Teorías de Pronóstico

(Solución a los Ejercicios)

De TETRAPRO, editado por Sr. H. Leijon, UIT

UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

EJERCICIOS Y SOLUCIONES - TECNICAS DE PRONOSTICO

1. Un objeto va a ser pronosticado. El desarrollo histórico ha sido el siguiente:

Año (al final de)	Escala de Tiempo (t)	Stock (y)	Aumento Absoluto	%
1968	1	583		
1969	2	615	32	5.5
1970	3	646	31	5.0
1971	4	697	51	7.9
1972	5	738	41	5.9
1973	6	802	64	8.7
1974	7	844	42	5.2

Hacer un pronóstico del stock esperado dentro de 5 y 10 años, de cuatro diferentes maneras:

a. Asumiendo un aumento *absoluto* constante e invariable por año, basado en el incremento histórico promedio.

b. Asumiendo un *porcentaje* de incremento anual constante e invariable, basado en el incremento total de los pasados seis años.

c. Adaptando una línea de tendencia lineal a los datos históricos.

d. Adaptando una tendencia exponencial a los datos históricos.

Representar los datos históricos en un diagrama y mostrar en los mismos diagramas las dos líneas de tendencia c) y d) ampliadas al año 16 (6 + 10), y también los otros dos pronósticos a) y b).

Comparar el resultado de los dos pronósticos.

Verificar las líneas de tendencia en lo que concierne a la fiabilidad estadística. (Coeficiente de correlación, prueba T y test de Durbin - Watson)

Discutir la credibilidad de los pronósticos.

1. SOLUCION

a. $$\frac{844-583}{6} = 43.5 \quad por\ año$$

$$y(1979) = \underline{1061.5} \qquad y(1984) = \underline{1279}$$

b. $$\left(\frac{844}{583}\right)^{1/6} = (1.4477)^{1/6} = 1.0636$$

$$y(1979) = 844 \cdot 1.0636^{5} = \underline{1148.8}$$

$$y(1979) = 844 \cdot 1.063610 = \underline{1563.6}$$

c. $y = a + b \cdot x$ $a = 525.14$

$b = 44.607$

$r = 0.9945$

$y(12) = \underline{1060.4}$

$y(17) = \underline{1283.5}$

d. $y = a + b \cdot x$

$a = 6.2946$ $e^a = 541.7$

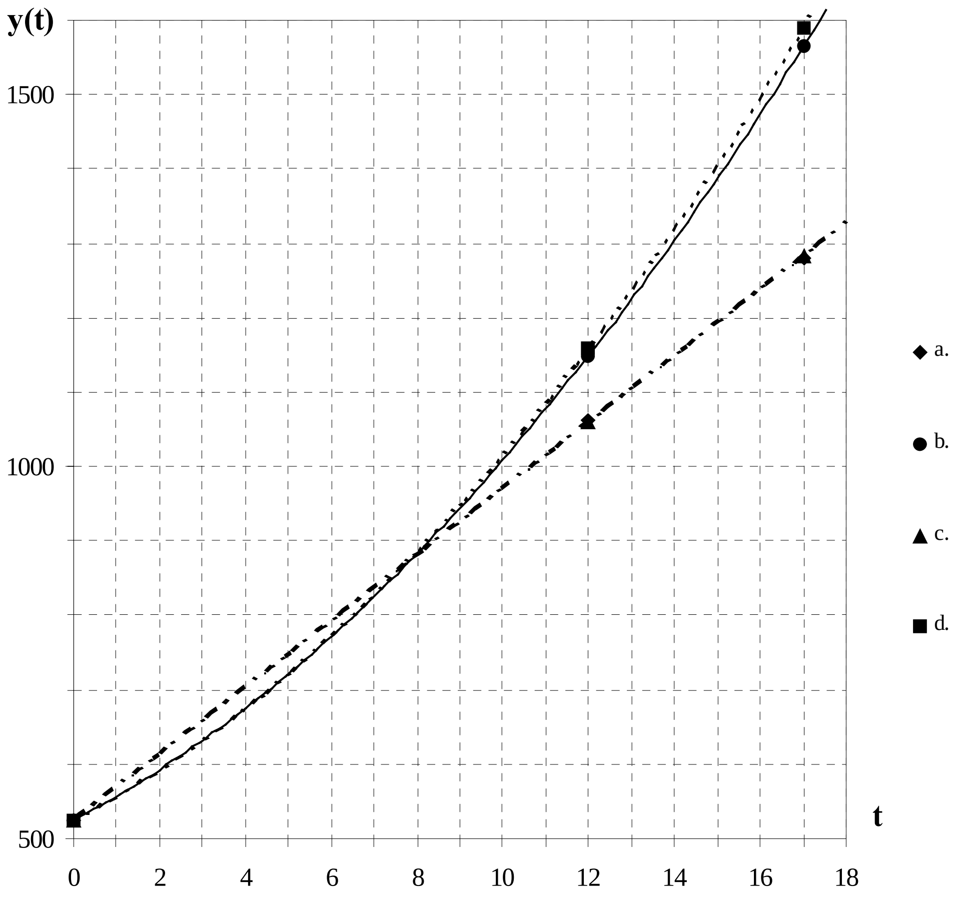
$b = 0.06336$ $e^b = 1.0654$

$COR = 0.9978$

$y(12) = 7.054$ $e^y = 1158.6$

$y(17) = 7.372$ $e^y = 1590.4$

	a.	*b.*	*c.*	*d.*
y (12)	1062	1149	1060	1159
y (17)	1279	1564	1283	1590



La prueba T da:

$$\sigma^2 = \frac{\sum Y^2 - a \cdot \sum y - b \cdot \sum x \cdot y}{n-2}$$

$$\sigma^2 = \frac{3521423 - 25.14 \cdot 4925 - 44.607 \cdot 20949}{7-2}$$

$$\sigma^2 = 123.8786$$

$$\sigma = 11.1301$$

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - n \cdot \bar{x}^2 = 28$$

$$T = \frac{b \cdot \sum (x - \bar{x})^2}{\sigma} = \underline{112.2}$$ (Suficientemente grande!)

El Test de Durbin Watson da (Caso c)

$$DW = 2 - 2 \cdot \frac{w}{v}$$

$$w = (y_i - \hat{y}_i) \cdot (y_{i+1} - \hat{y}_{i+1}) = 134$$

$$v = (y_i - \hat{y}_i)^2 = 618$$

x	y	$\hat{y}$	$y - \hat{y}$
1	583	570	+ 13
2	615	614	+ 1
3	646	659	- 13
4	697	704	- 7
5	738	748	- 10
6	802	793	+ 9
7	844	837	+ 7

DW = 1.57

(Suficientemente pequeño!)

Límites de confianza

$$u = s^2 \cdot \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(t_0 - \bar{t})^2}{\sum (t - \bar{t})^2} \right]$$

$$\sigma^2 = 123.8786$$

t_{10}	u	$\sqrt{u}$	y	$y - 2 \cdot \sqrt{u}$	$y + 2 \cdot \sqrt{u}$
12	424.73	20.61	1060	1019	1101
17	889.27	29.82	1283	1223	1372

Intervalos de confianza notoriamente pequeños!

Comentarios

Los datos históricos parecen fiables, el coeficiente de correlación estaba muy cerca de la unidad ($r = 0.9945$) para la aproximación de regresión lineal. Las pruebas T y DW proporcionan buenos valores. Los niveles de confianza para *y(12)* e *y(17)* fueron muy estrechos para la regresión lineal.

Los cuatro pronósticos son similares para *y(12),* pero varían más para *y(17)*. Para los casos *y(17)*, *a* y *c* dan casi el mismo resultado, del mismo modo que *b* y *d*. No podría decirse cuál es el nivel correcto en $t=17$, ya que los datos históricos son de pocos años lo que no permite formular un pronóstico fiable mayor de 10 años.

2. Calcular el pronóstico de todas las conexiones para una red telefónica local para 1983 (31.3.83)

Dados:

CUADRO DE CRECIMIENTO DE DEMANDAS EN UNA RED TELEFONICA LOCAL

Fecha	Capacidad equipada	Conexiones en funcionamiento	Lista de espera	Demanda total
31/3/72	11800	9825	1901	11,726
31/3/73	12000	11114	1781	12,925
31/3/74	12100	11458	3555	15,013
31/3/75	12500	11530	5106	16,636
30/9/75	12500	11653	5662	17,315
31/3/76	12800	12275	2587	14,862
31/3/77	14150	13683	1624	15,307
31/3/78	15500	14437	1893	16,330

2. SOLUCION

La demanda total durante el período 31/3/72 - 31/3/78 se ha definido como la suma de las conexiones en funcionamiento y la lista de espera. Si aceptamos esta definición de la demanda, existen diferentes maneras de estimar la demanda para el 31/3/83.

a. El incremento desde el 31/3/72 hasta el 31/3/78 es:

16330 - 11726 = 4604 para los seis años.

Si asumimos el mismo incremento anual en el futuro, podemos esperar que la demanda aumente con:

$$\frac{4604}{6} \cdot 5 = 3835$$

conexiones en los próximos 5 años.

La demanda de conexiones será entonces:

$16330 + 3835 = 20165$ para el 31/3/83

b. Considerando los valores del 31/3/72 y del 31/3/78, encontramos el siguiente incremento anual

$$\left(\frac{16330}{11726}\right)^{1/6} = 1.05675$$

Si asumidos el mismo incremento porcentual durante los próximos 5 años, llegamos a:

$$16330 \cdot (1.05675)^5 = \underline{21520}$$

demanda de conexiones el 31/3/83

c. Aplicando regresión lineal en los valores dados obtenemos:

x	y	
72	11726	$y = a + b \cdot x$
73	12925	obtenemos
74	15013	$a = -37057$
75	16636	$b = 693.7$
75.5	17315	
76	14862	$r = 0.7379$
77	15307	
78	16330	

e $y(83) = \underline{20520}$

d. Aplicando regresión exponencial $ln\, y = a + bx$

da $y\ (83) = \underline{22077}$

<u>Conclusión</u>: Los cuatro pronósticos dan:

a: 20165
b: 21520
c: 20520
d: 22077

Es imposible concluir qué pronóstico es el más fiable.

<u>Notas</u>: Una lista de espera no siempre refleja la demanda real insatisfecha, ya que depende de cómo los abonados en espera han sido registrados por la administración. También depende de que la gente considere si vale o no la pena pedir una subscripción. Un estudio sobre la lista de espera y las conexiones en funcionamiento muestran que el tiempo de espera es de tres años si la lista se maneja en orden de llegada.

Los valores de 30/9/75 son más altos que los otros y deben investigarse más antes de incluirlos en las estadísticas. Dependerán quizás de las fluctuaciones estacionales en la lista de espera?

3. Pronosticar el tráfico total de origen para diciembre de 1986 en una central telefónica local.

Dados:

a. Registros de tráfico desde enero de 1979 hasta diciembre de 1981 (Tabla A)

b. Registros de tasa de llamadas desde enero de 1979 hasta diciembre de 1981 (Tabla B)

c. Pronóstico de conexiones para diciembre de 1986 = <u>2969</u>
(1170 abonados en enero 1979 y 1600 en diciembre 1981)

A. TRAFICO TOTAL DE ORIGEN

MES	1979	1980	1981
ENERO	38.6	39.4	45.6
FEBRERO	37.9	43.7	46.2
MARZO	42.1	48.7	47.2
ABRIL	40.6	43.8	46.2
MAYO	40.1	40.2	45.6
JUNIO	38.1	42.6	48.5
JULIO	37.7	41.1	44.4
AGOSTO	39.9	44.2	47.4
SEPTIEMBRE	40.4	41.0	49.1
OCTUBRE	40.7	43.8	48.7
NOVIEMBRE	40.8	41.8	45.0
DICIEMBRE	42.2	49.5	49.5

B. TASAS TOTALES DE LLAMADAS DE ORIGEN (Erlang/Abonado)

MES	1979	1980	1981
ENERO	.033	.031	.033
FEBRERO	.033	.034	.033
MARZO	.036	.038	.034
ABRIL	.035	.033	.033
MAYO	.034	.030	.032
JUNIO	.032	.032	.035
JULIO	.031	.031	.032
AGOSTO	.033	.032	.034
SEPTIEMBRE	.034	.030	.035
OCTUBRE	.034	.032	.032
NOVIEMBRE	.033	.030	.028
DICIEMBRE	.034	.036	.031

3. SOLUCION

Un estudio de la Tabla A muestra que los valores mensuales están sujetos a variaciones estacionales. Puede ser dudoso que este material sea adecuado para aplicar análisis de regresión en los valores mensuales.

La Tabla B muestra el promedio de trafico originado por abonado. La variación es muy poca. El promedio de los 36 meses es 0.032861 y la desviación estándar es sólo de 0.001973. Por tanto, si el pronostico de conexión está dado, podemos estimar el tráfico en 1986 simplemente como el número de conexiones multiplicadas por los promedios de tasas de llamadas anteriormente indicados.

$$A(Dic.\ 86) = 2969 \cdot 0.032861 = 97.6\ erlang$$

La Tabla B no se usará más!

En lo concerniente a la Tabla A, se puede discutir seriamente si sólo 3 años de estadísticas permiten la extrapolación de 5 años en adelante. Hubiese sido conveniente tener 5-10 años de estadísticas para este pronóstico.

Una regresión lineal para los valores de 36 meses da

$$y = 38.18 + 0.2821 \cdot x \qquad (r = 0.8188)$$

e $\quad y\ (Dic\ 86) = y\ (96) = 65.26\ erl.$

Tomando los valores promedio para cada año llegamos a::

	Año	Promedio	Diciembre	Diciembre/ Promedio
	79	36.75	42.2	1.148
	80	43.32	49.5	1.143
	81	46.96	49.5	1.054
Promedio	79 - 80:	42.34	47.07	1.112

Aumento en el promedio anual 79-81

$$\left(\frac{46.96}{36.75}\right)^{1/2} = 1.1304$$

Si se da el mismo incremento hasta 1986, entonces el promedio anual 1986 $= 46.96 \cdot (1.1304)^5 = 86.68$

Si los valores de diciembre siguen siendo 11.2% más altos que el promedio anual:

$$y(Dec.86) = 86.68 \cdot 1.112 = \underline{\underline{96.4}}$$

Este valor coincide con el valor derivado de...

4. Considerar una red telefónica con dos centrales.

Dados:

a. Los intereses de tráfico actuales $\left[A_{ij}(0)\right]$

i \ j	1	2	$O_2\ (o)$
*	10	20	30
2	30	40	70
$T_j\ (o)$	40	60	100

b. Los valores futuros previstos para los tráficos totales de origen y de destino por central [$O(t)\ ;T(t)$]

i \ j	1	2	$O_i\ (E)$
1	?	?	45
2	?	?	105
$T_j\ (t)$	50	100	150

Estimar los valores de tráfico $A_{ij}(t)$ usando el método de Kruithof.

4. SOLUCION

Iteración 1 Multiplicación de filas $A_{i.}(t)$ se distribuye de acuerdo al interés de trafico actual.

Resultado: $A_{ij}(1)$

j / i	1	2	suma
1	15	30	45
2	45	45	105
suma	60	90	

$$A_{ij}(1) = \frac{A_{ij}(0)}{A_{i.}(0)} \cdot A_{i.}(t)$$

Iteration 2 Multiplicación de columnas $A_{j}(t)$ se distribuye de acuerdo con la matriz de interés de trafico dada por la iteración 1.

Resultado: $A_{ij}(2)$

j / i	1	2	suma
1	12.5	33.33	45.83
2	37.5	66.67	104.17
suma	50	100	

$$A_{ij}(2) = \frac{A_{ij}(1)}{A_{j}(1)} \cdot A_{j}(t)$$

Después de la multiplicación de columnas, las sumas de las filas difieren de los valores pronosticados.

Iteración 3 Multiplicación de filas $A_{i}(t)$ se distribuye de acuerdo a la matriz de interés de tráfico indicada en la iteración 2.

Resultado: $A_{ij}(3)$

j / i	1	2	suma
1	12.27	32.73	45
2	37.80	67.20	105
suma	50.07	99.93	

$$A_{ij}(3) = \frac{A_{ij}(2)}{A_{i.}(2)} \cdot A_{i.}(t)$$

Iteración 4 Multiplicación de columnas $A_j(t)$ se distribuye de acuerdo con la matriz de interés de trafico dada por la iteración 3.

Resultado: $A_{ij}(4)$

i \ j	1	2	suma
1	12.25	32.75	45
2	37.75	67.25	105
suma	50	100	150

$$A_{ij}(4) = \frac{A_{ij}(3)}{A_j(3)} \cdot A_j(t)$$

Después de cuatro iteraciones, las sumas de filas y columnas son iguales a los valores pronosticados. Ahora podemos escribir

$$A_{ij}(t) = A_{ij}(4)$$

Nota: $A_{i.} = j \cdot A_{ij}$; $A_j = i \cdot A_{ij}$

5. Calcular los intereses de tráfico entre dos centrales en un área local.

Dados:

a. Un área local está dividida en *áreas de tráfico* No. 1,2, 3, 4... Los tráficos futuros entre todas las *áreas de tráfico* están pronosticados.

b. El área local se divide en áreas de central. Las *áreas de central* no coinciden con las *áreas de tráfico*.

c. Tratar de calcular el tráfico futuro esperado desde la central *A* hasta la central *B*.

d. Tenemos la siguiente información:

La central *A* tendrá

- 5000 líneas de abonados del área de tráfico I, que tiene en total 10,000 líneas de abonados.
- 8000 líneas de abonados del área de tráfico II, que tiene en total 12,000 líneas de abonados.

La central *B* tendrá

- 9000 líneas de abonados del área de tráfico III, que son todas las líneas de abonado que hay allí.
- 2000 líneas de tráfico del área de tráfico IV, que tiene un total de 6000 líneas de abonados.

e. También sabemos por el pronóstico que el total de tráfico esperado desde cada área de tráfico hacia cada una de las áreas involucradas es el siguiente:

De área de tráfico No.	Al área de tráfico No.	Tráfico total esperado
I	III	100 erl.
I	IV	90 erl.
II	III	105 erl.
II	IV	95 erl.

5. SOLUCION

Una aproximación simple que se puede manejar fácilmente con cálculos manuales, es asumir que el tráfico de un abonado en un área específica de tráfico hacia un abonado en otra área específica de tráfico, es constante.

Calcular los tráficos de un abonado en el área de tráfico número uno a un abonado en el área de tráfico número tres, etc.:

Del área de tráfico No.	Al área de Tráfico No.	Tráfico entre dos abonados
I	III	$r = \frac{100}{10000 \cdot 9000}$
I	IV	$s = \frac{90}{10000 \cdot 6000}$
II	III	$t = \frac{105}{12000 \cdot 9000}$
II	IV	$u = \frac{95}{12000 \cdot 6000}$

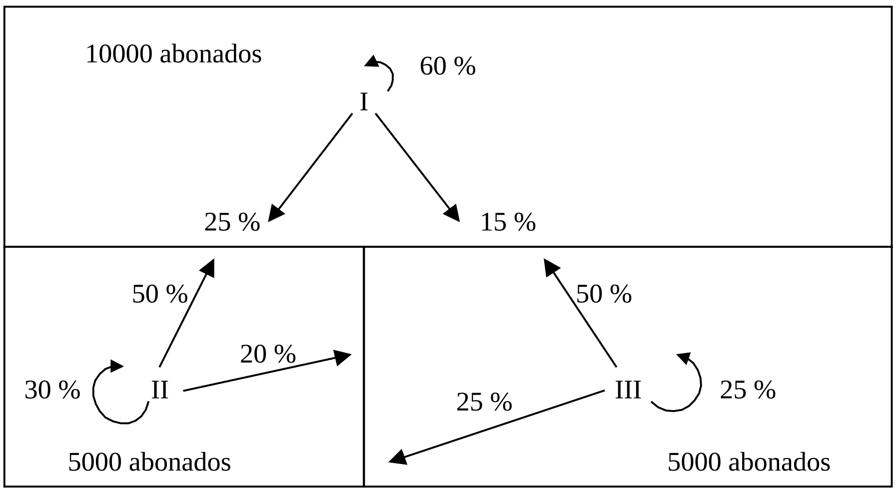
Los tráficos totales esperados de la central A a la central B ahora pueden calcularse así:

$$A = 5000 \cdot 9000 \cdot r + 5000 \cdot 2000 \cdot s + 8000 \cdot 9000 \cdot t + 8000 \cdot 2000 \cdot u = 50.00 + 15.00 + 70.00 + 21.11 = \underline{156.11\ erl.}$$

6. Estimar el interés de tráfico entre centrales: El objetivo del ejemplo es ilustrar cómo una matriz de tráfico para centrales se puede calcular desde una matriz de tráfico dada para *áreas de tráfico*.

Dada:

Un área consistente en tres áreas de tráfico: I, II, III:



Traffic Area 1

Número de abonados	10,000	
Tráfico total originado/abonado	0.06	erl.
Distribución de este tráfico	60 %	I
	25 %	II
	15 %	III

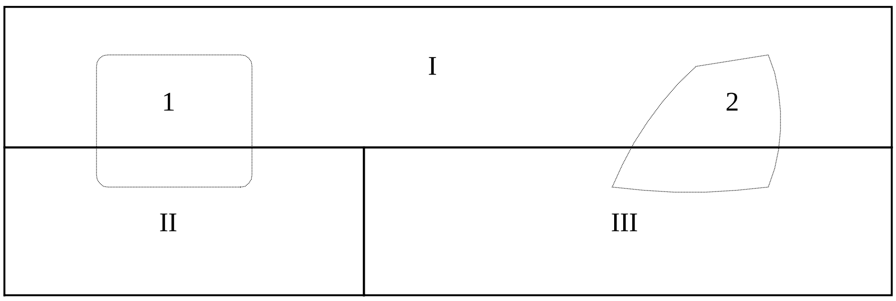
Traffic Area II

Número de abonados	5,000	
Tráfico total originado/abonado	0.05	erl.
Distribución de este tráfico	50 %	I
	30 %	II
	20 %	III

Traffic Area III

Número de abonados	5,000	
Tráfico total originado/abonado	0.04	erl.
Distribución de este tráfico	50 %	I
	25 %	II
	25 %	III

El área está servida por un número de centrales 1, 2, ... etc.



Central 1

Número total de abonados	8,000
No. de abonados pertenecientes al área de tráfico I	5,000
No. de abonados pertenecientes al área de tráfico II	3,000

Central 2

Número total de abonados	6,000
No. de abonados pertenecientes al área de tráfico I	4,000
No. de abonados pertenecientes al área de tráfico III	2,000

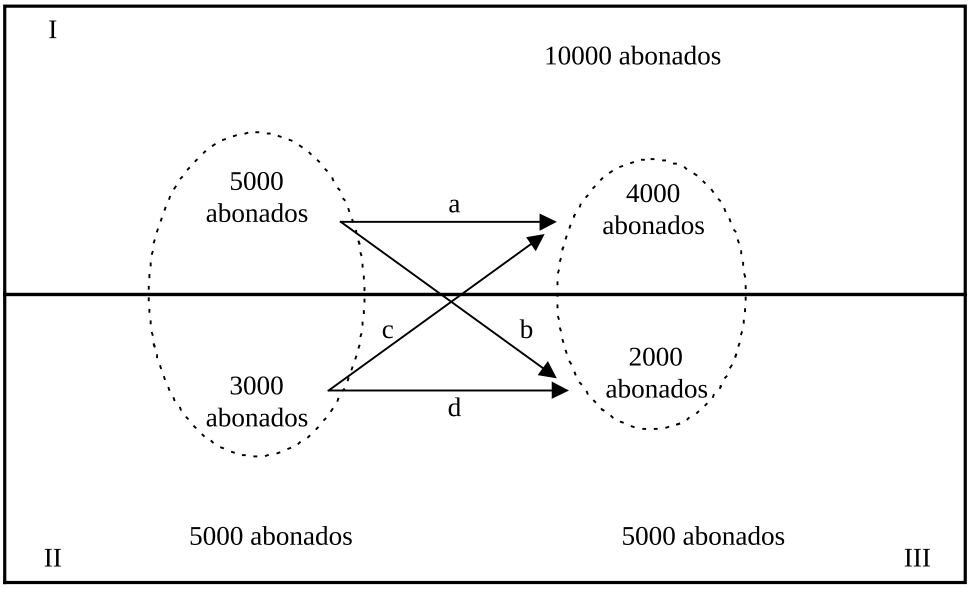
Tarea:

Calcular el flujo de tráfico total esperado de la central 1 a la central 2.

Sugerencia:

Empezar con el cálculo de tráfico de UN abonado en el área de tráfico I a UN abonado en el área de tráfico II, etc.

6. SOLUCION



a. II → 2I: 0.06 0.60 $\dfrac{5000 \cdot 4000}{10000} = 72 \; erl.$

b. II → 2III: 0.06 0.15 $\dfrac{5000 \cdot 2000}{5000} = 18 \; erl.$

c. III → 2I: 0.05 0.50 $\dfrac{3000 \cdot 4000}{10000} = 30 \; erl.$

d. III → 2III: 0.05 0.20 $\dfrac{3000 \cdot 2000}{5000} = 12 \; erl.$

132 erl.

El flujo de tráfico esperado de la central 1 a la central 2 es de 132 erlangs.

7. Se ha estimado la matriz de tráfico actual $A_{ij}^{(0)}$:

A / De	Central No. *j* 1	2	3	Suma
1	25	30	45	100
2	35	55	110	200
3	60	85	155	300
Suma	120	170	310	600

Se ha pronosticado el número de líneas principales por central en el año *t*:

Central No.	N_i (0)	N_i (t)
1	2000	3000
2	3500	3500
3	6800	7500

La líneas principales no se han clasificado en diferentes categorías ya que se espera que la proporción de los diferentes abonados sea la misma en el futuro.

Por eso el tráfico total de origen y de destino por central se ha previsto mediante las fórmulas siguientes:

$$A_{i.}(t) = N_i(t) \cdot \frac{A_i(0)}{N_i(0)}$$

$$A_{.j}(t) = N_j(t) \cdot \frac{A_{.j}(0)}{N_j(0)}$$

Central No.	$A_{i.}(t)$	$A_{.j}(t)$
1	150.0	180.0
2	200.0	170.0
3	331.9	341.9
Suma	681.9	691.9

Ya que la suma de $A_{i.}^{(t)}$ y $A_{.j}^{(t)}$ difieren, podemos usar el valor medio de estas sumas como una estimación de $A_{..}^{(t)}$ y ajustar $A_{i.}^{(t)}$ y $A_{.j}^{(t)}$. Esto da::

Central No.	$A_{i.}(t)$	$A_{.j}(t)$
1	151.1	178.7
2	201.5	168.8
3	334.3	339.4
Suma	686.9	686.9

a. Dibujar ahora una matriz de tráfico para el año *t* futuro y rellenarla con los tráficos totales calculados anteriormente.

b. Calcular los diferentes tráficos punto a punto usando el método de crecimiento ponderado, a partir de los datos conocidos acerca del número actual y futuro de líneas principales y los tráficos actuales punto a punto. El tipo de ponderación es de su elección.

c. Colocar estos valores en una nueva matriz de tráfico y calcular las sumas de las columnas y filas. Se podrá apreciar que estas sumas no concuerdan con los valores de la primera matriz.

d. Si consideramos que el tráfico por línea principal será constante durante el período de pronóstico, entonces los tráficos punto a punto obtenidos deben corregirse, de modo que sus sumas coincidan con los tráficos totales pronosticados.

Si el tiempo lo permite, hacer esa corrección empleando el Método del Doble Factor de Kruithof.

7. SOLUCION

Los modelos de factor de crecimiento ponderado se pueden usar para pronosticar el tráfico punto a punto.

Los factores de crecimiento son iguales a:

Central 1 $\quad G_1 = \frac{N_1(1)}{N_1(0)} = 1.5$

Central 2 $\quad G_2 = 1.0$

Central 3 $\quad G_3 = 1.1$

a. El pronóstico de acuerdo a la primera fórmula de Rapp es:

De \ A	Central 1	2	3	suma
Central 1	37.5	38.1	62.4	138.0
" 2	44.4	55.0	113.5	212.9
" 3	83.1	87.7	170.5	341.3
SUMA	165.0	180.8	346.4	692.2

b. El pronóstico de acuerdo a la segunda fórmula Rapp es:

De \ A	Central 1	2	3	suma
Central 1	37.5	38.6	65	141.1
" 2	45.1	55.0	112.0	212.1
" 3	86.7	92.6	170.5	349.8
SUMA	169.3	186.2	347.5	703.0

c. El pronóstico de acuerdo a la fórmula de APO es:

De \ A	Central 1	2	3	suma
Central 1	37.5	38.8	62.8	139.1
" 2	45.2	55.0	113.6	213.8
" 3	83.8	87.8	170.5	342.1
SUMA	166.5	181.6	346.9	695.0

Para la central 1 se puede ver que el tráfico total originado por línea principal ha disminuido de su valor actual de 0.050 a un valor entre 0.046 y 0.047.

Para la central 2, por otro lado, el tráfico total originado por línea principal ha aumentado de 0.057 a casi 0.060.

Como el tráfico por línea principal en este caso se consideró constante durante el periodo de pronóstico, las matrices obtenidas tienen que conciliarse con el estimado de tráfico total de origen y de destino por cada central.

El método del doble factor de Kruithof se usa para este propósito.

El pronóstico de matrices de tráfico conciliadas es:

- de acuerdo con la primera fórmula de Rapp:

De \ A	Central 1	2	3	suma
Central 1	44.5	39.1	67.5	151.1
" 2	45.8	49.0	106.7	201.5
" 3	88.4	80.7	165.3	334.3
SUMA	178.7	168.8	339.4	686.9

- de acuerdo a la segunda fórmula Rapp:

De \ A	Central 1	2	3	suma

Central 1	43.02	38.3	69.6	151.1
" 2	46.2	48.5	106.7	201.5
" 3	89.2	82.0	163.1	334.3
SUMA	178.7	168.8	339.4	686.9

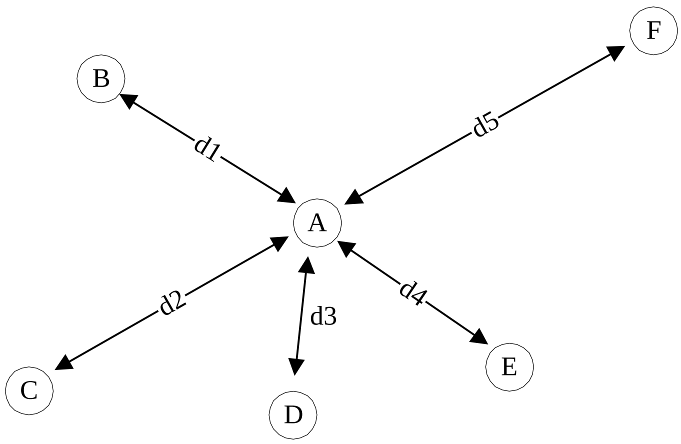
8. Suponer que un pronóstico de tráfico de troncales durante la hora pico para una central "A" es de 75 erlangs, que se distribuyen en cinco rutas hacia las centrales "B", "C", "D", "E" y "F", para las cuales no se dispone de datos de tráfico. Suponer también que los pronósticos de conexiones para las centrales son:

A	10 000	(c_o)
B	5 000	(c_1)
C	7 000	(c_2)
D	4 000	(c_3)
E	2 000	(c_4)
F	10 000	(c_5)

Y que las distancias desde "A" son:

B	20 millas	(d_1)
C	30 millas	(d_2)
D	10 millas	(d_3)
E	10 millas	(d_4)
F	50 millas	(d_5)

La situación se ilustra en el siguiente diagrama.



Estimar la distribución del tráfico troncal total en las cinco diferentes rutas: de *A* hacia *B*, de *A* hacia *C*,...,etc.

Sugerencia:

El pronóstico de tráfico para una ruta puede obtenerse a partir de:

$$t_i = \frac{\dfrac{c_o \cdot c_i}{d_i^2}}{\sum_{j=1}^{n} \dfrac{c_o \cdot c_j}{d_j^2}} \cdot T$$

donde *T* es el tráfico total.

8. <u>SOLUCION</u>

$$\frac{c_0 \cdot c_1}{d_1^2} = \frac{10,000 \cdot 5,000}{400} = 125,000$$

$$\frac{c_0 \cdot c_2}{d_2^2} = \frac{10{,}000 \cdot 7{,}000}{900} = 77{,}778$$

$$\frac{c_0 \cdot c_3}{d_3^2} = \frac{10{,}000 \cdot 4{,}000}{100} = 400{,}000$$

$$\frac{c_0 \cdot c_4}{d_4^2} = \frac{10{,}000 \cdot 2{,}000}{100} = 200{,}000$$

$$\frac{c_0 \cdot c_5}{d_5^2} = \frac{10{,}000 \cdot 10{,}000}{2{,}500} = 40{,}000$$

de modo que $\sum_{j=1}^{5} \frac{c_0 \cdot c_j}{d_j^2} = 842{,}778$

Hence estimate traffic from A hacia B = $\frac{125\,000}{842778} \cdot 75 = 11.1\,erl.$

“ “ “ A hacia C = $\frac{77\,778}{842778} \cdot 75 = 6.9\,erl.$

“ “ “ A hacia D = $\frac{400\,000}{842778} \cdot 75 = 35.6\,erl.$

“ “ “ A hacia E = $\frac{200\,000}{842778} \cdot 75 = 17.8\,erl.$

“ “ “ A hacia F = $\frac{40\,000}{842778} \cdot 75 = 3.6\,erl.$

Estos valores de tráfico pronosticados pueden luego usarse para el dimensionamiento de las rutas.