

Estudio de Caso Metropolitano
Pronóstico de Abonado y de Tráfico

Sr. H. Leijon, UIT



UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES



Estudio de Caso Metropolitano

Pronóstico de Abonado y de Tráfico

<u>CONTENIDO</u>	Página
1. Notación usada	2
2. Pronóstico de abonados	3
3. Pronóstico de tráfico	8
4. Estudio del proceso de pronóstico	16

DATOS

Documento principal

Anexo 1

Anexo 2

Anexo 3

Anexo 4

Anexo 5

1. Notaciones Usadas En Este Documento

Tráficos

A	Tráfico total
a	Tráfico por abonado (línea principal)

Zonas

Z	Notación general
p,q	Índice

Áreas de Tráfico (C = Centar, S = Susak, K = Kozala, Z = Zamet)

T	Notación general
k, l	Índice (1, 2, 3, 4)

Categorías (R=RESIDENCIAL, B=NEGOCIOS, P=PBX, C=CB, N=B+P+C)

X	Notación general
b,c	Índice (R, B, P, C = 1, 2, 3, 4)

Áreas de Central

E	Notación General
u,v	Índice

Números

C	Abonados conectados (líneas principales)
W	Lista de espera (tamaño)
D	Demanda (expresada, es decir, $D=C+W$)
S	Valor de saturación
P	Población
H	Hogares
E	Empleados

Otros Parámetros

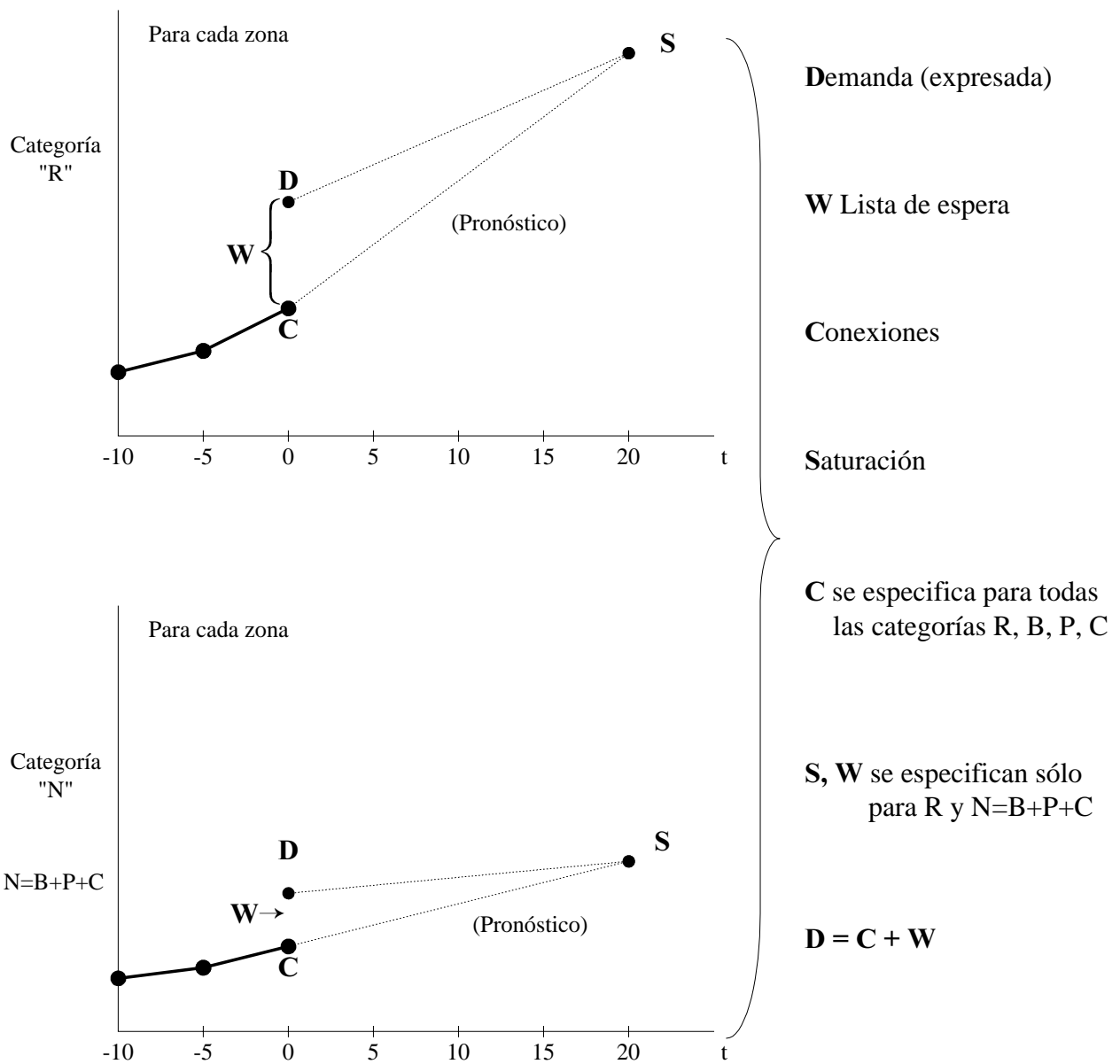
F	Factor de corrección
d	Ponderación en la distribución de tráficos de abonado dados (originados, excluyendo LD) a varias categorías
W	Ponderación en la distribución de una categoría dada a categorías de tráfico por abonado, entre diferentes áreas de tráfico
.	significa "total"
pq	(como índice) significa "de p a q"
t	Tiempo (-10,.....0,.....20)
'	(prima) significa "valor intermedio (temporal)"

2. Pronóstico de Abonado

Necesitamos pronosticar $C_x^{(t)}(z)$ = número de líneas principales C conectadas por cada categoría x y zona z para un punto futuro de tiempo $t = 5, 10, 15$.

Tenemos los siguiente datos:

- a) $P^{(t)}(T)$ = Población P por área de tráfico T para algunos años t desde 1971 al 2005;
- b) $E^{(t)}(T)$ = Número de empleados E ;
- c) $H^{(t)}(T)$ = Número de hogares H ;
- d) Otra información diversa;
- e) Ver diagramas que se muestran a continuación:



Aceptaremos como generalmente confiable la información histórica dada sobre:

el número de líneas principales conectadas = la demanda C satisfecha, y
el tamaño de la lista de espera = la demanda W insatisfecha, expresada..

Observamos, sin embargo, dos hechos importantes:

- los valores estimados de saturación S , para la mayoría de zonas son muy altos, en algunos casos extremadamente altos, comparados con el número actual de líneas principales;
- estos valores S son pronósticos en sí mismos, y por eso pueden ser muy inciertos.

Las conclusiones evidentes a las que se puede llegar son que los niveles de saturación deben analizarse a fondo y en algunos casos ajustarse, y que las curvas de crecimiento de tipo exponencial pueden no describir adecuadamente el desarrollo de los próximos 15 años. Es preferible usar curvas basadas en el desarrollo de otras variables explicativas. Así, tenemos dos tareas principales por ejecutar:

- ajustar S ;
- encontrar las curvas de desarrollo.

Sus decisiones deben basarse en estudios especiales usando el material disponible.

Ejemplos de dichos estudios:

- El desarrollo de la distribución de empleados por sectores, por cada área de tráfico.
 - El desarrollo de las tendencias de penetración del abonado residencial (RES) individual, del abonado de NEGocios (BUSIness) individual y PBX.
 - El desarrollo de la penetración relativa de RES, NEG y PBX.
 - La distribución de empleados por sectores, tiempo y áreas de tráfico.
 - Factores de penetración de las líneas de negocio por sectores.
 - Niveles de saturación para líneas RES y NEG por sectores, tiempo y áreas de tráfico.
 - Posibles ajustes de los niveles de saturación que fueron propuestos por la administración (¿Ajustes por área de tráfico o por zona individual?)
 - El desarrollo del tamaño de los hogares a lo largo del tiempo. ¿Posible influencia sobre la demanda?
 - Desarrollo de las tasas de llamadas en el tiempo.
 - Desarrollo del tráfico LD por línea y por área de tráfico en el tiempo.
- } Estos estudios son más útiles
} para los pronósticos de tráfico
- ¿Estará realmente satisfecha la demanda en el futuro (es decir, sin lista de espera)?

El procedimiento de pronóstico puede ser el siguiente:

Hay dos razones principales para ajustar los valores de S :

- Si su investigación le ha convencido de que los valores de S no son razonables;
- Si usted piensa que una lista de espera considerable existirá todavía en el año 20 (S no debe considerar lista de espera).

Los valores ajustados deben alimentarse en el archivo de datos.

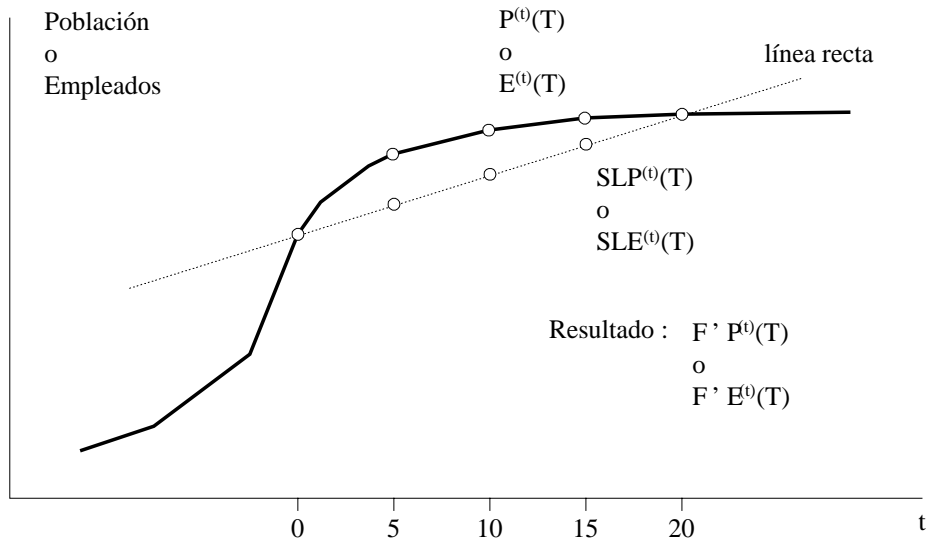
Para calcular el desarrollo de C desde el año 0 al año 20, se siguen los siguientes pasos:

Un algoritmo de computadora pre-almacenado calculará el desarrollo como desviaciones de una línea recta entre $C^{(0)}$ y S . Para usar este algoritmo se necesita leer algunos factores de corrección F por cada punto de tiempo y para cada área de tráfico. El algoritmo, entonces, usará los mismos factores para cada zona en la misma área de tráfico.

Hay **muchas** aproximaciones diferentes usadas para estimar estos factores de corrección. He aquí **una** aproximación muy sencilla:

Para cada área de tráfico T , estudiar el desarrollo pasado y futuro de P y E . La meta es encontrar grupos de valores de F , los cuales se usarán para crear las curvas de desarrollo de $C^{(t)}$ a S , desviándose de la línea recta.

Para cada área de tráfico:



$$F'P^{(t)}(T) = \frac{P^{(t)}(T)}{SLP^{(t)}(T)}$$

$$SLP^{(t)}(T) = P^{(0)}(T) + \frac{t}{20} \cdot [P^{(20)}(T) - P^{(0)}(T)]$$

$$F'E^{(t)}(T) = \frac{E^{(t)}(T)}{SLE^{(t)}(T)}$$

$$SLE^{(t)}(T) = E^{(0)}(T) + \frac{t}{20} \cdot [E^{(20)}(T) - E^{(0)}(T)]$$

Ajustar $F'P^{(t)}(T) \Rightarrow FP^{(t)}(T)$

y/o $F'E^{(t)}(T) \Rightarrow FE^{(t)}(T)$

como usted desee.

Nota: puede usarse un método alternativo!

Alimentar $FP^{(t)}(T)$ y $FE^{(t)}(T)$ en la computadora.

El programa de computadora prealmacenado calculará ahora, para cada área de tráfico:

$$C'_R(t)(z) = FP(t)(T) \cdot \left[C_R^{(0)}(z) + \frac{t}{20} (S_R(z) - C_R^{(0)}(z)) \right]$$

y

$$C'_N(t)(z) = FE(t)(T) \cdot \left[C_N^{(0)}(z) + \frac{t}{20} (S_N(z) - C_N^{(0)}(z)) \right]$$

por cada zona en las áreas respectivas.

$$C_N^{(0)} = C_B^{(0)} + C_P^{(0)} + C_C^{(0)}$$

$C'_N(t)(z)$ se divide entonces en $C'_B(t)(z)$, $C'_P(t)(z)$ y $C'_C(t)(z)$:

$$C'_B(t)(z) = C'(t)(z) \cdot \frac{C_B^{(0)}(z)}{C^{(0)}(z)}$$

$$C'_P(t)(z) = C'(t)(z) \cdot \frac{C_P^{(0)}(z)}{C^{(0)}(z)}$$

$$C'_C(t)(z) = C'(t)(z) \cdot \frac{C_C^{(0)}(z)}{C^{(0)}(z)}$$

- a) Se imprimirá una tabla con el resultado para su estudio y ajuste.
- b) Se pueden graficar casos específicos según se requieran.

Estas dos clases de opciones se ilustran luego.

Ahora se debe estudiar el resultado y efectuar los ajustes

$$C'_{R,B,P,C}(t)(z) \Rightarrow C_{R,B,P,C}(t)(z) = \text{pronóstico final (quizás sólo en algunos pocos casos)}$$

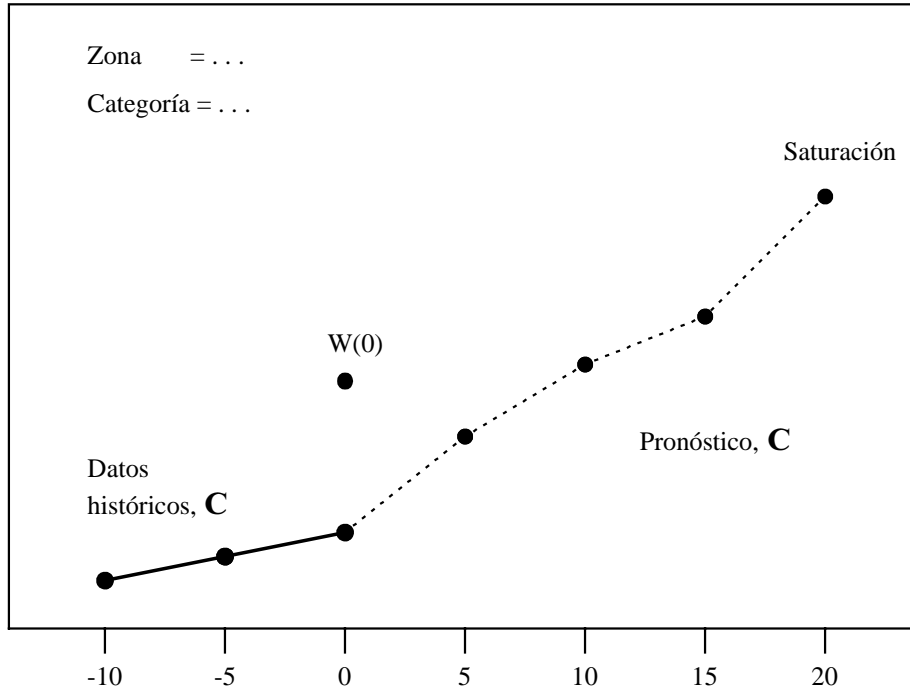
Uno debe usar su propio juicio, basándose en los estudios especiales que pueda hacer.

Alimente en la computadora los valores ajustados.

- a) Tabla: Líneas principales conectadas = $C(t)(z)$

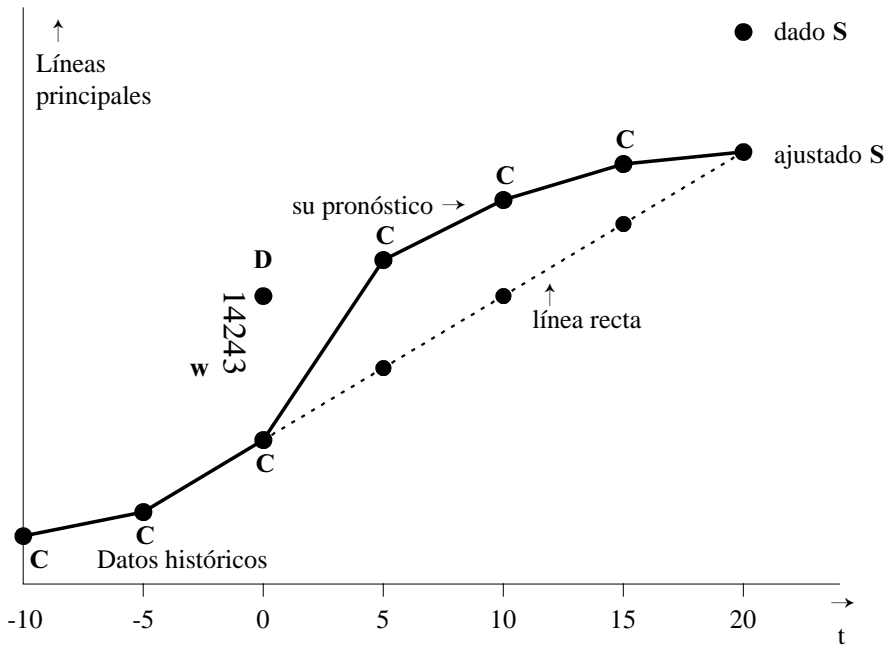
Area de Tráfico	Zona	Año 5					Año 10	Año 15
		RES	NEG	PBX	CB	Σ		
C	CA							
	CB							
	.							
	.							
	Σ							
K	KA							
	KB							
	.							
	.							
	Σ							
	.							
	.							
	.							

b) Versión graficada (para las zonas particulares, a solicitud)



Lo que usted ha obtenido hasta ahora se ilustra a continuación:

Para cada categoría
y
cada zona:



3. Pronóstico de Tráfico

Es necesario pronosticar los intereses de tráfico entre todas las áreas de tráfico, los tráficos de larga distancia entrante y saliente para todas las áreas, y el tráfico de servicio especial para cada área, en tres puntos de tiempo futuros: 5, 10 y 15 años.

Hemos medido y estimado matrices de tráfico por central y áreas de tráfico para tres puntos de tiempo: -10, -5, y 0 (tiempo presente). Para el tiempo presente, también se han estimado las tasas de llamadas por cada área de tráfico y por cada categoría de abonado. Estas cifras, por supuesto, no son exactamente verdaderas, pues a veces es difícil distinguir entre líneas “residenciales” y “de negocios” y, además, probablemente las cifras estén basadas en muestras.

El siguiente asunto a considerar es que los intereses del tráfico entre diferentes áreas, están compuestos de un gran número de pequeños tráficos de abonado a abonado, y que los abonados diferentes tienen hábitos telefónicos y necesidades muy distintos.

Por ejemplo, la tasa de llamadas de líneas PBX y aun de líneas individuales de negocios, es mucho más alta que la tasa de llamadas de abonados residenciales.

Además, encontraremos que los abonados residenciales probablemente harán más llamadas a otros abonados residenciales que a abonados de negocios. Los abonados de negocios a los que ellos llaman probablemente serán líneas de negocios individuales, ya que éstas con frecuencia representan a las tiendas, médicos, etc.

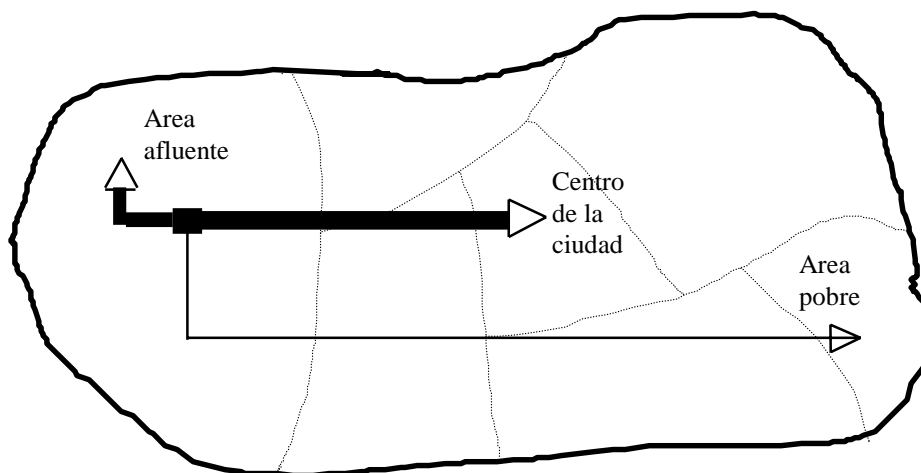
Los abonados de negocios, por otro lado, es probable que llamen a otras líneas de negocios. Sin embargo éste no es el único factor a considerar. La distribución de llamadas no depende sólo de la categoría de abonados, sino en gran medida de **dónde** se localizan los abonados, esto es, a qué área de tráfico pertenecen.

Por ejemplo, tomemos las llamadas originadas por abonados residenciales con un nivel de vida bastante alto.

Digamos que un 30% del tráfico local originado por estos abonados afluentes se dirige a líneas individuales de abonados de negocios del pueblo; es decir, tiendas pequeñas, peluqueros, abogados, médicos, etc. Estas llamadas frecuentemente van a negocios localizados en la misma área o en el centro de la ciudad. Es poco probable que muchas de las llamadas originadas por el abonado residencial afluente se dirijan hacia áreas más pobres, las cuales, adicionalmente, pueden estar más distantes.

De lo anterior concluimos que necesitamos usar unos cuantos parámetros para describir y calcular los tráficos entre abonados en diferentes categorías y diferentes áreas.

Si podemos definir algunos de estos parámetros, tendremos una excelente herramienta que nos permitirá manejar la situación al mismo tiempo que la ciudad se desarrolla y que diferentes zonas y áreas cambian de carácter y crecen a velocidades diferentes.



“Tráfico residencial a línea individual de negocios”, ilustración de caso

Lo que necesitamos es:

- un parámetro que describa cuánto tráfico se origina, en promedio, por un abonado de una categoría específica y un área específica;
- un parámetro para describir la cantidad de ese tráfico que se dirige a los abonados en cada categoría específica;
- un parámetro para describir cómo el tráfico dirigido a una categoría específica de abonados se distribuye a diferentes áreas, dependiendo de las características significativas de éstas.

En este documento, los tres parámetros son llamados:

$a_b(k)$ = Tráfico local (excluye LD) de origen, de un abonado de categoría **b** perteneciente al área de tráfico **k**.

d_{bc} = Proporción del tráfico originado por un abonado de categoría **b** que se dirige a abonados de la categoría **c**

$W_{bc}(kl)$ = Ponderación que corresponde a la distribución entre áreas de esa parte del tráfico originado por abonados de la categoría **b**, en el área **k**, yendo a la categoría **c**.

Nuestra aproximación general consistirá, entonces, en tratar de determinar los *valores* presentes de estos tres parámetros, luego usar los datos que tenemos y finalmente tratar de estimar cómo los valores de los parámetros cambiarán en futuras situaciones.

Las propiedades generales de los tres parámetros son:

$a_b^{(t)}(k)$ El parámetro es relativamente universal, es decir, no varía mucho entre lugares diferentes de carácter y desarrollo similares, y también es bastante estable en el tiempo.

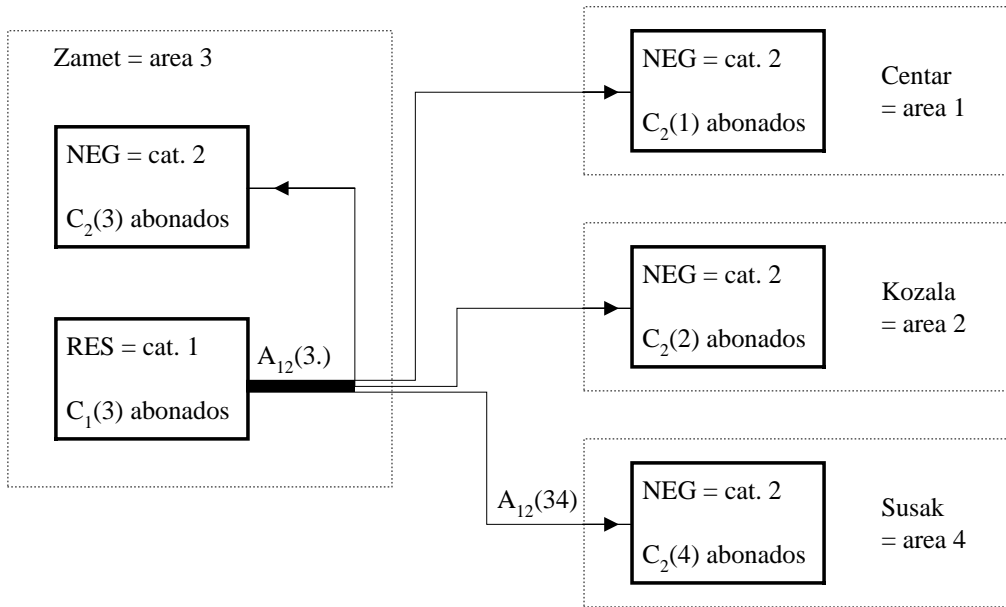
$d_{bc}^{(t)}$ El parámetro es un poco menos universal que el primero, es decir, está más influido localmente y sus valores cambian más con el desarrollo del área.

$W_{bc}^{(t)}(kl)$ El parámetro es de carácter totalmente local y sus valores también pueden cambiar considerablemente con el desarrollo del área. Afortunadamente, los pesos individuales se pueden tomar como cifras aproximadas sin causar serios errores en las cantidades de tráfico agregado.

Para mayores detalles sobre este tipo de aproximación, ver el documento “Redes Metropolitanas: Estimación de Parámetros de Pronóstico de Tráfico”.

Las páginas siguientes demuestran cómo se usan los tres parámetros para calcular un flujo de tráfico parcial en la red.

Ejemplo: Cómo **a**, **d**, y **W** se usan para calcular el tráfico de abonados residenciales en el área de **Zamet**, a abonados de negocios con líneas individuales en el área de **Susak**.



$$A_{12}(3.) = C_1(3) \cdot a_1(3) \cdot d_{12} \text{ erlang}$$

$$A_{12}(34) = C_1(3) \cdot a_1(3) \cdot d_{12} \cdot \frac{C_2(4) \cdot W_{12}(34)}{C_2(1) \cdot W_{12}(31) + C_2(2) \cdot W_{12}(32) + C_2(3) \cdot W_{12}(33) + C_2(4) \cdot W_{12}(34)} \text{ erlang}$$

La figura muestra **todos los valores a- d- y W-** que afectan el cálculo de $A_{12}(34)$. Ningún otro valor influirá estos cálculos (excepto por los valores C).

Area Cat.	1 Centar	2 Kozala	3 Zamet	4 Suzak
1 = RES			$a_1(3)$	
2 = NEG				
3 = PBX				
4 = CB				

Cat.	1 = RES	2 = NEG	3 = PBX	Servicio Especial	Σ
1 = RES			d_{12}		100%
2 = NEG					100%
3 = PBX					100%
4 = CB					100%

Categoria	Area	1 = RES				2 = NEG				3 = PBX			
		1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S
1 = RES	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z					$w_{12}^{(31)}$	$w_{12}^{(32)}$	$w_{12}^{(33)}$	$w_{12}^{(34)}$				
	4 = S												
2 = NEG	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												

Las fórmulas usadas en el programa de computadora para calcular las cantidades de tráfico son:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{bc}^{(t)}(kl) = \left[a_b^{(t)}(k) \cdot d_{bc}^{(t)} \cdot C_b^{(t)}(k) \right] \cdot \frac{C_c^{(t)}(l) \cdot W_{bc}^{(t)}(kl)}{\sum_l C_c^{(t)}(l) \cdot W_{bc}^{(t)}(kl)} \\ A_{kl}^{(t)} = \sum_b \sum_c A_{bc}^{(t)}(kl) \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{ll} k, l & = 1, 2, 3, 4 \\ b & = 1, 2, 3, 4 \\ c & = 1, 2, 3 \\ t & = 0, 5, 10, 15 \end{array}$$

y

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{b \rightarrow Sp.S.}^{(t)}(k) = \left[C_b^{(t)}(k) \cdot a_b^{(t)}(k) \cdot d_{b \rightarrow Sp.S.}^{(t)} \right] \\ A_{k \rightarrow Sp.S.}^{(t)} = \sum_b A_{b \rightarrow Sp.S.}^{(t)}(k) \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{ll} k & = 1, 2, 3, 4 \\ b & = 1, 2, 3, 4 \\ t & = 0, 5, 10, 15 \end{array}$$

Comience el pronóstico mediante estudios y discusiones de los valores actuales, especialmente, por supuesto, $a_b^{(0)}(k)$, $d_{bc}^{(0)}$ y $W_{bc}^{(0)}(kl)$. No debe olvidarse que en la primera parte del proceso se excluye el tráfico LD!

Después de esto, se puede comenzar a trabajar en la computadora. La concentración de los reajustes en la tabla $d_{bc}^{(0)}$ o en los valores $W_{bc}^{(0)}(kl)$, es su decisión.

Ahora aparece en la pantalla una tabla que permite agrupar los pesos de $W_{bc}^{(0)}(kl)$. La tabla se llena con valores predeterminados (ejemplo, 3's). Usted debe cambiar los valores de W como vea que acomodan. Use, por ejemplo, los valores 1,2...5 donde 1 = muy bajo; 2 = bajo; 3 = normal; 4 = alto; 5 = muy alto. Sin embargo, se podrá usar cualquier escala entre 0 y 99, siempre que cada subfila contenga al menos un valor $\neq 0$

Categoria	Area	1 = RES				2 = NEG				3 = PBX			
		1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S
1 = RES	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												
2 = NEG	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												
3 = PBX	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												
4 = CB	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												

Ahora deben definirse los valores actuales de $d_{bc}^{(0)}$ usando las siguientes tablas (que aparecen en su terminal):

		Area de tráfico				
Categoría		C	K	Z	S	media
	R					
	N					
	P					
	C					

Para su guía

		Categoría			
Categoría		R	B	P	S.S
	R				
	N				
	P				
	C				

Para su trabajo activo

Verifique que cada suma de fila = 100 (%)

(En la computadora, los valores d se representan como fracciones entre 0 y 1)

$a_b^{(0)}(T)$ = tráfico local de origen por abonado, incluye servicio especial, pero excluye tráfico LD.
 Ver tabla 3.7 en el Documento de Datos Principal.
 Formato: .xxxxx

Los valores $d_b^{(0)}$ serán proporcionados por usted. El resultado aparece a continuación!

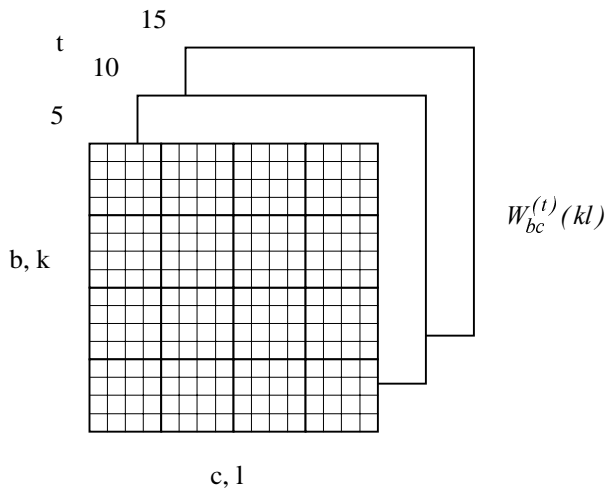
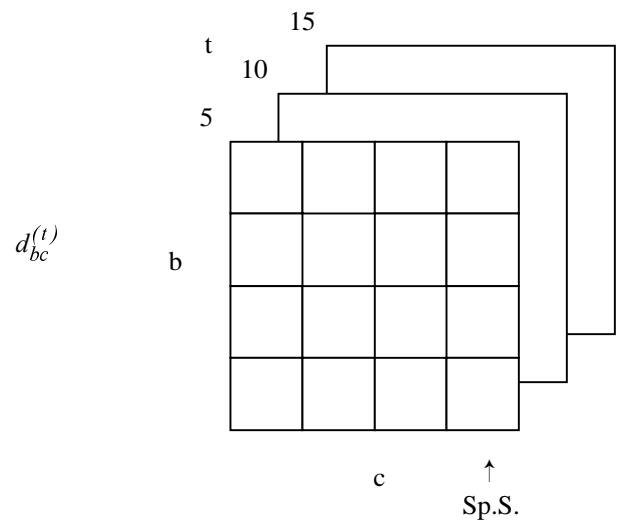
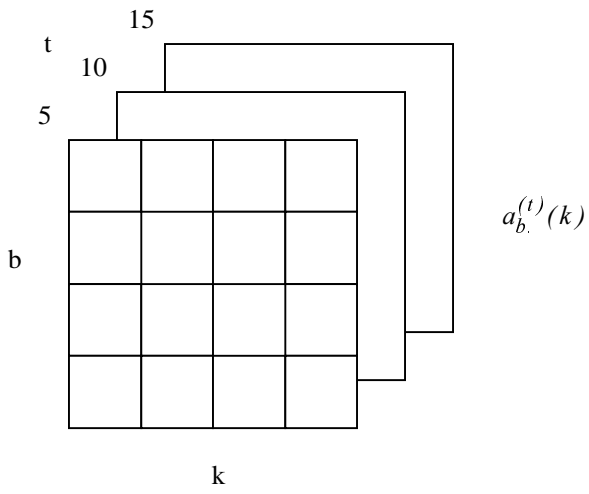
		Area de Tráfico				
Area de Tráfico		C	K	Z	S	media
	R					
	N					
	P					
	C					

Resultado : Matriz de Tráfico Actual Hipotético $A_{kl}^{(0)}$

En la pantalla se muestra esta tabla (resultado de los valores dados $a_b^{(0)}(T)$ y el grupo de valores $W_b^{(0)}(kl)$ y $d_b^{(0)}$. Ahora usted debe verificar los valores con relación a la matriz $A^{(0)}$ “real” (tabla 3.6 en el Documento de Datos Principal). Como resultado, pueden tenerse que ajustar los valores $W_b^{(0)}(kl)$ y/o los valores $d_b^{(0)}$.

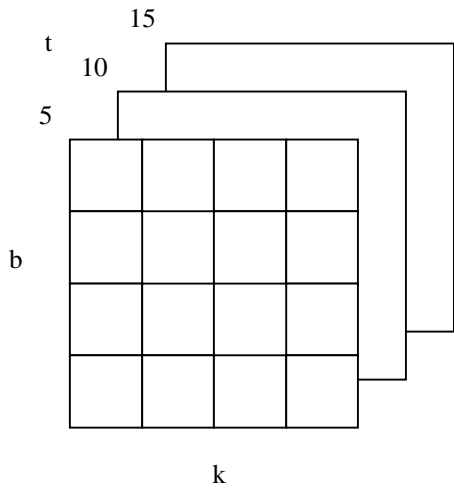
El proceso es consecuentemente iterativo!

Ahora emprenda los estudios necesarios para tomar decisiones sobre valores futuros y luego aliméntelos dentro de la computadora



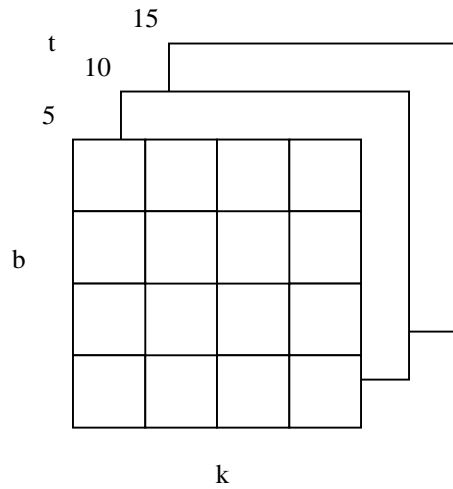
Queda una cosa por hacer: los tráficos LD!

Pronosticar los tráficos futuros LD entrantes y salientes, por abonado, por categoría y área de tráfico y alimentar estos valores en la computadora.



Tráfico LD saliente/abonado

$$a_{LDout}^{(t)}(b, k)$$



Tráfico LD entrante/abonado

$$a_{LDin}^{(t)}(b, k)$$

Fórmulas de cálculo usadas en el programa:

$$A_{LDout}^{(t)}(k) = \sum_b a_{LDout}^{(t)}(b, k) \cdot C_b^{(t)}(k)$$

$$A_{LDinc}^{(t)}(k) = \sum_b a_{LDinc}^{(t)}(b, k) \cdot C_b^{(t)}(k)$$

Resultado:

	Centar	Kozala	Zamet	Susak	Servicio Especial	LD
Centar						
Kozala						
Zamet						
Susak						
LD					---	---

5
10
t 15

Si cree que es necesario pronosticar los tráficos totales de origen y de destino por área de tráfico separadamente, puede hacerlo y luego usar, por ejemplo, el Método del Doble de Factor de Kruithof para la conciliación entre esos totales y los valores punto a punto, como se indica anteriormente. En este caso se recomienda que excluya los servicios especiales y el tráfico LD del proceso. Debe hacer esto manualmente y el resultado debe alimentarse en el archivo de datos. **Buena Suerte!**

4. Procedimiento del Proceso de Pronóstico

PRONOSTICO DE ABONADO:

- * 1. Ajustar S por zona
- * 2. Encontrar $FP^{(t)}$ y $FE^{(t)}$ por área de tráfico;
- 3. **Salida:** $C^{(t)}$ por zona;
- * 4. Ajustar los valores individuales de $C^{(t)}$

PRONOSTICO DE TRAFICO:

- * 5. Fijar $W^{(0)}$ para combinaciones de categorías y áreas de tráfico;
- * 6. Fijar $d^{(0)}$ para combinaciones de categorías;
- 7. **Salida:** Matriz de $A^{(0)}$ hipotética;
- * 8. Comparar la matriz hipotética con la matriz $A^{(0)}$ dada;
- * 9. Si es necesario, rehacer $W^{(0)}$ o $d^{(0)}$, o ambos;
- * 10. Determinar los valores futuros de $W^{(t)}$, $a^{(t)}$ y $d^{(t)}$;
- * 11. Pronosticar los tráficos LD futuros como tasas de llamadas por categoría y por área de tráfico;
- * 12 **Salida:** Matrices de tráfico futuro

* Requiere estudios especiales y/o discusiones.