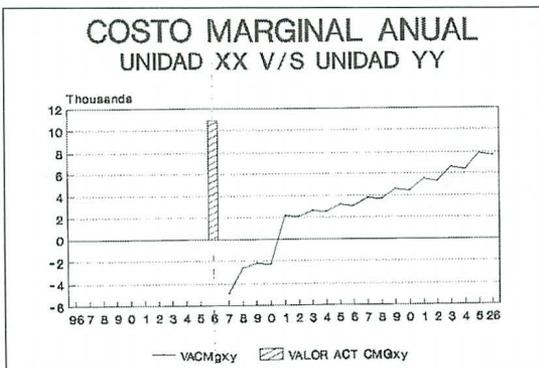


Gráfico D.

que fundamenta la recomendación o no del cambio, es calculando el costo marginal anual (CMGA), para lo cual debemos comparar los costos totales anuales nominales entre unidades propuestas al cambio.

En el gráfico D se muestra la curva de costo marginal anual para analizar la oferta de la unidad  $yy$ , y en el mismo gráfico se muestra el valor actual del costo marginal ( $VACMG_{xy}$ ) para esta alternativa.

Se aprecia que el  $VACMG_{xy} = \text{US\$ } 11.165.000$ . Es decir  $> 0$ , lo que significa que de mantenerse en servicio con la unidad  $xx$  y desechar la adquisición de la unidad  $yy$  implicará un extra-costo de esta magnitud.

En el gráfico E se muestra el gráfico de la alternativa de cambiar la unidad  $xx$  por la unidad  $zz$  el año 2001.

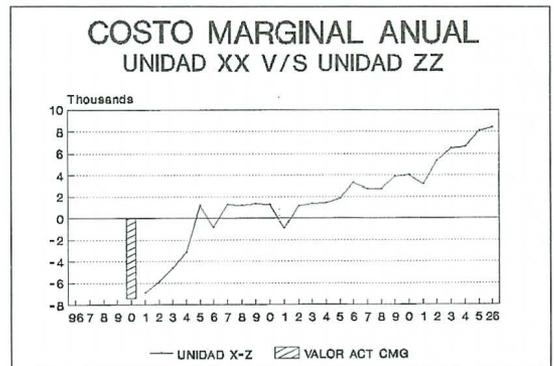


Gráfico E.

Podemos darnos cuenta que el  $VACMG_{xz} < 0$  lo que nos indica que económicamente lo que nos conviene es mantener nuestra unidad  $xx$  y no cambiarla, porque de hacerlo implicará incurrir en un extracosto de US\$ 7.416.000 por el tiempo proyectado de uso. No obstante queda abierta la posibilidad para analizar otras variables, tales como factores políticos, estratégicos que pueden justificar un reemplazo obligatorio.

En el gráfico F se aprecia los tres gráficos de las curvas de costo marginal y valor actual de los costos marginales para las alternativas  $(x-y)$ ,  $(x-z)$  y  $(y-z)$ . Cabe tener presente que cualquiera de estas alternativas de comparación se puede realizar en los años equivalentes a sus respecti-

vas adquisiciones. Es decir el **VACMG** sólo se calcula para los años en que las unidades **zz** e **yy** se ofertan en el mercado.

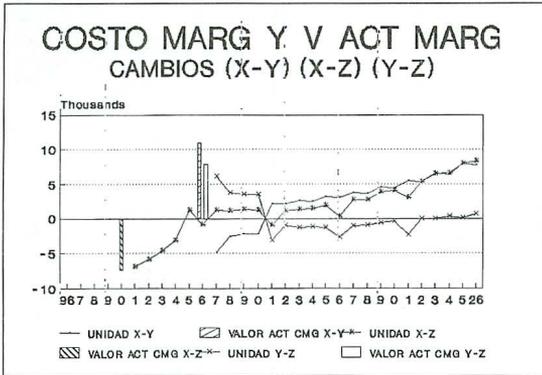


Gráfico F.

Dada esta razón, para cualquier análisis en un tiempo distinto a las fechas de ofrecimiento de compra de las unidades **zz** e **yy**, se deberá recalcular los costos totales anuales, para mantener un horizonte de proyección de los mismos, manteniendo los 20 años de comparación como mínimos.

Por ejemplo, si sabemos que la alternativa de adquirir la unidad **zz** en el año 2001 significará un mal cambio que implicará en desahorro, podríamos pensar que quizás el año 2010 el

costo de adquisición estará a nuestro alcance, lo que no significa que sea conveniente aún su cambio en esa fecha. Por lo tanto debemos calcular los nuevos costos totales anuales proyectados hasta el año 2030 para las unidades en comparación. Con esto tendremos una nueva estructura de costos que nos cambiará tanto el **VACF** de la unidad **xx** y **zz** como también el **VACMG<sub>xz</sub>** respecto al mismo cálculo del año 2001.

### 7. Conclusiones.

El aplicar esta teoría implicará conocer o estar conscientes del esfuerzo económico que significa mantener operando una unidad.

No obstante, al conocer la exigencia financiera presente y proyectada para la operación y desarrollo de las unidades se podrá incorporar estos datos en la planificación económica y financiera del desarrollo estratégico, sin perjuicio disponer de antecedentes económicos valederos para estar mejor posicionado al momento de una eventual negociación.

El proceso de análisis comparativo es dinámico en el tiempo y su resultado dependerá, de las condiciones presentes y esperadas de las variables políticas, económicas, sociales y técnicas en el momento de su aplicación.

En consecuencia la aplicación permanente de esta teoría económica, será un aporte significativo en la toma de decisión estratégica de toda organización cuyo presupuesto es limitado.

