



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



## Análisis Estratégico de la Difusión de la Tecnología ADSL en Guayaquil

Elder Hidalgo, Cecilia Ayala, PhD. Boris Ramos  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Vía Perimetral Km. 30.5, Guayaquil, Ecuador  
[hhidalgo@espol.edu.ec](mailto:hhidalgo@espol.edu.ec), [anayala@espol.edu.ec](mailto:anayala@espol.edu.ec), [bramos@espol.edu.ec](mailto:bramos@espol.edu.ec)

### Resumen

*El presente trabajo tiene como objetivo el análisis estratégico de la difusión de la tecnología ADSL en Guayaquil basado en la metodología Dinámica de Sistemas.*

*Explicaremos el funcionamiento de la metodología como base para la creación de un modelo dinámico que permitirá analizar la difusión de la tecnología ADSL. Para la simulación del modelo construido con base en esta metodología se usará el software iThink y con las graficas que se obtendrán mediante la simulación nos permitirán analizar el modelo de una forma más completa y poder incluir nuestras propias ideas en búsqueda de las mejores estrategias para la difusión de la tecnología ADSL.*

*Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones y los parámetros de mayor sensibilidad se procederá a implementar las posibles estrategias para mejorar el modelo y obtener los mejores resultados finales posibles. Esto se podrá comprobar realizando una proyección de los datos de los últimos años y considerando el comportamiento histórico de la empresa que brinde el servicio ADSL en Guayaquil. Finalmente se obtendrá resultados positivos que se podrían poner en marcha desde ahora para mejorar la difusión y adopción del servicio de internet a través de la tecnología ADSL de manera eficaz.*

**Palabras clave:** ADSL, Dinámica de Sistemas, iThink.

### Abstract

*The present work has as target the strategic analysis of the spread of ADSL technology in Guayaquil, based on the methodology of System Dynamics.*

*We will explain the operation of the methodology as a basis for creating a dynamic model that we will allow analyze the spread of ADSL technology. For the simulation of the constructed model based on this methodology, we will use the iThink software and with the graphics to be obtained by simulating will allow us to analyze the model more comprehensive and to include our own ideas in search of the best strategies to the spread of ADSL Technology.*

*After obtaining the results of the simulations and the most sensitive parameters, it shall be possible to implement strategies to improve the model and obtain the best possible end results. This can be verified by a projection of data in recent years and considering the historical performance of the company that provide ADSL service in Guayaquil. Finally, positive results that will be obtained could be implemented to improve the dissemination and adoption of Internet service via ADSL technology effectively*

**Keywords:** ADSL, DynamicSystems, iThink

## 1. Introducción

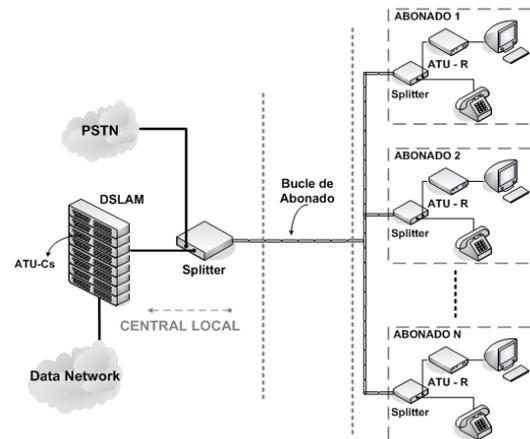
En la actualidad la demanda del acceso a internet y recursos multimedia on-line crece a pasos cada día más grandes, las empresas del medio han dedicado esfuerzos para cumplir con los requerimientos de diferentes maneras. La diversidad de tecnologías que existe para brindar un servicio de Banda Ancha ha permitido que una gran parte de la demanda sea cubierta. En Ecuador desde hace varios años se ha venido implementando como en otros países la tecnología ADSL a cargo de la empresa estatal de Telecomunicaciones, y no podía ser de otra manera ya que es la dueña de la mayor cobertura en cableado de cobre del país. Sin embargo la evolución de este servicio no ha sido tan efectiva como en países como Canadá o España, donde el ADSL ha sido una de las tecnologías con mayor acogida durante varios años.

El proyecto ha sido desarrollado con el objetivo de identificar estrategias de implementación de infraestructura y de negocios, para mejorar la adopción de la tecnología ADSL en Guayaquil, utilizando la metodología “Dinámica de Sistemas”.

## 2. ADSL (Línea de Suscriptor Digital Asimétrica)

Consiste en brindar acceso de alta velocidad a Internet mediante el cable de cobre que da servicio telefónico a los hogares. Es una tecnología asimétrica debido a que la velocidad de bajada de datos es mayor que la velocidad de subida.

La arquitectura básica como se puede observar en la Figura 1 consta de varios dispositivos, algunos distribuidos en la Central Telefónica Local y otros en el lugar del abonado. En la Central Local convergen la red de datos y la red de voz que mediante un filtro de frecuencias (Splitter) modula las dos señales para ser enviadas a través de la línea de cobre. Una vez que la señal llega al usuario esta es filtrada para separar los datos de la voz y demodulada por un dispositivo llamado ATU-R (Transceptor ADSL de la unidad Remota) y establecer la conexión de datos a través de la central y el abonado.



**Figura 1.**Arquitectura básica DSL

En la Central Local un dispositivo llamado DSLAM (Multiplexor de Acceso DSL) contiene varios ATU-C (Transceptor ADSL de la unidad Central) que permitirán la conexión de datos con los dispositivos ATU-R.

De las tecnologías DSL se destaca la ADSL 2+ ya que permite una mayor velocidad de bajada, un factor muy importante al brindar el servicio de Internet de manera masiva. Observar Tabla 1.

**Tabla 1.**Parámetros tecnologías DSL

	ADSL	ADSL 2	ADSL 2+	VDSL
Velocidad Max. Subida	1 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	16 Mbps
Velocidad Max. Bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps	52Mbps
Distancia	2 Km	3Km	3Km	1Km
Corrección de Errores	No	Si	Si	Si

## 3. Metodología Dinámica de Sistemas

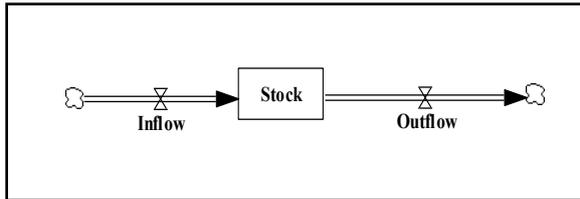
La Dinámica de Sistemas es una metodología usada para la construcción de modelos de simulación para sistemas complejos, tal como los que se encuentran en los negocios y otros sistemas sociales. Esta metodología estudia comportamientos que no son bien entendidos y que sirve para ayudar a los funcionarios de una institución a diseñar e implementar estrategias y políticas, que les permitan alcanzar un éxito sostenido en el tiempo.

Al hablar de dinámica de un sistema nos referimos a que las distintas variables que podemos asociar a sus partes sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen en ellas. Esta metodología no está restringida a sistemas lineales, pudiendo hacer pleno uso de las características no-lineales de los sistemas.

Utiliza conceptos del campo del control realimentado obteniendo una serie de causas y efectos mostrando cómo van cambiando las cosas a través del tiempo.

**3.1 Estructura de los Sistemas Dinámicos**

Los stocks (reservas) y flujos constituyen el fundamento de los modelos de la dinámica de sistemas. Figura 2

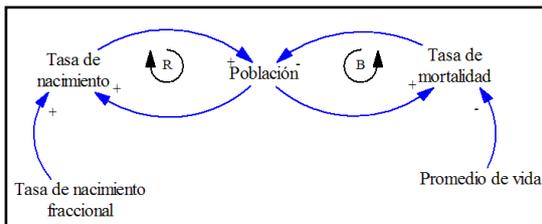


**Figura 2.** Representación de Stocks y Flujos

Los stocks en un sistema le dicen a los tomadores de decisiones en donde se encuentran, proporcionándoles la información que necesitan para actuar. Estos stocks proveen inercia y memoria. Además acumulan eventos pasados. Los valores de los stocks pueden cambiar únicamente a través de flujos de entrada “inflows” o flujos de salida “outflow”. Los flujos de entrada y de salida a un stock usualmente difieren debido a que ellos a menudo son gobernados por diferentes procesos de decisión.

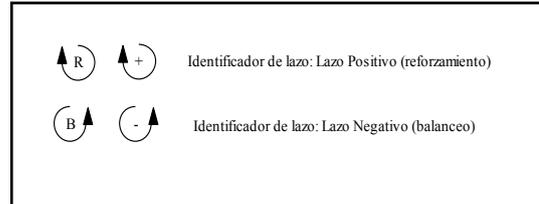
La Dinámica de Sistemas está basada en la estructura y funcionamiento de sistemas compuestos por lazos de realimentación que interactúan entre sí. Los Diagramas de Lazos Causales constituyen una manera para representar las estructuras cíclicas antes del desarrollo de tasas, niveles y elementos auxiliares organizados en una red constante.

Un diagrama de lazo causal consiste de variables conectadas por flechas que denotan las influencias causales entre variables. Los lazos de realimentación importantes son “identificados” dentro del diagrama. Las variables son relacionadas por enlaces causales, mostrados como flechas. Ver Figura 3.



**Figura 3.** Representación Diagrama Causal

A cada enlace causal se le asigna una polaridad, ya sea positiva (+) o negativa (-) para indicar como la variable independiente cambia. Los lazos importantes son resaltados por un “identificador de lazo” ver Figura 4, el que indica si el lazo de retroalimentación es positivo (reforzamiento) o negativo (balanceo). Se debe notar que el “identificador de lazo” circula en la misma dirección que el lazo que le corresponde. Siempre hay que etiquetar la polaridad de cada enlace.



**Figura 4.** Notación de Identificador de Lazo

**3.2 Etapas del Modelamiento Dinámico**

Un proyecto de Dinámica de Sistemas empieza con identificar un problema que hay que resolver. Se determina las variables de interés y las relaciones que ligán entre sí a estas variables para posteriormente construir un modelo que se refleje con la realidad. Seguidamente, se desarrolla una hipótesis dinámica que explique la causa del problema y se construye un modelo de simulación por computadora, que incluya la raíz del problema. Si el modelo es capaz de generar los comportamientos característicos del sistema real entonces obtendremos una cierta confianza en la validez del modelo. En detalle tenemos:

- Definición del Problema
- Construcción del Modo Referencial
- Implementación de la Hipótesis Dinámica
- Construcción del modelo computarizado
- Validación del Modelo
- Diseño de políticas y estrategias

El modelo computarizado se emplea para analizar políticas o estrategias alternativas que pueden aplicarse al sistema que se está estudiando. Estas políticas alternativas se definen normalmente mediante escenarios que representan las situaciones a las que debe enfrentarse el modelo. Una vez que se tenga confianza en la estructura y comportamiento del modelo se procede al diseño de políticas y estrategias para el mejoramiento del mismo.

#### 4. ADSL 2+ en Guayaquil

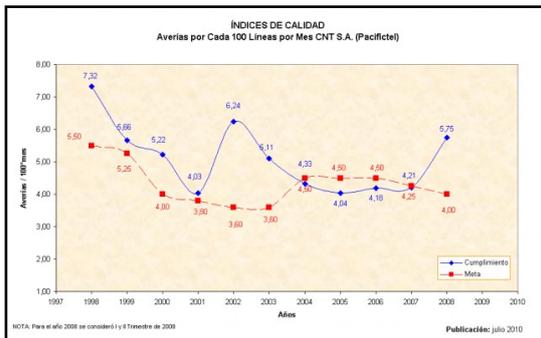
La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) es la empresa estatal de telefonía fija del Ecuador. Es el resultado de la fusión de las sociedades anónimas Andinatel y Pacifictel. Esta se produjo a finales del año 2008. Entre los servicios que presta se tiene telefonía fija local, regional e internacional, provisión de servicios de acceso a internet (Dial-UP, DSL y servicios corporativos), y, a través de su filial, Alegro PCS, telefonía celular. [1]

CNT es una compañía de telefonía fija de Ecuador. Sociedad Anónima de capital público con sede en Guayaquil. Opera los servicios de telefonía fija, telefonía pública, servicio de internet, servicios portadores y de valor agregado. En 2002 como Pacifictel inició la prestación de servicio de internet (es también un ISP) a través de su filial Easynet. [1]

Actualmente el servicio que brinda la empresa es mediante la tecnología ADSL2+ bajo sus normas en arquitectura y políticas de calidad de servicio. El ADSL2+ es la evolución del ADSL y el ADSL2. La principal diferencia entre los anteriores es que el cable de cobre puede soportar el doble de espectros, este espectro de más se utiliza para alojar el canal de bajada, proporcionando un mayor ancho de banda. La velocidad a la que puede alcanzar el ADSL2+ es de 24 Mbps, esto si la central está a una distancia considerable.

##### 4.1 Análisis de Calidad

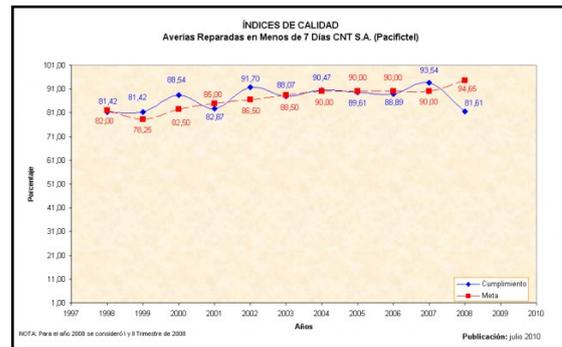
En promedio las averías alcanzadas se acercan al 5.1% mensual, mientras las averías esperadas se acercan al 4.32% mensual. Esto significa que no se ha estado cumpliendo con los planes propuestos de manera eficaz. Se puede observar en la Figura 5.



**Figura 5.** Averías por cada 100 líneas por mes. [2]

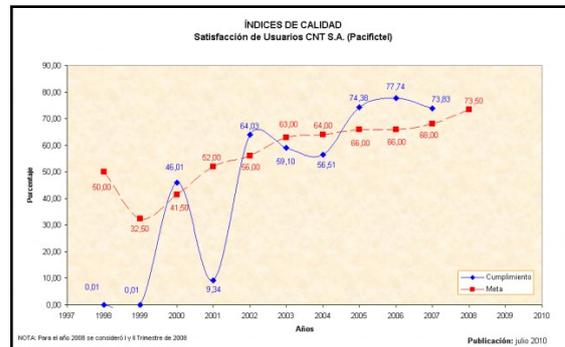
En promedio se tiene que las reparaciones alcanzadas se acercan al 87.10% al mes, mientras que las reparaciones esperadas se acercaron al 87% mensual.

Este resultado nos dice que apenas se ha logrado alcanzar a reparar las averías que se ha propuesto reparar de manera eficaz y que en cualquier momento podemos perder este valor de eficacia. Normalmente niveles superiores de cumplimiento exigen mayores esfuerzos e imponen mayores grados de dificultad. Sin embargo lo que verdaderamente se debería hacer es tratar de cubrir las averías reparándolas al 100%. Figura 6.



**Figura 6.** Averías reparadas en menos de 7 días. [2]

Como se observa en la Figura 7, en un principio se tiene baja satisfacción de abonados ya que no se ha cumplido con lo esperado, luego existe una mejora. En promedio la satisfacción alcanzada es 46%, la satisfacción esperada se acerca al 55.9%.



**Figura 7.** Satisfacción de Usuarios CNT. [2]

#### 5. Aplicación y análisis del método “Dinámica de Sistemas” para la difusión de la Tecnología ADSL

##### 5.1 Definición del Problema

En el Ecuador, a pesar de disponer desde finales del año 2007 de una salida internacional directa con la llegada del cable submarino, no produjo una fuerte reducción en la tarifa del usuario final del servicio de Internet, como esperaban los entes de regulación y control del sector de las Telecomunicaciones, pues se estimaba una reducción de hasta el 40%.

La penetración del servicio de Internet en el Ecuador para el 2006 fue del 6.09%, el 2007 fue del 7.33%, el 2008 fue del 11.60% y el 2009 fue del 12.64%, cifras que se han incrementado pero no considerablemente y menos aún alcanzan la media a nivel de Latinoamérica que esta alrededor del 36.5%.

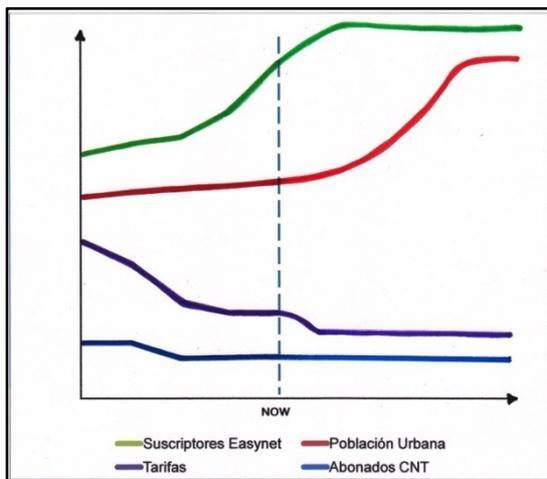
Aunque exista demanda sobre este servicio de Internet, la falta de un análisis a mayor escala sigue siendo la barrera para que aquí en el Ecuador esta tecnología tenga un mayor crecimiento. Siendo el ADSL una de las tecnologías de mayor acogida en diferentes países y de fácil implementación, nuestro trabajo apuntará hacia el déficit del nivel de adopción de suscriptores de internet con ADSL en la ciudad de Guayaquil.

### 5.2 Construcción del Modo Referencial

Para la realización del análisis se han propuesto como base histórica las siguientes Variables de Estado:

- Población de Guayaquil
- Infraestructura de Red (Líneas Telefónicas Instaladas)
- Suscriptores con cuentas dedicadas del servicio ADSL
- Tarifas del Servicio de Internet

Una vez obtenido los comportamientos históricos basados en datos reales procedemos a construir nuestro modo Referencial. Los datos que se han obtenido han sido graficados hasta la línea "NOW", a partir de ese punto se realizará la extrapolación con el objetivo de asumir el comportamiento futuro de cada variable. Ver Figura 8.



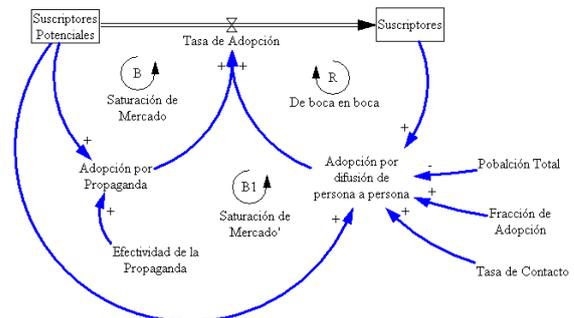
**Figura 8. Modo Referencial del Modelo**

La línea de color verde indica el comportamiento de los suscriptores y observamos que tiene un crecimiento en forma de S llegando a un límite que se establece con los abonados CNT, en otras palabras en algún punto de tiempo la cantidad de suscriptores alcanzará su máximo y no rebasará a la cantidad de abonados de CNT. También se observa el comportamiento de las tarifas que es decreciente, esto se ha deducido de manera que si la cantidad de suscriptores crece en el tiempo las tarifas van disminuyendo cada vez más y se estabilizan cuando los suscriptores se han estabilizado. De manera general se ha colocado el comportamiento del crecimiento de la población urbana de Guayaquil, a la cual se podría acceder con el servicio, el crecimiento poblacional esta dado por una curva exponencial y que hemos asumido al final un balance, que está muy lejano en el tiempo, sin embargo ocurrirá.

### 5.3 Hipótesis Dinámica

La hipótesis dinámica no es más que la aplicación de un método de análisis por medio de un Diagrama Causal, el cuál representará las relaciones de influencia entre los elementos del sistema permitiéndonos conocer la estructura del mismo.

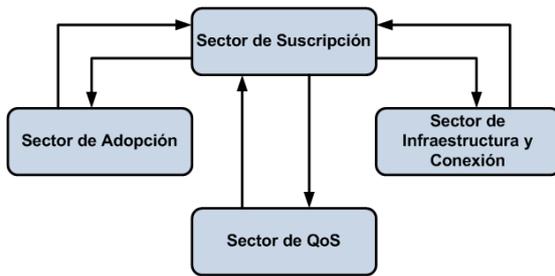
El Sistema descrito en este proyecto está basado en el Modelo de Bass, ver Figura 9, el cual indica el proceso de cómo un nuevo producto es adoptado como una interacción entre Suscriptores y Suscriptores Potenciales. El modelo de Bass no es más que un modelo de difusión que sirve para explicar y predecir el Proceso de Adopción de un producto nuevo o innovación a lo largo del tiempo, no se toma en cuenta compras repetidas, por lo que el modelo está dirigido a productos de consumo duradero.



**Figura 9. Diagrama Modelo de Bass**

Para un mejor análisis, el sistema ha sido dividido en 4 sectores, cada sector refleja una parte del mundo real, esto significa que el aporte de cada uno es indispensable debido a su real influencia en la Adopción de nuevas Tecnologías, ver Figura 10.

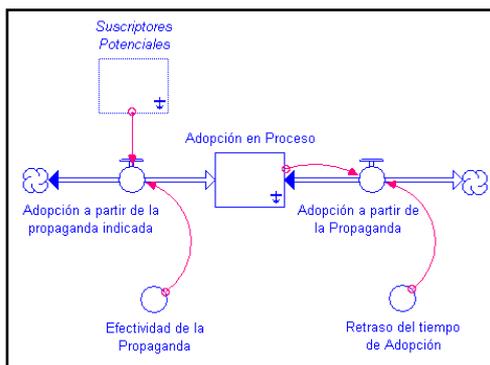
El Sector de Adopción contribuye con la difusión de nuevas tecnologías a partir del Modelo de Bass, El Sector de QoS nos permite analizar el nivel de calidad tanto en infraestructura como en capacidad de conexión, El Sector de Infraestructura permite describir el manejo que se debe realizar para mantener una Capacidad de Conexión adecuada y un desarrollo de infraestructura acorde al mercado y finalmente El Sector de Suscripción que nos da una visión global del comportamiento del Sistema, incluyendo las influencias de los demás sectores sobre este.



**Figura 10.** Descripción General del Sistema

### 5.4 Construcción del Modelo Computarizado

Para la construcción del modelo computarizado se utilizará el software iThink. Este software nos permitirá desarrollar nuestro modelo dinámico y crear las relaciones necesarias entre las variables que hemos escogido, ya sean estas variables de estado, variables de flujo o variables auxiliares, en la Figura 11 se puede observar una parte del modelo en donde se ha utilizado stocks, flujos y variables auxiliares, para describir el comportamiento del proceso de Adopción debido a la propaganda.



**Figura 11.** Modelo de simulación, Adopción debido a Propaganda

### 5.5 Validación del Modelo

Para realizar la validación del modelo debemos tener en cuenta los datos reales obtenidos para la construcción del Modo Referencial, el modelo computarizado deberá reflejar el comportamiento de las variables de estado (stocks) involucradas.

La replicación del comportamiento histórico comprobará la validez del modelo construido, para esto se deberá obtener un comportamiento bastante aproximado a la realidad. La variable que necesitamos comprobar es Suscriptores, de manera que una vez colocados todos los datos necesarios en el modelo computarizado corremos la simulación y observamos lo que sucede.



**Figura 12.** Histórico de Suscriptores. [2]

Comprobamos la validez del modelo simulando el comportamiento de los suscriptores, ver Figura 13.



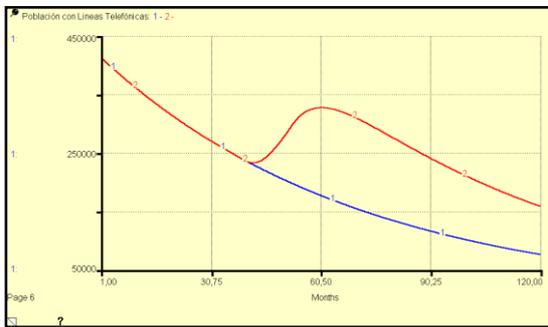
**Figura 13.** Simulación de Suscriptores

### 5.6 Diseño de Políticas y Estrategias

Se ha realizado los pasos necesarios para comprobar la veracidad del modelo implementado, ahora nuestro objetivo principal es mejorar la adopción del servicio ADSL, esto quiere decir mejorar algunos parámetros para captar mayor cantidad de suscriptores en el futuro.

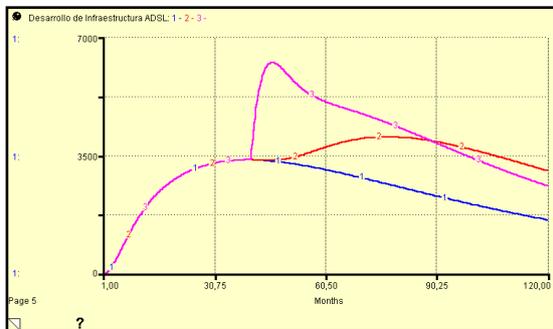
Del análisis realizado se puede sugerir un grupo de estrategias que arrojarán los mejores resultados posibles tanto a corto como a largo plazo. El *Desarrollo de Infraestructura Telefónica* junto a un incremento en el *Desarrollo de Infraestructura ADSL*, más la implementación de un plan de mejoramiento de la *Capacidad de Conexión*, serán el mejor conjunto de estrategias que describirá un óptimo comportamiento del sistema.

En la Figura 14 se muestra el incremento de *Desarrollo de Infraestructura Telefónica* durante un año. La curva azul describe el comportamiento si es que no se realizara el cambio propuesto y la roja presenta el cambio asumido.



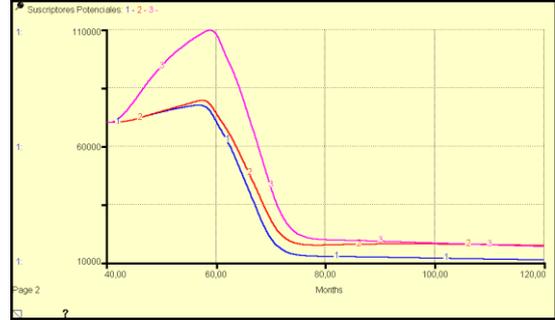
**Figura 14.** Población con Líneas telefónicas

Seguidamente incrementamos el porcentaje de *Desarrollo de Infraestructura ADSL*, ver Figura 15.



**Figura 15.** Desarrollo de Infraestructura ADSL

Los cambios realizados hasta el momento provocarán un incremento directo sobre los *Suscriptores Potenciales*. En la Figura 16 se observa el comportamiento de *Suscriptores Potenciales*, una vez aplicadas las dos estrategias anteriores obtenemos el mejor comportamiento esperado con un gran crecimiento de los posibles clientes.



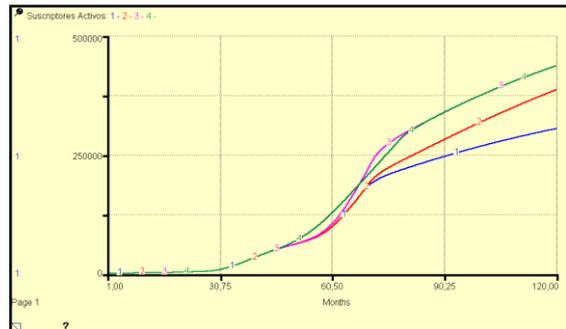
**Figura 16.** Suscriptores Potenciales

Estos cambios de la misma manera implican un aumento en los *Suscriptores* como se puede observar en la Figura 17.



**Figura 17.** Suscriptores

Finalmente se aplicará un plan de mejoramiento de la *Capacidad de Conexión*, esto es necesario debido al aumento de *Suscriptores Potenciales*, este cambio provocará una mayor *Tasa de Conexión* y permitirá cubrir la demanda de instalaciones de manera eficaz, ver Figura 18.



**Figura 18.** Suscriptores

El ajuste de la *Capacidad de Conexión* permitió a corto plazo un mejor comportamiento, ver curva verde.



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



## 6. Conclusiones

La Estrategia muestra los mejores resultados del modelo analizado, aplicar esta estrategia significa realizar una extensión de la red de cobre para obtener mayor cobertura y así ocupar lugares estratégicos de la ciudad, el complementarlo con un mayor *Desarrollo de Infraestructura ADSL* significa que esas nuevas conexiones de cobre serán utilizadas de manera rápida evitando el estancamiento en la adopción. A su vez un mayor desarrollo implica que la demanda aumentará y como los *Suscriptores Potenciales* aumentan, se redujo los retrasos en adquisición de equipamiento y contratación de personal mejorando la conexión y obteniendo más *Suscriptores* en menor tiempo.

El análisis de los antecedentes históricos es indispensable para la aplicación de la metodología Dinámica de Sistemas, así mismo el uso de este método permitió el análisis profundo del problema mediante los diagramas causales utilizados para la realización de la hipótesis dinámica, de manera que podemos concluir que esta metodología está estructurada para analizar la dinámica que existe en el mundo real.

El modelo en computadora implementado para el análisis en este proyecto arrojó resultados acorde con la realidad, aproximando las variables de mayor importancia estudiadas con los datos históricos recogidos, priorizando la dinámica de los retrasos y los efectos de la retroalimentación del sistema, demostrando que el software iThink funciona correctamente para el análisis de Sistemas Dinámicos.

## 7. Referencia

- [1] Wikipedia, Corporación Nacional de Telecomunicaciones, [http://es.wikipedia.org/wiki/Corporación\\_Nacional\\_de\\_Telecomunicaciones](http://es.wikipedia.org/wiki/Corporación_Nacional_de_Telecomunicaciones)
- [2] Conatel, Estadísticas Telefonía Fija, <http://www.conatel.gov.ec>, 2010.
- [3] Javier Aracil, “Dinámica de Sistemas”, Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, 1995.
- [4] Supertel, Principales estadísticas del Sector, <http://www.supertel.gov.ec/index.php/estadisticas.html>, Julio 2010.
- [5] Wikipedia, Asymmetric Digital Subscriber Line, [http://es.wikipedia.org/wiki/Asymmetric\\_Digital\\_Subscriber\\_Line](http://es.wikipedia.org/wiki/Asymmetric_Digital_Subscriber_Line), Julio 2010
- [6] César Regalado Iglesias, El aporte del Operador de Telecomunicaciones, [http://www.imaginar.org/br\\_echa\\_mintel/5\\_CNT-CesarRegalado.pdf](http://www.imaginar.org/br_echa_mintel/5_CNT-CesarRegalado.pdf), Julio 2010
- [7] Universidad de Antioquia, Modelos de Sistemas, <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/course/view.php?id=311>, Junio 2010