



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE PLANEACION**

**INGENIERIA EN SISTEMAS**

**PROYECTO DE TOMA DE DECISIONES**

**“CONTRUCCION DE LINEA 1 DE MEXIBÚS”**

**GARCÍA BLANCAS FERMÍN**

**FECHA DE ENTREGA: 26/05/2016**

**PROFESOR: JUAN ANTONIO DEL VALLE FLORES**

<b>SUBTEMAS</b>
INTRODUCCIÓN
Institución o persona desempeña el papel de ANALISTA
Institución o persona desempeña el papel de decisor.
Descripción de cada una de las alternativas.
Descripción de cada estado de la naturaleza
Asignación de probabilidad de ocurrencia.
Conclusiones del planteamiento del problema
Análisis de dominancia
<b>Decisiones bajo condiciones de incertidumbre</b>
La matriz de decisiones
Criterio minimin.
Criterio de Hurwicz
Criterio de Laplace
Criterio de arrepentimiento de Savage
<b>Decisiones bajo condiciones de riesgo.</b>
Maximización o minimización del valor esperado y varianza.
Principio del más probable futuro.
Principio del nivel esperado.
Valor de la información en las decisiones
INFORMACIÓN PERFECTA
INFORMACIÓN IMPERFECTA
<b>Equivalente Bajo Certeza.</b>
Por el método cuestionando probabilidades
Construcción de Curvas de Utilidad.
Multiobjetivos
Conclusiones
Bibliografía

## Introducción.



El sistema de autobús de tránsito rápido (Bus Rapid Transit en inglés, BRT), conocido en español también como sistemas de autobús expreso, sistemas de transporte rápidos en autobuses o sistemas de transporte público masivo en autobuses, es un sistema de transporte masivo basado en autobuses. Un verdadero sistema de BRT en general, tiene un diseño especializado, servicios e infraestructura para mejorar la calidad del sistema y eliminar las causas típicas de demora. A veces mal descrito como un "metro de superficie", el BRT tiene como objetivo combinar la capacidad y la velocidad del tren ligero o del metro con la flexibilidad, menor costo aunque su mantenimiento es mucho más costoso que los sistemas anteriormente nombrados y la simplicidad de un sistema de buses.

El Mexibús es un sistema BRT, que se encuentra en funcionamiento actualmente en el Estado de México.

Su control y administración está a cargo de las empresas Transmasivo S.A. (Mexibús I), Transcomunicador Mexiquense, S.A. de C.V. (Mexibús II)<sup>1 3</sup> y Red de Transporte de Oriente S.A. de C.V. (Mexibús III).<sup>2</sup> Cuenta con 3 líneas. Tiene una extensión total de 31 kilómetros y posee 93 estaciones. Las estaciones se encuentran en el Estado de México, en los municipios de Ecatepec, Tecámac, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Coacalco de Berriozábal, Tultitlan y Cuautitlán Izcalli y el Distrito Federal, en la delegación Venustiano Carranza.

El problema del tránsito vehicular en la zona metropolitana de la ciudad de México es muy complicado por lo cual es necesario que las autoridades correspondientes tomen una decisión para la solución de este problema. Una vez especificado lo que es y cuando se usa un sistema BRT.

Las 3 alternativas que se plantean, son que el mexibús que se planea construir sea para usado como medio de transporte masivo expreso (pocas paradas distantes entre sí) que sea usado como medio de transporte masivo de paradas cortas (muchas paradas de corta distancia entre sí) o que el proyecto sea combinado.

## 2. Institución o persona desempeña el papel de ANALISTA

Alumno: Fermín García Blancas

## **2.1 Institución o persona desempeña el papel de decisor.**

El entonces gobernador del Estado de México Enrique Peña Nieto

## **3. Descripción de cada una de las alternativas.**

**A<sub>1</sub>**: Construir un sistema de paradas cortas similar al metrobús en la CDMX, es una solución muy buena para los ciudadanos aledaños a la zona metropolitana sin embargo los tiempos de viaje y el tránsito vehicular que este tipo de transporte brindará, serán muy problemáticos, de esta forma la ruta sería de 24 estaciones.

**A<sub>2</sub>**: Construir un sistema exprés con paradas distantes que proporcionen mayor velocidad al servicio, además de la disminución de costos en un 50% aprox.

**A<sub>3</sub>**: Construir un sistema combinado es decir de paradas cortas y exprés suena mucho mejor a primera estancia, sin embargo, el costo sería aproximadamente el triple que en la 2da alternativa y se tendrían que tomar dos carriles por lo menos en cada estación exprés, lo cual podría ser contraproducente para el problema de tránsito vehicular. De esta forma se consideran 24 estaciones, de las cuales 8 serían contempladas para dar servicio mixto.

## **4.-Descripción de cada uno de los estados de la naturaleza.**

**E1** = Que la construcción del Mexibús sea correcta y la comunidad este satisfecha y genere muchos ingresos.

**E2** = Que la construcción se cancele por problemas con grupos de poder del transporte que existen en la ruta donde se planea construir.

**E3** = Que el proyecto se comience su construcción, pero esta sea abortada o muy lenta y este sea usado por la otra alternativa no escogida.

## **5. Asignación de probabilidad de ocurrencia.**

**P(E1)** = 0.45 Se asigna esta probabilidad ya que tiene muchas posibilidades de que se cumpla (se trata de una necesidad).

**P(E2)** = 0.25 Se asigna esta ya que es poco probable que el proyecto sea cancelado.

**P(E3)** = 0.30 Se asigna esta probabilidad ya que, si se construye, para algo tiene que servir.

## **6. Conclusiones del planteamiento del problema**

En la construcción de un sistema BRT con las características y estados de la naturaleza mencionadas anteriormente, las probabilidades de que se inicie la construcción con alguna alternativa elegida y surja algún estado de la naturaleza inconveniente, son muy variadas ya que existen grupos de poder muy influyentes, además el proceso constructivo podría ser muy duro para los vecinos y usuarios de la vía sobre la que se planea construir el proyecto.

## 7. Análisis de dominancia.

Datos:

A1: Construir Mexibús (Paradas cortas) con una Inversión a futuro de 1150 mil mdp.

A2: Construir Mexibús (sistema exprés) con una Inversión a futuro de 550 mdp.

A3: No construir Mexibús (sistema mixto) con una Inversión a futuro de 1600 mdp.

E1:  $p= 0.45$  Éxito con un costo aproximado 19 millones

E2:  $p= 0.25$  Cancele con un costo aproximado de -14 millones

E3:  $p= 0.3$  No sea usado con ese fin con un costo aproximado de 13.5 millones

A continuación, se presentan las comparaciones para el análisis de dominancia con una tabla de supuestos

	E1	E2	E3
A1	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
A2	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp

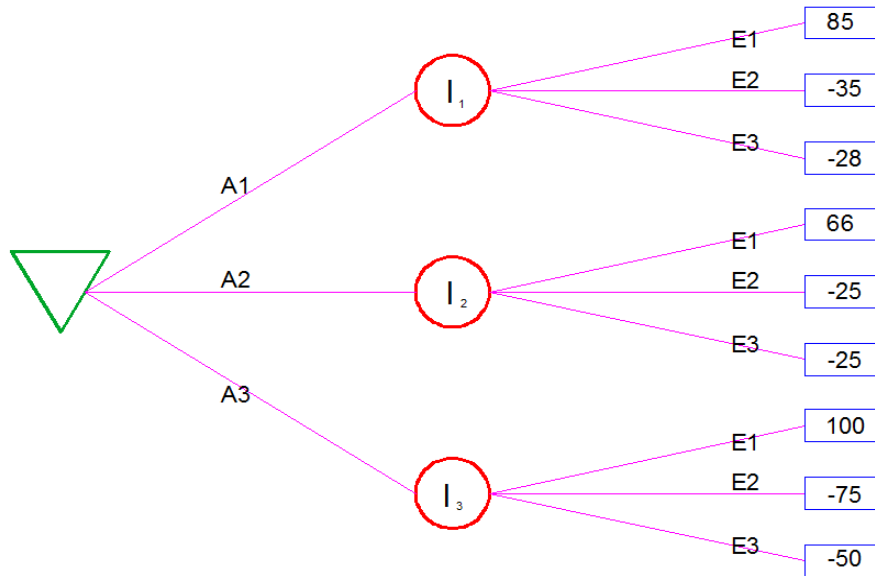
	E1	E2	E3
A1	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
A3	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp

	E1	E2	E3
A2	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp
A3	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp

En cada uno de los análisis realizados se comprobó que no hay presencia de dominancia en casos y o alternativas.

Por lo que el proyecto puede seguirse analizando mediante los temas de buscar la mejor alternativa para su solución.

**DECISIONES BAJO CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE**



**8. La matriz de decisiones**

	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
<b>A1</b>	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
<b>A2</b>	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp
<b>A3</b>	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp

### 9. Criterio del Minimin



En rojo se señalan los mínimos, siendo el máximo de ellos -75 mdp en A3

	E1	E2	E3
A1	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
A2	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp
A3	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp

### 10. Criterio de Hurwicz

En este criterio se eligen los mejores y peores valores (azul y rojo, respectivamente).

	E1	E2	E3
A1	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
A2	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp
A3	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp

$$VE (A_1) = 0.45 (85) + 0.45 (-35) + 0.45 (-28)$$

$$VE (A_1) = 38.28 - 15.75 - 12.6$$

$$VE (A_1) = 9.93$$

$$VE (A_2) = 0.25 (66) + 0.25 (-25) + 0.25(-25)$$

$$VE (A_2) = 16.5 - 6.25 - 6.25$$

$$VE (A_2) = 4$$

$$VE (A_3) = 0.3 (100) + 0.3 (-75) + 0.3 (-50)$$

$$VE (A_3) = 30 - 22.5 - 15$$

$$VE (A_3) = -7.5$$

Teniendo la alternativa A<sub>1</sub> un valor esperado mayor, sería la alternativa a seleccionar, si los valores de la matriz fueran costos.

## 11. Criterio de Laplace

Siendo el número de Estados de la naturaleza 1, las probabilidades de cada uno son 1/3 por lo que su valor esperado de cada alternativa se muestra enseguida:

$$VE (A_1) = 0.33 (85) + 0.33 (-35) + 0.33 (-28)$$

$$VE (A_1) = 28.33 - 11.66 - 9.33$$

$$VE (A_1) = 7.34$$

$$VE (A_2) = 0.33 (66) + 0.33 (-25) + 0.33 (-25)$$

$$VE (A_2) = 19.8 - 8.25 - 6.6$$

$$VE (A_2) = 5.33$$

$$VE (A_3) = 0.33 (100) + 0.33 (-75) + 0.33 (-50)$$

$$VE (A_3) = 33 - 23.1 - 16.5$$

$$VE (A_3) = -8.33$$

Con este criterio la alternativa se elige la alternativa 1

## 12. Criterio de arrepentimiento de Savage

Siguiendo los pasos indicados, la matriz de arrepentimiento se comienza eligiendo los mejores valores de cada estado de la naturaleza, quedando la siguiente matriz:

	E1	E2	E3
A1	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
A2	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp
A3	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp



Estos mejores valores serán disminuidos que dando la siguiente matriz:

	E1	E2	E3
A1	0	-35-(-25)	-28-(-50)
A2	66-(85)	0	-25-(-50)
A3	100-(85)	-75-(-25)	0

Finalmente, la matriz de arrepentimiento sería la siguiente:

	E1	E2	E3
A1	0	-10	22
A2	-19	0	25
A3	15	-30	0

El vector de arrepentimientos máximos es  $[22,25,15]^T$ , siendo el valor mínimo aquel que apunta a la alternativa 3, entonces es seleccionada como la mejor.

Es conveniente efectuar la aplicación de cada uno de los criterios disponibles y con los resultados en cada caso, reflexionar sobre la "filosofía" que encierra cada método, eligiendo según criterio que prevalezca.

## DECISIONES BAJO CONDICIONES DE RIESGO.

### 13. Maximización o minimización del valor esperado y varianza.

	E1 P= 0.4	E2 P= 0.2	E3 P= 0.4
A1	85 mdp	-35 mdp	-28 mdp
A2	66 mdp	-25 mdp	-25 mdp
A3	100 mdp	-75 mdp	-50 mdp

$$E (A_1) = 85(0.45) - 35(0.25) - 20 (0.35)$$

$$E (A_1) = 38.25 - 8.75 - 5$$

$$E (A_1) = 24.5$$

$$E (A_2) = 66 (0.45) - 25 (0.25) - 25 (0.3)$$

$$E (A_2) = 29.7 - 6.25 - 6.25$$

$$E (A_2) = 17.2$$

$$E (A_3) = 100 (0.45) - 75 (0.25) - 50 (0.30)$$

$$E (A_3) = 45 - 18.75 - 15$$

$$E (A_3) = 11.25$$

Teniendo la alternativa A<sub>1</sub> un valor esperado mayor, sería la alternativa a seleccionar, si los valores de la matriz fueran ingresos o ganancias.

Calculamos la varianza:



$$V (E_1) = 0.45 (85) + 0.25 (66) + 0.3 (100) = 38.25 + 16.5 + 30 = 84.75$$

$$V (E_2) = 0.45(-35) + 0.25 (-25) + 0.3 (-75) = -15.75 - 6.25 - 22.5 = -44.5$$

$$V (E_3) = 0.45 (-28) + 0.25 (-25) + 0.3 (-50) = -12.6 - 6.25 - 15 = -33.85$$

#### 14. Principio del más probable futuro.

$E_1$  tiene una probabilidad de 0.45 y es por lo tanto es el estado más probable. Este criterio reduciría el problema bajo riesgo a uno bajo certeza. Donde la matriz sera:

	E1 P= 0.45
A1	85
A2	66
A3	100

#### 15. Principio del nivel esperado.



- **Para  $A_1$**

$$P(\text{utilidad} \geq 10 \text{ MILLONES}) = P(E_1) + P(E_2) + P(E_3) = 0.45 + 0.25 + 0.30 = 1$$

- **Para  $A_2$**

$$P(\text{utilidad} \geq 10 \text{ MILLONES}) = P(E_1) = 0.45 = 0.45$$

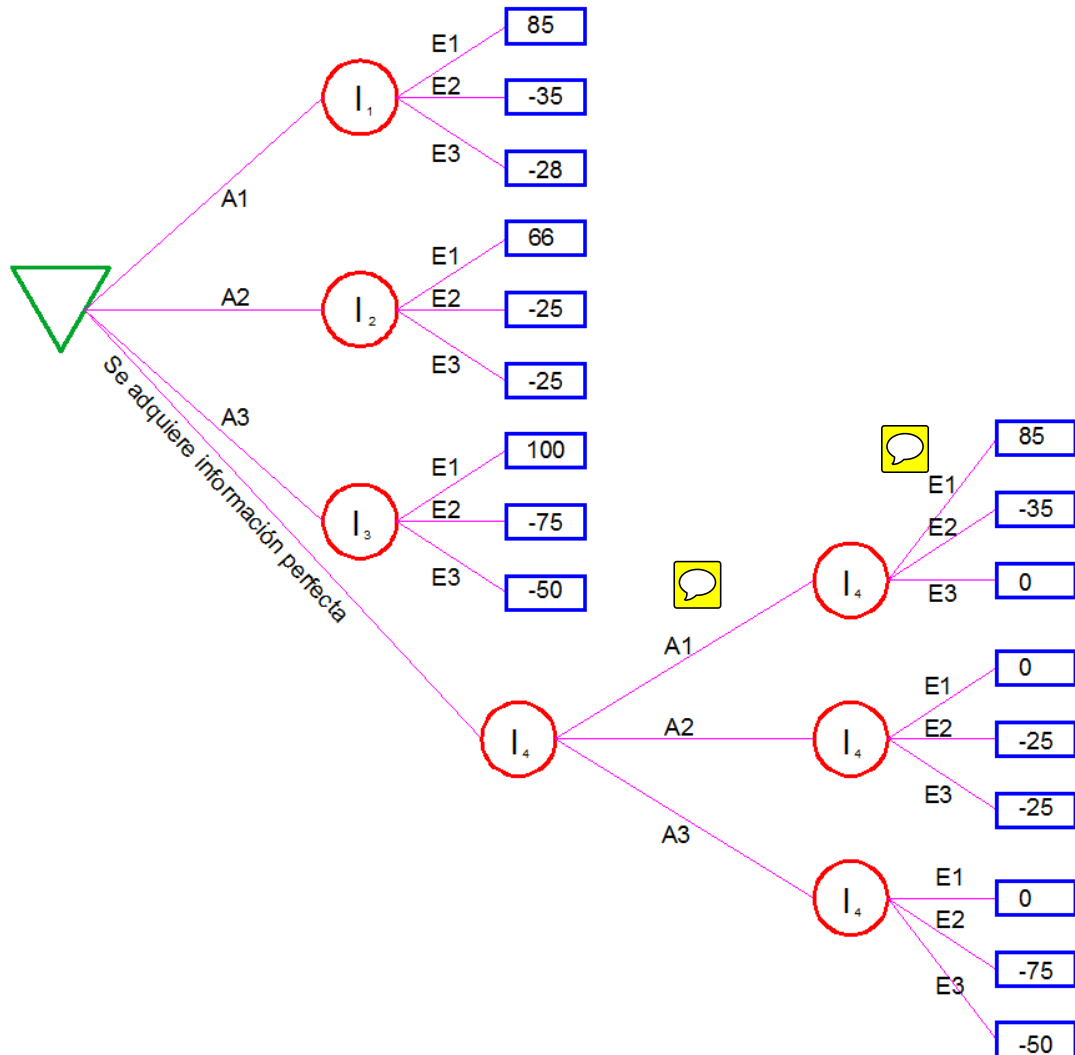
- **Para  $A_3$**

$$P(\text{utilidad} \geq 10 \text{ MILLONES}) = P(E_1) = 0.45 = 0.45$$

De acuerdo a este principio se elige la alternativa  $A_1$ , por ser la que, con mayor probabilidad, asegura alcanzar al menos una utilidad de 10 millones de dólares para comenzar con el proyecto Mexibús.

## VALOR DE LA INFORMACION EN LAS DECISIONES

### 16. Información Perfecta.



Realizando los cálculos correspondientes para los valores esperados de las diferentes alternativas nos podemos dar cuenta que la alternativa uno es la que tiene un mejor valor esperado, ya que nos muestra el valor a obtener y muestra ser de mayor recaudación.

$$VE (\text{Alt } 1) = 85(0.45) - 35(0.25) - 28(0.30) = 21.1$$

$$VE (\text{Alt } 2) = -66(0.45) - 25(0.25) - 25(0.30) = 15.95$$

$$VE (\text{Alt } 3) = 100(0.45) - 75(0.25) - 50(0.3) = 11.25$$

## ADQUIRIENDO INFORMACIÓN PERFECTA.

Los valores esperados al adquirir información perfecta nos indican que tiene un alza en las ganancias a adquirir y aun así muestra que la alternativa 1 es la mejor alternativa al presentar las mejores ganancias.

$$VE (\text{Alt } 1) = 85(0.45) - 35(0.25) - 0(0.3) = 29.5$$

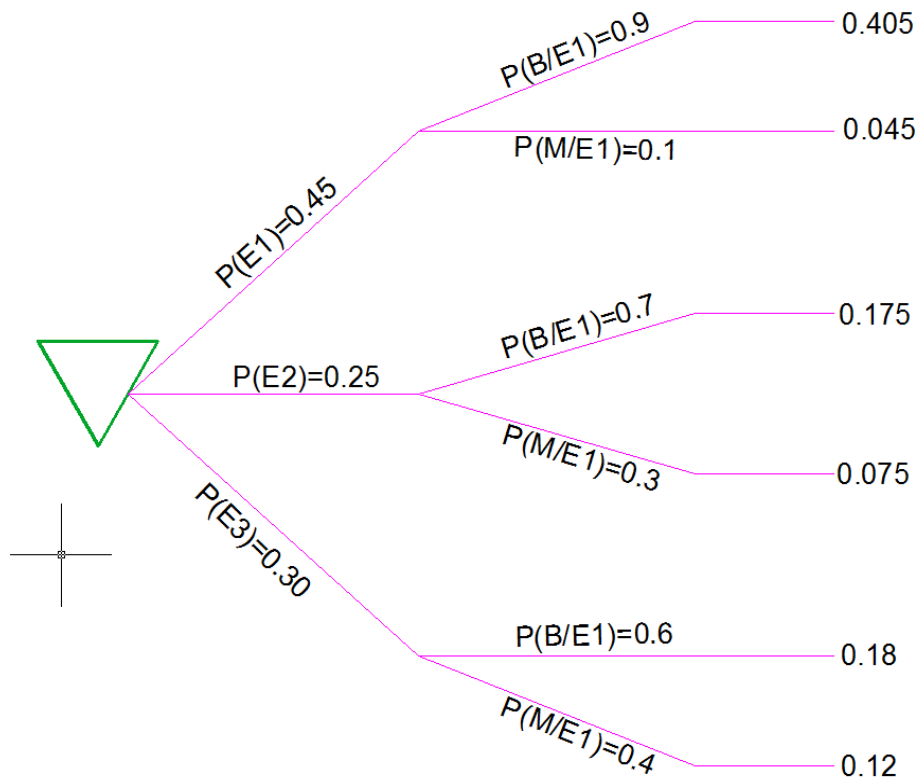
$$VE (\text{Alt } 2) = -0(0.45) - 25(0.25) - 25(0.30) = -1.25$$

$$VE (\text{Alt } 3) = 0(0.45) - 75(0.25) - 50(0.30) = -33.75$$


## 17. Información Imperfecta.

La información imperfecta es la que se encontrara en nuestro ambiente de trabajo puesto que es la información que se obtiene mediante los muestreos; con este estudio se nos proporcionara una frontera superior del costo del muestreo.

A continuación, se muestra el árbol auxilia para calcular las probabilidades apropiadas.



## Por teorema de Bayes

Con  $B=0.63$  y  $M=0.37$  

$$P(E1/B) = 0.405/0.63 = 0.642$$

$$P(E1/M) = 0.045/0.37 = 0.121$$

$$P(E2/B) = 0.175/0.63 = 0.277$$

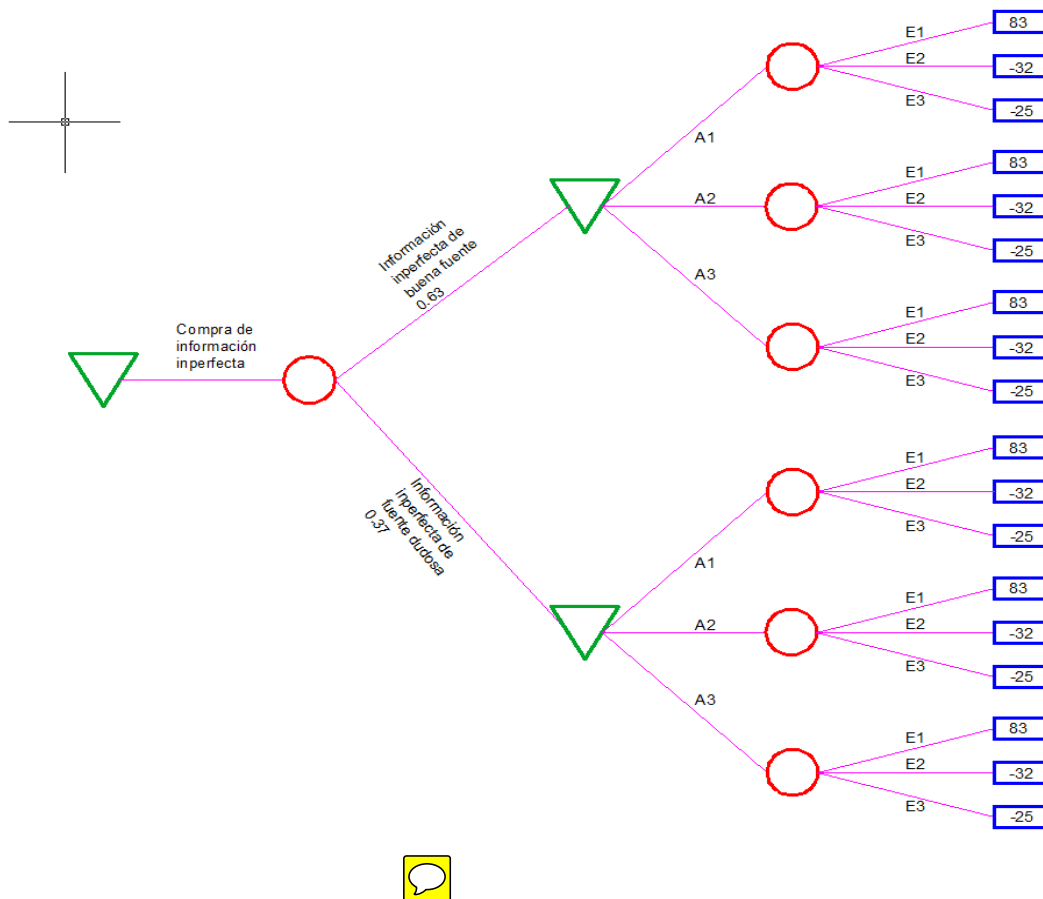
$$P(E2/M) = 0.075/0.37 = 0.202$$

$$P(E3/B) = 0.18/0.63 = 0.28$$

$$P(E3/M) = 0.12/0.37 = 0.324$$

Después de realizar este estudio, se observa un mejor resultado en la alternativa 1.

EL árbol de decisiones con los valores la adquisición de información imperfecta es el siguiente:



## 18. Equivalentes bajo certeza.

Por el Método de cuestión de Probabilidades.

Para conocer y asegurar que utilidades posibles a generar complazcan nuestros intereses, Se realizará el uso de curvas de utilidad con el método de cuestión de probabilidades con las utilidades a obtener de las tres alternativas que se han presentado para elegir una mejor alternativa.

A continuación, se presenta una tabla donde se muestran las respectivas alternativas con las ganancias que dichas alternativas generaran en un año, así mismo las probabilidades con las que este suceso sucederá.

Alternativa	Ganancias en Millones de pesos	PROBABILIDAD
	100.00	0.70
Alt 1	80.00	0.20
	40.00	0.10
	200.00	0.85
Alt 2	130.00	0.10
	70.00	0.05
	19.5	0.68
Alt 3	8.0	0.22
	2.0	0.10



El conjunto de resultados de preferencia es el siguiente:

$X = \{200, 130, 100, 80, 70, 40, 19.5, 8.0, 2.0\}$

Donde el mejor resultado es  $X^* = 200$

El peor resultado que se muestra es  $X^0 = 2.0$

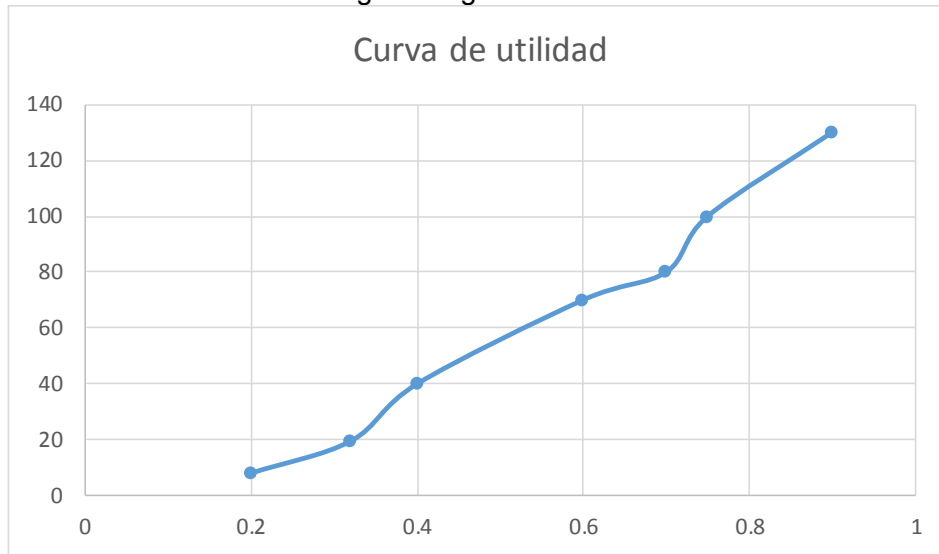
Al aplicar el método seleccionado se tiene que  $U(200) = 1.0$   $U(2.0) = 0.0$

P	Ganancia	$U(G) = (P)U(X^*) + (1-P)U(X^0)$
0.90	130	0.90
0.75	100	0.75
0.70	80	0.70
0.60	70	0.60
0.40	40	0.40
0.32	19.5	0.32
0.20	8	0.20

Al generar la supuesta entrevista se obtiene los datos de las probabilidades para los siguientes datos; la siguiente tabla nos muestra los resultados.

## 19. Curva de Utilidad.

Graficando se obtiene la siguiente grafica de utilidad



## 20. Multiobjetivos.

Procedimiento:

1.- Identificar diferentes objetivos en una decisión.

- Costo a la inversión
- Uso de maquinaria de excavación
- Tipos de construcción
- Ganancias por año

2.- Ponderar por importancia cada uno de los objetivos.

X1 = Costo total

X2= Costo de maquinaria

X4= Diseño de construcción

X5= Generar más ganancias por año

3.- Identificar a las alternativas.

A1: Construir BRT (Paradas cortas) Inversión a futuro= 1150 mdp.

A2: Construir BRT (Sistema exprés) Inversión a futuro= 550 mdp.

A3: Construir BRT (mixto) Inversión a futuro= 1600 mdp.



4.- Evaluar a las alternativas conforme a los objetivos establecidos

	X1	X2	X3	X4
ALT 1	1150	3	8	4
ALT2	550	3	10	1.95
ALT3	1600	3	15	10

5.- Elegir la alternativa que mejor cumpla con los multiobjetivos

**Datos:**

$$P = 0.50$$

$$K1 = ?$$

$$K2 = ?$$



$$K3 = ?$$

$$K4 = ?$$

**Sistema de ecuaciones:**

1.  $K1 + K2 + K3 + K4 = 1$
2.  $30P1K1 + 3P2K2 + 8P3K3 + 4P4K4 = 0$
3.  $1000P1K1 + 3P2K2 + 10P3K3 + 1.95P4K4 = 0$
4.  $4000P1K1 + 3P2K2 + 15P3K3 + 10P4K4 = 0$

DESPEJANDO  $K3 = 1 - K1 - K2 - K4$

REDUCIMOS

$$1000(0.50) K1 + 3(0.50) K2 + 10(0.50) K3 + 1.95 (0.50) K4 = 0$$

$$\underline{500k1 + 1.5 k2 + 5 k3 + 0.975 k4 = 0}$$

$$30P1K1 + 3P2K2 + 8P3K3 + 4P4K4 = 0$$

$$30(0.50) K1 + 3(0.50) K2 + 8(0.50) K3 + 4 (0.50) K4 = 0$$

$$\underline{15 K1 + 1.5 K2 + 4K3 + 2K4 = 0}$$

$$4000(0.50) K1 + 3(0.50) K2 + 15(0.50) K3 + 10(0.50) K4 = 0$$

$$\underline{2000 K1 + 1.5 K2 + 7.5 K3 + 5 K4 = 0}$$

**Nuevo sistema de ecuaciones:**

1.  $K1 + K2 + K3 + K4 = 1$
2.  $15 K1 + 1.5 K2 + 4K3 + 2K4 = 0$
3.  $500k1 + 1.5 k2 + 5 k3 + 0.975 k4 = 0$
4.  $2000 K1 + 1.5 K2 + 7.5 K3 + 5 K4 = 0$

**Para la obtención de k**

$$K2 = \frac{-15 K1 - 4K3 - 2K4}{1.5}$$

$$500k1 + 1.5 \left( \frac{-15 K1 - 4K3 - 2K4}{1.5} \right) + 5 k3 + 0.975 k4 = 0$$

$$500k1 - 15k1 + k3 - 1.025 k4 = 0$$

$$k4 = \frac{500k1 - 15k1 + k3}{1.025}$$

$$1 - K1 - K2 - k4$$

$$K2 = \frac{-15 K1 - 4(1 - K1 - K2 - k4) - 2K4}{1.5} = \frac{-15k1 - 4 + 4k1 + 4k2 + 4k3 + 8k4}{1.5}$$

$$1.66 K2 = \frac{7.34k1 - 2.66 + 2.66 k3 + 5.33 (500k1 - 15k1 + k3)}{1.025}$$

$$1.66 K2 = 7.34k1 - 2.66 + 2.66 k3 + 2600 k1 - 78 k1 + 502 k3$$

$$K2 = 1483.84 k1 - 2.66 + 504.66 k3$$

$$K3 = \frac{-2000 K1 - 1.5 (1483.84 k1 - 2.66 + 504.66 k3) - 5k4}{7.5}$$

$$K3 = \frac{-266.66 k1 - 296.76 k1 - 0.35 + 67.28 k3 - 0.66 (500k1 - 15k1 + k3)}{1.025}$$

$$K3 = -266.66 k1 - 296.76 k1 - 0.35 + 67.28 k3 - 321.95 k1 + 9.65 k1 - 0.64 k3$$

$$K3 = -875.72 k1 + 66.64 k3 - 0.35$$

$$0 = -875.72 k1 + 66.64 k3 - K3 - 0.35$$

$$875.72 k1 = 65.64 k3 - 0.35$$

$$K1 = \frac{65.64 k3 - 0.35}{875.7} = 0.0749 k3 - 0.0039$$

$$K3 = 1 - K1 - K2 - k4$$

### Ahora se sustituirá $k_3$ para obtener los demás $k$

$$k_4 = 500k_1 - 15k_1 + k_3 = 485(0.0749 k_3 - 0.0039) + k_3$$

$$k_4 = 36.41k_3 - 0.34$$

$$K_2 = 1483.84 (0.0749 k_3 - 0.0039) - 2.66 + 504.66 k_3$$

$$K_2 = 111.13 k_3 - 5.78 - 2.66 + 504.66k_3$$

$$K_2 = 615.79 k_3 - 8.44$$

### En términos de $k_3$

$$K_1 = 0.0749 k_3 - 0.0039$$

$$K_2 = 615.79 k_3 - 8.44$$

$$k_4 = 36.41k_3 - 0.34$$

### Sustituyendo en las ecuaciones:

$$K_3 = 1 - (0.0749 k_3 - 0.0039) - (615.79 k_3 - 8.44) - (36.41k_3 - 0.34)$$

$$K_3 = 1 - 0.0749 k_3 - 0.0039 - 615.79 k_3 - 8.44 - 36.41 k_3 - 0.34$$

$$K_3 = -7.78 - 652.27 k_3$$

$$653.27 k_3 = -7.78$$

$$K_3 = -7.78 / 653.27$$

$$K_1 = 0.0749 (-0.0119) - 0.0039$$

$$K_2 = 615.79 (-0.0119) - 8.44$$

$$k_4 = 36.41 (-0.0119) - 0.34$$

### Comprobando la igualdad para corroborar que el procedimiento este correcto

$$K_1 + K_2 + K_3 + k_4 = 1$$

$$- 0.0119 - 0.0030 + 1.112 - 0.0932 = 1 \quad \text{Cumple con la igualdad}$$
$$1.0032 = 1$$

## Para las alternativas

### Alternativa 1,

$$U(200) = (1.0) U(X_1, X_2, X_3, X_4)$$

$$U(200) = [1-0.0119 U_1(30)] [1--0.0030 U_2(3)] [1+1.112 U_3(8)] [1-0.0932 U_4(4)]$$

$$U(200) = [1-0.0119(30)] + [1-0.0030(3)] + [1+1.112(8)] + [1-0.0932(4)]$$

$$U(200) = 1 - 0.357 + 1 - 0.009 + 1 + 8.896$$

$$U(200) = 0.643 + 0.991 + 9.896 + 0.6272$$

$$U(200) = 12.752/1$$

$$U_1(X_1, X_2, X_3, X_4) = 12.75$$

### Alternativa 2.

$$U(200) = (1.0) U(X_1, X_2, X_3, X_4)$$

$$U(200) = [1-0.0119 U_1(1000)] + [1--0.0030 U_2(3)] + [1+1.112 U_3(10)] + [1-0.0932 U_4(1.95)]$$

$$U(200) = [1-0.0119(1000)] + [1-0.0030(3)] + [1+1.112(10)] + [1-0.0932(1.95)]$$

$$U(200) = 1 - 11.9 + 1 - 0.009 + 1 + 11.12 + 1 - 0.1817$$

$$U(200) = -10.9 + 0.991 + 12.12 - 0.8182$$

$$U_1(X_1, X_2, X_3, X_4) = 1.39$$

### Alternativa 3.

$$U(200) = (1.0) U(X_1, X_2, X_3, X_4)$$

$$U(200) = [1-0.0119 U_1(4000)] + [1--0.0030 U_2(3)] + [1+1.112 U_3(15)] + [1-0.0932 U_4(10)]$$

$$U(200) = [1-0.0199(4000)] + [1-0.0030(3)] + [1+1.112(15)] + [1-0.0932(10)]$$

$$U(200) = 1 + 47.6 + 1 - 0.009 + 1 + 1 - 16.68 + 1 - 0.932$$

$$U(200) = 48.6 + 0.991 - 15.68 + 0.068$$

$$U_1(X_1, X_2, X_3, X_4) = 31.99$$

De esta forma podemos decir que la mejor alternativa es la última ya que se obtiene una mejor ganancia ante las situaciones que se presentan.

## **21. Conclusión.**

Como la construcción de un sistema BRT se trata de un asunto de suma importancia para el mejoramiento del tránsito vehicular, su construcción es prácticamente inminente, sin embargo, fue necesario hacer un análisis que nos ayudó a tomar la mejor decisión sobre las tres alternativas, arrojando un resultado que coincide con lo que actualmente se tiene en la línea 1 del sistema Mexibús, es decir un sistema mixto de transporte masivo. Aunque desde un principio esta parecía la mejor solución, si dejábamos a un lado la cuestión económica, de tiempo, y que el sistema Metrobús que operaba ya en la CDMX es un sistema de paradas cortas, hubiera parecido más lógico construir uno similar en el estado de México, sin embargo, fue necesario hacer un análisis mucho más minucioso para llegar al resultado, siendo este el más conveniente para los usuarios.

## **22. Bibliografía.**

<http://www.ingenieria.unam.mx/javica1>