

**Comparación de Costos entre
el Cable de Frecuencia de Voz y el Sistema MIC**

Sr. G. Moumoulidis, OTE



**UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**



Comparación de Costos entre el Cable de Frecuencia de Voz y el Sistema MIC

1. El Problema

Dos centrales analógicas en un área metropolitana están enlazadas por un cable de frecuencia de voz, el cual está completamente agotado. Hay dos alternativas para proveer las facilidades: usar sistemas MIC (PCM) equipados con la unidad de interfaz de señalización apropiada en el cable existente o poner otro cable de frecuencia de voz para expandir las facilidades existentes.

El problema es determinar la “distancia de equilibrio” entre las dos alternativas.

Para establecer un enlace MIC, se necesitan dos pares de frecuencia de voz. Estos pares se seleccionarán entre aquéllos del cable existente que sirven el tráfico de las centrales bajo consideración. La capacidad actual K' de MIC será:

$$K' = K - 2 \tag{1}$$

Aquí, K es la capacidad del sistema MIC.

2. Evaluación del valor actual de gastos

2.1 Equipo MIC

Sea C_P el costo de un par instalado de terminales MIC con las unidades de interfaz de señalización y el equipo de terminación de línea necesarios. También incluye los costos asociados de vida útil y de mantenimiento.

Asúmase que C_{LE} representa el costo por kilómetro del equipo de línea instalado. Han sido tomados en cuenta los costos resultantes por vida útil y mantenimiento.

El costo de un enlace completo MIC está dado por

$$C_{MIC} = C_P + C_{LE} \cdot \lambda \tag{2}$$

Cada vez que un sistema se agota, se debe instalar uno nuevo para poder abastecer la demanda futura. El período entre instalaciones sucesivas es

$$t_p = k' / \lambda \tag{3}$$

λ es el crecimiento de la demanda. Esta se considera constante en el tiempo.

En la Figura 1 se ilustra el flujo de caja para un número infinito de ampliaciones.

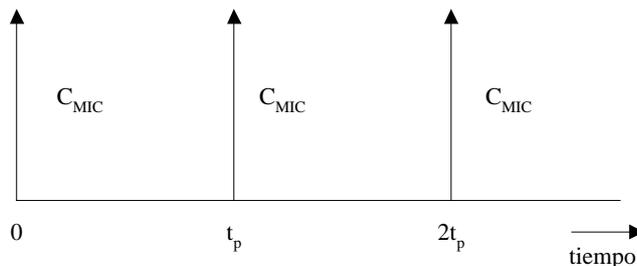


Figura 1

El valor actual de gastos se detalla a continuación:

$$PW_P = C_{MIC} + C_{MIC}(1+i)^{-1p} + \dots = C_{MIC} [1 + (1+i)^{-1p} + (1+i)^{-2p} + \dots]$$

La suma entre paréntesis es la progresión geométrica infinita con la relación $(1+i)^{-1p}$. Obtenemos:

$$PW_P = \frac{C_{MIC}}{1 - (1+i)^{-1p}} \quad (4)$$

La anterior relación también se puede escribir

$$PW_P = \frac{C_P + C_{LE} \cdot \lambda}{1 - e^{-r \cdot t_p}} = \frac{C_P + C_{LE} \cdot \lambda}{1 - e^{-r \cdot K_p' / \lambda}} \quad (5)$$

donde $r = \ln(1+i)$.

2.2 Grupos de Relevo

Los grupos de relevo que se necesitan anualmente son 2λ .

Sea C_R el costo total de un grupo de relevo instalado. Anteriormente señalamos que en dicho costo se han incluido los costos asociados con la vida útil y el mantenimiento. Entonces, el costo anual de los grupos de relevo es:

$$2\lambda C_R$$

Asumiendo que la instalación de grupos de relevo se lleva a cabo cada año, el flujo de caja es entonces el que se muestra en la Figura 2.

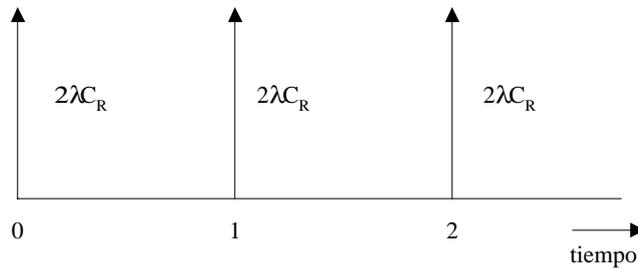


Figura 2

El valor actual de gastos es:

$$PW_R = 2\lambda C_R [1 + (1+i)^{-1} + (1+i)^{-2} + (1+i)^{-3} + \dots]$$

$$PW_R = \frac{2\lambda C_R}{1 - (1+i)^{-1}} = \frac{2\lambda C_R}{1 - e^{-r}} \quad (6)$$

2.3 Cable

El costo del cable instalado de longitud λ es:

$$C_c = (a + b \cdot s)\lambda \quad (7)$$

a y b son el costo de capital básico e incremental, en el que todos los tipos de costos han sido tomados en cuenta. El tamaño óptimo es dado por

$$S = \frac{\lambda}{r} \ln(1 + p + \sqrt{2p}) \quad (8)$$

donde $p = ar / b\lambda$

El tiempo de aprovisionamiento es

$$t_c = S / \lambda \quad (9)$$

Esto significa que cada t_c años el cable debe ser expandido.

En párrafos anteriores se encontró que el valor actual de gastos es:

$$PW_c = \frac{(a + b \cdot s)\lambda}{1 - e^{-r \cdot s / \lambda}} \quad (10)$$

3. Distancia de equilibrio

La distancia de equilibrio λ_0 es la distancia en la que el valor actual de ambas alternativas es el mismo. Así obtenemos

$$PW_p = PW_r + PW_c \quad (11)$$

Esta ecuación eventualmente se convierte en:

$$\frac{C_P + C_{LE} \cdot \lambda_0}{1 - e^{-rk'/\lambda}} = \frac{2\lambda C_r}{1 - e^{-r}} + \frac{(a + bS)\lambda_0}{1 - e^{-rs/\lambda}} \quad (12)$$

Resolviendo esta ecuación con respecto a λ_0 , obtenemos la distancia de equilibrio λ_0 como una función de crecimiento de la demanda

$$\lambda_0 = \frac{C_P - Y(\lambda)X(\lambda)}{Z(\lambda)X(\lambda) - C_{LE}} \quad (13)$$

donde: $X(\lambda) = 1 - e^{-r \cdot k' / \lambda} \quad (14)$

$$Y(\lambda) = \frac{2\lambda C_R}{1 - e^{-r}} \quad (15)$$

$$Z(\lambda) = \frac{a + b \cdot s}{1 - e^{-r \cdot s / \lambda}} \quad (16)$$

4. Ejemplo Numérico

Los datos con respecto a los costos y líneas de servicio son los siguientes:

Sistemas MIC:

- Costo de aprovisionamiento de dos terminales equipados con las unidades de interfaz de señalización y el equipo de terminación de línea apropiados 1800 MU
- Instalación de dos terminales y alineamiento de equipo 500 MU
- Impuestos 20 % sobre el equipo importado
- Costo de un regenerador de doble vía 100 MU
- Costo de la caseta para un regenerador 25 MU
- Costo de instalación y alineamiento del regenerador 70 MU
- Promedio del espacio del regenerador 1.81 km
- Operación más mantenimiento 5 %
- Vida útil 20 años
- Capacidad del sistema 30 Canales

Cable de Frecuencia de Voz:

- Costo de compra, costo básico 100 MU/km
- Costo incremental 4.8 MU/km/par
- Costo de excavación 500 MU/km
- Costo de unión 40 MU/km
- Costo de colocación 20 MU/km
- No se consideran impuestos porque los cables se producen localmente --
- Vida útil 40 años
- Costo de mantenimiento y operación 2 %

Grupos de Relevos:

- Costo de compra de grupos de relevo 20 MU/grupo de relevo
- Costo de instalación 4 MU/ grupo de relevo
- Impuestos 20 % del costo de compra
- Vida útil 20 años
- Mantenimiento 7 %
- Tasa de Interés 10 %

Se asume que el valor de descarte de todo el equipo desmantelado es insignificante.

Cálculo de costos

Sistemas MIC

Costo total de capital del terminal

$$C_p = 1800 \cdot \mu_p + (\text{impuestos} + \text{instalación} + \text{alineamiento}) \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+i)^{T_p} - 1} \right)$$

El μ_p para MIC es

$$\mu_p = 1 + \frac{1}{(1+i)^{T_p} - 1} + \frac{u}{i} = 1.675$$

Así, obtenemos

$$C_p = 1800 \cdot 1.675 + [1800 \cdot 0.2 + 500] \cdot \left[1 + \frac{1}{(1.1)^{20} - 1} \right] = 4025 \text{ MU}$$

El costo total del equipo de línea por km

$$C = [\text{Regeneradores} + \text{casetas}] \cdot \mu_p + [(\text{Regeneradores} + \text{casetas}) \cdot \text{impuestos} \\ + \text{Instalación y alineamiento}] \cdot \left(1 + \frac{I}{(1+i)^{T_p} - 1} \right) = (100 + 25) \cdot 1.675 \\ + [(100 + 25) \cdot 0.2 + 70] \cdot \left(1 + \frac{I}{1.1^{20} - 1} \right) = \\ 321 \text{ MU por espaciamento de regenerador.}$$

El costo del equipo de línea por km es:

$$C_{LE} = 321 / 1.81 = 177 \text{ MU} / \text{km}$$

1.81 es el espaciamento promedio de los repetidores.

Grupos de Relevó

$$\text{Costo total del capital } \underline{C_R} = (\text{costo de compra}) \cdot \mu_r + (\text{costo de compra} \cdot \text{impuestos} + \text{instalación}) \cdot \left(1 + \frac{I}{(1+i)^{T_r} - 1} \right)$$

El μ_r es:

$$\mu_r = 1 + \frac{I}{1.1^{20} - 1} + \frac{0.07}{0.1} = 1.875$$

$$C_r = 20 \cdot 1.875 + (20 \cdot 0.2 + 4) \cdot \left(1 + \frac{I}{1.1^{20} - 1} \right) = 46.9 \text{ MU} / \text{relay set}$$

Cable

Costo básico de capital total

$$a = (\text{costo de compra}) \cdot \mu_c + (\text{excavación} + \text{unión} + \text{colocación}) \cdot \left(1 + \frac{I}{(1+i)^{T_c} - 1} \right) \\ = 100 \cdot \mu_c + (500 + 40 + 20) \cdot \left(1 + \frac{I}{1.1^{40} - 1} \right)$$

$$\mu_c = 1 + \frac{I}{1.1^{40} - 1} + \frac{0.02}{0.1} = 1.222$$

$$a = 694 \text{ MU} / \text{km}$$

Costo total de capital incremental

$$b = (\text{compra}) \cdot \mu_c = 4.8 \cdot 1.222 = 5.87 \text{ MU} / \text{pair} / \text{km}$$

Con los costos anteriormente calculados y usando la Ecuación (10), elaboramos la Tabla 1, dando la distancia de equilibrio como una función de λ . Figura 4 ilustra la curva entre λ y λ_0 .

No.	λ	t_c	S	$X(\lambda)$	$Y(\lambda)$	$Z(\lambda)$	I_0
1	5	17.7	90	0.410	4690	1492	4.80
2	10	13.5	130	0.230	9380	2016	6.50
3	15	11.5	180	0.162	14070	2573	7.30
4	20	10.1	200	0.124	18760	3046	8.46
5	25	9.2	230	0.101	23450	3508	9.47
6	30	8.5	250	0.085	28140	3952	10.30
7	35	7.9	280	0.073	32830	4390	11.35
8	40	7.45	200	0.064	37520	4818	12.36
9	45	7.1	320	0.057	42210	5238	13.32
10	50	6.7	340	0.052	46900	5652	13.60

Tabla 1

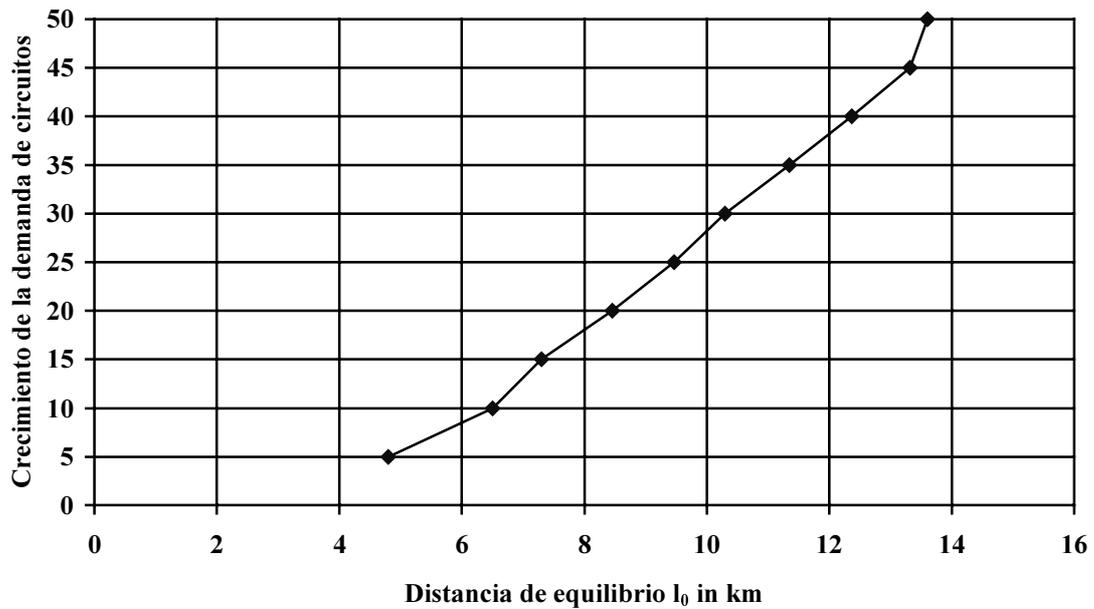


Figura 3