

APERTURA DE CENTROS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO UN MODELO REUSABLE DE DECISIÓN ¹

Publicado en *Eureka*, núm. 11, pp. 1-18, septiembre 2004, México

M.C. Gerardo Morales Reyes, Instituto Mexicano del Petróleo
Ave. Periférico Norte esq. Calle 35-B, Cd. del Carmen, Cam. gmreyes@imp.mx

Dr. Roberto Ley Borrás, Instituto Tecnológico de Orizaba
Oriente 9 No. 852, Orizaba, Ver. rlb@decidir.org

RESUMEN

Las empresas de mantenimiento industrial exitosas tienden a expandir sus actividades en áreas geográficas alejadas de su centro de operación principal. Al aumentar el volumen de servicios prestados en zonas geográficas remotas, las empresas de mantenimiento enfrentan la decisión de abrir un centro de operación remoto o seguir operando desde su sede principal. Un centro de operación remoto disminuye los costos directos de operación (se gasta menos en transporte y viáticos, y no se consume tiempo en trasladarse grandes distancias), pero su instalación requiere una inversión, añade costos fijos y como la demanda futura de servicios es incierta, la inversión puede no ser redituable.

En este trabajo se presenta un modelo reusable de decisión que ayuda a las empresas de mantenimiento a tomar esa decisión utilizando los sólidos principios de análisis de decisiones. Esta disciplina permite abordar el problema en forma sistemática y efectiva considerando dentro del modelo de evaluación factores económicos, factores intangibles importantes y eventos inciertos que afectan los resultados. El modelo reusable permite lograr esto en menos tiempo y con menor costo que lo que se necesitaría para realizar un análisis de decisiones tradicional.

Palabras claves: análisis de decisiones, modelos reusables, mantenimiento industrial.

Introducción

Las empresas de mantenimiento industrial que son exitosas tienden a ampliar su ámbito de actividades a regiones geográficas alejadas de su sede principal. Para atender adecuadamente a sus clientes foráneos y maximizar la rentabilidad de sus operaciones, las empresas de mantenimiento industrial se enfrentan a una importante decisión: seguir atendiendo a sus clientes foráneos desde su sede principal o abrir un centro de operación remoto (CO).

Abrir un CO es atractivo porque se disminuyen los costos de transporte, alimentación y alojamiento, se aprovecha

mejor el tiempo de los trabajadores, y se puede mantener mayor presencia de la empresa en la región. Por otra parte, abrir dicho centro requiere una inversión e incurrir en costos fijos de operación, con el riesgo de que si la demanda de servicios en la región geográfica atendida disminuye, el centro puede ser una inversión no redituable.

Abrir o no un CO requiere considerar varias decisiones: determinar si se justifica realizar el análisis formal de apertura, determinar la realización de una campaña de publicidad en la zona en la que se abriría el CO, definir la personalidad jurídica del CO, seleccionar la fuente de los recursos financieros con los

¹ Este trabajo se deriva del proyecto "Modelos reusables de decisión para aumentar la competitividad de empresas industriales" apoyado por la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la SEP y el Instituto Tecnológico de Orizaba.

que se abriría el CO, decidir la cobertura de servicios que se tendría en el centro, determinar el lugar de contratación del personal (en la sede principal o en la nueva ciudad), definir el precio de los servicios en la nueva zona geográfica, y seleccionar la ubicación específica del CO. Cada una de estas decisiones tiene repercusiones en los costos y en las utilidades potenciales de la empresa de mantenimiento.

Además, dependiendo de las alternativas que elija, la empresa enfrenta situaciones inciertas como la demanda de servicios en los próximos meses y años, la tasa de interés a pagar si contrata un financiamiento, la obtención de estímulos fiscales asociados a la ubicación del CO, el nivel de competencia que enfrentará, los costos de instalación y los costos de operación del nuevo CO, entre otros.

Una forma tradicional de abordar la decisión de apertura de un nuevo CO, es considerar únicamente la apreciación personal del decisor. Ésta es una manera muy rápida de decidir, pero carece de estructura y conlleva el riesgo de no incluir todos los factores importantes.

Otra forma de abordar esta decisión es la realización de un estudio tradicional de factibilidad. Estos estudios son un esfuerzo formal por considerar todos los factores importantes, pero consideran como determinística información que por su naturaleza es incierta, con lo que ignoran un importante aspecto de la situación y ocultan los riesgos.

La manera más completa de abordar una situación de decisión compleja como ésta, es utilizar análisis de decisiones: la modelación formal de la decisión permite incluir todas las decisiones y eventos inciertos, así como las relaciones entre ellos y su impacto en las utilidades de la empresa. No obstante las ventajas de esta disciplina, el costo y tiempo que implica desarrollar un estudio de tal naturaleza puede ser un obstáculo para su utilización.

Para eliminar esa barrera se ha desarrollado un modelo reusable que permite abordar de manera más eficiente y económica esta situación.

Un modelo reusable de decisión es un modelo general realizado para un cierto tipo de decisiones (apertura de centros de operación remotos, en este caso) y no sólo para un caso particular. Un modelo reusable concentra conocimiento relevante sobre la situación de decisión y lo presenta de una manera rigurosa (mediante un diagrama de influencia), complementando esa representación con instrucciones para generar modelos particulares de decisión para casos específicos.

A continuación se presentan las características generales de los modelos reusables y un modelo reusable de decisión que permite evaluar de manera completa la conveniencia de apertura de nuevos centros de operación con aplicación a empresas de mantenimiento industrial. Al final del artículo se reporta una aplicación real del modelo.

1. Los Modelos Reusables de Decisión

Aunque cada situación de decisión es única, ésta puede tener elementos en común con otras situaciones, por lo que se podría utilizar un modelo de decisión anterior como punto de partida para un nuevo modelo. Para aprovechar al máximo los ahorros de costo y tiempo al reusar un modelo, es necesario desarrollar desde el principio un modelo con mayor nivel de generalidad, ya que esto facilitará el reuso del mismo. Esto es lo que se busca lograr al desarrollar modelos reusables de decisión (Ley Borrás, 1998, 2000).

Un modelo reusable de decisión es un auxiliar de decisión que permite analizar casos particulares de una familia de situaciones de decisión haciendo ajustes a un modelo general. Utilizando modelos reusables es posible obtener un modelo de decisión particular en menos tiempo y con

menos esfuerzo que iniciando una modelación en cada caso particular.

Cada modelo reusable está formado por un modelo maestro, que incluye todas las decisiones, eventos inciertos, preferencias, relaciones de relevancia, influencia e impacto que el analista prevé pueda tener cualquier situación particular de la familia de decisiones. El modelo reusable cuenta además con un metamodelo de decisión: diagrama-guía que permite determinar qué elementos del modelo maestro se activan para cada situación particular.

El uso del modelo maestro y el metamodelo para generar un conjunto de modelos particulares es una nueva forma de pensar acerca de una familia de situaciones de decisión. Mediante el uso de modelos reusables de decisión se obtiene una economía de escala con respecto a la generación de varios modelos particulares, ya que se abordan todas las situaciones de la familia de decisión en conjunto, y se logra un mejor entendimiento de la familia de decisión estudiada.

Una familia de situaciones de decisión es un conjunto de decisiones únicas o particulares con estructura y elementos comunes. Un tipo de familia de situaciones de decisión se encuentra en empresas u organizaciones que periódicamente enfrentan problemas u oportunidades similares. Otro tipo de familia de situaciones de decisión está constituido por situaciones en las que se aborda el mismo tipo de problema aunque se trate de empresas diferentes. En el segundo caso se requiere generalmente una mayor cantidad de ajustes, pero se mantiene la estructura del problema. En general, mientras más homogénea sea la familia de situaciones de decisión, habrá más elementos en común en los modelos particulares, y por lo tanto un mayor potencial de beneficio al desarrollar un modelo reusable.

Un modelo reusable verdaderamente útil debe ser suficientemente flexible para permitir abordar nuevos problemas sin tener

que realizar el proceso de modelación desde el principio.

Las situaciones de decisión en que es generalmente ventajoso crear modelos reusables tienen tres características: se presentan recurrentemente, tienen un conjunto especificable de escenarios y son importantes para el decisor. En contraste, aquellas situaciones de decisión únicas, muy complejas, de poco impacto o en las que no es práctico compartir el modelo con otros usuarios, no son buenas candidatas para ser abordadas a través de modelos reusables (Ley Borrás, 2001).

1.1 Diagramas de Influencia

El modelo maestro se representa mediante un diagrama de influencia. Los diagramas de influencia son una representación compacta del conocimiento que se tiene sobre una situación de decisión bajo condiciones de incertidumbre. Los diagramas de influencia, también llamados diagramas de decisión, tienen una estructura que se orienta a resaltar las relaciones de información y dependencia probabilística entre los elementos de la situación (Clement, 1996).

Los diagramas de influencia se integran principalmente por:

- ❖ Nodos de decisión, rectángulos, que representan una situación particular y las alternativas disponibles.
- ❖ Nodos de incertidumbre, óvalos con línea sencilla, que representan una variable probabilística y los sucesos que pueden ocurrir
- ❖ Nodo de valor, un octógono, que representa el o los atributos que le importan al decisor.

Las relaciones ente los nodos de los diagramas de influencia están representados por flechas entre ellos. El significado de las flechas depende del nodo al cual llegan:

- ❖ Información. Las flechas que llegan a un nodo de decisión indican que la información contenida en el nodo origen es conocida cuando se toma la decisión

- ❖ Relevancia. Las flechas que llegan a un nodo de incertidumbre desde otro nodo de incertidumbre, indican que las distribuciones de probabilidad de la variable aleatoria representada por el nodo destino son modificadas por el nodo origen.
- ❖ Influencia. Las flechas que llegan a un nodo de incertidumbre desde un nodo de decisión, indican que la alternativa seleccionada por el decisor modifica la distribución de probabilidad de la variable aleatoria representada por el nodo destino.
- ❖ Impacto. Las flechas que llegan al nodo de valor, indican que los sucesos o alternativas del nodo origen tienen un impacto en el resultado esperado de la decisión (en lo que importa al decisor).

Adicionalmente, los diagramas de influencia pueden incluir:

- ❖ Nodos determinísticos: óvalos con doble línea, que representan cantidades que se conocen con certeza una vez que se conocen los valores que toman los nodos que le condicionan.
- ❖ Nodos evocativos: óvalos con línea punteada, que representan variables que no se cuantifican pero que se tienen en mente al asignar valores a las variables a las que llegan flechas que parten de estos nodos.

Una descripción completa de la estructura y proceso de solución de diagramas de influencia se encuentra en Ley, 2001. El modelo maestro de la Figura 1 es un ejemplo de diagrama de influencia.

1.2 Tablas de generación de estrategias

Las tablas de generación de estrategias (Howard, 1988) son un complemento a los diagramas de influencia. Estas tablas se utilizan cuando al modelar una situación de decisión se identifican varias decisiones relacionadas entre sí, de tal modo que resulta más práctico generar unas pocas estrategias coherentes tomando una alternativa de cada decisión individual, que considerar todas las combinaciones

posibles de las alternativas. Por ejemplo, en la Tabla 1 se representan, en las cabezas de las columnas, cuatro decisiones: capacidad instalada de servicio, tamaño de las instalaciones, cantidad de equipo y cantidad de personal. Si cada una de las decisiones tiene tres alternativas, como se indica en las filas de la tabla, teóricamente se pueden tener 3^4 combinaciones de alternativas (81). Sin embargo, muchas de esas combinaciones de alternativas no son razonables (como brindar capacidad plena de servicio con pocas instalaciones, equipo y personal). Por lo tanto, se usa la tabla para generar un conjunto reducido de estrategias coherentes y cada estrategia se vuelve una “alternativa combinada” del nodo de decisión que representa a este conjunto de decisiones vinculadas (en este caso, del nodo F de la Figura 1).

2. Ámbito de Aplicación del Modelo Reusable

2.1 La familia de situaciones de decisión

La familia de situaciones de decisión para el presente modelo reusable es aquella en la que una empresa de mantenimiento industrial está considerando la decisión de apertura de un nuevo CO en una localidad geográfica lejana.

La familia de situaciones de decisión incluye a todas las empresas de mantenimiento industrial, independientemente de la estructura de contratos que manejen para prestar sus servicios. De igual forma, incluye a empresas de mantenimiento que brindan sus servicios dentro y fuera de las instalaciones de sus clientes.

Se consideran como empresas de mantenimiento industrial aquellas cuyas actividades están relacionadas con servicios de limpieza y preservación de equipos industriales, maquinaria, instrumentos, e instalaciones; de igual manera, son consideradas aquellas empresas dedicadas a la corrección de averías en instrumentos, equipo y maquinaria; así como a la

instalación de redes y conductos de energía; montaje de instrumentos, maquinaria, equipo y estructuras industriales.

2.2 Supuestos del modelo reusable

El modelo reusable de decisión para la apertura de nuevos centros de operación o servicio, fue desarrollado considerando lo siguiente:

- ❖ Este modelo se utiliza para evaluar la decisión de apertura de un nuevo CO en un mercado foráneo para una empresa de mantenimiento industrial.
- ❖ La empresa de mantenimiento industrial tiene un CO matriz y a partir de él puede prestar sus servicios a empresas ubicadas en una región geográfica lejana.
- ❖ Al momento de evaluar la situación de decisión, la empresa de mantenimiento industrial ya presta sus servicios a algunas empresas del mercado que evalúa.
- ❖ El modelo de decisión está diseñado para ser utilizado por personal capacitado en análisis de decisiones.
- ❖ Las estimaciones de probabilidad y la asignación de valores económicos a las variables del modelo las realiza personal de la empresa con suficiente conocimiento de la situación de decisión.

2.3 Estructura del modelo reusable

El modelo reusable para la apertura de nuevos centros de operación en regiones geográficas remotas está compuesto por un modelo maestro de decisión y un metamodelo de decisión. El modelo maestro es un diagrama de influencia y el metamodelo de decisión es un diagrama de flujo.

2.4 Indicadores de oportunidad de uso del modelo

Las decisiones importantes requieren ser analizadas de manera rigurosa debido a que éstas generalmente son complejas y puede haber mucho en juego. Para las empresas de mantenimiento industrial, la decisión de apertura de un nuevo CO en una región geográfica lejana es una decisión importante que requiere un análisis cuidadoso.

Evaluar la decisión de apertura de un nuevo CO requiere que la empresa invierta recursos en el proceso de estructuración, análisis y evaluación de la situación. Dado que en las empresas de mantenimiento industrial exitosas este tipo de situación puede presentarse de manera recurrente, es necesario que ellas identifiquen el momento propicio para abordar la situación con el fin de no malgastar recursos evaluando situaciones que no lo justifican.

Una forma eficiente para identificar el momento oportuno para realizar la evaluación de apertura es utilizar indicadores de oportunidad. Se definen los indicadores de oportunidad como situaciones particulares a cada empresa de mantenimiento industrial que están vinculadas a la conveniencia de abordar la decisión de apertura de nuevas instalaciones en una región geográfica remota. Es decir, los indicadores de oportunidad cumplen la función de señales que advierten a la gerencia de la empresa el momento conveniente para evaluar la posibilidad de apertura de un nuevo CO.

Los indicadores de oportunidad pueden tener características propias para cada tipo de empresa de mantenimiento industrial. Sin embargo, algunos indicadores de oportunidad importantes que las empresas pueden utilizar son:

- ❖ Costos de oportunidad en el mercado.
- ❖ Cumplimiento de la empresa en el tiempo de entrega de los proyectos que desarrolla en el mercado remoto.

- ❖ Agilidad administrativa.
- ❖ Ambiente de trabajo.
- ❖ Altos costos de transporte y supervisión en el mercado remoto.
- ❖ Cobranza.
- ❖ Calidad de los servicios en el mercado remoto y la capacidad de la empresa para dar seguimiento a los trabajos desarrollados en ese mercado.

Finalmente, la empresa puede establecer indicadores que se basen de parámetros como distancia, tiempo y/o montos de contratos en el nuevo mercado, a partir de los cuales se establezca la necesidad de abordar la decisión de apertura de nuevas instalaciones en ese mercado.

3. Modelo Maestro de Decisión

El diagrama de influencia del modelo maestro para la decisión de apertura de nuevos centros de operaciones se muestra en la Figura 1. Este diagrama cuenta con una tabla de estrategias para determinar el nivel de cobertura de servicios del nuevo CO (Tabla 1) y con un conjunto de decisiones independientes entre sí, pero vinculadas a la situación de apertura del CO. Para generar una estrategia a partir de la Tabla 1, se debe tomar una alternativa de cada columna de las cuatro existentes y la combinación resultante es una estrategia. Por ejemplo se puede seleccionar: en la primer columna, capacidad instalada **Total**; en la segunda, **CO Mediano**; en la tercera, **Equipamiento Total**, y finalmente, tomar una cantidad de personal con **Nivel Alto** para la última columna. Esta estrategia puede apreciarse en la Tabla 2. Se procede así con otros temas. En el modelo de decisión, cada tema de estrategia se

convierte en una alternativa del nodo F: “Decisiones sobre el nivel de cobertura de servicios”. Para las demás decisiones que se abordaron en el estudio, no se consideró apropiado construir tablas de estrategia, dado que su elaboración no ayudaría a simplificar el análisis por las características mencionadas en el apartado 1.2

3.1 Elementos del modelo maestro de decisión

Las definiciones de los nodos que componen al modelo maestro de decisión están organizadas de acuerdo a la identificación de cada nodo en la Figura 1; las letras corresponden a los nodos de decisión y los números están asignados a los nodos de incertidumbre.

3.2 Decisiones

Las decisiones están representadas en el diagrama de influencia para el modelo maestro a través de rectángulos; las decisiones consideradas son las siguientes:

- A) Realización del estudio de apertura.
- B) Apertura de un nuevo CO.
- C) Personalidad jurídica del CO.
- D) Fuente de financiamiento.
- E) Tipo de tasa de interés.
- F) Decisiones sobre el nivel de cobertura de servicios.
- G) Lugar de contratación del personal.
- H) Realización de campaña de publicidad.
- I) Realización de estudio de mercado.
- J) Ubicación del CO.
- K) Precio de los servicios.

Tabla 1. Tabla de estrategias para el nivel de cobertura de servicios

TEMA DE ESTRATEGIA	CAPACIDAD INSTALADA DE SERVICIO	TAMAÑO DE LAS INSTALACIONES	CANTIDAD DE EQUIPO	CANTIDAD DE PERSONAL
	Mínima	CO Básico	Equipamiento básico	Nivel bajo
	Media	CO Mediano	Equipamiento medio	Nivel medio
	Total	CO Grande	Equipamiento total	Nivel alto

Tabla 2. Estrategia para un CO de Alta Tecnología

TEMA DE ESTRATEGIA	CAPACIDAD INSTALADA DE SERVICIO	TAMAÑO DE LAS INSTALACIONES	CANTIDAD DE EQUIPO	CANTIDAD DE PERSONAL
CO de Alta Tecnología	Mínima	CO Básico	Equipamiento básico	Nivel bajo
	Media	CO Mediano	Equipamiento medio	Nivel medio
	Total	CO Grande	Equipamiento total	Nivel alto

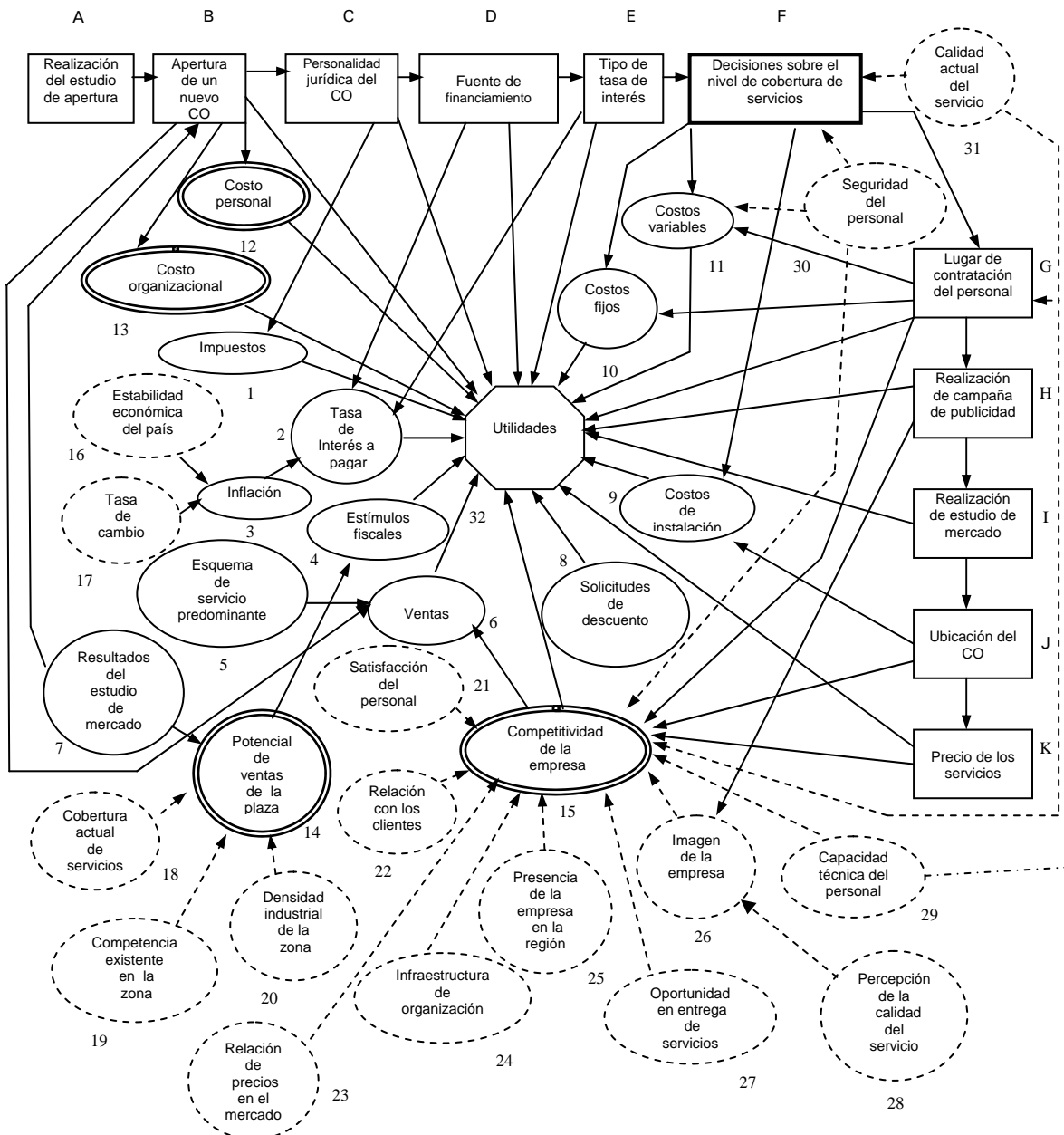


Figura 1. Modelo maestro de decisión para centros de operación remotos.

3.3 Eventos inciertos

Los eventos inciertos que afectan la situación de decisión están representados en el modelo maestro por medio de óvalos con línea llena; los eventos considerados son los siguientes:

- 1) Impuestos.
- 2) Tasa de interés a pagar.
- 3) Inflación.
- 4) Estímulos fiscales.
- 5) Esquema de servicio predominante.
- 6) Ventas.
- 7) Resultados del estudio de mercado.
- 8) Solicitudes de descuento.
- 9) Costos de instalación.
- 10) Costos fijos.
- 11) Costos variables.

3.4 Nodos determinísticos

Los nodos determinísticos son utilizados para describir variables a las que en este modelo se les asigna un valor directamente o mediante un cálculo que depende de otras variables. Estos nodos están representados por medio de óvalos dobles con línea llena; los nodos utilizados son los siguientes:

- 12) Costo personal.
- 13) Costo organizacional.
- 14) Potencial de ventas de la plaza.
- 15) Competitividad de la empresa.

3.5 Nodos evocativos

Los eventos importantes de la situación de decisión sobre los cuales no se tiene información suficiente para especificarlos completamente, y/o que representan un grado de detalle excesivo para el problema de apertura de nuevos centros de operación remotos, están considerados en el modelo maestro como nodos evocativos, y están representados por medio de óvalos con línea punteada; los nodos considerados son los siguientes:

- 16) Estabilidad económica del país.
- 17) Tasa de cambio.
- 18) Cobertura actual de servicios.

- 19) Competencia existente en la zona.
- 20) Densidad industrial de la zona.
- 21) Satisfacción del personal.
- 22) Relación con los clientes.
- 23) Relaciones de precio en el mercado.
- 24) Infraestructura de organización.
- 25) Presencia de la empresa en la región.
- 26) Imagen de la empresa.
- 27) Oportunidad de entrega de los servicios.
- 28) Percepción de la calidad actual del servicio.
- 29) Capacidad técnica del personal.
- 30) Seguridad del personal.
- 31) Calidad actual del servicio.

3.6 Nodo de valor

En el diagrama existe un nodo de valor, que se denomina utilidades, el cual está representado por un octágono. Este nodo corresponde a las utilidades de la empresa y su definición se da a continuación.

32) **Utilidades:** son los ingresos económicos netos percibidos por la empresa por periodo de tiempo. Las utilidades se pueden presentar como porcentaje de rendimiento neto sobre la inversión o como una cantidad económica neta lograda en un período de tiempo.

4. Metamodelo de Decisión

El metamodelo de decisión es un diagrama de flujo que guía al analista en la obtención de un modelo particular de decisión a partir del modelo maestro. El metamodelo de decisión se presenta en la Figura 2.

Para utilizar el modelo reusable de decisión es necesario que el decisor y el analista verifiquen que los supuestos sobre los cuales descansa el modelo de decisión permanezcan vigentes. Al verificar la validez de los supuestos en el modelo de decisión, es posible estar alerta a cambios en la estructura del problema que invaliden o hagan menos útil el modelo.

En caso de identificar que las condiciones para la aplicación del modelo de decisión cambien, se deben desarrollar los ajustes

necesarios que permitan al modelo seguir reflejando las variables críticas de la situación problemática. De esta forma, al integrar los cambios del medio al modelo reusable, éste podrá seguir siendo utilizado bajo las nuevas condiciones conservando su eficiencia y economía.

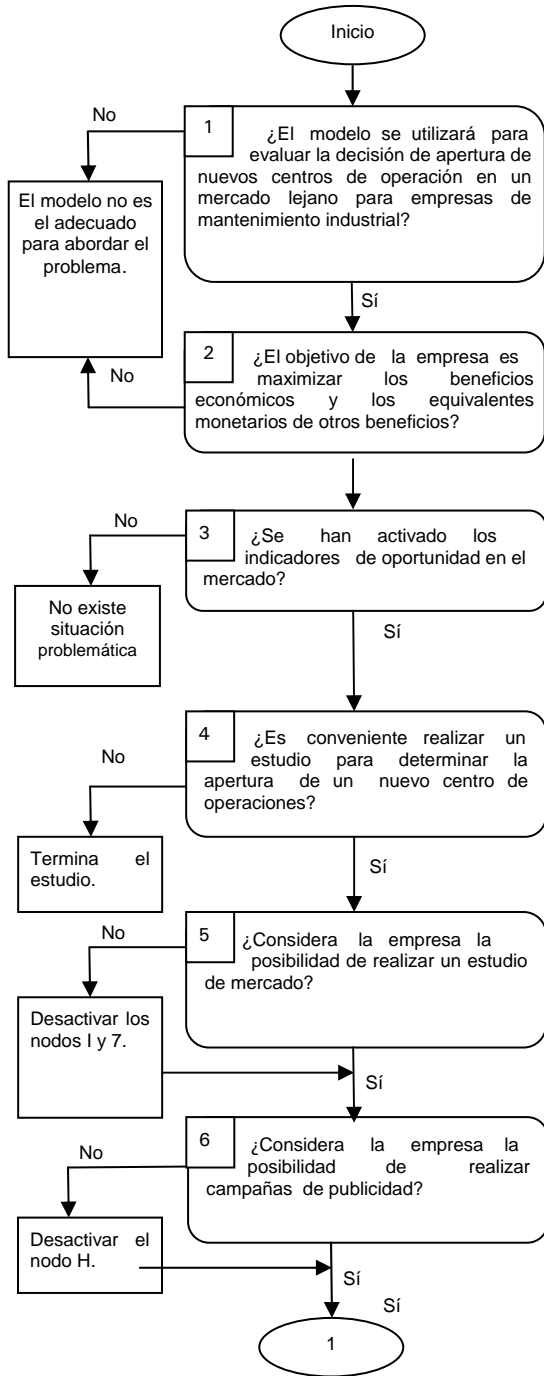
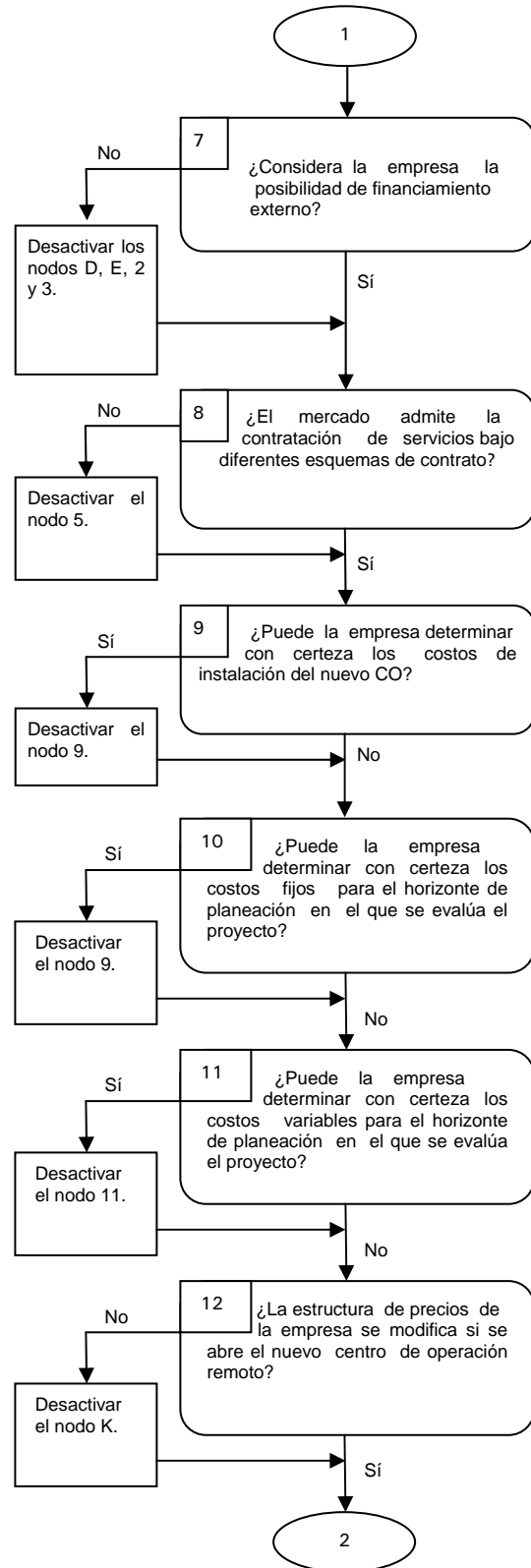


Figura 2a. Metamodelo de decisión.



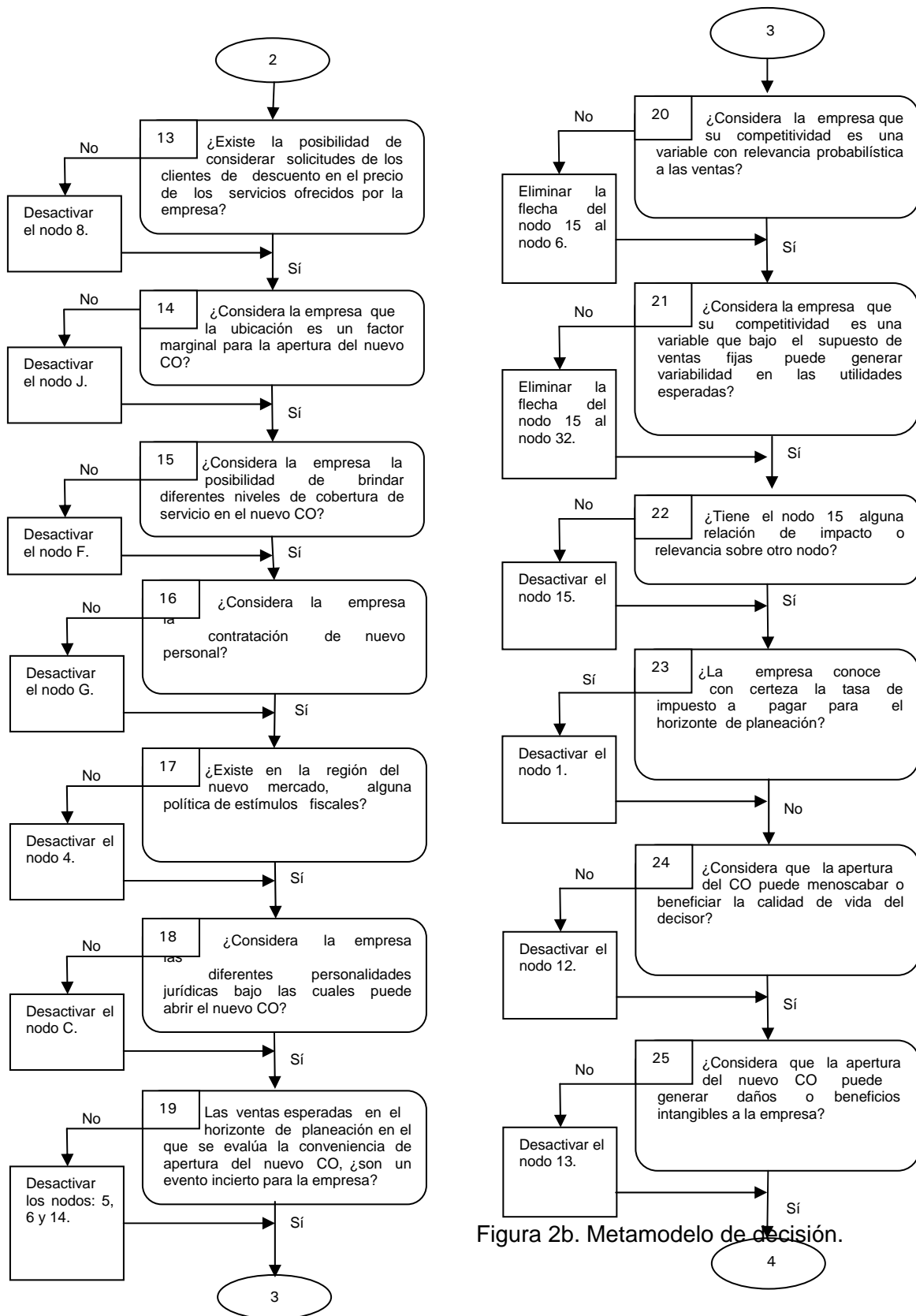


Figura 2b. Metamodelo de decisión.

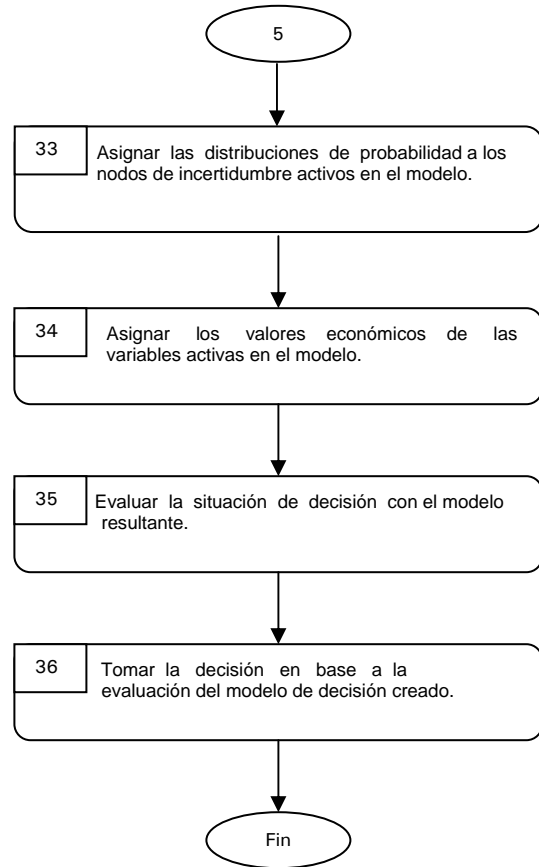
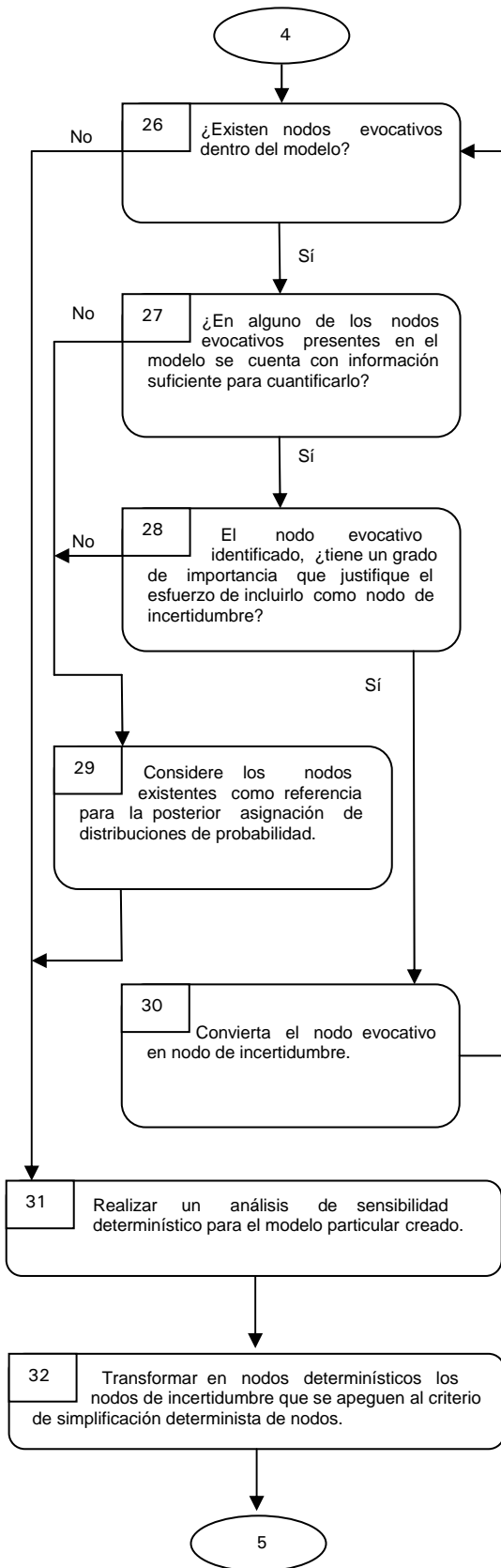


Figura 2c. Metamodelo de decisión.

5. Aplicación del Modelo Reusable de Decisión

El modelo reusable presentado en este trabajo, fue aplicado en una empresa de mantenimiento industrial mecánico, eléctrico y electrónico que atiende clientes en el estado de Veracruz y estados circunvecinos. Llamaremos a la empresa Industrial Fixit.

En Industrial Fixit, dadas las condiciones de crecimiento detectadas al momento de la realización de este estudio, la decisión de atender a clientes a distancia o abrir nuevos CO se ha presentado de manera recurrente. Esta decisión se consideró de

importancia para la empresa, dada la cantidad de recursos que requería y el impacto que el CO podría tener en la vida de la empresa.

La toma de decisiones para proyectos de apertura de nuevos centros de operación en Industrial Fixit, se identificó como un área de oportunidad, dado que no se tenía un procedimiento formal que sirviera de base a las decisiones de la Gerencia General.

5.1 Verificación de los supuestos del modelo

Al momento de evaluar la situación de decisión, Industrial Fixit ya tenía un CO matriz en la región Córdoba-Orizaba y desde él prestaba sus servicios a distancia a algunas empresas del estado de Puebla (la empresa contaba adicionalmente con otros centros de operación remotos en el estado de Veracruz).

La Gerencia General de Industrial Fixit designó personal de la empresa con amplio conocimiento de la situación de decisión para realizar las estimaciones de probabilidad y la asignación de valores económicos a las variables del modelo reusable.

Dada la naturaleza de las operaciones de Industrial Fixit, y considerando el problema de decisión que enfrentaba, se consideró adecuado el uso del modelo reusable para decidir la apertura de nuevos centros de operación remotos para empresas de mantenimiento industrial.

5.2 Identificación de indicadores de oportunidad de Industrial Fixit

Por el rápido crecimiento de Industrial Fixit, se generaron en la empresa condiciones de operación interna características a las empresas que provén servicios de mantenimiento industrial a distancia y que se han visto en la necesidad de abordar el problema de determinar la conveniencia de apertura de un nuevo CO. Al analizar estas

condiciones, se pudieron reconocer en la empresa indicadores de oportunidad que señalaron que era un momento apropiado para abordar la decisión de apertura de nuevas instalaciones en una región geográfica remota.

El mercado para el cual se desarrolló el estudio de apertura fue la zona industrial alrededor de la ciudad de Puebla. Este mercado, al momento de la realización del presente estudio, estaba bajo observación por parte de la gerencia de Industrial Fixit, evaluando la conveniencia de la apertura de un nuevo centro de servicio y conciente de las condiciones de incertidumbre de la decisión.

El primer indicador de oportunidad identificado fueron los costos de oportunidad en el mercado. La gerencia de la empresa detectó que estaba incurriendo en altos costos debido a contratos de trabajo que podrían cubrir y que no lo hacían por falta de capacidad instalada en ese mercado.

Dado que Industrial Fixit al momento de la realización de este estudio ya brindaba servicio a distancia a clientes en la ciudad de Puebla, un segundo indicador identificado fueron los altos costos de transporte, manutención y supervisión.

El alto costo que representaba para la empresa el transporte, los viáticos del personal y la supervisión de los servicios desarrollados, hizo reconsiderar a la gerencia la forma de prestación de sus servicios en ese mercado, tomando en cuenta la alternativa de contar con un nuevo centro de servicio.

El ambiente de trabajo dentro de la empresa es un indicador importante de su capacidad para satisfacer la demanda de servicio en el mercado. En Industrial Fixit, al momento de la realización de este trabajo, existía un ambiente organizacional tenso debido a la saturación de actividades y

Apertura de Centros de Mantenimiento

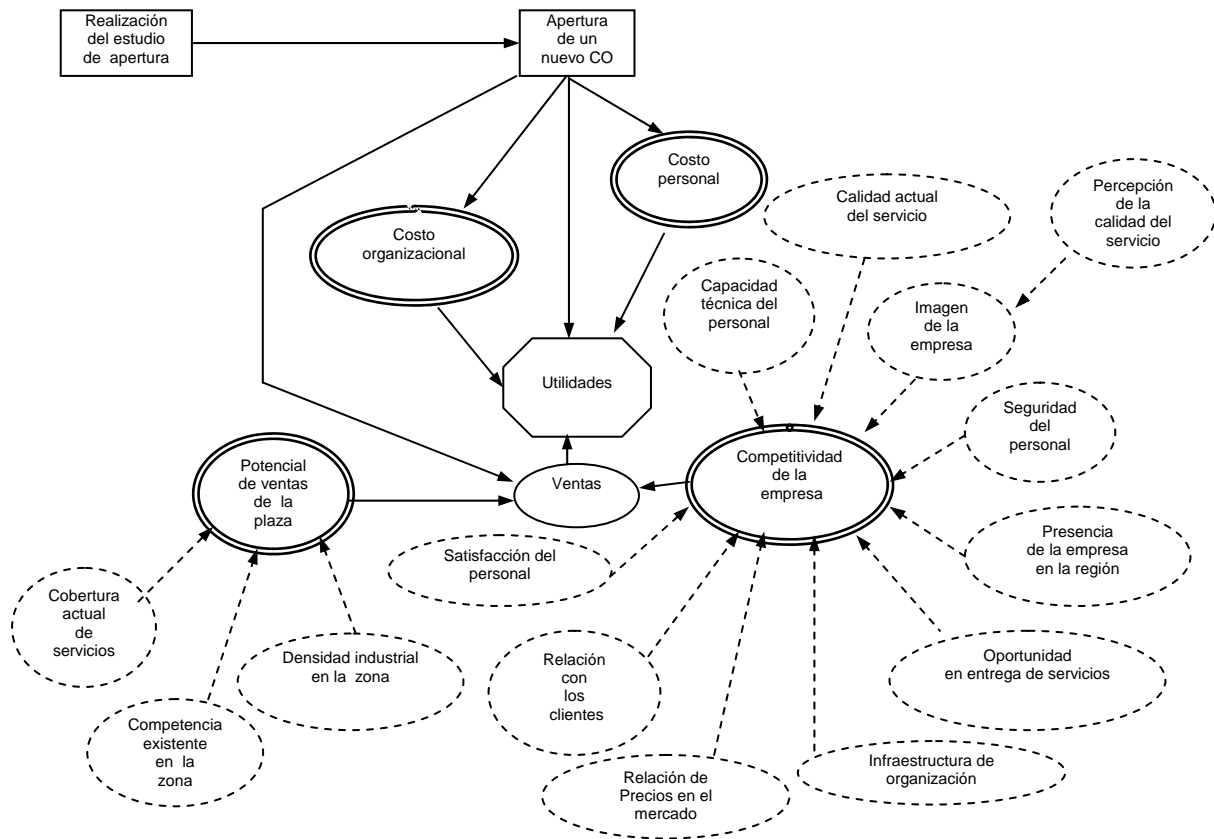


Figura 3. Modelo particular para la apertura de un centro de operación remoto

tareas pendientes. La gerencia de la empresa manejaba situaciones de poca importancia con alto sentido de urgencia, y su personal laboraba bajo continua presión.

5.3 Generación del modelo particular

Para generar el modelo particular para esta situación, se recorrió el diagrama de flujo del metamodelo de decisión de la Figura 2, contestando cada una de las preguntas de acuerdo a la situación que enfrentaba Fixit. En función de las respuestas, se fue modificando el diagrama de influencia del modelo maestro. Muchas decisiones y eventos inciertos fueron eliminados por las razones que se indican más adelante.

Al finalizar el proceso se obtuvo el modelo particular para Industrial Fixit; este modelo es el diagrama de influencia en la Figura 3.

La definición de las alternativas y sucesos para las decisiones y los eventos inciertos respectivamente, que a continuación se

enuncian corresponden a la situación específica de decisión de Industrial Fixit.

Las decisiones no incluidas dentro del modelo particular fueron aquellas en las que la empresa identificó una alternativa claramente dominante (para su situación particular) y por lo tanto, se pudo simplificar el modelo eliminando el correspondiente nodo de decisión (ya no había una elección pendiente de ser realizada).

Los eventos inciertos no considerados dentro del modelo particular fueron aquellos que no se aplicaban a esta situación o que tenían muy poca variabilidad.

El modelo particular se completó definiendo las alternativas de cada nodo de decisión y los posibles sucesos de cada evento incierto, así como con la asignación de distribuciones de probabilidad a los eventos inciertos que se mantuvieron vigentes (que no se transformaron en determinísticos después del análisis de sensibilidad).

5.4 Evaluación del modelo particular

En base a los indicadores de actuación de la empresa, señalados en la Sección 5.2, se concluyó que era conveniente para Industrial Fixit realizar un análisis formal para determinar si se abría un nuevo CO.

Por motivos de confidencialidad, a los valores reales calculados para Industrial Fixit se les aplicó un factor de ajuste para permitir que la información mantuviera su proporción y las conclusiones del modelo siguieran siendo válidas. Para evaluar el modelo particular se utilizó la información contenida de las Tablas 3 a la 6, además de información sobre los montos de inversión necesarios para abrir el nuevo CO.

En el modelo particular la incertidumbre crítica es el nivel de ventas. Esta variable está influenciada por las alternativas de abrir y de no abrir el CO. Para generar las distribuciones de probabilidad condicionadas en esas alternativas, se utilizó la información disponible sobre el mercado de Puebla, tanto información estadística de ventas como el potencial de nuevos clientes, y el efecto que la apertura de un centro de operación en Puebla tendría en la calidad del servicio y en las ventas.

Tabla 3. Rangos de venta promedio mensual que definen los niveles de éxito.

NIVEL DE ÉXITO EN EL MERCADO	RANGO DE VENTAS (PESOS / MES)
Altas	\$301,000 - \$750,000
Buenas	\$196,000 - \$300,000
Medianas	\$91,000 - \$195,000
Bajas	\$0 - \$90,000

Las distribuciones de probabilidad de las Tablas 5 y 6, se obtuvieron del Gerente General de Industrial Fixit, usando el método del intervalo fijo (Ley Borrás, 2001). Puede notarse que se estima que abrir el CO en Puebla tendrá un efecto positivo en

la distribución de probabilidad de las ventas.

Tabla 4. Marca de clase de ventas para cada nivel de éxito.

NIVEL DE ÉXITO EN EL MERCADO	VENTAS REPRESENTATIVAS PESOS / MES
Altas	\$525,500
Buenas	\$248,000
Medianas	\$143,000
Bajas	\$45,000

Al realizar un análisis de la actitud al riesgo del decisor, se concluyó que como los resultados económicos no afectaban en gran medida la riqueza del decisor, la valoración económica se supuso bajo el criterio de neutralidad al riesgo del decisor.

Tabla 5. Distribución de probabilidad de ventas si se abre el CO.

NIVEL DE VENTAS	PROBABILIDAD
Altas	55 %
Buenas	25 %
Medianas	15 %
Bajas	5 %

Al calcular el valor esperado de ventas (Clement, 1996), se obtuvo para la alternativa *Se abre el CO* un valor de \$374,725.00 y para la alternativa *No se abre el CO* un valor de \$341,725.00

Tabla 6. Distribución de probabilidad de ventas si no se abre el CO.

NIVEL DE VENTAS	PROBABILIDAD
Altas	45 %
Buenas	30 %
Medianas	20 %
Bajas	5 %

El valor esperado de ventas se trasladó a un estado de resultados generado en conjunto con la administración de Industrial Fixit.

Con el estado de resultados obtenido se estimaron los egresos para un período de seis meses, que fue el horizonte de planeación considerado por la gerencia como adecuado para el estudio, lo cual permitió obtener la evaluación económica del modelo.

Con la información de ingresos y egresos para el horizonte de planeación del estudio se determinaron los VPN primarios (Coss Bu, 1986) (antes de considerar costos personales y organizacionales) para cada alternativa, obteniéndose los siguientes valores: para la apertura del CO \$715,339.00 y para la no apertura del CO \$501,668.00

Al calcular la diferencia entre los VPN primarios de cada alternativa se generó un VPN marginal primario, el cual sirvió de base para considerar el resultado preliminar obtenido como primer criterio para la decisión de apertura del CO. Un resumen de los VPN primarios para cada alternativa y del VPN marginal primario se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Valor Presente Neto monetario para las alternativas.

VPN para la apertura del CO	\$715,339.00
VPN para la no-apertura del CO	\$501,668.00
VPN marginal	\$213,671.00

Para concluir el análisis y emitir una recomendación a la empresa, el último paso fue incorporar a los resultados económicos primarios el equivalente monetario del esfuerzo personal y organizacional.

El equivalente monetario del esfuerzo personal y organizacional es una cantidad monetaria que refleja el esfuerzo personal y organizacional que requiere la atención del nuevo mercado.

El costo personal y organizacional pueden ser expresados directamente en dinero y sus valores pueden sustituirse directamente en la fórmula de utilidades del nodo de valor ya que la variable de interés en el modelo corresponde a las utilidades, cuya unidad de medida es el peso mexicano.

Para calcular el costo personal mensual por operar a distancia se le plantearon al decisor preguntas del tipo: ¿cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente por tener los mismos ingresos del nuevo mercado, realizando al mes sólo un viaje a Puebla en lugar de los ocho viajes actuales?

Para calcular el costo organizacional mensual por operar a distancia se le plantearon al Gerente General de Industrial Fixit preguntas del tipo: ¿cuánto estaría dispuesta la empresa a pagar mensualmente por tener los mismos ingresos del nuevo mercado, sin los problemas originados por la saturación de actividades?

Los equivalentes monetarios del esfuerzo personal y organizacional por operar a distancia de Industrial Fixit se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Equivalente monetario del esfuerzo personal y organizacional.

Costo personal mensual por operar a distancia	\$12,000.00
Costo organizacional mensual por operar a distancia	\$9,000.00
VPN del costo total por operar a distancia	\$106,590.00

Incorporando los equivalentes monetarios del esfuerzo personal y organizacional a los resultados económicos primarios se generaron los VPN finales para las alternativas de apertura y de no apertura del nuevo CO, los cuales sirvieron de base para aplicar el criterio de decisión para la apertura del CO y emitir una

recomendación a la Gerencia General de Industrial Fixit.

Un resumen de los VPN finales se presenta en la Tabla 9. La distribución de probabilidad acumulada para los ingresos de Industrial Fixit en caso de apertura y en el de no apertura del CO se muestra en la Figura 4. En esta figura se puede apreciar que abrir el CO aumenta la probabilidad de tener altas utilidades y de hecho domina estocásticamente a la alternativa de no abrir.

Como se puede observar en la Tabla 9, la alternativa de abrir el CO resulta aún más atractiva considerando los factores de esfuerzo personal y organizacional de la empresa.

La empresa quedó satisfecha con el análisis realizado y a corto plazo instaló en Puebla un nuevo centro de operación. Una vez en operación el nuevo CO, se pudo constatar que los resultados económicos que se estaban obteniendo correspondían a lo calculado en el modelo.

Tabla 9. Resumen de los VPN finales

Costo total mensual por operar a distancia \$106,590.00	
VPN para la apertura del CO	\$715,339.00
VPN para la no-apertura del CO	\$395,079.00
VPN marginal considerando el esfuerzo personal y organizacional \$320,260.00	

Conclusiones

Muchas de las decisiones que se toman en la vida empresarial son sencillas y no requieren de un análisis formal, pero hay situaciones que pueden cambiar la vida de las empresas en función de la calidad de las decisiones que se tomen en ella. Para estas situaciones se justifica usar el análisis de decisiones.

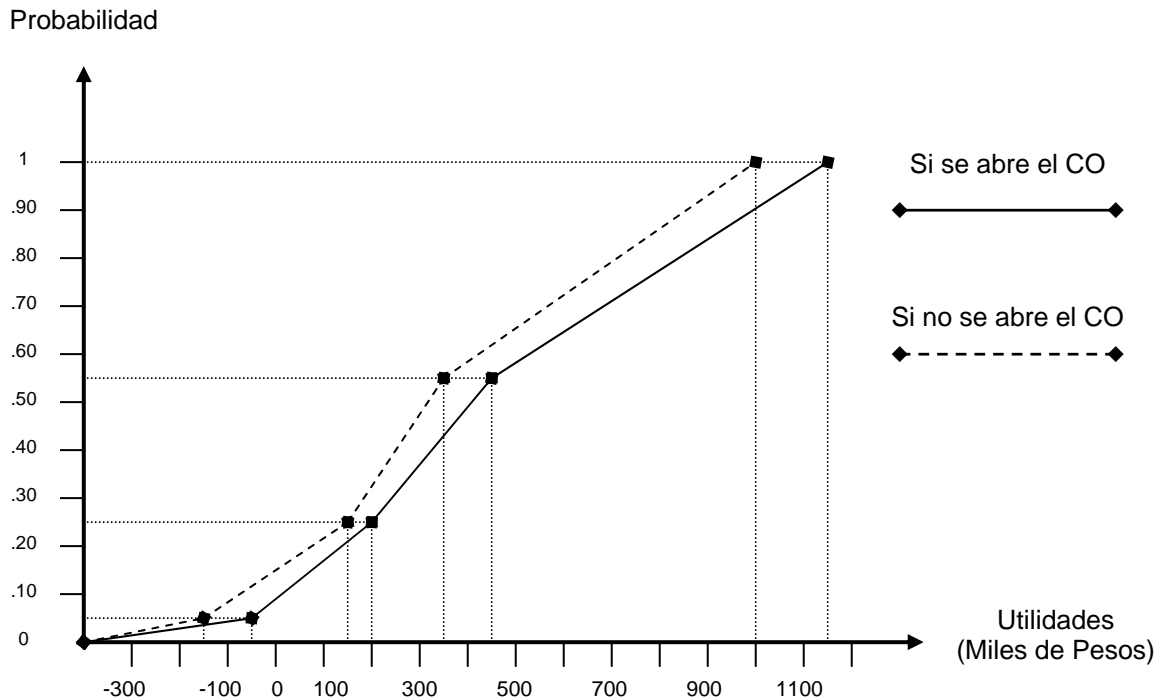


Figura 4. Distribuciones de probabilidad acumuladas para las alternativas de apertura del CO.

Una decisión importante que las empresas de mantenimiento industrial tienen que afrontar en periodos de crecimiento es la de decidir entre atender a clientes a distancia o abrir un nuevo CO. Esta decisión involucra una importante cantidad de recursos que las empresas tienen que invertir, razón por la cual deben abordar esta situación cuidadosamente.

El modelo reusable de decisión para la apertura de centros de operación en localidades geográficas remotas, permite a las empresas de mantenimiento tomar buenas decisiones con la sólida metodología del análisis de decisiones, invirtiendo tan sólo una fracción del costo y tiempo que requeriría un análisis tradicional (sin partir de un modelo maestro).

Esto es posible porque el modelo maestro incluye conocimientos acerca de la apertura de centros de operación remotos. Esto sería ya una ventaja en la toma de decisiones en ese campo, pero además ese conocimiento está expresado con la precisión lógica de un diagrama de influencia y establece las relaciones entre los componentes de la situación de decisión.

Finalmente, el metamodelo permite ajustar rápidamente el modelo maestro para generar un modelo particular. El modelo particular, un subconjunto del modelo maestro, es la guía para la obtención de información detallada y su evaluación permite determinar la mejor alternativa

En la aplicación presentada, el modelo particular es mucho más sencillo que el modelo maestro, pero el decisor (la empresa de mantenimiento) puede tener confianza en que esa sencillez no significa superficialidad en el análisis, sino que es consecuencia de verificar decenas de variables que pudieron ser importantes en la situación de decisión y retener sólo aquellas decisiones críticas que son pertinentes y aún están por resolverse, y

los eventos inciertos que son críticos en la situación particular.

Al aplicarse en diferentes situaciones y obtener a partir del modelo maestro modelos particulares confiables con gran rapidez, el modelo reusable compensa con creces la inversión realizada en su desarrollo.

Bibliografía

- Clement Robert T. "Making Hard Decisions". Duxbury Press. EUA. (1996).
- Coss Bu, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusa. México, 1986.
- Howard, Ronald A. "Decision Analysis: Practice and Promise", *Management Science*, Vol. 34 No. 6, 1988.
- Ley Borrás, Roberto. "Principios para el Desarrollo de Modelos Reusables de Decisión", *UPIICSA*, IPN, Vol. 2 No. 16, pp. 10-14, 1998.
- Ley Borrás, Roberto. "El Poder de Generalización de los Modelos Reusables de Decisión", *Investigación Administrativa* (ESCA-IPN), núm. 87, año 29, pp. 1-14, 2000.
- Ley Borrás, Roberto. "Análisis de Incertidumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones", Comunidad Morelos, México, 2001.

LOS AUTORES

Gerardo Morales Reyes

Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial con concentración en Análisis de Decisiones por el Instituto Tecnológico de Orizaba e Ingeniero Industrial y Diplomado en Administración de Sistemas de Gestión de Calidad, también por el ITO. Experiencia como Consultor Industrial para Schering Mexicana, Grupo Gasolinero de Orizaba, Industrial Seico, entre otros. Gerente de Gestión de Calidad de Sistemas de Procesos Automáticos y de Control Electromecánicos. Actualmente Especialista en Análisis de Decisiones en el Área de Estudios Económicos en el Instituto Mexicano del Petróleo, Dirección Regional Zona Marina.

Roberto Ley Borrás

Doctor en Ingeniería de Sistemas Económicos con concentración en Análisis de Decisiones por Stanford University. Su experiencia en análisis de decisiones incluye consultoría a empresas y desarrollo de mejores métodos para decidir, así como una amplia trayectoria como catedrático y director de tesis de posgrado. Sus principales áreas de investigación son el desarrollo de mejores métodos de análisis de decisiones y el estudio de la incertidumbre en la toma de decisiones.