

**Unión Internacional de Telecomunicaciones**



**Guía sobre la  
Aplicación de Modelos  
Estadísticos a la  
Regulación de  
Mercados de  
Telecomunicaciones**

**Casos de Aplicación Práctica**



*Esta guía sobre la Aplicación de Modelos Estadísticos a la Regulación de Mercados de las telecomunicaciones ha sido preparada por la Sra. Karla Montero Víquez, Economista, bajo la dirección de la División del entorno de reglamentación y mercado (RME) de la BDT. Las observaciones y sugerencias formuladas por los funcionarios de la UIT, y en particular de la Sra. Carmen Prado-Wagner fueron de gran utilidad para la preparación de esta Guía.*

**Nota:** Las opiniones expresadas en este documento corresponden a los autores y no representan necesariamente la posición de la UIT o sus Miembros.  
Los términos y definiciones empleados son propios del autor y no se considerará que sustituyen las definiciones oficiales de la UIT.

## Tabla de contenido

1.	El contexto de la Evaluación de Proyectos .....	6
	¿Qué es un Proyecto? .....	6
	El Proceso de estudio del proyecto .....	7
	Evaluación de Proyectos .....	8
	El Estudio de Mercado. ....	10
	El Estudio Técnico .....	11
	El Estudio de viabilidad Legal.....	11
	El Estudio organizacional y administrativo .....	12
	El Estudio de Impacto Ambiental.....	12
	El Estudio Económico – Financiero .....	13
	Objetivos de la Evaluación de Proyectos .....	14
2.	Evaluación de Proyectos y Análisis de Predicción .....	14
	Métodos de estimación y / o predicción .....	17
	Teoría de Juegos. ....	17
	El modelo de Simulación Montecarlo.....	19
	Metodología de cálculo de los valores z.....	21
	Aplicación en el caso del Sector Telecomunicaciones.....	23
3.	Análisis de series de tiempo .....	28
	Modelado Clásico de series temporales.....	29
	Análisis de la tendencia.....	30
	Modelos causales.....	34
	Mínimos Cuadrados .....	37
	Método de Regresión Lineal Simple .....	40
4.	Análisis de Caso Aplicado I.....	45
	Evaluación de Proyectos de acceso y servicio universal.....	45
5.	Modelo para el análisis del Excedente del Consumidor .....	55
	El Excedente del Consumidor .....	55

El Excedente del Productor.....	58
La evaluación del equilibrio del mercado .....	61
Metodología y aplicación.....	63
6. Análisis de Caso Aplicado II.....	65
Modelo para Telefonía Fija Tradicional .....	65
Metodología para el análisis de regresión para la obtención del excedente del consumidor en telefonía tradicional.....	67
Supuestos iniciales del modelo.....	67
<i>Primer modelo</i> .....	68
<i>Resultados del primer modelo</i> .....	68
<i>Comportamiento del signo de los coeficientes</i> .....	69
<i>Pruebas de Hipótesis</i> .....	69
<i>Segundo modelo</i> .....	70
<i>Resultados del segundo modelo</i> .....	70
<i>Comportamiento del signo de los coeficientes</i> .....	70
<i>Pruebas de Hipótesis</i> .....	72
<i>Otras Pruebas</i> .....	72
<i>Normalidad</i> .....	72
<i>Multicolinealidad</i> .....	73
<i>Heterocedasticidad</i> .....	75
<i>Detección:</i> .....	75
<i>Test de autocorrelación de orden 2</i> .....	76
Análisis del Excedente del Consumidor .....	77
Cálculo de la integral.....	78

# Aplicación de Modelos Estadísticos a la Regulación de Mercados de Telecomunicaciones

## Introducción

La estadística es una ciencia que tiene como base fundamental las matemáticas, e implica la recolección, el análisis y la interpretación de datos, lo anterior con el propósito de encontrar explicaciones imparciales a diferentes fenómenos.

Aunque tiene su base en la matemática, esta ciencia es aplicable a un amplio número de disciplinas como las ciencias sociales, el control de calidad, la administración de costos, entre otros. De tal manera que la aplicación de herramientas estadísticas en estas disciplinas permite administrar el riesgo en la toma de decisiones en áreas de negocios o instituciones gubernamentales, así como establecer relaciones de causa – efecto entre diferentes variables para el análisis de diferentes situaciones.

Esta ciencia se ha convertido en un método efectivo para describir con elevada precisión los valores de los datos económicos, políticos, sociales. Así, un experto en el manejo de los instrumentos estadísticos es capaz de interpretar los resultados obtenidos en beneficio de la empresa, el gobierno y la sociedad, de tal manera que se facilita la toma de decisiones e inferir el comportamiento futuro de eventos similares a los analizados.

La aplicación de las herramientas de análisis estadístico brinda la posibilidad de tomar decisiones acertadas y a tiempo, así como realizar proyecciones del comportamiento de una o un grupo de variables.

Como conclusión es posible afirmar que la estadística tiene aplicación prácticamente en cualquier disciplina y a cualquier situación, independientemente del nivel de complejidad, aunque, es un hecho: cuanto más compleja sea la situación, más ayuda aporta para resolver el análisis.

El presente documento desarrolla el análisis de caso de la aplicación de las herramientas estadísticas en situaciones particulares, en el contexto de la regulación de los mercados de telecomunicaciones.

## 1. El contexto de la Evaluación de Proyectos

### ¿Qué es un Proyecto?

Existen muchas y variadas definiciones para responder a esta pregunta. Desde la perspectiva de la administración de proyecto, se considera como un conjunto de actividades organizadas de manera lógica y ordenada en función del logro de un objetivo y el cumplimiento de metas específicas, que tiene un principio y un final. El enfoque a utilizar es el que lo define como la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, que tiende a resolver, entre muchas, una necesidad y que agrega valor económico.



Desde la perspectiva económica, los seres humanos tienen una cantidad ilimitada de necesidades, desde las básicas y fundamentales como el alimento y el vestido, hasta las que surgen como producto del estímulo de la mercadotecnia y la publicidad, explotando la necesidad del sentido de pertenencia y los demás determinantes de la demanda. Entendiendo que, el fin último de la economía en una sociedad organizada es lograr satisfacer el mayor número de necesidades a partir de la limitada cantidad de recursos existentes, un proyecto bien concebido logra optimizar en sí mismo esta concepción.

Desde la perspectiva del Regulador, los proyectos de Servicio y Acceso Universal tienen como objetivo garantizar la disponibilidad de un conjunto mínimo de servicios de buena calidad, accesibles a todos los usuarios, a un precio asequible y sin falsear la competencia. Con este objetivo, establece obligaciones económicas a los aportes para poder construir lo que de alguna manera constituye un Fondo de Inversiones para el desarrollo de los proyectos de Servicio y Acceso Universal.

Es responsabilidad del regulador, no solo garantizar el correcto uso de los recursos financieros del Fondo, sino también, la efectividad y eficiencia en el desarrollo de los proyectos a los cuales se asignan esos recursos. De tal manera que la ejecución de los proyectos garantice el cumplimiento de los objetivos, el bienestar de las comunidades objetivo y la rentabilidad para el desarrollador del proyecto, ya sea un operador de telecomunicaciones u otro agente de la economía. Este enfoque de análisis le agrega valor y atractivo financiero al desarrollo de proyectos que por su naturaleza son considerados por los desarrolladores de alto riesgo financiero.

Existen diferentes tipos de proyectos según sea su objetivo o su aplicabilidad, en estudio se analizará específicamente el Proyecto de Inversión, al cual asignándole determinado monto de capital y una proporción de insumos variados, podrá producir una solución útil, con un retorno sobre ese monto de capital, es decir, es aquel plan capaz de producir valor económico agregado.



La evaluación de un proyecto de inversión tiene como objetivo medir su rentabilidad económica, es decir, determinar cuánta riqueza es capaz de generar ese proyecto. Desde la perspectiva social se busca cuantificar el beneficio que la inversión retribuirá a la sociedad.

La ejecución de los proyectos asociados al desarrollo o al fortalecimiento del acceso y servicio universal, deben evaluarse bajo esos parámetros, de manera tal que la solución propuesta resolverá la necesidad existente, de manera eficiente, segura y rentable, lo cual permite que escasos recursos económicos se asignen a la mejor opción, con beneficio tanto para los usuarios como para el operador o de la empresa que ejecute el proyecto.

Este enfoque de análisis para este tipo de proyectos, contribuye a reducir la aversión, de los operadores y empresarios, de participar en los concursos promovidos por el Regulador, tendientes al desarrollo de soluciones para servicio y acceso universal, por cuanto desde la perspectiva empresarial, la ejecución de un proyecto inversión busca como fin último generar valor económico agregado a la empresa, traducido en rentabilidad operativa.

## El Proceso de estudio del proyecto

A través del estudio de un proyecto se tiene como objetivo final la determinación más certera posible de los niveles de inversión, ingresos, costos y beneficios que un proyecto determinado producirá para el inversionista, de manera tal que ante más de una opción sea posible la comparación para la toma de decisiones.

El proceso se inicia con la **Formulación y Preparación del Proyecto**, la Formulación es la etapa en la que se define conceptualmente el proyecto y durante la Preparación se realizan todas las estimaciones asociadas a niveles de inversión, ingresos y costos del proyecto. El resultado final de esta etapa es la construcción de un Flujo Neto de Efectivo, en el cual se realiza una proyección del posible comportamiento de los ingresos y los costos del proyecto, que serán evaluados con respecto a la inversión inicial.

## Evaluación de Proyectos

La Evaluación de Proyectos es fundamental para poder tomar una decisión sobre el óptimo uso de los recursos, ya sea en una empresa, o de un inversionista individual, esta se consigue cuando el proyecto es sometido al análisis multidisciplinario de diferentes especialistas.

Cada análisis de proyecto que se realiza es único y particular, sin embargo existe una metodología que puede ser aplicada en todos los casos, con la ventaja de que es lo suficientemente flexible como para adaptarse a casi cualquier tipo de proyecto, siempre y cuando exista la información necesaria para el análisis.

De manera general y como proceso, la evaluación de proyectos permite identificar tres niveles de análisis, los cuales se diferencian a partir de la profundidad con que se realiza el análisis en cada uno de ellos.

El primer nivel y por lo tanto el más simple es el de **Perfil o Idea de Proyecto**, es en esta etapa donde se identifica la existencia de una necesidad a resolver y / o la oportunidad de negocio. El análisis se realiza a partir de información existente, del sentido común o del criterio de experto que se forja a partir de la experiencia profesional. En este nivel se define de manera general, el objetivo y el alcance del proyecto, así como si existen proyectos asociados, si es necesaria la implementación de un proyecto previo o si puede ser necesario el desarrollo de uno posterior que complemente el propuesto.



Dentro de la información más general que debe estar disponible en esta etapa se encuentran algunos elementos tales como:

1. Los objetivos del proyecto, debe incluir objetivo general y objetivos específicos.
2. Alcances del proyecto.
  - Razón de ser del proyecto.
  - ¿Qué lo motiva?
  - ¿Qué importancia tiene el proyecto en la empresa y en la comunidad nacional?
  - Estrategia general y cronograma estimado de ejecución.
  - ¿Cómo se producirá el bien o se prestará el servicio que se propone?

El segundo nivel es el de **Prefactibilidad**, aquí el análisis se profundiza, se analiza la información disponible de fuentes secundarias y primarias, para el caso de investigación de mercado, se detalla la tecnología que se utilizará, se estiman los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto. Esta es la base que utilizan los inversionistas para la toma de decisiones.



**Figura 1.1 Estudios Preliminares para la Evaluación de Proyectos**

A nivel de Prefactibilidad se elaboran los estudios preliminares que, posteriormente se integran en el Estudio de Factibilidad del Proyecto. Para poder determinar la existencia de condiciones previas que generen la posibilidad de desarrollar un proyecto es necesario realizar los estudios preliminares. De manera genérica, estamos hablando de seis estudios específicos, los cuales deben realizarse a nivel de prefactibilidad para poder evaluar un proyecto. Tal y como se resumen en la Figura 1.1.

## El Estudio de Mercado.

Se debe ratificar que existe una necesidad de mercado insatisfecha, o una oportunidad para ofrecer un nuevo servicio o producto, o bien mejorar uno existente. De tal forma que lo primero es definir el bien o servicio que se va a ofrecer, para poder estimar la cantidad que los clientes estarían dispuestos a adquirir a un precio determinado, esto es en síntesis un análisis de la demanda. Al analizar la demanda del servicio es necesario el estudio de la tendencia de esta variable, en el caso en el que existan datos históricos, o el análisis del comportamiento de esa variable en países o competidores con experiencia en el mismo campo.

Es vital el estudio de la oferta, es decir analizar las condiciones en las que la economía puede poner a disposición del mercado el bien o servicio. Entre otros elementos es necesario obtener datos de cantidad de proveedores del bien o servicio en el mercado, localización, capacidad instalada y utilizada, calidad y precio de los bienes o servicios, planes de expansión, inversión fija, número de empleados, etc.

Por otra parte el análisis de los precios del bien o servicio se constituye en un elemento fundamental a partir del cual es posible calcular los ingresos futuros. Es necesario distinguir de manera clara de qué tipo de precio se trata y la manera en que se afectaría al cambiar las condiciones del entorno.



Figura 1.2 Estructura del Análisis de Mercado

## El Estudio Técnico

Su principal objetivo es suministrar la información que permita cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación asociados a esta área. Es posible que desde la perspectiva técnica existan varios procesos productivos opcionales, por lo general se estima que deben aplicarse los procedimientos y tecnologías más modernos, lo cual puede ser óptimo desde la perspectiva técnica pero no necesariamente desde la financiera.



Figura 1.3 Estructura del Estudio Técnico

Una de las principales conclusiones que debe brindar este estudio se asocia con la función de producción óptima para el empleo de los recursos disponibles en la fabricación o desarrollo del bien o servicio.

Algunos de los elementos básicos que deben estar considerados en este estudio son:

- Justificación de la tecnología utilizada.
- Ubicación y cantidad de equipos a utilizar.
- Componentes de la Inversión.
- Periodos (momentos) en que realiza dicha inversión.
- Costos de operación relacionados.
- Metodología utilizada.
- Capacidad del Proyecto, es decir, la cantidad de bienes o servicios que se pueden producir u ofrecer.
- ¿Qué factores determinan la capacidad?
- Ampliación y mejoras en la capacidad futura.
- Metodología utilizada para determinar capacidad óptima.

## El Estudio de viabilidad Legal

Implica la revisión de la legislación vinculante tanto a la empresa como al proyecto, y que de una u otra forma influye en la toma de decisión del desarrollo del proyecto.

## **El Estudio organizacional y administrativo**

En este estudio se incluye una explicación del ordenamiento administrativo y organizacional del proyecto, de tal forma que puedan ser identificados con mayor facilidad los costos de operación y mantenimiento, así como los gastos administrativos y comercialización, entre otros.

Al igual que se ha indicado anteriormente, es necesario simular el proyecto en operación, para ello es importante conocer los procedimientos administrativos que podrían utilizarse, etc. Los sistemas y procedimientos que definen a cada proyecto en particular determinan también la inversión en estructura física, así es posible definir las necesidades de espacio físico, oficinas, estacionamientos, etc.

Basta con un análisis simple que determine la influencia de los procedimientos administrativos sobre la cantidad de inversiones y costos del proyecto. Los sistemas y procedimientos contables – financieros, de información, de planificación y presupuestos de personal, adquisiciones, crédito, cobranzas y muchos más van asociados a costos específicos de operación.

## **El Estudio de Impacto Ambiental**

Este estudio se relaciona con la tendencia de incluir dentro del análisis el enfoque hacia procedimientos asociados a dar a los consumidores finales una mejora ambiental continua de los productos y servicios que proporcionará la inversión asociada a los menores costos futuros de una eventual reparación de daños causados sobre el medio ambiente. De tal forma que en esta parte del estudio se incorpora en la medida de lo posible las normas ISO 14 000.

El evaluador debe preocuparse por el ciclo de producción completo que generará la inversión, y determinar el impacto ambiental que ocasionará tanto el proveedor de los insumos por la extracción, producción, transporte o embalaje de la materia prima, como el sistema de distribución del producto, el manejo de los desechos en el proceso de producción, impactos visuales, incrementos de ruido (contaminación sonora), etc. No solo debe preocuparse sino medirlas y establecer los mecanismos de mitigación y compensación necesarios en los casos que aplique.

Las mitigaciones, compensaciones y reducción de impactos tienen costos que deben ser cuantificados para incluirse dentro del flujo de gastos del Proyecto.

## El Estudio Económico – Financiero

Este corresponde a la última etapa del estudio de prefactibilidad. Los objetivos de este estudio son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan todas las etapas anteriores, preparar cuadros analíticos, coleccionar datos adicionales para la evaluación del proyecto para poder determinar la rentabilidad del mismo.

La evaluación del proyecto se realiza sobre la estimación del flujo de caja de los ingresos y costos, el resultado de la evaluación se mide a través de distintos criterios, los cuales son complementarios entre sí. La imposibilidad de tener certeza de la ocurrencia de los supuestos establecidos para la elaboración de las proyecciones financieras y el diseño del proyecto hace necesario que debe considerarse el riesgo de invertir.

Finalmente, una variable importante es la relacionada con el financiamiento, cuando se incluye su efecto en el flujo de caja se mide la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto, a este nivel existe información suficiente para tomar una decisión en torno a la aceptación o rechazo del proyecto, corriendo el flujo del proyecto y el del inversionista.

El último nivel de análisis corresponde a la **Factibilidad**, aquí se alcanza el mayor grado de profundidad, de manera tal que se toma como base todas las consideraciones establecidas en el análisis de Prefactibilidad, se detallan en letra menuda, sin que este proceso de precisión y afinamiento de la información modifique la decisión tomada, eso sí, siempre que los datos y los cálculos considerados en el nivel de Prefactibilidad sean confiables y hayan sido bien evaluados.

La Figura 1.3 resume el Proceso de Evaluación de Proyectos.



Figura 1.4 Proceso de Evaluación de Proyectos

## Objetivos de la Evaluación de Proyectos

La evaluación de proyectos persigue básicamente tres objetivos:

- Verificar la existencia de un mercado potencial insatisfecho, y que además es viable desde el punto de vista operativo incursionar en ese mercado para producir o brindar el bien o servicio objeto del estudio.
- Demostrar que tecnológicamente es posible ofrecer una solución a la necesidad detectada.
- Demostrar que es económicamente rentable llevar a cabo la ejecución del proyecto en las condiciones establecidas.

Lo fundamental es tener presente que todo proyecto inicia como idea, en respuesta a una necesidad, si no existe la necesidad no hay proyecto. Una vez que se ha demostrado que existe factibilidad positiva para la realización del proyecto el siguiente paso es el inicio de la operación del proyecto, sin embargo es importante tener presente que de manera complementaria serán los esfuerzos que se realicen en torno a la administración del mismo los que permitan alcanzar este éxito.

## 2. Evaluación de Proyectos y Análisis de Predicción



El principal instrumento de evaluación de proyectos lo constituye el Flujo Neto De efectivo. Al construir el Flujo de Efectivo estamos estimando el comportamiento futuro de las variables que lo componen, a partir del establecimiento de una serie de supuestos. De tal forma que las estimaciones nunca son exactas, pues dependen de que se cumplan esos supuestos.

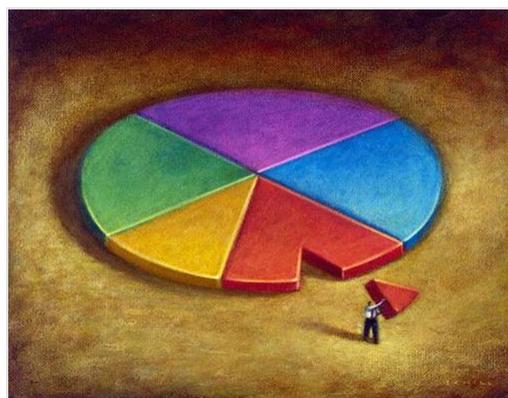
Cuando se habla de predicción se hace alusión al análisis racional de lo que va a suceder. En muchas ocasiones este concepto se puede asociar con el de pronóstico. Estrictamente hablando un pronóstico es la predicción de una variable económica, como por ejemplo el PIB; existe la posibilidad de que este dependa de algunos valores dados a las variables de análisis, en este caso se dice que el pronóstico es condicional, pues depende de que se cumplan esos valores.

Desde el punto de vista del inversionista la predicción del futuro sirve para valorar la toma de decisiones, mientras que para la administración del negocio, es útil como una forma de anticipar las condiciones futuras y, como punto de partida para la planificación de aquellas operaciones que hayan de influir sobre el curso futuro de eventos. Este mismo principio aplica en el caso de los entes reguladores, por cuanto el análisis de predicción le permite evaluar el comportamiento futuro de variables clave como la demanda, ante cambios en el mercado, que pueden ser producto de intervenciones regulatorias, como el ajuste de las bandas de precios tope, por ejemplo.

Indudablemente en el análisis de predicción se encuentran implícitos el riesgo y la rentabilidad asociada. El riesgo es la posibilidad de sufrir pérdidas en el momento de realizar una inversión. Las distintas inversiones tienen distintos niveles de riesgo. Por ejemplo, los depósitos bancarios y los valores emitidos por el Estado son considerados de bajo riesgo. En este sentido, existe una relación directa entre riesgo y rentabilidad, es decir que a mayor riesgo de una inversión, mayor es la potencial rentabilidad esperada, pues así se compensa al inversor. Así, esta herramienta es muy útil en la evaluación de proyectos considerados de alto riesgo, como lo son los asociados al acceso y servicio universal, que por lo general se asocian a condiciones geográficas de difícil acceso, así como bajas densidades poblacionales, situaciones que dificultan el retorno sobre la inversión.

La base fundamental del análisis de predicción es el análisis estadístico, de manera tal que antes de continuar con el desarrollo de este tema y su aplicación, es importante que nos detengamos en el recuento de algunos conceptos estadísticos básicos.

**Estadística Descriptiva:** realiza una abstracción cuantitativa de un fenómeno con el objetivo de conocer sus características, analizando series de datos, con lo que es posible establecer conclusiones acerca del comportamiento de esas variables. Presenta información en forma cómoda, utilizable y comprensible. La estadística descriptiva indica una situación tal y como es, describe e informa lo que hay, de tal modo que permite describir y resumir las observaciones que se hagan sobre un asunto, fenómeno o problema de investigación. Se calcula a partir de los datos de una muestra o de una población.





**Estadística Inferencial:** realiza una abstracción cuantitativa de un fenómeno. La deducción o inferencia debe ser comprobada para aceptarse como confiable y válida, por cuanto lo que se hace es deducir una conclusión, a partir de lo determinado para la muestra, la cual se generaliza sobre la población total.

**Población:** es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado.

**Muestra:** es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población.

- *Aleatoria:* cuando se selecciona al azar y cada miembro tiene igual oportunidad de ser incluido.
- *Estratificada:* cuando se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características que se pretenden investigar. Cada estrato debe corresponder proporcionalmente a la Población.
- *Sistemática:* cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra. Ejemplo: se entrevistará una familia por cada diez que se detecten.

La figura 2.1 ilustra los conceptos de Población y muestra.

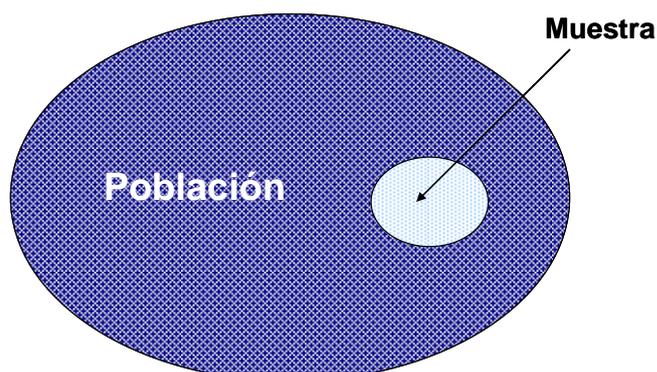
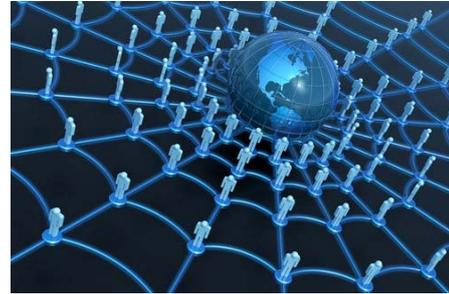


Figura 2.1 Población y Muestra estadística

## Métodos de estimación y / o predicción

El comportamiento futuro de una variable, grupo de variables o situación determinada, como lo es el caso de análisis de proyectos, puede ser aproximado de diferentes maneras, seguidamente analizaremos brevemente las más relevantes.



## Teoría de Juegos.

La aplicación de este método permite la predicción de resultados económicos basado en movimientos estratégicos de agentes rivales que prevén las reacciones de sus contrarios. El principal objetivo de la aplicación de la teoría de juegos es determinar la estrategia óptima para cada jugador, la cual será aquella que permita maximizar la ganancia esperada.

El estudio de los juegos ha inspirado a científicos de todos los tiempos para el desarrollo de teorías y modelos matemáticos. La estadística es una rama de las matemáticas que surgió precisamente de los cálculos para diseñar estrategias vencedoras en juegos de azar. Conceptos tales como probabilidad, media ponderada y distribución o desviación estándar, son términos acuñados por la estadística matemática y que tienen aplicación en el análisis de juegos de azar o en las frecuentes situaciones sociales y económicas en las que hay que adoptar decisiones y asumir riesgos ante componentes aleatorios

Se utilizan para propósitos de predicción y control, y permite mejorar la comprensión de las características del comportamiento de la realidad estudiada de una forma más efectiva que si se observara directamente.

Una aplicación práctica de este método de predicción sería el resultado de lo que se conoce como Juegos de suma constante. Estos son juegos en los que para cada combinación de estrategias, la suma de los pagos (o utilidades) a cada jugador es la misma. Todas las situaciones de intercambio que no permiten la creación o destrucción de recursos son juegos de suma constante.

La aplicación de estos juegos debe cumplir ciertas circunstancias:

- Cuando muchos factores afectan no sólo el precio, sino también la calidad y el servicio.



- Cuando no es posible determinar previamente y con exactitud los riesgos del negocio.
- Cuando se requiere mucho tiempo para producir los artículos que se compraron.
- Cuando la producción se interrumpe con frecuencia debido a numerosos cambios.

La mayoría de los ejemplos reales en negocios y política, al igual que el dilema del prisionero, son juegos de suma no cero, porque algunos desenlaces tienen resultados netos mayores o menores que cero. Es decir, la ganancia de un jugador no necesariamente se corresponde con la pérdida de otro. Por ejemplo, un contrato de negocios involucra idealmente un desenlace de suma positiva, donde cada oponente termina en una posición mejor que la que tendría si no se hubiera dado la negociación.

La negociación es apropiada siempre que exista una zona de acuerdo. Esta zona se da cuando hay desenlaces aceptables para las dos partes que se superponen simultáneamente, por esta razón resulta apropiado en los casos en los que el Regulador interviene para definir los precios para los servicios de Interconexión, cuando no es posible que los operadores logren acuerdos en los plazos fijados por la legislación.

Un juego aplicable por el Regulador en la mediación de conflictos entre operadores puede ser el **Juego de confianza**. Un juego de confianza comparte algunas similitudes con el dilema del prisionero. Sin embargo el juego de confianza implica un juego secuencial en que un jugador decide primero su nivel de confianza en el segundo jugador. En el caso que nos ocupa cada jugador es un operador.

A mayor confianza mayor es el pago que se genera para el segundo jugador, quien debe después decidir si sí corresponde la confianza con una decisión que es mutuamente benéfica para los dos.

Un ejemplo clásico es en el que 2 jugadores inician el juego con una dotación de \$10 cada uno. El primer jugador debe decidir cuánto de sus \$10 enviar al jugador 2. La cantidad enviada se triplica en el camino hacia el jugador 2. Una vez el jugador 2 recibe esa cantidad triplicada, debe decidir cuánto retornar al jugador 1. La cantidad retornada no se triplica.

Claramente este juego en una sola ronda tiene un equilibrio de Nash de (\$10,\$10) en el que el jugador 2 debería quedarse con toda la cantidad recibida, y por tanto el jugador 1 no tiene incentivos a enviar dinero al jugador 2. El óptimo social de este juego se logra cuando el jugador envía toda su dotación al jugador 2 generando una suma total de pagos de  $3 \times \$10 + \$10 = \$40$ .

El objetivo es generar un ejercicio que demuestre a los operadores, que en el tema específico de Interconexión, la cooperación mutua es la solución óptima, por cuanto es el mecanismo mediante el cual ambos podrán maximizar sus beneficios, si uno deserta no existen incentivos para la generación futura de negocios con beneficio mutuo.

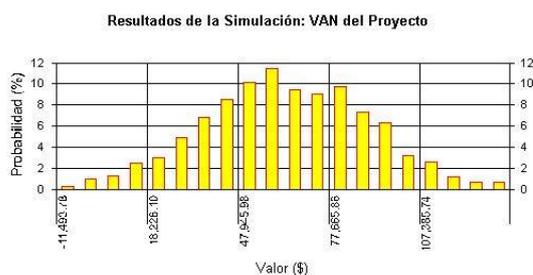
En términos de los pagos el juego de confianza tiene una estructura similar al dilema del prisionero, ya que la recompensa por la cooperación mutua es mayor que la otorgada por la deserción mutua. El juego de confianza repetido es potencialmente muy estable, ya que da la máxima recompensa a jugadores que establecen un hábito de confianza y cooperación mutua. A pesar de ello, existe el problema de que los jugadores no sean conscientes de que está en su interés cooperar, o que no anticipen la reciprocidad negativa del otro jugador erosionando la reputación, cooperación y confianza en el proceso.

## El modelo de Simulación Montecarlo

La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

La clave de este tipo de simulación consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables de entrada (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en (1) generar – con ayuda del ordenador-muestras aleatorias (valores concretos) para dichos inputs, y (2) analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir **n** veces este experimento, dispondremos de **n** observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual nos será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo –obviamente, nuestro análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número **n** de experimentos que llevemos a cabo.

Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann a finales de los 40 en el laboratorio de Los Alamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones. En años posteriores, la simulación de Monte Carlo se ha venido aplicando a una infinidad de ámbitos como alternativa a los modelos matemáticos exactos o incluso como único medio de estimar soluciones para problemas complejos.



La simulación de Monte Carlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental -precisamente, el nombre de Monte Carlo proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y donde el azar, la

probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida.

Las últimas versiones de Excel programadas a partir del lenguaje Visual Basic for Applications, permiten crear auténticas aplicaciones de simulación destinadas al usuario final. En el mercado existen también varios complementos de Excel (Add-Ins) específicamente diseñados para realizar simulación Monte Carlo, siendo los más conocidos: @Risk, Crystall Ball, Insight.xla, SimTools.

La metodología de aplicación de la simulación Monte Carlo es simple, seguidamente se plantea un ejemplo de aplicación en el caso de la evaluación de proyectos a través del análisis del comportamiento de los Flujos Netos de Efectivo.

1. Calcule primero el valor esperado de flujos para cada año considerando el producto de multiplicar la probabilidad por cada flujo y después de obtener estos productos proceder a sumarlos. Por ejemplo: en el año 1(100 + 400 + 900 + 1 600) y la suma es de \$3 000.
2. Proceda a descontar el flujo del año 1 a la tasa de 4% por un año; el flujo del segundo año a la tasa de 4% por dos años, y finalmente el flujo del tercer año a la tasa de 4% por tres años. Así obtendrá el valor presente al cual se le restan los \$5 000 de inversión para obtener el valor presente neto.
3. Proceda a obtener la desviación estándar del flujo de cada año, relacionando cada uno de los flujos con respecto al valor promedio o esperado de cada año. Estos desvíos se elevan al cuadrado y se multiplican por la probabilidad de ocurrencia, haciendo esto para cada flujo del primer año y luego se suma.
4. Aplique la fórmula de desviación estándar total.

5. Esta desviación estándar implica descontar la varianza (el cuadro de la desviación estándar) de cada año a la tasa de 4% de cada año y se obtiene la raíz cuadrada del resultado de la suma de valores presentes de estas varianzas para obtener la desviación estándar total.
6. Con base en el valor presente neto obtenido, se incorpora al área bajo la curva normal utilizando la desviación estándar obtenida en el punto 5.
7. Por ejemplo: la probabilidad para obtener un valor presente neto negativo se expresaría como:

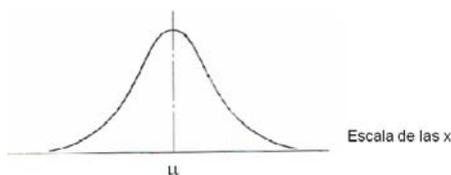
$$Z = \frac{0 - \text{Valor presente neto}}{\text{Desviación estándar}}$$

## Metodología de cálculo de los valores z

Para poder desarrollar el método de cálculo de los valores z, es necesario que iniciemos por la definición de algunos conceptos fundamentales, uno de ellos es la Distribución Normal, según lo explican Aguirre, Betancourt y Mayo en sus apuntes<sup>1</sup>.

### Principales Características

1. Tiene forma de campana.

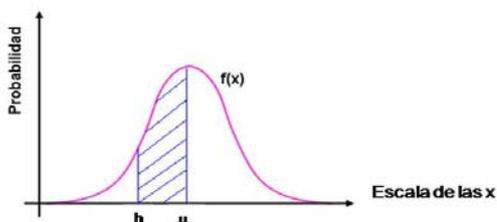


2. Es simétrica con respecto a la media aritmética de la distribución que se localiza en el centro de ella, es decir, hay el mismo número de valores tanto a la derecha como a la izquierda del centro.
3. Se extiende de  $-\infty$  a  $+\infty$ , es decir, nunca toca el eje "x".

---

<sup>1</sup> O. Aguirre, J. Betancourt, O. Mayo. Estadística Básica Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, México.

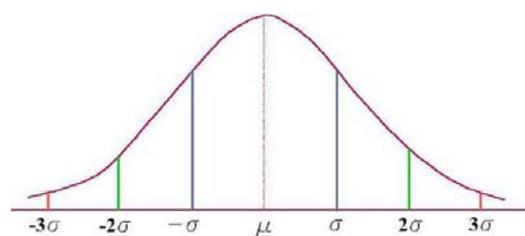
4. El área total de la curva comprende el 100% de los valores considerados.



5. El área bajo la curva entre dos puntos de referencia respecto al eje “x” corresponde a la probabilidad de que una variable distribuida en forma normal asuma un valor entre ellos.

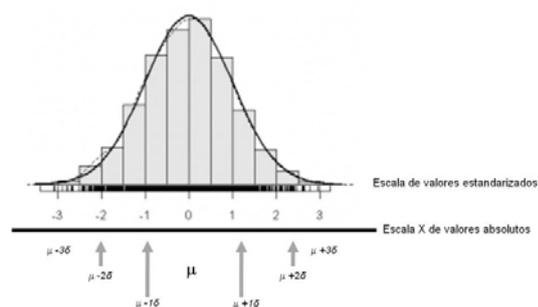
6. La probabilidad siempre será un valor de intervalo definido entre la media aritmética y la desviación estándar.

7. El área bajo de la curva es una determinación del número de desviaciones estándar entre la media aritmética y un punto de referencia hacia la derecha o la izquierda.



Tal y como se indicaba anteriormente, para facilitar la obtención del área bajo la curva normal se procede a estandarizarla. Se transforma en una escala de valores “z” respecto al eje “x”. De lo contrario, en escala de valores absolutos, se requerirá de cálculo integral.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$



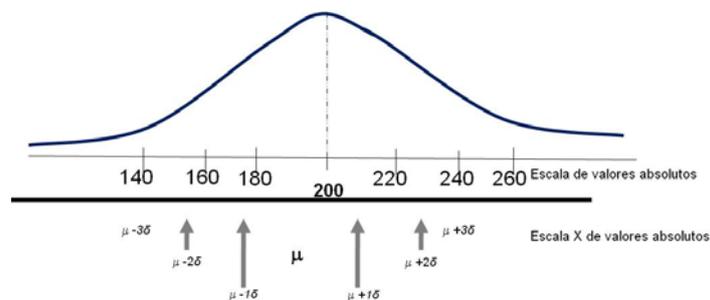
Donde:

- x** = valor de referencia
- δ** = desviación estándar de toda la población
- μ** = media aritmética de toda la población

## Aplicación en el caso del Sector Telecomunicaciones

### Ejemplo paso a paso para el análisis de consumo a partir de la aplicación del Modelo Monte Carlo

En un estudio de mercado se determinó que el promedio de consumo al mes en mensajes cortos es 200, con una desviación estándar de 20. Con base en estos datos, la distribución normal con escala de valores absolutos queda de la siguiente manera.



1. Se procede a estandarizar los diferentes valores empleando la expresión:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

2. Considere como valores de referencia los anotados en la escala de valores absolutos de la figura anterior, es decir:

$$x_1 = 140$$

$$x_2 = 160$$

$$x_3 = 180$$

$$x_4 = 200$$

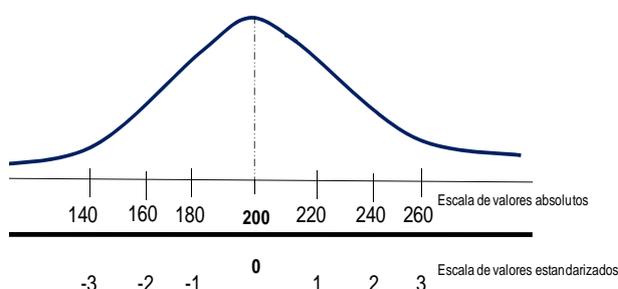
$$x_5 = 220$$

$$x_6 = 240$$

$$x_7 = 260$$

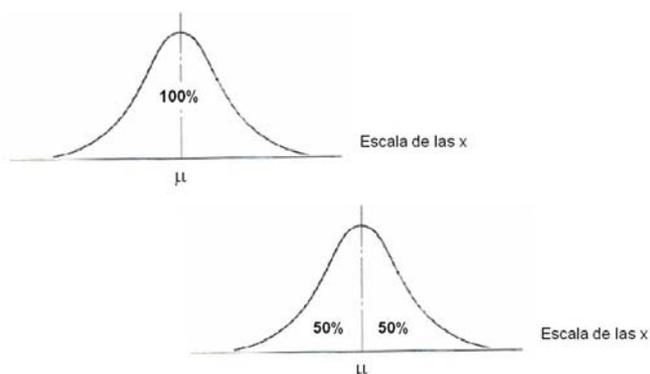
3. Si la Media Aritmética es  $\mu = 200$ , y la Desviación Estándar es  $\sigma = 20$ , entonces:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \frac{x_1 - \mu}{\delta} = \frac{140 - 200}{20} = \frac{-60}{20} = -3 \\
 Z_2 &= \frac{x_2 - \mu}{\delta} = \frac{160 - 200}{20} = \frac{-40}{20} = -2 \\
 Z_3 &= \frac{x_3 - \mu}{\delta} = \frac{180 - 200}{20} = \frac{-20}{20} = -1 \\
 Z_4 &= \frac{x_4 - \mu}{\delta} = \frac{200 - 200}{20} = \frac{0}{20} = 0 \\
 Z_5 &= \frac{x_5 - \mu}{\delta} = \frac{220 - 200}{20} = \frac{20}{20} = 1 \\
 Z_6 &= \frac{x_6 - \mu}{\delta} = \frac{240 - 200}{20} = \frac{40}{20} = 2 \\
 Z_7 &= \frac{x_7 - \mu}{\delta} = \frac{260 - 200}{20} = \frac{60}{20} = 3
 \end{aligned}$$



4. Con los valores transformados es posible representar debajo de la escala de valores absolutos, los correspondientes valores estandarizados para observar que existe equivalencia entre ambos.

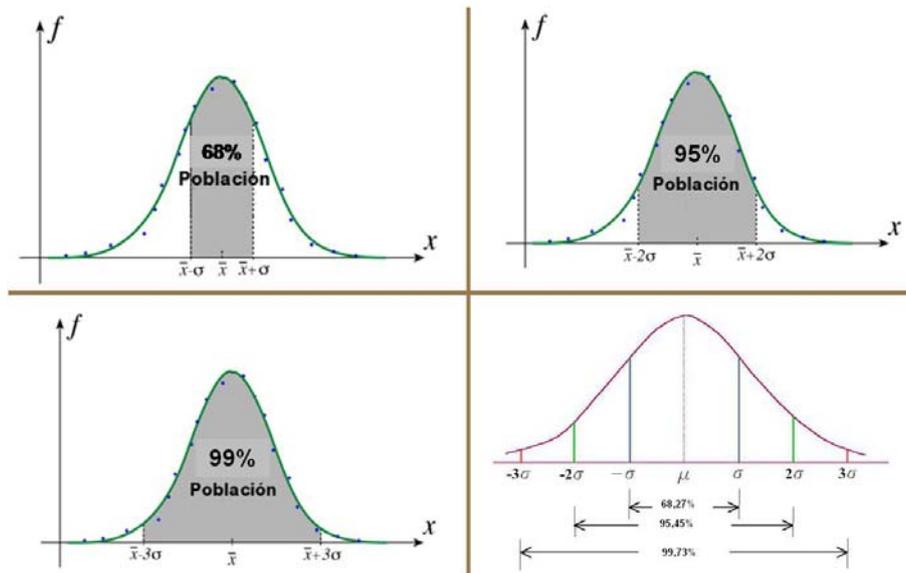
5. Existe una lógica relación entre la escala de valores absolutos con la escala “z” de valores estandarizados, los cuales muestran la distancia en desviaciones estándar, de un determinado valor de referencia “xi” respecto a la media aritmética.



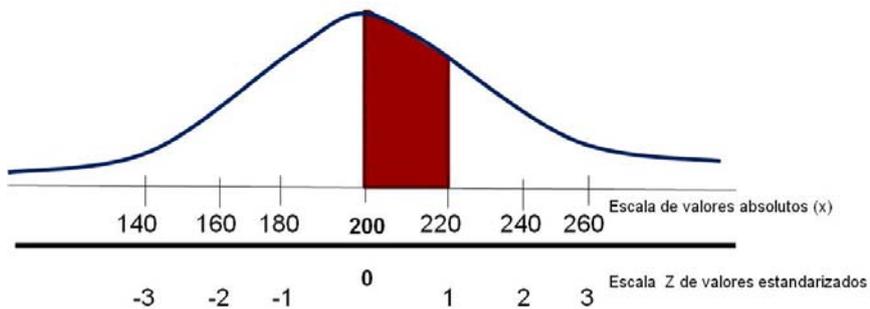
6. Para obtener el área bajo la curva normal estandarizada es decir, la probabilidad es necesario recordar que la distribución contiene el 100% de los valores, y que a sus dos lados se encuentran por lo tanto, exactamente el 50% de tales valores respecto a su centro (media aritmética).

### Aplicación de Probabilidades

Sobre la base del mismo ejemplo, es posible encontrar la probabilidad de encontrar un cliente que consuma entre 200 y 220 mensajes al mes, considerando que el consumo promedio ascendió el año pasado a 200 mensuales, con una desviación estándar de 20.



En términos gráficos, estaríamos identificando el área bajo la curva destacada en color rojo.



Al estandarizar los valores:

Como  $x_1 = 200$  entonces: 
$$Z_1 = \frac{x_1 - \mu}{\delta} = \frac{200 - 200}{20} = \frac{-0}{20} = 0$$

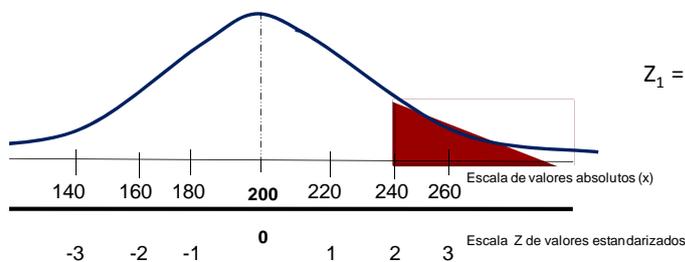
Como  $x_2 = 220$  entonces: 
$$Z_2 = \frac{x_2 - \mu}{\delta} = \frac{220 - 200}{20} = \frac{20}{20} = 1$$

En consecuencia se busca el área bajo la curva que se encuentra entre 0 y 1 de la escala Z de valores estandarizados, es decir, la franja sombreada en la figura anterior.

$(0 \leq Z \leq 1) =$  Área bajo la curva normal entre 0 y 1 = 0,3413 ó 34,13%

La probabilidad de encontrar un cliente que consuma entre 200 y 220 mensajes al mes es de 34,13%.

A partir del mismo ejemplo, ¿Cuál es la probabilidad de encontrar un cliente que consuma más de 240 mensajes al mes?



$$Z_1 = \frac{x_1 - \mu}{\delta} = \frac{240 - 200}{20} = \frac{40}{20} = 2$$

### Área bajo la curva

$(2 \leq Z) =$  Área bajo la curva normal mayor o igual a 2

$0,5 - (0 \leq Z \leq 2)$

Lo que se hace es restarle a la mitad de la curva normal el área que se localiza entre 0 y 2.

$(0 \leq Z \leq 2) = 0,47725$

Aplicando la resta:

$$0,5 - (0 \leq Z \leq 2) = 0,5 - 0,47725 = 0,02275 \text{ ó } 2,275\% \text{ ó } 2,3\%$$

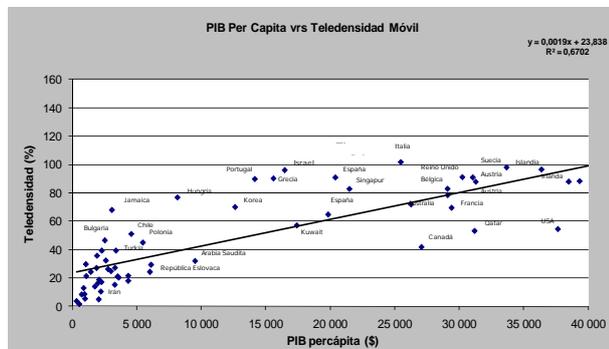
La probabilidad de encontrar un cliente que consuma más 240 mensajes es de 2,3%.

### **Aplicación Regulatoria**

Es lógico que los operadores dimensionen sus precios con base en demandas, hora pico y en el menor de los casos con capacidad de sus equipos, de tal forma que los reguladores deben velar por un óptimo que debe estar sustentado en el bienestar económico. La aplicación anterior le permite al regulador dar una guía a los operadores sobre la probabilidad de que sus demandas proyectadas tengan éxito, es decir, se podrá demostrar con base en información histórica, si el dimensionamiento de sus redes o plataformas para brindar los servicios están ajustadas al comportamiento de mercado, todo bajo un comportamiento normal de los datos, esta metodología puede ser aplicada a cualquier variable, consumo de voz, datos, video, otros.

### 3. Análisis de series de tiempo

Una secuencia de valores observados a lo largo del tiempo, es decir, ordenados cronológicamente, en un sentido amplio es una serie temporal. Resulta difícil imaginar una rama de la ciencia en la que no aparezcan datos que puedan ser considerados como series temporales.



Los objetivos del análisis de series temporales son diversos, pudiendo destacar la predicción, el control de un proceso, la simulación de procesos, y la generación de nuevas teorías físicas o biológicas.

Evidentemente aunque el valor futuro de una serie temporal no sea predecible con total exactitud, para que tenga interés su estudio, el resultado tampoco puede ser completamente aleatorio, existiendo alguna regularidad en cuanto a su comportamiento en el tiempo, lo que hará posible su modelado y por ende, en su caso, la predicción. La búsqueda de regularidades y de patrones ha sido siempre una de las tareas básicas de la ciencia, y muchas veces se descubren simetrías que sirven de fundamento para la predicción del comportamiento de los fenómenos, incluso antes de que se entienda la razón o causa que justifica esa regularidad.

Por lo tanto, si podemos encontrar patrones de regularidad en diferentes secciones de una serie temporal, podremos también describirlas mediante modelos basados en distribuciones de probabilidad. La secuencia ordenada de variables aleatorias  $X(t)$  y su distribución de probabilidad asociada, se denomina proceso estocástico. Un proceso estocástico es por tanto el modelo matemático para una serie temporal.

Un concepto importante que encontramos en este ámbito, es el de procesos estacionarios. Si examinamos por ejemplo el consumo telefónico de un grupo de clientes en varios años, aunque haya fluctuaciones, habrá una tendencia creciente. De una manera simplificada, es posible indicar que una serie es estacionaria cuando se encuentra en equilibrio estadístico, en el sentido de que sus propiedades no varían a lo largo del tiempo, y por lo tanto no pueden existir tendencias.

Un proceso es no-estacionario si sus propiedades varían con el tiempo, como el clima., por lo anterior es importante que el regulador someta a análisis la información que le provee el operador y con técnicas estadísticas evalúe la tendencia de los datos y corregir si es necesario con base en ,modelos regresivos y autoregresivos, hay herramientas como los modelos para medir el efecto de la inflación, tipos de cambio, políticas monetarias y demás que afectan a los operadores, conocer la información histórica es importante para hacer las predicciones del comportamiento del mercado y con base en esos datos se puede entender la expansión de un negocio y la justificación de las inversiones, algunas veces, un operador puede dimensionar se capacidad futura, esta herramienta ayuda como elemento adicional a valorar esos eventos. Protegiendo al mercado de posibles sobredimensionamientos y con esto sobreprecios.

## Modelado Clásico de series temporales

El primer paso obligatorio para analizar una serie temporal es presentar un gráfico de la evolución de la variable a lo largo del tiempo, como puede ser el de la figura 3.1.

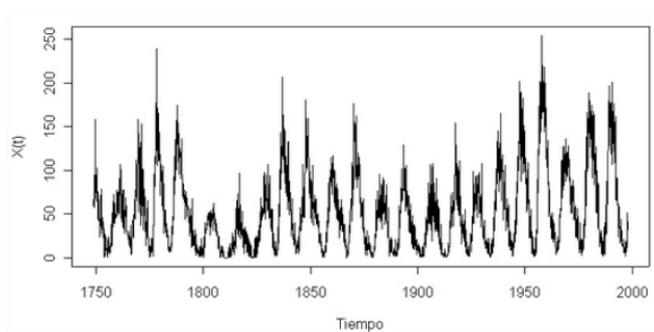


Figura 3.1 Representación de una serie temporal

El siguiente paso consistirá en determinar si la secuencia de valores es completamente aleatoria o si, por el contrario, se puede encontrar algún patrón a lo largo del tiempo, pues sólo en este caso podremos seguir con el análisis.

La metodología tradicional para el estudio de series temporales se basa fundamentalmente en descomponer las series en varias partes: tendencia, variación estacional o periódica, y otras fluctuaciones irregulares.

- **Tendencia.** Es la dirección general de la variable en el periodo de observación, es decir el cambio a largo plazo de la media de la serie.
- **Estacionalidad.** Corresponde a fluctuaciones periódicas de la variable, en periodos relativamente cortos de tiempo.

- **Otras fluctuaciones irregulares.** Después de extraer de la serie la tendencia y variaciones cíclicas, nos quedará una serie de valores residuales, que pueden ser o no totalmente aleatorios. Volvemos a estar como en el punto de partida, pues ahora también nos interesa determinar si esa secuencia temporal de valores residuales puede o no ser considerada como aleatoria pura. En la figura 3.2 se muestra un ejemplo de una serie temporal en la que se aprecia la existencia de las distintas componentes comentadas.

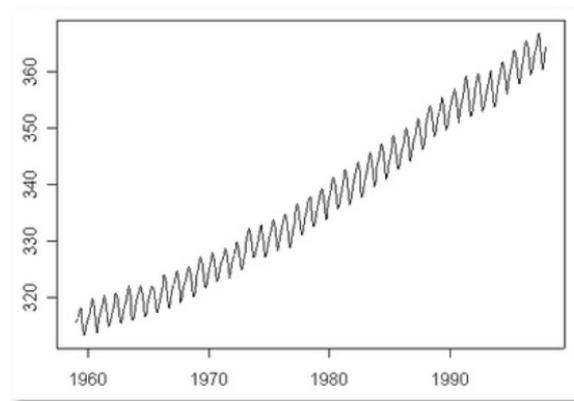


Figura 3.2 Serie temporal con tendencia

## Análisis de la tendencia

Una primera idea sobre la presencia de tendencia en la serie la obtendremos en su representación gráfica. Pero no siempre estará tan clara como en la figura 2.3. Por ejemplo, en la figura 3.3 hay tendencia pero ya no es tan marcada.

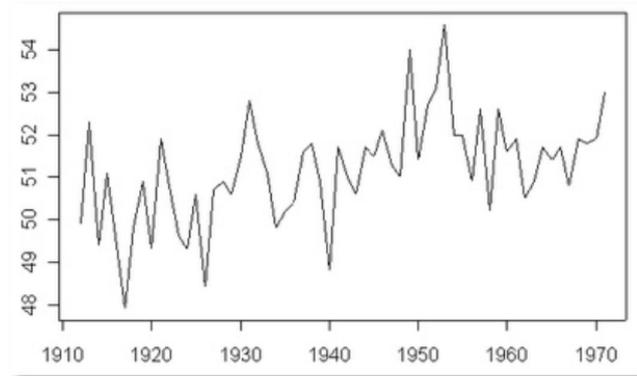


Figura 3.3 Serie temporal con tendencia no marcada

Los medios más utilizados para detectar y eliminar la tendencia de una serie se basan en la aplicación de filtros a los datos. Un filtro no es más que una función matemática que aplicada a los valores de la serie produce una nueva serie con unas características determinadas. Entre esos filtros encontramos las medias móviles.

Una media móvil se calcula, para cada punto, como un promedio del mismo número de valores a cada lado de ese punto. Así una media móvil de tres puntos se calcula como:

$$m(x_t) = \frac{x_{t-1} + x_t + x_{t+1}}{3}$$

Mientras que una media móvil de cuatro puntos viene dada por

$$m(x_t) = \frac{(x_{t-2} / 2) + x_{t-1} + x_t + x_{t+1} + (x_{t+2} / 2)}{4}$$

Cuando la cantidad de puntos de la media móvil es par, se toma la mitad de los valores extremos.

Existen otros procedimientos para extraer la tendencia, como ajuste de polinomios, alisado mediante funciones exponenciales, etc. Una clase de filtro, que es particularmente útil para eliminar la tendencia, se basa en aplicar diferencias a la serie hasta convertirla en estacionaria. Una diferencia de primer orden se obtiene restando dos valores contiguos:

$$\nabla x_{t+1} = x_{t+1} - x_t$$

Si volvemos a diferenciar esa serie, restando los nuevos valores consecutivos obtenemos una nueva serie más suavizada.

$$\nabla^2 x_{t+2} = \nabla x_{t+2} - \nabla x_{t+1}$$

Una vez que se aplica un proceso clásico de descomposición mediante un procedimiento de medias móviles a los datos de la figura 3.3, se obtiene las siguientes series:

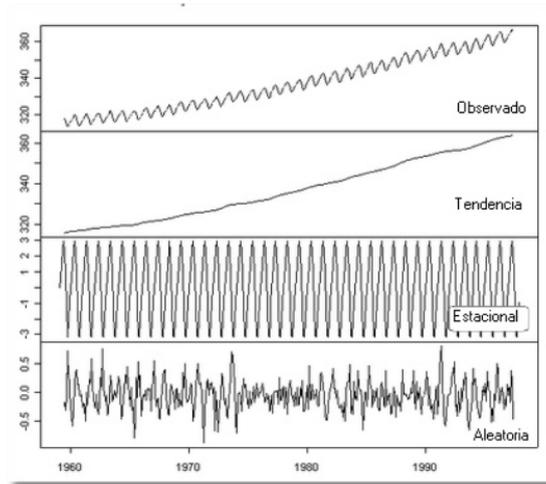


Figura .3.4 Descomposición de una serie temporal

Para analizar la estacionalidad de una serie introduciremos un concepto de gran interés en el análisis de series temporales: la función de autocorrelación.

La función de autocorrelación mide la correlación entre los valores de la serie distanciados un lapso de tiempo  $k$ .

Recordemos la fórmula del coeficiente de correlación simple, dados  $N$  pares de observaciones  $y, x$ :

$$r = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 \sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

De igual forma, dada una secuencia temporal de  $N$  observaciones  $x_1 \dots x_N$ , podemos formar  $N-1$  parejas de observaciones contiguas  $(x_1, x_2), (x_2, x_3), \dots (x_{N-1}, x_N)$  y calcular el coeficiente de correlación de estas parejas. A este coeficiente lo denominaremos coeficiente de autocorrelación de orden 1 y lo denotamos como  $r_1$ .

Análogamente se pueden formar parejas con puntos separados por una distancia 2, es decir  $(x_1, x_3), (x_2, x_4), \dots$  y calcular el nuevo coeficiente de autocorrelación de orden 2. De forma general, si preparamos parejas con puntos separados una distancia  $k$ , calcularemos el coeficiente de autocorrelación de orden  $k$ .

Al igual que para el coeficiente de correlación lineal simple, se puede calcular un error estándar y por tanto un intervalo de confianza para el coeficiente de autocorrelación.

La función de autocorrelación es el conjunto de coeficientes de autocorrelación  $r_k$  desde 1 hasta un máximo que no puede exceder la mitad de los valores observados, y es de gran importancia para estudiar la estacionalidad de la serie, ya que si ésta existe, los valores separados entre sí por intervalos iguales al periodo estacional deben estar correlacionados de alguna forma. Es decir que el coeficiente de autocorrelación para un retardo igual al periodo estacional debe ser significativamente diferente de 0.

Relacionada con la función de autocorrelación nos encontramos con la función de autocorrelación parcial. En el coeficiente de autocorrelación parcial de orden  $k$ , se calcula la correlación entre parejas de valores separados esa distancia pero eliminando el efecto debido a la correlación producida por retardos anteriores a  $k$ .

En la figura 3.5 vemos una gráfica típica de la función de autocorrelación parcial, en la que se marcan los intervalos de confianza para ayudar a detectar los valores significativos y cuya posición en el eje X nos indicará la probable presencia de un factor de estacionalidad para ese valor de retardo.

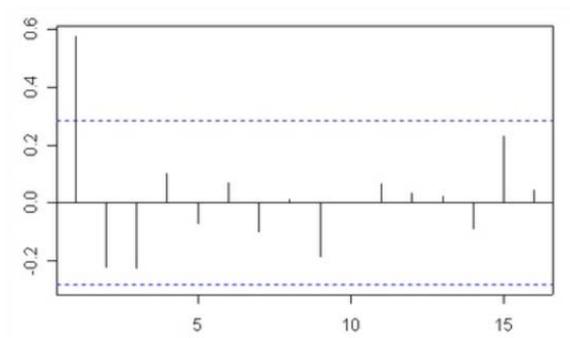


Figura 3.5 Función de autocorrelación parcial

## Modelos causales

Como se analizó el capítulo I, estos modelos relacionan una variable dependiente (VD) con una o varias explicatorias (VE), por ejemplo, el número de ventas (VD) con la población (VE). También se puede relacionar la cantidad vendida explicada por el precio, ingresos u otras variables.

A lo anterior se le conoce como modelos econométricos, que literalmente significa: medición económica y es una amalgama de teoría económica, matemática y estadística. Su metodología según Gujarati se puede resumir en estos puntos:

### Metodología

1. Especificación del modelo matemático de la teoría
2. Especificación del modelo econométrico de la teoría
3. Planteamiento de la teoría o de la hipótesis
4. Obtención de datos
5. Estimación de parámetros del modelo econométrico
6. Prueba de hipótesis
7. Pronóstico o predicción
8. Utilización del modelo para control o política

Por ejemplo

El planteamiento de la teoría o de la hipótesis puede ser explicado por la teoría Keynesiana del consumo:

Keynes plantea:

La ley psicológica fundamental consiste en que los hombres y las mujeres como regla general y en promedio, están dispuestos a incrementar su consumo a medida que su ingreso aumenta, pero no en la misma cuantía del aumento de su ingreso.

Keynes postula que la Propensión Marginal a Consumir (PMC), es decir, la tasa de cambio del consumo generado por unidad adicional de ingreso.

La idea con lo anterior es demostrar que el modelo debe tener sustento teórico, lógico, no se puede generar un modelo con una ocurrencia debe ser sustentado, tienen que ser válido, demostrable.

- En relación con la especificación del modelo matemático de consumo se tiene que presentar como sigue:

Función Keynesiana:

$$C = \beta_1 + \beta_2 X \quad 0 < \beta_2 < 1$$

Donde:

C= Consumo

X= Ingreso

$\beta_1$  y  $\beta_2$  = parámetros del modelo, respectivamente, intercepto y coeficiente de la pendiente.  $\beta_2$  es la PMC.

Esto es el modelo matemático determinístico y la ecuación resultante es:

$$C = \beta_1 + \beta_2 X$$

Es esta ecuación el signo izquierdo de la igualdad se conoce como variable dependiente y las del lado derecho variables independientes o explicativas. En la función Keynesiana de consumo, el consumo es la variable dependiente y el ingresos la variable explicativa. Sin embargo el modelo matemático es limitado para la econometría debido a su relación exacta o determinística entre el consumo y el ingreso. Por lo anterior hay que especificar un modelo econométrico de consumo.

- Especificación del modelo econométrico de consumo

Modelo econométrico:

$$C = \beta_1 + \beta_2 X + u$$

u= Es el término de perturbación o de error, es una variable aleatoria o estocástica. Eso implica que u tiene propiedades probabilísticas claramente definidas. En nuestra rama se trabajan con variables que son afectadas por la conducta humana, por esa razón no son exactos.

Por ejemplo si se analizara la relación de consumo ingreso de una muestra de 500 familias, y se graficaran, no se esperaría que todas las observaciones quedaran exactamente sobre la línea, porque a demás del ingreso, existen otras variables que afectan al gasto: Tamaño familia- edades- religión- otras.

El modelo econométrico, más técnicamente llamado modelo de regresión lineal puede graficarse de la siguiente manera:

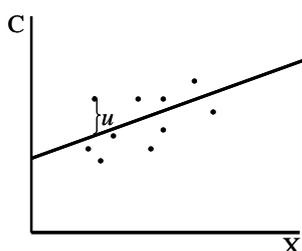


Figura 3.6 Gráfico del modelo de regresión lineal simple

- Obtención de información

Para estimar nuestro modelo econométrico es necesario obtener valores numéricos para las betas y para eso necesitamos datos, es siguiente ejemplo de esta metodología aportada por Gujarati ilustra nuestro objetivo:

CONSUMO PERSONAL Y PIB		
AÑO	C	X
1980	2447	3776
1981	2476	3843
1982	2503	3760
1983	2619	3906
1984	2746	4184
1985	2865	4279
1986	2969	4404
1987	3052	4539
1988	3162	4718
1989	3162	4718
1990	3223	4838
1991	3260	4877

- Con base en esa información se debe obtener los valores de beta, este cálculo se explica en la sección de mínimos cuadrados y su aplicación con base en Excel mediante el análisis de regresión.

- Así la función estimada es:

$$\hat{C} = -231.8 + 0.7194 X$$

El gorro sobre C indica que es un valor estimado.

Vemos que el coeficiente de la pendiente B2, es decir, la PMC, fue alrededor de 0,72, sugiriendo que para el periodo muestral un incremento de un dólar lleva, en promedio a un incremento de 0,72 centavos en el gasto. Es promedio porque la relación consumo ingreso es inexacta.

- Prueba de hipótesis

Los positivistas dicen que una teoría o hipótesis que nos es verificable por la evidencia empírica no puede ser admisible como parte de la investigación científica.

- Proyección o predicción

Si el modelo escogido confirma la hipótesis o la teoría en consideración, se puede utilizar para predecir el valor de la variable dependiente C. Con base en el valor futuro de la variable explicatoria. Por ejemplo:

Suponga que se espera un PIB real de US\$6000 millones en el siguiente año en un país determinado.

¿Cuál es el pronóstico de gasto de consumo?

$$\begin{aligned}\hat{C} &= -231.8 + 0.7196 (6000) \\ &= 4084.6\end{aligned}$$

A nivel de la economía se puede estimar que para el año siguiente se tenga un gasto de consumo de aproximadamente \$4 085 millones.

Este tipo de análisis es muy útil en el ámbito regulatorio y de los operadores de telecomunicaciones en general, pues a partir del análisis de series de consumo de minutos es posible estimar una proyección de tráfico futuro en las redes, y de esta forma contar con insumos estadísticos confiables para la estimación de inversiones y costos de interconexión por ejemplo.

## Mínimos Cuadrados

Para establecer la derivación algebraica del método de regresión de Mínimos Cuadrados es necesario indicar que para un valor estimado existe un error i-ésimo ( $e_i$ ) entre las coordenadas "x" y "y" se expresa:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \quad \text{así el error i-ésimo es:} \quad e_i = y_i - \alpha - \beta x_i$$

El interés es minimizar el error con una tendencia a cero (0) por lo que se deben sumar el total de los errores de una forma que se exprese la desviación absoluta promedio del valor estimado expresado como:

$$y_i = \alpha + \beta x_i \text{ como dato estimado, y como función } y = \alpha + \beta x$$

Las observaciones que quedan por encima de la recta observada tienen un residual positivo. Las observaciones que quedan por debajo de la recta dan un residual negativo. Si esta recta pasa geoméricamente a la misma distancia existente entre las observaciones que están por encima y las que están por debajo de ella, entonces la suma de los residuales ( $e_i$ ) positivos es igual a la suma de residuales negativos ( $e_i$ ) negativos.

$$\sum e_i (+) = \sum e_i (-) \text{ o como: } \sum e_i (+) + \sum e_i (-) = 0$$

Para evitar que se cancelen los residuales positivos con los negativos se aplica un conocido truco matemático: elevar al cuadrado cada residual, así los valores negativos resultan en positivos. Con ello ya podemos proceder a sumar el valor absoluto de los residuales:

$$\sum e_i^2 = \sum (y_i - \alpha - \beta x_i)^2 \text{ donde el gorrito } (^) \text{ sobre la } \alpha \text{ y la } \beta \text{ indican "a estimar".}$$

Ahora, deseando minimizar el valor de la función de los errores obtenidos, se aplica el cálculo infinitesimal donde la primera derivada de la función igualada a cero, para la derivada parcial dan los valores críticos de la función:

$\sum e_i^2$  por lo que

$$\frac{d \sum e_i^2}{d\alpha} = \frac{(2) (-1) \sum (y_i - \alpha - \beta x_i)}{(2) (-1)}$$

$$\sum e_i^2 \quad (2) (-1) \sum (y_i - \alpha - \beta x_i)$$

Aplicando la regla de la cadena, se iguala a cero (0) y se despeja:

$$\sum (y_i - \alpha - \beta x_i) = 0$$

$$\sum y_i - n\alpha - \beta \sum x_i = 0 \text{ (siendo que } \sum x_i = n\bar{x})$$

Siendo  $\bar{x}$  la media aritmética:

$$\frac{n\beta - n\alpha - \beta n\bar{x}}{n} = 0$$

$$y - \alpha - \beta X = 0$$

Donde  $Y - \beta x$  es menor o igual a alfa ( $\alpha$ )

Se procede ahora bajo el mismo procedimiento a obtener beta ( $\beta$ ):

$$\frac{\sum e_i^2}{d\beta} = (-x_i) \sum (y_i - \alpha - x_i) = 0$$

$$\sum x_i y_i - \alpha \sum x_i - \beta \sum x_i^2 = 0$$

$$\sum x_i y_i = \alpha \sum x_i + \beta \sum x_i^2 \quad (\text{siendo que } \sum z_i = nZ)$$

$$\sum x_i y_i = \alpha nX + \beta \sum x_i^2 \quad \text{sustituyendo } \alpha \text{ se tiene}$$

$$\sum x_i y_i = (Y - \beta X)nX + \sum x_i^2$$

$$\sum x_i y_i = nXY - n\beta X^2 + \sum x_i^2$$

$$\sum x_i y_i - nXY = \sum x_i^2 - \beta Xn^2$$

$$\sum x_i y_i - nXY = (\sum x_i^2 - nX^2)$$

$$\beta = \frac{\sum x_i y_i - nXY}{\sum x_i^2 - nX^2}$$

$$\alpha = Y - \beta x$$

Con ello tenemos  $\alpha$  y  $\beta$  de la ecuación regresiva:

$$Y = \alpha + \beta X \text{ donde } \alpha \text{ y } \beta \text{ son los parámetros a estimar}$$

El verdadero problema se presenta al pasar a la predicción a medio y largo plazo (con un horizonte de varios años). Aquí la historia de lo ocurrido hasta el momento sólo es una de las piezas de información, ya que lo normal es que cambie el entorno y los condicionantes de la predicción. Por eso, es necesario explicitar los supuestos, no caer en predicciones continuistas, ni confiar plenamente en leyes de pasado. Como consecuencia, hay que buscar predicciones que incorporen otros aspectos adicionales a la información de pasado, que primen una visión amplia del futuro, considerando posibles alternativas. Es decir, en resumen, es aconsejable pasar de la predicción de un futuro único a la simulación de futuros alternativos, respondiendo así a preguntas del tipo: ¿Qué pasaría si...?

Sin embargo, disponer de predicciones alternativas según la supuesta evolución de los factores de entorno que las condicione, ni es una tarea sencilla, ni tampoco soluciona el problema de la toma de decisiones.

La toma de decisiones exige considerar, inevitablemente, riesgos que ninguna predicción puede eliminar. Esta modesta, pero decisiva, contribución puede proporcionar elementos de juicio sobre ese futuro incierto.

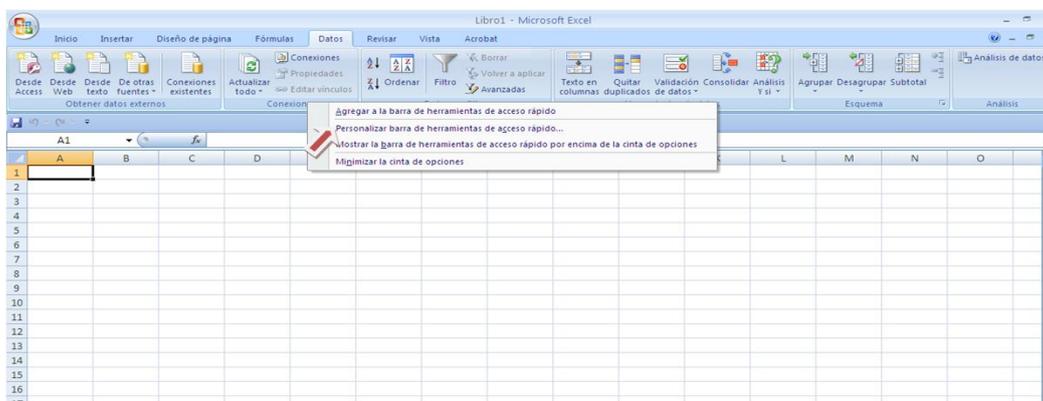
## Método de Regresión Lineal Simple

El método de Regresión Lineal Simple o Mínimos Cuadrados, permite determinar una ecuación de una recta, que le permitirá al Regulador construir una línea de tendencia sobre la variable de interés: consumos, mensajes, tráfico, participación relativa de mercado, entre otras, de manera tal que le brinda la posibilidad de predecir o proyectar el comportamiento de dicha variable en el futuro.

A manera de ejemplo se supone que un operador o el regulador requieren proyectar el consumo de minutos de voz móvil para el siguiente periodo  $t+1$ . Para realizar el cálculo se requiere la información sobre los consumos históricos de al menos 60 observaciones, si no se cuenta con la información se tendrá que confiar en la información que esté disponible y valorar su utilización a partir del resultado del  $R^2$  obtenido, para este cálculo se hace uso de la herramienta Excel, según se describe seguidamente.

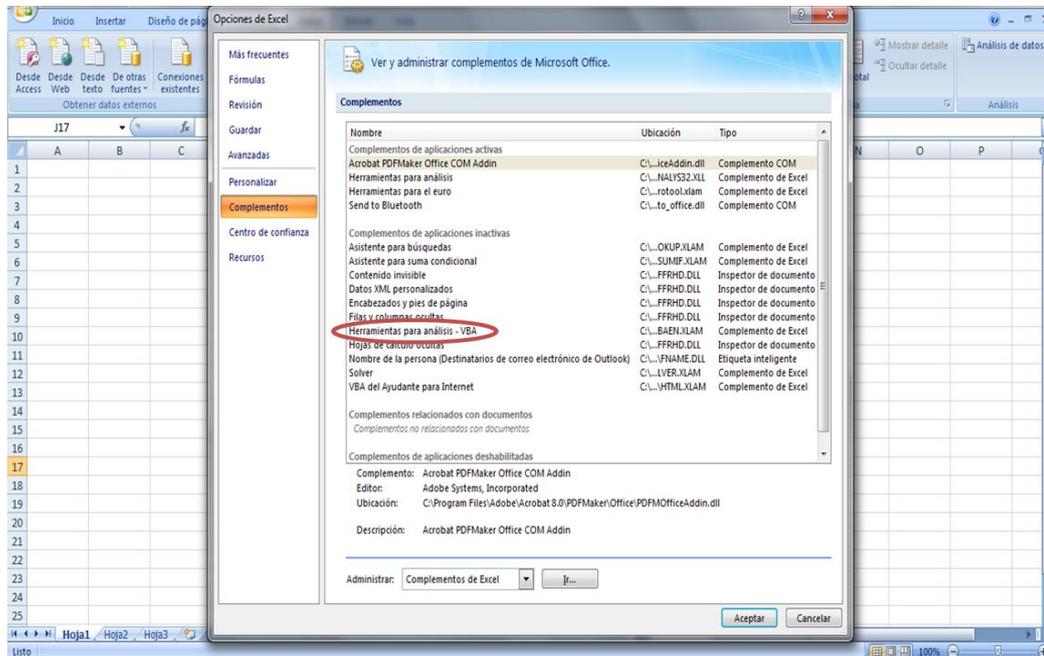
### Estimación paso a paso en el programa Excel

Sobre el Sistema Operativo de Windows XP o Windows 7, buscar en la pestaña de datos el submenú en herramientas de datos y dar **click derecho**, con lo que se despliega una ventana de diálogo, elegir la opción **Personalizar barra de herramientas de acceso rápido**.



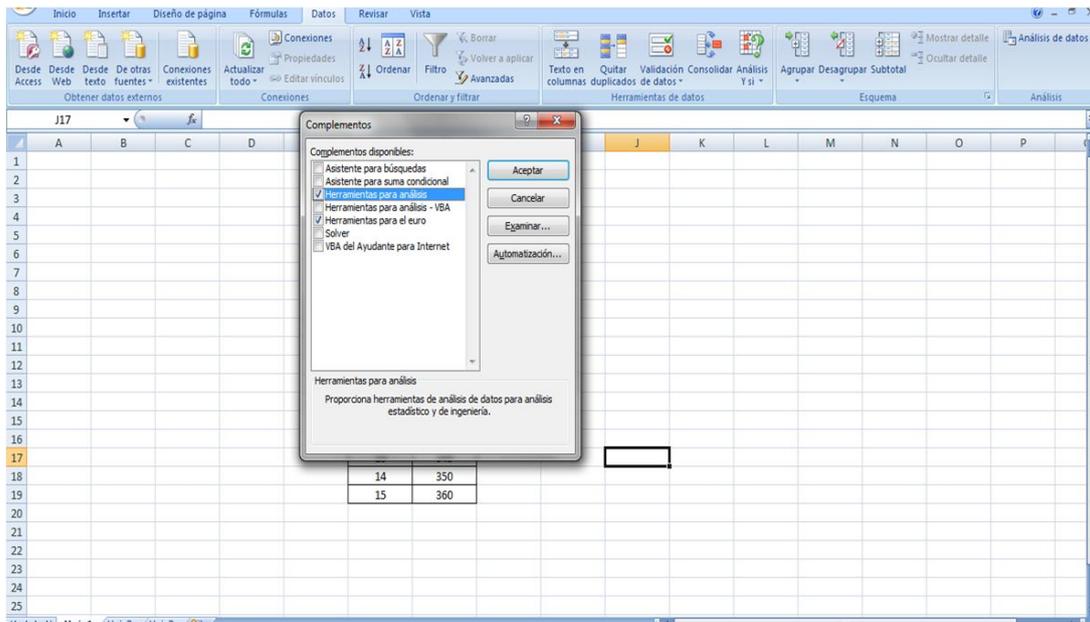
Cuadro 3.1 Función Excel Herramientas de Datos

Se despliega una nueva ventana de diálogo , elegir **complementos** y luego **herramientas para análisis -VBA**



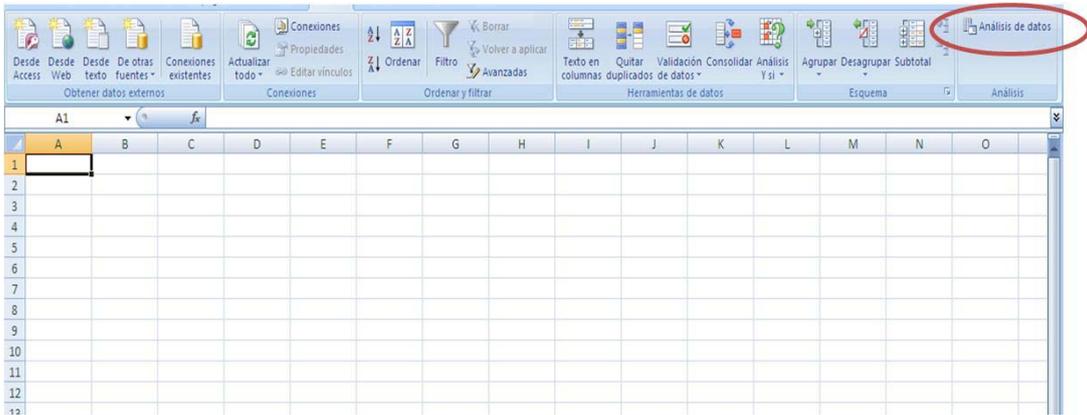
Cuadro 3.2 Función Excel Complementos

Presionar la tecla ir, y en el nuevo cuadro de diálogo elegir **herramienta para análisis**.



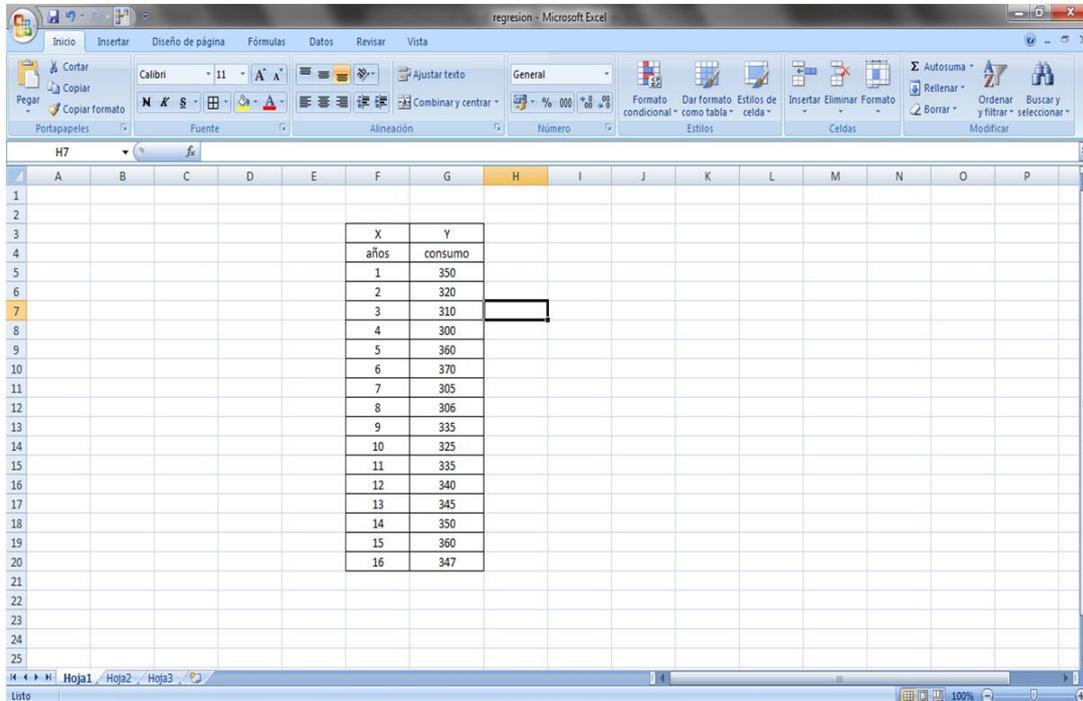
Cuadro 3.3 Función Excel Herramienta para análisis

Elegir la opción **Aceptar**, luego aparecerá en la esquina superior derecha una ventana que con el nombre **Análisis de datos**



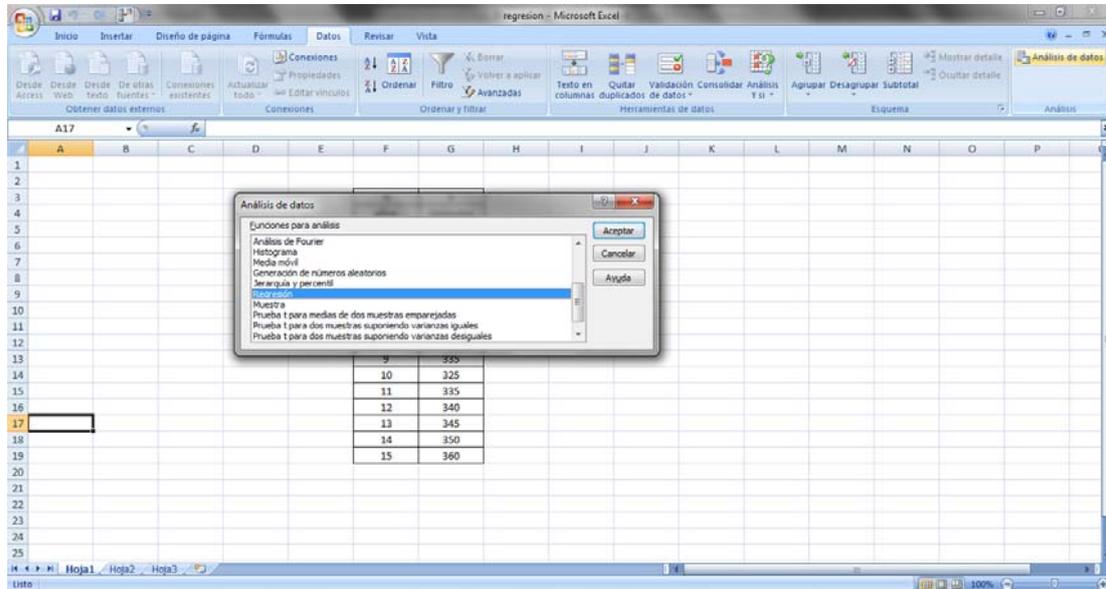
**Cuadro 3.4** Función Excel Análisis de Datos

Para correr la regresión abrir un libro de Excel, nombrarlo y asegurarse de tener los datos identificados como variable exploratoria (x) y variable dependiente (y). En este caso específico la variable exploratoria son los años, y la variable dependiente es el consumo promedio de minutos de voz.



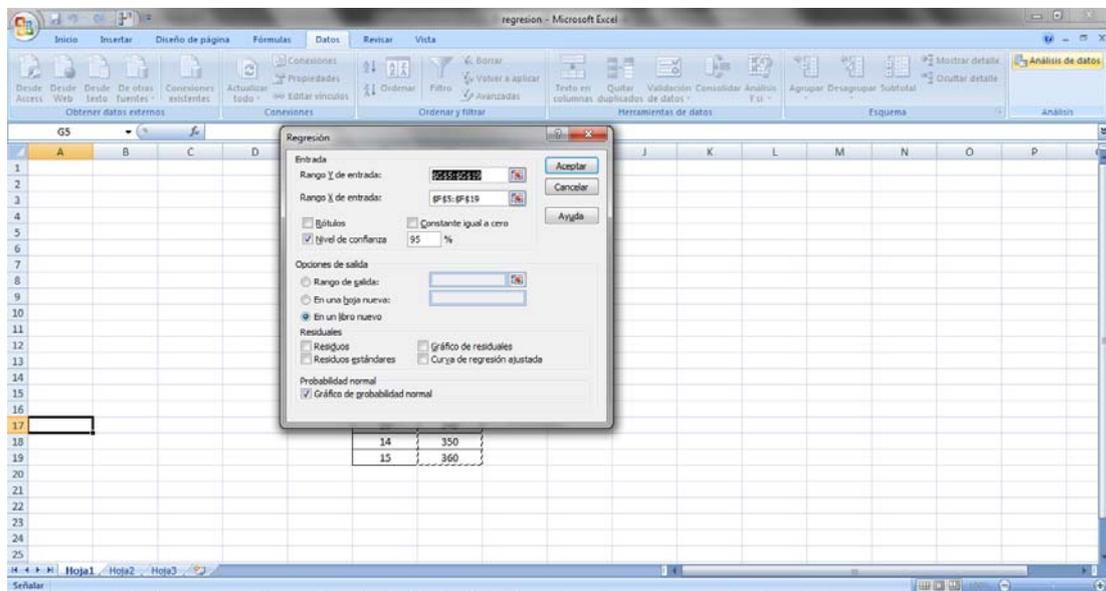
**Cuadro 3.5** Serie de datos histórica para el cálculo de la Regresión Simple

Seguidamente seleccionar **Análisis de Datos**, en la ventana de diálogo elegir **Regresión**.



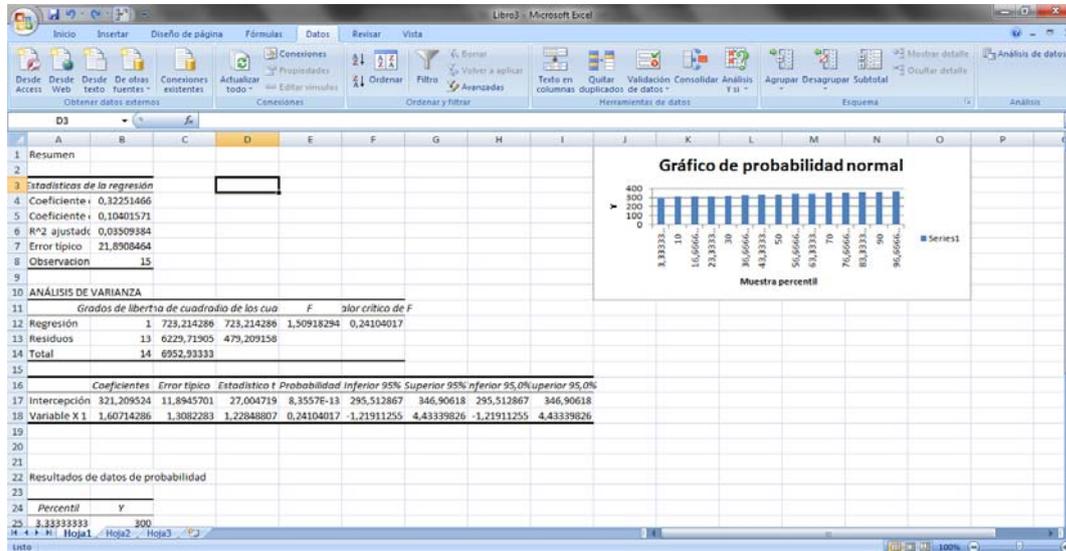
Cuadro 3.6 Función Excel Regresión

Se despliega un nuevo cuadro de diálogo para incluir los datos, en este caso el consumo como variable Y que es la dependiente y la X que es la exploratoria, se procede a incluir los datos, en este caso a manera de ejemplo el ejercicio se desarrolla con una serie de 15 datos.



Cuadro 3.7 Parámetros de Cálculo de la Regresión

Dentro de las opciones de salida se debe marcar **En un nuevo libro**, asegurarse que la opción **Gráfico de probabilidad normal** está marcada, marcar **Aceptar**, y se obtiene la siguiente información:

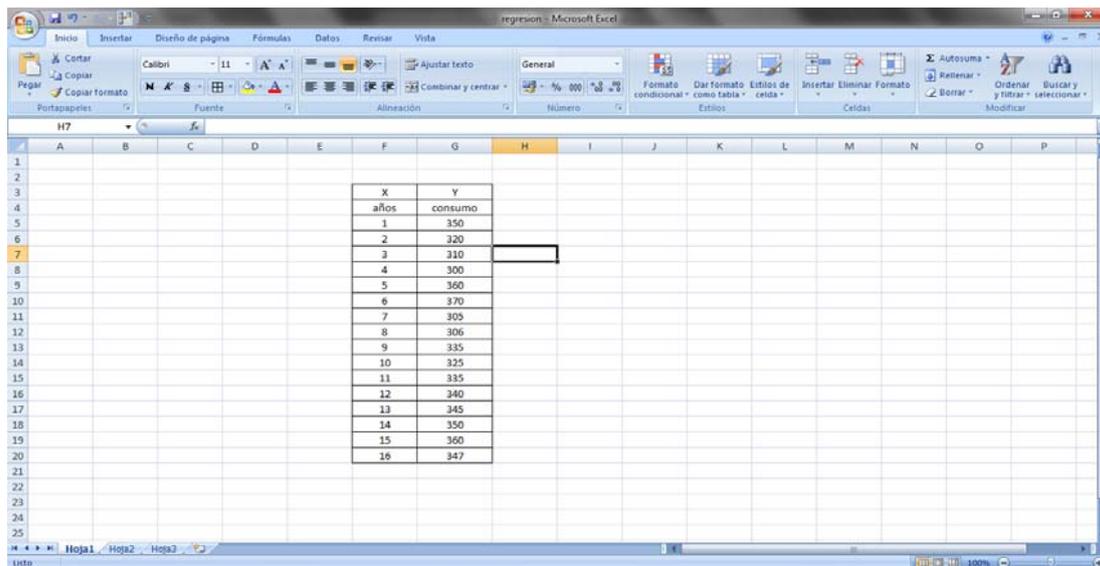


Cuadro 3.8 Resultados del cálculo de la Regresión

Los resultados obtenidos brindan los coeficientes de la regresión lineal, el coeficiente de la pendiente B2, es el la casilla B18, y el intercepto es B17, así se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo} = 321,209524 + 1,60714286X, \text{ donde } X = 16$$

Consumo = 346,9248 = 347 minutos., es decir el consumo para el periodo 16 es 347 minutos.



Cuadro 3.9 Estimación del periodo t+1

## 4. Análisis de Caso Aplicado I

### Evaluación de Proyectos de acceso y servicio universal

Las distintas herramientas analizadas anteriormente pueden ser aplicadas por el Regulador para demostrar que los proyectos de acceso y servicio universal pueden ser desarrollados de manera tal que ofrezcan rentabilidad al implementador del proyecto.

Una de las principales barreras para la implementación de planes y proyectos orientados al desarrollo de los servicios asociados al acceso y el servicio universal es el riesgo asociado, pues en la mayoría de los casos, se trata de desarrollos en zonas alejadas, con ubicación geográfica de difícil acceso y baja densidad poblacional, elementos que anticipan una recuperación de la inversión lenta o nula.

Aún cuando el impulso de estos proyectos se realiza sobre la base de recursos administrados por los entes reguladores, y que han sido aportados por los distintos actores del mercado, existe una resistencia para participar en los concursos promovidos para la implementación del proyecto, la cual es producto de la incertidumbre asociada a los potenciales resultados de la ejecución del proyecto.

Los posibles ejecutores del proyecto no desean hacer inversiones adicionales a las estimadas para el desarrollo del proyecto, por lo que asumir el costo de la evaluación financiera del proyecto no es considerado como una opción para la toma de decisión sobre si participar o no en los concursos de esta naturaleza.

El incorporar dentro de la oferta del concurso el estudio de factibilidad del proyecto, el cual demuestra que bajo ciertas premisas establecidas como fundamentales para el adecuado desarrollo del proyecto, así como para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, permite no solo hacerlo atractivo para los operadores, en términos de negocio, sino también que el Regulador cuente de antemano con algunos parámetros que le permitan realizar una evaluación "ex post" del proyecto. De manera tal que sobre la base de lo estimado en el estudio de factibilidad se puedan realizar mediciones de las metas y el cumplimiento de los objetivos, y así probar la asignación y uso eficiente de los recursos.

El siguiente es un caso de aplicación a un proyecto de telefonía pública rural.

## **Aplicación en el caso de desarrollo de un Proyecto de Telefonía Rural.**

Como es conocido a lo largo de la región latinoamericana existen diferentes países en los cuáles las localidades rurales carecen del acceso a los servicios de telefonía. En el presente apartado desarrollaremos el análisis de un proyecto de Desarrollo de Telefonía Rural, para todos los efectos no se hará relación alguna con un país o localidad específica, de tal manera que todos los datos y referencias establecidas deberán considerarse como ficticios.

La metodología de análisis desarrollada en esta sección es real y aplicable a cualquier proyecto de servicio / acceso universal, con el correspondiente ajuste de los principales indicadores a cada caso específico.

En la comunidad rural de Tierra Blanca, existe una población que no tiene acceso a los servicios públicos de telefonía, razón por la cual establecer comunicación con el resto del país representa elevados costos para sus habitantes, tanto en tiempo como en recursos y desplazamientos. En casos particulares es posible contemplar costos adicionales asociados a no poder establecer una comunicación de manera oportuna.

Como en la mayoría de los casos de los proyectos de Servicio / Acceso Universal, lo que se presume es que la oferta de este tipo de servicios no es rentable desde la perspectiva económica y financiera, dados los elevados costos de inversión, la baja densidad poblacional, y los costos de operación.

Desde la perspectiva de mercado existe una necesidad insatisfecha, que de manera adicional está sustentada por los objetivos de acceso y servicio universal, establecidos por el Regulador.

Desde la perspectiva técnica, existen dos alternativas para brindar la solución: mediante enlaces físicos o mediante enlaces de radio. En el caso de los enlaces físicos la comunicación se realiza mediante un par de cobre, que conectan físicamente un teléfono a una central telefónica. Específicamente en los proyectos de telefonía rural la instalación de este tipo de enlaces se hace en localidades ubicadas a lo largo de un camino o en centros de población cuya densidad sea igual o mayor a un abonado por cada 2 kilómetros.

Por otra parte, los enlaces de radio permiten establecer la comunicación a través del espacio, utilizando una frecuencia, la cual se determina en función de la cantidad de conversaciones simultáneas que sea necesario transmitir, así como la distancia, las características geográficas y la calidad de transmisión.

Un elemento adicional que debe ser considerado en este caso es la posibilidad de conectar esta solución a equipos monocanales o multiacceso. En el primer caso es posible enlazar dos localidades con un canal telefónico, mientras que en el segundo es posible conectar a una misma central, siete u ocho canales, con un costo marginal inferior. La solución monocanal se recomienda cuando se trate de conectar a 11 localidades o menos en zonas de baja densidad o muy dispersas.

Para la determinación de los costos asociados es necesario identificar los precios de todos aquellos recursos que serán utilizados por el proyecto. Es importante tener presente que en este caso la diferenciación entre costos privados y los costos sociales. Los primeros se valoran a partir de los precios de mercado, mientras los segundos a precios sombra o sociales.

Por otra parte, en términos de beneficios, la estimación se realiza a partir de la cuantificación de la mayor cantidad de llamadas telefónicas originadas por el proyecto de instalación de teléfonos públicos en zonas rurales, y se constituyen en los ingresos privados del proyecto.

Los ingresos generados por el proyecto son percibidos por la empresa a la que se le otorga el desarrollo del proyecto, de manera adicional, y dependiendo del modelo de negocio que esta empresa decida utilizar, podrían existir actores adicionales que obtengan beneficios, en función de su participación en la cadena de valor, tales como: el transporte de la señal, el concesionario de la administración del teléfono y hasta quien entrega los mensajes, en el caso de las localidades en las que solamente se instala un teléfono público para toda la población.

En términos de los beneficios sociales, uno de los principales beneficiados será la comunidad, producto de los beneficios directos que obtienen los usuarios por el incremento en el bienestar de las familias, el beneficio se da de manera bilateral, pues lo percibe tanto la persona que origina la llamada como aquella que la recibe.

Existen también una serie de beneficios colaterales, que son difícilmente cuantificables, y que en la práctica se consideran como intangibles, tales como: integración geográfica, cultural, económica y social, redistribución de ingresos, reducción de tiempos de desplazamiento, etc.

Desde la perspectiva de la identificación de costos es necesario tener presente que estos serán todos aquellos desembolsos que tendrá que hacer la empresa para poder suministrar el servicio.

En forma muy general al menos deberá existir una diferenciación entre inversión, operación y mantenimiento.

Para la determinación del horizonte de evaluación se utiliza como referencia la vida útil económica del proyecto, la cual en ningún caso puede ser superior a la vida útil técnica. Es un estándar en el caso de los proyectos de telefonía utilizar 10 años, sin considerar valor residual.

En la comunidad Tierra Blanca existen 25 localidades con una población promedio de 600 habitantes por localidad, las cuales se encuentran a más de 5 kilómetros de distancia de las cabeceras municipales. Los habitantes en su mayoría tienen que subir a los cerros o caminar hasta varios kilómetros para llamar a sus familiares. Con el teléfono en la localidad se evita que la gente se ponga en riesgo, especialmente durante las noches, cuando hay emergencias.

En el aspecto socio-económico este proyecto viene a beneficiar a las comunidades debido a que se trata de zonas eminentemente agrícolas y ganaderas. Particularmente para realizar sus negociaciones con otros sectores y ciudades. También hay que tomar en cuenta que por diferentes razones la población de las comunidades ha emigrado hacia las ciudades y el exterior, lo cual para estas familias se vuelve indispensable tener un medio de comunicación disponible.

La implementación del proyecto permite tener a la disposición de los habitantes de estas localidades un medio de comunicación al a hora de que sucedan fenómenos naturales (deslaves, inundaciones, sismos etc.), también se vuelve indispensable para los aspectos de seguridad ciudadana expuesta a delitos que se puedan dar en la comunidad.

El proyecto contempla el suministro e instalación de los sistemas de telecomunicaciones bajo la modalidad llave en mano y comprenden al menos, el suministro, prueba en fábrica, acondicionamiento, embalaje e instalación de los sistemas. Se estima que para el desarrollo del proyecto es necesario realizar una inversión inicial que ronda los \$2,5 millones de dólares. Los costos de operación y mantenimiento se estiman en un equivalente anual al 5% del total de la inversión en equipos. Los gastos administrativos asociados corresponden al 2% sobre el costo de operación y mantenimiento.

El siguiente cuadro resume los componentes de inversión mínimos del proyecto.

Equipos Terminales
Subsistemas de Transmisión (medio portador)
Subsistema de Conmutación (central telefónica)
Subsistema de Interconexión (central telefónica rural de la red pública)
Subsistema de energía
Subsistema de protección
Subsistema de administración y gestión de la red (Hw & Sw)

**Cuadro 4.1** Componentes de Inversión

Lo correspondiente al costo de adquisición de los terrenos y edificios es asumido por el ente regulador a través de un concurso independiente, por lo que no será considerado dentro del flujo del proyecto.

El análisis de este caso particular utilizará la metodología a base de demandas promedio, lo que implica la utilización de demandas por comunicaciones homogéneas, de tal manera que se supondrá distancia, duración y horarios similares y homogéneos.

Para el cálculo de los beneficios, es necesario determinar el número de llamadas realizadas a partir de la implementación del proyecto, así como el precio cobrado por esas llamadas. Para el caso de las llamadas de salida la estimación se realiza en función de la población de cada localidad, en este caso específico se ha estimado un población promedio por localidad de 600 habitantes, con lo que deberá utilizarse la siguiente función, con el objetivo de determinar el tráfico efectivo mensual por terminal.

$$TEM = 2,24 * Hab$$

**Donde:**

**TEM** es el Tráfico Efectivo Mensual.

**2,24** corresponde al promedio de duración, en minutos, de las llamadas en las localidades beneficiadas, según datos del Regulador.

**Hab** es la cantidad de habitantes de la localidad.

En el caso de las llamadas entrantes se estimará como el 30% de la totalidad del tráfico de salida, según la información del Regulador.

La estimación por tipo de llamada se realiza sobre la base de un estudio realizado en el comportamiento de las llamadas en localidades rurales, el cual arrojó como resultado la siguiente distribución:

Tipo de llamada	% de llamadas
Llamada Local	48%
Llamada de Larga Distancia Nacional	52%
Como factor de simplificación no se considera la existencia de llamadas internacionales.	

**Cuadro 4.2** Tipos de llamada

De igual manera se utilizarán precios promedio para la determinación de los ingresos. En el presente caso se asume un precio promedio por minuto de llamada local de \$0,30 y de \$0,46 para el minuto de llamada de larga distancia nacional.

Se calcula como parte de los beneficios el ahorro que tendrán los habitantes de las localidades al no tener que trasladarse para hacer las llamadas, para la cuantificación de este beneficio social se estima que es el correspondiente al 80% del costo de las llamadas salientes. La tasa impositiva es del 30% y la tasa de corte<sup>2</sup> del 18% anual.

A partir de los supuestos planteados se procede con la construcción del Flujo de Efectivo, con la identificación, determinación y cálculo de los ingresos y gastos para cada año del proyecto, así como el resultado obtenido, tal y como se observa en la siguiente tabla.

Ente Regulador											
Evaluación Proyecto Telefonía Rural											
Año 1 - Año 10											
(dólares)											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos por llamadas		826 608	892 737	964 156	1 041 289	1 124 592	1 214 559	1 311 724	1 416 662	1 529 994	1 652 394
Ingresos por acceso		413 132	446 182	481 877	520 427	562 061	607 026	655 588	708 035	764 678	825 852
Ahorro por traslado		661 287	714 190	771 325	833 031	899 673	971 647	1 049 379	1 133 329	1 223 996	1 321 915
<b>Total Ingresos</b>		<b>1 239 740</b>	<b>892 737</b>	<b>964 156</b>	<b>1 041 289</b>	<b>1 124 592</b>	<b>1 214 559</b>	<b>1 311 724</b>	<b>1 416 662</b>	<b>1 529 994</b>	<b>1 652 394</b>
<b>Gastos</b>											
Operación y Mantenimiento		125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000
Administrativos		2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Interconexión		206 393	222 905	240 737	259 996	280 796	303 259	327 520	353 722	382 019	412 581
Depreciación		250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
<b>Total Gastos</b>		<b>583 893</b>	<b>600 405</b>	<b>618 237</b>	<b>637 496</b>	<b>658 296</b>	<b>680 759</b>	<b>705 020</b>	<b>731 222</b>	<b>759 519</b>	<b>790 081</b>
<b>Inversión Inicial</b>	<b>2 500 000</b>										
Impuesto sobre la renta		196 754	87 700	103 776	121 138	139 889	160 140	182 011	205 632	231 142	258 694
Ajuste por Depreciación		250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
<b>Flujo Neto de Efectivo</b>	<b>(2 500 000)</b>	<b>709 093</b>	<b>454 633</b>	<b>492 143</b>	<b>532 655</b>	<b>576 407</b>	<b>623 660</b>	<b>674 692</b>	<b>729 808</b>	<b>789 332</b>	<b>853 619</b>

**Cuadro 4.3** Flujo Neto de Efectivo del Proyecto

Una vez obtenidos los flujos netos de efectivo para cada año, se procede a realizar el cálculo de los indicadores financieros, el Excel contiene las fórmulas necesarias para cada cálculo.

El primer paso es descontar los flujos a valor presente, en la pestaña **Fórmulas**, seleccionar el comando **insertar función**, se despliega una venta, buscar financieras **VNA**, como se muestra en la siguiente imagen.

<sup>2</sup> Corresponde a la Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable, utilizada como referencia para medir la rentabilidad del Proyecto evaluado.

The screenshot shows the Excel interface with the 'Insertar función' (Insert Function) dialog box open. The 'FINANCIERAS' (Financial) category is selected, and the 'VNA (tasas;valor1;valor2;...)' function is chosen. The spreadsheet below shows a financial model with columns for years (Año 2 to Año 10) and rows for 'Total Ingresos', 'Gastos', 'Inversión Inicial', and 'Flujo Neto de Efectivo'.

	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Total Ingresos</b>	892 737	964 156	1 041 289	1 124 592	1 214 559	1 311 724	1 416 662	1 529 994	1 652 394
<b>Total Gastos</b>	583 893	600 405	618 237	637 496	658 296	680 759	705 020	731 222	790 081
<b>Flujo Neto de Efectivo</b>	(2 500 000)	709 093	454 633	492 143	532 655	576 407	623 660	674 692	729 808

Cuadro 4.4 Función Excel VNA

Al hacer “click” sobre la opción **Aceptar**, se despliega una venta que solicita los parámetros de cálculo, el espacio de **Tasa** corresponde al porcentaje utilizado como tasa de corte, en este caso es 18%, el espacio **Valor 1** se refiere a los flujos desde el año 1 hasta el año10.

The screenshot shows the 'Argumentos de función' dialog box for the VNA function. The 'Tasa' (Rate) is set to 18% and 'Valor1' is set to D27:M27. The spreadsheet below shows the same financial model as in Cuadro 4.4, but with the 'Flujo Neto de Efectivo' row highlighted in red.

	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Flujo Neto de Efectivo</b>	(2 500 000)	709 093	454 633	492 143	532 655	576 407	623 660	674 692

Cuadro 4.5 Parámetros de cálculo para VNA

Una vez ingresados los datos, hacer “click” sobre la opción **Aceptar** y Excel genera el cálculo en la celda que elegida.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos por llamadas		826 608	892 737	964 156	1 041 289	1 124 592	1 214 559	1 311 724	1 416 662	1 529 994	1 652 394
Ingresos por acceso		413 132	446 182	481 877	520 427	562 061	607 026	655 588	708 035	764 678	825 852
Ahorro por traslado		661 287	714 190	771 325	833 031	899 673	971 647	1 049 379	1 133 329	1 223 996	1 321 915
<b>Total Ingresos</b>		<b>1 239 740</b>	<b>892 737</b>	<b>964 156</b>	<b>1 041 289</b>	<b>1 124 592</b>	<b>1 214 559</b>	<b>1 311 724</b>	<b>1 416 662</b>	<b>1 529 994</b>	<b>1 652 394</b>
<b>Gastos</b>											
Operación y Mantenimiento		125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000
Administrativos		2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Interconexión		206 393	222 905	240 737	259 996	280 796	303 259	327 520	353 722	382 019	412 581
Depreciación		250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
<b>Total Gastos</b>		<b>583 893</b>	<b>600 405</b>	<b>618 237</b>	<b>637 496</b>	<b>658 296</b>	<b>680 759</b>	<b>705 020</b>	<b>731 222</b>	<b>759 519</b>	<b>790 081</b>
Inversión Inicial	2 500 000										
Impuesto sobre la renta		196 754	87 700	103 776	121 138	139 889	160 140	182 011	205 632	231 142	258 694
Ajuste por Depreciación		250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
<b>Flujo Neto de Efectivo</b>	<b>(2 500 000)</b>	<b>709 093</b>	<b>454 633</b>	<b>492 143</b>	<b>532 655</b>	<b>576 407</b>	<b>623 660</b>	<b>674 692</b>	<b>729 808</b>	<b>789 332</b>	<b>853 619</b>
<b>Valor Actual millones \$</b>											<b>2 731 699</b>

Cuadro 4.6 Cálculo Excel para VNA

El resultado obtenido muestra el valor total de los flujos generados por el proyecto en el periodo de análisis, descontados a valor presente con una tasa del 18% anual. A partir de este dato se calcula el Valor Actual Neto (VAN) que estaría produciendo el proyecto, el cual resta la inversión inicial al valor presente de los flujos.

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) el proceso de cálculo es el mismo descrito para el caso del VNA, simplemente se sustituye VNA por TIR.

	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10		
Ingresos por acceso	413 132	446 182	481 877	520 427	562 061	607 026	655 588	708 035	764 678		
Ahorro por traslado	661 287	714 190	771 325	833 031	899 673	971 647	1 049 379	1 133 329	1 223 996		
<b>Total Ingresos</b>	<b>1 239 740</b>	<b>892 737</b>	<b>964 156</b>	<b>1 041 289</b>	<b>1 124 592</b>	<b>1 214 559</b>	<b>1 311 724</b>	<b>1 416 662</b>	<b>1 529 994</b>		
<b>Gastos</b>											
Operación y Mantenimiento	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000		
Administrativos	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500		
Interconexión	206 393	222 905	240 737	259 996	280 796	303 259	327 520	353 722	382 019		
Depreciación	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000		
<b>Total Gastos</b>	<b>583 893</b>	<b>600 405</b>	<b>618 237</b>	<b>637 496</b>	<b>658 296</b>	<b>680 759</b>	<b>705 020</b>	<b>731 222</b>	<b>759 519</b>		
Inversión Inicial	2 500 000										
Impuesto sobre la renta	196 754	87 700	103 776	121 138	139 889	160 140	182 011	205 632	231 142		
Ajuste por Depreciación	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000		
<b>Flujo Neto de Efectivo</b>	<b>(2 500 000)</b>	<b>709 093</b>	<b>454 633</b>	<b>492 143</b>	<b>532 655</b>	<b>576 407</b>	<b>623 660</b>	<b>674 692</b>	<b>729 808</b>		
<b>Valor Actual millones \$</b>										<b>2 731 699</b>	
<b>VAN millones \$</b>											<b>1</b>
<b>TIR</b>											<b>1</b>

Cuadro 4.7 Función Excel TIR

Al hacer "click" sobre la opción **Aceptar**, se despliega una venta que solicita los **Valores** de cálculo, el cual se refiere a los flujos desde el año 0 hasta el año 10. Una vez

ingresados los datos, hacer “click” sobre la opción **Aceptar** y Excel genera el cálculo en la celda que elegida.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Ingresos por llamadas</b>		826 608	892 737	964 156	1 041 289	1 124 592	1 214 559	1 311 724	1 416 662	1 529 994	1 652 394
<b>Ingresos por acceso</b>		413 132	446 182	481 877	520 427	562 061	607 026	655 588	708 035	764 678	825 852
<b>Ahorro por traslado</b>		661 287	714 190	771 325	833 031	899 673	971 647	1 049 379	1 133 329	1 223 996	1 321 915
<b>Total Ingresos</b>		<b>1 239 740</b>	<b>892 737</b>	<b>964 156</b>	<b>1 041 289</b>	<b>1 124 592</b>	<b>1 214 559</b>	<b>1 311 724</b>	<b>1 416 662</b>	<b>1 529 994</b>	<b>1 652 394</b>
<b>Gastos</b>											
<b>Operación y Mantenimiento</b>		125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000
<b>Administrativos</b>		2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
<b>Interconexión</b>		206 393	222 905	240 737	259 996	280 796	303 259	327 520	353 722	382 019	412 581
<b>Depreciación</b>		250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
<b>Total Gastos</b>		<b>583 893</b>	<b>600 405</b>	<b>618 237</b>	<b>637 496</b>	<b>658 296</b>	<b>680 759</b>	<b>705 020</b>	<b>731 222</b>	<b>759 519</b>	<b>790 081</b>
<b>Inversión Inicial</b>	2 500 000										
<b>Impuesto sobre la renta</b>		196 754	87 700	103 776	121 138	139 889	160 140	182 011	205 632	231 142	258 694
<b>Ajuste por Depreciación</b>		250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
<b>Flujo Neto de Efectivo</b>	<b>(2 500 000)</b>	<b>709 093</b>	<b>454 633</b>	<b>492 143</b>	<b>532 655</b>	<b>576 407</b>	<b>623 660</b>	<b>674 692</b>	<b>729 808</b>	<b>789 332</b>	<b>853 619</b>
<b>Valor Actual millones \$</b>		<b>2 731 699</b>									
<b>VAN millones \$</b>											
<b>TIR</b>											<b>20%</b>

Cuadro 4.8 Cálculo Excel para TIR

En resumen, la evaluación del proyecto muestra que a partir de los supuestos descritos el proyecto genera un Valor Actual Neto de 231 699 dólares, con una Tasa Interna de Retorno del 20% y un Índice de Deseabilidad que indica que la inversión inicial se recupera 1,09 veces en el periodo de análisis.

### Evaluación Proyecto Telefonía Rural (dólares)

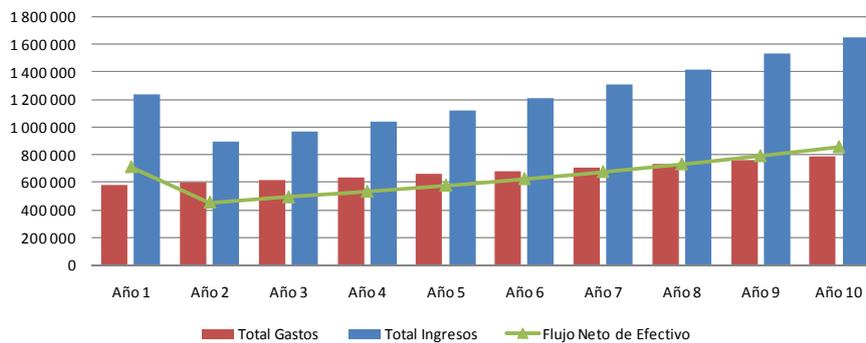


Gráfico 4.1 Flujo Neto de Efectivo

La sensibilización de los resultados obtenidos en la evaluación del Flujo Neto de Efectivo en las condiciones dadas, permite medir el riesgo de la implementación del proyecto bajo las condiciones indicadas en el estudio de factibilidad.

Aplicando el análisis estadístico de probabilidades, en este caso específico existe un 33% de probabilidad que el Proyecto genere un costo adicional de 325 827 dólares, de manera adicional existe un 33% de probabilidad de que se obtengan ganancias extraordinarias cercanas a los 790 000 dólares, tal y como puede observarse en el siguiente gráfico comparativo.

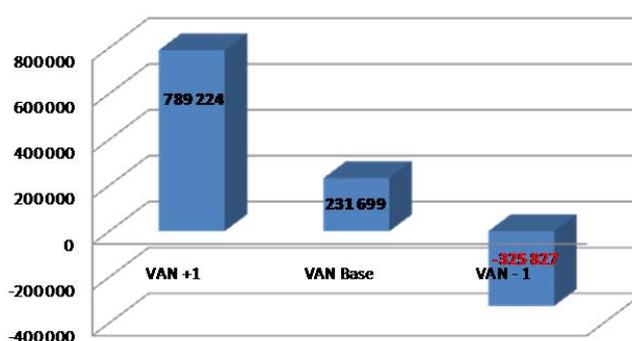


Gráfico 4.2 Comparativo de Rentabilidad por escenario

Los resultados obtenidos a partir de este sencillo ejercicio, permitirán que el regulador invite a los potenciales interesados a participar en un concurso para el desarrollo de este proyecto, indicándoles que existe un estudio de factibilidad que indica que una vez implementado el proyecto, y en un plazo de 10 años, es posible obtener ganancias extraordinarias estimadas en 231 699 dólares, con una tasa de rendimiento mínimo aceptable del 18%. Que durante el periodo de análisis, según los supuestos considerados el flujo del proyecto es positivo, de tal manera que se trata de un proyecto autosustentable, y que se debe considerar que existe un 33% de probabilidad de tener pérdidas por un monto cercano a los 325 000 dólares.

## 5. Modelo para el análisis del Excedente del Consumidor

### El Excedente del Consumidor

Mankiw<sup>3</sup>, en su exposición sobre los consumidores, los productores y la eficiencia del mercado, dice que en el mercado los compradores siempre quieren pagar menos y los vendedores siempre quieren cobrar más. Pero ¿existe un “precio correcto” desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto?

El autor establece desde el punto de vista positivo (lo que es) que las fuerzas del mercado determinan los precios y las cantidades, de tal forma que el mercado asigna los recursos escasos, pero surge la pregunta directa, si estas asignaciones son deseables y entra el plano de lo normativo (lo que debería ser). Se sabe que el precio de los bienes y servicios se ajustan para garantizar que la cantidad ofrecida sea igual a la demandada. Pero ¿es la cantidad producida y consumida del bien  $x$  demasiado pequeña, demasiado grande o simplemente correcta en este equilibrio?

El estudio de la economía del bienestar, es el estudio de cómo afecta la asignación de los recursos al bienestar económico y por esa razón es importante analizar los beneficios que obtienen los compradores y vendedores participando de un mercado, para ello es importante estudiar el excedente del consumidor.

Mankiw, explica que la disposición a pagar de un individuo, es la cantidad máxima que un comprador pagaría por un bien. De esta forma, si un individuo está interesado en adquirir un bien “ $x$ ” y está en disposición de pagar \$100, pero lo logra comprar en \$80, entonces está recibiendo un excedente de \$20, a ese excedente se le llama excedente del consumidor, es decir, el excedente del consumidor es “la disposición a pagar de un comprador menos la cantidad que paga realmente”. El excedente del consumidor mide el beneficio que obtienen los compradores participando de un mercado. Aquellos compradores que valoren el bien “ $x$ ” a un precio menor a \$80 no reciben ningún excedente. Sin embargo si existe otro comprador que valora el mismo bien digamos a \$90, entonces el excedente de mercado sería \$30, pues se consideran el excedente de \$20 del primer comprador y los \$10 del segundo comprador.

---

<sup>3</sup> N.Gregory Mankiw. Principios de Economía. Harvard University. McGrawHill, 1998, pp129.

La curva de demanda refleja la disposición de los compradores a pagar, también esta puede utilizarse para medir el excedente del consumidor. Seguidamente se representa gráficamente la zona del excedente del consumidor:

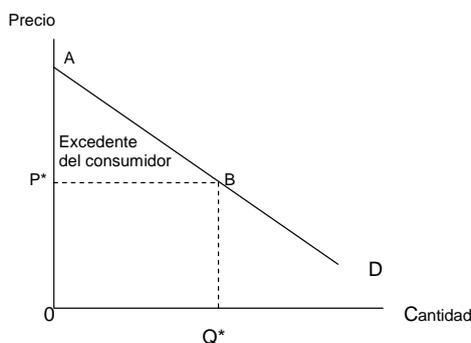


Gráfico 5.1 Excedente del Consumidor

Supongamos la existencia de cuatro clientes de telefonía, aquel dispuesto a pagar entre 5 000 y 6 000 unidades monetarias (cliente A), otro con disposición de pago entre 4 000 y 5 000 (cliente B), aquél que se ubica entre 3 000 y 4 000 (cliente C) y el último menos de 3 000 (cliente D).

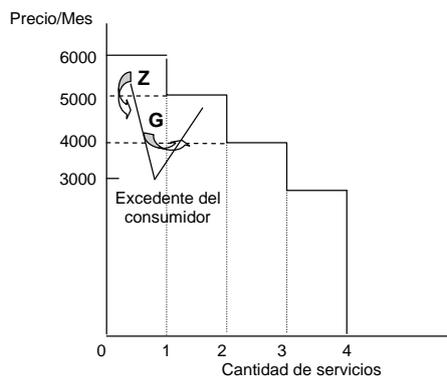


Gráfico 5.2 Disposición de los compradores a pagar.

En la figura anterior se observa la relación entre la altura de la curva de demanda y la disposición de los compradores a pagar. Dada la cantidad cualquiera, el precio que viene dado por la curva de demanda muestra la disposición a pagar del comprador marginal, que es el comprador que primero abandonaría el mercado si el precio fuera más alto.

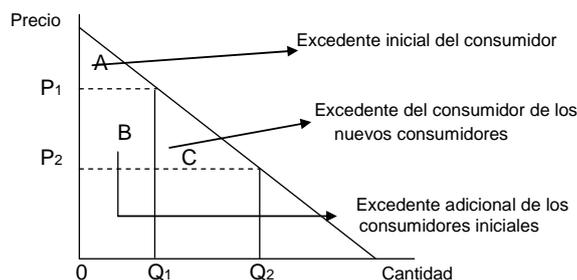
Si la cantidad fuera de cuatro servicios, por ejemplo, la curva de demanda tiene una altura de 3 000 unidades monetarias, que es el precio del comprador "D" que acepta una cuota mensual de 3 000 unidades monetarias o menos. Si la cantidad fuera de 3 servicios, la curva de demanda tiene una altura de 4 000 unidades monetarias, que es el precio del cliente "C" dispuesto a pagar de 3 000 a 4 000 unidades monetarias, que es ahora el comprador marginal.

Como la curva de demanda refleja la disposición de los compradores a pagar, también podemos utilizarla para medir el excedente del consumidor. En el gráfico a un precio de 5 000 o algo mayor, la cantidad demandada es uno. Observe que el área situada encima del precio y debajo de la curva de demanda es igual a 1 000 unidades monetarias (zona de Z). Esta cantidad es exactamente el excedente del consumidor. Si el precio es 4 000, entonces el excedente del consumidor es la suma del área Z mas la G, sumando 2 000 unidades monetarias.

El excedente del consumidor aumenta en la medida que baja el precio, debido a que los compradores siempre quieren pagar menos por los bienes que adquieren haciendo que una reducción del precio mejore su bienestar.

El objetivo que se persigue al desarrollar el concepto del excedente del consumidor es hacer juicios normativos sobre lo deseables que son los resultados del mercado y determinar con base en el excedente del consumidor el bienestar económico de la mayoría de los mercados.

En una curva de pendiente negativa se vería de la siguiente forma:



**Gráfico 5.3** Determinación del Excedente del consumidor ante cambios de precio

Es importante señalar que la medición del excedente del consumidor es un elemento clave del análisis costo-beneficio<sup>4</sup>. Por ejemplo, si se debe decidir si es conveniente construir una nueva planta electrogeneradora, se necesita saber qué valor tendrá para los consumidores la electricidad producida en dicha instalación. El valor de la electricidad generada no es igual al precio de ella multiplicado por la cantidad que generará la nueva planta. El valor total que debe ser ponderado contra los costos de la planta incluyendo el excedente del consumidor que disfrutarían los usuarios de la electricidad si se construyera la nueva planta.

---

<sup>4</sup> Case Karl. / Fair. Principios de Microeconomía de Editorial Prentice – May Hispanoamericana, S.A.

## El Excedente del Productor.

El análisis del otro lado del mercado es el de los productores (operadores en el caso que nos compete), el cual es muy similar al del consumidor.

Supongamos que existen cuatro oferentes A, B, C, D, y cada uno tiene un costo por su servicio, entendiendo costo como el costo de oportunidad, que comprende tanto sus gastos de bolsillo como el valor que conceden a su propio tiempo. Supongamos los valores de costo en la siguiente tabla:

Los costos de cuatro posibles vendedores (operadores)	
Vendedor	Costo(\$)
A	900
B	800
C	600
D	500

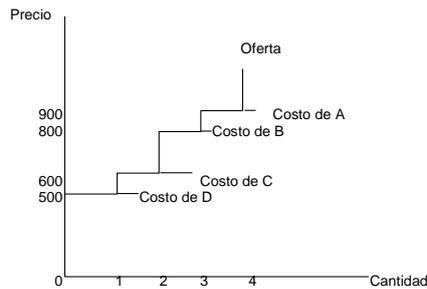
Cuando se reciben las ofertas de los cuatro vendedores del servicio "X", el precio puede comenzar muy alto, pero baja rápidamente cuando éstos compiten por el trabajo. Cuando el vendedor **D** ofrece \$600 (o algo menos), es el único postor que queda. Está contento de hacer el trabajo a ese precio, ya que su costo es \$500. **A**, **B** y **C** no están dispuestos a hacerlo por menos de su costo. Finalmente el trabajo se adjudica a quien puede hacerlo al menor costo.

¿Qué beneficio obtiene el vendedor **D** al recibir el trabajo? Dado que está dispuesto a hacerlo por \$500, pero obtiene \$600, decimos que recibe un excedente del productor de \$100. El excedente del productor es la cantidad que recibe un vendedor menos el costo de producción. Mide el beneficio que obtienen los vendedores por participar en un mercado.

Si el precio fuera de \$800 entonces **B**, **C** y **D** estarían dispuestos a hacerlo y el excedente del productor para **D** sería de \$300 y de **C** \$200 el excedente total del productor en el mercado es de \$500.

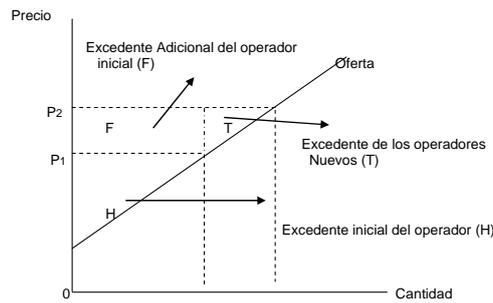
De la misma manera que el excedente del consumidor está estrechamente relacionado con la curva de demanda, el excedente del productor está estrechamente relacionado con la curva de oferta.

El concepto es que: *el área situada debajo del precio y encima de la curva de oferta mide el excedente del productor en un mercado.* La lógica es sencilla: la altura de la curva de oferta mide los costos de los vendedores y la diferencia entre el precio y el costo de producción es el excedente del productor de cada vendedor. Por lo tanto, el área total es la suma del excedente del productor de todos los vendedores.



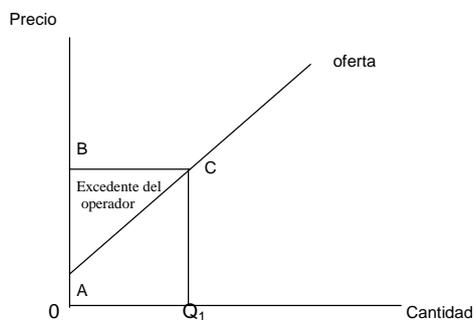
**Gráfico 5.4** Excedente del Productor / Operador

La forma en cómo el excedente del productor crece cuando aumenta el precio se puede apreciar en la siguiente gráfica.



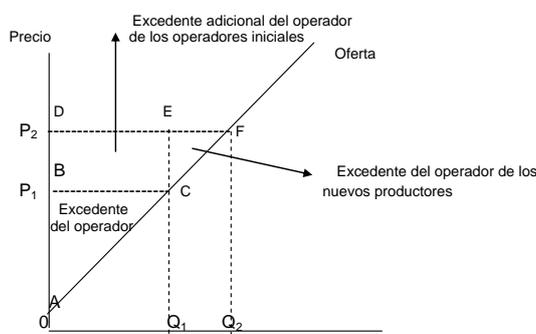
**Gráfico 5.5** Determinación del Excedente del operador con cambios en precios

Los vendedores siempre desean cobrar un precio más alto por los bienes que venden. Pero ¿cuánto aumenta su bienestar cuando sube el precio? El concepto de excedente del productor responde dicha pregunta.



**Gráfico 5.6** Excedente del operador

El excedente del productor u operador es el área situada debajo del precio y encima de la curva de oferta. El excedente del productor está formado por el triángulo **ABC**.



**Gráfico 5.7** Excedente del operador ante cambios en el precio

El gráfico anterior muestra qué ocurre cuando sube el precio de **P1** a **P2**. Ahora el excedente del productor es igual al área **ADF**. Este aumento del excedente del productor tiene dos partes. Primero, los vendedores que ya estaban vendiendo la cantidad **Q1** del bien al precio más bajo **P1** disfrutaban de un bienestar mayor porque ahora reciben más por lo que venden. El aumento del excedente del productor de los vendedores ya existentes es igual al área del rectángulo **BCED**.

Segundo, entran algunos nuevos vendedores en el mercado porque ahora están dispuestos a producir el bien al precio más alto, por lo que aumenta la cantidad ofrecida de **Q1** a **Q2**. El excedente del productor de estos nuevos vendedores es el área del triángulo **CEF**.

El excedente del productor y del consumidor son medidas del bienestar económico. Ambos son muy parecidos, por lo que se hace necesario utilizarlas conjuntamente.

Al sumarse el excedente del consumidor y del productor se tiene que <sup>5</sup>:

$$\text{Excedente total} = \text{valor para los compradores} - \text{cantidad pagada por los compradores} + \text{cantidad recibida por los vendedores} - \text{costes de los vendedores}$$

<sup>5</sup> Tomado de: Bilas Richard A. Teoría microeconómica y Case / Fair. Principios de microeconomía. Editorial Prentice – May Hispanoamericana, S.A.

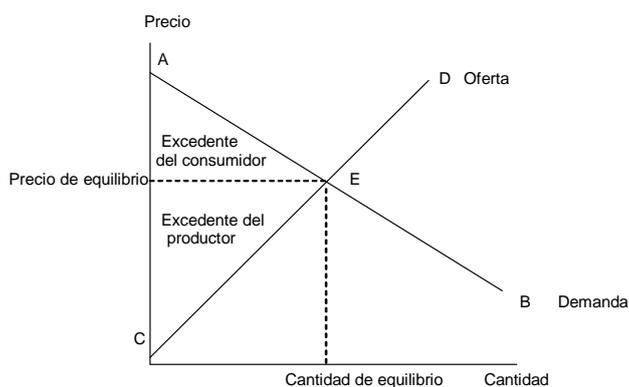
La cantidad pagada por los compradores es igual a la que reciben los vendedores, así se puede expresar dicha ecuación de la siguiente manera<sup>6</sup>:

$$\text{Excedente total} = \text{valor para los compradores} - \text{costes de los vendedores}$$

El excedente total en un mercado es el valor total para los compradores de los bienes, expresado por su disposición a pagar, menos los costes que tiene para los vendedores la producción de esos bienes.

Si una asignación de los recursos maximiza el excedente total, se dice que muestra eficiencia. Si una asignación no es eficiente, no están consiguiéndose algunas de las ganancias derivadas del intercambio entre los compradores y los vendedores. Por ejemplo: una asignación no es eficiente si los vendedores no están produciendo un bien con el menor coste posible. Además, una asignación es ineficiente también si un bien no es consumido por los compradores que más lo valoran.

## La evaluación del equilibrio del mercado



**Gráfico 5.8** El equilibrio del mercado

La figura anterior muestra el excedente del consumidor y del productor u operador cuando el mercado alcanza el equilibrio de la oferta y la demanda. El área total situada entre las curvas de oferta y demanda hasta el punto de equilibrio representa el excedente total del mercado.

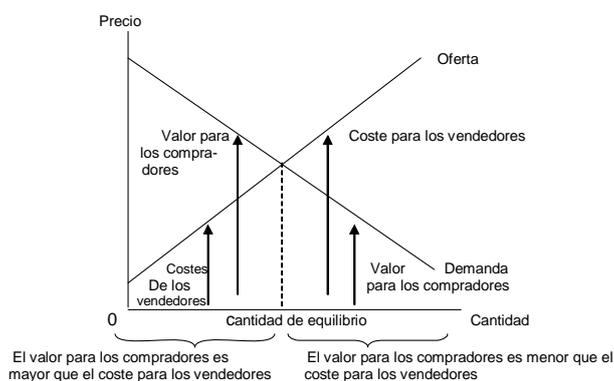
Es menester mencionar que cuando un mercado se encuentra en equilibrio, el precio es el que determinan los compradores y los vendedores que participan en el mercado. Los

<sup>6</sup> Idem.

compradores que conceden al bien un valor superior al precio (segmento AE en la curva de demanda) deciden comprar el bien, los que le conceden un valor inferior al precio (segmento EB) no lo compran. De igual manera los vendedores cuyos costes son más bajos que el precio (segmento CE en la curva de oferta) deciden producir y vender el bien, aquellos cuyos costes son más altos que el precio (segmento ED) no lo producen ni lo venden.

De este análisis se pueden extraer tres conclusiones:

1. Los libres mercados asignan la oferta de bienes a los compradores que les conceden más valor, representado por su disposición a pagar.
2. Los libres mercados asignan la demanda de bienes a los vendedores que los pueden producir con el menor coste.
3. Los libres mercados producen la cantidad de bienes que maximiza la suma del excedente del consumidor y del productor.



**Gráfico 5.9** Valor de mercado

Observando la figura anterior es perceptible que en las cantidades inferiores al nivel de equilibrio, el valor para los compradores es superior al coste para los vendedores en un mercado de telecomunicaciones u otro sin maniobras típicas de un mercado imperfecto. En esta región, un aumento de la cantidad eleva el excedente total hasta que la cantidad alcanza el nivel de equilibrio. Más allá de la cantidad de equilibrio, el valor para los compradores es menor que el coste para los vendedores. Por ello, la producción de una cantidad superior a la de equilibrio reduciría el excedente total.

Las tres conclusiones anteriores indican entonces, que el equilibrio de la oferta y la demanda maximizan la suma del excedente del consumidor y del productor; es decir, el resultado de equilibrio es una asignación eficiente de los recursos.

Es importante hacer mención que los impuestos sobre las transacciones reducen el excedente del consumidor y del productor. Algunas de las pérdidas se manifiestan en la transferencia de fondos de los consumidores y productores a los beneficiarios de los gastos del gobierno. Pero al mismo tiempo hay una pérdida de eficiencia, debida a la reducción del volumen del intercambio<sup>7</sup>.

Con los impuestos se obstaculiza el intercambio por el efecto que tienen sobre los precios; es decir operan las restricciones cuantitativas del intercambio. Al mismo tiempo, las cuotas de producción incluyen una transferencia del excedente del consumidor a los productores; el racionamiento de la demanda causa una transferencia de los productores a los consumidores.

Además, ambas restricciones ocasionan una pérdida de eficiencia debida a una deducción del volumen del intercambio. Habrá generalmente una pérdida ulterior de eficiencia resultante de las asignaciones no ideales de los derechos de vender o comprar<sup>8</sup>.

## Metodología y aplicación

En este apartado se analizará la aplicación de un modelo econométrico lineal y su metodología, uno de ellos para telefonía fija, con el fin de demostrar en un caso Hipotético la generación un excedente para el consumidor, tanto a nivel económico como social.

Obtener el excedente del consumidor en una empresa de telecomunicaciones, permite medir el grado de competitividad que entrega el productor (operador) a sus consumidores expresado en el ahorro real en términos monetarios. La teoría económica es clara en destacar los elementos que componen un precio, v.g. costos variables, fijos, factores Psicológicos y elementos indirectos como mercadeo, imagen, otros. Todos ellos se conjugan con la estrategia moderna de precio y costo como lo apunta muy claramente Porter.

---

<sup>7</sup>Hirshleifer, Jack. Microeconomía teoría y aplicaciones. Tercera Edición.

<sup>8</sup> Tomado de: Case / Fair. Principios de microeconomía. Editorial Prentice – may Hispanoamericana, S.A.

Seguidamente, se presenta la base para la construcción de dos modelos econométricos, el análisis de integración y posteriormente se presentan los detalles de los modelos. Además se presenta la guía y metodología de la comprobación empírica de los excedentes obtenidos por medio de la econometría y las herramientas matemáticas de integración.

## 6. Análisis de Caso Aplicado II

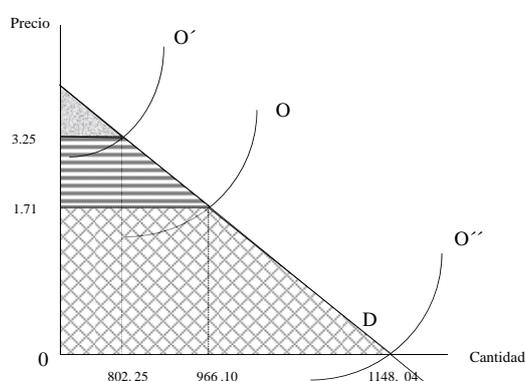
### Modelo para Telefonía Fija Tradicional

#### Definición Conceptual

- Aplicar el análisis de regresión lineal múltiple a través de mínimos cuadrados ordinarios para obtener una ecuación para el consumo promedio de minutos, el cual está influenciado por el precio del minuto y una variable proxy del ingreso disponible, definida como PIB real per cápita.
- Someter el modelo a diversas pruebas de hipótesis, con el fin de detectar problemas en el comportamiento de las variables y los residuos.
- La ecuación obtenida representa un estimador del comportamiento del consumo en el tiempo, el cual responde ante las variaciones de los precios y el PIB, este análisis intertemporal, permite estimar el valor del consumo en el futuro, sujeto a estas variables. Elemento importante en la determinación de precios.
- El excedente del consumidor, en el presente, se estima a través del análisis de integración de la ecuación obtenida para el análisis de regresión, con respecto a la variable precio. También ante posibles precios con poca variabilidad en el tiempo, se utiliza el precio real actual como límite inferior, y el precio del año base del período como límite superior, suponiendo que el comportamiento adecuado debería ser una estabilidad del precio real en el tiempo.
- El valor determinado mediante los análisis conjuntos de regresión e integración, representa el excedente del consumidor y a su vez el monto que el operador está aportando a la economía o contribución social que deja de percibir por cada cliente.
- El modelo es explicado por el  $r^2$  ajustado (coeficiente de determinación)
- Comprobar la pendiente de la curva de oferta y demanda.
- Evaluar mediante una encuesta, que el cliente percibe un precio Psicológico muy bajo o muy alto, esto permitirá evaluar ex-ante el excedente del consumidor y del productor.
- Si los precios se ubican en una zona muy inelástica, indica que el operador puede hacer aumentos en los precios sin perder beneficios económicos, es decir, su

ingreso total siempre aumentaría, consecuentemente aumentaría el excedente del consumidor y viceversa.

- Si se parte del supuesto que el precio en dólares del minuto de servicio sube de US \$ 1,72 a US\$ 3,25, esto representaría una disminución en el consumo de un 16,9%, (de 966,10 a 802,25 en el eje de cantidad) lo que indica con mayor peso que el excedente del consumidor se puede traducir en un beneficio para la sociedad, pues el operador no perdería si aplicara un precio más alto, simplemente reduce su cantidad vendida. Esta situación se explica en la siguiente gráfica y en los cálculos más adelante.



**Gráfico 6.1** Excedente del consumidor para Telefonía Fija Tradicional

La curva de demanda tiene la característica de ser inelástica, de pendiente negativa y consecuente de un servicio normal. Por su parte las diferentes curvas de oferta cortan a la demanda en aquellos puntos donde se proyecta el precio, esto debido a posibles excesos de demanda, en el periodo de definición de concesiones sobre el servicio universal, de tal forma que la oferta la representa el nivel de precio, lo anterior con el único fin de representar el excedente del consumidor del teléfono fijo.

La zona **A** sobre el precio de \$3,25 el excedente del consumidor si el operador hubiera considerado aumentos, si ese fuera el caso el consumo sería aproximadamente 20% menor al actual, situación que no afectaría al operador debido a su demanda inelástica, en donde el aumento en el precio es proporcionalmente mayor al cambio en la cantidad consumida. Esta situación lo que evidencia es el gran aporte a la sociedad en general.

La zona **B** muestra el beneficio adicional que se está percibiendo por parte de los consumidores al tener un precio real menor debido a los precios cada vez menores en términos reales.

## Metodología para el análisis de regresión para la obtención del excedente del consumidor en telefonía tradicional.

Con la aplicación del modelo de análisis de regresión, se pretende estimar la curva del consumo como mejor estimador de la demanda, para el caso particular de la telefonía tradicional en su componente de minutos excedentes. En principio, se parte de examinar el comportamiento de la variable consumo (C, consumo promedio por cliente de minutos excedentes), como variable dependiente ante variaciones en el precio (P, precio de los minutos excedentes) y el Producto Interno Bruto (PIB, PIB per cápita real como variable proxy del ingreso disponible) como variables independientes.

Asimismo, es necesario destacar que las observaciones de las variables, corresponden a una serie de tiempo para el período de 8 años, con una periodicidad trimestral, para un total de 32 observaciones.

### Supuestos iniciales del modelo

- $E(u_i) = 0$ , Indica que la esperanza matemática de los errores es cero.
- $Cov(u_i, u_j) = 0$  Indica que las variables explicativas deben ser independientes entre sí, debe existir ausencia de autocorrelación de los errores.
- $Var(u_i) = \sigma^2$  para cada  $i$ , Indica que la varianza es única para todos los errores, existe homocedasticidad.
- $Cov(u_i, x_n) = Cov(u_i, x_{n+k}) = 0$ , Los términos de error, no están asociados a las variables explicativas del modelo.
- Las pruebas de hipótesis se realizan a través de los estadísticos de prueba  $\chi^2$ , F, y t-statistics, y sus correspondientes probabilidades de ocurrencia de acuerdo a los valores tabulados.
- Se trabaja bajo un nivel de significancia del 5%.
- El análisis utiliza la técnica de regresión lineal múltiple, a través de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios (LS en paquete econométrico E-VIEWS).

**Relaciones esperadas entre las variables:**

$\Delta C/\Delta P$ : El precio por minuto excedente, teóricamente, representa una relación negativa con el consumo de minutos excedentes, dado que a mayor precio se espera una retracción del consumo.

$\Delta C/\Delta PIB$ : El producto interno bruto real, teóricamente, representa una relación positiva con el consumo de minutos excedentes, dado que este es un buen estimador como variable proxy del ingreso disponible, en donde se espera que la evolución de la producción de bienes y servicios finales de la economía, sea un representante de un mayor dinamismo en el consumo excedente de minutos en telefonía.

El modelo, tal y como se plantea, pretende demostrar, a través de la estimación de una demanda, el efecto de los precios y el ingreso como variables de mayor incidencia sobre el consumo de minutos a lo largo de los últimos ocho años.

**Pruebas del Modelo****Primer modelo**

La ecuación inicial a estimar es la siguiente: (ec1)

$$\text{Consumo} = \beta_0 + (\beta_1) * \text{Precio} + (\beta_2) * \text{PIB} + (\beta_3) * \text{Formación}_k + u_i$$

En este primer modelo, se agrega la variable Formación<sub>k</sub>, la cual corresponde a la formación bruta de capital en términos reales.

**Resultados del primer modelo**

*Estimation Command:*

```
LS CONSPROM C PRECIO PIB FORMACIONK
```

*Estimation Equation:*

```
CONSPROM = C(1) + C(2)*PRECIO + C(3)*PIB + C(4)*FORMACIONK
```

*Substituted Coefficients:*

```
CONSPROM = 1196.491-112.863*PRECIO+0.0077*PIB-0.0007*FORMACIONK
```

**Comportamiento del signo de los coeficientes**

$\Delta C/\Delta P$ : Esta relación, presenta un coeficiente negativo que indica una relación inversa entre las variables y confirma el resultado teórico esperado, indicando que el precio de los minutos incide de forma inversa sobre el consumo.

$\Delta C/\Delta PIB$ : El coeficiente de regresión obtenido para el PIB, es positivo confirmando el resultado esperado en teoría, lo cual indica que el aumento en la producción nacional incide positivamente sobre el consumo de minutos.

Dependent Variable: CONSPROM				
Method: Least Squares				
Date: 12/02/08 Time: 07:30				
Sample: 2000:1 2008:4				
Included observations: 32				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1196.492	347.9662	3.438528	0.0018
PRECIO	-112.8636	33.67329	-3.351726	0.0023
PIB	0.007754	0.003130	2.477308	0.0195
FORMACIONK	-0.000728	0.001051	-0.692790	0.4941
R-squared	0.780899	Mean dependent var	1546.844	
Adjusted R-squared	0.757424	S.D. dependent var	119.3388	
S.E. of regression	58.77679	Akaike info criterion	11.10184	
Sum squared resid	96731.92	Schwarz criterion	11.28506	
Log likelihood	-173.6294	F-statistic	33.26494	
Durbin-Watson stat	1.301046	Prob(F-statistic)	0.000000	

**Pruebas de Hipótesis**

Tomando una probabilidad del 5% de nivel de significancia, no se observan problemas en los coeficientes de las variables PIB y PRECIO, no así en el caso de la variable FORMACIONK, para la cual no se rechaza la hipótesis nula de que su coeficiente de regresión es igual a 0, (t-Statistic=-0.692790, Prob=0.494), este es un indicador de que la variable FORMACIONK es significativa estadísticamente en el modelo.

Por otra parte, el estadístico F de la regresión (33.26494), supera el valor tabulado y dada la probabilidad de 0.00000, se puede rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes son simultáneamente iguales a 0.

De acuerdo a los valores obtenidos de probabilidad, se indica que la variable consumo de minutos en exceso es influenciada por las variables macro examinadas, sin embargo, se es necesario realizar la prueba de variables redundantes para la variable FORMACIONK, con el objeto de comprobar si esta no es realmente significativa en el modelo.

Mediante la prueba del droptest, para variables redundantes, con el fin de determinar cuál es el mejor modelo, se somete a prueba la hipótesis nula de que la variable FORMACIONK es redundante, de acuerdo a las especificaciones y resultados de altas probabilidades, se procede a eliminar la variable del modelo.

Redundant Variables: FORMACIONK			
F-statistic	0.479958	Probability	0.494148
Log likelihood ratio	0.543875	Probability	0.460831

### **Segundo modelo**

La ecuación a estimar es la siguiente: (ec2)

$$\text{Consumo} = \beta_0 + (\beta_1) * \text{Precio} + (\beta_2) * \text{PIB} + u_i$$

### **Resultados del segundo modelo**

*Estimation Command:*

LS CONSPROM C PRECIO PIB

*Estimation Equation:*

CONSPROM = C(1) + C(2)\*PRECIO + C(3)\*PIB

*Substituted Coefficients:*

CONSPROM = 1148.04466 - 106.3968559\*PRECIO + 0.007599918794\*PIB

### **Comportamiento del signo de los coeficientes**

$\Delta C / \Delta P$ : Esta relación, presenta un coeficiente negativo que indica una relación inversa entre las variables y confirma el resultado teórico esperado, indicando que el precio de los minutos incide de forma inversa sobre el consumo.

$\Delta C/\Delta \text{PIB}$ : El coeficiente de regresión obtenido para el PIB, es positivo confirmando el resultado esperado en teoría, lo cual indica que el aumento en la producción nacional incide positivamente sobre el consumo de minutos.

Para efectos de interpretación de los coeficientes se procedió a estimar el modelo utilizando logaritmos naturales\_(crecimientos).

Estimation Command:

```
=====
LS LCONSPROM C LPRECIO LPIB
```

Estimation Equation:

```
=====
LCONSPROM = C(1) + C(2)*LPRECIO + C(3)*LPIB
```

Substituted Coefficients:

```
=====
LCONSPROM = 2.568663048 - 0.163553626*LPRECIO + 0.4322605762*LPIB
```

Estos coeficientes estimados nos indican la variación porcentual que genera sobre el consumo de minutos un cambio porcentual de un 1% de las variables independientes. Por ejemplo, un aumento porcentual del 1% en el precio genera una disminución en el consumo de 0,16%, asimismo un aumento porcentual del 1% en el PIB genera un aumento del 0,43% en el consumo de minutos (propensión marginal a consumir estimada).

Dependent Variable: CONSPROM				
Method: Least Squares				
Date: 12/03/02 Time: 05:42				
Sample: 2000:1 2008:4				
Included observations: 32				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1148.045	337.7968	3.398625	0.0020
PRECIO	-106.3969	32.06226	-3.318445	0.0024
PIB	0.007600	0.003094	2.456408	0.0203
R-squared	0.777143	Mean dependent var		1546.844
Adjusted R -squared	0.761774	S.D. dependent var		119.3388
S.E. of regression	58.24740	Akaike info criterion		11.05634
Sum squared resid	98390.04	Schwarz criterion		11.19375
Log likelihood	-173.9014	F-statistic		50.56417
Durbin -Watson stat	1.376708	Prob(F -statistic)		0.000000

**Pruebas de Hipótesis.**

Tomando una probabilidad del 5% de nivel de significancia, no se observan problemas en los coeficientes de las variables PIB y PRECIO. Por otra parte, la F estadística de 50.56417, supera el valor tabulado y dada la probabilidad de 0.00000, se puede rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes son simultáneamente iguales a 0.

Otros estadísticos importantes como el  $R^2$  y  $R^2$  ajustado combinados con la F estadística evidencian un nivel de bondad del ajuste adecuado. En el caso del estadístico Durbin Watson, el valor calculado se encuentra entre los límites superior e inferior ( $L_i$  1.244 ,  $L_s$  1.650), por lo que hay evidencia inconclusa relacionada con la presencia o no de correlación serial positiva de primer orden.

Se procede a efectuar la prueba Reset de Ramsey, de orden 2, para probar la correcta especificación del modelo.

De las probabilidades obtenidas se llega a la conclusión de que no se rechaza la hipótesis nula, es decir el modelo está correctamente especificado.

Ramsey RESET Test:			
F-statistic	0.001605	Probability	0.968323
Log likelihood ratio	0.001835	Probability	0.965834
R-squared	0.777156	Mean dependent var	1546.844
Adjusted R-squared	0.753280	S.D. dependent var	119.3388
S.E. of regression	59.27671	Akaike info criterion	11.11878
Sum squared resid	98384.40	Schwarz criterion	11.30200
Log likelihood	-173.9005	F-statistic	32.54945
Durbin-Watson stat	1.375820	Prob(F-statistic)	0.000000

**Otras Pruebas**

**Normalidad**

Una limitante del modelo es la escasez de datos lo cual afecta la confiabilidad de los estimadores y estadísticos de prueba utilizados, sin embargo se utilizan los criterios de decisión económica y estadísticamente aceptados.

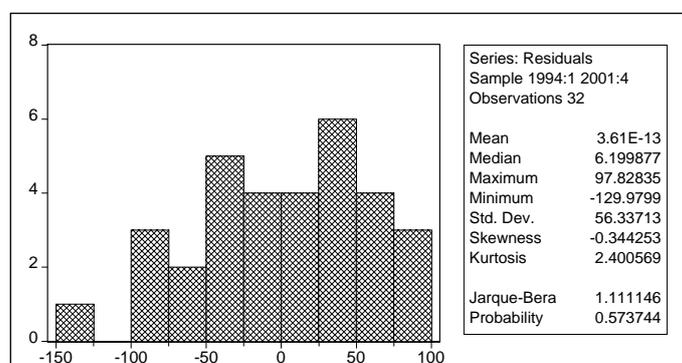
Para hablar de normalidad en los residuos, se analizan cuatro aspectos:

1. El histograma, el cual representa en forma gráfica la distribución de los residuos.
2. El coeficiente de asimetría muestral (skewness) debe ser cercano a cero (-0.344).

3. La kurtosis debe tener un valor cercano a 3 (2.40).
4. El Jarque-Bera, el cual es el estadístico que somete a prueba la hipótesis nula de que existe normalidad en la distribución de los residuos.

El valor obtenido para dicho estadístico (1.11) es inferior al valor tabulado (5.99) que corresponde a una distribución  $\chi^2$  con dos grados de libertad a un nivel de significancia del 5%.

De acuerdo a lo establecido anteriormente, y a los resultados de la prueba de normalidad, no hay evidencia estadística suficiente para rechazar  $H_0$ , por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula. (Los residuos se distribuyen normalmente).



### **Multicolinealidad**

La multicolinealidad es el grado de relación lineal existente entre las observaciones de las variables explicativas. Existen tres situaciones posibles:

1. **Multicolinealidad perfecta:** se da cuando existe una relación lineal exacta entre algunos o todos los regresores incluidos en el modelo.
2. **Ortogonalidad:** supone la ausencia de relación lineal entre algunos o todos los regresores incluidos en el modelo.
3. **Multicolinealidad imperfecta:** consiste en la existencia de una relación lineal fuerte entre los regresores del modelo, se puede detectar por medio de los siguientes síntomas:
  - Varianzas grandes de los estimadores.
  - Inestabilidad de los estimadores ante pequeñas variaciones muestrales: el que la varianza de los estimadores sea elevada implica que los estimadores son inestables.

- Dificultad para interpretar los coeficientes y por tanto, sus estimaciones. Cuando hay multicolinealidad imperfecta es imposible suponer que el resto de las variables permanecen constantes al existir altas correlaciones lineales entre las mismas, por esto los parámetros pierden el significado y a la vez sus estimaciones.

Las pruebas que se pueden utilizar para detectar la presencia de multicolinealidad imperfecta son las siguientes:

- Se procede a calcular la matriz de correlaciones entre los regresores y el determinante de dicha matriz, porque esto señala el grado de correlación lineal existente entre cada par de regresores y en su conjunto. Si alguno(s) de estos coeficientes es elevado (próximo a + -1) será indicativo de existencia de multicolinealidad, como consecuencia de la relación entre más de dos variables.
- Analizar la significación individual y conjunta de los regresores. Si hay multicolinealidad imperfecta existe una alta posibilidad de encontrarse con regresores individualmente no significativos, pero con una capacidad explicativa conjunta elevada.

En el caso del modelo analizado, se observan niveles adecuados de significancia individual para los regresores así como una capacidad explicativa conjunta de 0.777143 medida a través del  $R^2$  y de 0.761774 a través del  $R^2$  ajustado, que son los coeficientes de determinación.

Estos coeficientes de determinación se deben destacar ya que es importante disponer de una medida de bondad del ajuste para decidir si el ajuste lineal es suficiente o se deben buscar modelos alternativos.

El coeficiente de determinación está definido como sigue:

$$R^2 = \frac{scE}{scG} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

En resumen, se puede decir que el coeficiente de determinación mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente (Y) respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión.

**Heterocedasticidad**

La heterocedasticidad significa que la varianza de las perturbaciones no es constante a lo largo de las observaciones y supone una violación de una de las hipótesis sobre las que se asienta el modelo de regresión lineal básico. Esta supone la heterogeneidad de los datos con los que se trabaja al afirmar que provienen de distribuciones de probabilidad con distinta varianza.

Las principales consecuencias que se derivan del incumplimiento de la hipótesis de homocedasticidad en los resultados son:

- Un error en el cálculo del estimador de la matriz de varianzas y covarianzas de los estimadores mínimos cuadráticos.
- Una pérdida de eficiencia en el estimador mínimo cuadrático.

**Detección:**

Se puede detectar la heterocedasticidad por medio de la prueba de “White”

- $H_0: \delta_i^2 = \delta^2$  para todo  $i$ , es decir el modelo es homocedástico.
- $H_1$ : no se verifique  $H_0$ .

White Heteroskedasticity Test:				
F-statistic	1.603290	Probability	0.202188	
Obs*R-squared	6.141924	Probability	0.188797	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 12/03/02 Time: 06:01				
Sample: 2000:1 2008:4				
Included observations: 32				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-100552.3	164399.9	-0.611632	0.5459
PRECIO	-11975.42	12817.70	-0.934288	0.3584
PRECIO^2	1672.712	2506.128	0.667449	0.5102
PIB	2.976563	3.729349	0.798145	0.4318
PIB^2	-1.80E-05	2.11E-05	-0.849897	0.4029
R-squared	0.191935	Mean dependent var	3074.689	
Adjusted R-squared	0.072222	S.D. dependent var	3696.984	
S.E. of regression	3560.981	Akaike info criterion	19.33606	
Sum squared resid	3.42E+08	Schwarz criterion	19.56508	
Log likelihood	-304.3770	F-statistic	1.603290	
Durbin-Watson stat	2.891528	Prob(F-statistic)	0.202188	

Al observar el test anterior se manifiesta que no hay evidencia estadística suficiente para rechazar  $H_0$ , es decir, el modelo es homocedástico.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
.  **	.  **	1	0.273	0.273	2.6135	0.106
**  .	**  .	2	-0.210	-0.307	4.2130	0.122
. *  .	. *  .	3	-0.081	0.093	4.4576	0.216
.   .	.   .	4	0.047	-0.023	4.5431	0.337
**  .	***  .	5	-0.255	-0.330	7.1690	0.208
***  .	**  .	6	-0.413	-0.257	14.309	0.026
. *  .	.   .	7	-0.102	-0.042	14.758	0.039
.  * .	.   .	8	0.130	-0.041	15.526	0.050
. *  .	. **  .	9	-0.123	-0.290	16.241	0.062
. *  .	. *  .	10	-0.184	-0.173	17.912	0.056
.  * .	. *  .	11	0.109	-0.107	18.528	0.070
.  *** .	.  * .	12	0.413	0.185	27.818	0.006
.  ** .	.  * .	13	0.235	0.082	30.981	0.003
.   .	.   .	14	-0.027	-0.036	31.024	0.006
.   .	.   .	15	0.035	-0.011	31.104	0.009
.   .	.  * .	16	0.040	-0.076	31.214	0.013

**Test de autocorrelación de orden 2**

Para realizar la prueba de autocorrelación de orden superior, se utiliza el estadístico F, para el cual se prueba la hipótesis nula de que no existe autocorrelación. Para una F estadística inferior al valor tabulado, o un nivel de probabilidad superior al 5% de significancia, se concluye, que no hay evidencia estadística suficiente para rechazar  $H_0$ , es decir, el modelo no presenta correlación serial.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	2.909258	Probability	0.071747	
Obs*R-squared	5.673398	Probability	0.058619	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Date: 12/03/08 Time: 10:39				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	186.2896	356.4343	0.522648	0.6055
PRECIO	-14.39991	32.89040	-0.437815	0.6650
PIB	-0.001744	0.003264	-0.534433	0.5974
RESID(-1)	0.403423	0.202045	1.996698	0.0560
RESID(-2)	-0.320016	0.198241	-1.614275	0.1181
R-squared	0.177294	Mean dependent var	3.61E-13	
Adjusted R-squared	0.055411	S.D. dependent var	56.33713	
S.E. of regression	54.75403	Akaike info criterion	10.98618	
Sum squared resid	80946.11	Schwarz criterion	11.21520	
Log likelihood	-170.7789	F-statistic	1.454629	
Durbin-Watson stat	1.954432	Prob(F-statistic)	0.243472	

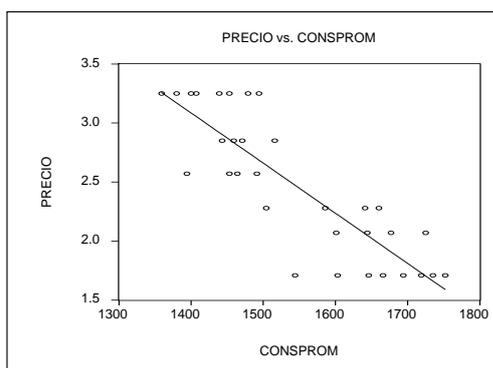
Tras el análisis estadístico y las pruebas realizadas sobre el comportamiento de las variables, los residuos y el modelo en general, se puede finalmente validar los coeficientes para interpretar el sentido económico del modelo, así como de las hipótesis económicas implícitas.

## Análisis del Excedente del Consumidor

La ecuación obtenida mediante el análisis de regresión, permite estimar un nivel de variación en el excedente del consumidor de acuerdo a los cambios en los precios, para efectuar el cálculo de este excedente en valor, se utiliza el procedimiento de integración para determinar el área bajo la curva obtenida mediante el procedimiento lineal, con respecto a la variable independiente precio por minuto.

### Ecuación:

$$\text{CONSPROM} = 1148.04466 - 106.3968559 * \text{PRECIO} + 0.007599918794 * \text{PIB}$$



El excedente del consumidor promedio, para el caso de la telefonía fija tradicional, se obtendría de la integración simple de la ecuación con respecto a la variable independiente precio por minuto excedente y los límites de integración estarían determinados por el precio actual (en términos reales), como límite inferior y el precio que debería estar vigente como límite superior. Este precio en términos reales debería ser, al menos igual al precio real del inicio de la serie en 1994 (3.25 dólares minuto).

**Cálculo de la integral.**

$$\int_{1.71}^{3.25} (1148.04466 - 106.3968559 * \text{PRECIO} + 0.007599918794 * \text{PIB}) d\text{PRECIO} =$$

El PIB se asume como constante para el análisis de integración y se toma el último valor registrado, correspondiente al cuarto trimestre del último año (93254.2562665228)

$$\int_{1.71}^{3.25} (1148.04466 - 106.3968559 * \text{PRECIO} + 0.007599918794 * 93254.2563) d\text{PRECIO} =$$

$$\int_{1.71}^{3.25} (1856.7694 - 106.3969 * \text{PRECIO}) d\text{PRECIO} =$$

$$\left\{ 1856.7694 * \text{PRECIO} - 106.3969 * \frac{(\text{PRECIO})^2}{2} \right\}_{1.71}^{3.25}$$

$$(1856.7694 * (3.25) - 106.3969 * (3.25)^2 / 2) - (1856.7694 * (1.71) - 106.3969 * (1.71)^2 / 2) = 5472.59 - 3019.51 = 2453.08 \text{ Trimestral}$$

La conclusión de este análisis se simplifica al verlo como la cuantificación del bienestar económico, labor propia de los reguladores, como se puede observar el excedente del consumidor logrado por medio de precios menores a los de equilibrio representan 2 453,08 dólares por trimestre (resultado de la integración), en caso de aumentos en los precios el excedente es para el productor / operador. Esto es una referencia única para los reguladores y así poder encontrar el equilibrio de mercado, en aquellos servicios en los cuales los precios puedan ser regulados.

La aplicación de la encuesta sirve como un elemento adicional para verificar los resultados obtenidos en el modelo econométrico, se consideran como variables claves en el estudio, el precio del servicio para poder hacer la vinculación con el excedente del consumidor, la cobertura, problemas e información sobre los precios.

Los operadores, pueden utilizar el instrumental explicado con el fin de mejorar sus sistemas de precios, costos y las evaluaciones de sus proyectos, al detectar tanto el excedente del operador como del consumidor, es un elemento adicional para mejorar la determinación de la elasticidad precio de la demanda y las curvas de demanda.

La teoría aplicada del excedente del consumidor es comprobada con la aplicación de la encuesta en donde se muestra que en general los clientes perciben un precio justo y reconocen a las telecomunicaciones como un vehículo de competitividad.

Los riesgos implícitos de reconocimiento y medición se deben considerar en el entorno económico cambiante, se considera que ante alteraciones de la economía mundial y consecuentemente la nacional, los resultados del análisis podrían verse alterados. Así del mismo modo, ante decisiones de inversión o políticas de precios influenciados por el aspecto político.

La estrategia de operacionalización se debe aplicar en un primer momento en la política tarifaria y de toma de decisiones de inversiones de la empresa, con el fin de jerarquizar para obtener los mejores beneficios económicos y sociales.

La aplicación contribuye a la vida económica nacional demostrando como un operador puede generar beneficios económicos sociales a un país cuando aplica prácticas empresariales como las enunciadas a lo largo del trabajo, el regulador en particular puede medir el beneficio en la función macroeconómica de la empresa por medio del cálculo del excedente del consumidor.

## **Apéndice**

## Glosario Técnico

**Variable:** cualquier característica de una persona, o situación experimental que puede variar entre persona a persona, de un ambiente a otro por ejemplo el precio o los ingresos por la venta de un servicio son variables.

**Datos:** números o medidas obtenidos como resultado de observaciones. Como por ejemplo la frecuencia de consumo telefónico por clase.

**Parámetro:** cualquier característica medible de una población; VG. La proporción de clientes que consumen por encima de la renta básica del servicio de telefonía móvil. Para nombrar o identificar los parámetros es común utilizar las letras griegas ( $\mu$ ,  $\sigma$ ).

**Variables Cualitativas:** son aquellas que se expresan en forma verbal como categorías o atributos. Por ejemplo, el sexo, color, afiliación política, nacionalidad, motivación, área académica o profesión de una persona.

**Variables Cuantitativas:** son las que varían en términos de cantidad y se registran o expresan en forma numérica. Por ejemplo, edad, promedio académico, puntuaciones de exámenes, frecuencia de delitos, temperatura,

**Variables Independientes:** son las características controladas por el investigador y que se supone tendrán efectos sobre otras variables.

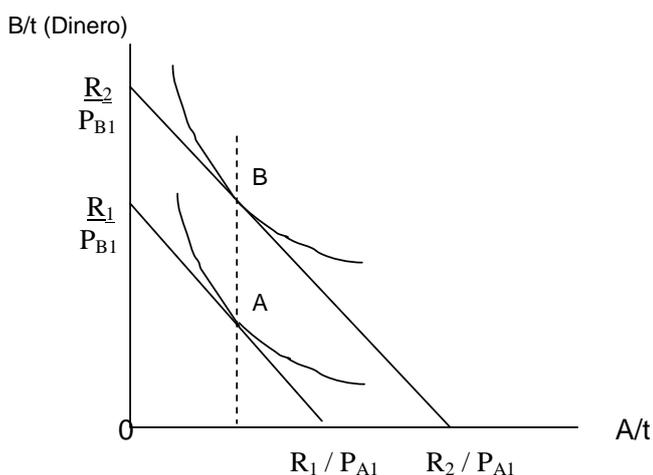
**Variables Dependientes:** son las características o aspectos que se alteran por consecuencia del control que ejerce el investigador sobre otras variables.

**Variable Constante:** se refiere a una característica que no varía en un grupo o población en particular dentro del tiempo que se lleva a cabo la investigación.

### Nota Técnica sobre el estudio del excedente del consumidor

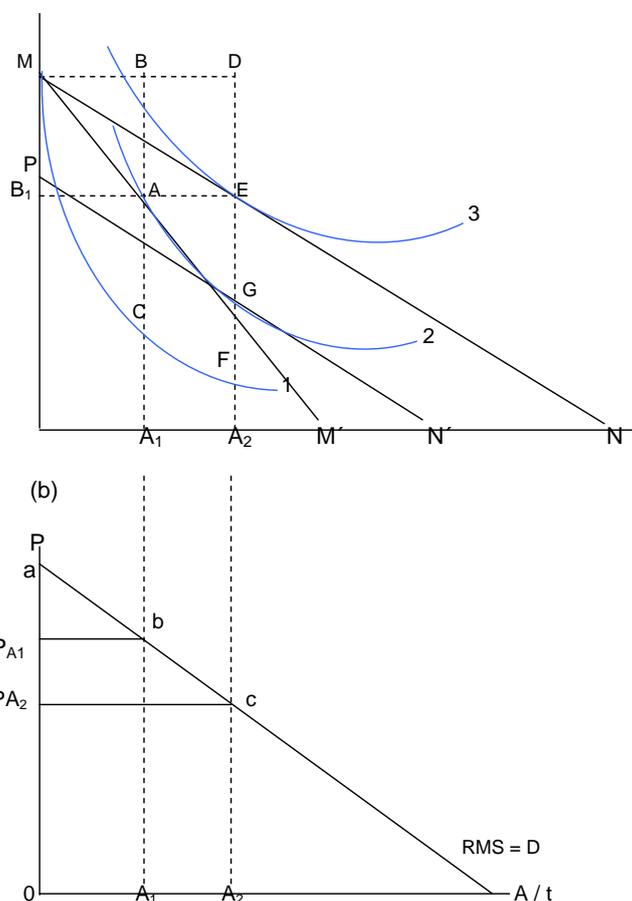
El estudio del excedente del consumidor también se puede efectuar por medio de las curvas de indiferencia<sup>9</sup>.

Supóngase que existen dos productos A y B, donde B es el dinero. Asimismo, supóngase que la utilidad marginal del dinero es constante. Con este supuesto las curvas de indiferencia serán paralelas verticalmente, es decir, todas las curvas de indiferencia tendrán la misma pendiente para cualquier cantidad dada de A.



En A y B, las pendientes de las dos curvas de indiferencia son iguales. Por esa razón, la  $RMS_{BA}$  en A es igual a la  $RMS_{BA}$  en B, y tanto en A como en B se tendrá que  $UM_{aA} / P_A = UM_{aB} / P_B$ . Como  $P_A$  y  $P_B$  son iguales en la posición A y en la B y como la  $UM_{aB}$  es constante, se obtiene de ello que la  $UM_{aA}$  tiene que ser también igual en B que en A. Esto solo es cierto cuando la cantidad de A no se altera. Resulta de aquí que sólo la cantidad de B puede cambiar cuando la renta se eleva de  $R_1$  a  $R_2$ . Así, la  $RMS_{BA}$  en el punto A y la  $RMS_{BA}$  en el punto B son iguales y solo la cantidad de B ha cambiado al variar la renta. (Se supone que las utilidades marginales de A y B son independientes.)

<sup>9</sup>Bilas Richard A. Teoría microeconómica. Edición 1985. McGraw-Hill,. Pág. 135-147



En esta figura las curvas de indiferencia se han trazado de tal manera que son verticalmente paralelas. B representa el dinero y el bien A tiene que valorarse en unidades de dinero. Por definición el precio de una unidad de dinero tiene que ser 1. Como la pendiente de una curva de indiferencia en cualquier punto viene dada por la  $RMS_{BA}$  o una relación de precios en aquel punto, se sigue de ello que cuando  $P_B = 1$  la  $RMS_{BA} = P_A$ ; cualquiera que sea el valor de A.

Como para una determinada cantidad de A, se tiene que  $RMS_{BA} = P_A$  (el precio mismo de A) sobre cualquier curva de indiferencia, el sistema de curvas de indiferencia se reduce a una sola curva RMS. Esta curva se convierte en la curva de demanda de A. Según el gráfico anterior la curva de demanda

debe tener una elasticidad respecto al precio igual a 1, puesto que  $BA = DE$  es la cantidad gastada en A en los dos estados de equilibrio indicados por los puntos A y E de la gráfica anterior (a).

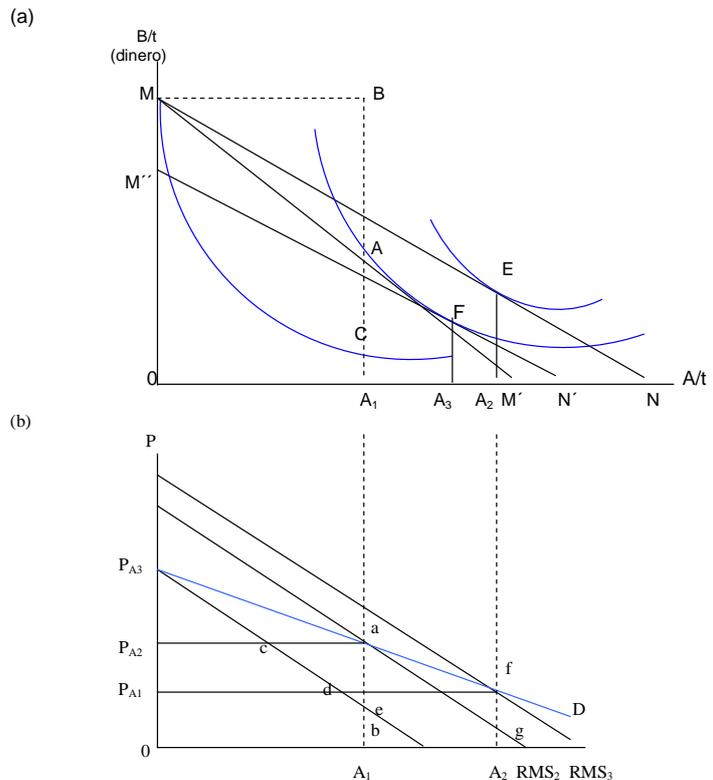
Si el consumidor está en el punto A cuando la renta dada es M y la estructura de precios está representada por la recta de restricción presupuestaria  $MM'$ , el consumidor compra  $A_1$ , gastando AB en A y  $OB_1$  en los demás bienes. El precio de A es  $OM / OM'$  (pendiente de la curva de indiferencia 2 en el punto A, donde  $RMS_{BA} = P_A$ ), que es  $P_{A1}$ .

Como las pendientes de las curvas de indiferencia en A y en C son iguales, por ser iguales a la pendiente de la recta de restricción de presupuesto  $MM'$ , la RMS de todas las curvas de indiferencia en  $A_1$ , es igual a  $P_{A1}$ . Para un precio de A inferior, dado por la recta de restricción de presupuesto MN, la persona se trasladará a E, donde  $OM / ON = P_{A2}$ .

Ahora bien, si el consumidor está en equilibrio en A, ofrecerá hasta un máximo de BC por  $A_1$  antes que quedarse sin este bien, porque el ceder BC no le dejaría peor que si se viese privado de A. Efectivamente, el consumidor obtiene igual satisfacción en C que en M (ambos puntos sobre la curva de indiferencia 1), por consiguiente, le es indiferente situarse en C o en M, y estaría dispuesto a ofrecer BC antes que quedarse sin A. En definitiva AC es el excedente del consumidor en  $A_1$ .

En la figura abajo, AC es igual al área  $P_{A_1}ab$  en la figura b. Si el precio desciende a  $P_{A_2}$  el excedente del consumidor se convierte en EF, en la figura a que es igual el área  $P_{A_2}ac$  en la figura b. El área  $P_{A_1} P_{A_2} bc$  de la figura representa la ganancia en excedente del consumidor debida al descenso del precio.

Supóngase ahora que la  $RMS_{BA}$  aumenta cuando B aumenta para un determinado valor de A. Aquí la elasticidad de la demanda de A respecto a la renta es positiva, puesto que un desplazamiento hacia fuera de la recta de restricción de presupuesto, paralela a sí misma, aumentará la cantidad demandada de A. Este es el caso de un bien normal. Debido a esto, el sistema de curvas de indiferencia no puede reducirse a una sola curva RMS, porque las pendientes de las curvas de indiferencia se van haciendo más fuertes, para un determinado valor de A, al elevarse a niveles cada vez más altos de satisfacción.



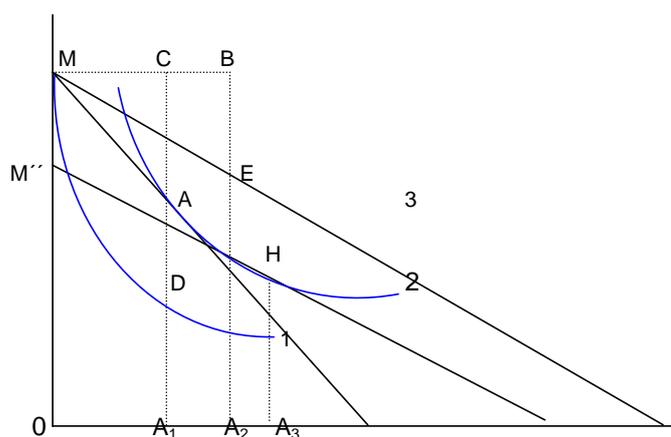
Igual que el caso anterior, B representa el dinero. Las líneas  $RMS_1$ ,  $RMS_2$  y  $RMS_3$  son las rectas RMS para las curvas de indiferencia 1, 2, 3 respectivamente.

Si se da la recta de restricción presupuestaria  $MM'$ , el consumidor demandará  $A_1$  y el precio será  $P_{A_2}$ , que es la pendiente de la curva de indiferencia 2 en el punto A, puesto que ese punto  $RMS_{BA} = P_A / P_B$  y  $P_B = 1$ . Al mismo tiempo,  $P_{A_1}$  en la recta  $RMS_3$  es la pendiente de la curva de indiferencia 3 en el punto E, y la cantidad demandada a este

precio inferior es  $A_2$ . Si se conectan estos puntos en el gráfico b se tiene la curva de demanda del consumidor para A. En este caso sucede que el excedente del consumidor no es igual al área triangular bajo la curva de demanda.

El excedente en  $A_1$  es AC. Correspondiendo a BC (cantidad máxima que el consumidor estaría dispuesto a pagar antes que quedarse sin el bien), se tiene  $OP_{A_3}b_{A_1}$ , que es el área bajo la curva  $RMS_1$ , hasta  $A_1$ .

B/t (dinero)

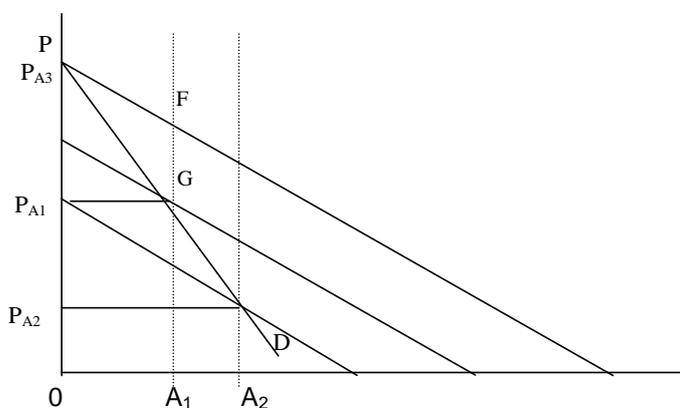


La curva  $RMS_1$  indica el precio máximo por unidad que el consumidor pagaría por A antes que quedarse sin el bien; el área por debajo de esta curva es simplemente el precio máximo de la primera unidad multiplicado por 1, más el precio máximo de la segunda unidad multiplicado por 1 y así sucesivamente para las primeras  $A_1$  unidades. Correspondiendo a AB se tiene  $OP_{A_2}a_{A_1}$ . Si se restan estas dos áreas, en el diagrama inferior se tendría  $P_{A_2}P_{A_3}c$  - cab. Esta diferencia es evidentemente menor al triángulo bajo la curva de demanda,  $P_{A_2}P_{A_3}a$ . Como conclusión de todo esto se tendría que decir que el área triangular por debajo de la curva de demanda es el

excedente del consumidor lo cual sería una exageración para el caso de un bien normal.

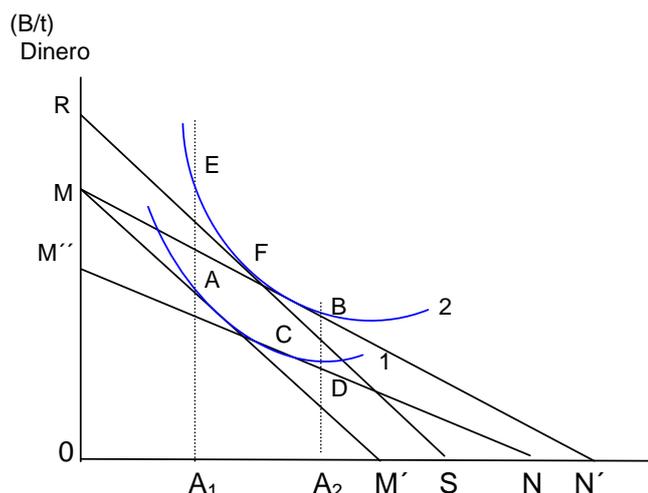
Si se eligiera un bien inferior, el excedente del consumidor en el caso sencillo en que  $UM_{AB}$  es constante, está por debajo del verdadero valor del excedente del consumidor.

Con este ejemplo, la  $RMS_{BA}$  desciende cuando B aumenta para un valor de A determinado. La elasticidad de la demanda de A respecto a la renta es negativa, porque un desplazamiento paralelo y hacia fuera ( $M'N'$  es paralela a  $MN$ ) de la recta de restricción de presupuesto disminuiría la cantidad demandada de A. Así pues A es un bien inferior.



Tampoco aquí puede el sistema de curvas de indiferencia reducirse a una sola recta RMS, porque las pendientes de las curvas de indiferencia se hacen menos fuertes, para un determinado valor de A, cuando se sube a niveles cada vez más altos de satisfacción.

Dada una recta de restricción de presupuesto  $MM'$ , el consumidor estará en equilibrio en el punto A, donde demandará  $A_1$  y el precio será  $P_{A1}$ . El precio es la pendiente de la curva de indiferencia 2 en el punto A. Además, cuando el precio de A desciende, el consumidor está en equilibrio en E, sobre la curva de indiferencia 3 y demanda la cantidad  $A_2$  al precio  $P_{A2}$ , que es la pendiente de la curva de indiferencia 3 en E.



Para la cantidad  $A_1$ , el excedente del consumidor en la parte superior de la figura es  $AD$ . Corresponde a  $CD$  que es la cantidad máxima que el consumidor gastaría antes que quedarse sin el bien, el área  $OP_{A3}FA_1$ , que es el área por debajo de la recta  $RMS_1$  hasta  $A_1$ .

Corresponde a  $AC$ , que es la cantidad gastada en  $A_1$ , el área  $OP_{A1}GA_1$ . Si se resta entre sí estas dos áreas tendremos la medida del excedente del consumidor para la cantidad  $A_1$ . El resultado de esta sustracción es  $P_{A1}P_{A3}FG$ , que es mayor que  $P_{A1}P_{A3}G$ , que es el área triangular bajo la curva de demanda.

Cuando se trata de un bien inferior, el excedente del consumidor es un valor inferior al verdadero excedente.

Como el excedente del consumidor mide un valor "extra" que el consumidor recibiría cuando compra una cantidad de una mercancía, se podría desear medir la variación que acusa este excedente cuando se produce una variación del precio de la mercancía en cuestión.

Según Hicks existen otros cuatro métodos de medición del excedente del consumidor además del anterior. Para estudiar lo dicho anteriormente, es necesario primero variar ligeramente la definición del excedente del consumidor. Se definirá como excedente del consumidor como aquel que está causado por una variación del precio. Es la cantidad adicional de dinero que el consumidor podría verse obligado a pagar para



$$\bar{\delta U} / \delta B = K \quad y$$

$$d\bar{U} = \Phi A \, dA + K \, dB = 0$$

Por lo tanto:

$$-dB / dA = \Phi A / K = RMS_{BA} = f(A) > 0$$

En general si  $U = \psi(A, B)$  se tiene  $B = \psi^{-1}(A, U)$

Donde  $\bar{U}$  es una constante y en consecuencia:

$$dB / dA = \psi^{-1}(A, \bar{U}) = f(A) < 0 \quad \text{o} \quad -dB / dA = f(A) > 0$$

En equilibrio y haciendo  $P_B = 1$ , tenemos  $f(A) = P_A$  que es una función de demanda.

Por lo tanto:

$$C = CB' - CB_1 = \int_0^{A_1} f(A) \, dA - A_1 P_{A1} \quad y$$

$$\Delta C = (DB'' - DB_2) - (CB' - CB_1)$$

$$\begin{aligned} \Delta C &= \left[ \int_0^{A_1} f(A) \, dA - A_1 P_{A1} \right] \\ &= \int_{A_1}^{A_2} f(A) \, dA - (A_2 P_{A2} - A_1 P_{A1}) \end{aligned}$$

Todo lo anterior tomado del libro: Hirshleifer, Jack. Microeconomía teoría y aplicaciones. Tercera Edición 1988. Prentice may. Pags. 244-246.

## **Bibliografía**

Baca Urbina Gabriel, Evaluación de Proyectos. Editorial. Mc Graw Hill México,, 1987

Bilas Richard A. Teoría Microeconómica. Alianza Editorial, Madrid, 1974.

Case / Fair. Principios de microeconomía. Editorial Prentice – may Hispanoamericana, S.A.1998.

Esser Klaus. Competitividad Sistémica. Berlin.1994

González Yolanda, Carrascal Ursicino y Rodríguez Beatriz. Análisis econométrico con Eviews. Editorial RA-MA, Madrid.1997.

G.S. Maddala, Introducción a la Econometría, México.1988

Gujarati Damodar. Econometría. Santafé de Bogotá, Colombia.1997.

Habermas Jürgen, Esser Klaus, Hillebrand Wolfgang, Messner Dirk, Meyer-Stamer Jörg. Competitividad internacional de las empresas y políticas requeridas. Berlin, 1994

Hirshleifer, Jack. Microeconomía teoría y aplicaciones. Tercera Edición. Prentice.1998.

Jáuregui Gómez Alejandro. Determinantes de la competitividad.1996.

Martín Guillermina, Labeaga José María, Mochón Francisco. Introducción a la Econometría. España.1997.

Mercado Ramírez, Ernesto. Productividad base de la competitividad.1998

N.Gregory Mankiw. Principios de economía. McGrawHill.

Pelayo Carmen Maria. Documento de Internet.

Porter Michael. Ventaja competitiva de las naciones. Harvard U.1989.

Porter Michael. Estrategia Competitiva. CECSA, 1992

Sapag Chain Nassir, Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación. México, Editorial Pearson Educación, Primera Edición, 2007.

Thompson Arthur, Administración Estratégica, Mc Graw Hill, 2001

### **Bibliografía Consultada**

Dornbusch-Fisher. Macroeconomía. Barcelona. Sexta Edición.1994.

Hamilton, Lawrence C. Statistic with stata 5. California, editorial Duxbury press, 1988.

Jonston, Jack. Dinardo, John. Econometric Methods, Singapur, McGrawhill, 1997.

Laffont-Tirol. Competition in telecommunicacations. London. Primera edición 1999.

Leftwich Richard. Microeconomía. México, primera edición, 1972.

Spiegel, Murray R. Teoría y problemas de estadística, México DF, editorial McGrawhill, 1974.

Tamales Ramon. Un nuevo Orden Mundial. Esapasa-Calpe. Madrid,1991.

Raventós Vorst, Pedro. Privatización y Regulación en Telecomunicaciones. San José. Edición 1997.

Runyon/Haber. Estadísticas para las ciencias sociales. México. 1992.