

Análisis de las Decisiones de Compra de Equipo Industrial: Un Modelo Reusable

Armando García Muñoz*
Roberto Ley Borrás**

Resumen

La adquisición de equipo industrial requiere tomar decisiones sobre: tecnología, tamaño, proveedor, financiamiento y transporte, entre otros, y frecuentemente existe incertidumbre sobre el rendimiento y nivel de ocupación del equipo, costos de operación y costos de mantenimiento entre otros.

El modelo reusable de decisión para adquisición de equipo consta del modelo maestro (diagrama de influencia) que incluye las decisiones e incertidumbres características de esta familia de situaciones, y del metamodelo (diagrama de flujo) que permite generar un modelo particular para la situación que se enfrente. La utilización del modelo reusable disminuye considerablemente el tiempo y costo del análisis de decisiones.

En un número posterior aparecerá un artículo referido a la aplicación concreta del modelo aquí presentado.

Introducción

La adquisición de equipos es una decisión que toda empresa industrial enfrenta cuando desea renovar equipo obsoleto, mejorar los procesos, aumentar el volumen de producción, eliminar cuellos de botella, reducir el costo de producción, mejorar la calidad del producto, o satisfacer exigencias externas, entre otros propósitos. Esta decisión es importante debido al gran impacto que tienen los equipos en el desempeño de la planta productiva en una empresa, y porque la inversión en equipos generalmente es grande. Por lo tanto, se justifica hacer un esfuerzo por tomar bien este tipo de decisiones.

Sin embargo, en ocasiones no se toman bien las decisiones de adquisición, ya sea por falta de atención del personal responsable

de la adquisición o por seguir “el procedimiento de rutina”, por adquirir un equipo buscando que se apegue, en lo posible, a los requisitos técnicos pedidos y al menor precio, o consultar al “proveedor de confianza” sobre su mejor propuesta de equipo, sin realizar un análisis económico de las alternativas de adquisición.

Aun en los casos en que las adquisiciones de equipo se evalúan con técnicas de ingeniería económica, frecuentemente no se contempla la incertidumbre de muchos factores y los riesgos propios de un proceso de adquisición. Esto se debe en parte a que evaluar riesgos no es una tarea fácil, numerosos factores contribuyen a la incertidumbre en la estimación del monto y la fecha de los flujos de efectivo. Las demoras en la entrega de los equipos o en la instalación, el nivel de fallos en la operación del equipo y las fluctuaciones en el precio de los insumos y refacciones de los equipos, son ejemplos de los cambios que pueden ocurrir, y que ocurren, modificando los montos y las fechas de las entradas y salidas de dinero.

En el momento de tomar la decisión no se conocen con certeza ni los flujos de efectivo iniciales ni los flujos futuros producto del

aprovechamiento de los equipos: existe un riesgo asociado con la inversión. Este riesgo económico es tan importante como los otros aspectos del análisis económico, por lo que es imprescindible considerarlo (Salvendy 1991).

Además, en la adquisición de equipos es deseable que la mejor alternativa cumpla con ciertos aspectos cualitativos que son importantes para el decisor. Sin embargo, con las técnicas económico-financieras de evaluación de proyectos, los objetivos intangibles no son considerados, lo que puede llevar a seleccionar alternativas de inversión que no son las mejores para la empresa que realiza el proyecto (Córdova Córdova 1996). Para superar esas deficiencias analíticas se recomienda usar la disciplina del conocimiento denominada análisis de decisiones.

El análisis de decisiones ayuda a abordar decisiones difíciles y conduce a la mejor decisión (Clemen 1996). La manera tradicional de realizar el análisis formal de decisiones es describir la situación mediante un modelo matemático diseñado específicamente para la situación particular de una empresa; dicho modelo, denominado modelo de decisión, vincula las decisiones,

*Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial con concentración en Análisis de Decisiones por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Especialista de la Unidad de Planeación y Evaluación en la Subdirección de la Coordinación de Servicios Marinos de PEMEX. Correo electrónico: agamu@hotmail.com.

**Doctor en Ingeniería de Sistemas Económicos por la Stanford University, Cal., EUA. Consultor en Decisiones. Correo electrónico: rley@prodigy.net.mx.0

alternativas, eventos inciertos, resultados y preferencias (Ley Borrás 1996). Un modelo así creado resulta ser muy efectivo, pero es costoso y su elaboración puede requerir de mucho tiempo. Actualmente se cuenta con otra herramienta de análisis de decisiones: el Modelo Reusable de Decisión (Ley Borrás 2000), que permite disminuir el costo y el tiempo necesarios para generar un modelo de decisión.

En este artículo se describen las características generales de los modelos reusables de decisión y se presenta un modelo reusable de decisión para la adquisición de equipo en empresas industriales. Este modelo permite abordar situaciones de decisión particulares incorporando la incertidumbre en los factores de mayor impacto en las utilidades del negocio y los aspectos cualitativos de interés al decisor al momento de la adquisición de equipo industrial. Se presenta también una aplicación real del modelo.

1. Características de los modelos reusables de decisión

El **modelo reusable de decisión** (Ley Borrás 1998, 2000) es una nueva manera de realizar análisis de decisiones que disminuye el tiempo y el costo de desarrollar modelos de decisión. Cada modelo reusable de decisión se genera para abordar una familia de situaciones de decisión. Una *familia de situaciones de decisión* es un conjunto de situaciones de decisión únicas (particulares) con estructura y elementos comunes.

El modelo reusable está formado por un *modelo maestro de decisión* que contiene las decisiones, eventos inciertos, preferencias y parámetros que se presentan en general en las situaciones miembros de la familia de situaciones de decisión. El modelo maestro representa también las relaciones de relevancia, información, influencia e impacto entre los componentes del modelo. El otro componente del modelo re-

usable es el *metamodelo de decisión*; éste se representa típicamente con un diagrama de flujo que guía al usuario a determinar qué elementos del modelo maestro van a formar parte del modelo para la situación particular que se enfrenta.

Para generar el modelo particular, el analista y el decisor contestan las preguntas (planteadas en el metamodelo) acerca de las características de la situación real en la que desean tomar la decisión y el diagrama les indica qué elementos del modelo maestro (decisiones, eventos inciertos, relaciones entre ellos) se activan o se desactivan. Las características generales de los modelos reusables se pueden consultar en (Ley Borrás 2000).

El modelo maestro es un diagrama de influencia. Los **diagramas de influencia** (Howard y Matheson 1984) son la manera más utilizada para representar formalmente situaciones de decisión, y constituyen una representación compacta de ellas. En estos diagramas, las decisiones se representan mediante rectángulos (llamados nodos de decisión), los eventos inciertos con óvalos (llamados nodos probabilísticos) y los resultados que importan al decisor se representan con un octágono o un rectángulo con esquinas redondeadas (llamado nodo de valor). En el diagrama pueden existir varios nodos de decisión y probabilísticos, pero sólo un nodo de valor. La interacción de decisiones y eventos inciertos se concentra en el nodo de resultados finales o de valor. Con base en estos resultados, se evalúa el modelo y se elige la alternativa que mayor utilidad aporte al decisor.

Otro tipo de nodo usado en los diagramas de influencia, es el nodo determinístico, el cual realiza una función acumulativa de las variables que lo condicionan. El nodo determinístico puede representar un cálculo intermedio entre nodos

de incertidumbre o representar una constante de interés al modelado de la situación de decisión; la representación gráfica de tal nodo es un círculo con doble línea o mediante un rectángulo con los vértices redondeados.

En los diagramas de influencia también se pueden utilizar nodos evocativos (óvalos con línea punteada) que representan variables cuya existencia se desea tener presente pero que no serán cuantificadas ya que no son centrales para la evaluación de la situación de decisión.

Las relaciones entre los componentes del diagrama se representan mediante flechas. Las flechas que llegan a un nodo de decisión indican que se dispone de la información contenida en el nodo origen cuando se toma la decisión. Esto responde al concepto denominado **información perfecta**, la cual puede presentarse en dos situaciones: en la primera, se consideran las relaciones de dos nodos, como nodo origen uno probabilístico y como nodo destino uno de decisión, y donde al momento de tomar la decisión (selección de alguna de las alternativas) del nodo destino, se sabe con certeza qué suceso del nodo origen ocurrió; en la segunda, los nodos origen y destino son nodos de decisión, al momento de tomar la decisión correspondiente al nodo destino, se tendrá conocimiento de cuál fue la alternativa seleccionada del nodo de decisión origen. Estos casos se ilustran en la Figura 1.



Figura 1. Información (perfecta) acerca de eventos y decisiones.

Las flechas que llegan a un nodo de probabilístico (círculo u óvalo) representan **relevancia** del nodo origen al nodo de incertidumbre destino, entendiendo por relevancia el cambio en la distribución de probabilidad del nodo destino en

función de los sucesos o alternativas del nodo origen; el nodo destino contiene un conjunto de distribuciones de probabilidad condicional. Al caso particular donde el nodo origen es una decisión y el nodo destino es un nodo de probabilidad se le conoce como **influencia** (Figura 2).



Figura 2. Relevancia (dependencia probabilística) de eventos y decisiones.

La relación de impacto se presenta cuando los eventos inciertos o las decisiones modifican directamente la utilidad de la empresa expresada en el nodo de valor. La relación se expresa mediante una flecha del nodo probabilístico o de decisión hacia el nodo de valor (Figura 3).



Figura 3. Impacto (en los resultados) de eventos y decisiones.

Además de los diagramas de influencia, en la construcción del modelo maestro presentado en este artículo se utilizaron tablas de generación de estrategias.

La tabla de generación de estrategias (Howard 1988) se utiliza cuando una situación de decisión es compleja y contiene muchas decisiones interrelacionadas. La tabla ayuda a evitar el crecimiento excesivo del número de combinaciones de alternativas a analizar. Las columnas de la tabla llevan como encabezado el nombre de las decisiones a considerar y bajo cada decisión se detallan sus alternativas; con esto se tienen a la vista las alternativas viables de cada decisión. Posteriormente se seleccionan combinaciones de alternativas (cada combinación contiene una alternativa de cada una de las columnas de la tabla) que son coherentes entre sí. Estas combinaciones, conocidas

como estrategias, se indican en la tabla con líneas que pasan por alguna de las alternativas de cada decisión. Se sigue este proceso hasta obtener un conjunto de estrategias claramente distintas y atractivas para el decisor, cubriendo todo el espectro de posibilidades. Después se utilizan las estrategias seleccionadas como las alternativas de un nuevo nodo de decisión.

Un ejemplo de tabla de generación de estrategias se muestra en la Figura 4.

La situación de decisión incluye inicialmente seis decisiones relacionadas con el financiamiento de una inversión. Cada una de ellas tiene varias alternativas. Siguiendo el procedimiento sobre el uso de las tablas de estrategias, se trazan estrategias coherentes y que sean significativamente diferentes entre sí. Por ejemplo:

- Estrategia 1: Arrendamiento financiero + Banco BBV + Tasa fija + Indicador TIIE + Liquidación trimestral + Financiamiento del 100% del monto.
- Estrategia 2: Préstamo refaccionario + Banco Banamex + Tasa fija + Indicador CETES + Liquidación sobre saldos + Financiamiento del 75% del monto.

Decisiones de financiamiento					
Estrategia:	Modalidad del financiamiento	Banco	Tipo de tasa	Indicador económico de referencia	Forma de liquidación
1	Arrend. Financiero	Natfin	Fija	TIIE	P. anual interés más capital
2	Préstamo de Avío	BBV		CETES 28 d.	Trimestral intereses y al final capital
3	Préstamo refacc. Proveedor	Banamex	Variable	CPP	P. intereses sobre saldos
n	Fideicomiso	Banamex		CPP-UDI	
				UBOR	

Figura 4. Ejemplo de una tabla de generación de estrategias.

En este ejemplo ilustrativo, se indican sólo dos estrategias; éstas se considerarán como alternativas de un nuevo nodo de decisión, al cual se le podría llamar *Política de*

financiamiento. En el modelo de decisión se evaluarán las alternativas de este nuevo nodo y no todas las alternativas combinadas de los seis nodos de decisión iniciales.

2. Modelo reusable de decisión para la adquisición de equipo industrial

El propósito de este modelo reusable es obtener modelos particulares de decisión para casos específicos de la familia de situaciones de decisión "Adquisiciones de equipo en empresas industriales", en forma más rápida y sencilla que con el enfoque tradicional de análisis de decisiones.

Este modelo reusable de decisión pretende auxiliar a las empresas industriales que deseen tomar buenas decisiones en el proceso de adquisición de equipo. El modelo toma en consideración tanto los aspectos económicos como los intangibles de interés al decisor y la incertidumbre presente en la situación de decisión.

El modelo reusable para la adquisición de equipo sirve para:

- Crear un modelo de decisión particular para una empresa que refleje de una manera razonablemente completa su situación de decisión respecto a la adquisición de equipo.
- Reducir el tiempo de análisis y los costos incurridos en el asesoramiento especializado

en decisiones de un proceso de adquisición de equipo.

Esto es, sirve para crear modelos de decisión completos, económicos y oportunos.

2.1 Modelo maestro de decisión

El modelo maestro de decisión de este modelo reusable es el diagrama de influencia que se presenta

en la Figura 5. Este modelo contiene los elementos más representativos de los procesos de adquisición de equipo: variables inciertas, decisiones y parámetros. El modelo tiene cuatro nodos de decisión cuyas alternativas son estrategias (resultado de la selección de caminos factibles de alternativas de decisiones contenidas en tablas de generación de estrategias, cada una referida a un nodo de decisión específico). El modelo incluye 18 variables inciertas, representadas por nodos probabilísticos. El diagrama de influencia del modelo maestro también incluye nodos evocativos, nodos de cálculo y un nodo de valor (que contiene los resultados finales del análisis).

Elementos del modelo maestro

Los elementos del modelo maestro para la adquisición de equipo son los siguientes:

Nodos de decisión. Estos nodos se representan gráficamente con rectángulos, y son los siguientes:

- Decisiones sobre características del equipo
- Decisiones sobre proveedores
- Decisiones de importación, transporte e instalación
- Decisiones de financiamiento

Nodos probabilísticos. Estos nodos se representan gráficamente con óvalos, y son las siguientes:

- Fallos en el equipo

- Mantenimiento del equipo
- Accesibilidad de insumos y refacciones
- Calidad en el desempeño del equipo
- Insolvencia de la empresa
- Retrasos en la entrega
- Daños en traslado o instalación
- Precio del equipo
- Respeto a los contratos
- Costos adicionales de obra
- Siniestros
- Precio de venta del servicio
- Demanda del servicio
- Vida efectiva
- Aprobación del crédito
- Tasa de interés variable
- Paridad cambiaria futura
- Costos por trámites aduaneros

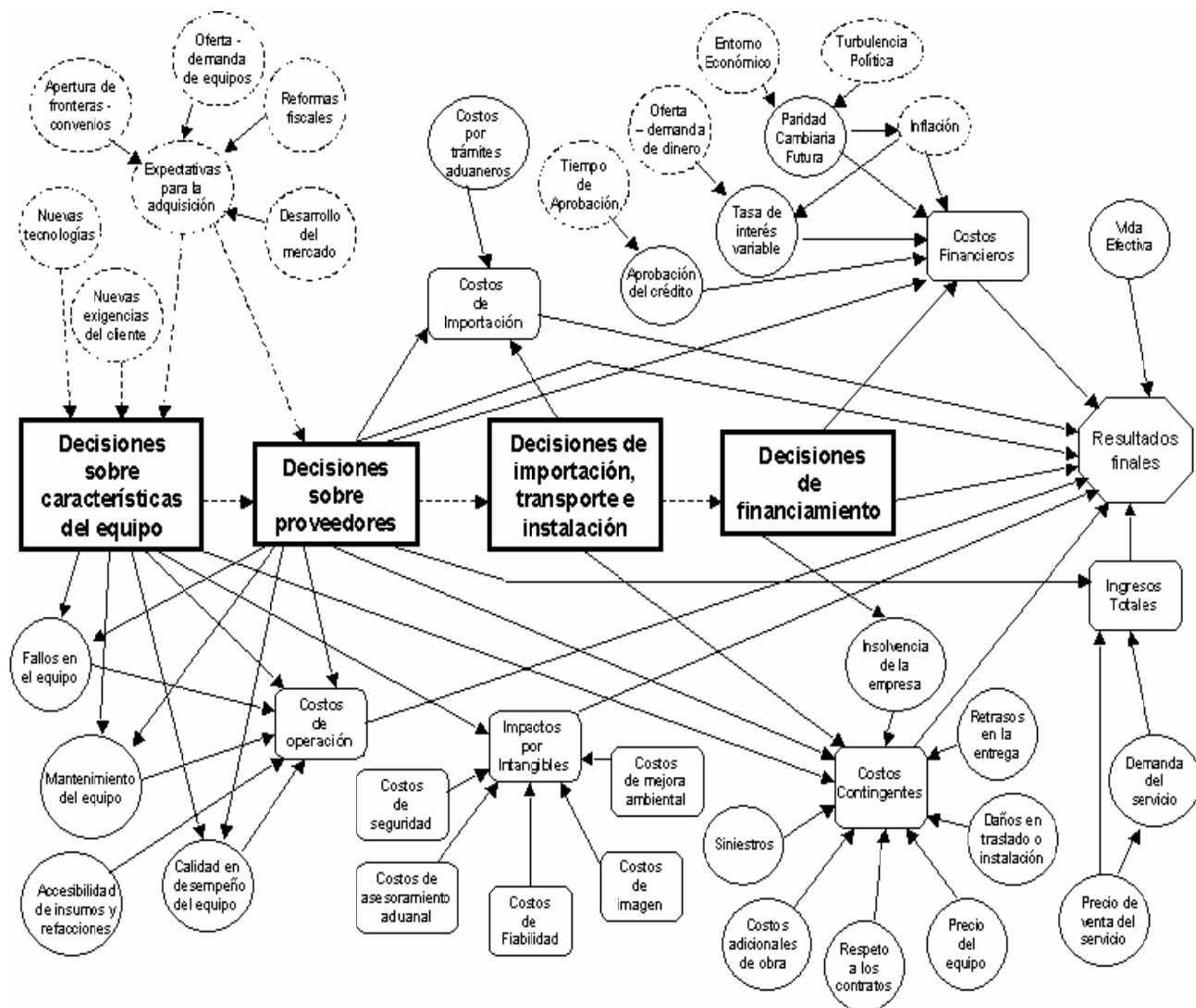


Figura 5. Modelo Maestro de Decisión.

Nodos evocativos. Estos nodos se representan por óvalos dibujados con líneas punteadas, y son los siguientes:

- Apertura de fronteras y convenios
- Oferta-demanda de equipos
- Reformas fiscales
- Desarrollo del mercado
- Nuevas tecnologías
- Nuevas exigencias del cliente
- Oferta-demanda de dinero
- Turbulencia política
- Entorno económico
- Tiempo de aprobación
- Inflación

Nodos de cálculo o determinísticos. Estos nodos se representan por medio de rectángulos redondeados, y son los siguientes:

- Costos de operación
- Impactos no monetarios
- Costos contingentes
- Ingresos totales
- Costos de importación
- Costos financieros

En el modelo maestro existen varios nodos determinísticos que contienen **parámetros** y también se representan como rectángulos redondeados. Algunos de estos nodos contienen costos que corresponden a la cuantificación de aspectos intangibles que son importantes para los decidores de la empresa. Estos nodos son predecesores directos del nodo de cálculo *Impactos no monetarios*. Para cada uno de los aspectos intangibles de interés, y de ser necesario para cada alternativa de adquisición de equipo disponible, se deberá determinar su equivalente monetario, recomendándose para esta tarea el uso de la técnica para estimar la disponibilidad a pagar por cambiar las características de lo que se obtendrá (Howard 1992).

Ejemplos de aspectos intangibles importantes son: mayor calidad, menores daños ambientales, y mejor imagen de la empresa. En esta tarea, es útil que el decisor determine cómo se relaciona cada aspecto intangible con algunos

costos monetarios para su empresa. Por ejemplo, el costo del aspecto “seguridad en las operaciones” puede ser relacionado con el costo de las cuotas que pagaría la empresa por concepto de seguro contra accidentes de trabajo, sumándose a esto las indemnizaciones adicionales a los trabajadores accidentados y el tiempo perdido en el año por concepto de accidentes de trabajo. Los nodos determinísticos que se utilizan para la valuación de aspectos intangibles son los siguientes:

- Costos de seguridad
- Costos de cuidados ambientales
- Costos de imagen
- Costos de fiabilidad

El **Nodo de Valor**, representado por un octágono, es denominado en el modelo maestro de decisión como **Nodo de Resultados Finales**.

Tabla de estrategias de los nodos de decisión del modelo maestro

Los nodos de decisión del modelo maestro utilizan estrategias como alternativas. Dichas estrategias son generadas por las tablas de estrategias del modelo, las cuales contienen las decisiones a tomar en un proceso de adquisición de equipo. En general, las alternativas de estas decisiones no pueden ser definidas en forma previa pues la mayoría de dichas alternativas surgirán hasta el momento de aplicar el *modelo reusable* a un caso particular de adquisición de equipo. Así, las alternativas factibles para cada decisión deberán ser definidas por el analista al momento de particularizar el modelo maestro de decisión a la necesidad de adquisición de equipo de cada empresa. Existe una tabla de estrategias para cada nodo de decisión.

La aplicación de las tablas de estrategias permite minimizar el número de alternativas a considerar. La generación de alternativas es externa al modelo de decisión principal, porque estas combinaciones pueden realizarse sin que

sean afectadas por otras variables del modelo. En la definición de estas estrategias pueden participar varias personas (que típicamente tienen diferentes especialidades y responsabilidades en la empresa, como finanzas, procura, proceso, mantenimiento, operación y seguridad). La definición de estrategias debe ser coordinada por el analista de decisiones.

A continuación se detallan las decisiones de las cuatro tablas de estrategias; la Figura 6 ilustra una de estas cuatro tablas, denominada *Decisiones sobre características del equipo*, la cual contiene alternativas que son listadas únicamente para tener una idea más clara de cómo pueden estar constituidas las tablas de estrategias de este modelo reusable.

Decisiones sobre características del equipo

Las alternativas de este nodo de decisión surgen de la tabla de estrategias *Decisiones sobre características del equipo*, que sirve para obtener un conjunto de alternativas de tipos de maquinaria utilizables en la situación de decisión de la empresa. Los encabezados de cada grupo de alternativas son:

- Fecha proyectada de adquisición
- Estudio técnico
- Estado del equipo
- Capacidad
- Tipo o modelo del equipo

La Figura 6 muestra un ejemplo de esta tabla de generación de estrategias.

Decisiones sobre proveedores

Las alternativas de este nodo de decisión surgen de la tabla de estrategias *Decisiones sobre proveedores*, que sirve para obtener un conjunto de alternativas factibles de proveedores de equipos. Los encabezados de cada grupo de alternativas son:

- Propiedad final del equipo
- Proveedor

Estrategias:	Fecha proyecta de adquisición	Estudio técnico	Estado del equipo	Capacidad	Tipo o modelo del equipo
Estrategia 1: Adquisición urgente, fondos suficientes	Muy urgente	Detallado	Nuevo	Capacidad grande y factor de reserva amplio	Modelo sofisticado, muy recomendable
Estrategia 2: Adquisición de mejora, recursos moderados	Urgente	Elemental		Capacidad sobrada, factor de reserva pequeño	Modelo mejorado, superior al actual
Estrategia 3: Adquisición de reemplazo urgente, fondos limitados	Adquisición proyectada a "n" meses	Información a la mano	Indiferente	Capacidad justa, sin factor de reserva	Modelo austero

Figura 6. Tabla de generación de estrategias *Decisiones sobre características del equipo*.

Decisiones de importación, transporte e instalación

Las alternativas de este nodo de decisión surgen de la tabla de estrategias *Decisiones de importación, traslado e instalación*, que sirve para obtener un conjunto de alternativas sobre el transporte, la instalación y el procedimiento de importación a utilizar. Los encabezados de cada grupo de alternativas son:

- Condiciones de embarque
- Vía de importación del equipo
- Compañía encargada de la importación del equipo
- Agente aduanal
- Transporte
- Cobertura de aseguramiento
- Aseguradora
- Encargado de las obras de instalación

Decisiones de financiamiento

Las alternativas de este nodo de decisión surgen de la tabla de estrategias *Decisiones de financiamiento*, que sirve para obtener un conjunto de alternativas de tipos de financiamiento factibles para la adquisición del equipo que requiere la empresa. Los encabezados de cada grupo de alternativas son:

- Destino del equipo reemplazado
- Proporción del monto total de la adquisición a financiar
- Modalidad del financiamiento otorgado

- Fuente de financiamiento
- Tipo de tasa del crédito
- Indicador económico de referencia
- Tipo de método de depreciación.

El modelo maestro de decisión incluye elementos que pueden presentarse en la familia de situaciones de decisión, pero en una situación particular sólo se presenta un subconjunto de esos elementos. Para definir ese subconjunto se utiliza el metamodelo de decisión.

2.2 Metamodelo de decisión

Para generar, a partir del modelo maestro mostrado, uno particular a la adquisición de equipo en una empresa, se responde un conjunto estructurado de preguntas. Las preguntas forman parte de un diagrama de flujo, que es precisamente el metamodelo de decisión, y en base a las respuestas a esas preguntas, el diagrama da indicaciones que permiten determinar cuáles nodos del modelo maestro deben mantenerse activos o eliminarse. Un paso preliminar para responder adecuadamente a las preguntas del modelo es conocer la situación particular que se enfrenta.

Descripción de la situación particular

Para generar el modelo de decisión es necesario identificar varios aspectos que son importantes para

tomar buenas decisiones dentro del proceso de evaluación de las alternativas de adquisición de los equipos. Algunos de estos aspectos son los siguientes: situación financiera de la empresa, ubicación geográfica, vías de comunicación, servicios públicos disponibles, requerimientos técnicos del proceso en el que se usará el equipo, lista de proveedores de equipo, costos de operación históricos de equipos similares, situación del mercado de la empresa (competencia, demanda, políticas de venta, planes estratégicos), fuentes de financiamiento disponibles, actitud al riesgo de la alta dirección dentro del rango de desembolsos de la inversión en equipo, objetivos intangibles buscados preferentemente al hacer la inversión en equipo, información referente a otras adquisiciones de equipo realizadas en el pasado, entre otros.

Activación de los componentes que integrarán el modelo particular

La Figura 7 presenta el meta-modelo de decisión del modelo reusable para la adquisición de equipo en empresas industriales, constituido por un diagrama de flujo que tiene la finalidad de permitir al usuario de este modelo reusable de decisión identificar cuáles elementos del modelo maestro deberán ser considerados en la evaluación de una situación particular de adquisición de equipo.

Este metamodelo de decisión se lee de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, y permitirá activar aquellos eventos inciertos, decisiones y otros elementos, para generar rápidamente un modelo de la situación de decisión.

El metamodelo contiene los siguientes elementos y figuras:

- **Preguntas de verificación** (rectángulos redondeados). Estas preguntas están planteadas de manera que las respuestas puedan ser simplemente, Sí o

No. De la respuesta dependerá el camino (flecha) a seguir en el metamodelo y, consecuentemente, las *acciones* a realizar.

- **Acciones** (rectángulos): son indicaciones que ordenan la activación o desactivación de determinados elementos del modelo maestro, o algunas otras acciones a realizar.

En algunos casos se propone más de una *pregunta de verificación* en un rectángulo redondeado. En ese caso las preguntas están unidas por expresiones “y” u “o inclusivo” de tal forma que con contestar las preguntas individuales, el resultado del conjunto se puede obtener de una manera consistente con las operaciones lógicas.

Aunque la experiencia ha mostrado la efectividad del uso del metamodelo, se debe utilizar el juicio profesional del analista para decidir sobre la conveniencia de incluir aquellos nodos del modelo maestro que no fueron activados du-

rante la aplicación del metamodelo. Esta verificación no debe ser difícil, ya que el analista tiene a la vista el conjunto completo de nodos que se pueden incluir.

La activación de nodos de poca relevancia a los resultados no representa un riesgo (solo trabajo adicional) debido a que su nivel de relevancia se descubrirá con el análisis de sensibilidad al rango que se realizará al modelo particular.

Posterior a la activación de nodos, se deben cuantificar los parámetros y resultados de los nodos activados, y definir las alternativas en las decisiones activas de las tablas de estrategias del modelo. Realizado lo anterior, se recomienda realizar un *análisis de sensibilidad al rango* a los eventos inciertos activados, para determinar aquellos nodos probabilísticos que contribuyan con el 90% de la incertidumbre, pues se considera razonable trabajar sólo con los nodos que capturen ese nivel de la incertidumbre de la situación particular de decisión.

Evaluación del modelo particular de adquisición de equipo

La información necesaria para evaluar el modelo particular se puede obtener del personal de la empresa más indicado de acuerdo a su nivel de experiencia y conocimientos sobre cada elemento del modelo. El analista de decisiones tiene la función de asesorar en el proceso de determinación de alternativas y sucesos factibles en cada nodo del modelo de decisión, y de conducir el proceso de asignación de probabilidades a los eventos inciertos. Finalmente, el analista recomendará si, a su juicio profesional, se requiere del apoyo de personal ajeno a la empresa para obtener información adicional considerada como necesaria para hacer evaluaciones correctas en algunas alternativas y sucesos inciertos. En un número posterior aparecerá un artículo referido a la aplicación concreta del modelo aquí presentado. 

Bibliografía

Clemen, Robert, *Making Hard Decisions*, 2^a. ed., Duxbury Press, EUA, 1996.

Howard, Ronald A. & James E. Matheson (1981) "Influence Diagrams" en Howard, R. A. y J. E. Matheson (eds.) *The Principles and Applications of Decision Analysis*. Strategic Decisions Group, Palo Alto, California, 1983.

Howard, Ronald A., "Decision Analysis: Practice and Promise", *Management Science*, Vol. 34 No. 6, 1988.

Howard, Ronald A., "Decision Analysis", Manuscrito, Universidad Stanford, California, 1992.

Ley Borrás, Roberto, "Representación del Conocimiento en Análisis de Decisiones", *Revista UPIICSA Tecnología Ciencia y Cultura*, IPN, vol. 2, Núm. 9, 1996, pp. 2-8.

Ley Borrás, Roberto, "Principios para el Desarrollo de Modelos Reusables de Decisión", *Revista UPIICSA Tecnología Ciencia y Cultura*, IPN, vol. 2, Núm. 16, 1998, pp. 10-14.

Ley Borrás, Roberto, "El Poder de Generalización de los Modelos Reusables de Decisión", *Investigación Administrativa*, Vol. 29 Núm. 87, 2000, pp. 1-14.

Salvendy, Gavriel, *Manual de Ingeniería Industrial*, Vol. II, Editorial Limusa, México. 1991.



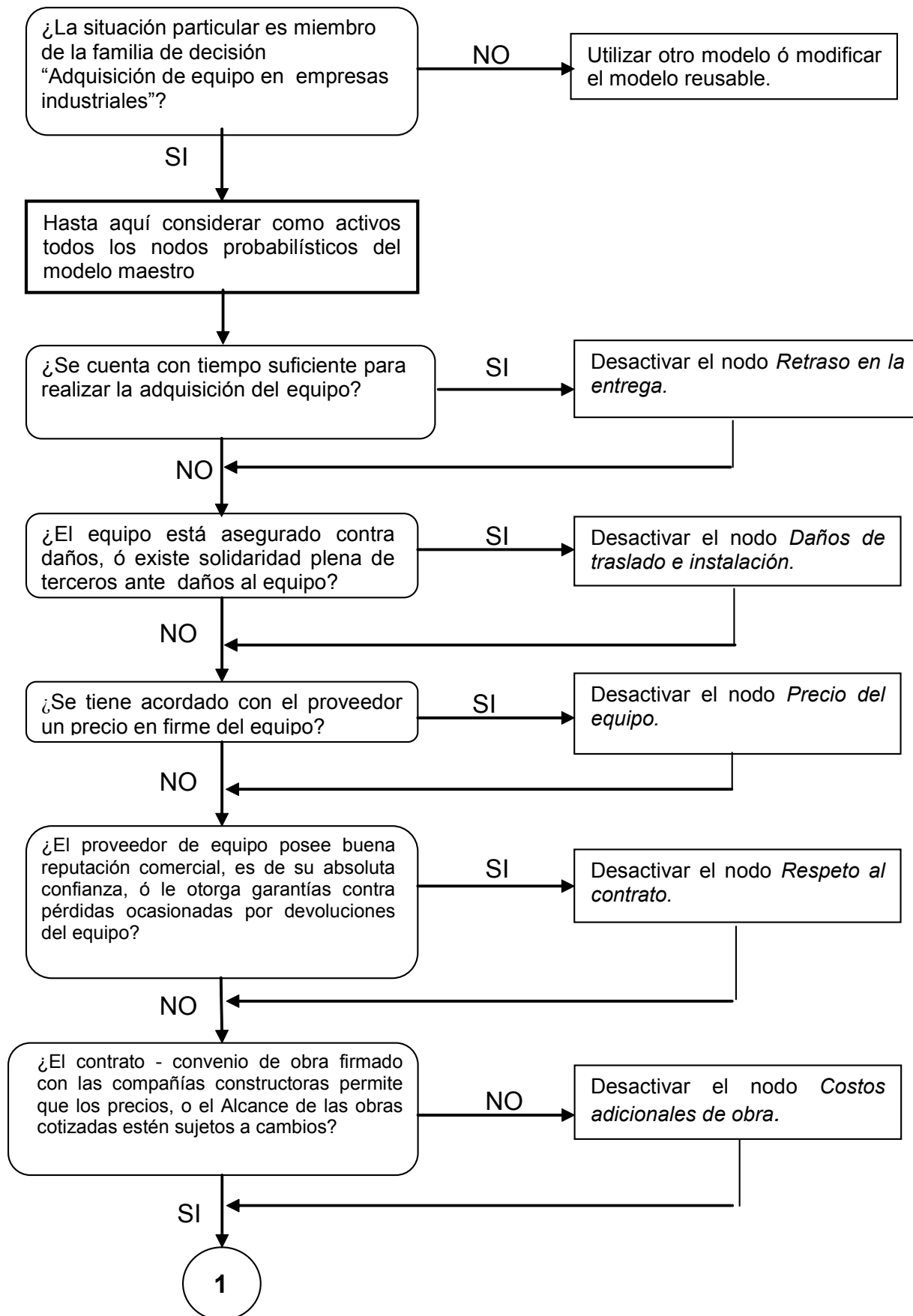


Figura 7. Metamodelo de decisión (parte 1/5).

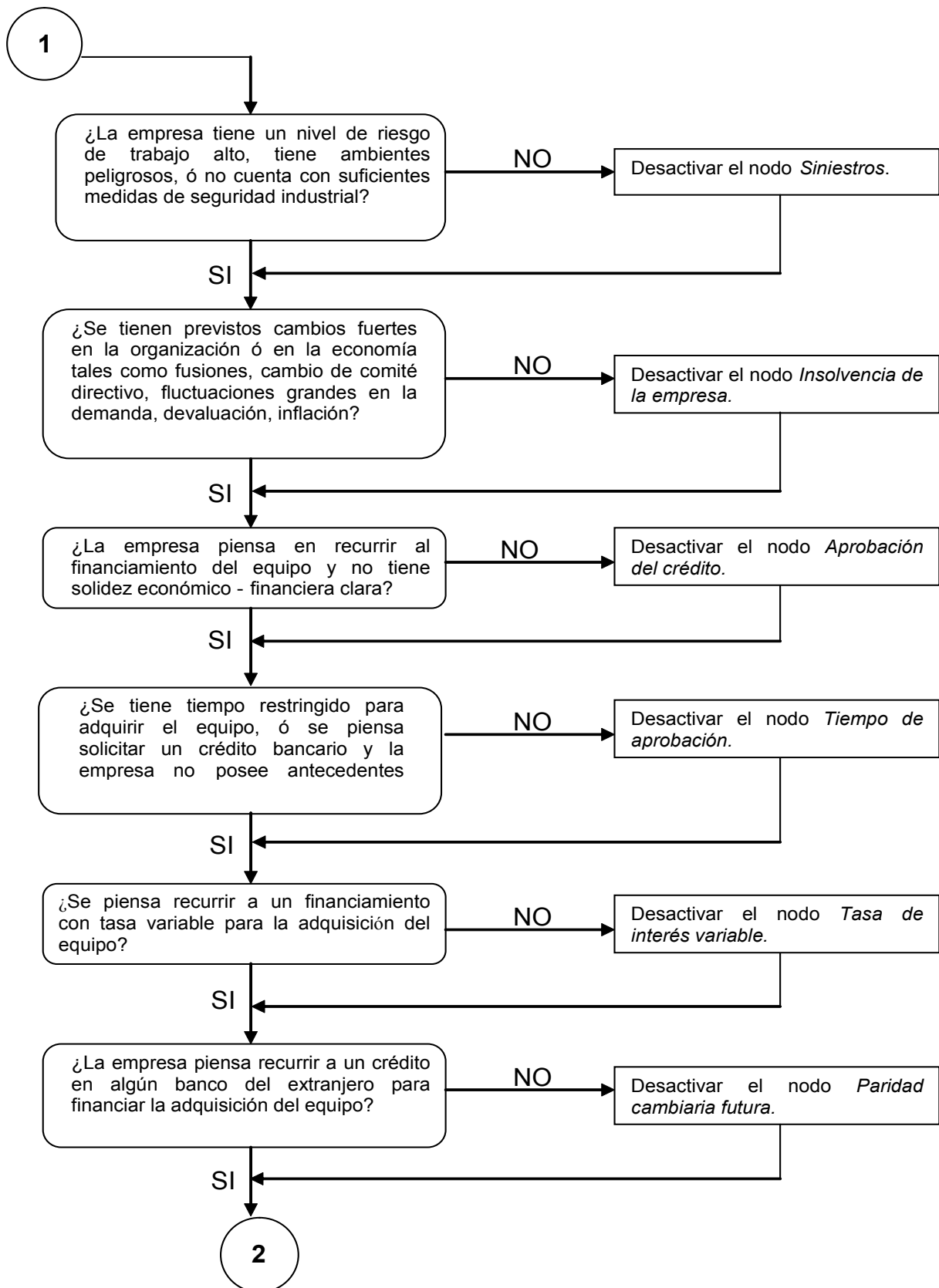


Figura 7. Metamodelo de decisión (parte 2/5).

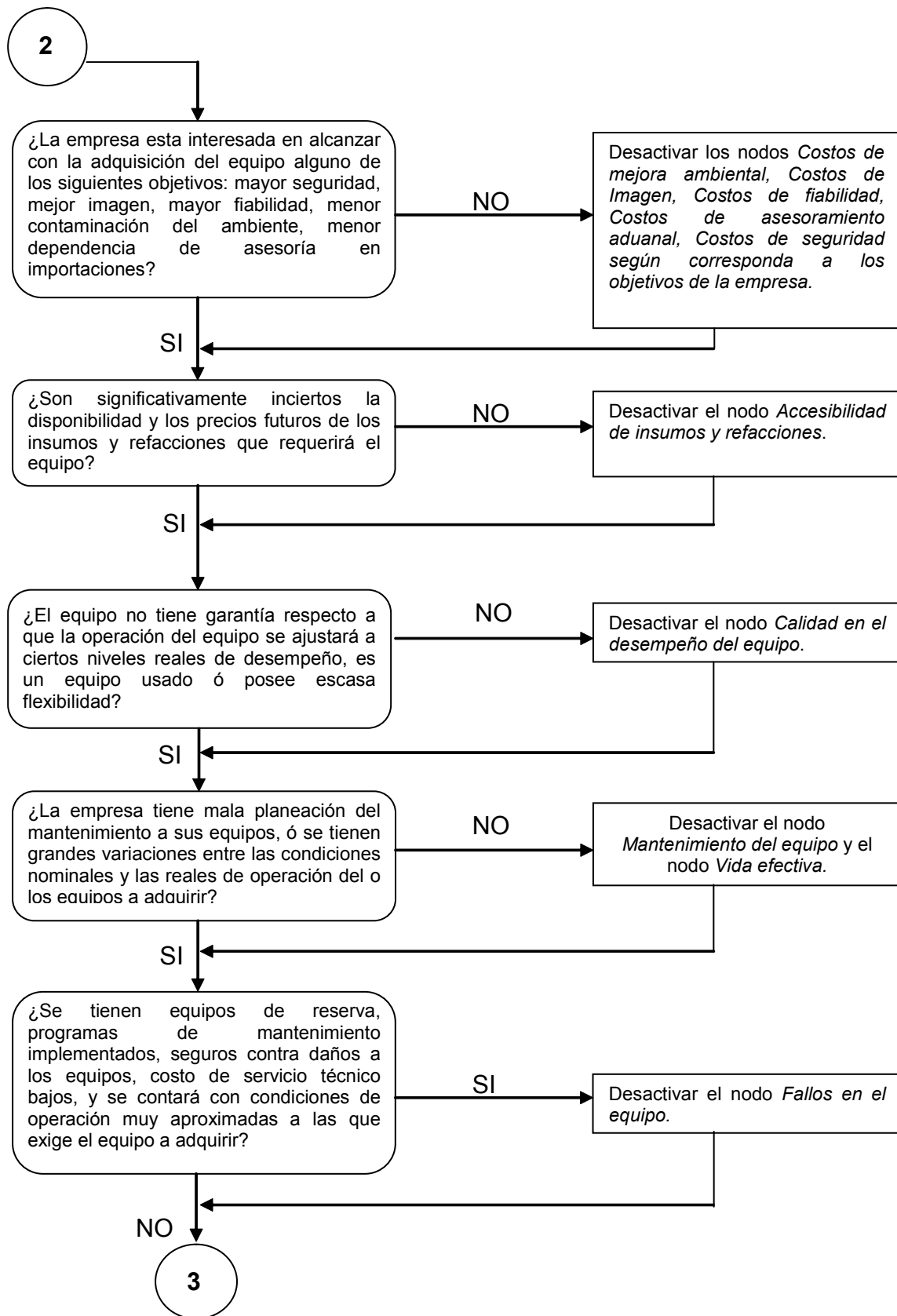


Figura 7. Metamodelo de decisión (parte 3/5).

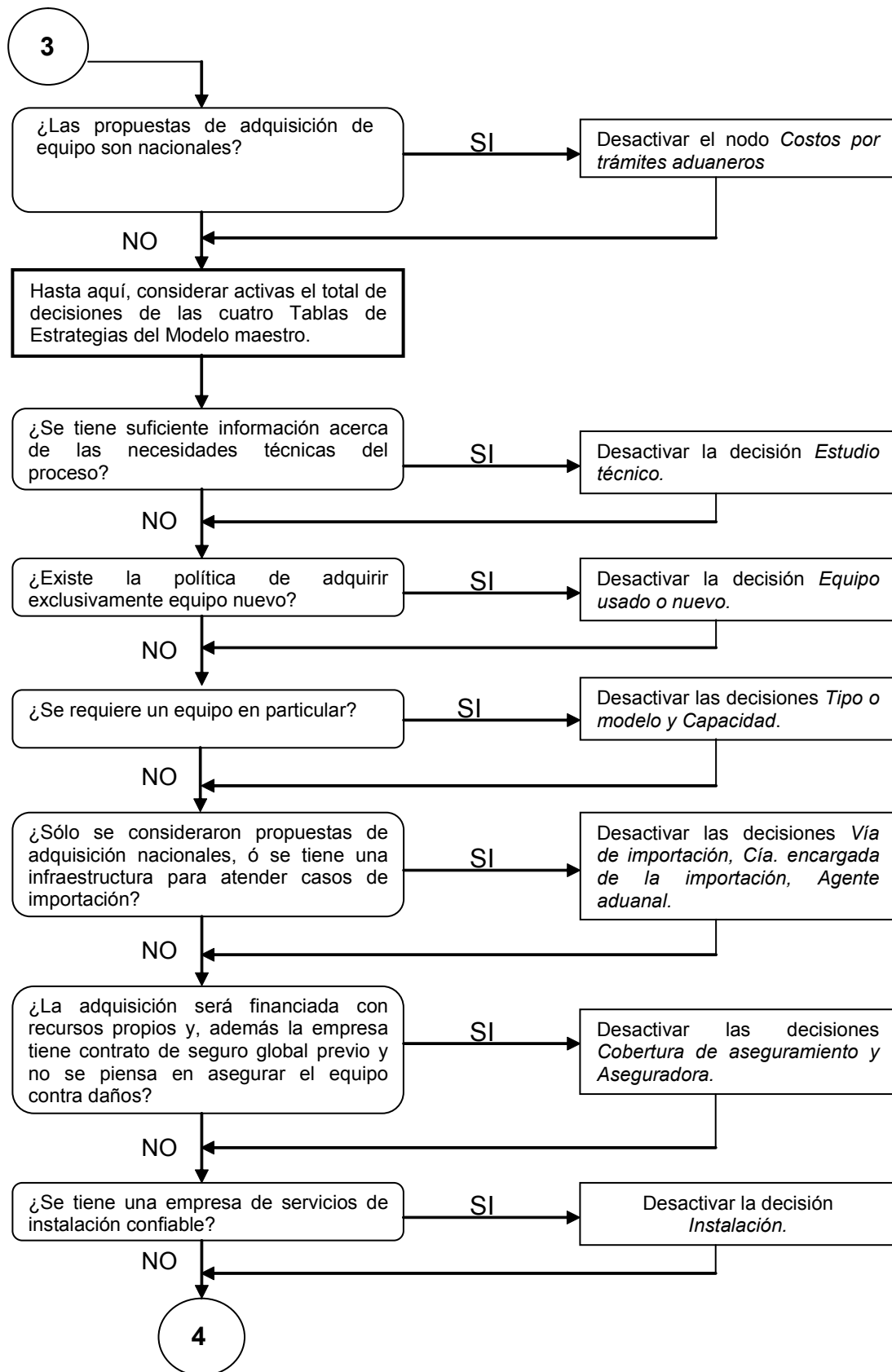


Figura 7. Metamodelo de decisión (parte 4/5).

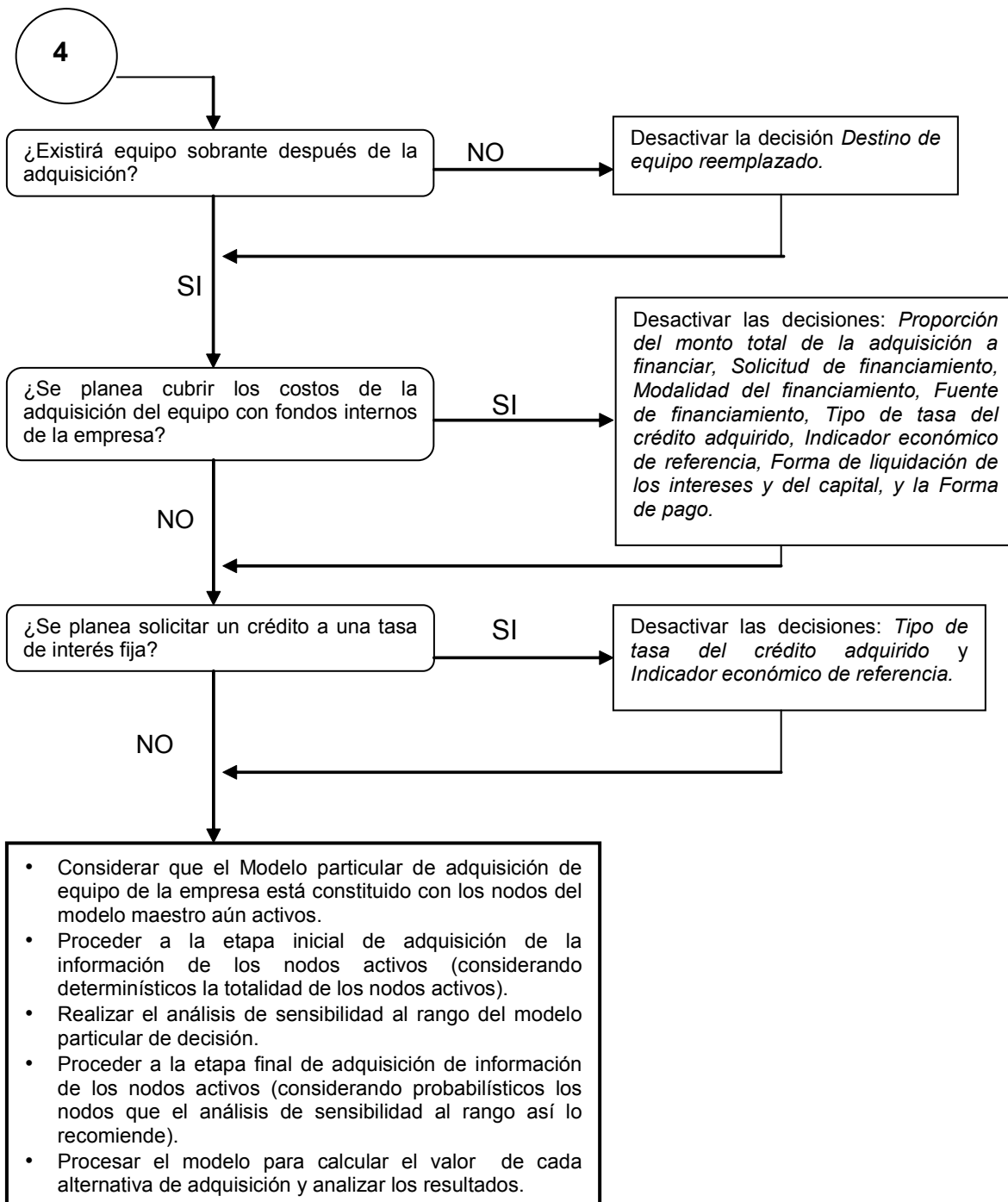


Figura 7. Metamodelo de decisión (parte 5/5).