

# Introducción al análisis oferta - demanda en el transporte

Instituto Mexicano del  
Transporte



2004

# Conceptos básicos

- La ciencia económica
- Microeconomía vs. Macroeconomía
- El mercado
- La demanda y la oferta

# La demanda de transporte

- La función de demanda lineal

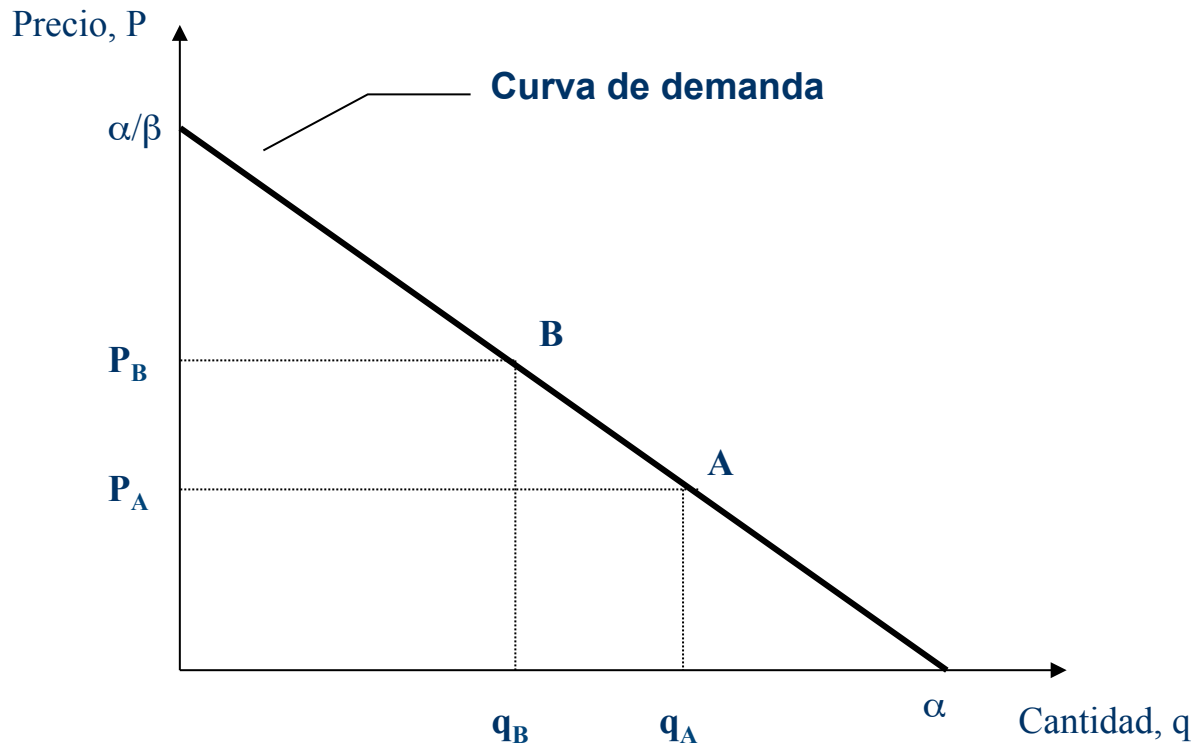
$$Q(p) = a - bp$$

Q = Cantidad demandada

p = Precio de mercado

a y b = Parámetros a estimar

# La demanda de transporte



# La oferta de transporte

- La función de oferta lineal

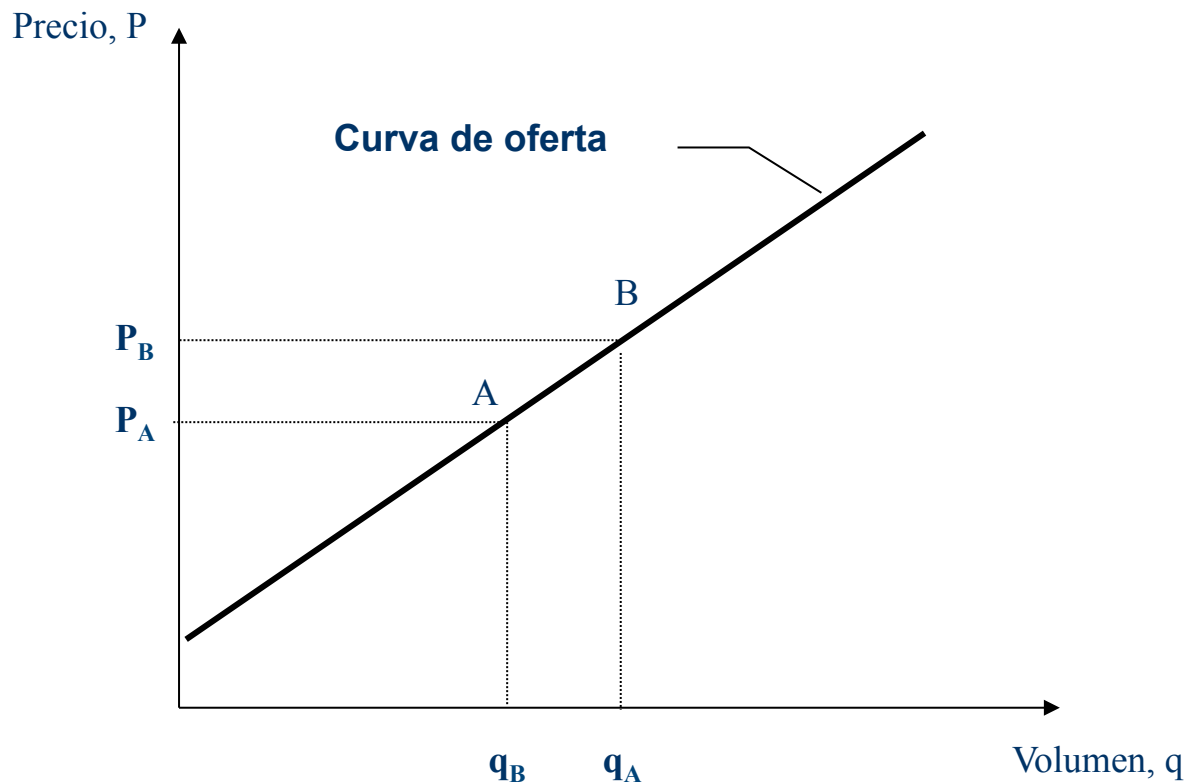
$$O(p) = c + dp$$

O = Cantidad ofrecida

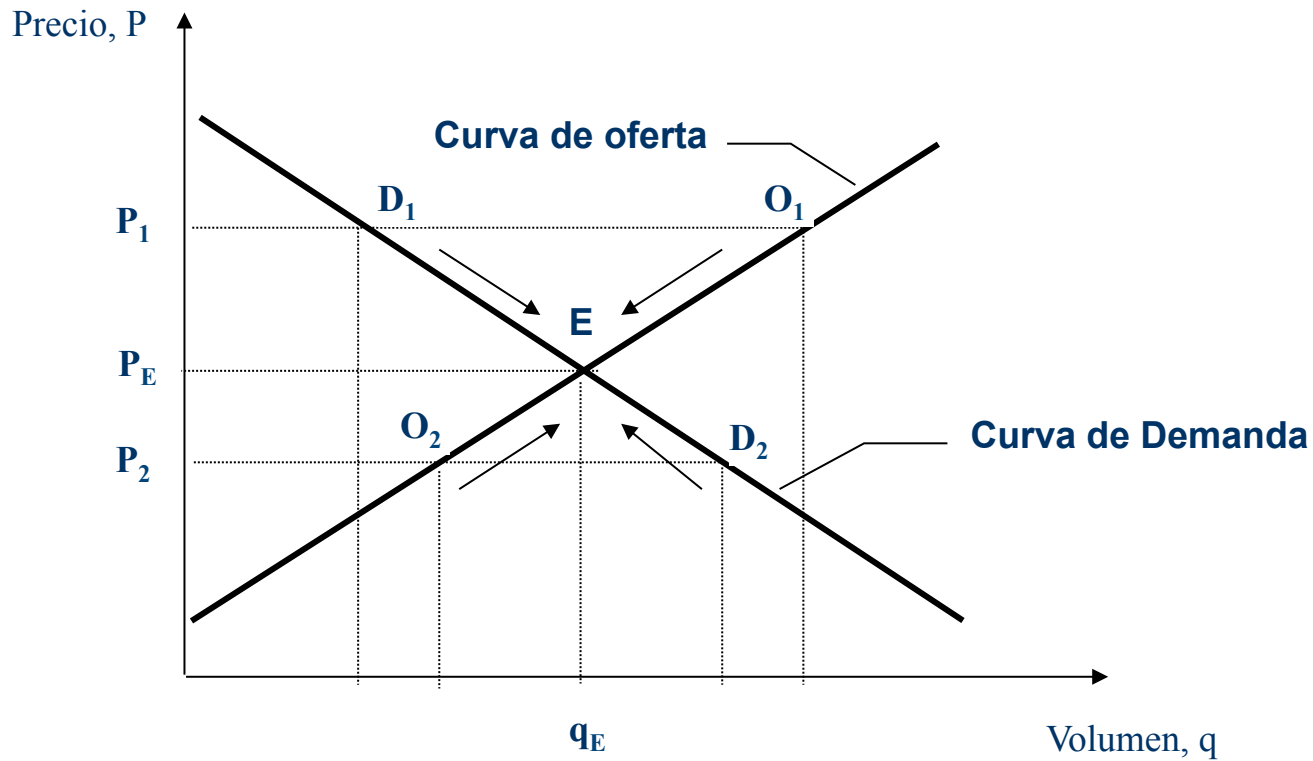
P = Precio de mercado

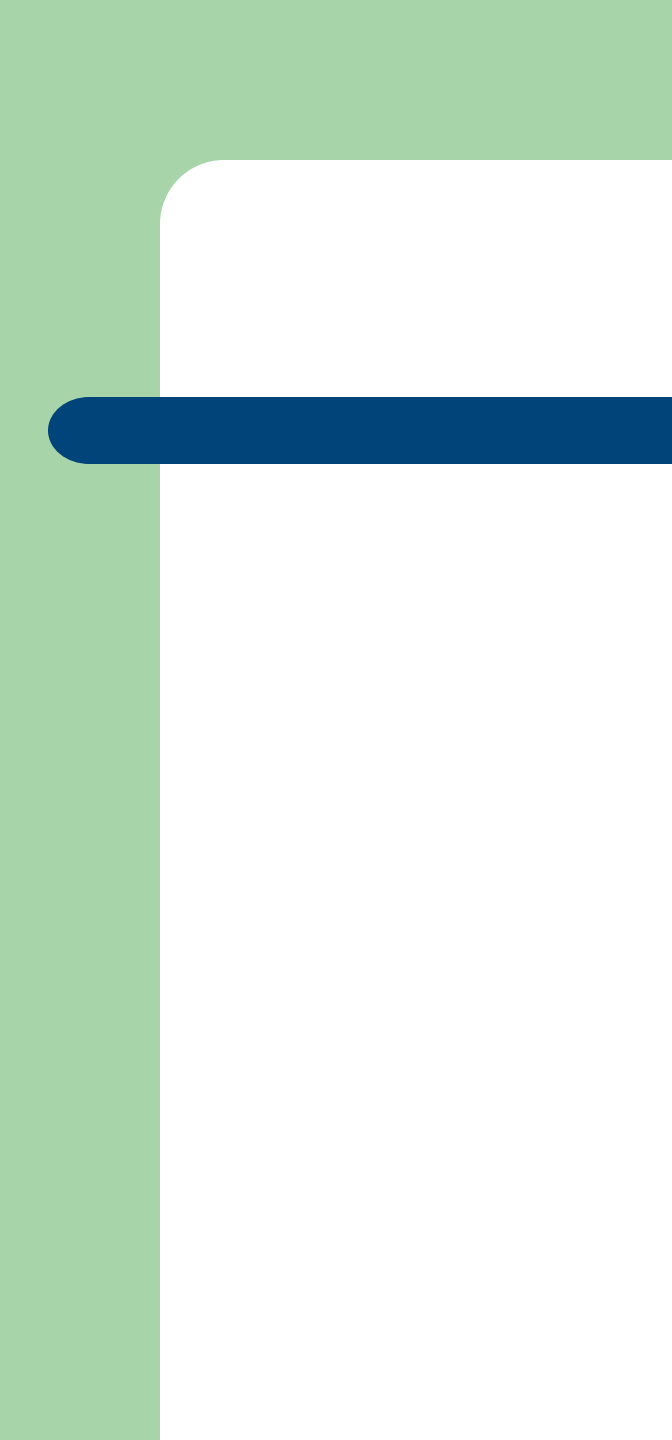
c y d = Parámetros a estimar

# La oferta de transporte



# Equilibrio de mercado







# Unidades de medición de la oferta y demanda de transporte

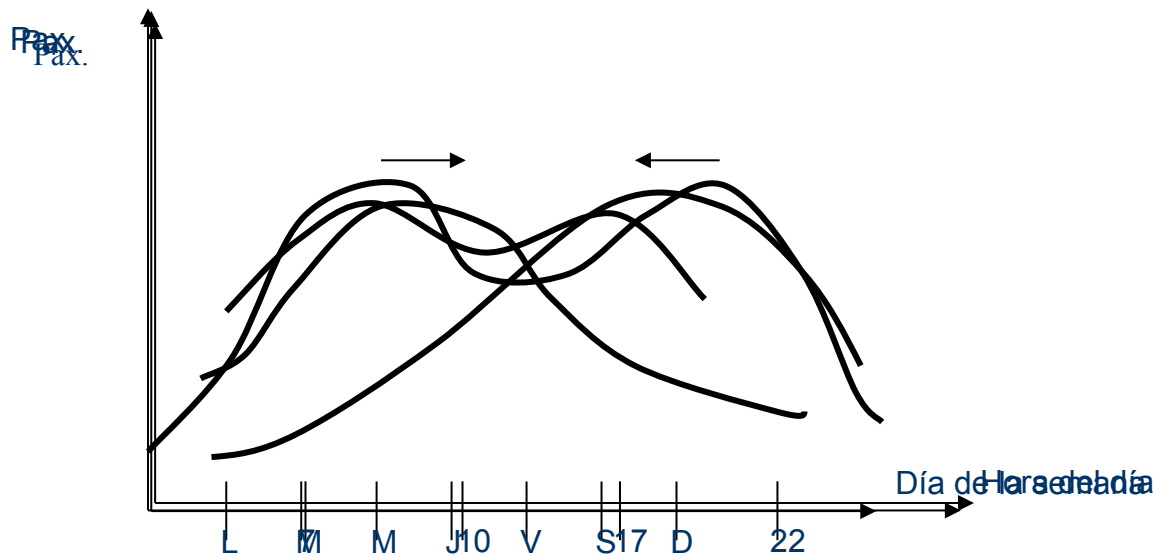
- Viaje
- Pasajeros
- Pasajeros – kilómetro (pax – Km)
- Pasajeros – kilómetro por unidad de tiempo (pax – Km/tiempo)
- Vehículos
- Carga

# Análisis de la demanda de transporte

- Factores que determinan la demanda de transporte
  - Características físicas
  - El precio
  - Costos de transporte
  - Los precios relativos de los diferentes modos de transporte
  - El nivel de ingreso del usuario
  - Velocidad del servicio
  - Calidad del servicio

# Análisis de la demanda de transporte

- La importancia del valor del tiempo
- Variación de la demanda



# Patrones de demanda no influenciados por los operadores

- Demanda en periodos de máxima afluencia
- Cambios de hábitos sociales
- Cambios en el comportamiento del competidor
- Cambios en la distribución de la población
  
- Por lo que el operador sólo puede influenciar la demanda a través de:
  - Políticas de precios
  - Mejoras en la calidad del servicio

# El problema de la concentración de la demanda

- El producto de transporte no puede ser almacenado
- Puede existir una sobreoferta en los valles de demanda
- Sobrecostos debido a los periodos de máxima demanda
- Indivisibilidad de la oferta

# Elasticidad de la demanda

- Este concepto intenta medir el grado de respuesta de la demanda ante un cambio en los factores determinantes de la demanda
- Principales usos:
  - Analíticos
  - Prognosis

# Elasticidad de la demanda

- Tipos de elasticidad:
  - Elasticidad directa o propia
  - Elasticidad cruzada

# La medición de la elasticidad precio de la demanda

- Elasticidad precio de la demanda

$$\epsilon_{p_x} = \frac{\text{cambio proporcional en la cantidad demandada}}{\text{cambio proporcional en el precio}}$$

- Matemáticamente esto se puede expresar como

$$\epsilon_{p_x} = \frac{\left(\frac{\Delta q}{q}\right)}{\left(\frac{\Delta p}{p}\right)} = \frac{\Delta q}{\Delta p} \cdot \frac{p}{q} \quad \text{cuando } \Delta p \rightarrow 0 \quad \epsilon_{p_x} = \left(\frac{\partial q}{\partial p}\right) \frac{p}{q}$$



# La medición de la elasticidad precio de la demanda

- La elasticidad precio de la demanda también se puede expresar de forma más práctica como:

$$\epsilon_{p_x} = \frac{\left(\frac{\Delta q}{q}\right) \cdot 100}{\left(\frac{\Delta p}{p}\right) \cdot 100}$$

- Para calcular la elasticidad a partir de la función de demanda

$$\epsilon_{p_x} = \frac{\partial q / q}{\partial p_x / p_x} = \frac{\partial \ln(q)}{\partial \ln(p_x)}$$

# La medición de la elasticidad precio de la demanda

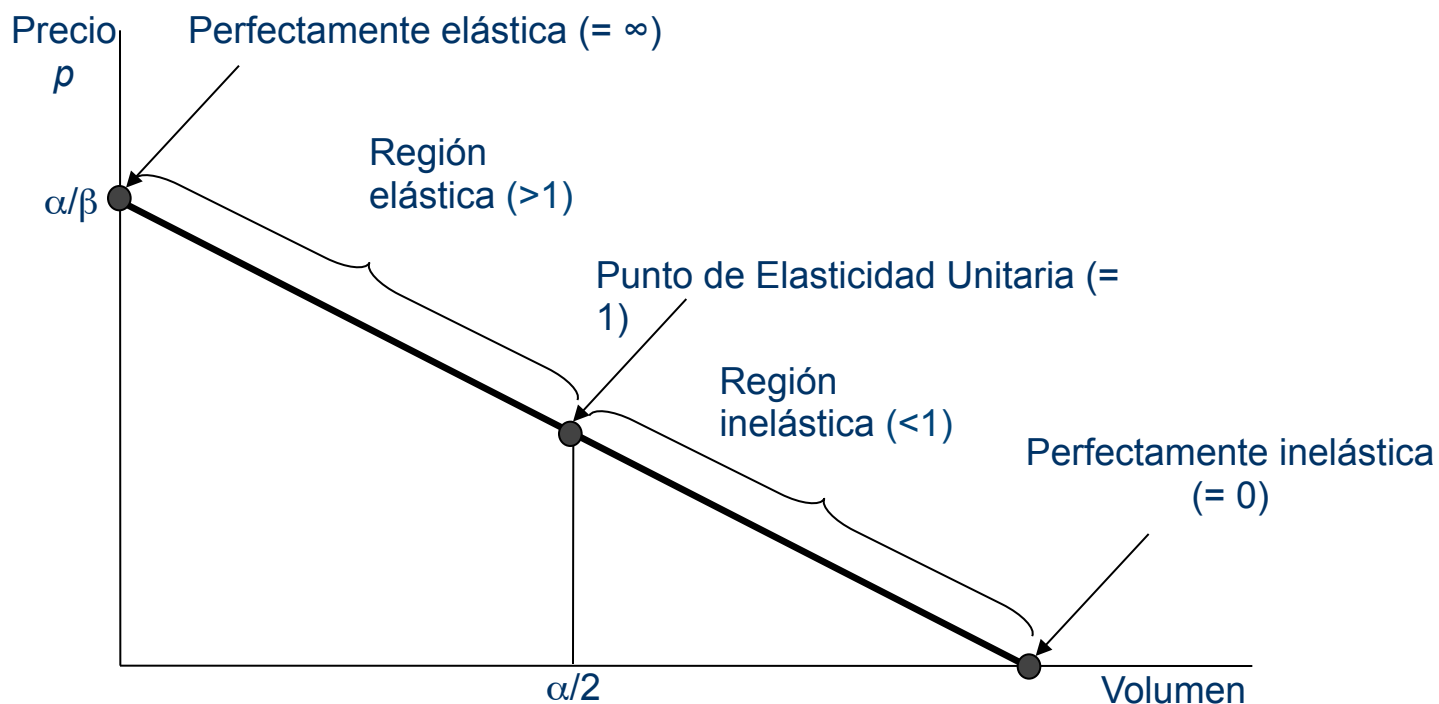
- Para calcular elasticidades a lo largo de un segmento de la curva de demanda
  - Elasticidad arco convexa

$$\epsilon_{arc} = \frac{\Delta \text{Log}(q)}{\Delta \text{Log}(p)} = \frac{\text{Log}(q_2) - \text{Log}(q_1)}{\text{Log}(p_2) - \text{Log}(p_1)}$$

- Elasticidad arco convexa

$$\epsilon_{arc} = \frac{(q_2 - q_1)(p_2 + p_1)}{(q_2 + q_1)(p_2 - p_1)}$$

# Interpretación de la elasticidad precio



# Características de la elasticidad precio en el transporte

- La demanda por transporte masivo es altamente inelástica
  - Corto plazo (entre  $-0.1$  y  $-0.4$ )
  - Largo plazo ( mayor a  $-0.5$ )
- Elasticidad en PMD versus elasticidad fuera de PMD

# Un caso especial de la elasticidad precio de la demanda

- La función CES (Constant Elasticity of Substitution)

$$q = ap^{-\alpha}$$

$$\epsilon_{p_x} = \frac{\partial q / q}{\partial p_x / p_x} = \frac{\partial q}{\partial p_x} \cdot \frac{p_x}{q} \longrightarrow \epsilon_{p_x} = \frac{\partial(ap^{-\alpha})}{\partial(p)} \cdot \frac{p}{q}$$

$$\epsilon_{p_x} = -\alpha ap^{(-1-\alpha)} \cdot \frac{p}{ap^{-\alpha}} = \textcircled{-\alpha}$$

# Elasticidad precio cruzada de la demanda

- Elasticidad precio cruzada

$$\epsilon_{p_{xy}} = \frac{\text{cambio porcentual en la cantidad demandada de nuestro servicio}}{\text{cambio porcentual en el precio del servicio de la competencia}}$$

- Matemáticamente esto se puede expresar como:

$$\epsilon_{p_{xy}} = \frac{\left( \frac{\partial q_x}{q_x} \right)}{\left( \frac{\partial p_y}{p_y} \right)} = \frac{\partial q_x}{\partial p_y} \cdot \frac{p_y}{q_x}$$

# Elasticidad ingreso de la demanda

- Cambios en las cantidades demandadas ante cambios en el ingreso de los consumidores
- Expresión matemática

$$\epsilon_m = \frac{\partial q}{\partial m} \cdot \frac{m}{q}$$

- Dependiendo de la elasticidad ingreso, tres tipos de bienes:
  - Bien superior ( $\epsilon > 1$ )
  - Bien normal ( $\epsilon \leq 0$ )
  - Bien inferior ( $\epsilon < 0$ )

# Elasticidad servicio de la demanda

- Es una medida del efecto de los estándares de servicio sobre la demanda de un servicio
- Las siguientes variables pueden medir la elasticidad servicio en la demanda de transporte:
  - Tiempo de viaje
  - Frecuencia de paso
  - Recorrido a pie
  - Número de transbordos necesarios
  - Número de días operados a la semana
  - Tiempo de operación en el día, etc.



# Ejemplo

<b>Elasticidades calculadas para los usuarios de transporte público y privado en el área metropolitana de Barcelona</b>	
<i>Demanda de Transporte Público</i>	
Elasticidad precio	<b>-0.15</b>
Elasticidad tiempo de viaje	<b>-0.35</b>
Elasticidad tiempo de espera en la parada	<b>-0.25</b>
Elasticidad tiempo de espera para al transbordo	<b>-0.69</b>
Elasticidad tiempo a pie	<b>-0.08</b>
Elasticidades cruzadas	
Precio Tr. privado	<b>0.23</b>
Tiempo de viaje Tr. privado	<b>0.16</b>
<i>Demanda de Transporte Privado</i>	
Elasticidad precio	<b>-0.11</b>
Elasticidad tiempo de viaje	<b>-0.08</b>
Elasticidades cruzadas	
Precio Tr. público	<b>0.07</b>
Tiempo de viaje Tr. público	<b>0.18</b>

Fuente: Matas, A. (1991) "La demanda de transporte urbano: Un análisis de las elasticidades y valoraciones del tiempo". Investigaciones Económicas, Vol 15, No. 2.

# La elasticidad precio y el ingreso del operador de transporte

- La relación entre la elasticidad precio de la demanda y el ingreso será la siguiente:
  - Si  $|\epsilon_p| > 1$  entonces la tarifa y el ingreso total estarán inversamente relacionados
  - Si  $|\epsilon_p| < 1$  entonces la tarifa y el ingreso total estarán positivamente relacionados
  - Si  $|\epsilon_p| = 1$  el ingreso total permanecerá constante ante cualquier cambio en la tarifa

# Modelos de la demanda y cálculo de su elasticidad

- Definición de las variables
  - $Q$  = cantidad de viajes demandados
  - $P$  = tarifa
  - $T$  = tiempo generalizado de viaje  
(el usuario valora el tiempo de caminar y de espera en dos veces el tiempo a bordo del vehículo)
  - $\epsilon_p$  = elasticidad precio
  - $\epsilon_t$  = elasticidad del tiempo de viaje
  - $a, b, c, y d$  = parámetros a estimar

# Modelos de la demanda y cálculo de su elasticidad

- Modelo de elasticidad constante (Cobb – Douglas)

$$Q = aP^b T^c$$

$$\text{Log}Q = \log a + b \log P + c \log T$$

$$\epsilon_p = b \text{ y } \epsilon_t = c$$

# Modelos de la demanda y cálculo de su elasticidad

- Modelo de elasticidad variable
  - Exponencial o semi - logarítmico

$$Q = a e^{(bP + cT)} \longrightarrow \text{Log}Q = \log a + bP + cT$$

$$\epsilon_p = bP \text{ y } \epsilon_t = cT$$

# Modelos de la demanda y cálculo de su elasticidad

- Modelo de elasticidad variable
  - Modelo del costo generalizado de viaje

$$Q = aG^d$$

Donde:  $G = P + T$  (valor del tiempo)

$$\epsilon_G = d, \epsilon_P = d(P/G) \text{ y } \epsilon_T = d(T/G)$$

# Modelos de la demanda y cálculo de su elasticidad

- Modelo de elasticidad variable
  - Modelo lineal

$$Q = a + bP + cT$$

$$\epsilon_p = b (P/Q) \text{ y } \epsilon_t = c (T/Q)$$

# Casos de aplicación

- Servicio de autobuses
  - (Véase Smith and McIntosh, TRRL SR 37, 1973)

$$Q_D = aP^b M^c e^{(-dT + \Sigma fDV)}$$

- Donde:
  - Q= cantidad de viajes demandados
  - P= tarifa
  - M = vehículos-kilómetro
  - T = tendencia del tiempo
  - DV = variable “*dummy*” estacional
  - a, b, c, d, f = parámetros a ser estimados



# Casos de aplicación

- Servicio ferroviario (Modelo Moira)

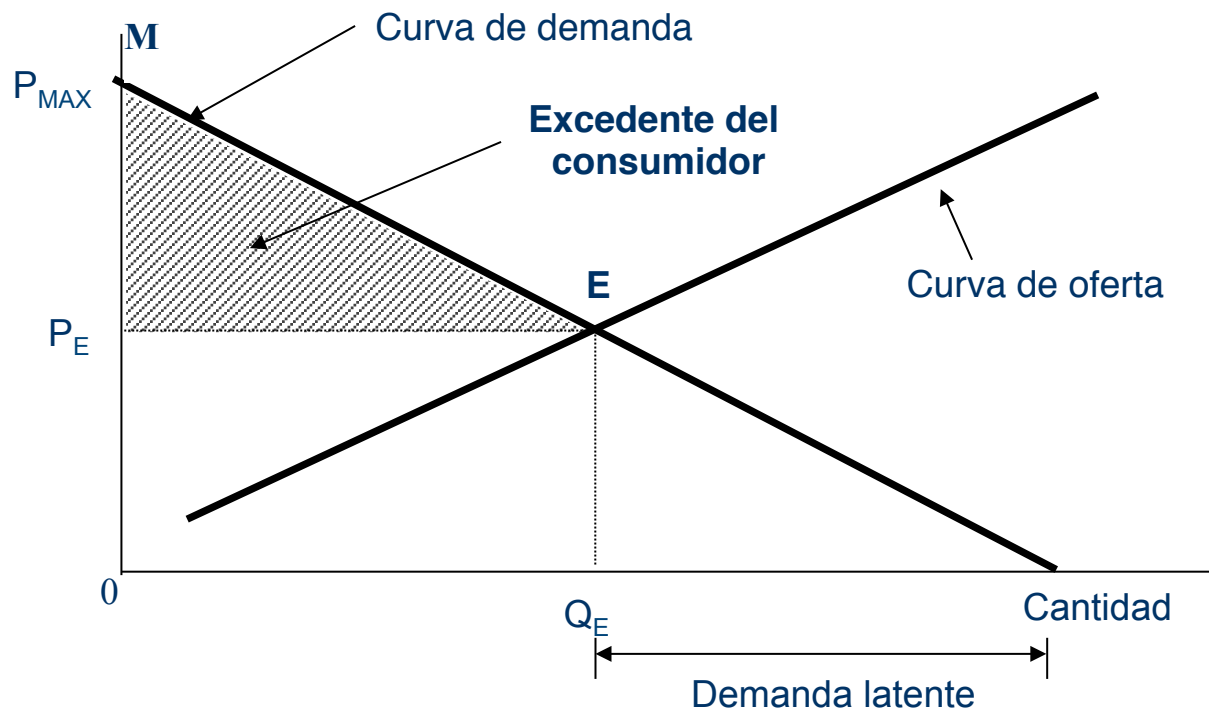
$$Q_2 = Q_1 I_E I_P I_T$$

$$I_E = \left( (1 + i)^n \left[ \frac{PIB_2}{PIB_1} \right] \right) \quad I_P = \left[ \frac{P_2}{P_1} \right]^{E_P} \quad I_T = \left[ \frac{T_2}{T_1} \right]^{E_T}$$

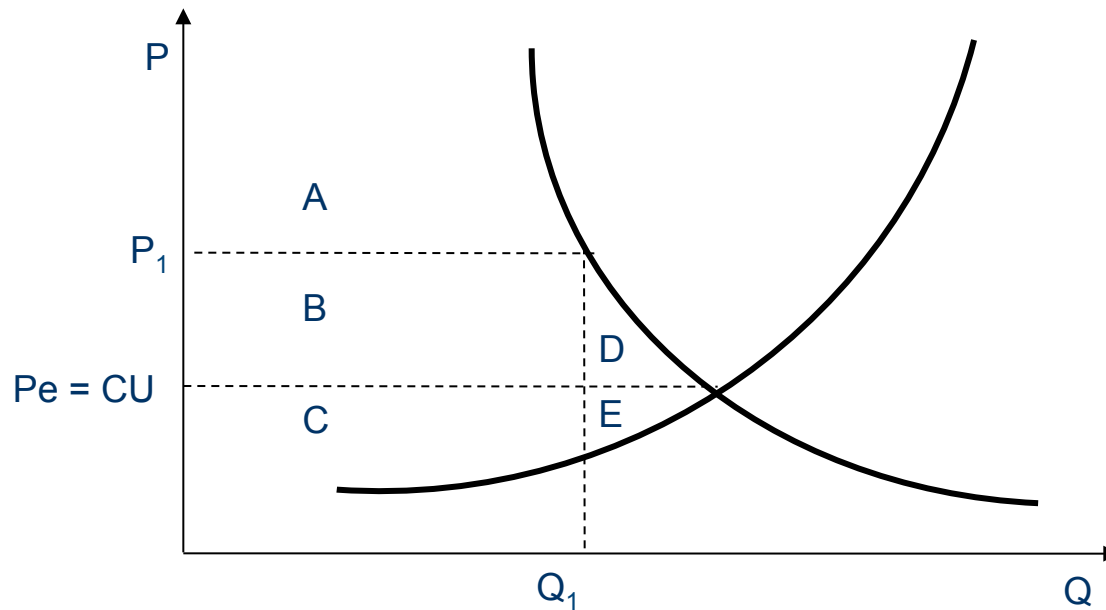
➤ Donde:

- I = tendencia en el tiempo
- n = años entre el año base (1) y el año de pronóstico (2)
- PIB = Producto Interno Bruto
- T = tiempo a bordo del vehículo + penalidad por el intervalo del servicio + penalidad por transbordo

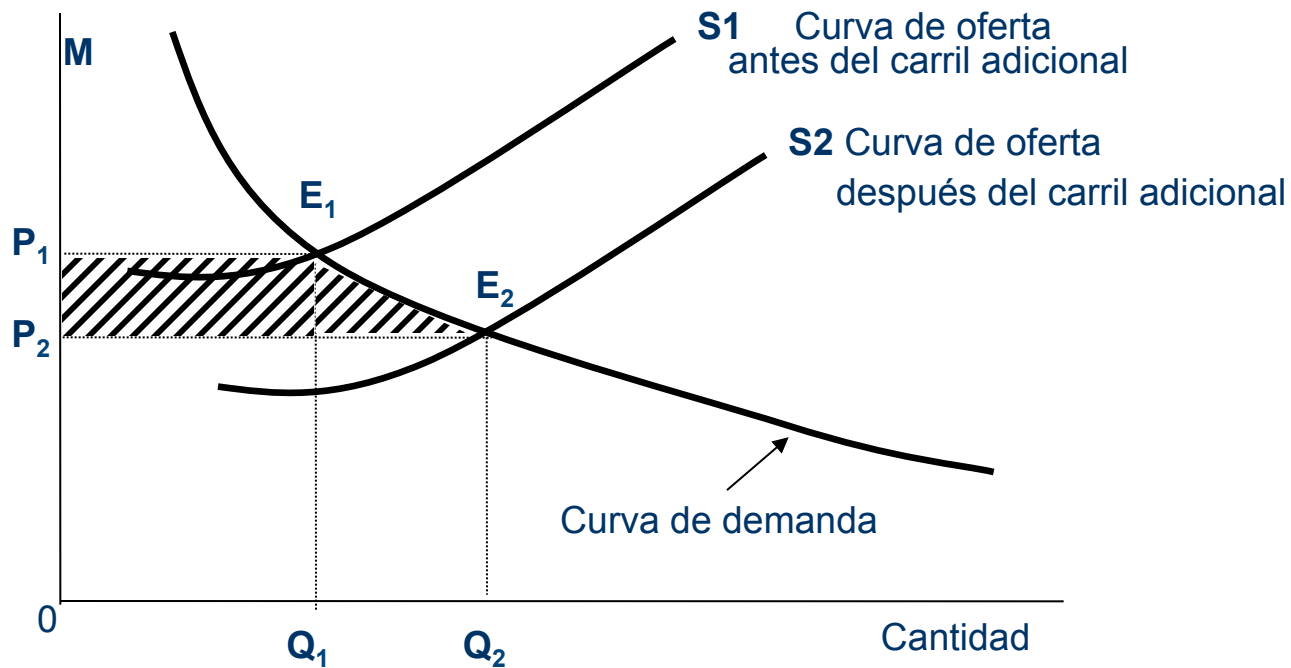
# Excedente del consumidor



# Cambios en el excedente del consumidor



# Cambios en el excedente del consumidor



# Aplicaciones importantes del excedente del consumidor

- Aplicaciones de esta teoría en el campo del transporte
  - La determinación de tarifas diferenciadas para cada usuario
  - La determinación de un impuesto a la circulación de acuerdo a las valoraciones individuales
  - El cálculo del beneficio social de un proyecto
  - Bases teóricas para la medición de las preferencias declaradas de los usuarios

# Análisis preliminar de la oferta de transporte

- El origen de la oferta
  - El gobierno
  - Empresas privadas
  - Individuos
- Diferencias modales
  - Flexibilidad vs. Especialización
- El exceso de la oferta de transporte
  - La indivisibilidad de la oferta
  - Incentivar el crecimiento o el desarrollo regional
  - Bajo condiciones de fuerte competencia

# Elasticidad precio de la oferta

- Definición de la elasticidad de la oferta

$$\epsilon_{p_x} = \frac{\text{cambio proporcional en la cantidad ofrecida}}{\text{cambio proporcional en el precio}}$$

- Factores que determinan la elasticidad de la oferta
  - Facilidad de entrada al mercado
  - Flexibilidad de las instalaciones de transporte
  - Vinculación de la oferta a otros productos
  - Complejidad de la transportación del producto
  - Tipo de demanda que se enfrenta

# Características de la oferta de transporte

- El costo de producción depende de dos factores:
  - La relación técnica entre los insumos y la cantidad de servicio producido
  - La relación económica entre los insumos y sus precios
- Las compañías de transporte como empresas multiproducto
- El atractivo de los servicios de transporte público
  - Facilidad de localización
  - Conectividad con la red de transporte público
  - Estructura de la tarifa