

EL ANALISIS SECUENCIAL DE ARBOLES DE DECISION BAJO RIESGO

Dr. William Hannum
PhD - Universidad de Chicago
Javier Sánchez A.
M.B.A. Syracuse University
Profesor Asociado Facultad
de Minas U.N. Sede Medellín

¿Qué es el análisis secuencial de toma de decisiones?

Al tomar una decisión administrativa, muchos problemas pueden considerarse en términos de cadenas decisión—resultado. O sea que la decisión puede comprender una concatenación de varias situaciones en las cuales debe hacerse una selección entre un determinado número de alternativas, seguida por la ocurrencia de hechos que llevan al gerente a un segundo grupo de escogencias entre nuevas alternativas, un segundo resultado, etc. Así pues, en la teoría de decisiones se hace con frecuencia una distinción entre "etapa simple" y "etapa múltiple". En un análisis de grado simple quien hace la decisión ignora posibles decisiones y resultados que puedan ocurrir en el futuro y sólo considera estrategias inmediatamente utilizables así como las consecuencias posiblemente relacionadas con las primeras. En un análisis secuencial, el análisis de decisión abarca tantas etapas selección—resultado como sean necesarias. A continuación se explicará y discutirá el análisis secuencial utilizando ejemplos sacados de situaciones administrativas.

Consideremos el siguiente ejemplo: La Apollo Electronic Corporation tiene una oportunidad de licitar un contrato para el suministro de equipo de control especializado para fines de una prueba espacial. El vicepresidente de investigación y desarrollo ha considerado cuidadosamente los requisitos del contrato y evaluado la capacidad de la compañía para cumplirlo. Este encuentra que la compañía tiene un exceso de capacidad; por lo tanto podría cumplir el contrato. Sin embargo, en la actualidad Apollo no está produciendo un elemento importante, el cual podría ser contratado por fuera. Los siguientes son los detalles de la situación:

El vicepresidente estima que si se prepara una licitación pero no se obtiene el contrato, el costo de preparación de la licitación (\$ 5.000.00) sería una pérdida total. Si se obtuviera la licitación, la gerencia de la tendría que decidir si se contrata por fuera la fabricación de un radar que la compañía no está preparada para producir en la actualidad. En caso de subcontratar el radar, el vicepresidente considera que Apollo Tendría que pagar aproximadamente \$ 30.000.00 al subcontratista en el mejor de los casos. En caso de producir el radar "en casa", este podría tener un costo de \$ 40.000.00. Sin embargo, haciendo un cálculo optimista, el costo de producción en la Apollo sería de \$ 25.000.00 en caso de que se presentaran condiciones favorables. Se estima tentativamente que hay tres probabilidades en cinco de que la elaboración del radar en la planta de la compañía tenga un costo de

\$ 40.000.00 y cerca de dos probabilidades en cinco de que el costo sea de \$ 25.000.00.

Hay casi una probabilidad en diez de que el subcontratista no pueda completar la unidad a tiempo y por lo tanto cauce una pérdida adicional de \$ 10.000.00 puesto que todos los demás elementos necesarios para cumplir el contrato se producen actualmente en la compañía o están en inventario, es posible fijar un costo de \$ 75.000.00 por todos ellos, excepto el radar. El costo total del equipo de control podría estimarse entonces en \$ 75.000.00 más los \$ 5.000.00 de preparación de la licitación y el costo del radar.

El vicepresidente debe decidir si se hace la licitación y por cuánto. Está seguro que una licitación de \$ 100.000.00 obtendría el contrato y considera que una de \$ 125.000.00 tendría una ventaja de cuatro a uno en su favor. El vicepresidente está también inseguro de que le acepten la licitación haciendo o comprando el radar. El vicepresidente en realidad está a favor de una licitación puesto que considera que la compañía debería mantener contacto con la agencia licitadora. Además, si la Apollo hiciese el radar, ésto traería a la compañía una competencia técnica que no tiene actualmente.

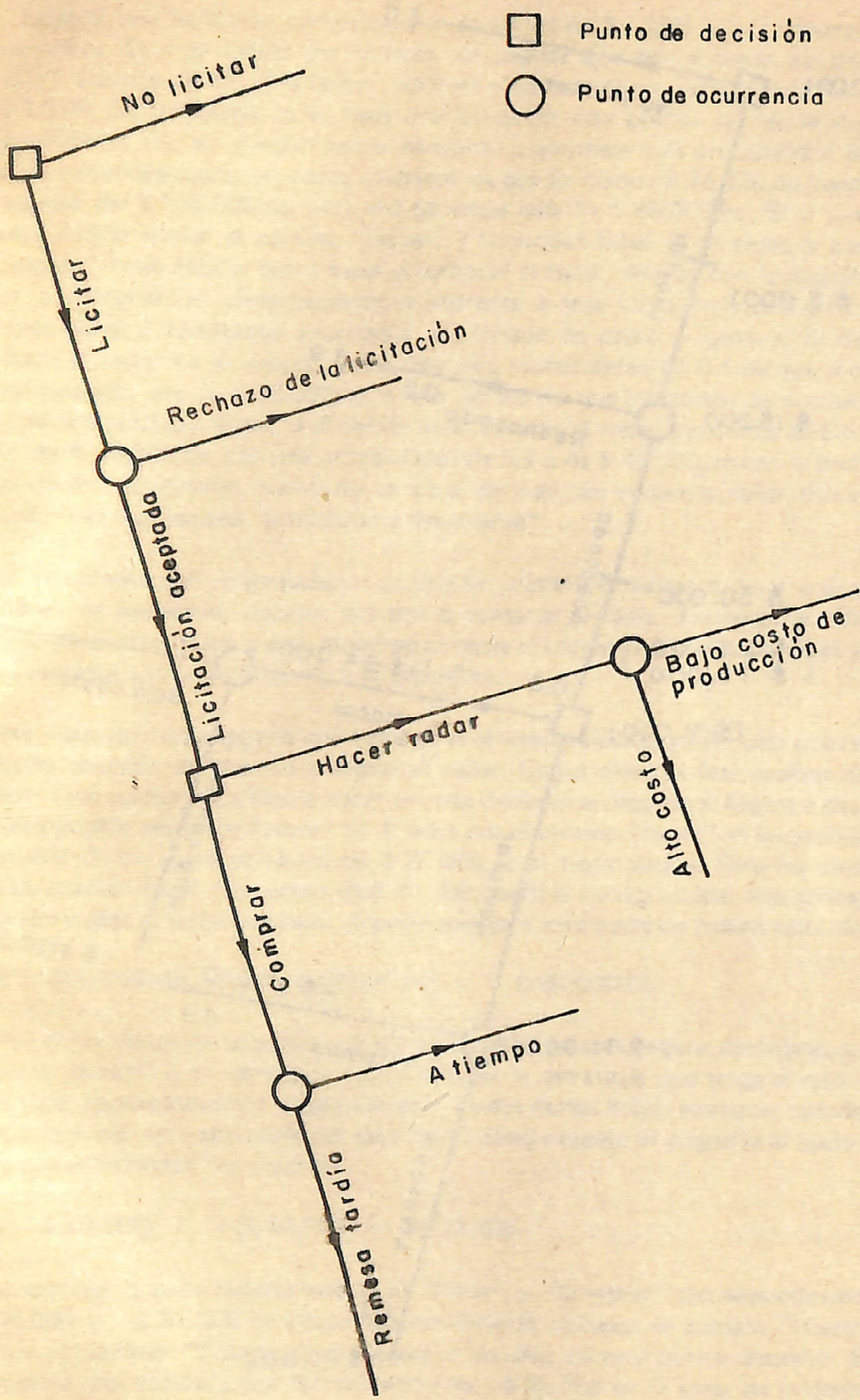
Aunque este problema está más que simplificado en comparación con la toma de decisiones más arriesgada, contiene los elementos esenciales de los problemas que a menudo enfrenta la gerencia, particularmente la escogencia de estrategias combinadas con resultados inciertos. Si se considera el problema como un todo, una estrategia debe tomar en consideración una secuencia "decisión — resultado". Tal secuencia, aunque en el problema de la Apollo sólo tiene dos etapas, se presta para el uso de un diagrama en forma de árbol de decisiones como instrumento estratégico de selección.

La figura 1 nos muestra un árbol de decisión para el problema de la Apollo. Este nos da una clara imagen de la estructura del problema de decisiones y la afinidad de los elementos que están bajo control administrativo y aquellos que se deciden por probabilidad o competencia, es decir, los elementos incontrolables del conjunto.

CONSTRUCCION DEL ARBOL

La disposición de los elementos de una decisión en un árbol, implica la construcción de ramas que conectan "camino" en los que se representan las diferentes "alternativas" que puede tener la decisión. Algunas de éstas, describen una escogencia a efectuar por la gerencia y se les denomina "nudos de decisión". Otras denotan la ocurrencia de hechos fuera del control de la administración, digamos la escogencia de un mecanismo que puede ser probabilístico o racional, pero nunca pronosticable; a éstos se les denomina "nudos de posibilidad". En el diagrama los "nudos de decisión" están indicados por "□" y los "nudos de posibilidad" por "O".

En la figura 2 los datos disponibles para el vicepresidente han sido agregados al árbol de decisión que se muestra en la figura 1, para el caso de una licitación de \$ 125.000,00. A la primera lectura del árbol se ignoran los datos entre paréntesis y las barras. A la izquierda del árbol el primer nudo comprende la decisión de licitar o



□ Punto de decisión
 ○ Punto de ocurrencia

FIGURA 1

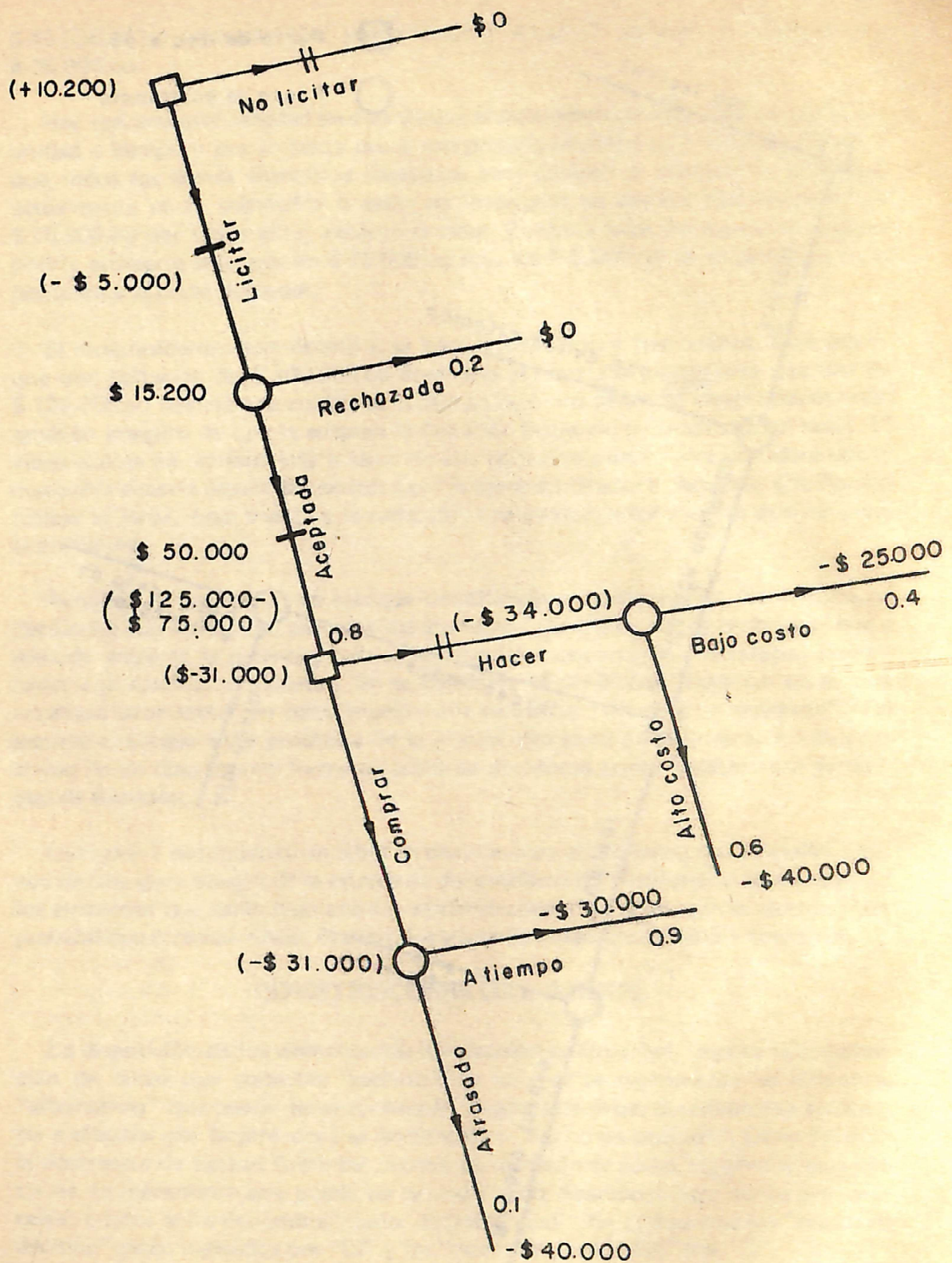


FIGURA 2

no Empero, una licitación comprende un costo fijo de \$ 5.000,00 por concepto de preparativos. Esto se indica por la barra en negrita que hay a través del camino "licitar". De este modo, "no licitar" no lleva ningún costo y el camino está marcado con \$ 0.00. Sin embargo, si se hace una licitación ésta podría ser rechazada con probabilidades 0.2 sin ningún costo adicional o aceptada con probabilidad 0.8 lo cual da como resultado un costo adicional de por lo menos \$ 75.000,00 pero con un ingreso de \$ 125.000,00 para una ganancia neta de \$ 50.000,00. Si el vicepresidente decide tomar el camino "licitar" y la probabilidad lo conduce al camino "Aceptada" debe decidir entre hacer o comprar el radar. Ahora, con la decisión de hacer o comprar, el vicepresidente se enfrenta a una rama cada uno de cuyos caminos lleva a resultados inciertos y adicionales de costo - ganancia. Si decide producir el radar en su propia planta, hay una probabilidad de 0.4 de que el costo de producción sea de \$ 25.000,00 y una de 0.6 de que los costos de producción sean de \$ 40.000,00. Pero, si él decide subcontratar el radar, los costos adicionales serán de \$ 30.000,00 con una probabilidad de 0.9 o de \$ 40.000,00 con la probabilidad de 0.1. Habiendo contruido el árbol de decisión podemos hallar ahora una solución técnica llamada "promediar y devolverse".

El problema del vicepresidente es decidir primero si licitar o no y cuánto, y entonces es necesario, decidir, si hacer o comprar el radar. En nuestro enfoque invertiremos este orden y nos moveremos hacia el extremo derecho del árbol y nos devolveremos a lo largo de cada camino posible.

Por ejemplo: supongamos que colocamos al vicepresidente en el nudo que representa la decisión de hacer o comprar el radar. Cómo debería éste evaluar dicho nudo? Qué escogencia debería hacer en esta decisión arriesgada si llegara a situarse en esta posible situación futura? Si él mira por el camino "hacer" ve la posibilidad favorable de un costo adicional de \$ 25.000,00 ti tiene suerte. Pero las circunstancias pueden llevar a un costo de \$ 40.000,00. Si él quiere evaluar esta arriesgada situación según su valor esperado, debería asignar a este nudo un futuro valor de

$$.4 (-\$25.000.00) + .6 (-\$40.000.00) = -\$34.000.00$$

Por ahora debemos suponer que el vicepresidente desea evaluar decisiones arriesgadas de acuerdo a su valor esperado y escoger la estrategia que tenga el valor más favorable. (posteriormente consideraremos cuales ramas deben evaluarse cuando no se puede hacer una suposición de este tipo). Similarmente él asignaría al nudo que representa "comprar" un valor de

$$.9 (-\$30.000) + .1 (\$40.000) = \$-31.000$$

Al suponer que los futuros valores de "Hacer" y "Comprar" son respectivamente -\$ 34.000 y -\$ 31.000 el vicepresidente debería rechazar el camino "Hacer" y escoger el camino "Comprar" si llegara a situarse en este punto decisivo. Esta escogencia está indicada por la colocación de -\$ 31.000 en la rama de la decisión "Hacer" o "Comprar" y corresponden las dos líneas que cruzan el camino "Hacer" puesto que él no tomaría este camino.

De manera similar se pueden agregar valores a los dos nudos restantes del árbol.

Primero, el punto de probabilidad que representa la aceptación o el rechazo de la licitación tiene un valor de

$$.8 (\$ 125.000 - \$ 75.000 - \$ 31.000) + .2 (0) = \$ 15.200$$

En el punto que representa la decisión de licitar o no, los valores del camino son $\$ 10.200 = \$ 15.200 - \$ 5.000$ y $\$ 0$ respectivamente.

Entonces podemos decir que una licitación de $\$ 125.000$ tiene un valor esperado de $\$ 10.200$. En comparación a "No licitar", sería aconsejable una licitación de $\$ 125.000$, y en caso de ser aceptada se podría contratar por fuera el radar.

EVALUACION DE LICITACIONES ALTERNATIVAS

De la misma manera se pueden evaluar otras licitaciones distintas a la de $\$ 125.000$. Por ejemplo, en la figura 3 se presenta un árbol para una licitación de $\$ 1.000.000$ en el cual se muestran sólo dos ramas ya que la decisión de hacer o comprar tendrá el mismo valor, no importa qué valor tenga la licitación. En la figura 3 podemos ver que el valor monetario esperado es mayor si no se hace la licitación y el vicepresidente seleccionaría el camino "No licitar" (entonces se pondrían dobles barras en el camino "Licitación de $\$ 1.000.000$ ").

Utilizando una serie de tales diagramas en forma de árbol podríamos desarrollar las funciones de los rendimientos esperados del conjunto de estrategias "No licitar" y "Licitación $\$ X$ " para cada valor posible de $\$ X$. Las funciones tendrían las formas generales mostradas en la figura 4, de acuerdo a la probabilidad dada para obtener la licitación dando un valor en $\$ a X$. En este ejemplo "vale la pena" "licitar" ya que la curva para "licitar $\$ X$ " se extiende por encima de la curva "No licitar". (Ocurre que una licitación en las cercanías de $\$ 150.000.00$ maximizará el valor monetario esperado).

La figura 5 demuestra como deberíamos suponer que la probabilidad de obtener la licitación pudiera relacionarse con el valor de ésta.

Por supuesto, nuestra "solución" al problema también es sensible a las distribuciones de probabilidad en cada uno de los otros nudos de probabilidad (o sea, los posibles costos y las probabilidades asignadas a ellos) y a los demás valores para los costos estimados para la preparación de la licitación y otros ítems fijos necesarios para completar el contrato.

Por ejemplo, la decisión de hacer o comprar varía desde "Comprar" hasta "Hacer" si la probabilidad de "Bajo costo" llega a ser mayor de 0.6. Esto se debe a que con 0,6 de probabilidad el costo esperado para "Hacer" es igual al de "Comprar".

OJEADA AL ANALISIS DEL ARBOL DE DECISION

Hasta ahora hemos visto cómo un árbol de decisión lleva a una representación clara de un problema simple en el cual quien hace la decisión, desea utilizar el valor

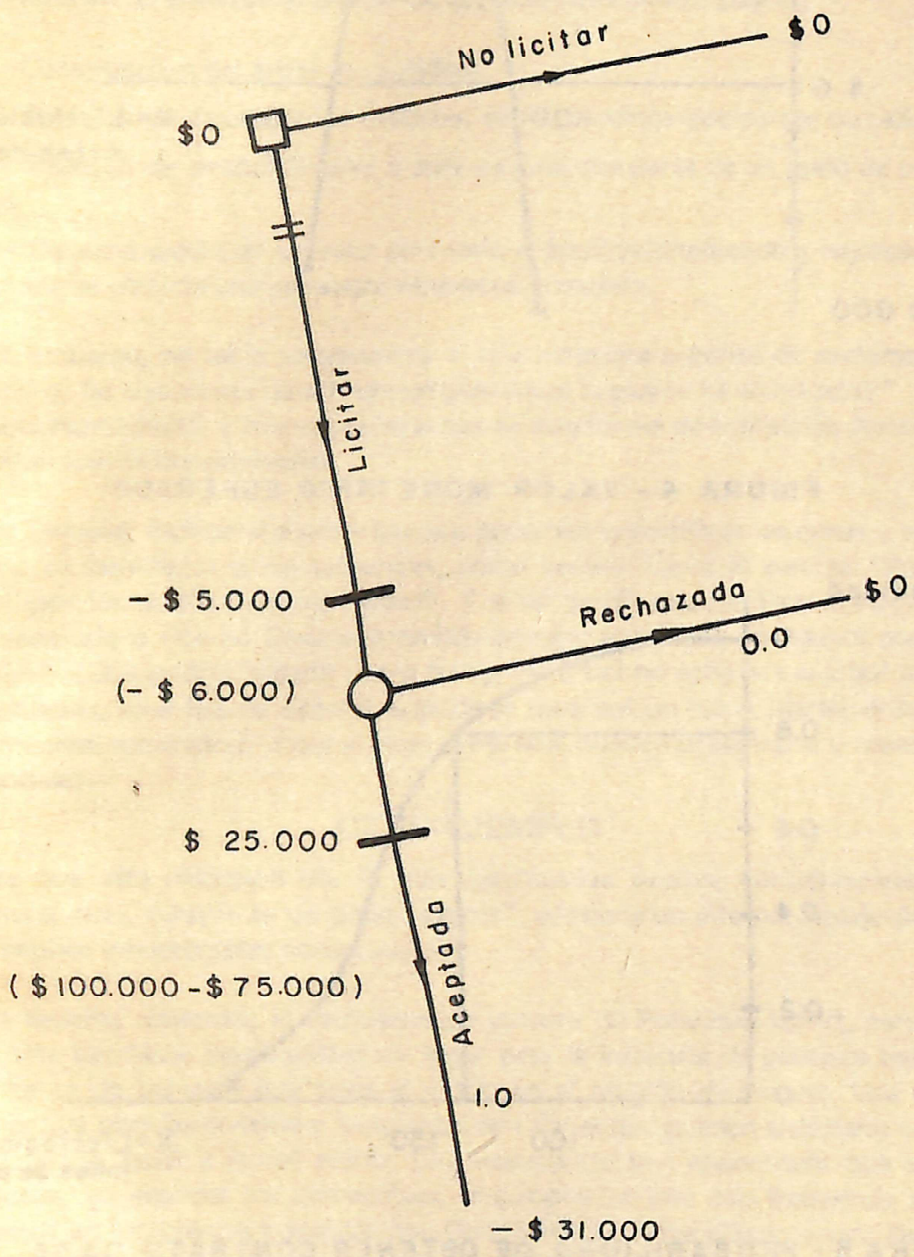


FIGURA 3

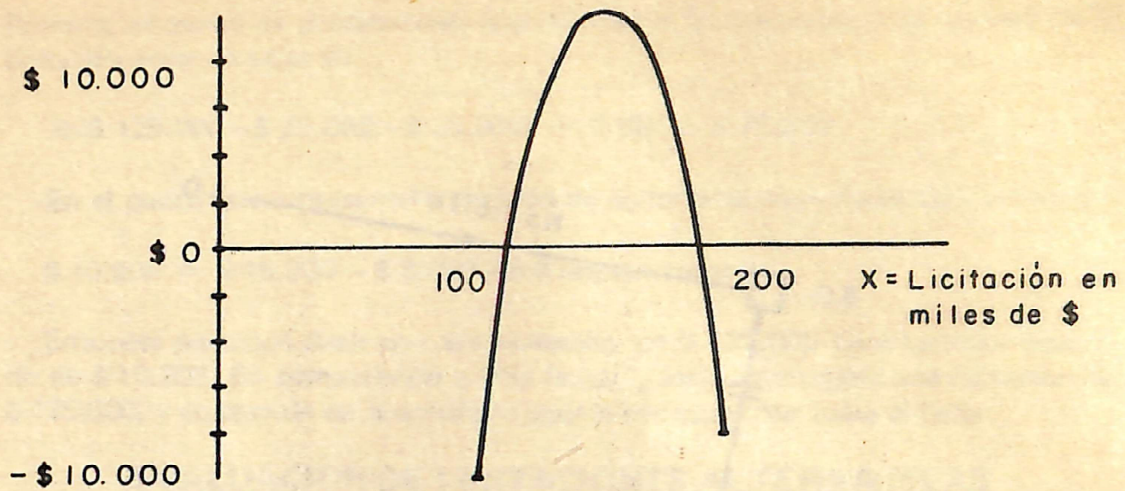


FIGURA 4 - VALOR MONETARIO ESPERADO

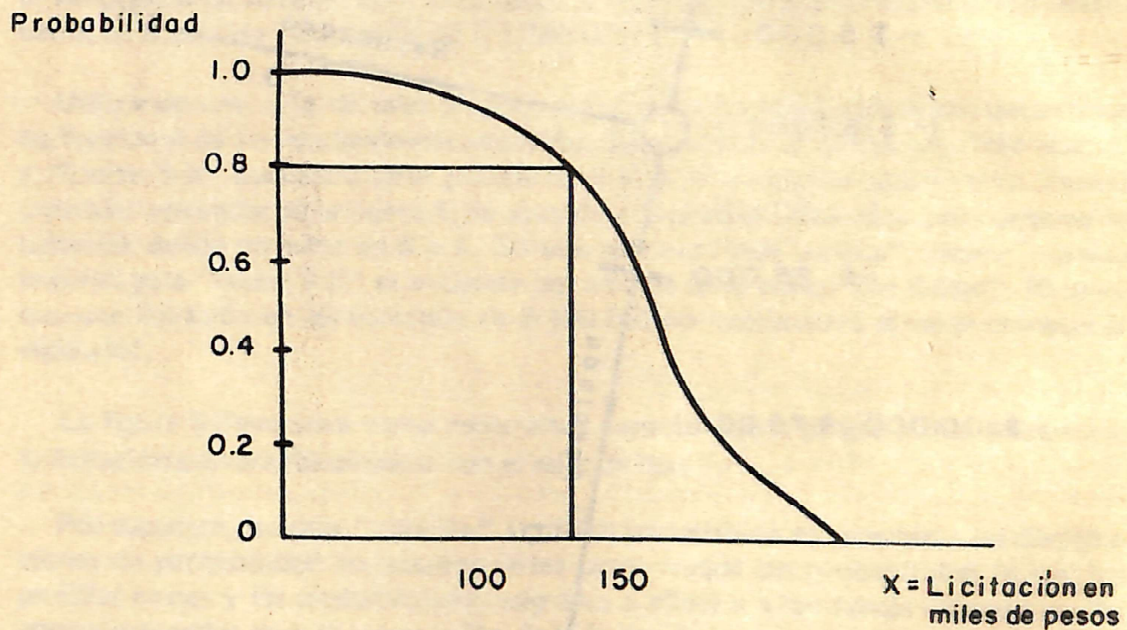


FIGURA 5 - PROBABILIDAD DE OBTENER CONTRATO DADA UNA LICITACION DE X PESOS

monetario esperado para evaluar un posible y futuro punto de decisión arriesgada. El análisis en forma de árbol permite un estudio formal de las relaciones entre las estrategias controlables e ingresos resultantes. Así, para un problema de cierta complejidad, lo mínimo que uno obtiene es un análisis preciso de éste conforme a sus elementos importantes, primero descompuestos en puntos de decisión individual,

que luego pueden ser evaluados por secuencias dentro de un conjunto de estrategias disponibles que le permita a uno vislumbrar una solución a partir del primer punto de decisión.

En resumen, el enfoque al análisis de decisión tiene cuatro pasos:

- 1 – Construcción del árbol de decisión.
- 2 – Fijación de valores a los extremos de los caminos que parten de cada rama.
- 3 – Fijación de probabilidades a cada camino que parta de un nudo de probabilidades.
- 4 – Determinación de un valor para todo el árbol promediando y regresando; de este modo se obtiene una estrategia secuencial completa.

Sin embargo, no sería sorprendente si uno estuviera a punto de exclamar: "Un momento, las decisiones no son tan simples como la que se ha elaborado!". Esto es perfectamente cierto, y hay varios aspectos de esta forma de análisis de decisión que necesitan mayor consideración.

Por ejemplo, incluso si suponemos que podemos indentificar las ramas y tomar el camino de beneficios o consecuencias, cómo cambiaríamos el camino "Probabilidades" por los nudos de probabilidad? Y si no quisiéramos utilizar el valor monetario esperado o éste no fuese una medida de valor apropiado en algunos puntos de decisión? ¿Qué podría impedir que el follaje del árbol no eclipsara al árbol mismo? Hasta dónde, en el futuro, debería extenderse un árbol sin haber literalmente un fin para muchas decisiones? Estas y otras preguntas pueden presentarse y merecen ser respondidas.

OTRO EJEMPLO

Para que esta discusión sea lo más significativa posible consideraremos otro ejemplo el cual, aunque es un poco "simple", contiene un alto porcentaje de realismo e implica innumerables consecuencias.

Un reciente adelanto, el recipiente de cloruro de Polivinilo (CPV), parece que tiene una excelente oportunidad de logar para la industria de plásticos una parte importante de los usos que tiene el vidrio en el renglón de envases. Una ventaja significativa para las botellas y recipientes de CPV es que pueden elaborarse con una transparencia igual a la del vidrio. Los envasadores han encontrado que algunos productos, en especial los comestibles, se comprarían con más frecuencia si estos estuvieran en recipientes transparentes. Otras ventajas de los plásticos son: peso más liviano, mayor resistencia al rompimiento, y por parte del CPV la ventaja de ser impermeable a ciertas sustancias que permeabilizan el polietileno con el que previamente han sido fabricados los recipientes plásticos.

Sin embargo, la condición para que el CPV sea aprobado por la Administración de Alimentos y Drogas depende en gran parte de la habilidad para desarrollar un recipiente transparente. Varias fórmulas de resinas de CPV han sido aprobadas para el envase de alimentos pero ninguna de éstas satisface la necesidad de producción de un recipiente completamente transparente.

Una compañía química considera que está a punto de obtener recipientes transparentes de CPV los cuales satisfarán las normas de la AAD para el envase de productos alimenticios. Ante esta situación, la compañía se enfrenta a varios problemas: Deberá manufacturar este producto (botellas y envases) apenas se reciba la aprobación? Si la compañía decide no producirlo, deberá venderse o ceder la técnica? Estas decisiones dependen en parte del potencial de la demanda y la competencia. Qué información puede obtenerse sobre el potencial de la demanda y las relaciones precio-costo si el producto llega a ser elaborado por la compañía? En cuánto tiempo la competencia duplicará las utilidades? Si la compañía entra en producción, qué capacidad debe tener la planta? Debería construirse o comprarse? Estas preguntas son importantísimas y deben plantearse antes de que la gerencia pueda decidir la estrategia a seguir. Por ejemplo, se podría obtener información sobre algunas de estas preguntas tomando información de los envasadores de alimentos, detallistas o consumidores.

La figura 6 representa un bosquejo inicial de diagrama en forma de árbol para el problema al cual está enfrentada la compañía química. Algunas de las ramas se extienden más que otras para ilustrar hasta donde puede llegar el diagrama. En efecto, para un problema de esta clase, el árbol de decisión crece indefinidamente y cada vez se hace más complejo.

EL ARTE DE ANALISIS DE DECISION

Usted o el analista de la compañía podrían haber elaborado un árbol diferente, sin embargo, aún se presentaría el problema de qué cantidad de detalles se deben manejar y hasta dónde deberá llevarse en el futuro el análisis de decisiones. Estos aspectos realmente sirven para recalcar que el análisis de decisiones es más un arte que una ciencia. En efecto, rara vez sería posible trabajar mecánicamente en las etapas descritas con anterioridad. En realidad, el proceso es de tipo repetitivo y éste cesa sólo cuando quien toma la decisión considera que ha tratado adecuadamente el problema. En el proceso, se pueden suprimir algunas ramas o ampliar en detalle aquellas que resultan importantes.

Para ilustrar estos puntos, consideremos de nuevo el problema de la compañía química. Es claro que en casi todos los extremos de las ramas podemos añadir más detalles y hacer que el problema sea más difícil de resolver. Supongamos que se considera el camino desarrollo inmediato y exitoso, aceptación por parte de la AAD, buen potencial de mercado, derechos de venta. Podríamos descomponer la opción "Vender" en varias posibilidades. Sin embargo, detengámonos en este aspecto del análisis de decisión y preguntémonos primero si podría haber formas de cortar el árbol para hacer más manejable el problema. Supongamos que en el ejemplo de la compañía química, después de obtener un desarrollo exitoso se logra la aceptación de la AAD y un fuerte potencial de mercado; entonces la opción para ceder los derechos de venta no es la mejor decisión. Quien hace la decisión debería usar las probabilidades más favorables y las utilidades a lo largo de aquel camino y ver si éste es aún desfavorable. Si esto ocurre, entonces se puede descartar una porción considerable del árbol; de este modo podrían eliminarse otras ramas. El proceso de recorte de aquellas ramas que claramente son compatibles deja campo para efectuar un análisis más detallado de las restantes.

FIJANDO HORIZONTES

El problema de fijar un horizonte para el análisis que uno haga es obviamente difícil. Pero puede hacerse un enfoque en dos etapas, que, en algunos casos, podría ser de una gran ayuda. Mientras que por un lado el conjunto de todas las estrategias posibles (camino) podría ser, en efecto, indefinidamente grande, por el otro se daría la posibilidad de que hubiese un conjunto razonablemente pequeño en el cual un modelo de investigación de operaciones podría asegurar la solución. Entonces se podría encontrar una estrategia óptima investigando en este grupo más pequeño. O, de una manera más realista, haciendo un análisis intuitivo o inductivo se podría hallar un grupo pequeño que incluyera algunas buenas estrategias, si no la mejor.

Quien toma la decisión busca entonces en dicho grupo la estrategia "óptima". Óptima no significa aquí la mejor de todas las estrategias, pero podría estar cerca de ésta si se considera el costo del análisis y el tiempo necesario para buscar entre todas las estrategias favorables.

Supongamos que quien hace la decisión ha fijado un grupo de estrategias que no pueden reducirse más. Entonces podría encontrar que el árbol de decisión tendría fácilmente un alcance significativo de 10 a 25 años y ser sumamente complejo. Bajo estas circunstancias, un enfoque útil podría ser el de fijar arbitrariamente una fecha de 4 ó 5 años en el diagrama. Por supuesto sería difícil fijar valores para los extremos de los caminos de este árbol truncado. Pero aquel que toma la decisión podría determinar con mayor facilidad el conjunto de estrategias a largo o corto plazo si evita elaborar todos los caminos a través de puntos distantes en el tiempo. Podría agregar valores bastante razonables a los sucesos futuros partiendo de los puntos finales de este diagrama reducido. De este modo se podría hacer un análisis cuidadoso de los detalles del árbol recortado. El valor de este enfoque radica en la ganancia obtenida al resumir un futuro distante en un horizonte cercano y razonable (como los acontecimientos de los últimos 5 a 15 años resumidos al final del 4o. año).

RESUMEN

Finalmente, deberíamos resumir brevemente las ventajas y desventajas de someter un problema de decisión a un análisis como el que hemos discutido. Un autor, Howard Raiffa, quien ha impulsado enormemente la teoría de la decisión con su trabajo y sus explicaciones comprensibles, resume de la siguiente manera los comentarios favorables y desfavorables recibidos sobre el "análisis de decisión".

Comentarios Favorables:

1. Quien hace la decisión, al adoptar esta metodología, de seguro sacará provecho del sistema (es decir, tiene un panorama de las concatenaciones de los elementos de su problema).
2. El análisis total permite, o incluso requiere, comunicación entre las áreas necesarias de capacidad en términos cuantitativos explícitos.

3. Hay mayor seguridad de que las fuentes importantes de información no sean ignoradas y que la imaginación sea aplicada a nuevos pasos.

4. Hasta el punto en que la decisión que se haga sea un juicio arriesgado, el análisis ayuda a quien hace la decisión a mejorar la comprensión de sus juicios sobre la incertidumbre, resultando distintas preferencias para las consecuencias, incluyendo las actitudes hacia el riesgo. Los juicios son parte integral del análisis y por esta razón el proceso tiene los elementos de un "arte" así como de una "ciencia"

5. El análisis cuantitativo, cuando se dispone de él, ayuda a la confianza en la decisión y suministra una estructura de apoyo lógico para comparar las opiniones opuestas.

6. Un análisis sistemático ofrece una descomposición del problema en sus partes integrantes que permitirá que los desacuerdos básicos sean racionalizados en forma de conclusiones clave. Por ejemplo, las diferencias de opinión respecto de los valores de las ramas o probabilidades pueden considerarse objetivamente y no como diferencias fundamentales sobre las opiniones de la estructura del problema.

7. Un análisis sistemático hecho correctamente, suministra medios flexibles para planificar y valorar de manera continua, lo que va mucho más allá de toda consideración inmediata.

Comentarios Desfavorables

1. Simplemente no es posible cuantificar todos los elementos importantes de un problema de decisión (por lo menos puede esperarse un beneficio substancial al efectuar el análisis cuantitativo hasta donde sea posible. Además, uno debe confiar cuidadosamente el análisis cuantitativo sólo a personas con experiencia en los asuntos concernientes).

2. La naturaleza del análisis de decisión es descomponer problemas complejos en básicos y simples. Las soluciones a estos problemas simples están íntimamente relacionados con una solución lógica al problema original. No se hacen preguntas "complicadas o enmarañadas"; se estudian situaciones totalmente simples o hipotéticas. Estas son las cuestiones más difíciles.

3. La mente humana no siempre se desempeña de la mejor manera ante la estructura de un análisis formal. En algunas situaciones decisorias, un proceso de pensamiento inconsciente o misterioso puede sortear exitosamente las facetas interconexas de un problema y llegar a una solución.

4. Los procedimientos analíticos formales atraen el tipo de mentalidad que con mayor facilidad acepta valores numéricos. Pueden descartarse la creatividad y la sensibilidad.

Tal como señala Raiffa, incluso, si no se trata el problema por medio de un análisis formal, aún se puede decidir qué hacer. Se pueden añadir los propios comentarios, favorables o desfavorables, y después decidir sobre los méritos del análisis de decisión. Claramente, una gran ventaja del análisis de decisión es su carácter operacional y sistemático.