

29
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
FUTUROS DE LA TELEFONÍA EN MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

PRESENTA

Roberto Cabello Murguía

Director de tesis: *Dr. Federico Kuhlmann*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D.F.,

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Futuros de la Telefonía en México

1. Introducción.	1
2. Técnicas para el análisis prospectivo.	7
2.1. Transformada de Fourier.	8
2.1.1. Señal y Sistema.	9
2.1.2. Representación en el dominio de la frecuencia de señales discretas en el tiempo.	11
2.1.3. Representación de Fourier de una secuencia de duración finita: Transformada de Fourier.	12
2.2. Ecuaciones de Volterra.	16
2.3. Método Delfos.	27
3. Diagnóstico del entorno demográfico, económico y en telecomunicaciones.	29
3.1. Entorno demográfico.	29
3.2. Diagnóstico del entorno económico.	33
3.3 Evolución histórica de la telefonía.	35
4. Futuros de la demografía ,economía y telecomunicaciones.	43
4.1. Futuros de la demografía.	43
4.2. Futuros del entorno económico.	49
4.3. Futuros de las telecomunicaciones.	54
5. Escenario alternativo.	66
6. Conclusiones	76
Bibliografía	

1. Introducción

El hombre siempre ha estado interesado en saber cuáles serán los hechos que ocurrirán en el futuro. Desgraciadamente el futuro es algo que aún no existe, por lo que su estudio es complicado. Además, en él pueden reflejarse cuestiones como la fe, la religión, intereses políticos o personales, etcétera. Sin embargo, si se hacen a un lado todos los métodos de adivinación del futuro, como lecturas de manos, cartas, entre otros, se puede llegar a los estudios sustentados en el método científico, que si bien no garantizan la ocurrencia de la imágenes predichas, proporcionan elementos para imaginarse lo que podría representar el futuro.

Para empezar un estudio sobre el futuro, primero necesitamos una definición de lo que es el futuro, así podemos partir de lo que se dijo anteriormente, "el futuro es algo que todavía no existe". También podemos definir al futuro según alguna definición del diccionario: "el futuro es aquello que está por venir".¹

Para estudiar el futuro existen distintos enfoques que permiten aproximarnos a una imagen de cómo será. En la Tabla 1.1 se ilustra como distintos métodos tratan de llegar a construir imágenes del futuro, y a continuación se describen algunos de ellos:

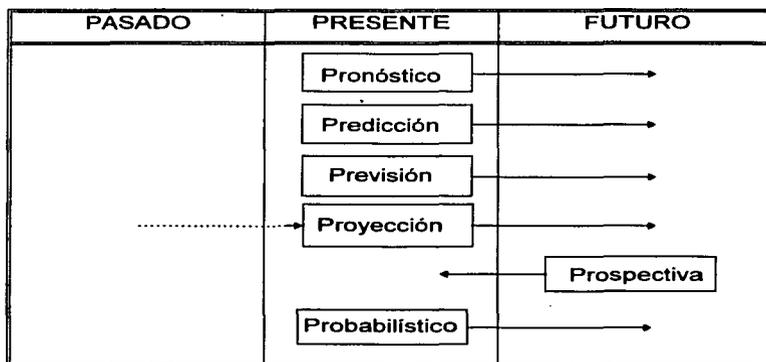


Tabla 1.1

¹Diccionario de la Lengua Española Larousse.

- Proyecciones:** Algunos datos o eventos del pasado y presente, por medio de métodos matemáticos, estadísticos y elementos cualitativos, se proyectan hacia el futuro. De esta manera nos podemos dar una idea de como sería un futuro con base en los hechos del pasado.
- Probabilísticos:** Se expresan características de algún escenario acerca del cual no se tiene certeza, pero que debido a la información del pasado o a partir de conocimiento sobre la estructura del escenario, se posee cierto grado de confianza con respecto a la validez del resultado sobre el planteamiento, o existe una probabilidad grande de que pueda llegar a ocurrir.
- Predicciones:** Se basa en visiones deterministas, por lo que una vez que se hace una afirmación sobre el futuro, ésta será irrefutable y negará que uno pueda influir en ella. Contrariamente a las proyecciones, en las que no se requiere reflejar relaciones causales entre los distintos elementos de un escenario, en las predicciones, dado que se posee una hipótesis y un conjunto de condiciones iniciales, necesitan explicarse las razones o causas de un determinado escenario.
- Previsión:** Esta visión se apoya en proponer acciones en el presente, las cuales generarán las condiciones que se desean para el futuro.
- Pronósticos:** Éstos son juicios razonados sobre un asunto importante y generan escenarios probables sobre el mismo.
- Prospectiva:** Este enfoque procura construir distintos escenarios a partir de la realidad actual, seleccionando aquellos que a juicio de alguien (el que realiza el estudio, un grupo de expertos, etcétera) sean posibles y deseables. Dentro de la prospectiva es posible imaginar distintos escenarios del futuro, ocurridos bajo determinadas condiciones, a diferencia de las proyecciones que se restringen a construir escenarios tomando en cuenta únicamente la continuación de las tendencias de los distintos indicadores.

La prospectiva nos permite diseñar escenarios deseables y no deseables futuros, así como factibles y no factibles, por lo cual en este trabajo la utilizaremos para analizar el futuro de mediano y largo plazos de algunos aspectos de las telecomunicaciones en México. Por ello empezaremos por definir a la prospectiva con mayor detalle.

Si tomamos en cuenta que la palabra prospecto quiere decir "manera de mirar un objeto" y que esta a su vez viene del latín *prospiere*: "mirar delante de uno mismo, mirar a lo lejos cierta situación", se puede llegar a la definición que dio *Robert* en el siglo XVI que describe a la prospectiva como: "óptica; conjunto de

procedimientos que permiten ver mejor y más lejos".² De estos conceptos podemos llegar a una definición, la cual, nos dice que la prospectiva: "Es la manera de mirar de lo lejos y a lo lejos cierta situación"; así podemos obtener las características de la prospectiva que a continuación se mencionan:

Holística	Es una visión de conjunto, es decir, se toman en cuenta las distintas interpretaciones del pasado, las diferentes visiones del presente, y los posibles escenarios del futuro.
Teleológica	El largo plazo es lo más importante, por encima del corto y el mediano plazos.
Trascendental	Generadora y gestora de los cambios estratégicos.

Tabla 1.2

Revisando otras definiciones de la prospectiva, pero siguiendo la misma línea de "intentar mirar hacia el futuro", podemos decir que la prospectiva "es tratar de escrutar con una misma visión el pasado, el presente y el futuro, mezclados en un estudio global y ordenado".³ De estos conceptos, señalaremos que la prospectiva se preocupa más por brindar alternativas futuras, que por responder a la pregunta ¿Que sucederá? (o ¿Que sucederá irremediablemente?), además, los estudios prospectivos tienen visión de largo plazo y deben ir acompañados de instrumentos de decisión y de planificación.

Un cuestionamiento importante que surge es el establecimiento de la diferencia entre la planeación y la prospectiva: la prospectiva es una manera de hacer planeación, o bien debe o puede ser usada como una herramienta para la planeación

Dentro de la planeación que no utiliza la prospectiva como herramienta, se plantean los futuros posibles y se selecciona el más deseable dentro de los factibles.

Para la planeación basada en la prospectiva se define un futuro deseado, y éste se diseña sin considerar el presente y el pasado como trabas insalvables. El presente y el pasado se confrontan con el futuro deseable, para de ahí explorar futuros factibles y seleccionar el más conveniente.

²André-Clément Decouflé. "La prospectiva"

³ Tomas Miklos, Ma. Elena Tello. "Planeación prospectiva"

Al comenzar la investigación sobre el futuro, tendríamos que plantearnos ciertos objetivos entre los cuales se encuentran:

- Responder preguntas sobre el futuro: ¿cómo será?, ¿cómo queremos que sea?, ¿cómo puede llegar a ser?, ¿qué hacer para llegar a él? Esta última pregunta la responde directamente la prospectiva.
- Ver el impacto de ciertas hipótesis sobre el futuro. Por ejemplo: ¿qué sucedería si se descubrieran nuevos yacimientos petroleros que aumentaran considerablemente la reserva nacional? Posiblemente el impacto podrá observarse en el precio internacional del petróleo (éste bajaría) y habría recursos nuevos para que México saliera de la crisis económica antes de lo esperado y de una manera diferente a lo realizado en el pasado.

En los siguientes pasos se muestra una metodología que puede ser usada para realizar un estudio prospectivo, tomando en cuenta las definiciones anteriores.⁴

Visión holística: al diseñar distintos escenarios sobre el futuro de algún indicador dentro de un estudio prospectivo, es importante ver como los distintos elementos del entorno interactúan con él, y cómo interactúan entre ellos mismos. Es importante el manejo de la información, dado que de las distintas interpretaciones del futuro, y de las diferentes lecturas del presente, se puede llegar a visualizar distintos futuros que puedan ser factibles deseables o no deseables.

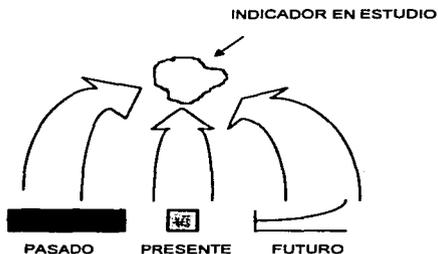


Figura 1.1

⁴ Figuras tomadas de Miklos, T. y, M.E, Tello 1991

Perspectiva desde el futuro: dentro de un estudio prospectivo, se parte del hecho de que hay que ver el presente desde un futuro factible y deseable que nosotros diseñemos.

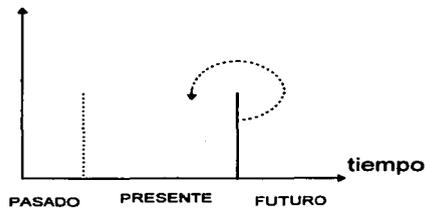


Figura 1.2

Conformación de futuros alternativos: se diseñan distintos futuros factibles deseables y no deseables, con base en el presente y en el pasado, se comparan entre ellos, con lo cual se determina la deseabilidad relativa entre ellos.

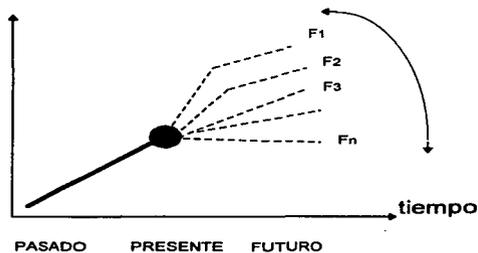


Figura 1.3

Se confrontan los futuros entre sí, y éstos a su vez con el presente, se selecciona el más deseable, factible y probable entre ellos

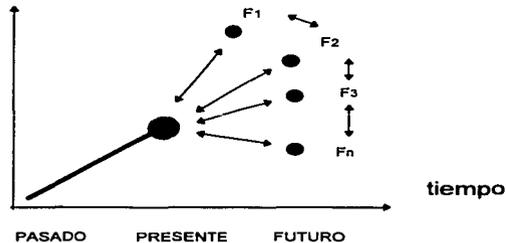
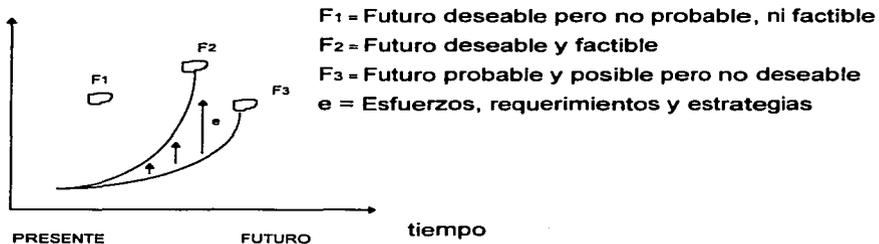


Figura 1.4

Se analizan las estrategias que deberán seguirse a partir del presente para lograr que se den las condiciones del futuro deseado.



F1 = Futuro deseable pero no probable, ni factible

F2 = Futuro deseable y factible

F3 = Futuro probable y posible pero no deseable

e = Esfuerzos, requerimientos y estrategias

Figura 1.5

Es importante también analizar una visión fatalista, ya que esto nos permite tomar conciencia de que puede llegar a ocurrir si no se toman acciones para alcanzar el futuro deseado. Dado que los escenarios no son sólo encaminados u organizados por simples causas naturales, sino también por nuestras acciones, a la hora de planear el futuro se pueden plantear imágenes alternativas, de tal modo que en el momento de haber alguna contingencia, y las condiciones del entorno cambian, habrá manera de desarrollar acciones distintas a las originalmente concebidas.

2. Técnicas para el análisis prospectivo.

En el estudio del futuro hay varios factores que entran en juego y, por la misma visión holística de la prospectiva, hay que tomar en cuenta la mayor cantidad de variables que sea posible. De tal manera, podríamos decir que el diseño del porvenir es un acto creativo, en el que el uso sistemático de la imaginación y la experiencia del investigador, junto con el empleo de procedimientos surgidos en diversos campos transforman la labor del estudio del futuro en una actividad de naturaleza bivalente: artística y científica.

Partiendo de la idea del futuro de A. Merello¹, quien dice que "El futuro es la categorización de un estado de cosas que aún no es, pero sabemos que de alguna manera inexorable va a ser, y que en prospectiva queremos que sea", habría que tomar en cuenta que para plantear los distintos escenarios del futuro, tanto los factibles no deseables y los factibles deseables, hay diferentes métodos que nos pueden ayudar a conseguir este objetivo. Métodos Cuantitativos y Cualitativos

Dentro de este capítulo se describirán el Método Delfos, el cual es completamente cualitativo; la Transformada de Fourier y las Ecuaciones de Volterra, dos herramientas matemáticas que sirven para calcular, a partir de series históricas, datos sobre el futuro.

Es claro que no son los únicos métodos que se pueden utilizar para la creación de un estudio prospectivo, sin embargo nos dan una idea de las distintas perspectivas que abordan algunos métodos cualitativos y cuantitativos.

Aunque la interpretación de los resultados siempre es importante, el uso de herramientas meramente cuantitativas tiene ciertas ventajas, ya que el problema se reduce en la mayor parte de los casos a plantear un modelo matemático del sistema en estudio, con base en datos históricos. Los modelos de estos sistemas pueden ir desde simples ecuaciones diferenciales de primer orden, hasta otras de un orden mayor y donde interviene un mayor número de variables, dependiendo del nivel de detalle que se quiera en el modelo del sistema. Por lo que éstos serán los utilizados en este trabajo para plantear las distintas imágenes sobre el futuro de las telecomunicaciones en México.

¹ Tomas Miklos y Ma Elena Tello "Planeación Prospectiva"

2.1. Transformada de Fourier.

Cuando los datos históricos sobre algún fenómeno muestran características oscilatorias, a través de variaciones periódicas, puede ser usada la técnica de la Transformada de Fourier, misma que parte del hecho de que esta tendencia oscilatoria se mantendrá en el futuro.

Este estudio se aplicará sobre el comportamiento oscilatorio que existe en los incrementos que tienen algunos indicadores anuales de variables relevantes. Con esto se construirá un modelo que asume que este comportamiento es de tipo periódico, como se muestra en la figura (2.1), y se tratará de aprovechar este fenómeno para construir distintos escenarios.

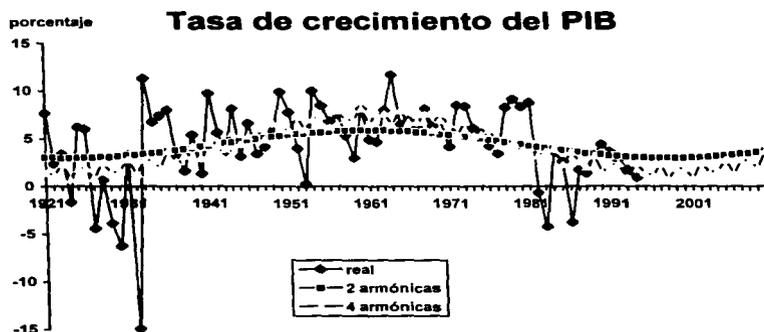


Figura (2.1)

Al tomar en cuenta la periodicidad mostrada por diferentes incrementos, se parte del supuesto de que éstas tendrán el mismo comportamiento periódico en el futuro, por lo que se pueden extrapolar valores de incrementos hacia el futuro. Este método es una herramienta importante, dado que muchas veces los indicadores no muestran un comportamiento que permita suponer que se mantienen las tendencias mostradas por los valores de los indicadores, pero si las características oscilatorias de algún otro fenómeno.

Por ejemplo, si analizamos la serie histórica del incremento anual del Producto Interno Bruto (fig. 2.1), se observa que éste varía con base en distintos ciclos económicos tanto nacionales como mundiales, por lo que es imposible afirmar que se tendrán crecimientos o decrementos anuales sostenidos del indicador durante un periodo muy prolongado. Por eso, al considerar el tiempo de los principales ciclos dentro de los que se encuentra un indicador, podremos saber cuándo habrá crecimiento y cuándo decremento en el indicador.

Para este análisis se presentan a continuación algunos conceptos básicos de señales, sistemas y la forma en que interactúan

2.1.1. Señal y sistema.

Una señal es una cantidad física que varía con el tiempo, el espacio o cualquier otra variable o variables independientes. Matemáticamente describimos una señal como una función de una o más variables independientes (usualmente el tiempo). Las señales pueden ser continuas o discretas, y como variable independiente se usará el tiempo.

- Una señal es continua si para cualquier valor en el tiempo hay un valor de la variable dependiente.
- Una señal es discreta en el tiempo cuando sólo existen valores de la variable dependiente para ciertos valores del tiempo (por ejemplo: $t = 1, t = 2, \dots$).

En la elaboración de un estudio prospectivo cuantitativo se utilizan series de datos históricos, las cuales son sucesiones ordenadas de datos del pasado de algún indicador. Se representan como señales que serán procesadas por algún sistema.

Un sistema puede ser definido como un ente físico que transforma una señal de entrada en una de salida:

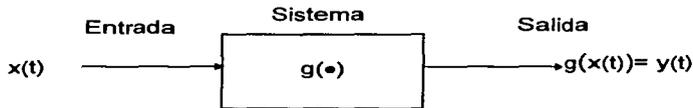


Figura 2.2

Cuando pasamos una señal a través de un sistema, por ejemplo un filtro, podemos decir que hemos procesado una señal. Un sistema puede ser:

- **Lineal.** Se dice que un sistema es lineal si cumple con el principio de superposición: si a dos entradas arbitrarias les corresponden dos salidas, a la suma de las entradas escaladas le corresponde la suma de las salidas igualmente escaladas.
- **Causal.** Se dice que un sistema es causal si la salida en el tiempo t_0 solo depende de entradas correspondientes a tiempos $t \leq t_0$.
- **Invariante en el tiempo.** Se dice que un sistema es invariante en el tiempo si al efectuar un desplazamiento en el tiempo sobre la señal de entrada, la salida se desplaza también en el mismo tiempo.

Para los sistemas invariantes en el tiempo, en los cuales los parámetros de sus modelos matemáticos no dependen del tiempo, la representación de la sucesión de entrada como una suma de impulsos retardados nos lleva a una representación de la señal de salida como la suma de respuestas desplazadas. Como se puede observar en la Figura 2.3:

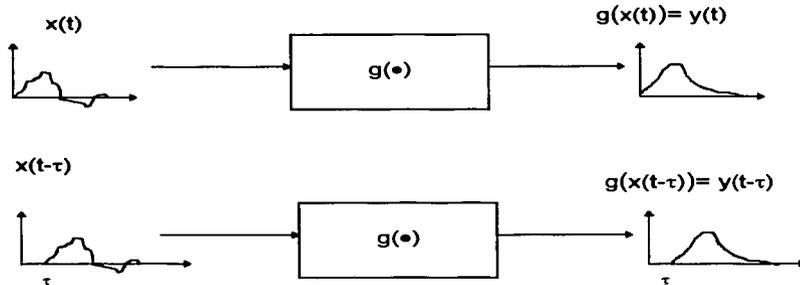


Figura 2.3

- **Relajación en el tiempo t_0 .** Se dice que un sistema está relajado en el tiempo t_0 si la salida depende únicamente de las entradas aplicadas después de un tiempo t_0 .
- **Invertibilidad.** Se dice que un sistema es invertible si a partir de la salida se puede conocer la entrada; esto implica que a cada entrada le corresponde una y sólo una salida, y viceversa.

Para efectos de este estudio se elaborarán dos ejercicios. Uno donde la serie histórica es una señal discreta en el tiempo y la entrada al sistema se convierte en una señal representada en el dominio de la frecuencia; se toman las componentes de frecuencia más importantes, se hace la operación inversa con ellas para regresar al dominio del tiempo y se calculan valores futuros de la serie histórica. Y otro donde se calculan los valores futuros de algún indicador, mediante un ajuste logístico, el cual se basa en las Ecuaciones de Volterra

2.1.2. Representación en el dominio de la frecuencia de señales discretas en el tiempo.

Supongamos que la entrada a un sistema es la diferencia de dos valores de una variable entre dos tiempos consecutivos. De esta manera, nosotros al saber los tiempos en los que la señal tiene sus principales variaciones, suponiendo que los distintos cambios se seguirán dando con el mismo patrón (es decir, que responden a una variación periódica), podríamos explotar esta característica para hacer un modelo prospectivo.

Para esto es importante conocer primero la representación en frecuencia de los incrementos anuales de la serie histórica, la cual se define de la siguiente manera:

Del análisis de Fourier se sabe que cualquier señal periódica se puede representar como la suma de senoideales con diferentes amplitudes, fases y frecuencias que son múltiplos de la frecuencia de la señal original. Extendiendo esto a señales no periódicas, para cada instante de tiempo, una señal se puede representar como la suma de senoideales con amplitudes y frecuencias instantáneas. Esto constituye el espectro en frecuencia de una señal no periódica, lo cual implica que cualquier señal en el tiempo periódica tiene una representación en frecuencia.

Además, para sistemas lineales e invariantes en el tiempo, si la entrada al sistema es un senoide con frecuencia f_0 , la salida será un senoide con frecuencia f_0 , pero de diferente amplitud y fase, las cuales dependen de las características del sistema. Es decir, cuando la entrada a un sistema lineal e invariante en el tiempo es una senoide con frecuencia f_0 y una fase ϕ , su salida (respuesta en frecuencia) es una senoide de frecuencia f_0 , con ganancia y fase dependientes del sistema.

Si la entrada es una señal, consistente en la suma de senoides, la salida será una suma de senoides, con las mismas frecuencias pero con distintas amplitudes y fases. Por lo tanto, al pasar una señal por un sistema se modifica su espectro en frecuencia. Por ejemplo, un filtro atenúa las amplitudes de ciertas frecuencias (y modifica también la fase).

Una sucesión de entrada se puede representar también como una suma de exponenciales complejas para cada instante. Es decir que: $x[n] = e^{j\omega n}$ para $-\infty < n < \infty$ donde ω es la frecuencia en radianes. De la expresión $y[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[n-m]h[m]$ que corresponde a la salida de un sistema lineal invariante en el tiempo con una respuesta al impulso $h[n]$ es:

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k]e^{j\omega(n-k)}$$

$$y[n] = e^{j\omega n} \left(\sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k]e^{-j\omega k} \right) \quad \text{ec (2.1)}$$

De aquí podemos definir:

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k] e^{-j\omega k} \quad \text{ec (2.2)}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega}) e^{j\omega n} \quad \text{ec (2.3)}$$

De aquí se puede ver que para cierta entrada $e^{j\omega n}$ con frecuencia ω_0 , la salida será esa misma $e^{j\omega_0 n}$, pero escalada por un factor que depende de la frecuencia, $H(e^{j\omega_0})$. De la ecuación (2.3) podemos ver que $H(e^{j\omega_0})$ es la llamada respuesta en frecuencia del sistema, la cual es compleja por lo cual puede ser expresada en términos de sus partes real e imaginaria.

$$H(e^{j\omega}) = \text{HR}(e^{j\omega}) + j\text{HI}(e^{j\omega}) \quad \text{ec (2.4)}$$

o en términos de su magnitud y fase como se muestra en la ecuación (2.5)

$$H(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})| e^{j\angle H(e^{j\omega})} \quad \text{ec (2.5)}$$

2.1.3. Representación de Fourier de una secuencia de duración finita: Transformada Discreta de Fourier.

Como ya se mencionó con anterioridad, para el estudio prospectivo tomaremos los datos históricos como series numéricas; por ejemplo, el número de líneas telefónicas en el país de 1940 a 1995. En este caso, ésta será la sucesión de datos finita a la cual se le aplicará la Transformada Discreta de Fourier, de tal forma que al saber su representación en frecuencia, podamos extrapolar valores de la serie hacia el futuro.

Si consideramos una sucesión finita $x[n]$, con un número de muestras N tal que $x[n]=0$ fuera del rango de $0 \leq n \leq N-1$, en algunas ocasiones asumiremos una sucesión de longitud N a pesar de que ésta sea de menor longitud $M \leq N$; podemos reconocer que las últimas $N-M$ muestras tienen amplitud cero. Para cada sucesión finita con una longitud N siempre podemos asociar una sucesión periódica $\tilde{x}[n]$ dada por:

$$\tilde{x}[n] = \sum_{r=-\infty}^{\infty} x[n+rN] \quad \text{ec(2.6)}$$

la sucesión finita $x[n]$ puede ser recuperada a partir de $\tilde{x}[n]$ a través de la ec(2.7):

$$x[n] = \begin{cases} \tilde{x}[n] & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{otros casos} \end{cases} \quad \text{ec(2.7)}$$

Los coeficientes $\tilde{x}[n]$ de la Serie de Fourier Discreta son muestras (espaciadas en la frecuencia por $2\pi / N$) de la Transformada de Fourier de $x[n]$. Como asumimos

que $x[n]$ tiene una longitud N , no hay traslape entre los términos $x[n + rN]$ para diferentes valores de r , por lo que la ecuación 2.7 puede ser escrita como:

$$\tilde{x}[n] = x[(n \text{ módulo } N)] \quad \text{ec(2.8)}$$

Por conveniencia, podemos escribir con la notación $((n))_N$ cuando nos refiramos a $(n \text{ módulo } N)$; con esta notación la ecuación 2.8 se puede expresar de la siguiente forma:

$$\tilde{x}[n] = x[((n))_N] \quad \text{ec(2.9)}$$

de tal modo que la ecuación (2.9) es equivalente a la (2.6) sólo cuando $x[n]$ tiene una longitud menor o igual que N . La sucesión finita $x[n]$ es obtenida de $\tilde{x}[n]$, extrayendo un periodo como en la ecuación (2.7).

Una manera informal (pero usual) de visualizar la ecuación (2.8), es pensar en envolver la sucesión finita $x[n]$ alrededor de un cilindro con circunferencia igual a la longitud de la sucesión. Mientras nos movemos por la circunferencia del cilindro reiteradamente podemos observar que la sucesión finita se repite periódicamente. Para recuperar la sucesión periódica completa basta desenvolver el cilindro y pegarlo repetidamente en un plano usando la ec (2.7); es una transformación de un eje de tiempo circular a uno lineal.

Los coeficientes de la Serie Discreta de Fourier $\tilde{x}[k]$ de una sucesión periódica $\tilde{x}[n]$ son ella misma, una secuencia periódica con un periodo N . Para mantener una reciprocidad entre los dominios de frecuencia y tiempo escogeremos los coeficientes de Fourier para que sea una secuencia de duración finita correspondiente a un periodo de $\tilde{x}[n]$. Esta secuencia de duración finita $x[k]$, se le llamará la Transformada Discreta de Fourier (DFT), la cual está relacionada con los coeficientes de la serie Discreta de Fourier por:

$$x[k] = \begin{cases} \tilde{x}[k] & 0 \leq k \leq N-1 \\ 0 & \text{otros casos} \end{cases} \quad \text{ec(2.10)}$$

y

$$\tilde{x}[k] = x[(k \text{ módulo } N)] = x[((k))_N] \quad \text{ec(2.11)}$$

por lo que $\tilde{x}[k]$ y $x[n]$ están relacionadas por:

$$\tilde{x}[k] = \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{x}[n] W_N^{kn} \quad \text{ec(2.12)}$$

$$\tilde{x}[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{x}[k] W_N^{-kn} \quad \text{ec(2.13)}$$

$$\text{donde} \quad W_N = e^{-j(2\pi/N)} \quad \text{ec(2.14)}$$

como las sumatorias de las ecuaciones (2.12) y (2.13) tienen que ver solo con el intervalo entre 0 y (N-1) de las ecuaciones (2.7) y (2.12) obtenemos:

$$x[k] = \begin{cases} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{x}[n] W_N^{kn} & 0 \leq k \leq N-1 \\ 0 & \text{para otros valores} \end{cases} \quad \text{ec(2.15)}$$

$$x[n] = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] W_N^{-kn} & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{para otros valores} \end{cases} \quad \text{ec(2.16)}$$

Generalmente, las ecuaciones de la Transformada Discreta de Fourier de análisis (donde se pasa del dominio del tiempo al de la frecuencia) y síntesis (donde se hace la operación inversa) son escritas de la siguiente manera:

$$\text{Ecuacion de analisis} \quad \tilde{x}[k] = \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{x}[n] W_N^{kn} \quad \text{ec (2.17)}$$

$$\text{Ecuacion de síntesis} \quad \tilde{x}[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{x}[k] W_N^{-kn} \quad \text{ec (2.18)}$$

Esto nos lleva a que $x[k]=0$ para k fuera del intervalo $0 \leq k \leq N-1$ y que $x[n] = 0$ para n fuera del intervalo $0 \leq n \leq N-1$. La relación entre $x[n]$ y $x[k]$ a veces se denota como:

$$x[n] \xleftrightarrow{\text{DFT}} x[k] \quad \text{ec(2.19)}$$

La Transformada Discreta de Fourier $x[k]$ es igual a las muestras de la transformada de Fourier Periódica $x(e^{j\omega})$, y si la ecuación 2.18 es evaluada para valores de n fuera del intervalo $0 \leq n \leq N-1$ el resultado no será cero, pero en vez, será una extensión de $x[n]$, como se muestra en la figura 2.4. La periodicidad inherente siempre se presenta, ya que a la señal $x[k]$ se le esta multiplicando por W_N^{-kn} el cual es una suma de senoides con una frecuencia fo.

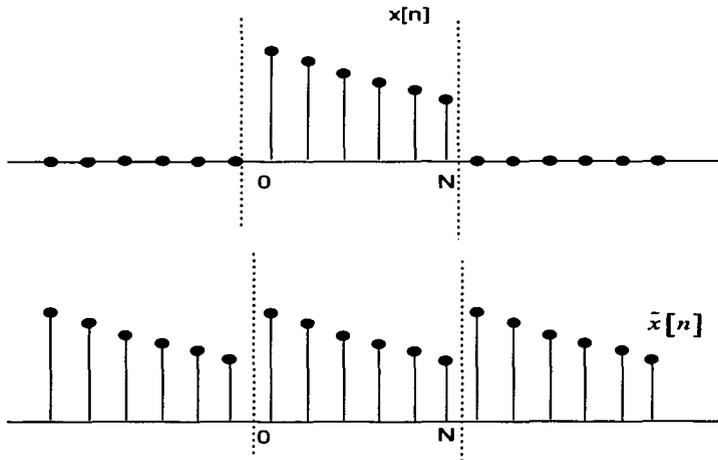


Figura 2.4

Se pueden extrapolar valores hacia el futuro calculando valores de $x[n]$ para los de n mayores que $N-1$; al hacer la reconstrucción de la serie original sin todas sus senoides y solo tomando en cuenta los valores más altos de $x[k]$, se puede obtener una nueva sucesión de incrementos anuales, filtrada y si la serie se calcula para valores de $n > N$, se obtienen valores futuros de n .

Este método será aplicado en la construcción de escenarios prospectivos de la siguiente manera:

- Se calculará la tasa de cambio anual del indicador en estudio.
- Se le aplicará la Transformada de Fourier a la sucesión que representa la tasa de cambio del indicador.
- Se elegirán las senoides de mayor amplitud dentro del espectro de frecuencia que le corresponde a la sucesión, es decir, las que contienen la mayor parte de energía de la señal. Ya que estas representan los periodos en los que la serie tiene sus mayores cambios.
- Se hará el cálculo de la Transformada Inversa de Fourier solamente con las senoides seleccionadas y para un intervalo mayor de tiempo.

- e) Con base en la nueva sucesión que representa la tasa de cambio calculada, se utilizan los datos de la serie que están fuera del intervalo y se calcula el valor futuro del indicador.

Con este análisis podemos obtener valores de incrementos anuales futuros, por lo que como se dijo anteriormente, se puede ver cuando habrá una caída o un alza en el crecimiento anual, y combinada con la periodicidad de otros indicadores se pueden construir diferentes escenarios factibles.

Sin embargo, también estos mismos indicadores tienen un comportamiento tendencial, ya que por ejemplo el número de hogares en el país, es un acumulado que cambia año con año pero de manera siempre creciente. Por lo que hay otros métodos en que se puede calcular hasta donde crecerá un indicador en un largo plazo.

2.2. Ecuaciones de Volterra.

Otra manera de construir escenarios prospectivos, igualmente tendenciales, pero para situaciones en las cuales se mantienen invariantes las tendencias de amplitudes, más que las asociadas a variaciones periódicas, es mediante ajustes logísticos, donde se realiza una regresión para poder extrapolar los valores del indicador hacia el futuro. Estos ajustes se basan en el trabajo del científico italiano Volterra¹ sobre las especies en competencia, el cual es un ejemplo de que el uso de un modelo matemático sirve para la descripción de un proceso físico.

La investigación de Volterra surge a partir de la Primera Guerra Mundial, durante el periodo de 1914 a 1924, cuando en Italia las autoridades portuarias se percataron de que el porcentaje de pescado para comida decreció considerablemente en relación con los años anteriores con respecto al de pescado para basura, y que al terminar la guerra el nivel de pescado de comida regresó a los valores anteriores. Esto pudo ser consecuencia de que durante el conflicto bélico se pescaba mucho menos y la técnica de pesca seguramente mejoró en los años posteriores.

El biólogo Umberto D'Ancona dentro de sus investigaciones en 1925, consultó al matemático italiano Vito Volterra para encontrar algún modelo matemático que explicara este fenómeno.

El resultado que arrojó este trabajo fueron las ecuaciones de Volterra, las cuales proponen un crecimiento geométrico de algún indicador, como las ecuaciones que desarrolló el economista Robert Malthus pero con cierto nivel de saturación, de donde surgieron las curvas logísticas, también llamadas curvas S, como la que se muestra en la figura (2.5)

¹ T. A. Burton. Volterra Integral and Differential Equation, University of Southern California 1983

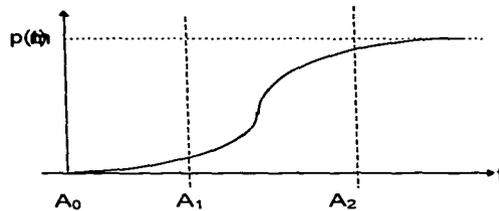
Curva S con una saturación m

Figura 2.5

En este tipo de funciones se puede obtener lo siguiente:

- Al inicio, entre el intervalo A_0 y A_1 el crecimiento es pequeño, por lo que el valor de la pendiente es reducido, pero se va incrementando al transcurrir el tiempo.
- En el periodo de A_1 a A_2 hay un gran crecimiento, por lo que en este intervalo de tiempo el valor de la pendiente llega a su máximo.
- De A_2 en adelante, el crecimiento se reduce nuevamente y el valor de la pendiente llega otra vez a cero. Dentro del comportamiento de un indicador, esto se puede interpretar como que un recurso natural se agota, o un mercado se satura.

En 1798, el economista e historiador Thomas Robert Malthus publicó un trabajo aseverando que la población se incrementaba geoméricamente, mientras que la producción de alimentos, lo hacía aritméticamente. El preveía que la población siempre tendía al límite de subsistencia, el cual podía ser escasez, enfermedad o guerra.

Lo anterior nos lleva a la formulación del modelo matemático del crecimiento malthusiano. Supongamos que $P(t)$ es el tamaño de una población en un tiempo dado t . Si hubiera una cantidad ilimitada de comida y espacio, y si además el medio ambiente no cambiara, entonces podríamos decir que la población crecerá en un ritmo proporcional al número de individuos presentes en un tiempo dado.

Si $P(t)$ es demasiado grande, sería más fructífero tomar $P(t)$ como continuo o diferenciable, por lo que en este caso se podría plantear la ecuación (2.20):

$$\frac{dP(t)}{dt} = kP(t) \quad ; \quad P(t_0) = P_0 \quad \text{ec(2.20)}$$

donde k es una constante de proporcionalidad, por lo que si asumimos que la población siempre se incrementa, entonces $k > 0$. Este problema tiene una solución:

$$P(t) = P_0 e^{k(t-t_0)} \quad \text{ec(2.21)}$$

Se puede apreciar que cuando el tiempo es dividido en intervalos iguales (digamos años), esta expresión conduce a incrementos geométricos,

Como es evidente que el medio ambiente no crece de esta manera, en 1842 el matemático belga Quelet se dio cuenta de que el crecimiento de la población estaba limitado por el espacio y comida, y que el número de habitantes tendía a cierto límite. El resultado es una curva S con una población límite L (fig. 2.4). Estas curvas fueron analizadas por Edward Wriht en 1599, llamándolas curvas logísticas, un término que aún se utiliza.

El modelo matemático de la curva lo propuso Verhulst, el cual asumió que el crecimiento de la población es inhibido por un factor proporcional al cuadrado de la población. Por lo que el modelo de crecimiento malthusiano fue modificado por el siguiente:

$$P'(t) = kP(t) - rP^2(t) \quad ; \quad k, r > 0 \quad \text{ec(2.22)}$$

Ésta es conocida como la ecuación logística donde $rP^2(t)$ es la carga logística que también se puede ver como una ecuación de Ricatti de la forma:

$$y' = a(t)y^2 + b(t)y + c(t) \quad \text{ec(2.23)}$$

donde $c(t) = 0$, y en que, se utiliza la nueva variable $u(t)$ para obtener una ecuación diferencial de primer orden; a ésta se le llama la ecuación de Bernoulli

$$u(t) = [p(t)]^{-1} \quad \text{ec(2.23.1)}$$

Sustituyendo (2.23.1) en (2.22)

$$u'(t) = -ku(t) + r \quad \text{ec(2.23.2)}$$

Resolviendo la ec (2.23.2) obtenemos

$$u(t) = Ce^{-kt} + \frac{r}{k} \quad \text{ec(2.23.3)}$$

Sustituyendo (2.23.3) en(2.23.1) obtenemos:

$$P(t) = \frac{m}{1 + Me^{(-kt)}} \quad \text{ec(2.24)}$$

donde el límite de población es $m = k / r$ al cual se le llama capacidad de carga del medio ambiente. Esta ecuación describe una curva como la de la figura 2.5 cuyo valor se aproxima a k/r cuando el tiempo tiende a infinito ($t \rightarrow \infty$).

Con este modelo podemos calcular una nueva serie histórica la cual tendrá un crecimiento exponencial en un principio, y a medida que pase el tiempo tenderá a un límite (k/r).

Por ejemplo si para el número de líneas telefónicas en el país decimos que su punto de saturación será en cantidad de habitantes del país, se puede calcular un ajuste logístico con ese valor de saturación. Sin embargo, el indicador difícilmente llegará a esa cantidad de líneas, dado que con una línea por hogar es más que suficiente y ese número se reduce si tomamos en cuenta que una gran parte de la población vive en zonas rurales donde se tiene a lo sumo una línea por localidad. También se puede calcular la tasa de crecimiento anual de población en el futuro, por lo que se pueden diseñar escenarios con distintas poblaciones para el año 2010, por ejemplo. Por esto la saturación de líneas telefónicas no será necesariamente una ya que depende de varios factores como el número de habitantes y su distribución en el territorio nacional.

Si este proceso se repite con varias series históricas y se calculan con distintos puntos de saturación, al combinar los diversos valores futuros de las diferentes series históricas, se pueden crear escenarios de futuros, algunos factibles y deseables o no deseables.

Durante el estudio, para obtener el escenario futuro más apegado a la realidad histórica dentro de los distintos puntos de saturación, se hace un cálculo para saber con qué saturación el error entre las series calculada y real es el menor. A este le llamaremos el punto de saturación óptimo, y a partir de él, podemos hacer cálculos con puntos de saturación más o menos ambiciosos que el punto de saturación óptimo pero influidos por otros factores posiblemente de tipo subjetivo. Este cálculo se realiza por medio del método de los mínimos cuadrados.

Para este estudio, la ecuación (2.24) será usada para calcular los valores futuros de las series históricas. Por lo que si tomamos en cuenta a la constante $M=1$, nos queda la ecuación (2.25):

$$p(t) = \frac{m}{1 + e^{-y}} \quad \text{ec(2.25)}$$

donde $y = kt$

Sin embargo, si consideramos a $y(t)$ como una línea con pendiente k , que interseca al eje de las ordenadas en a_0 , nos queda la ecuación (2.26)

$$\bar{y}_i(t) = a_0 + kt \quad \text{ec(2.26)}$$

Despejamos $y(t)$ de la ecuación (2.25), nos queda:

$$y_i(t) = \ln \frac{p(t)}{m - p(t)} \quad \text{ec(2.27)}$$

Para calcular los valores $y_i(t)$ sustituimos los valores de la serie histórica en $p(t)$ con un valor de saturación m dado, en la ecuación (2.27); con eso obtenemos los valores de $y_i(t)$ y tomamos a los años que le corresponden a cada dato como valor de t . Con esto tenemos dos variables que se interrelacionan, a través de la ecuación (2.26) la cual es una relación lineal.

Si el tiempo y el valor del indicador presentaran una relación lineal perfecta, el valor de $\bar{y}_i(t)$, el cual representa el valor de $y_i(t)$ calculada mediante una regresión lineal, siempre sería igual que el valor $y_i(t)$ para cada valor dado de t_i . En la práctica, la información casi nunca presenta una relación lineal perfecta, generalmente se cuenta con algunas variaciones, por agentes externos como la precisión en la medición, por lo que estas variaciones nos pueden llevar a modelos no lineales.

Sin embargo, si consideramos una relación lineal y un número ilimitado de datos, podremos determinar valores apropiados para a_0 y k los cuales servirán para el cálculo del valor esperado de $y_i(t)$ para valores dados de t_i . Esto quiere decir que $\bar{y}_i(t)$ no será necesariamente igual que el valor real de $y_i(t)$ asociado a t_i , pero será un promedio para todos los valores reales.

El procedimiento aceptado para determinar los coeficientes de la ecuación (2.26) consiste en seleccionar los valores de a_0 y k que minimicen a la suma del cuadrado de las diferencias entre los valores históricos reales y_i y los valores calculados \bar{y}_i . A este procedimiento se le llama ajuste de mínimos cuadrados. La diferencia entre los valores calculados y los reales se expresa como se muestra en la ecuación (2.28)

$$y_i - \bar{y}_i = y_i - (a_0 + kt_i) \quad (2.28)$$

la suma de los cuadrados de las diferencias entre y_i y \bar{y}_i es:

$$Q = \sum_{i=1}^N (y_i - a_0 - kt_i)^2 \quad (2.29)$$

El ajuste de mínimos cuadrados nos lo dan los valores de a_0 y k que hacen que la ecuación (2.29) adquiera su valor mínimo, es decir, que se cumpla que:

$$\frac{\partial Q}{\partial a_0} = \frac{\partial Q}{\partial k} = 0 \quad (2.30)$$

Dado que en la realidad se contará solamente N número de t y y , la ecuación (2.30) solo estimará los valores de a_0 y k que serán denotados como a y b respectivamente. Sustituyendo a la ecuación (2.29) en la ecuación (2.30) y resolviendo para los valores estimados de a_0 y k , tenemos que:

$$a = \bar{y} - bt \quad \text{ec(2.31)}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N t_i y_i - N\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - N\bar{x}} \quad \text{ec(2.32)}$$

donde:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{ec(2.33)}$$

y

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad \text{ec(2.34)}$$

por lo que nos queda como expresión final la ecuación (2.35), de la cual se calculan los datos para el futuro:

$$\hat{y} = a + bt \quad \text{ec(2.35)}$$

Una vez que se tienen calculados los datos para el futuro, se sustituye la ecuación (2.35) en la ecuación (2.25), la cual muestra un comportamiento no lineal, (exponencial), del valor indicador contra el del tiempo

El comportamiento del error medio cuadrado en función del valor de la saturación puede ser de dos tipos diferentes:

- No se llega a un mínimo en el error medio cuadrado, pero éste disminuye de manera sostenida al aumentar la saturación, como se muestra en la figura 2.7.
- El error medio cuadrado efectivamente tiene un mínimo en función de la saturación, como se muestra en la figura 2.9.

El siguiente es un ejemplo en donde se muestran dos ajustes logísticos, uno para llamadas de larga distancia nacional y otro para llamadas de larga distancia internacional. En el primero (Tablas 2.2, 2.3, 2.4; Figuras 2.6, 2.7) se determinó que el punto de saturación óptimo ocurriría cuando la variación del error cuadrático era menor al 5% entre el valor de saturación dado y otro, con una diferencia de 100,000 llamadas entre ellos. En el segundo (Tablas 2.5, 2.6, 2.7; Figuras 2.8, 2.9), de llamadas de larga distancia internacional, se determinó el punto de saturación donde Q es el menor.

Llamadas de larga distancia nacional

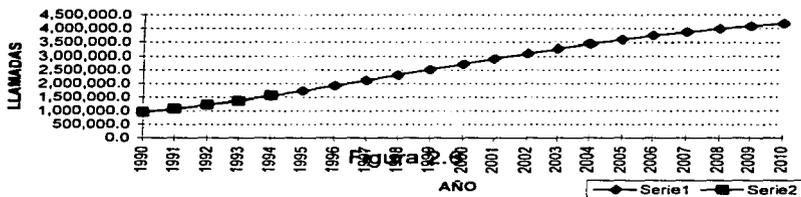
SATURACIÓN	4,750,000
NÚMERO DE DATOS	5
VALOR DE B	0.169
VALOR DE A	-1.568
SUMA DE Y	-5.298
MEDIA DE Y	-1.060
SUMA DE X	15
MEDIA DE X	3
SUMA DE X ²	55
N POR MEDIAS	-15.895
MEDIA DE X ² POR N	45
SUMA DE X POR Y	-14.200
SUMA DE % ERROR	-0.063
SUMA DE % ERROR ²	7.017

Tabla 2.2

AÑO	X	REAL	X ²	Y	X POR Y	A+XB	CALCULADO	% DE ERROR	ERROR ²
1990	1	951048	1	-1.385	-1.38	-1.398	940,761.4	1.082	1.170
1991	2	1,067,840	4	-1.238	-2.48	-1.229	1,075,134.6	-0.683	0.467
1992	3	1,221,290	9	-1.061	-3.18	-1.060	1,222,541.2	-0.102	0.010
1993	4	1,357,999	16	-0.915	-3.66	-0.890	1,382,554.5	-1.808	3.270
1994	5	1,577,140	25	-0.699	-3.50	-0.721	1,554,283.1	1.449	2.100
1995	6					-0.551	1,736,343.7		
1996	7					-0.362	1,926,871.5		
1997	8					-0.213	2,123,574.0		
1998	9					-0.043	2,323,828.0		
1999	10					0.126	2,524,812.5		
2000	11					0.296	2,723,665.6		
2001	12					0.465	2,917,644.9		
2002	13					0.635	3,104,275.0		
2003	14					0.804	3,281,464.0		
2004	15					0.973	3,447,579.8		
2005	16					1.143	3,601,481.8		
2006	17					1.312	3,742,512.3		
2007	18					1.482	3,870,454.4		
2008	19					1.651	3,985,468.1		
2009	20					1.821	4,088,014.4		
2010	21					1.990	4,178,777.6		

Tabla 2.3

TRÁFICO NACIONAL



SATURACION	ERROR
1,600,000	596.687
1,700,000	153.349
1,800,000	84.301
1,900,000	56.915
2,000,000	42.561
2,250,000	25.905
2,500,000	18.741
2,750,000	14.869
3,000,000	12.487
3,250,000	10.894
3,500,000	9.762
3,750,000	8.922
4,000,000	8.277
4,250,000	7.767
4,500,000	7.356
4,750,000	7.017
5,000,000	6.734
5,250,000	6.494
5,500,000	6.289
5,750,000	6.111
6,000,000	5.956
6,250,000	5.819
6,500,000	5.698
6,750,000	5.589
7,000,000	5.492
7,250,000	5.405
7,500,000	5.325

Tabla 2.4

Para encontrar el valor de saturación óptimo se repite este ejercicio con distintos valores de saturación m . El valor óptimo será tal para un valor de m , dado que el de Q sea el menor.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el error cuadrático puede tener dos diferentes comportamientos para distintos valores de m . Uno asintótico como se muestra en la figura 2.7, y otro con una valor mínimo para un valor dado de m (Figura 2.9)

ERROR

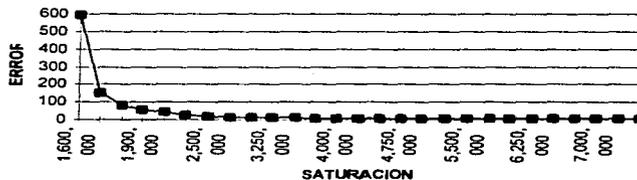


Figura 2.7

Llamadas de larga distancia internacional

MAX	502162.50
N	5
B	0.452
A	-1.148
SUMA DE Y	1.042
MEDIA DE Y	0.208
SUMA DE X	15
MEDIA DE X	3
SUMA DE X ²	55
N POR MEDIAS	3.126
MEDIA DE X ² POR N	45
SUMA DE X POR Y	7.648
SUMA DE % ERROR	-0.733
SUMA DE % ERROR ²	65.861
SATURACIÓN ÓPTIMA	502162.5

Tabla 2.5

AÑO	X	REAL	X ²	Y	X POR Y	A+XB	CALCULADO	% DE ERROR	ERROR ²
1990	1	168,982	1	-0.679	-0.68	-0.696	167,078.7	1.126	1.269
1991	2	209,596	4	-0.334	-0.67	-0.244	220,630.7	-5.265	27.717
1992	3	293,611	9	0.342	1.03	0.208	277,150.2	5.606	31.431
1993	4	323,581	16	0.594	2.38	0.661	331,119.6	-2.330	5.428
1994	5	378,434	25	1.118	5.59	1.113	377,946.0	0.129	0.017
1995	6					1.565	415,315.2		
1996	7					2.017	443,196.2		
1997	8					2.469	462,971.1		
1998	9					2.921	476,498.3		
1999	10					3.374	485,524.3		
2000	11					3.826	491,447.3		
2001	12					4.278	495,291.6		
2002	13					4.730	497,769.0		
2003	14					5.182	499,358.2		
2004	15					5.634	500,374.6		
2005	16					6.086	501,023.5		
2006	17					6.539	501,437.2		
2007	18					6.991	501,700.8		
2008	19					7.443	501,868.6		
2009	20					7.895	501,975.5		
2010	21					8.347	502,043.5		

Tabla 2.6

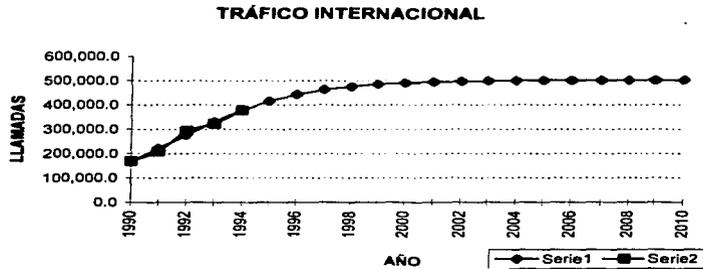


Figura 2.8

SATURACIÓN	ERROR
450,000	77.029
455,000	74.241
460,000	72.036
465,000	70.302
470,000	68.951
475,000	67.915
480,000	67.139
485,000	66.580
490,000	66.200
495,000	65.972
500,000	65.871
501000	65.864
502000	65.861
502100	65.861
502160	65.861
502162	65.861
502162.5	65.861
502162.6	65.861
502175	65.861
502198	65.861
502199	65.861
502200	65.861
510,000	65.973
520,000	66.384
550000	68.714
600000	74.002
700000	84.424
800000	92.847

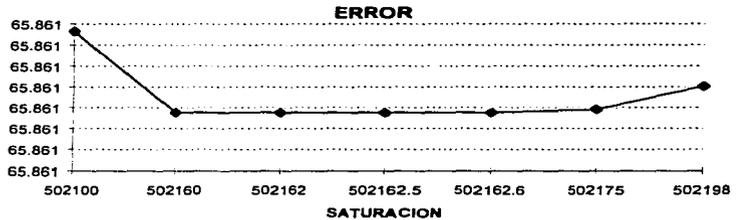


Figura 2.9

Gracias a estas dos técnicas se generarán distintos escenarios, de diferentes indicadores los cuales posteriormente serán confrontados, y de ese análisis se podrá obtener una mejor idea sobre cuáles son los posibles futuros de las telecomunicaciones en México.

2.3. Método Delfos.

Uno de los métodos subjetivos más socorridos es el Delfos (creado por los investigadores americanos Oalf Helmer y Norman Dalkey, a raíz de la Segunda Guerra Mundial Durante el gobierno del presidente Eisenhower) que sería una serie de momentos en los que intervienen expertos para efectuar pronósticos de grupo. No tiene elementos analíticos, pero con juicios subjetivos puede llegar a conclusiones colectivas.

La técnica Delfos se puede caracterizar como un método para estructurar un proceso de comunicación en grupo, de tal manera que el proceso sea efectivo en permitir a un grupo de individuos, de manera colectiva, tratar algún problema complejo.

Al tratar de cumplir con esta comunicación estructurada, el método se realimenta con contribuciones individuales de información y conocimiento, también con oportunidades de los individuos para revisar los distintos puntos de vista del problema, y también tratando de cumplir con cierto grado de anonimato en las respuestas individuales.

Algunas aplicaciones para las cuales se utiliza el Delfos:

- Recopilación de datos actuales e históricos, los cuales no son conocidos o precisos.
- Examinar la significancia de eventos históricos.
- Evaluación de posibles distribuciones de recursos con cierto presupuesto.
- Evaluación de nuevas opciones urbanas y regionales.
- Planeación de planteles universitarios.
- Evaluación de pros y contras de distintas opciones políticas

Para el desarrollo de un Delfos hay que tomar en cuenta las circunstancias particulares que rodean necesariamente el proceso de comunicación del grupo asociado: ¿quién debe comunicar los aspectos sobre el problema, qué mecanismo alternativo es accesible para la comunicación y qué aspectos se pueden obtener con estas alternativas?

El proceso Delfos, en estos días, tiene dos posibles formas distintas. El más común es el modo *papel-lápiz*. Este consiste en que un equipo monitor genera un cuestionario, se le da a un grupo de personas y con base en las respuestas se genera un nuevo cuestionario complementario. Esta forma es una combinación de encuesta y conferencia las cuales tratan el problema en una discusión. A este modo se le llama también *Delfos convencional*.

La otra forma, más nueva que la anterior, es llamada conferencia Delfos donde se sustituye al equipo monitor por una computadora la cual ha sido programada para exponer los resultados de la discusión de grupo. Este método tiene la ventaja de trabajar en tiempo real y no tener el lapso cierto tiempo que el equipo monitor tarda en dar a conocer los resultados. A este modo se le llama *Delfos de tiempo real*.

Usualmente el Delfos, tanto el convencional como el de tiempo real, encierra cuatro distintas fases.

La primera es caracterizada por explorar el tema de discusión, donde cada individuo contribuye con la información individual que crea pertinente para el tema. La segunda fase involucra al proceso de investigación y entendimiento que conforma el punto de vista del grupo sobre el tema. Si hay un desacuerdo significativo, entonces, será discutido en la tercera fase para resaltar las diferentes razones que originan el desacuerdo y tratar de evaluarlas. La última fase es la evaluación final, que ocurre cuando previamente la información recolectada fue analizada y las evaluaciones se realimentan para su consideración.

Un estudio realizado utilizando el método Delfos, es el que se incluye dentro del libro de Kuhlmann, Alonso y Mateos, el cual analiza el futuro de las telecomunicaciones en México. Dentro de los puntos que los expertos mencionaron: "México llegará a tener como máximo en el futuro de muy largo plazo 56 teléfonos por cada 100 habitantes. Dicho indicador llegará a un valor de 22 en el año 2015 y de cuarenta entre los años 2035 y 2040", también que "El teléfono número 30 millones será instalado en 2015".

Algunas de las limitaciones más comunes del método Delfos son:

- Imponer puntos de vista en el equipo monitor sobre el tema de discusión y el no permitir las contribuciones desde otras perspectivas relacionado al problema.
- Asumir que el Delfos puede ser sustituido por cualquier comunicación humana para una situación.
- Técnicas deficientes de caracterización y presentación del problema al grupo responsable.
- Ignorar y no explorar desacuerdos por lo que las opiniones contrarias prefieren callarse y un consenso artificial es generado.

A pesar de que puede ser una fuente de información adicional, dentro de este estudio no será utilizado el método Delfos, ya que se consideró que los elementos con que se contaban para realizar el proyecto eran suficientes para tener una amplia visión del futuro.

3. Diagnóstico del entorno demográfico, económico y en telecomunicaciones.

Una de las complicaciones que surgen al estudiar el futuro de algún tema es que en él actúa directa o indirectamente una gran variedad de factores. Desgraciadamente es imposible tomar en cuenta todas las variables que entran en un sistema, y al tratar de simplificar el modelo se puede caer en el error de crear un entorno falso o incompleto para el sistema, a tal grado que se puede llegar a resultados incorrectos o insignificantes sobre el futuro del tema en cuestión.

Una manera de minimizar el error que se genera al modelar algún sistema es dividirlo en módulos, los cuales son más fáciles de analizar y manejar que el sistema en su conjunto. Para hacer esto hay que tomar en cuenta distintos criterios, como saber cuántas variables y elementos entran dentro de la descripción de un problema, cuáles son las variables comunes para los distintos módulos y cómo es la relación entre ellos, partiendo del conocimiento de lo que se desea modelar.

Para el estudio de las telecomunicaciones en México, primero se hará un recuento sobre cómo han evolucionado tres distintos elementos que influyen directamente en éstas. El entorno económico, el demográfico y la evolución de la telefonía.

Es claro que dentro de las telecomunicaciones hay más elementos que los antes mencionados, como el entorno político, el desarrollo de otras tecnologías además de la telefonía, la relación de México con otros países, etcétera. Hacer un análisis cuantitativo de estas variables sería muy complicado; sin embargo, dentro de los escenarios alternativos se mencionan como elementos que influyen directamente en la evolución de las telecomunicaciones; por ejemplo, de qué manera influye la nueva ley de telecomunicaciones en el desarrollo de éstas, o cómo afecta la interconexión de la red telefónica con otras de distintos servicios, como las de televisión por cable o las de telefonía celular.

3.1. Entorno demográfico

La tasa de crecimiento anual de la población en México, de 1950 a 1970, fue del 3.18 %, lo cual hizo que en treinta años la población prácticamente se duplicara y pasara de 25.79 a 48.23 millones de habitantes. Por el mismo crecimiento demográfico acelerado, la población que se encontraba entre los 0 y 10 años y entre 15 y 30 años de edad abarcaba, cada una, aproximadamente el 30% del total de personas en el país. Con esta distribución de edades, el gobierno tuvo que invertir recursos en escuelas primarias, guarderías e infraestructura que serían aprovechadas por la población predominantemente infantil.

A partir de los años setenta, se realizó una intensa campaña de planificación familiar, con la cual se logró reducir la tasa anual de crecimiento anual a 2.64%. Aunque todavía es alta esta cifra, se logró reducir el número de nacimientos cada año, por lo que la población infantil se redujo con respecto a la de adultos jóvenes.

Algunos elementos adicionales que afectan el desarrollo del escenario demográfico en el país son la migración, el SIDA y la educación. Con respecto a la migración, el

problema económico ha originado que una parte considerable de la población emigre hacia los Estados Unidos o las zonas urbanas. Como se muestra en las figuras de la (3.8), la población urbana, ha crecido con respecto a la rural.

En cuanto al SIDA, aunque todavía sus efectos no son considerables con respecto a la población total, éste se extiende en la población productiva y sexualmente activa, por lo que la sociedad ha tenido que desarrollar campañas de prevención ya que el índice de contagio puede crecer de forma exponencial.

La educación incide en las variaciones del crecimiento demográfico de tal forma que entre mejor informada y formada esté la población en cuanto a métodos anticonceptivos, los índices de crecimiento disminuyen, el resultado se aprecia en las décadas de los setenta y ochenta.

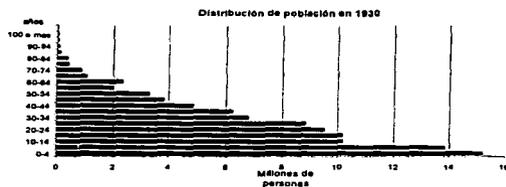


Figura 3.1

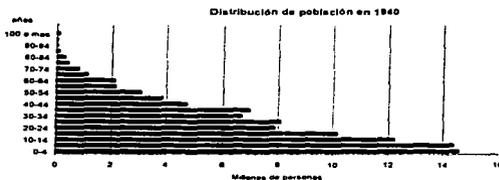


Figura 3.2



Figura 3.3

3. Diagnóstico del entorno demográfico, económico y de las telecomunicaciones

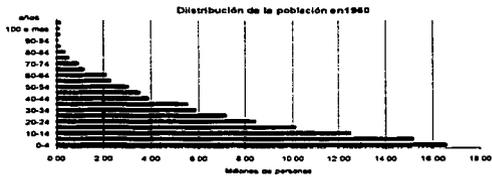


Figura 3.4

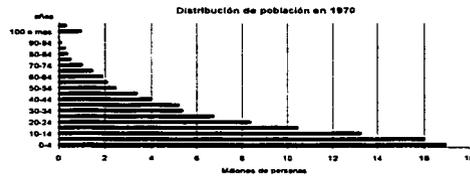


Figura 3.5

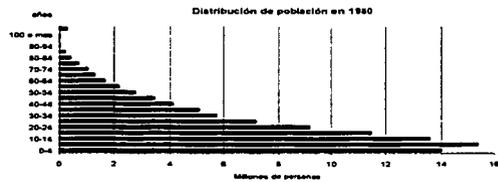


Figura 3.6

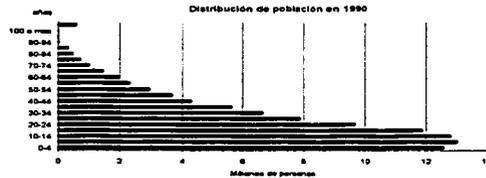


Figura 3.7

En la actualidad, la población entre 0 y 10 años de edad representa el 24% del total, mientras que el grupo que incluye las edades entre 15 y 30 años representa el 30% del total. Con estos datos, queda claro que el gobierno tiene que estimular la creación de nuevos empleos, además de incrementar los servicios, como energía, comunicaciones, vivienda, educación media y media superior, ya que año con año un número considerable de personas se incorporan a la población económicamente activa del país, que requerirá dichos servicios.

Otro aspecto importante de mencionar es que la tasa anual de crecimiento ha disminuido, por lo que la tendencia es que la población entre los 15 y 30 años de edad, y muy probablemente, seguirá representando un gran porcentaje de la población total en el futuro.

Por otro lado, la migración de la población rural (debido a que cada vez son menos las oportunidades en estas zonas) hacia las áreas urbanas y los Estados Unidos hace que la relación de población rural con respecto al total se vea reducida, por lo que el problema de miseria en las ciudades es más grave que hace algunos años; asimismo, los problemas entre los gobiernos de Estados Unidos y México a causa de los inmigrantes ilegales, con el paso del tiempo, se vuelven más complicados por el endurecimiento de las leyes estadounidenses.

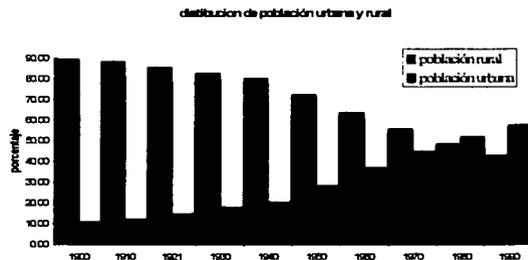


Figura 3.8

3.2. Diagnóstico del entorno económico.

En las décadas de los sesenta y setenta se dieron en México crecimientos anuales del producto interno bruto del 6.5% en promedio. Esto fue a causa del alza en los precios del petróleo. El gobierno mexicano, al ver que se contaba con esa gran cantidad de recursos económicos, pidió préstamos a instituciones internacionales para financiar el crecimiento en infraestructura que el país requería.

Al principio de la década de los ochenta, el precio del petróleo bajó de manera considerable y las tasas de interés sufrieron una gran alza. Desgraciadamente, las exportaciones petroleras de país abarcaban dos terceras partes del total. Es decir, además de que la economía nacional se sostenía en la riqueza que pudiera generar un solo insumo, la generación de productos con valor agregado era muy poca, por lo que al faltar las divisas en México no había manera de financiar el fortalecimiento de los sectores secundario y terciario de la economía nacional.

Esta situación originó que el pago por el servicio de la deuda representara 75% de los ingresos totales de divisas del país por concepto de sus exportaciones, que la inflación alcanzara cifras del 150% anual, y que la caída en la tasa de crecimiento del producto interno bruto llegara hasta el 1.5% anual.

Algunas de las medidas que adoptó el gobierno para solucionar la falta de divisas que servirían para pagar las importaciones de insumos necesarios para la planta productiva del país, fue suprimir las importaciones de bienes de consumo final cerrando las fronteras para ese tipo de mercancías, la privatización o liquidación de las empresas paraestatales, la reducción o supresión de subsidios y la reducción del gasto público, particularmente el destinado a la inversión.

Para solucionar el pago por concepto de la deuda externa, 1988 se concluyó con éxito una negociación, la cual redujo considerablemente el monto total.

Entre 1988 y finales de 1994 se sostenía que el producto interno bruto crecía a un ritmo más acelerado que el incremento de la deuda externa el cual fue entre el 20 y 25%. Esto se podía decir si se toma en cuenta que el peso se mantenía sobrevaluado y, al hacer la conversión a dólares el producto interno bruto o la deuda a pesos, las cuentas aparecían como si estuvieran sanas. Esta situación no fue problema durante algún tiempo, ya que el gobierno emitió bonos en el extranjero (deuda de corto plazo) que se pagaban en dólares y con un interés muy atractivo, por lo que se logró que el flujo de capitales aumentara considerablemente y las reservas en dólares del Banco de México llegaran a sus niveles históricos más altos.

Con la entrada de México al GATT (hoy Organización Mundial de Comercio O.M.C.) la planta productiva nacional se vio en la necesidad de llegar a los estándares de calidad y competitividad internacionales, o cerrar. Como producto de la apertura de las fronteras, la importación de productos (principalmente de consumo final) se incrementó de manera inprecedente. Esto, aunado a una sobrevaluación del peso, hacía que los insumos del extranjero fueran considerablemente más baratos que los de procedencia nacional.

Con esta situación, las empresas que no cerraron consiguieron financiamiento tanto en el extranjero como de instituciones privadas nacionales para elevar su productividad. Esto fue impulsado por la desincorporación del gobierno de empresas que no fueran estratégicas para el país. Dichos créditos se consiguieron en dólares, con el valor sobrevaluado del peso o con intereses muy bajos, regidos por la tasa de interés de los certificados de la tesorería (CETES).

Durante 1994, el gobierno no pudo colocar sus bonos en el mercado internacional, a causa de la inestabilidad política que generaron los asesinatos del candidato del partido oficial, Luis Donaldo Colosio, y del secretario general del PRI, José Francisco Ruiz Massieu; además del levantamiento armado en el estado de Chiapas. Esto provocó que el gobierno se viera en la necesidad de pagar su deuda en Tesobonos de la emisión anterior, sin haber colocado los de la siguiente. asimismo al tener un saldo negativo en la balanza comercial, se tuvieron que utilizar los dólares de la reserva del Banco de México para poder cubrir la diferencia.

La situación originó una devaluación que desde diciembre de 1994 a diciembre de 1995 fue de más del 120%, con una pérdida del producto interno bruto en 1995 del 6% y los intereses pagados por los CETES pasaron de un 17% a un 60%

Para dar solución al pago del vencimiento de Tesobonos, el gobierno de Estados Unidos y el Fondo Monetario Internacional apoyaron al gobierno mexicano con un préstamo de 40 mil millones de dólares. Una vez saldada la deuda de los Tesobonos, el gobierno de México colocó deudas de largo plazo en los mercados internacionales, con lo que se recapitalizó y pagó el préstamo que el presidente de los Estados Unidos hizo a nuestro país; de este modo se cambió esa deuda de corto plazo y cara, por otra de largo plazo mas barata.

Éste es un momento difícil para la economía del país, se trata de reactivar la actividad productiva por medio de incentivos fiscales para las empresas, que a su vez repercutirán en generar más empleos, que la población requiere cada año. El problema para las empresas es que la mayoría están recortando personal o cerrando, más que contratar gente, y la población en general tiene una deuda (hipotecas, financiamiento para casa o coche, financiamiento para empresas, tarjetas de crédito, etcétera.) la cual contrajo a un interés muy bajo, que con la crisis se incrementó, por lo que la deudas con los bancos, en general, son prácticamente impagables en la situación actual, dado el desempleo y la falta de liquidez. Esto afecta directamente a los bancos, que ahora buscan una recapitalización con instituciones del extranjero para compensar el incremento de la cartera vencida.

La crisis impactó todos los ámbitos del sector productivo, por lo que el crecimiento de las telecomunicaciones no es tan acelerado como se desearía, algunas empresas que se disponían a dar servicio de larga distancia, se tuvieron que fusionar con otras o desaparecer, y las demas tendrán que esperar algún tiempo para comenzar a dar el servicio de telefonía local, lo cual puede afectar la meta de 20 líneas telefónicas por cada 100 habitantes para el año 2000.

3.3. Evolución histórica de la telefonía.

Al hacer un análisis de la situación de la telefonía en México, habría que determinar cuáles indicadores deben ser tomados en cuenta para tener una visión cercana a la realidad. Aunque ya hablamos de los entornos demográfico y económico, debemos ligarlos a la telefonía, de tal manera que podamos ver como se comporta esta última en función de los otros entornos.

Los indicadores seleccionados dentro de este estudio son la densidad telefónica (número de teléfonos por cada 100 habitantes), que en algunos casos sirve para saber el grado de desarrollo de un país, la relación que hay entre el costo del servicio telefónico y el del salario mínimo, también el número total de líneas telefónicas en el país así como las comerciales y residenciales. El número de líneas celulares también nos servirá, ya que esta tecnología ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, con un gran impacto en la telefonía rural, la cual será de igual manera utilizada como indicador. La digitalización de la red telefónica es otro indicador, el cual nos ayuda a saber que tan moderna es esta, además de que se incluyen las solicitudes pendientes y las nuevas de cada año, que nos muestran cual será el crecimiento a corto plazo de la principal red de telecomunicaciones del país.

La historia de la telefonía en México ha tenido eventos importantes, como la fusión de Ericson y Telmex en 1953 donde el crecimiento anual de Telmex en ese año sobrepasó el 30%, como se muestra en la tabla (3.1); asimismo el cambio en su título de concesión en diciembre de 1990, el cual marca la fecha de la privatización de Teléfonos de México.

Este mismo crecimiento anual, debido al gran flujo de capital así como a la explosión demográfica durante los años sesenta y setenta, fue superior al 10%. A diferencia de la década de los años ochenta, donde la empresa casi no creció por la crisis económica, además de que se tuvo que reconstruir mucha de la infraestructura que fue destruida por el sismo de 1985.

ANO	% DE CAMBIO DEL TOTAL DE LINEAS	ANO	% DE CAMBIO DEL TOTAL DE LINEAS
1941	1.73	1970	13.41
1942	4.79	1971	13.88
1943	6.47	1972	14.13
1944	5.12	1973	13.46
1945	5.18	1974	14.59
1946	4.75	1975	14.75
1947	4.68	1976	12.53
1948	6.54	1977	12.56
1949	10.06	1978	11.22
1950	10.02	1979	8.11
1951	17.20	1980	8.30
1952	33.98	1981	8.99
1953	4.09	1982	5.69
1954	3.21	1983	6.17
1955	1.76	1984	5.40
1956	4.00	1985	5.82
1959	6.63	1986	5.20
1960	7.15	1987	5.53
1961	6.70	1988	6.94
1962	6.91	1989	10.35
1965	10.94	1990	10.36
1966	11.66	1991	12.56
1967	11.39	1992	12.05
1968	11.47	1993	12.65
1969	12.33	1994	13.3
		1995	4.5

Tabla 3.1
% de incremento en el número de líneas

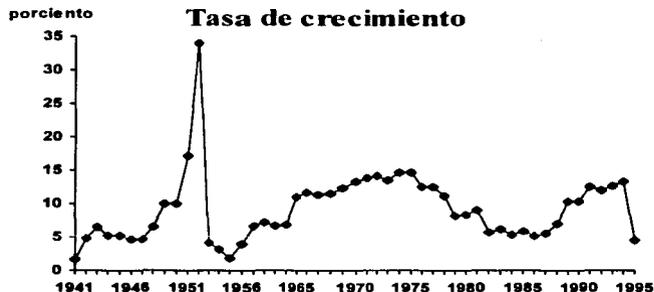


Figura 3.9

A finales de la década de los ochenta, el gobierno ante la disyuntiva de tener que tomar una mayor parte del presupuesto para el financiamiento de la empresa, o privatizarla para incrementar y mejorar el servicio, se decidió por la segunda opción, pensando en que se desharía de la carga financiera de la empresa, y que esos recursos podrían ser utilizados en programas de beneficio social; además, el gobierno no tenía el capital para desarrollar la red de servicios integrados, por lo que Telmex quedaría considerablemente rezagada tecnológicamente, no pudiendo dar los servicios que la población requeriría en un futuro de muy corto plazo.

A partir del momento en que Telmex es privatizado, en diciembre de 1990, a los nuevos dueños les concedieron seis años en que podrían tener el monopolio del servicio de larga distancia, pero no en la telefonía local o básica. Así la empresa se comprometía a tener un crecimiento sostenido de 12% anual hasta 1994, cifra que fue lograda como se muestra en la figura (3.9) y en la tabla (3.1).

Al cumplir la empresa con este requerimiento, se acortó en gran medida el rezago que había en cuanto a demanda del servicio por parte de la población y, como se muestra en las figuras (3.10) y (3.11), se redujo el número de solicitudes pendientes de 1,009,742¹ o 1,036,371² en 1990, a 250,000 solicitudes pendientes en 1993.

¹ Fuente: Telmex

² Fuente: I.T.U.

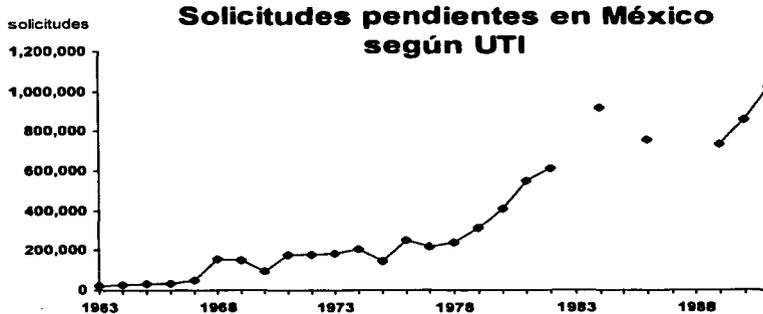


Figura 3.10

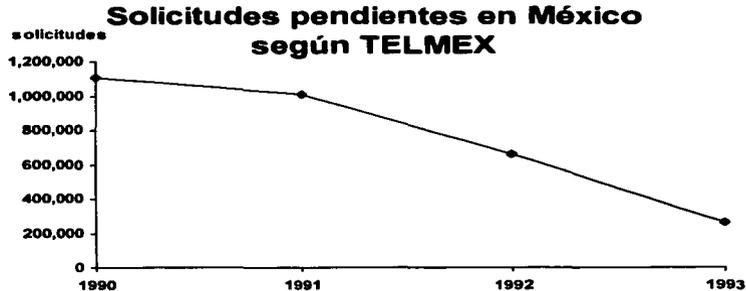


Figura 3.11

También la empresa con la nueva administración, comenzó a cambiar su red de cable por fibra óptica, con lo cual queda la puerta abierta para un mayor número de servicios de valor agregado, por donde se entraría de lleno a la red digital de servicios integrados, en que se pueden transmitir voz, datos, video, etcétera.

AÑO	LÍNEAS
1990	8,930
1991	22,321
1992	56,471
1993	76,580

Tabla 3.2

Número de líneas RDI

Otra meta que la empresa se puso fue la mayor participación del sector rural en el servicio telefónico; a finales de 1996, en todo el país había 9,500 localidades con menos de 500 personas con servicio telefónico, además de que todas las poblaciones con más de 500 personas tienen servicio telefónico.

Localidades rurales atendidas

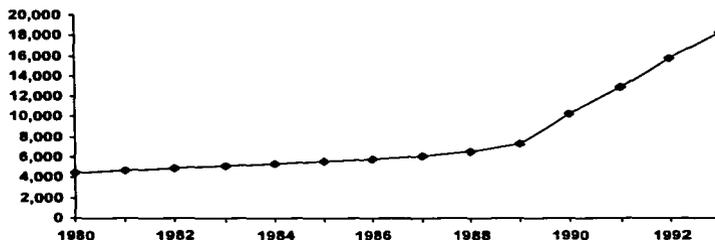


Figura 3.12

El gobierno también otorgó diez concesiones para dar el servicio de telefonía celular, la cual en 1990 tenía 64 mil suscriptores y para 1994 ya había 572 mil abonados como se muestra en la tabla (3.3). Este servicio telefónico en otros países queda como complementario a la sombra de la telefonía básica; en México, sin embargo, se ha utilizado como un servicio alternativo dado que Telmex no tiene la posibilidad de abarcar a mucha gente.

AÑO	# de líneas (miles de líneas)
1990	64
1991	160
1992	313
1993	386
1994	572

Tabla 3.3

Número de líneas celulares ³

En cuanto a Telmex, a partir de su venta ha reducido personal, pasando de 1990 a 1995 de 49,912 a 48,810 personas, respectivamente. Sin embargo, la empresa no ha dejado de invertir, pues tiene ciertas metas que cumplir, de otro modo el gobierno le retiraría la concesión del servicio; además, cada año, por el mismo crecimiento de la población, se va generando una nueva demanda, como se muestra en la siguiente figura (3.13). Por lo que en 1991 Teléfonos de México invirtió 4,646 millones de nuevos pesos (con un valor constante de 1990).

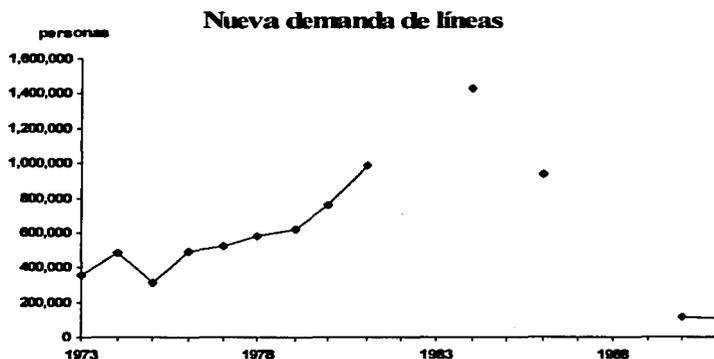


Figura 3.13

En cuanto a la densidad telefónica en el país, para diciembre de 1994 era de 9.60 teléfonos por cada 100 habitantes, como se muestra en la tabla (3.4); este dato contrasta con el de 4.92 líneas por cada 100 habitantes que se tenían en 1987, por

³ Fuente: SCT

lo que la privatización vino a dar servicio a una mayor parte de la población; esto se puede apreciar en la manera en que ha disminuido el indicador de nuevas solicitudes, como se muestra en la figura (3.13)

AÑO	DENSIDAD	AÑO	DENSIDAD
1979	3.75	1987	4.92
1980	3.95	1989	5.90
1981	4.71	1990	6.60
1982	4.25	1991	7.20
1983	4.39	1992	7.90
1984	4.47	1993	8.80
1986	4.81	1994	9.60

Tabla 3.4

Densidad telefónica (líneas/100 habitantes)⁴

Aunque ya se mencionó que la telefonía rural ha tenido un crecimiento importante a raíz de la privatización, hay otra división de sectores en las líneas telefónicas. Ésta es la de líneas comerciales y residenciales; aunque en los años cuarenta los porcentajes eran casi mitad y mitad, en la actualidad las líneas residenciales son aproximadamente tres veces más que las comerciales, como se muestra en la figura (3.14).

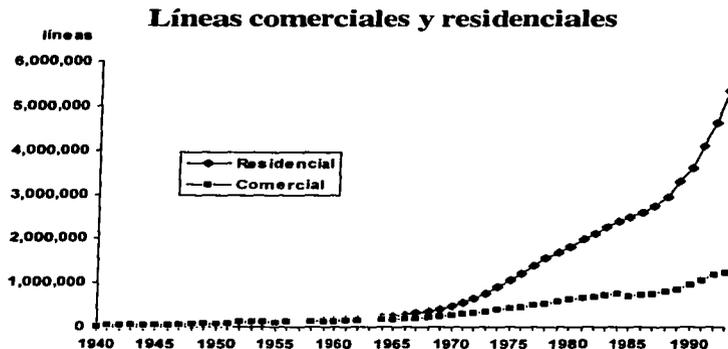


Figura 3.14

⁴ Fuente: SCT

También se puede mencionar que las rentas mensuales del servicio se ha incrementado considerablemente, ya que desde 1988 la rentas comerciales y residenciales representaban el 4.78% y 2.75% del salario mínimo, respectivamente; y en 1993 subieron hasta 15.82% y el 6.91% del mismo. Esto se debe a que al ser privatizada la empresa, se le retiró el subsidio al servicio local. Estas cifras se muestran de manera más amplia en la tabla (3.5)

AÑO	RESIDENCIAL	COMERCIAL
1988	2.75	4.78
1989	2.18	5.69
1990	3.11	8.71
1991	3.22	8.97
1992	5.81	14.88
1993	6.91	15.82

Tabla 3.5

Renta mensual como % del salario mínimo

La red telefónica nacional tiene la infraestructura de telecomunicaciones más importante en el país, tanto por el número de abonados como por su cobertura. En los últimos años ha sufrido grandes transformaciones, dentro de ellas se encuentra la digitalización, mediante la cual se le pueden desarrollar servicios de valor agregado, como trasmisión de video, voz y datos a grandes velocidades, así como su incremento en la cobertura nacional.

El nuevo entorno que se generó a partir de la publicación de la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones ha permitido que otras redes se interconecten a la red de Telmex, como las de larga distancia de las nuevas compañías que darán este servicio.

Con esta información se puede apreciar cuáles son las carencias y las metas a las que se pueden llegar en el mediano y largo plazos.

4. Futuros de la demografía, economía y telecomunicaciones.

En este capítulo se construirán cuatro escenarios para cada entorno. Los primeros tres serán construidos a partir de un ajuste logístico de los indicadores seleccionados, y estarán dados de la siguiente manera: al óptimo se llega cuando el error medio cuadrático entre la serie histórica y la calculada es el mínimo; el escenario pesimista se da cuando el valor del punto de saturación es inferior al punto de saturación óptimo; en el optimista el valor de su punto de saturación es superior al punto de saturación óptimo. Estos valores de los puntos de saturación optimista y pesimista se determinan desde un principio como un 10% o un 20% con respecto al punto óptimo. Sin embargo, estos valores podrán cambiar si dentro del estudio tendrán un comportamiento especialmente optimista o pesimista en el futuro. El cuarto escenario se genera a partir de las tasas de crecimiento del indicador, de las cuales se determina el espectro en frecuencia y se reconstruye la serie de la tasa de crecimiento con las componentes de frecuencia más importantes, extrapolando hacia el futuro. Con estas tasas de crecimiento futuras podemos construir valores futuros con base en la serie histórica original.

4.1.- Futuros de la demografía

Para hablar del futuro de la población plantearemos en primer término, cuáles son los posibles escenarios que se pueden obtener a través de los ajustes logísticos para la población nacional total.

Para la población nacional el punto de saturación óptimo fue de 178.7 millones de personas, se propusieron valores de saturación de 150 y 200 millones de personas para el escenario optimista y pesimista, respectivamente, los cuales representan una diferencia de 20% con respecto al valor óptimo, tabla (4.1).

Para obtener la tasa anual de crecimiento futura, a partir de las series proyectadas, simplemente se calcula su crecimiento porcentual año con año; los resultados se muestran en la tabla (4.2)

Año	Puntos de saturación (en millones)		
	PS=150	PS=178.7	PS=200
2000	97.6	100.5	102.1
2005	104.9	109.4	111.9
2010	111.6	117.9	121.4

Tabla 4.1

Población calculada con distintos puntos de saturación (millones)

Año	Puntos de saturación en millones		
	PS=150	PS=178.7	PS=200
1995 - 2000	1.66	1.83	2.03
2000 - 2005	1.39	1.73	1.97
2005 - 2010	1.26	1.42	1.66

Tabla 4.2
Tasas anuales de crecimiento¹

Otro escenario es el generado a partir de la periodicidad del indicador. En este caso se obtuvo la tasa de cambio de la población por década basada en los censos. A esta serie se le aplicó la Transformada de Fourier y se le reconstruyó hasta el año 2010, planteando dos posibles escenarios: uno reconstruido con las dos principales armónicas y el segundo con las cuatro principales armónicas. Los resultados se observan en las figuras 4.1 y 4.2, que son la tasa de crecimiento y su espectro en frecuencia, y en la tabla 4.3, que es la población en el futuro.

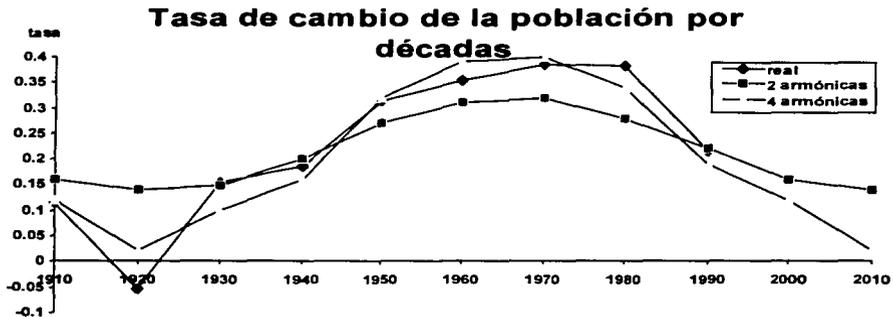


Figura 4.1

¹ cálculo de la tasa de crecimiento anual, a partir de las tasas de crecimiento quinquenales dividida entre cinco



Figura 4.2

Año	2 armónicas	4 armónicas
2000	94.24	91.00
2010	107.44	92.82

Tabla 4.3

Escenario de población basado en análisis de Fourier (millones)

Ya con los datos y las gráficas podemos llegar a ciertas conclusiones. La diferencia entre los ajustes logísticos y el análisis de Fourier es considerable, ya que como se observa en la figura 4.1, el análisis de Fourier supone una tasa de crecimiento mucho menor para los próximos años. Aunque, si tomamos en cuenta el resultado del cálculo del indicador con las dos principales armónicas, de todas maneras se puede ver que la población llegará a 107 millones de personas. Por otra parte, el escenario de 92 millones de personas para el año 2010 es imposible, ya que se cuenta con esa población en la actualidad.

Tomando en cuenta los ajustes logísticos y el análisis de Fourier, la tasa de crecimiento de la población en los próximos 15 años sufrirá una reducción. Aunque esta reducción en el indicador se viene dando desde hace varios años, la población se sigue incrementando y el gobierno tendrá que desarrollar medidas pertinentes para darle los distintos servicios a la gente que los requiera. Esto incluye al sector de las telecomunicaciones, por lo que se deberán desarrollar políticas que ayuden a un crecimiento acelerado de este rubro.

Población nacional

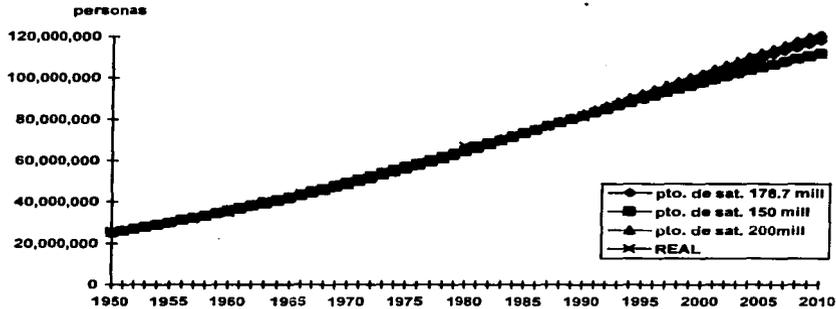


Figura 4.3

La figura 4.4 nos muestra que entre el año 2000 y 2010 la mitad de la población se encontrará entre los 5 y los 25 años. Esto nos lleva a pensar que para la primera década del próximo siglo se incorporarán a la fuerza productiva del país aproximadamente 20 millones de personas.

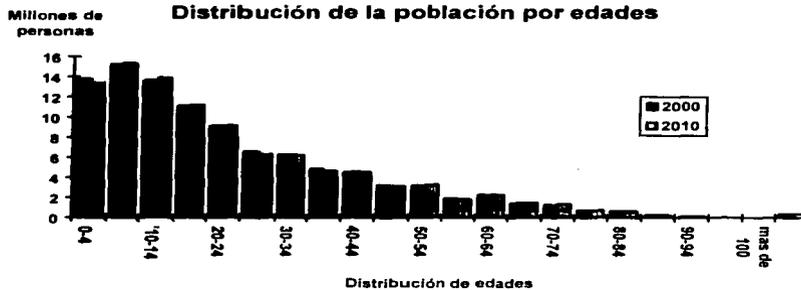


Figura 4.4

Esta situación nos lleva a pensar también que se requerirá de un crecimiento acelerado del sector comunicaciones, ya que en el futuro de mediano plazo habrá más gente que solicitará el servicio telefónico, para su hogar o su trabajo, por lo que si el crecimiento no se da rápido, se podría llegar a tener un problema con el número de personas que no tengan acceso al servicio.

Además del crecimiento de la población, habría que tomar en cuenta su distribución geográfica. En la época actual, un 60% de la población vive en ciudades de más de 50,000 habitantes y para el año 2010, según la proyección de la figura (4.5), esta cifra será del 86.63%. Este escenario nos muestra que en un futuro se tendrán que incrementar de manera considerable los servicios en las ciudades.

Otro factor importante que influye en el crecimiento de la población es la migración; como se mencionó anteriormente, dentro de 15 años, si las tendencias permanecen, una gran parte de la gente que vive en el campo emigrará a las ciudades, por lo que la mayor parte de la población vivirá en las zonas urbanas del país. Esto tiene que ver con las oportunidades de desarrollo que haya en el campo; si éstas mejoraran a corto plazo, la tendencia del crecimiento de la población urbana decrecería.

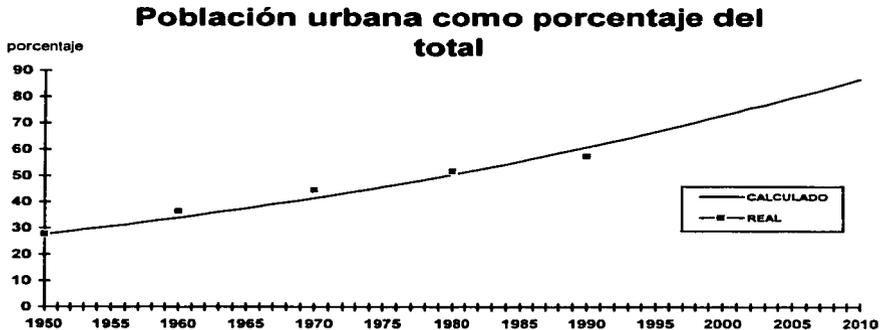


Figura 4.5

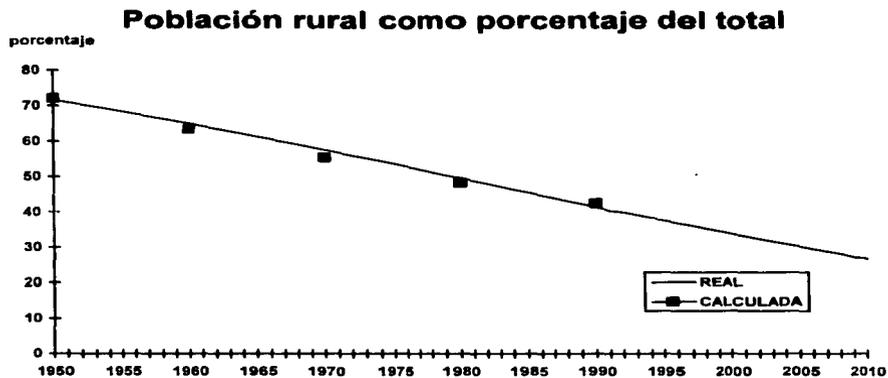


Figura 4.6

4.2. Futuros del entorno económico.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el entorno económico es un factor importante en el desarrollo de las telecomunicaciones, ya que dependiendo de las posibilidades económicas del país, el desarrollo en las telecomunicaciones tomará los distintos rumbos posibles.

También como ya se explicó, el país se encuentra en una situación económica especialmente difícil, por lo que es muy probable que se requiera de más tiempo para llegar a las metas trazadas, como una inflación de un dígito, o una estabilidad en el tipo de cambio del peso con respecto al dólar.

Para poder apreciar los crecimientos o los decrementos en el PIB como reales, tomamos el valor del dinero como constante a través del tiempo. Por lo que en este estudio se decidió que todos los valores anuales del producto interno bruto fueran en pesos de 1990.

En este análisis se plantearán varios escenarios para el producto interno bruto, como de su serie histórica se tiene registro desde 1895, se plantearán dos escenarios óptimos (donde el error medio cuadrático entre la serie histórica y la calculada es el menor): uno tomando en cuenta la serie histórica completa y otro donde se eliminan los datos desde 1895 hasta 1935 de manera que solo se tomara en cuenta la evolución del indicador de 1936 a la fecha, lo cual origina que la proyección hacia el futuro sea diferente.

Como se puede apreciar en las tablas 4.4 y 4.5, por medio de los ajustes logísticos se generan los distintos escenarios, donde el de punto de saturación de 7.381 millones de millones de pesos de 1990 es desde el cual se toman en cuenta todos los datos históricos de 1895 a 1992, y los otros tres solamente utilizan datos a partir de 1935.

Como se observa en las tablas 4.4 y 4.5 y en la figura 4.7, los ajustes logísticos muestran una tendencia creciente en el producto interno bruto, por lo que el ajuste con punto de saturación 7,381,656 millones de pesos da un escenario con un crecimiento sostenido de 3.5% anual, a comparación del ajuste con saturación de 1.327, el cual muestra que cada vez será menor el crecimiento de la economía nacional; esto tomando en cuenta que se eliminaron los datos anteriores a 1935.

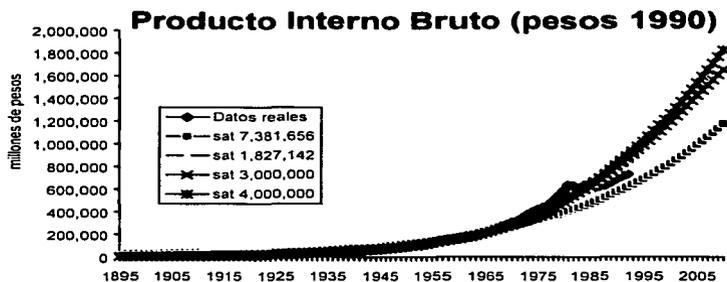


Figura 4.7

Ajuste logístico del PIB				
Año	sat = 7.381	sat = 1.327	sat = 3.00	sat = 4.00
2000	0.825	1.055	1.198	1.263
2005	0.986	1.195	1.424	1.535
2010	1.173	1.323	1.653	1.826

Tabla 4.4

Producto interno bruto (millones de de millones pesos de 1990)

Proyecciones de la tasa de crecimiento del PIB				
Año	sat = 7.381	sat = 1.327	sat = 3.00	sat = 4.00
1995	3.76	3.39	4.23	4.59
2000	3.68	2.84	3.79	4.22
2005	3.59	2.32	3.31	3.8
2010	3.49	1.86	2.83	3.35

Tabla 4.5

La suposición de que la economía nacional crecerá año con año y que su tasa de cambio se mantendrá con una misma tendencia, es un escenario poco probable, dado que el producto interno bruto no creció 3.5% en 1995 como se esperaba, sino que hubo un decremento con respecto al año anterior de aproximadamente el 2%. Con base en que un decremento sostenido durante varios años también es un escenario poco probable, se puede suponer que la economía se comporta de manera periódica, por lo que en este caso podemos utilizar las componentes en frecuencia más significativas de la tasa de cambio del producto interno bruto, y construir un escenario alternativo para la economía nacional.

En este escenario, con base en los datos de la tabla 4.6, se puede pensar que el país entrará en un periodo de bajo crecimiento o de decrecimiento durante algún tiempo (aproximadamente 5 años), pero en un futuro de mediano plazo dentro de 10 o 15 años, se logrará tener de nuevo un crecimiento sostenido con tasas de 3% o 4%

Análisis de Fourier de la tasa de crecimiento del PIB		
Año	2 Armónicas	4 Armónicas
1995	3.02	1.38
2000	2.99	1.88
2005	3.22	2.74
2010	3.67	3.7

Tabla 4.6

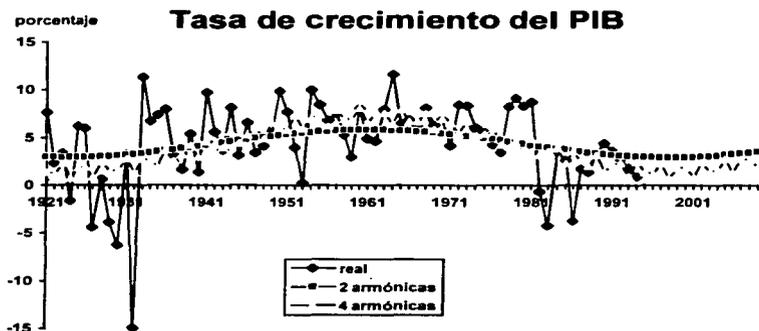


Figura 4.8

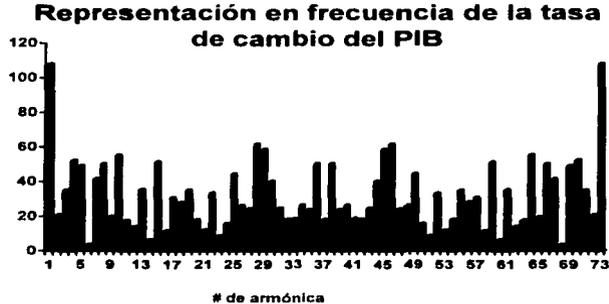


Figura 4.9

Hay elementos que nos podrían hacer pensar en un futuro un tanto diferente, si las políticas económicas en el país no cambian drásticamente. Según el censo de 1990 la distribución de la riqueza en el país es la siguiente: una tercera parte de la población ocupada tenía ingresos de un salario mínimo o menos, y dos terceras partes de ella recibía dos salarios mínimos o menos. Con todo esto habría que tomar en cuenta el desempleo, el subempleo y el crecimiento de la economía informal. El modelo económico actual tiene características que privilegian al capital y propician la concentración de riqueza.

Un escenario para el entorno económico es que dado el nivel de desempleo y de concentración de la riqueza, durante la primera década del siguiente siglo, se podría generar un movimiento armado; lo que haría que la economía del país se contrajera durante un periodo prolongado.

Este escenario no es estrictamente necesario, ya que un escenario probable, es que aunque haya una gran diferencia entre los que tienen más y menos dinero, si la economía mantiene un crecimiento sostenido, el sector de la sociedad de escasos recursos también podría ver elevados sus ingresos.

Si observamos la tabla 4.7, donde se muestra la evolución de la renta telefónica comercial y residencial mensual del segundo anillo de la división metropolitana como porcentaje del salario mínimo mensual, podemos apreciar que cada vez representa más la renta como parte del salario mínimo; por lo que de seguir esta tendencia, el mercado de usuarios de líneas telefónicas, en un mediano plazo, podría comenzar a reducirse, tomando en cuenta que la renta residencial en seis años se incrementó 11 puntos porcentuales. Donde RR es la renta residencial, RC la renta comercial y SM el salario mínimo mensual.

Año	RR/SM	RC/SM
1988	2.75	4.78
1989	2.18	5.69
1990	3.11	8.71
1991	3.22	8.97
1992	5.81	14.88
1993	6.91	15.22

Tabla 4.7

Renta del servicio telefónico como % del salario mínimo mensual

De seguir esta tendencia, el mercado de las telecomunicaciones podría crecer a un ritmo menos acelerado de lo que se esperaba en el país; aunque dentro del entorno mundial este sector sea muy atractivo por las ganancias económicas que genera cada año.

Con la publicación de la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones se establece un nuevo entorno de competencia en el sector. Esto generará que los costos para el usuario final se reduzcan, por lo que es probable que la tendencia mostrada en la tabla 4.7 cambie, y la relación entre salario mínimo y costo del servicio telefónico ya no crezca más, o se reduzca en el mejor de los casos.

Sin embargo, es posible que la creación de nuevas empresas no sea un proceso tan acelerado como se pensaba a principios de la década de los noventa, debido a la inestabilidad económica del país.

4.3. Futuro de las telecomunicaciones.

Para hablar sobre las telecomunicaciones en México sería importante comenzar por la densidad telefónica (las líneas instaladas por cada 100 habitantes). Este indicador en muchos casos es tomado en cuenta para medir el grado de desarrollo de un país; además, nos proporciona información acerca de como ha crecido la infraestructura telefónica con respecto a la población, que finalmente es usuaria de la red telefónica y si tiene este un mayor crecimiento que la cantidad de líneas, la densidad descendería.

En los últimos seis años la densidad telefónica ha tenido incrementos importantes. La tabla 4.8 muestra cómo ha cambiado este indicador. Estas aproximaciones se han calculado a partir de los indicadores demográficos y los datos proporcionados por TELMEX. El cambio en el crecimiento se podría atribuir a la venta de la empresa; aunque en gran medida esto es cierto, la política del gobierno era que la infraestructura telefónica del país tendría que crecer a un ritmo más acelerado; al tomar en cuenta que para lograr este objetivo tendrían que utilizar recursos que servirían en otro tipo de acciones sociales, el gobierno decidió venderla.

Periodo	incremento
1981-1984	-5%
1984-1987	10%
1987-1990	29.67%
1990-1993	36.36%

Tabla 4.8
Incremento en densidades telefónicas

La figura 4.10 representa un ajuste logístico de la densidad telefónica en el país, con un punto de saturación óptimo de 117.71 líneas por cada 100 habitantes; hay que recordar que el punto de saturación óptimo cumple con que el error medio cuadrático entre la serie calculada y la real sea el mínimo; aunque seguramente en un futuro lejano no habrá más de una línea por persona, la gráfica nos indica que de aquí a 15 años, de seguir la tendencia, la densidad tendrá que aumentar a casi 18.82 líneas por cada 100 habitantes; sin embargo, si la empresa deja de crecer en cuanto a infraestructura a un ritmo más acelerado que la población, la densidad podría disminuir de un año a otro.



Figura 4.10

Otro indicador que habría que tomar en cuenta es el número de líneas instaladas, ya que estas nos muestran el número de abonados que tiene la empresa.

Año	# de líneas	Año	# de líneas
1940	79.7	1969	726.0
1941	81.1	1970	823.4
1942	84.9	1971	937.6
1943	90.4	1972	1,070.1
1944	95.1	1973	1,214.2
1945	100.0	1974	1,391.4
1946	104.8	1975	1,596.6
1947	190.7	1976	1,796.7
1948	116.8	1977	2,022.5
1949	128.6	1978	2,249.3
1950	141.5	1979	2,431.9
1951	165.8	1980	2,633.8
1952	222.2	1981	2,870.6
1953	231.3	1982	3,034.0
1954	238.7	1983	3,221.3
1955	242.9	1984	3,398.6
1956	252.7	1985	3,589.6
1958	279.1	1986	3,776.1
1959	297.6	1987	3,984.9
1960	318.9	1988	4,261.6
1961	340.3	1989	4,702.5
1962	363.8	1990	5,189.8
1964	420.2	1991	5,841.8
1965	466.1	1992	6,529.8
1966	520.5	1993	7,373.8
1967	579.8	1994	8,166.2
1968	646.3	1995	8,801

Tabla 4.9
Número de líneas telefónicas instaladas en México (miles de líneas)



Figura 4.11

Como en los escenarios económico y demográfico, para el número de líneas instaladas se plantearán algunos futuros posibles por medio de ajustes logísticos y aplicando la Transformada de Fourier a la tasa de cambio del número de líneas instaladas.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, a partir de la privatización de TELMEX, la tasa de cambio de líneas instaladas sufrió un incremento considerable con respecto a los años anteriores, debido a que los nuevos dueños se comprometieron a hacer crecer la empresa 12% anual hasta 1994, ya que el gobierno consideraba que con ese ritmo de crecimiento se podría reducir el rezago que había hasta ese momento. Así Telmex redujo el número de solicitudes pendientes que tenía cada año, como se muestra en la tabla (3.1); además, aceleró el crecimiento de su red a 12% anual durante 4 años, como se muestra en la figura (4.14)

Para los escenarios con ajustes logísticos se plantearon siete posibles: uno se genera a partir del punto de saturación óptimo, el cual es 58,797,022 líneas telefónicas; los otros tienen 25, 30, 35, 40 y 50 millones de líneas, cinco que representan distintos escenarios pesimistas que van desde un 40% hasta un 90% del punto de saturación óptimo, pero probables, y uno con 60 millones de líneas, el cual es optimista y probable.

4. Futuros de la demografía, economía y telecomunicaciones

Año	sat=opt	sat=25	sat=30	sat=35	sat=40	sat=50	sat=60
1930	24.3	22.7	23.2	23.5	23.8	24.1	24.3
1931	26.6	24.9	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7
1932	29.2	27.4	28.0	28.3	28.6	29.0	29.2
1933	32.0	30.1	30.7	31.1	31.4	31.8	32.0
1934	35.1	33.1	33.7	34.1	34.4	34.8	35.1
1935	38.4	36.4	37.0	37.4	37.7	38.2	38.4
1936	42.1	40.0	40.7	41.1	41.4	41.8	42.1
1937	46.1	44.0	44.6	45.1	45.4	45.9	46.2
1938	50.6	48.3	49.0	49.5	49.8	50.3	50.6
1939	55.4	53.1	53.8	54.3	54.6	55.1	55.4
1940	60.7	58.4	59.1	59.6	59.9	60.4	60.7
1941	66.5	64.2	64.9	65.4	65.7	66.2	66.6
1942	72.9	70.5	71.3	71.8	72.1	72.6	72.9
1943	79.9	77.5	78.2	78.7	79.1	79.6	79.9
1944	87.5	85.2	85.9	86.4	86.7	87.2	87.6
1945	95.9	93.6	94.3	94.8	95.1	95.6	95.9
1946	105.1	102.8	103.5	104.0	104.3	104.8	105.1
1947	115.1	113.0	113.7	114.1	114.4	114.9	115.2
1948	126.1	124.1	124.8	125.2	125.5	125.9	126.2
1949	138.2	136.4	137.0	137.3	137.6	138.0	138.2
1950	151.4	149.8	150.3	150.7	150.9	151.2	151.4
1951	165.9	164.6	165.0	165.3	165.5	165.7	165.9
1952	181.7	180.8	181.1	181.3	181.5	181.6	181.8
1953	199.1	198.6	198.8	198.9	199.0	199.1	199.1
1954	218.1	218.1	218.2	218.2	218.1	218.1	218.1
1955	238.9	239.6	239.4	239.3	239.2	239.0	238.9
1956	261.7	263.1	262.7	262.4	262.2	261.9	261.7
1957	286.7	288.9	288.2	287.8	287.4	287.0	286.7
1958	314.0	317.2	316.2	315.6	315.1	314.4	314.0
1959	344.0	348.2	346.9	346.0	345.4	344.5	343.9
1960	376.7	382.2	380.5	379.4	378.5	377.4	376.6
1961	412.6	419.4	417.3	415.9	414.8	413.4	412.5
1962	451.8	460.3	457.7	455.9	454.6	452.8	451.7
1963	494.7	505.0	501.8	499.7	498.1	496.0	494.6
1964	541.7	554.0	550.2	547.6	545.7	543.2	541.5
1965	593.1	607.6	603.1	600.1	597.8	594.8	592.9
1966	649.3	666.2	661.0	657.4	654.9	651.3	649.1
1967	710.8	730.3	724.3	720.2	717.2	713.1	710.5
1968	778.0	800.4	793.5	788.8	785.3	780.7	777.7
1969	851.5	877.0	869.1	863.7	859.8	854.5	851.1
1970	931.8	960.7	951.7	945.6	941.2	935.2	931.4
1971	1,019.5	1,051.9	1,041.9	1,035.1	1,030.1	1,023.4	1,019.1
1972	1,115.3	1,151.4	1,140.2	1,132.6	1,127.1	1,119.7	1,114.9

1973	1,220.0	1,259.9	1,247.5	1,239.1	1,233.0	1,224.8	1,219.5
1974	1,334.3	1,377.9	1,364.4	1,355.2	1,348.5	1,339.5	1,333.7
1975	1,459.0	1,506.3	1,491.6	1,481.6	1,474.4	1,464.6	1,458.3
1976	1,595.0	1,645.8	1,630.0	1,619.3	1,611.5	1,601.1	1,594.3
1977	1,743.3	1,797.3	1,780.5	1,769.1	1,760.9	1,749.7	1,742.6
1978	1,904.9	1,961.5	1,943.9	1,932.0	1,923.3	1,911.7	1,904.2
1979	2,081.0	2,139.4	2,121.2	2,108.9	2,100.0	2,088.0	2,080.2
1980	2,272.7	2,331.8	2,313.3	2,300.9	2,291.9	2,279.7	2,271.9
1981	2,481.3	2,539.5	2,521.3	2,509.0	2,500.1	2,488.2	2,480.5
1982	2,708.1	2,763.5	2,746.1	2,734.4	2,725.9	2,714.7	2,707.4
1983	2,954.6	3,004.6	2,988.7	2,978.1	2,970.5	2,960.4	2,954.0
1984	3,222.2	3,263.6	3,250.2	3,241.4	3,235.2	3,226.9	3,221.7
1985	3,512.6	3,541.4	3,531.7	3,525.4	3,521.2	3,515.6	3,512.2
1986	3,827.2	3,838.6	3,834.0	3,831.4	3,829.8	3,828.0	3,827.2
1987	4,168.0	4,156.0	4,158.1	4,160.3	4,162.3	4,165.7	4,168.3
1988	4,536.6	4,494.0	4,504.9	4,513.4	4,520.2	4,530.3	4,537.3
1989	4,934.8	4,853.2	4,875.1	4,891.7	4,904.6	4,923.3	4,936.1
1990	5,364.5	5,233.6	5,269.5	5,296.2	5,316.8	5,346.4	5,366.6
1991	5,827.7	5,635.6	5,688.6	5,727.8	5,758.0	5,801.2	5,830.7
1992	6,326.0	6,059.0	6,132.7	6,187.2	6,229.1	6,289.2	6,330.2
1993	6,861.5	6,503.5	6,602.1	6,675.1	6,731.3	6,812.0	6,867.2
1994	7,435.8	6,968.7	7,096.8	7,191.9	7,265.2	7,370.9	7,443.3
1995	8,050.8	7,453.6	7,616.4	7,737.7	7,831.5	7,967.2	8,060.4
1996	8,708.0	7,957.5	8,160.5	8,312.6	8,430.6	8,602.0	8,720.3
1997	9,408.9	8,478.9	8,728.4	8,916.2	9,062.6	9,276.2	9,424.3
1998	10,154.8	9,016.5	9,318.9	9,548.0	9,727.4	9,990.4	10,173.9
1999	10,946.7	9,568.3	9,930.7	10,207.0	10,424.6	10,745.2	10,970.2
2000	11,785.4	10,132.6	10,562.1	10,892.0	11,153.2	11,540.6	11,814.0
2001	12,671.4	10,707.0	11,211.3	11,601.5	11,912.3	12,376.2	12,705.9
2002	13,604.7	11,289.3	11,876.0	12,333.6	12,700.3	13,251.6	13,646.1
2003	14,585.0	11,876.9	12,553.8	13,086.0	13,515.4	14,165.5	14,634.3
2004	15,611.5	12,467.3	13,242.0	13,856.3	14,355.2	15,116.5	15,669.9
2005	16,683.0	13,057.8	13,937.7	14,641.6	15,217.3	16,102.7	16,751.7
2006	17,797.7	13,645.9	14,638.1	15,438.9	16,098.6	17,121.7	17,878.1
2007	18,953.4	14,228.9	15,340.1	16,245.0	16,996.0	18,170.5	19,046.9
2008	20,147.3	14,804.3	16,040.6	17,056.5	17,905.9	19,246.0	20,255.3
2009	21,376.0	15,369.7	16,736.6	17,869.9	18,824.7	20,344.5	21,500.2
2010	22,635.8	15,923.1	17,425.1	18,681.7	19,748.4	21,461.9	22,777.7

Tabla 4.10
Ajustes logísticos de líneas telefónicas en el país (miles de líneas)
Saturaciones en millones

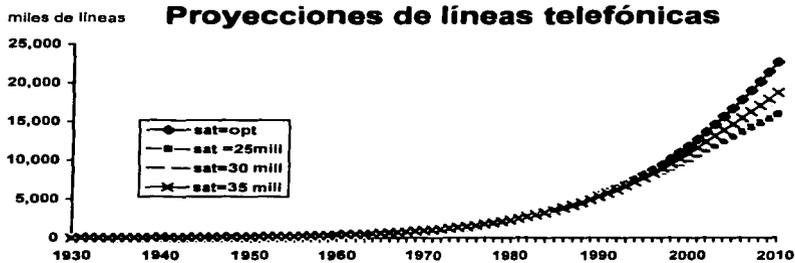


Figura 4.12

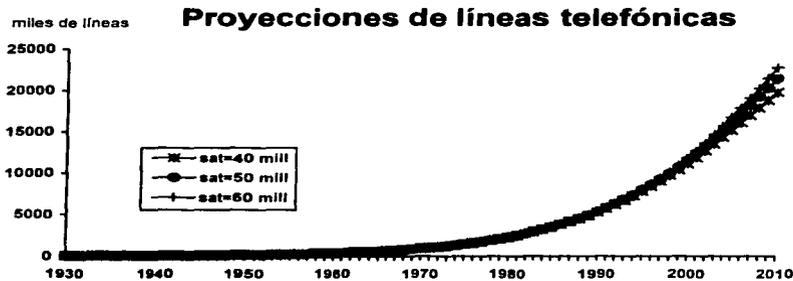


Figura 4.13

Como se observa en las figuras anteriores, dentro de los distintos escenarios hay propuestas más ambiciosas que otras. Pero lo que tienen en común todas, es que a corto plazo las proyecciones son muy conservadoras y a medida que pasa el tiempo los distintos puntos de saturación hacen que los ajustes calculen distintos futuros factibles.

4. Futuros de la demografía, economía y telecomunicaciones

Año	sat = 25 mill	sat = 30 mill	sat = 40 mill	sat = opt	sat = 60 mill
1995	7.45	7.61	7.83	8.05	8.06
2000	10.13	10.56	11.15	11.78	11.81
2005	13.05	13.93	15.21	16.68	16.75
2010	15.92	17.42	19.74	22.63	22.77

Tabla 4.11

Resumen de algunas proyecciones de líneas telefónicas (millones de líneas)

En este caso, la diferencia entre el punto de saturación máximo (60 millones) y el mínimo (25 millones) es de más del doble y, sin embargo, la proyección para el año de 1995 entre los puntos de saturación máximo y mínimo es de 7.45 y 8.06 millones de líneas, respectivamente; lo cual quiere decir que el escenario más optimista es 8.18% más grande que el más pesimista. Empero, para el año 2010 la diferencia se hace considerablemente mayor, de modo que para el escenario más pesimista es de 15.92 y el más optimista de 22.77 millones de líneas, lo que representa una diferencia de 43.02% del mayor con respecto al menor.

Dados los resultados de las proyecciones, podemos pensar que los puntos de saturación que podríamos tomar en cuenta para armar un posible escenario futuro son a los que les corresponden 50 y 60 millones de líneas, ya que son los que más se aproximan al punto de saturación óptimo, el cual es de 58.79 millones de líneas.

De cumplirse estos escenarios así como el escenario demográfico, se puede esperar que la densidad telefónica para el año 2010 sea de 19.18 teléfonos por cada 100 habitantes.

Como en los indicadores anteriores, se puede generar otro escenario tomando en cuenta la periodicidad de la tasa de cambio. En este caso se construyeron dos escenarios alternativos: uno, tomando en cuenta la tasa de cambio en el crecimiento de líneas instaladas; otro, tomando en cuenta el error que hay entre el ajuste logístico óptimo y la serie histórica real. Las figuras quedan de la siguiente manera:

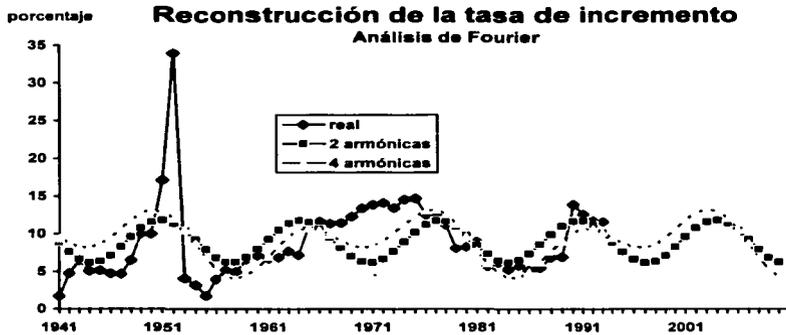


Figura 4.14

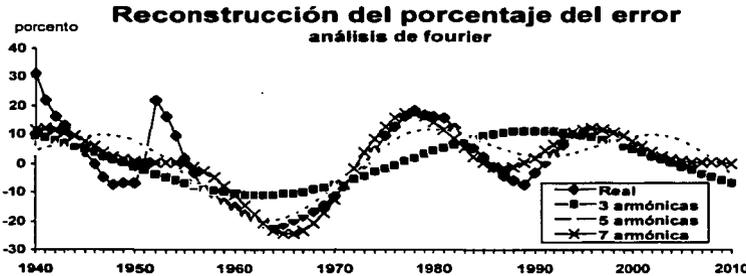


Figura 4.15

Donde su espectro en frecuencia se representa de la siguiente manera.



Figura 4.16

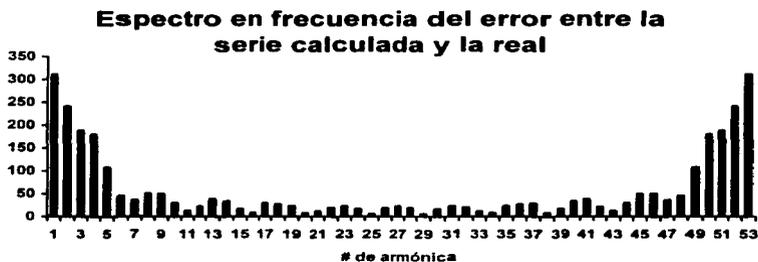


Figura 4.17

Como se puede apreciar, las dos principales armónicas de la tasa de cambio son las de periodos de 12 y 25 años.

Con esta información se puede generar un escenario (al que llamaremos SERFOUR), el cual nos muestra que la tasa de crecimiento a corto y mediano plazos sufrirá un decremento, aunque en un mayor plazo el crecimiento esperado es mas ambicioso que el punto de saturación más optimista. La tabla 4.12 muestra el resultado de los escenarios basados en la periodicidad del indicador.

Año	Tasa	SERFOUR	sat = opt
1995	.76	8,679	8,050
2000	10.7	13,393	11,785
2005	12.7	23,950	16,683
2010	4.36	34,268	22,635

Tabla 4.12

Escenario generado con análisis de Fourier y ajuste logístico (líneas en miles).

Otro escenario que se puede generar con las propiedades de periodicidad, es el que se obtiene a partir del error que existe entre la serie calculada de un ajuste logístico y la real del indicador.

Con un error calculado hacia el futuro se puede también calcular una nueva serie calculada. De este modo generamos la proyección que llamaremos ERRFOUR, la cual se muestra en la tabla 4.13.

Año	Error	ERRFOUR	SERFOUR	sat = opt
1995	11.68	9,324	8,679	8,050
2000	7.7	13,293	13,393	11,785
2010	0.11	24,035	34,268	22,635

Tabla 4.13

Escenario construido a partir del error entre la serie real y calculada.
(miles de líneas)

Como se puede observar, a largo plazo el escenario SERFOUR es mucho más conservador que el ERRFOUR; pero, a medida que avanza el tiempo, el escenario SERFOUR se vuelve más ambicioso que el escenario logístico con el punto de saturación más optimista. Por lo que podríamos pensar que para el año 2010 difícilmente pasarán de las 35 millones de líneas, pero seguramente tampoco habrá menos de 20 millones. Si se diera un peor caso que el más pesimista, la densidad telefónica se podría ver afectada, pudiendo llegar a ser inferior a 13 líneas telefónicas por cada 100 habitantes.

Otro indicador que se puede manejar son las líneas comerciales y residenciales como porcentaje del total de líneas. Estas proyecciones se muestran en las figuras 4.18 y 4.19

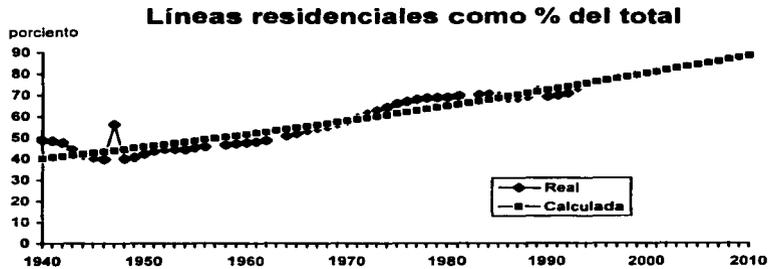


Figura 4.18

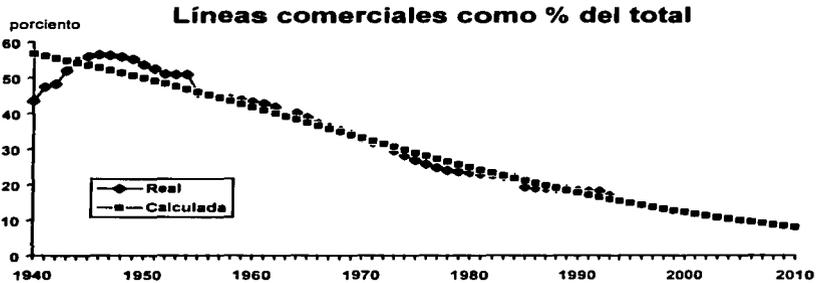


Figura 4.19

Como se puede observar, a medida que pasen los años las líneas residenciales serán la mayoría de las líneas instaladas, siendo su posible valor de 88% para el año 2010.

Si aplicamos estos porcentajes a los valores calculados con los distintos puntos de saturación y los escenarios generados a partir de la Transformada de Fourier, obtendremos los resultados que se muestran en las tablas 4.14 y 4.15.

LÍNEAS RESIDENCIALES

Año	sat = opt	sat = 50 mill	sat = 60 mill	SERFOUR	ERRFOUR
1995	6,402	6,320	6,391	6,656	7,151
2000	9,948	9,680	9,909	10,794	10,714
2010	21,303	19,829	21,080	30,340	21,281

Tabla 4.14
Proyecciones de líneas residenciales (líneas en miles)

LÍNEAS COMERCIALES

Año	sat = opt	sat = 50 mill	sat = 60 mill	SERFOUR	ERRFOUR
1995	1,232	1,216	1,230	1,281	1,376
2000	1,512	1,471	1,506	1,641	1,628
2010	1,992	1,854	1,971	2,837	1,990

Tabla 4.15
Proyecciones de líneas comerciales (líneas en miles)

5. Escenario Alternativo.

Como se mencionó en la introducción, debido a la visión holística de la prospectiva dentro del estudio del futuro, habría que tomar en cuenta ciertas consideraciones adicionales a los resultados obtenidos con las proyecciones y el análisis de Fourier.

Entre ellas se encuentran algunos aspectos demográficos. Por ejemplo, casi un 50% de la población tiene entre 0 y 20 años, lo que provoca que 800 mil personas se incorporen cada año al sector económicamente activo de la sociedad; por lo que de una u otra forma se requerirá de un crecimiento en las comunicaciones, por lo menos como el que se ha tenido hasta ahora. Además, se debe tomar en cuenta que en este momento el país se encuentra en crisis económica, por lo que suponer que la oferta de los servicios de telecomunicaciones crecerá a un ritmo acelerado, al menos en el corto plazo, es poco factible. Sin embargo, debido al nuevo ambiente de competencia en el sector de las telecomunicaciones en México a partir de enero de 1997, se puede generar un nuevo escenario donde el tráfico de llamadas de larga distancia aumenta porque las tarifas para el consumidor final se reducen, como se muestra en las figuras (5.1) y (5.2). Los nuevos operadores, entre los que se incluyen empresas extranjeras como AT&T, MCI y SPRINT, cuyas participaciones abarcan hasta el 49% dentro de las respectivas compañías concesionarias, tienen concesión para explotar una red de telecomunicaciones con cobertura nacional, sin especificar servicios, aunque su título de concesión aclara que cuando quieran también pueden dar servicio de telefonía local. Los nuevos operadores con concesiones otorgadas hasta marzo de 1997 se muestran en la figura 5.1.

OPERADORES
ALESTRA
AMARITEL
AVANTEL
BESTEL
EXTENSA
IUSATEL
MARCADEL
INVESTCOM (PROTEL)
MIDITEL
TELINOR
TELNOR
TELMEX

Figura 5.1

En estas figuras el ajuste logístico mostrado es el óptimo (en el sentido de mínimo error medio cuadrático). Sin embargo este no toma en cuenta a las nuevas compañías que operan actualmente. Es decir, es puramente tendencial. Por esto se generó un escenario optimista del indicador para ilustrar como podría comportarse este en el futuro de mediano plazo suponiendo los valores de saturación de 600 y 552 millones de llamadas al año. Los resultados de este cálculo se muestran en las tablas 5.2 y 5.3

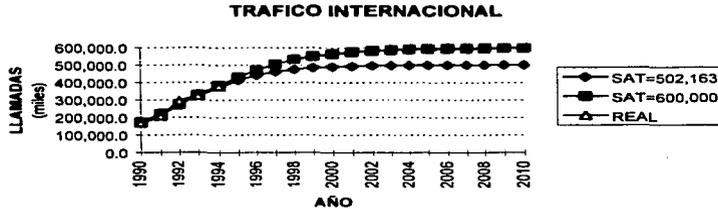


Figura 5.1

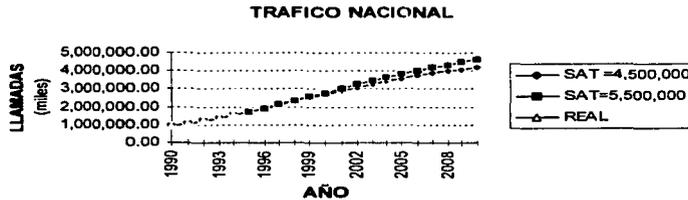


Figura 5.2

AÑO	2000	2010
SAT (óptimo)=4,500,000	2,723,665.5	4,178,777.5
SAT=5,500,000	2,803,594.0	4,617,481.0

Tabla 5.3

Llamadas (miles) de L.D. Nacional

AÑO	2000	2010
SAT (óptimo)=502,163	491,447.3	502,043.5
SAT=600,000	565,498.0	599,116.7

Tabla 5.2

Llamadas (miles) de L.D. Internacional

Adicionalmente a los escenarios tendenciales óptimos, las figuras 5.1 y 5.2 muestran dos escenarios, en los cuales se incrementó el punto de saturación a los valores mostrados en las tablas 5.2 y 5.3. Puede ser observado que esto implica un aumento de 10.49% y 19.33% en el tráfico anual esperado en llamadas de Larga Distancia Nacional e Internacional respectivamente, lo cual se sustenta precisamente en el inicio de las operaciones de los nuevos concesionarios.

La apertura en la telefonía de larga distancia se hará en cinco regiones en diferentes tiempos, como se muestra en la tabla 5.4:

REGIÓN	FECHA	CIUDAD	REGIÓN	FECHA	CIUDAD
1	1/enero/97	Querétaro	4	1/mayo/97	Ensenada
	10/enero/97	Monterrey			La paz
2	1/marzo/97	Agua Calientes			Parí
		Mexicali			Durango
		Tijuana			Celaya
		Saltillo			Guanajuato
		Torreón			Irapuato
		Ciudad Juárez			Puerto Vallarta
		Chihuahua			Los Mochis
		León			Mazatlán
		Acapulco			Ciudad Obregón
		Guadalajara			Ciudad Mante
		Morelia			Ciudad Victoria
		Puebla			Matamoros
		Cancún			Nuevo Laredo
		San Luis Potosí			Reynosa
		Quilacán			Fresnillo
		Hermosillo			Zacatecas
		Tampico	5	1/junio/97	Campeche
		Veracruz			Colima
		Mérida			Tuxtla Gutiérrez
3	1/abril/97	Ciudad de México			Lerma
		Chalco			Chilpancingo
		Texcoco			Pachuca
		Toluca			Zamora
		Cuernavaca			Cuautla
					Tepec
					Oaxaca
					Villahermosa
					Tlaxcala
					Coatzacoalcos
					Córdoba
					Jalapa
					Poza Rica

Tabla 5.4

Debido a la situación actual de las redes de telecomunicaciones, por medio de las cuales se pueden ofrecer los más diversos servicios (por ejemplo: voz, datos y video o cualquier señal digital), y a que estas redes estarán interconectadas a otras, como televisión por cable, telefonía celular así como a las redes de los nuevos operadores locales o de larga distancia, ya no es aplicable el nombre de redes telefónicas. Por lo tanto, cada línea telefónica o abonado a algún sistema de comunicación será de ahora en adelante un acceso a una red, en la cual se podrá transmitir todo tipo de señales para una gran variedad de servicios.

Dentro de este nuevo contexto de liberalización del sector telecomunicaciones en México, el gobierno está otorgando nuevas concesiones para compañías telefónicas que operarán redes de telecomunicaciones. Estas compañías están esperando a que se liberen frecuencias del espectro radioeléctrico para poder dar el servicio de telefonía local fija inalámbrica. Esto es debido a que con dicha tecnología los costos de instalación por línea son considerablemente más bajos que en telefonía alámbrica, lo cual posiblemente provocará que la cantidad de abonados a la red de telecomunicaciones aumente considerablemente año con año. Adicionalmente y para aprovechar posibles sinergias, los concesionarios que antes sólo ofrecían servicios de televisión por cable, seguramente solicitarán modificar sus títulos de concesión para permitirles operar redes de telecomunicaciones, lo cual está previsto en la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones. Con ello podrían ampliar la gama de servicios a ofrecer.

Un primer análisis considera la participación de las nuevas compañías que a partir de 1997 comenzaron a dar servicio de larga distancia, pero que en un futuro cercano entrarán en el mercado de telefonía local (con tecnologías inalámbricas). De este análisis se desprenden dos escenarios: en el primero se supone que los competidores iniciarán sus operaciones con el mismo patrón de crecimiento con el que inició la telefonía básica en 1940; además, se supone que el crecimiento de la suma de la telefonía celular los nuevos concesionarios con servicio de telefonía local más el de Telmex será según el ajuste logístico óptimo (58,797,022 accesos); a este escenario lo llamaremos ALT1. El segundo, se construirá tomando en cuenta patrones similares al ALT1, pero con la competencia logrando una penetración del doble de líneas que la que tuvo la telefonía celular en sus inicios; a este escenario lo llamaremos ALT2. Estos escenarios son razonables, suponiendo además que la cobertura celular posiblemente cada vez será mayor, dada su penetración en la telefonía rural, que sus tarifas se irán reduciendo y que el servicio de telefonía básica local se abrirá a la competencia en el corto plazo (lo cual está supeditado a que se fomente la inversión en telefonía inalámbrica mediante la subasta del espectro radioeléctrico). Esto, indudablemente, quitará parte del mercado nuevo local a Telmex a la vez que impactará el mercado de larga distancia. Los resultados se muestran las tablas 5.5 y 5.6.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Año	Líneas Telmex	Líneas celular	Líneas otras
2000	10,861	1,257	410
2005	15,328	1,961	520
2010	20,354	2,869	1,000

Tabla 5.5
Escenario ALT1 (líneas en miles)

Año	Líneas Telmex	Líneas celular	Líneas otras
2000	10,861	1,180	641
2005	13,932	1,774	1,913
2010	17,039	2,494	4,353

Tabla 5.6
Escenario ALT2 (líneas en miles)

Según estos escenarios, se puede apreciar que en un plazo de 15 años Telmex podría llegar a perder hasta el 20% del mercado de accesos a su red de telecomunicaciones. Este escenario se crea dependiendo del impacto que tengan las nuevas concesiones de telefonía local, además de la telefonía celular.

Dentro de este escenario cabe mencionar que la telefonía celular se encarga en gran medida de la telefonía rural, ya que el gobierno otorga subsidios directos para que con dicha tecnología se le de servicio a la población con estas características; así en la actualidad hay 9500 localidades con poblaciones entre 100 y 499 personas con servicio celular, y se piensa incrementar en 24,500 el número de localidades con población entre 100 y 499 personas para el año 2000. Sumando las que tienen servicio telefónico alámbrico y las de cobertura celular, nos da un total de 32,000 localidades entre 100 y 499 personas, lo que representa el 100% de las localidades con estas características y el 22% de las del país en general. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, se incrementará el tráfico de larga distancia, ya que en las localidades rurales la mayor parte de las llamadas son de este tipo.

El escenario que prosiblemente sea el más factible en los próximos años, es el ALT2, dado que los costos para el usuario final serán menores para la telefonía inalámbrica fija que los de la telefonía celular. Además de que el sistema inalámbrico fijo dará el mismo servicio de telecomunicaciones que la telefonía local alámbrica y el celular no, como la transmisión de datos. En las figuras 5.3 y 5.4 se muestran las penetraciones de los distintos servicios en los próximos 15 años:

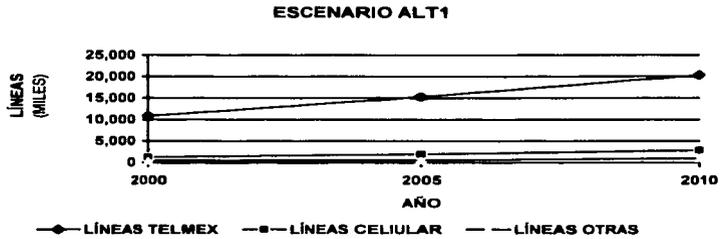


Figura 5.3

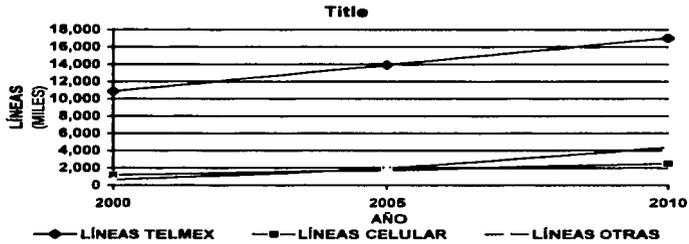


Figura 5.4

Otro escenario alternativo (y aparentemente factible) es el de otras redes de telecomunicaciones que actualmente existen (pero que ofrecen servicios limitados), y empezarán a competir con Telmex en un futuro inmediato, por lo que la visión que teníamos con anterioridad seguramente cambiará. Dentro de estas redes de telecomunicaciones se pueden mencionar principalmente las de televisión por cable. Estas son redes que pueden dar servicios de telecomunicaciones como los de Telmex, con pequeñas adecuaciones técnicas, y tienen la posibilidad de ampliar sus mercados porque la Ley Federal de Telecomunicaciones permite solicitar la ampliación de la concesión de televisión por cable por una de red de telecomunicaciones. Por lo que cada abonado de televisión por cable tendrá un acceso a la red de telecomunicaciones con servicio de telefonía, transmisión, de datos video y todo tipo de señales.

Con estas ideas se pueden plantear cuatro escenarios más que surgen a partir de los dos anteriores, ALT1 y ALT2, que son los que representan la competencia que tendrá Telmex con otras compañías telefónicas, pero incluido como elemento adicional el número de abonados a sistemas de televisión por cable. Los escenarios son cuatro, debido a que se hicieron proyecciones con dos puntos de saturación distintos. En un enfoque, que fue el óptimo (donde el error medio cuadrático es el menor que equivale a una saturación de 2.092 millones de abonados), se generan los escenarios llamados ALT1.a y ALT2.a. El otro enfoque supone un punto de saturación de 2.5 millones de abonados, que se obtiene pensando en que debido a que dichas redes darán servicio de telefonía la demanda por abonarse a ellas aumentará. A estos últimos dos escenarios se les llamará ALT1.b y ALT2.b. Los resultados se muestran en las tablas 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10

Año	2000	2005	2010
Accesos Telmex	10,861	15,328	20,354
Accesos celular	1257	1961	2869
Accesos otras	410	520	1,000
Accesos TV por cable	2,004	2,078	2,090
Total	13,725	18,628	24,471

Tabla 5.7

Escenario ALT1.a (accesos en miles)

Año	2000	2005	2010
Accesos Telmex	10,861	15,328	20,354
Accesos celular	1257	1961	2869
Accesos otras	410	520	1,000
Accesos TV por cable	2,271	2,451	2,490
Total	13,992	19,001	24,871

Tabla 5.8

Escenario ALT1.b (accesos en miles)

Año	2000	2005	2010
Accesos Telmex	10,613	13,932	17,039
Accesos celular	467	702	987
Accesos otras	641	1,913	4,353
Accesos TV por cable	2,004	2,078	2,090
Total	13,725	18,625	24,469

Tabla 5.9
Escenario ALT2.a (accesos en miles)

Año	2000	2005	2010
Accesos Telmex	10,613	13,932	17,039
Accesos celular	1180	1774	2494
Accesos otras	641	1,913	4,353
Accesos TV por cable	2,271	2,451	2,490
Total	13,992	18,998	24,869

Tabla 5.10
Escenario ALT2.b (accesos en miles)

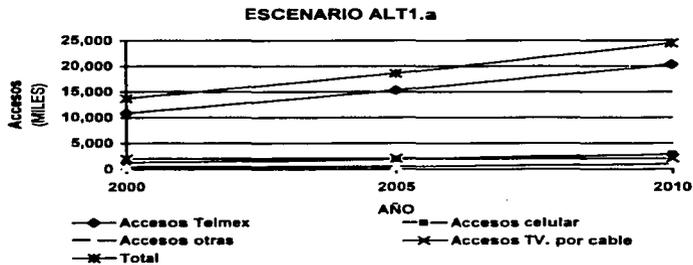


Figura 5.5

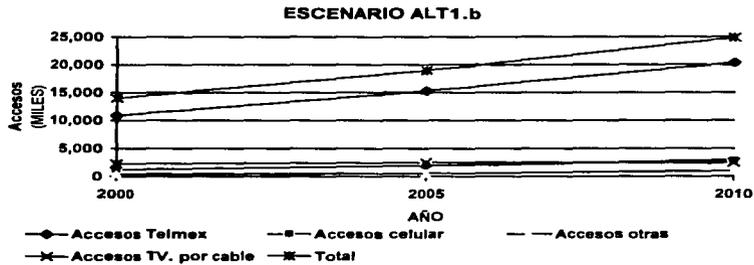


Figura 5.6

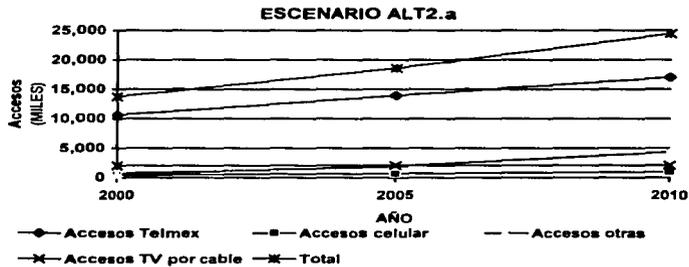


Figura 5.7

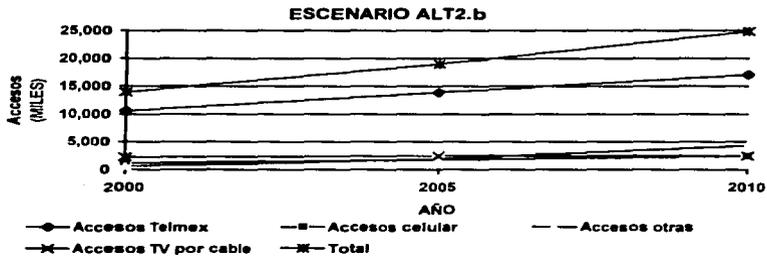


Figura 5.8

Se considera que estos últimos cuatro escenarios son factibles, dado que ya hay compañías invirtiendo en infraestructura para la telefonía local y solicitando autorización para ello. Además, las de televisión por cable son redes ya instaladas y desean ampliar sus servicios. Estos resultados nos indican que en el más conservador de estos escenarios, el número de abonados esperado, es más optimista que el de mayor punto de saturación (60 millones) en los ajustes logísticos, sin considerar las redes de televisión por cable. Cabe señalar que, desde el punto de vista del autor, difícilmente la densidad telefónica sobrepasará para el año 2000 los 20 teléfonos por cada 100 habitantes, debido a que se tendrían que incorporar aproximadamente 10 millones de accesos a la red de telecomunicaciones del país entre el año 1997 y el año 2000 para que se cumpla esta cifra, lo cual implica. Se considera que esto no sería apegado a la realidad, porque implicaría modificaciones en la utilización de los ingresos familiares, mismos que con la situación económica actual, parece poco realista.

Estos escenarios, pueden ser factibles, dado que la liberalización en las telecomunicaciones es un proceso que está cambiando la tendencia, que se venía observando hasta antes de la promulgación de la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones y de la definición de la nueva política gubernamental. Esta situación es parecida a la que se vivió cuando se privatizó Telmex (donde Telmex se comprometió a incrementar el número de líneas con una tasa de 12% anual durante cuatro años, lo cual cambió la tendencia en incremento de líneas telefónicas que se venía observando hasta ese momento) y el número de líneas actual, es mucho mayor que cualquiera que se hubiera previsto con algún ajuste logístico basado exclusivamente en las tendencias.

6. Conclusiones:

Como ya se menciono con anterioridad, la red de telecomunicaciones de Telmex es la más importante y grande del país. Sin embargo, bajo el nuevo contexto que ofrece la Ley Federal de Telecomunicaciones, publicada en 1995, las nuevas redes de telecomunicaciones, tendrán la oportunidad de interconectarse con esta y ampliar sus servicios. Por lo que desde ahora a las líneas telefónicas se les llamará accesos a la red de telecomunicaciones. Con esta nueva definición, se incluyen abonados a otros tipos de redes como televisión por cable, telefonía celular, radiolocalización, etc.

Es importante mencionar, que según los escenarios que se construyeron en este trabajo, difícilmente se alcanzará el número de 20 accesos por cada 100 habitantes en el país para el año 2000, dado que se tendrían que duplicar el número actual de líneas en un periodo muy corto.

La telefonía celular, ha tenido un gran desarrollo en el país, además de que se ha convertido en una nueva alternativa para dar servicio a las comunidades rurales.

Para ampliar el servicio de telefonía local, en el corto plazo la telefonía local inalámbrica es la tecnología que seguramente más se utilizará para poder cubrir la nueva demanda de accesos, ya que su costo de instalación es menor que el de la telefonía alámbrica.

Debido a que la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones contempla la competencia en este sector, el gobierno ha otorgado nuevas concesiones para explotar redes de telecomunicaciones. Algunas de ellas han sido cambios en el título de concesión de compañías de televisión por cable, que en un futuro cercano darán todo tipo de servicios, incluyendo transmisión de voz, datos y video. Otras concesiones las han obtenido nuevas compañías, algunas con la participación de capital extranjero, las cuales han instalado nuevas redes, para dar en un inicio servicio de larga distancia, y en un futuro servicio local.

Según los escenarios construidos para el entorno económico en este estudio, en los próximos cinco años, México probablemente tendrá un crecimiento anual en su Producto Interno Bruto de 3.5%, después de haber sufrido retrocesos de 1994 a 1996 en este indicador. Esto nos hace suponer, que debido a la falta de capital, el crecimiento de las telecomunicaciones en México, será menos rápido que en otros países como Chile, Gran Bretaña, o Estados Unidos.

Sin embargo, debido a que cada año se incorporan aproximadamente 800 mil personas al sector productivo de la población, posiblemente las nuevas compañías encontrarán nuevos mercados a los que puedan dar servicios de telecomunicaciones.

Finalmente se insiste en que los escenarios descritos en este trabajo representan imágenes de lo que bajo ciertas circunstancias podría llegar a ocurrir en el campo de las telecomunicaciones en México.

Estos resultados deben ser tomados y usados únicamente como guía o como elementos del espacio de lo factible. Pero únicamente cuando el futuro se

convierta en pasado se podrán evaluar estos resultados y se podrán analizar las razones por las cuales estos resultados prospectivos coincidieron o se alejaron de lo ocurrido en realidad.

Bibliografía:

- **Tomás Miklos, Ma. Elena Tello**
Planeación Prospectiva
Centro de Estudios Prospectivos de la Fundación Javier Barros Sierra.
Editorial Limusa
México 1991
- **Arturo Talavera Rodarte**
Método Informal de la Planeación Prospectiva: KJ
Facultad de Ingeniería U.N.A.M. División de Estudios de Posgrado
México 1985
- **Diccionario de la Lengua Española Larousse**
Larousse Planeta
México 1994
- **Harold A. Linstone, Murray Turoff**
The Delphi Method Techniques and Applications
Addison- Wesley Publishing Company
Massachusetts-U.S.A. 1979
- **T. A. Burton.**
Volterra Integral and Differential Equation,
University of Southern California
U.S.A. 1983
- **Federico Kuhlmann, Antonio Alonso y Alfredo Mateos**
Comunicaciones: Pasado y Futuros
Fonodo de Cultura Económica
Mexicc 1989
- **André-Clément Decouflé**
La Prospectiva
Oikos-Tau, S.A. Ediciones
Fancia
1974
- **Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky**
Señales y Sistemas
Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
México 1983