

# **Universidad Nacional de Ingeniería**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**SECCIÓN DE POST-GRADO**



**“METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN BAYESIANA  
PARA EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL”**

**TESIS:**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

CON MENCIÓN EN:

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

PRESENTADO POR:

**Guillermo Mamani Apaza**

*Lima – Perú*

*2005*

## RESUMEN EJECUTIVO

En 1992 Norton y Kaplan proponen el Balanced Scorecard como una estrategia y herramienta para operacionalizar el plan estratégico debido a que más del 90% de las empresas no lograban ejecutar su plan. A pesar de la valiosa información que se obtiene de los indicadores del Balanced Scorecard, siguen siendo resultados en función al pasado.

El presente trabajo de investigación propone una metodología de Simulación Bayesiana para el Balanced Scorecard o Cuadro de Mando Integral. Esta metodología está enfocada a obtener la probabilidad de ocurrencia futura del comportamiento de los indicadores, reduciendo así el grado de incertidumbre en la toma de decisiones.

La metodología se aplicó para construir un modelo de Red Bayesiana asociada a su Cuadro de Mando Integral de la empresa panificadora Figueri S.R.L cuyo objetivo final de su mapa estratégico era incrementar el margen de utilidad.

Luego de simular por escenarios se ha logrado identificar que los indicadores Satisfacción, Actitud y Compromiso de los Clientes, garantizan incrementar el margen de utilidad con un alto grado de probabilidad. Pero para ello la red nos dice que la probabilidad de la Satisfacción, la Actitud y el Compromiso de los clientes debe estar en 68.1%, 57% y 65.3% respectivamente.

## INDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN EJECUTIVO.....	III
ÍNDICE.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Objetivos de la investigación.....	4
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Justificación de la investigación.....	5

### **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

#### **2.1 MARCO CONFERENCIAL**

##### **2.1.1 Balanced Scorecard**

A. ¿Qué es el Balanced Scorecard? .....	8
B. Alineación estratégica y planificación.. ..	10
C. Mapas estratégicos: relaciones causa – efecto ..	11
D. Feedback y aprendizaje .. ..	14
E. Poniendo a prueba y adaptando .....	16

2.1.2	Redes Bayesianas	
	A. Presentación intuitiva.....	22
	B. Conceptos básicos y definiciones de grafos.....	27
	C. Definición formal de una Red Bayesiana.....	28
	D. Algoritmo de propagación de probabilidades.....	29
2.1.3	Simulación.....	32
2.2	Diseño metodológico	
	2.2.1 Tipo de investigación.....	35
	2.2.2 Diseño de investigación..	36
	2.2.3 Unidad de análisis .	36
	2.2.4 Fuente de información	37
	2.2.5 Técnica de procesamiento, análisis e interpretación de datos.....	37

### **CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA METODOLOGÍA BAYESIANA PARA EL CMI**

3.1.	Componentes de la metodología de Simulación Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral .....	39
3.2	Introducción.....	40
3.3	Mapa Estratégico y Cuadro de Mando..	41
3.4	Construcción de semáforos..	43
3.5	Validación de las hipótesis..	47
3.6	Diseño topológico de la Red Bayesiana asociada al Mapa Estratégico.....	48
3.7	Transformaciones invariantes de indicadores del CMI.....	51
3.8	Cálculo de probabilidades.....	57
3.9	Construcción de la Red Bayesiana para el CMI.....	61
3.10	Proceso de inferencia... ..	63
3.11	Planificación de escenarios... ..	68

3.12 Metodología de Simulación Bayesiana para el CMI.....	70
3.12.1 La metodología en forma gráfica.....	70
3.13 Resumen de la metodología.....	71
3.14 Beneficios de la metodología.....	73
3.15 Método Delphi.....	74

**CAPÍTULO IV: RED BAYESIANA ASOCIADA AL CMI DE PANIFICADORA  
FIGUERI S.R.L.**

4.1 Preliminares.....	77
4.2 Construcción del Mapa de Indicadores del CMI.....	78
4.3 Extracción y selección de data histórica .....	79
4.4 Análisis correlacional del mapa de indicadores. ....	80
4.5 Transformación invariante de la data de indicadores . ....	81
4.6 Cálculo de las probabilidades .. .....	82
4.7 Construcción de la Red Bayesiana asociada al CMI.. ....	101
4.8 Instancias y análisis de inferencias.. .....	102
4.9 Definición de escenarios:.....	107
4.10 Análisis de escenarios.. .....	110
4.11 Documentación de escenarios.....	116

**CAPITULO V: APORTE DE LA INVESTIGACIÓN**

5.1. Función invariante adaptada a indicadores de gestión .....	121
5.2. Diseño de un mapa de Simulación Bayesiana para el CMI.. .....	122
 CONCLUSIONES.....	 123
RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	128

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación propone una metodología de simulación Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral. Para desarrollar la investigación se utilizó el Mapa Estratégico y la data histórica de los indicadores claves de desempeño de un Tablero de Mando. Para procesar la data histórica de los indicadores se utilizó: el análisis correlacional que validó las hipótesis adyacentes del mapa de indicadores asociado a un Cuadro de Mando Integral. Luego se cálculo las probabilidades a-priori y a-posteriori utilizando el Teorema de Bayes generalizado. Finalmente se construyo la Red Bayesiana asociada al cuadro de Mando Integral y se hizo inferencias sobre los indicadores de la Red respondiendo a la pregunta ¿que pasa si?. Detrás del cálculo de las nuevas probabilidades cuando se realiza las instancias, está la teoría de Redes Bayesianas y de manera particular el algoritmo de retropropagación de árboles.

El capítulo uno de este trabajo de investigación describe el planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y la justificación de la investigación. En el capítulo dos se presenta todo el fundamento teórico separada en dos partes; en la sección 2.1 se describe la teoría del Balanced Scorecard, Redes Bayesianas y los conceptos básicos de simulación, y en la sección 2.2 se presenta el diseño metodológico de la investigación. En el capítulo tres se desarrolla paso a paso la metodología de Simulación Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral, presentando al final un mapa de simulación Bayesiana. En el capítulo cuatro se aplica la metodología de simulación construyendo una Red Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral de la empresa panificadora Figueri S.R.L. Y finalmente en el capítulo cinco se describe el aporte de la investigación de este trabajo.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Comenzaremos presentando la topología del mapa estratégico y su tablero asociado que está compuesto por indicadores que miden el desempeño de los objetivos. En el siguiente ejemplo ilustrativo presentamos un Mapa Estratégico y sus indicadores:

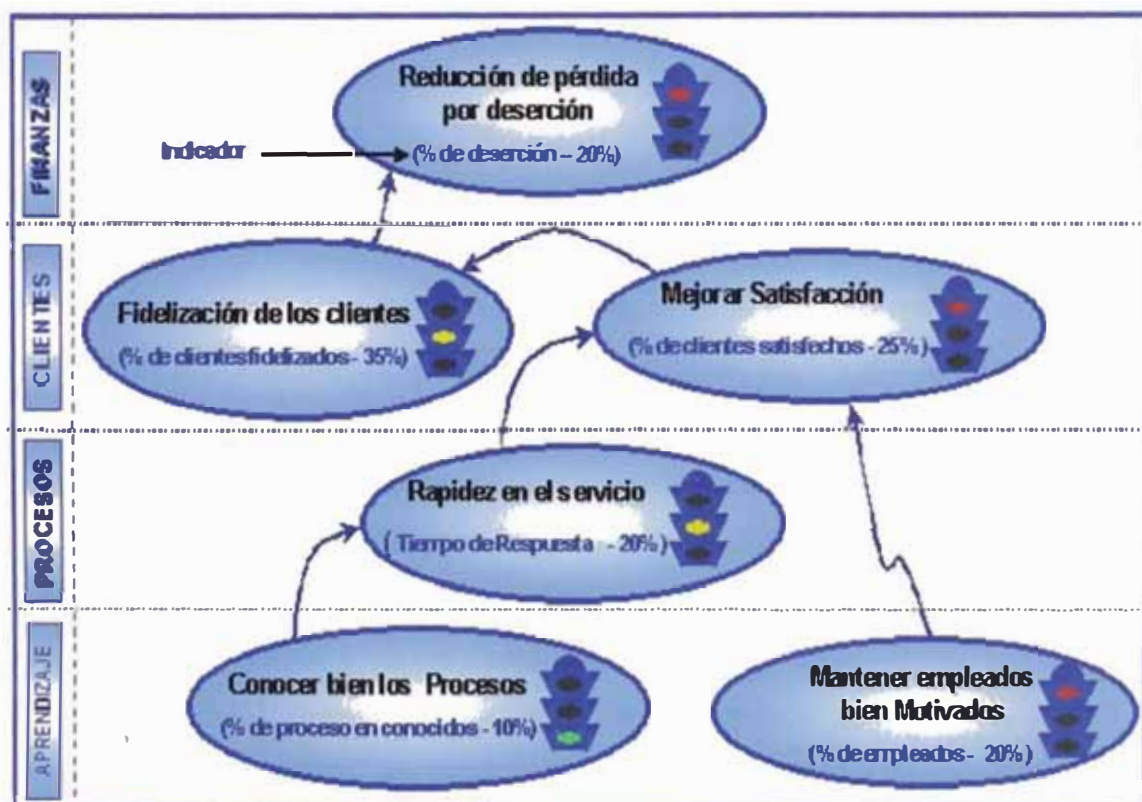


Figura 1.1 Mapa Estratégico

El mapa estratégico de la figura anterior vemos que cada objetivo tiene un indicador y un semáforo asociado. El estado del semáforo (que puede

ser rojo, verde o amarillo) nos indica si realmente estamos logrando alcanzar el objetivo plantado. Las flechas que van de un objetivo a otro, es un análisis causa-efecto que se traza por sentido común al inicio o por investigaciones que coinciden con los objetivos en algunas veces.

Cuando se construye un mapa estratégico las flechas o relaciones de causa-efecto no tienen un fundamento teórico ni técnico. Pero, a medida que pasa el tiempo los indicadores van acumulando valores de acuerdo a los periodos de evaluación. Entonces con el correr del tiempo se obtiene una data histórica de los indicadores asociados a un objetivo de acuerdo al periodo de evaluación. Con esta data histórica es posible realizar un análisis estadístico utilizando el coeficiente de Pearson para ver el grado de relación que tienen los indicadores, así como lo hizo Sears; que llevó a cabo un análisis estadístico exhaustivo para determinar patrones de **relaciones causales entre indicadores del cuadro de mando...** Sears descubrió cómo las actitudes de los empleados controlaban no solo el servicio al cliente sino también la facturación empleada, y la probabilidad de que los empleados recomendaran a Sears a familiares, amigos o clientes. Las relaciones causales revelaron como se traducían las mejoras en formación y comprensión del negocio por parte de los empleados en mayores ingresos. Por ejemplo, el modelo estimó que una mejora de 5 puntos en la actitud de los empleados llevaba a una mejora de 1.3 puntos en la satisfacción de los clientes, que, a su vez, provocaba una mejora del 0.5% en crecimiento de los ingresos.

A pesar que Sears tuvo muy buenos resultados en su análisis, ellos tenían que construir un modelo para cada escenario manteniendo una variable dependiente y varias independientes.

En la figura 1.1 presentada anteriormente, vemos que el estado del semáforo del indicador asociado al objetivo "Mejorar la satisfacción" está en rojo y las hipótesis que se tiene es que el objetivo "Rapidez en el servicio" y "Mantener empleados bien motivados" son los que influyen al



objetivo "Mejorar la satisfacción". Frente a estas hipótesis podríamos plantearnos las siguientes preguntas:

- Si el estado del semáforo del objetivo "Rapidez en el servicio" cambia de amarillo a verde, ¿cuál es la probabilidad de que el semáforo del objetivo "Mejorar satisfacción" cambie del estado rojo a verde?.
- Si el estado del semáforo del objetivo "Mantener empleados bien motivados" cambia de rojo a verde, ¿cuál es la probabilidad de que el semáforo del objetivo "Mejorar satisfacción" cambie del estado rojo a verde?.

Además, si el estado del semáforo del objetivo "Rapidez en el servicio" cambia de amarillo a verde, ¿cómo influye o todos los estados de los objetivos del mapa estratégico en un instante determinado.

De manera genérica, si hacemos inferencias sobre uno o mas semáforos cambiado su estado, ¿cómo cambian el resto de los semáforos de los objetivos?.

Por lo expuesto, lo que se pretende es hacer uso de las Redes Bayesianas para simular las relaciones causales del mapa estratégico, ofreciendo una simulación diferente al análisis estadístico.

Entonces, formulamos:

¿Cómo utilizamos las Redes Bayesianas para simular los indicadores asociados a los objetivos del mapa estratégico?

## 1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una **Metodología de Simulación Bayesiana** para hacer **inferencias** sobre los indicadores asociados a los objetivos de un mapa estratégico correspondiente a un Cuadro de Mando Integral.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer una función de traslación invariante de los indicadores del Cuadro de Mando Integral a una misma dimensión.
- Probar las hipótesis causales de los objetivos de un mapa estratégico.
- Adaptar los indicadores, correspondientes a los objetivos de un mapa estratégico a los nodos de una Red Bayesiana.
- Simular, en diferentes escenarios, los indicadores asociados a los objetivos de un mapa estratégico correspondiente a un Cuadro de Mando Integral haciendo uso del **Algoritmo de Propagación de Arboles**.

## 1.3 HIPÓTESIS

El uso de las Redes Bayesianas, para simular las relaciones causales entre los objetivos, permitirá probar las hipótesis causales, analizar su validez y hacer inferencias sobre los indicadores asociados a los objetivos del mapa estratégico correspondiente a un cuadro de mando integral

## 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que el 97% de las empresas elaboran su plan estratégico y solamente el 5% logra ejecutarlas con éxito, en 1992 Norton y Kaplan proponen el Balanced Scorecard como una estrategia y herramienta para operacionalizar el plan estratégico. A pesar de la valiosa información que se obtiene de los indicadores del Balanced Scorecard, siguen siendo resultados pasados.

El beneficio principal de este trabajo está enfocada a obtener la probabilidad de ocurrencia futura del comportamiento de los indicadores, reduciendo así el grado de incertidumbre en la toma de decisiones. Para una mejor comprensión observe la siguiente figura:

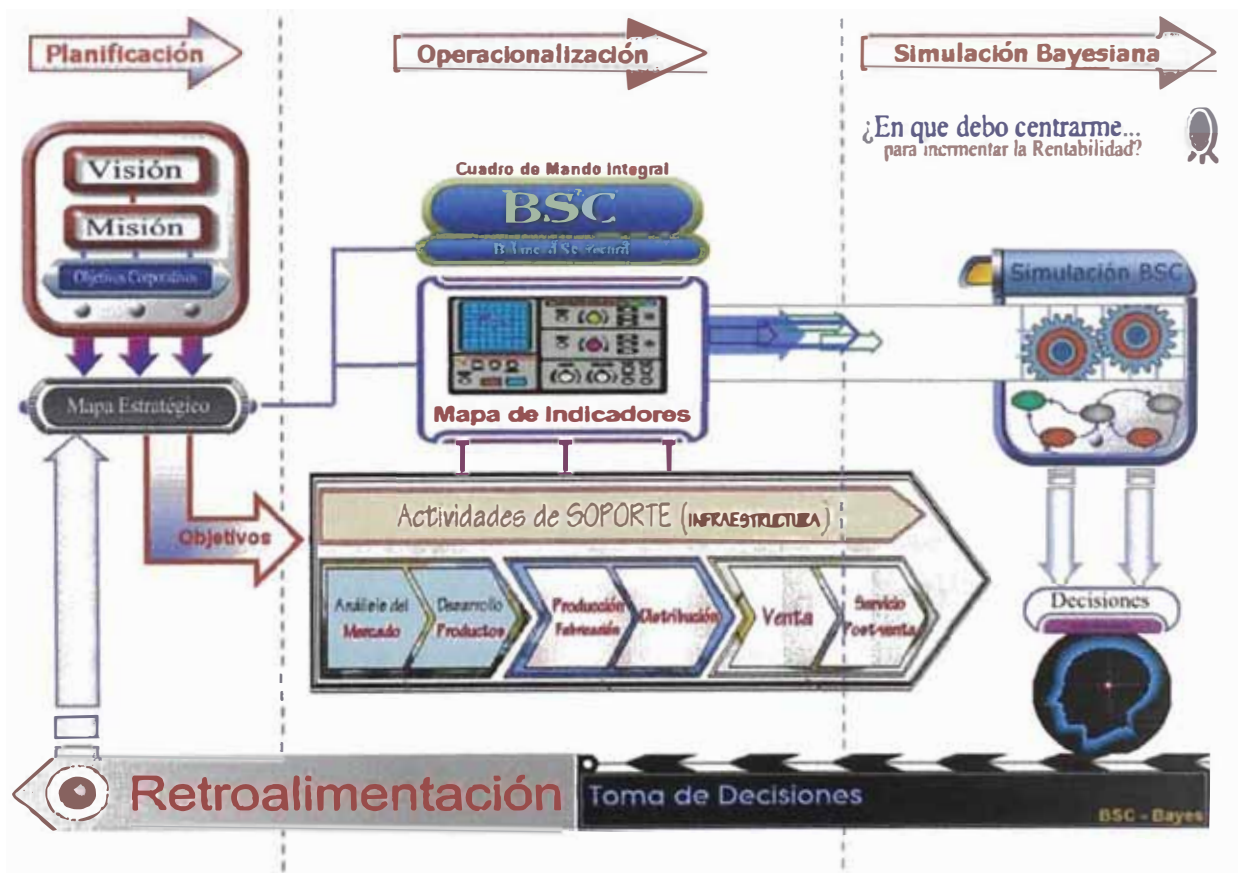


Figura 1.2

Por otro lado, al hacer inferencias entre los objetivos estratégicos, del cuadro de mando integral, haciendo uso de las Redes Bayesianas; respondemos a la pregunta ¿que pasa si?, es decir; si el estado del semáforo del objetivo “Rapidez en el servicio” cambia de amarillo a verde, ¿cuál es la probabilidad de que el semáforo del objetivo “Mejorar satisfacción” cambie del estado rojo a verde?. Y la respuesta a este tipo de interrogantes es importante pues:

- Prueba las hipótesis causales que existe entre los objetivos corporativos.
- Determina si una estrategia es todavía válida o no de manera directa y facilita la comprensión de las interrelaciones con otras estrategias.
- Se obtiene diálogos constructivos a la hora de evaluar el impacto de las diferentes estrategias en la dinámica de la empresa, consiguiendo extraer la emoción de la discusión al presentar un modelo que simula la estrategia y su evolución.

Mas allá de monitorizar y de realizar ajustes, los directivos de las organizaciones basadas en la estrategia deben determinar si la estrategia es todavía válida. El Cuadro de Mando Integral es como un láser cuya coherencia puede llevar a avances no lineales en resultados. Pero suponga que la estrategia articulada en el Cuadro de Mando Integral es errónea. En este caso, el sistema de Cuadro de Mando Integral puede hacer fracasar a una organización a gran velocidad, puesto que todas sus energías estarían centradas en una estrategia perdedora.

Las organizaciones que aspiran a grandes resultados necesitan procesos y sistemas de simulación que sirve para verificar que su trayectoria siga yendo hacia un futuro rentable. Necesitan feedback, ¿qué pasa si?, simular, para poder identificar las estrategias no rentables y corregirlas antes que hagan demasiado daño.

Una alternativa es utilizar las Redes Bayesianas el cual promete ofrecer un valor agregado al mapa estratégico para identificar a tiempo las estrategias no rentables o erradas.

Por otro lado, las Redes Bayesianas son representaciones gráficas de distribución probabilística. En las últimas décadas, estas representaciones han llegado a ser el método elegido para el tratamiento de problemas con incertidumbre dentro de la inteligencia artificial. Usándose hoy en día por los modernos sistemas expertos, como parte del motor de inferencia para la diagnosis, apoyando la toma de decisiones.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO Y METOLÓGICO

#### 2.1 MARCO REFERENCIAL

##### 2.1.1 BALANCED SCORECARD

###### A. ¿QUÉ ES EL BALANCED SCORECARD?

Durante las últimas tres décadas se han abordado numerosos aspectos en el seno empresarial, sin embargo el análisis conjunto de lo que podríamos denominar **Dirección estratégica y Evaluación del desempeño**, ha resultado muy importantes para varias empresas en cuanto a obtención de resultados de su gestión. Precisamente, una de las herramientas que conjuga perfectamente estos dos conceptos es el conocido **BALANCED SCORECARD (BSC)**-(CMI, Cuadro de mando integral), difundido por **R.S. Kaplan** y **D. Norton** desde **enero-febrero de 1992** y que, en EE.UU., ya ha sido aplicado en más del 50% de las grandes multinacionales.

Tal como indican Kaplan y Norton (1997), la consultora Renaissance Solutions, Inc. -dirigida por el propio Norton- centraba uno de sus objetivos fundamentales en la asesoría de estrategias empresariales, empleando el BSC de forma que se colaborase con la empresa en la **traducción y puesta en práctica de la estrategia**.

Dicha herramienta se fundamenta y elabora – tradicionalmente - en torno a cuatro perspectivas fundamentales: APRENDIZAJE-TECNOLOGÍA, PROCESOS, CLIENTES Y FINANCIERA.

Esta herramienta-metodología se basa en la configuración de un mapa estratégico gobernado por la relaciones **CAUSA-EFECTO**. Lo importante es que ninguna perspectiva funciona de forma independiente, sino que nosotros podemos tomar la iniciativa actuando en cualquiera de ellas. En términos generales y a grandes rasgos, el primer paso sería la definición de los objetivos **FINANCIEROS**, siendo precisos para alcanzar la Visión. Debemos indicar que estos objetivos constituirían el efecto de nuestra forma de actuar con los **CLIENTES** y, a su vez, el logro de estos objetivos dependerá necesariamente de cómo hayamos programado y planificado los **PROCESOS INTERNOS**. Por último, el BSC plantea que el logro unificado de todos estos objetivos pasa, lógicamente, por una **FORMACIÓN - APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO** continuo, siendo uno de los pilares básicos de esta metodología.

En definitiva, estamos hablando de un Sistema de gestión estratégica, más aún "de Implantación estratégica" útil para la gestión de la propia estrategia. Como señalan Kaplan y Norton, las empresas innovadoras están empleando el enfoque de medición del CMI para desarrollar procesos de gestión decisivos:

- Traducción y/o transformación de la visión y la estrategia.
- Comunicación y vinculación con los objetivos e indicadores estratégicos.
- Planificación, establecimiento de objetivos y alineación de las iniciativas estratégicas.
- Aumento del feedback y de la formación estratégica.

## B. ALINEACIÓN ESTRATÉGICA Y PLANIFICACIÓN

La adaptación del BSC a la unidad de negocio resulta fácilmente esquematizable:

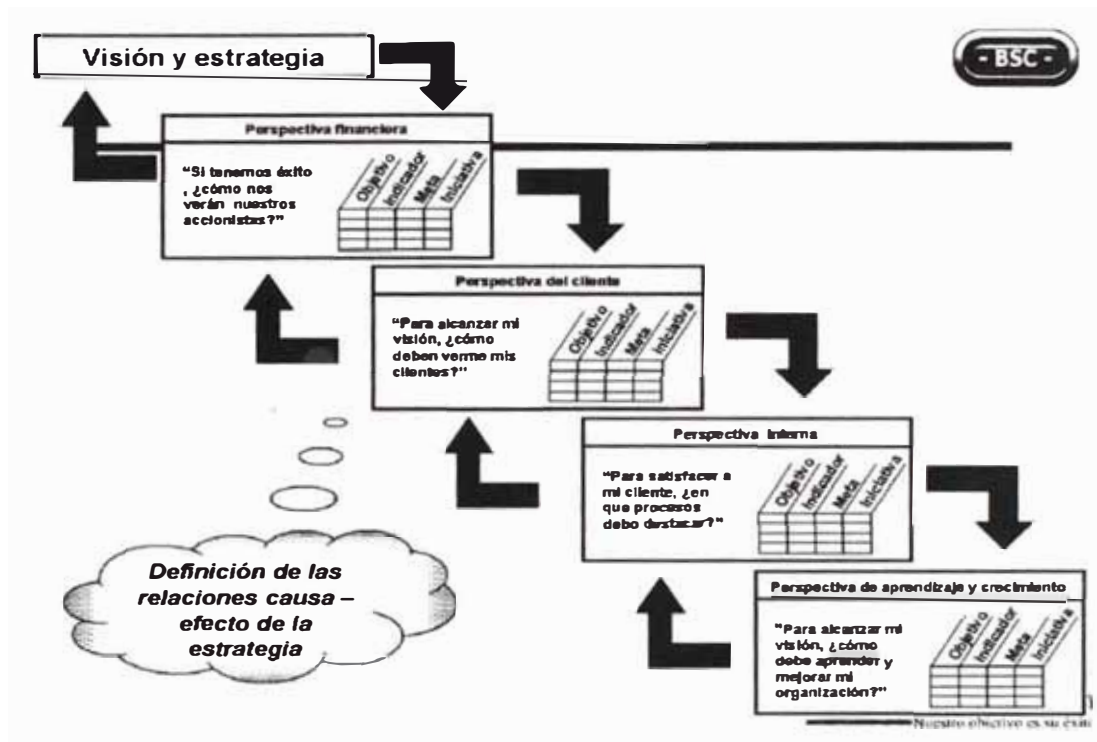


Figura 2.1 – Lógica causal del BSC

La Visión, como meta a alcanzar a largo plazo, debe ser el eje de impulso de la propia estrategia (plan de acción a largo plazo).

Es de vital importancia que exista un justo equilibrio entre los indicadores de resultados

- perspectivas financiera y de la clientela y entre los, inductores de dichos resultados
- perspectivas de procesos internos y de aprendizaje y crecimiento.

La película protagonizada por la estrategia de la unidad de negocio, ha de ser representada en un BSC.

Debemos recordar que en uno de las ediciones de la revista Fortune (diciembre 1997), se afirmaba que "menos del 10% de



**las estrategias efectivas formuladas tienen verdaderamente éxito",** lo cual constata a nuestro juicio 2 aspectos importantes a tener en cuenta:

- Sin un sistema que conjugue una visión integral de la empresa es prácticamente imposible manejar la estrategia de forma eficaz. Quizá las empresas estén mucho más orientadas hacia herramientas y sistemas que contengan una mayor dosis operativa que estratégica.
- No cabe la menor duda que la estabilidad y transparencia del entorno no es la misma que hace unas décadas, por lo que los procesos industriales están evolucionando y, consiguientemente, los sistemas de gestión deben transformarse para satisfacer las nuevas necesidades.

### **C. MAPAS ESTRATÉGICOS: RELACIONES CAUSA - EFECTO**

Con toda certeza, el **mapa estratégico** constituye uno de los elementos básicos sobre los que se asienta el BSC. La configuración del mismo no es fácil, requiere un buen análisis por parte de la Dirección de los objetivos que se pretenden alcanzar y que, verdaderamente, están en sintonía con la estrategia.

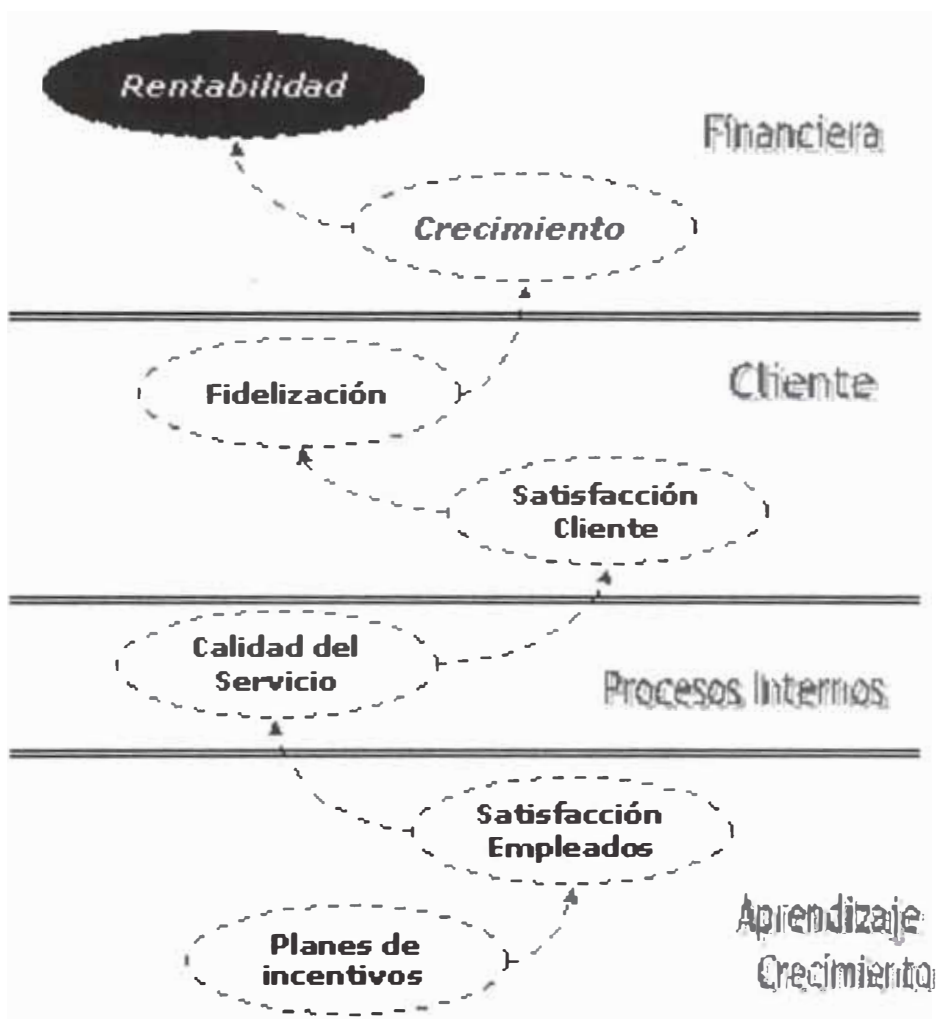
El proceso de configuración del mismo no es idéntico en todas las empresas, mantiene un componente de esfuerzo y creatividad muy importantes y, de hecho, no expresan relación matemática alguna, no es algo determinista.

Es importante hacer hincapié en que las relaciones que se establecen en un mapa de estas características son entre objetivos, NO entre indicadores, éstos últimos nos sirven para la medición de los objetivos.

Se desprende de todo esto que el hecho de llevar a cabo un esfuerzo en la preparación del mapa estratégico, proporciona un **aprendizaje** para el equipo que está intentando implantar el BSC,

y ello favorece que todos se **alineen** y **enfocuen** hacia la estrategia de la empresa.

El siguiente gráfico que mostramos es un buen ejemplo de una cadena de relaciones CAUSA-EFECTO en cualquier empresa.



**Figura 2.2 – Modelo de mapa estratégico**

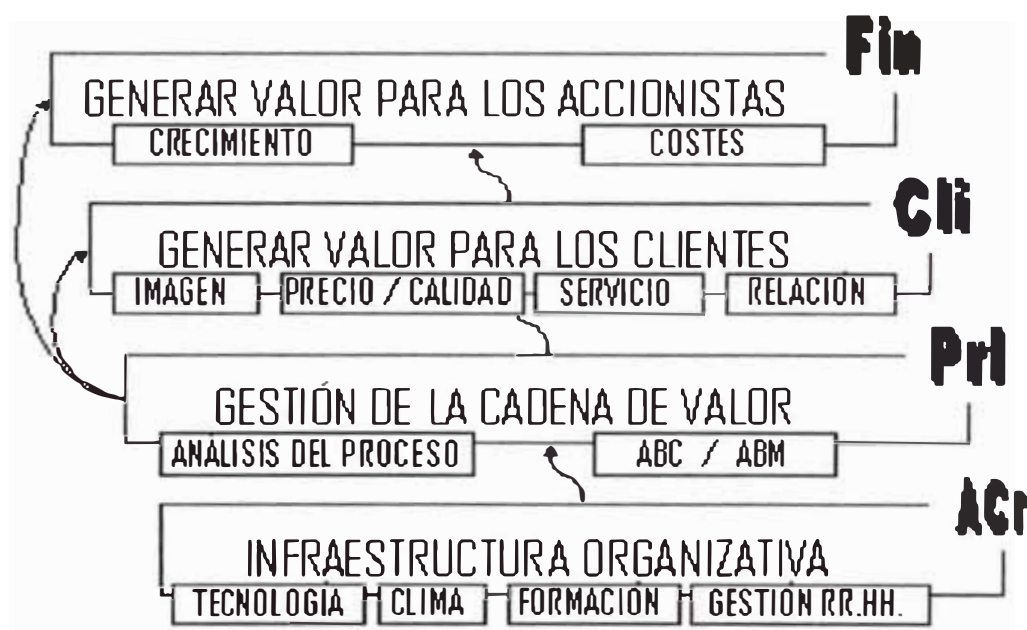
Si miramos desde abajo la figura 2.2, en el área de **Aprendizaje-Crecimiento** la empresa podría establecer inicialmente como **objetivo** interesante una serie de **Planes de incentivos**, de forma que los empleados estén **más satisfechos** con su trabajo y sean más eficientes.

De ese modo, no cabe duda que la **Calidad del servicio** se incrementaría, siendo este un **objetivo clave** del área de **Procesos internos** de la organización.

Todo ello deriva en una **satisfacción del cliente** mayor, lo que consecuentemente puede desembocar en una **fidelización** notable de la clientela, aspecto muy cuidado en el área de **Clientes**.

Finalmente, ello genera mayores ventas lo que hace aumentar los beneficios, en cierto modo, estamos incidiendo en la **Estrategia de Crecimiento** de la empresa, lo que deriva en una mayor **rentabilidad** y una **creación de valor** importante.

En la siguiente figura 2.3, presentamos los aspectos más significativos del área de la empresa.



**Figura 2.3 – Creación de Valor**

Con este ejemplo, queremos señalar que dentro de lo que es la configuración global de un **mapa estratégico**, debemos tener en consideración varias **Líneas estratégicas**.

#### D. FEEDBACK Y APRENDIZAJE

Alinear la estrategia con objetivos, iniciativas y presupuestos pone en movimiento a la organización. Entonces, la actuación debe ser monitorizada y guiada para facilitar el *feedback* y el aprendizaje. No obstante, más allá de monitorizar y de realizar ajustes, los directivos de las organizaciones basadas en la estrategia deben determinar si la estrategia es todavía válida. El Cuadro de Mando Integral trabaja como un láser para alinear y enfocar todos los recursos organizacionales hacia la implementación de la estrategia. Como con un láser, tal coherencia puede llevar a avances no lineales en los resultados. Pero suponga que la estrategia articulada en el Cuadro de Mando Integral es errónea. En este caso, el sistema de gestión del Cuadro de Mando Integral podría hacer fracasar a una organización a gran velocidad, puesto que todas sus energías estarían centradas en una estrategia perdedora.

Las empresas que aspiran a grandes resultados necesitan procesos y sistemas de gestión para verificar que su trayectoria sigue yendo hacia un futuro rentable. Necesitan un *feedback* para poder identificar las estrategias no rentables y corregirlas antes de que hagan demasiado daño.

Las organizaciones basadas en la estrategia utilizan un nuevo tipo de proceso de *feedback*. En lugar de informes y control, el Cuadro de Mando Integral centra la agenda de las reuniones de gestión en cuestiones estratégicas, trabajo en equipo y aprendizaje. Se utiliza la reunión para gestionar y mejorar la estrategia, no la táctica.

Los directivos tienen que desempeñar varias funciones en sus reuniones estratégicas: controlar la estrategia, poner a prueba la estrategia y adaptar la estrategia. Controlar la estrategia, el lazo

inferior de la figura 2.1, es lo que mucha gente considera el control de la gestión. La metáfora para este tipo de control de la gestión es el termostato, respondiendo a las diferencias entre temperatura real y deseada, y ajustando la calefacción o el aire acondicionado para conseguir los resultados deseados. En una reunión de control de la gestión, los directivos reciben un informe de los resultados reales, con desviaciones que los comparan con el presupuesto. Los asistentes a la reunión intentan determinar un curso de acción que resitúe a la organización en el camino adecuado. A través de este proceso, se mantienen las suposiciones sobre el indicador, el objetivo y la estrategia para alcanzar el resultado deseado. El propósito es detectar cuándo no se están desplegando las iniciativas como se había planificado, o explicar por qué los resultados no están a la altura de las expectativas.

Antes, estas reuniones de control de la gestión se centraban sólo en indicadores financieros. El Cuadro de Mando Integral extiende este proceso haciendo que en la reunión se informen y comenten todos los indicadores relevantes para la estrategia, más las iniciativas diseñadas para mejorar los resultados medidos. Utilizar el cuadro de mando, más que el presupuesto, como agenda para la reunión, mantiene un enfoque intenso en la estrategia y mueve a los directivos a idear acciones para implementar la estrategia de forma más eficaz.

Los directivos también tienen que determinar si sus estrategias son válidas: ¿entregarán los avances esperados en los resultados? Tienen que comprometerse con el aprendizaje de doble lazo que permite examinar las asunciones subyacentes a la estrategia. Lee Wilson, jefe de personal de Chemical Retail Bank, describe la importancia de cuestionar y actualizar la estrategia en las reuniones de gestión:

*Cuando empezamos hace cuatro años con el CMI, dedicábamos el 80 por ciento del tiempo a revisar cifras financieras, y el 20 por ciento a la estrategia y su implementación. Hoy, es todo lo contrario. Dedicamos el 80 por ciento de nuestro tiempo hablando de nuestra estrategia e iniciativas estratégicas, y sólo el 20 por ciento hablando de resultados financieros. Nuestro sector está evolucionando y cambiando tan deprisa que este enfoque es esencial. Si te quedas quieto en los servicios financieros de hoy, si petrificas tu estrategia, en seis meses quedas totalmente obsoleta y fuera de lugar<sup>1</sup>.*

## **E. PONIENDO A PRUEBA Y ADAPTANDO**

Además de utilizar las reuniones para embarcar a los altos directivos en discusiones interactivas sobre la estrategia, las reuniones de revisión estratégica deberían permitir explícitamente poner a prueba y adaptar la estrategia. Hemos observado tres procesos utilizados para poner a prueba y actualizar la estrategia:

- Métodos analíticos: poner a prueba las hipótesis y simulación.
- Examinar el impacto de los acontecimientos externos.
- Identificar y respaldar las estrategias emergentes.

A continuación comentaremos los dos primeros puntos ya que es de nuestro interés.

**Métodos analíticos.** La estrategia, consiste en hipótesis. Con el Cuadro de Mando Integral, se hacen explícitas las hipótesis subyacentes de la estrategia a través de las relaciones causa

<sup>1</sup> Norton & Kaplan – Como Utilizar el Cuadro de Mando Integral. Pg. 225

efecto del mapa estratégico, en las cuatro perspectivas. Pero las hipótesis son sólo suposiciones sobre cómo funciona el mundo; tiene que probarse continuamente su validez, y se tienen que rechazar cuando se acumulen pruebas de que las relaciones esperadas no se están produciendo. Así, la primera tarea de la adaptación estratégica es poner a prueba las hipótesis subyacentes, para ello veamos un ejemplo.

Utilizando el análisis estadístico, los analistas de Sears tradujeron las respuestas de los empleados a 180 preguntas en 22 factores subyacentes. Para la experiencia de compra, los analistas redujeron los datos de encuestas a clientes a siete grupos. Cuatro de ellos relacionados con las percepciones de la experiencia de compra -gente, lugar, producto y valor- y tres al resultado de la experiencia de compra -satisfacción, equilibrio entre experiencia y expectativa, y defensa (¿Recomendarían los clientes a Sears a sus amigos? ¿Volverían a comprar en Sears?). Los indicadores financieros se referían al crecimiento y la productividad. Con la reducción de la dimensionalidad de los datos, los analistas pudieron llevar a cabo un modelado causal, un análisis de factores y un análisis de grupos sofisticados para identificar patrones sistemáticos en los datos extraídos de 800 establecimientos Sears.

Los resultados fueron fascinantes y emocionantes. Sears descubrió como las actitudes de los empleados controlaban no sólo el servicio al cliente sino también la facturación empleada, y la probabilidad de que los empleados recomendaran a Sears a familiares, amigos o clientes. Las relaciones estadísticas revelaron cómo se traducían las mejoras en formación y comprensión del negocio por parte de los empleados en mayores ingresos. Por ejemplo, el modelo estimó que una mejora de 5 puntos en las actitudes de los empleados llevaba a una mejora de 1,3 puntos en la satisfacción del cliente, que, a su vez, provocaba una mejora del

0,5% en el crecimiento de los ingresos. Así pues, se podía esperar que un establecimiento con una mejora de 5 puntos en la actitud de los empleados, en un distrito que experimentase un crecimiento de los ingresos del 4 por ciento, presentaría un crecimiento del 4,5 por ciento en los ingresos -cerca del 15 por ciento más que la media.

Un análisis estadístico de este tipo permite a los directivos estimar las relaciones históricas entre indicadores del Cuadro de Mando Integral y establecer la validez de las relaciones causales del mapa estratégico.

#### **Examinar el impacto de los acontecimientos externos.**

Después de que los directivos formulen una estrategia, el mundo puede cambiar, debilitando las hipótesis que utilizaron al crear el mapa estratégico y el Cuadro de Mando Integral. La competencia puede tomar medidas inesperadas, pueden emerger nuevos competidores con proposiciones de valor atractivas para los mismos clientes objetivo, puede surgir una mayor innovación tecnológica, las acciones reguladoras o liberalizadoras del gobierno pueden cambiar el paisaje competitivo, y las condiciones macroeconómicas -tipos de interés, cambios, precios de la energía, inflación y recesión- pueden variar. Las empresas cuya estrategia de crecimiento de 1997 incluían la expansión en los mercados del sureste asiático habrían tenido, en octubre de ese año, una estrategia obsoleta debido al colapso financiero ocurrido en esa región del planeta. Como mínimo trimestralmente, los equipos directivos deberían evaluar el impacto de los acontecimientos externos para determinar si hay que modificar sus estrategias, y cómo.

Algunos han expresado su preocupación de que el Cuadro de Mando Integral cree un enfoque interno, llevando a los directivos a



ignorar la actuación de la competencia y los acontecimientos del entorno externo que puedan afectar a la organización. Las fuerzas competitivas y el entorno externo entran en la formulación del cuadro de mando de, por lo menos, dos formas. Primero, cuando se formula la estrategia inicial, los directivos suelen seguir la metodología de planificación estratégica estándar, escaneando el entorno externo para evaluar debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, y estudiando intensamente a los competidores y a los clientes. De esta evaluación externa se derivan las decisiones que definen la estrategia de la organización, que se traduce entonces en el cuadro de mando. Así pues, el entorno y las fuerzas externas están presentes en el inicio de cualquier proyecto de cuadro de mando.

Segundo, muchos indicadores del cuadro de mando son calibrados en comparación con la competencia. La paga en el plan empresarial de incentivos de Mobil estaba basada en los resultados financieros, en comparación con los de los seis competidores líderes. Los indicadores de crecimiento del cuadro de mando de la División NAM&R estaban extraídos de un benchmarking de las medias del sector. Y el indicador de cliente de la cuota de mercado estaba calculado, por definición, en relación a los competidores de la división. Los indicadores importantes de la proposición de valor - como precio, calidad, tiempos de producto, atributos y funcionalidades del producto- pueden y deben medirse también en relación a los de la competencia. Los indicadores de proceso interno pueden encontrarse con un benchmarking de los mejores de la clase. Por lo tanto, la segunda influencia del entorno externo proviene de fijar objetivos en relación a los resultados de la competencia.

Sin embargo, una vez fijados estrategias y objetivos, sigue siendo clave que la organización se mantenga alerta de nuevas amenazas u oportunidades. Si la organización ha tenido éxito en hacer de la estrategia el trabajo diario de todos, podrá movilizar los ojos y las orejas de sus centenares o miles de empleados. Con toda la gente de la organización pendiente de la estrategia, cada empleado puede ser un explorador, detectando cuando ha ocurrido un acontecimiento externo que pueda afectar a la estrategia. El software puede jugar un papel importante para facilitar esta tarea. Como comentaremos más adelante en este capítulo, los empleados suelen acceder al Cuadro de Mando Integral a través de la Intranet de la empresa. El software del Cuadro de Mando Integral debería permitir a los empleados enviar mensajes y entablar discusiones intranet sobre los indicadores. Si un empleado se entera de la introducción de un nuevo producto, de una nueva contratación, o de una nueva iniciativa de un competidor, entonces, como el camionero de Mobil que llamaba por teléfono para avisar de las gasolineras en mal estado a las oficinas regionales, el empleado puede enviar un mensaje e informar a los demás del nuevo desarrollo. En su reunión mensual o trimestral, la dirección no sólo dispondrá de su propia información para revisar y evaluar, sino también de la información proporcionada por toda la base de empleados.

No existe ningún sistema mágico que pueda captar toda la información externa relevante que pueda afectar a la estrategia de una organización. Las organizaciones tienen que alentar a todos los empleados, de todos los niveles, a participar en la generación de noticias, buenas y malas, que puedan afectar a la estrategia. El cuadro de mando proporciona un marco compartido que ayuda a los empleados a filtrar toda la información que reciben cada día para determinar que eventos son los más significativos, para que

la dirección los contemple en alguna reunión futura. Las reuniones de dirección deben estructurarse para que puedan surgir elementos sobre oportunidades y amenazas estratégicas de toda la organización. De esta forma, la estrategia se convierte realmente en un proceso continuo.

En resumen los resultados de la simulación tendrán un determinado nivel de impacto dependiendo del diseño de la estrategia. No podemos dejar de lado los puntos que se mencionó anteriormente.

## 2.1.2 Redes Bayesianas

Las Redes Bayesianas son representaciones gráficas de distribución probabilística. En las últimas décadas, estas representaciones han llegado a ser el método elegido para el tratamiento de problemas con incertidumbre dentro de la inteligencia artificial. Hoy en día es utilizado por los modernos sistemas expertos, como parte del motor de inferencia para la diagnosis, apoyando la toma de decisiones.

En los años recientes hay mucho interés de estudiar las Redes Bayesianas de datos, especialmente por sus diversas aplicaciones en el campo de medicina. Estos estudios han sido combinados con otras técnicas como las redes neuronales, algoritmos genéticos y los modelos de Markov.

### A. Presentación Intuitiva.

Antes de presentar formalmente la teoría matemática de las Redes Bayesianas, explicaremos mediante ejemplos sencillos el significado intuitivo de los conceptos que después introduciremos.

En una Red Bayesiana, cada nodo corresponde a una variable, que a su vez representa una entidad del mundo real. Por tanto, de aquí en adelante hablaremos indistintamente de nodos y variables, y los denotaremos con letras mayúsculas. Para referirnos a un valor cualquiera de una variable  $X$  utilizaremos la misma letra en minúscula  $x$ . Los arcos que unen los nodos indican relaciones de *influencia causal* entre ellas.



La información cuantitativa de una Red Bayesiana viene dada por:

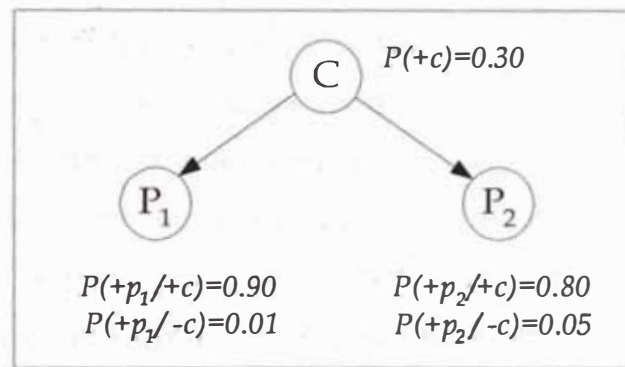
- La *probabilidad a priori* de los nodos que no tienen padres y las denotaremos  $P(y), P(x)$

- La *probabilidad a posteriori ó condicionada* de los nodos con padres ( $Y$ ) y las denotaremos  $P(x/y)$

Si  $X$  es una variable binaria, la denotaremos por  $+x$  la presencia de aquello a lo que representa y por  $-x$  a su ausencia. Veamos un ejemplo sencillo.

### EJEMPLO MODELO:

Supongamos que queremos modelar el conocimiento del alumno sobre un cierto concepto a través de dos preguntas. Entonces, que el alumno sepa el concepto  $C$  tiene influencia causal en que sea capaz de responder bien a la pregunta  $P_1$  y  $P_2$  lo cual se expresa mediante arcos dirigidos que aparece en la Figura 2.4



**Figura 2.4 Red Bayesiana con Parámetros de 3 nodos.**

- C:** Representa el conocimiento del alumno sobre cierto concepto
- P<sub>1</sub>:** Capacidad de resolver correctamente cierta pregunta  $P_1$  relativa a dicho concepto.
- P<sub>2</sub>:** Capacidad de resolver correctamente cierta pregunta  $P_2$  relativa a dicho concepto.
- +c:** significa "el alumno conoce el concepto C" y
- c:** "el alumno no conoce el concepto C".
- +p<sub>1</sub>:** significa "el alumno es capaz de resolver correctamente la pregunta  $P_1$ " y
- p<sub>1</sub>:** "el alumno no es capaz de resolver correctamente la pregunta  $P_1$ ".
- +p<sub>2</sub>:** significa "el alumno es capaz de resolver correctamente la pregunta  $P_2$ " y

$-p_2$ : “el alumno no es capaz de resolver correctamente la pregunta  $P_2$ ”.

Veamos qué significado tienen en este caso estos valores:

- $P(+c) = 0.30$  : indica que el 30% de los alumnos del grupo en estudio conocen el concepto.
- $P(+p_1/+c) = 0.90$  : indica que el 90% de los alumnos que conocen el concepto  $C$  responden correctamente a la pregunta  $P_1$ . Esto quiere decir que incluso los alumnos que conocen el concepto pueden tener un despiste y contestar mal a la pregunta en una proporción del 10%.
- $P(+p_1/-c) = 0.01$  : significa que sólo el 1% de los alumnos que no conocen el concepto  $C$  son capaces de contestar correctamente a la pregunta  $P_1$ . Este parámetro indica por tanto qué alumnos que no conocen el concepto pueden adivinar la respuesta correcta a la pregunta  $P_1$ .
- $P(+p_2/+c) = 0.80$  : indica que el 80% de los alumnos que conocen el concepto  $C$  responden correctamente a la pregunta  $P_2$ . Esto quiere decir que incluso los alumnos que conocen el concepto pueden tener un despiste y contestar mal a la pregunta en una proporción del 20%.
- $P(+p_2/-c) = 0.05$  : significa que sólo el 5% de los alumnos que no conocen el concepto  $C$  son capaces de contestar correctamente a la pregunta  $P_2$ . Este parámetro indica por tanto qué alumnos que no conocen el concepto pueden adivinar la respuesta correcta a la pregunta  $P_2$ .

Conociendo estos datos, podemos calcular:

a) La probabilidad a priori de que un alumno cualquiera conteste correctamente a la pregunta:

i)  $P_1$

$$P(+p_1) = P(+p_1/+c) \cdot P(+c) + P(+p_1/-c) \cdot P(-c)$$

$$P(+p_1) = 0.90 \cdot 0.30 + 0.01 \cdot 0.70 = \mathbf{0.277}$$

$$P(-p_1) = P(-p_1/+c) \cdot P(+c) + P(-p_1/c) \cdot P(-c)$$

$$P(-p_1) = 0.10 \cdot 0.30 + 0.99 \cdot 0.70 = \mathbf{0.723} = 1 - 0.277 = 1 - P(+p_1)$$

Esto porque  $P_1$  es una variable binaria

## ii) $P_2$

$$P(+p_2) = P(+p_2/+c) \cdot P(+c) + P(+p_2/c) \cdot P(c)$$

$$P(+p_2) = 0.80 \cdot 0.30 + 0.05 \cdot 0.70 = \mathbf{0.275}$$

$$P(-p_2) = P(-p_2/+c) \cdot P(+c) + P(-p_2/c) \cdot P(-c)$$

$$P(-p_2) = 0.20 \cdot 0.30 + 0.95 \cdot 0.70 = 0.725 = 1 - 0.275 = 1 - P(+p_2)$$

Esto porque  $P_2$  es una variable binaria

b) Las probabilidades a posteriori dada una evidencia observada  $e$ ,

$$P^*(c) = P(c/e).$$

Supongamos que la evidencia observada es que cierto alumno ha contestado correctamente a la pregunta  $P_1$ . ¿Qué probabilidad hay ahora de que conozca el concepto  $C$ ? Si no existiese posibilidad ninguna de que un alumno que no conozca el concepto  $C$  responda bien a la pregunta  $P_1$ , esa probabilidad sería 1, pero como no es así tenemos que calcular  $P^*(+c) = P(+c/+p_1)$ . Para ello aplicamos el teorema de Bayes y obtenemos que:

$$P^*(+c) = P(+c/+p_1) = \frac{P(+c) \cdot P(+p_1/+c)}{P(+p_1)} = \frac{0.30 \cdot 0.90}{0.277} = 0.97473$$

De la misma forma podríamos calcular  $P^*(-c)$ : (la evidencia observada es que cierto alumno ha contestado correctamente a la pregunta  $P_1$  y que no conozca el concepto  $C$ )

$$P^*(-c) = P(-c/+p_1) = \frac{P(-c) \cdot P(+p_1/-c)}{P(+p_1)} = \frac{0.70 \cdot 0.01}{0.277} = 0.02527$$

que, por supuesto, es la probabilidad complementaria.

La expresión general del teorema de Bayes que hemos utilizado es:

$$P^*(c) = P(c / P_1) = \frac{P(c) \cdot P(p_1 / c)}{P(p_1)}$$

Por razones que quedarán claras más adelante, vamos a rescribirla como:

$$P^*(c) = \alpha \cdot P(c) \cdot \lambda p_1(c),$$

donde  $\alpha = [P(p)]^{-1}$  y  $\lambda p_1(c) = P(p / c)$

Con la fórmula expresada de esta forma, queda claro que la probabilidad a posteriori de la variable C depende fundamentalmente de la probabilidad a priori de C y de las probabilidades condicionadas de P dado C, puesto que a juega simplemente el papel de una constante de normalización.

Utilizando esta nueva expresión, podemos repetir los cálculos:

$$P^*(+c) = \alpha \cdot 0.30 \cdot 0.90 = 0.27 \cdot \alpha$$

$$P^*(-c) = \alpha \cdot 0.70 \cdot 0.01 = 0.007 \cdot \alpha$$

Y normalizando obtenemos el mismo resultado que antes.

Para el caso en que el alumno respondiese incorrectamente la pregunta P1, la probabilidad a posteriori de que conozca el concepto se calcula con un procedimiento totalmente análogo, de igual forma también con P2; es decir, para el caso en que el alumno respondiese



i) correctamente y ii) incorrectamente la pregunta p2, la probabilidad a posteriori de que conozca el concepto C.

$$i) P^*(+c) = \alpha \cdot 0.30 \cdot 0.80 = 0.8727$$

$$ii) P^*(-c) = \alpha \cdot 0.70 \cdot 0.05 = 0.01272$$

## B. Conceptos Básicos y Definiciones de grafos

**ARCO:** Es un par ordenado  $(X, Y)$ . Esta definición de arco corresponde a lo que en otros lugares se denomina **arco dirigido**. En la representación grafica, un arco  $(X, Y)$  viene dado por una flecha desde  $X$  hasta  $Y$ .

**GRAFO DIRIGIDO:** Es un par  $G = (N, A)$  donde  $N$  es un conjunto de Nodos y  $A$  es un conjunto de Arcos definidos sobre los nodos.

**GRAFO NO DIRIGIDO:** Es un par  $G = (N, A)$  donde  $N$  es un conjunto de Nodos y  $A$  es un conjunto de Arcos no orientados (es decir, pares no ordenados  $(X, Y)$  definidos sobre los nodos).

**CAMINO:** es un sucesión ordenada de nodos  $(X_{i1}, \dots, X_{ir})$  tal que para todo  $i=1, \dots, r-1$  o bien tal que para todo  $i=1, \dots, r-1$   $X_i \square X_{i+1} \in A$  ó  $X_{i+1} \square X_i \in A$ .

**CAMINO DIRIGIDO:** es un sucesión ordenada de nodos  $(X_{i1}, \dots, X_{ir})$ , tal que para todo  $k=1, \dots, r-1$   $X_k \square X_{k+1} \in A$ .

**CICLO:** Es un camino  $(X_{i1}, \dots, X_{ir})$  en el que  $X_{i1} = X_{ir}$ .

**CICLO DIRIGIDO:** Es un camino dirigido  $(X_{i1}, \dots, X_{ir})$  en el que  $X_{i1} = X_{ir}$ .

**PADRE:**  $X$  es un **padre** de  $Y$  si y solo si existe un arco  $X \square Y$ . Se dice también que  $Y$  es un hijo de  $X$ .

**ANTEPASADO:**  $X$  es un antepasado de  $Z$  si y solo si existe un camino dirigido de  $X$  a  $Z$ .

**CONJUNTO ANCESTRAL** de un nodo  $X$  es un conjunto que contiene a  $X$  y a todos sus antepasados.

**DESCENDIENTE:**  $Z$  es descendiente de  $X$  si y solo si  $X$  es un antepasado de  $Z$ . Al conjunto de los descendientes de  $X$  lo denotaremos  $de(X)$ .

**ADYACENTES DE  $X$ :** Es el conjunto resultante de la unión de los padres de  $X$  y de los hijos de  $X$ . lo denotaremos por  $Ady(X)$ .

**FAMILIA DE UN NODO DE  $X$ :** Es el conjunto de nodos formado por  $X$  y los **padres** de  $X$ .

**FAMILIA DE PROBABILIDAD DE NODO:** Llamamos familia de probabilidad de  $X$  a la probabilidad condicional  $fx = P( X / pa(X) )$ .

**GRAFO COMPLETO:** un grafo no dirigido  $G$  se dice que es completo si existe una arista entre cada par de nodos.

**GRUPO MAXIMAL:** Sea  $G = ( N , A )$  un grafo no dirigido. Decimos que un conjunto completo  $X_i$  es un *grupo maximal* si no es un subconjunto propio de otro conjunto completo en  $G$ .

**VARIABLE PROPOSICIONAL** es una variable aleatoria que toma un conjunto exhaustivo y excluyente de valores.

**DEPARACIÓN CONDICIONAL.** Dada tres variables proposicionales  $X$ ,  $Y$  y  $Z$ , diremos que  $Z$  separa condicionalmente a  $X$  e  $Y$  si  $X$  e  $Y$  son independientes dado  $Z$ .

### C. Definición formal de una Red Bayesiana

Una red Bayesiana es:

- Un conjunto de variables proposicionales,  $V$ ,
- Un conjunto  $E$  de relaciones binarias definidas sobre las variables de  $V$ ,
- Una distribución de probabilidad conjunta  $P$  definida sobre las variables de  $V$ ,

Tales que:

- $G = (V, E)$  es un grafo acíclico, conexo y dirigido.
- $(G, P)$  cumple la hipótesis de *independencia condicional*, también llamadas *de separación direccional*.

## REPRESENTACIÓN GRÁFICA:

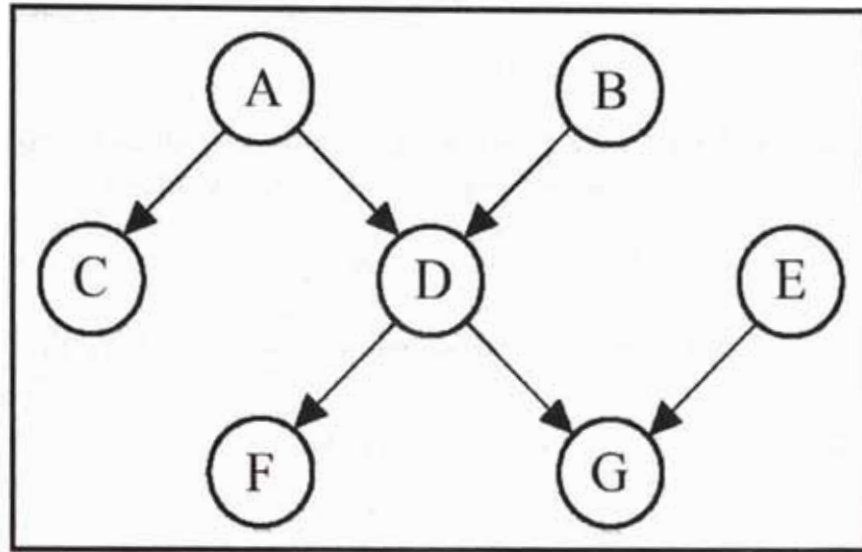


Figura 2.5 Red Bayesiana

### D. Algoritmo de propagación de probabilidades

Una vez que tenemos la Red Bayesiana nos interesará realizar consultas sobre las variables incluidas en la misma. En el campo de los sistemas expertos el principal interés se centra en ver cómo los valores que toman ciertas variables afectan a las probabilidades del resto. Si intentáramos afrontar estos cálculos aplicando el Teorema de Bayes, la ley de probabilidad total y las condiciones de independencia condicional necesitaríamos realizar un número de operaciones que crece exponencialmente con el número de variables de la red, y se convertiría en una tarea computacionalmente intratable. Los algoritmos de propagación de probabilidades utilizan las relaciones de independencia implícitas en la estructura de una red bayesiana para calcular las probabilidades de cada uno de los nodos dada la evidencia disponible de una forma más eficiente. Calculadas estas probabilidades, se pueden utilizar tanto para hacer inferencias de tipo abductivo como predictivo.

**Fórmulas para el cálculo de lambda y phi mensajes, lambda y phi valores y probabilidades P\*:**

1. Si  $B$  es un hijo de  $A$ ,  $B$  tiene  $k$  valores posibles y  $A$   $m$  valores posibles, entonces para  $j=1, \dots, m$  el  $\lambda$ -mensaje de  $B$  a  $A$  viene dado por:

$$\lambda_B(a_j) = \prod_{i=1}^k P(b_i/a_j) \cdot \lambda(b_i).$$

2. Si  $B$  es hijo de  $A$  y  $A$  tiene  $m$  valores posibles, entonces para  $j=1, \dots, m$ , el  $\pi$ -mensaje de  $A$  a  $B$  viene dado por:

$$\pi_B(a_j) = \begin{cases} \pi(a_j) \cdot \prod_{\substack{c \in S(A) \\ c \neq B}} \lambda_c(a_j) & \text{si } A \text{ no ha sido instanciada} \\ 1 & \text{si } A = a_j \\ 0 & \text{si } A \neq a_j \end{cases}$$

3. Si  $B$  tiene  $k$  valores posibles entonces para  $i=1, \dots, k$  el  $\lambda$ -valor de  $B$  viene dado por:

$$\lambda(b_i) = \begin{cases} \prod_{c \in S(B)} \lambda_c(b_i) & \text{si } B \text{ no ha sido instanciada} \\ 1 & \text{si } B = b_i \\ 0 & \text{si } B \neq b_i. \end{cases}$$

4. Si  $A$  es padre de  $B$ ,  $B$  tiene  $k$  valores posibles y  $A$  tiene  $m$  valores posibles, entonces, para  $i=1, \dots, k$ , el  $\pi$ -valor de  $B$  viene dado por;

$$\pi(b_i) = \prod_{j=1}^m P(b_i/a_j) \cdot \pi_B(a_j).$$

5. Si  $B$  es una variable con  $k$  posibles valores, entonces, para  $i = 1, \dots, k$ , la probabilidad a posteriori basada en las variables instanciadas se calcula como:

$$P^*(b_i) = \alpha \cdot \lambda(b_i) \cdot \pi(b_i)$$

**A continuación presentamos el algoritmo:**

## Algoritmo 1. Algoritmo de propagación en redes con forma de árbol

### 1. Inicialización.

A. Inicializar todos los  $\lambda$ -mensajes y  $\lambda$ -valores a 1.

B. Si la raíz  $A$  tiene  $m$  posibles valores, entonces para  $j = 1, \dots, m$ , sea

$$\pi(a_j) = P(a_j).$$

C. Para todos los hijos  $B$  de la raíz  $A$ , hacer

Enviar un nuevo  $\pi$ -mensaje a  $B$  usando la fórmula 2.

(En ese momento comenzará un flujo de propagación debido al procedimiento de actualización 2.C).

### 2. Actualización.

Cuando una variable se instancia o una variable recibe un  $\lambda$  o  $\pi$ -mensaje, se usa uno de los siguientes procedimientos de actualización:

A. Si una variable  $B$  se instancia a un valor  $b_i$ , entonces:

A.1. Inicializar  $P^*(b_i) = 1$  y  $P^*(b_j) = 0$ , para todo  $i \neq j$ .

A.2. Calcular  $\lambda(B)$  usando la fórmula 3.

A.3. Enviar un nuevo  $\lambda$ -mensaje al padre de  $B$  usando la fórmula 1.

A.4. Enviar nuevos  $\pi$ -mensajes a los hijos de  $B$  usando la fórmula 2.

B. Si una variable  $B$  recibe un nuevo  $\lambda$ -mensaje de uno de sus hijos y la variable  $B$  no ha sido instanciada todavía, entonces:

B.1. Calcular el nuevo valor de  $\lambda(B)$  usando la fórmula 3.

B.2. Calcular el nuevo valor de  $P^*(B)$  usando la fórmula 5.

B.3. Enviar un nuevo  $\lambda$ -mensaje al padre de  $B$  usando la fórmula 1.

B.4. Enviar nuevos  $\pi$ -mensajes a los otros hijos de  $B$  usando la fórmula 2.

C. Si una variable  $B$  recibe un nuevo  $\pi$ -mensaje de su padre y la variable  $B$  no ha sido instanciada todavía, entonces:

C.1. Calcular el nuevo valor de  $\pi(B)$  usando la fórmula 4.

C.2. Calcular el nuevo valor de  $P^*(B)$  usando la fórmula 5.

C.3. Enviar nuevos  $\pi$ -mensajes a los hijos de  $B$  usando la fórmula 2.

### 2.1.3. SIMULACIÓN

Puesto que nuestra propuesta es una Metodología de Simulación Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral. Es necesario conocer el enfoque de simulación que se considera para esta metodología.

Empezaremos hablando de **Sistemas**. Un sistema, lo entendemos como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común. Es algo que se percibe como una identidad que lo distingue de lo que la rodea, y que es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes.

Así, hablamos de una empresa, como sistema, en la que los distintos departamentos se coordinan en la organización empresarial; de una máquina, cuyas diferentes partes interactúan para lograr el fin para el que ha sido concebida. (Javier Aracil, 1995). Y para nuestro modelo a la empresa lo separamos en 4 perspectivas genéricas propuestas por Norton y Kaplanen donde en cada una de ellas se plantean objetivos que están todos relacionados entre si. Este es el uso del término sistema que vamos a adoptar.

Hablaremos de **la simulación** a partir del advenimiento de las computadoras. La simulación ha sido una de las herramientas más importantes y útiles para analizar el diseño y operación de complejos procesos o sistemas. *Simular*, según el *Diccionario Universitario Webster*, es "fingir, llegar a la esencia de algo, prescindiendo de la realidad". En síntesis, cada modelo o representación de una cosa es una forma de simulación. La simulación es un tema muy amplio y mal definido que es muy importante para los responsables del diseño de sistemas, así como para los responsables de su operación.

*“Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o por un conjunto de criterios) para la operación del sistema.”<sup>1</sup>*

En consecuencia, entendemos que el proceso de simulación incluye tanto la construcción del modelo como su uso analítico para estudiar un problema. Por *modelo* de un sistema real entendemos una representación de un conjunto de objetos o ideas de forma tal que sea diferente a la de la entidad misma, y en este caso el término "real" se usa en el sentido de "en existencia o capaz de ser puesto en existencia". Por lo tanto, los sistemas en estado preliminar o de planeación pueden modelarse de igual manera que aquellos que ya existen.

El modelado de la simulación es, por tanto, una metodología aplicada y experimental que intenta:

- a. Describir el comportamiento de sistemas.
- b. Postular teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento observado.
- c. Usar estas teorías para predecir un comportamiento futuro, es decir, los efectos que se producirán mediante cambios en el sistema o en su método de operación.

**Un modelo** es una representación formal de un sistema, que nos permitirá simular o estudiar los comportamientos diferentes frente a supuestos de partida distintos (escenarios). Partiendo de un sistema, para construir su modelo.

*Entre las funciones del un modelo de sistemas son:*

- a. Una ayuda para el pensamiento.

<sup>1</sup> Robert E. Shannon, 1997

- b. Una ayuda para la comunicación.
- c. Para entrenamiento e instrucción.
- d. Una herramienta de predicción.
- e. Una ayuda para la experimentación.

## **EL PROCESO DE SIMULACION**

1. *Definición de sistema:* determinación de los límites o fronteras, las restricciones y medidas de efectividad que se usarán para definir el sistema que se estudiará.
2. *Formulación del modelo:* reducción o abstracción del sistema real a un diagrama de flujo lógico.
3. *Preparación de datos:* identificación de los datos que el modelo requiere y reducción de éstos a una forma adecuada.
4. *Translación del modelo:* descripción del modelo en un lenguaje aceptable para la computadora que se usará.
5. *Validación:* incremento a un nivel aceptable de confianza de modo que la inferencia obtenida del modelo respecto al sistema real sea correcta.
6. *Planeación estratégica:* diseño de un experimento que producirá la información deseada.
7. *Planeación táctica:* determinación de cómo se realizará cada una de las corridas de prueba especificadas en el diseño experimental.
8. *Experimentación:* corrida de la simulación para generar los datos deseados y efectuar el análisis de sensibilidad.
9. *Interpretación:* obtención de inferencias con base en datos generados por la simulación.
10. *Implantación:* uso del modelo y/o resultados.
11. *Documentación:* registro de las actividades del proyecto y los resultados así como de la documentación del modelo y su uso.



## 2.2 DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

En las distintas etapas en que se desarrolló la propuesta del modelo de Simulación Bayesiana, se han utilizado algunas metodologías que permitieron organizar el proceso de investigación, ir controlando los resultados que se han obtenido en cada etapa, y presentar el modelo de red adecuado de tal forma que apoye a una oportuna y correcta toma de decisiones.

**Metodología de la Investigación en Acción:** Chekland (1993), menciona que la investigación en acción permite que el investigador se transforme en un participante en la acción y el proceso de cambio en sí se vuelve el objeto en estudio de la investigación. Los roles del “investigador” y “objeto de estudio” realmente no son fijos, sino que se intercambian; es decir, los objetos de estudio se vuelven investigadores y los investigadores se convierten en hombres de acción.

La investigación pura, la investigación de objeto básico, investigación de evaluación y la investigación aplicada están dentro de la investigación en acción. La intención de esta es siempre estar involucrado en un proceso de cambio en el sistema mismo como medio para la acción práctica que pretende resolver un problema.

**Método de Análisis, Síntesis y Causal:** El análisis es la descomposición de un todo en sus elementos, mientras que la síntesis es una totalidad que contiene todo el sistema de relaciones. El análisis presupone la síntesis y viceversa; es decir, son correlativa y absolutamente inseparables. Además el causal analiza la relación entre las variables y el nivel de influencia entre ellas.

**Metodología del Enfoque Sistémico:** Es necesario realizar un análisis interno del sistema y de su entorno desde un nivel superior

para involucrar en forma simultánea el conjunto de variables interdependientes que interactúan en el sistema y comprender el comportamiento del sistema como un todo.

### 2.2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Dentro del diseño de investigación no experimental se utilizó un enfoque sistémico, analítico y causal, debido a que nuestro problema tiene como objetivo diseñar un modelo de simulación.

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para analizar la certeza de la hipótesis formulada.

En esta investigación el tipo de diseño seleccionado es:

“Análisis Causal utilizando el Enfoque Sistémico”

Este procedimiento consistió en recopilar y preparar la data histórica de los indicadores de un Cuadro de Mando Integral de tal forma que este en una misma dimensión para así poder simular. Luego validamos las hipótesis adyacentes del mapa de indicadores asociado al mapa estratégico. Seguidamente se construyó una Red Bayesiana a partir del mapa de indicadores, insertando sus probabilidades a-priori y a-posteriori en cada nodo de la red. Una vez construida la red, nos basamos en el objetivo de la empresa para instanciar y luego hacer inferencias sobre el siguiente periodo apoyándonos en las probabilidades de la Red Bayesiana. Finalmente se ha hecho un análisis de los escenarios y se seleccionó el que nos brindó mayor seguridad en lograr nuestro objetivo empresarial.

### 2.2.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis para este tipo de investigación es el **periodo**; es decir, los puntos de control o evaluación de los indicadores del Cuadro de Mando Integral que se obtiene a partir de los semáforos.

Considerando que un indicador puede estar en un horizonte de tiempo bastante amplio y los semáforos realizan la partición de dicho horizonte de tiempo.

#### 2.2.4 FUENTE DE INFORMACIÓN

La fuente principal para obtener la información de los datos históricos de cada indicador, ha sido la base de datos del el sistema de Balanced Scorecard. Y para recopilar la información se utilizó la herramienta de Visual Basic en su entorno **data environmet**

#### 2.2.5 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

##### a) TÉCNICA DE PROCESAMIENTO:

Las técnicas que se utilizó para procesar los datos han sido:

**Análisis Correlacional:** se utilizó el coeficiente de Pearson para probar las hipótesis adyacentes planteadas en el mapa de indicadores.

**Transformaciones Invariantes:** se diseñó y utilizó una función invariante para transformar la data histórica de indicadores a una misma dimensión de tal forma que se adapte a una Red Bayesiana.

**Teorema de Bayes:** Se utilizó el Teorema de Bayes para calcular las probabilidades a-posteriori de cada indicador o nodo de la red.

**Algoritmo de Retropropagación:** para esta etapa se utilizó el software *Netica* 1.1 que se encarga de procesar las instancias que se hace en la Red Bayesiana.

##### b) ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El análisis que se realizó es el de causa-efecto, puesto que se tenía definido el objetivo empresarial y lógicamente se pretendía

identificar los indicadores que conducen o que causan el logro de este objetivo empresarial. Y para la interpretación se utilizó el grado de probabilidad que tenía cada indicador o nodo de la red para hacer inferencias sobre el siguiente período.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE LA METODOLOGÍA BAYESIANA PARA EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL

En este capítulo desarrollaremos paso a paso la Metodología de Simulación Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral. Para ello utilizaremos el enfoque sistémico, el análisis estadístico, funciones invariantes, probabilidades, tablero de mando y el algoritmo de retropropagación.

#### 3.1. COMPONENTES DE LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN BAYESIANO PARA EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL

De manera resumida, el Balanced Scorecard tiene tres herramientas básicas que son:

**Mapa Estratégico:** Está compuesto por un conjunto de objetivos que están relacionados entre si por medio de una flecha con sentido. Es una etapa donde se utiliza el pensamiento analítico de selección y de causa-efecto para su construcción.

**Tablero Matriz:** Esta compuesto por un conjunto de indicadores claves de desempeño que están distribuidas en las perspectivas de Financiera, Cliente, Procesos, Aprendizaje y Tecnología generalmente. Cada indicador tiene uno o varios semáforos asociados que nos muestra cómo se está desempeñando dicho indicador. Es esta etapa en la que se realiza un gerenciamiento de la estrategia a través de los indicadores del tablero.

**Soporte Informático:** Es un software que da soporte a Balanced Scorecard para tener información en línea

Por otro lado, dentro de la Inteligencia Artificial se desarrolla la Teoría de Redes Bayesianas que están siendo utilizadas en diferentes campos para realizar inferencias sobre el futuro haciendo uso de la data histórica. Además la topología de una Red Bayesiana es la misma que del Mapa Estratégico del Balanced Scorecard, dando origen a integrar o utilizar las Redes Bayesianas para realizar inferencias sobre los indicadores de un Mapa Estratégico obteniendo así información valiosa para tomar decisiones en cuanto a las estrategias que sigue una empresa.

La pregunta es: ¿cómo lo hacemos?; lo haremos desarrollando y adaptando componentes o teorías de Redes Bayesianas, de Balanced Scorecard y de Geometría Afín para luego integrarlos bajo una secuencia coherente logrando construir un modelo de simulación bayesiana para el Balanced Scorecard

### 3.2 INTRODUCCIÓN

La metodología inicia desde un mapa estratégico que ya ha sido construido en donde cada objetivo del mapa estratégico tiene uno o varios indicadores y cada indicador tiene varios semáforos que acumulan con el tiempo una data histórica. Cuando se construye un mapa estratégico las flechas o relaciones de causa-efecto generalmente se trazan por sentido común. Con esta data histórica es posible realizar un análisis estadístico utilizando el coeficiente de Pearson o Sperman para ver el grado de relación que tienen los indicadores. A partir de este análisis identificamos los indicadores que tienen un alto grado de relación, para luego construir una Red Bayesiana de indicadores asociada al Tablero de Mando. Una vez construida la Red Bayesiana asociado al Cuadro de Mando,

calculamos las probabilidades del estado inicial de cada nodo o indicador utilizando el teorema generalizado de Bayes. Y finalmente haciendo uso del algoritmo de **propagación de árboles** hacemos inferencias sobre un o mas indicadores de la red logrando obtener la variación del resto de los indicadores de manera simultanea.

Para diseñar la metodología de manera didáctica de tal forma que se mantenga simplicidad, trabajaremos con un mapa estratégico que solo tiene 6 objetivos y cada objetivo tiene solo un indicador. Iniciemos con el componente de Balanced Scorecard: el mapa estratégico.

**3.3 MAPA ESTRATÉGICO Y CUADRO DE MANDO**

Consideremos el siguiente mapa estratégico y su tablero asociado que está compuesto por indicadores que miden el desempeño de los objetivos:

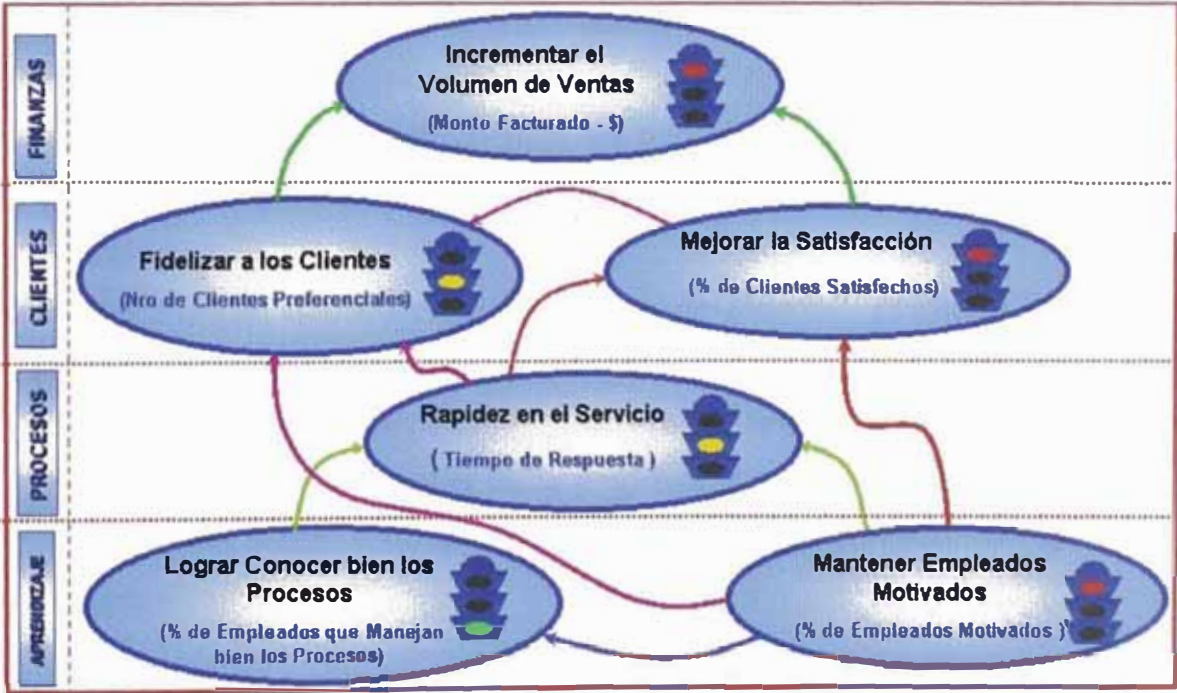


Figura 3.1 Modelo de Mapa Estratégico

El mapa estratégico de la figura anterior muestra que cada objetivo tiene un indicador y un semáforo asociado. El estado del semáforo (que puede ser rojo, verde o amarillo) nos indica si realmente estamos logrando alcanzar el objetivo plantado. Las flechas que van de un objetivo a otro, es un análisis causa-efecto que se traza por sentido común al inicio o por investigaciones que coinciden con los objetivos en algunas veces.

Cuando se construye un mapa estratégico las flechas o relaciones de causa-efecto generalmente se trazan por sentido común. Pero, a medida que pasa el tiempo los indicadores van acumulando valores de acuerdo a los periodos de evaluación.

Aquí la estrategia consiste en hipótesis planteadas, generalmente, por sentido común. Con el Cuadro de Mando Integral, se hacen explícitas las hipótesis subyacentes de la estrategia a través de las relaciones causa efecto del mapa estratégico en las diferentes perspectivas. Pero las hipótesis son solo suposiciones sobre como funciona el mundo; tienen que probarse continuamente su validez, y se tienen que rechazar cuando acumulen pruebas de que las relaciones esperadas no se están produciendo. Así que, la primera tarea de la adaptación estratégica es poner a prueba las hipótesis subyacentes del Cuadro de Mando que esta asociado a un Mapa Estratégico.

Entonces, ¿en que consiste un Cuadro de Mando?: El cuadro de Mando consiste en trasladar los indicadores a un cuadro o tablero acompañado de sus semáforos de tal forma que se pueda visualizar con un solo cuadro la salud de la empresa. Es decir; el Cuadro de Mando del Mapa Estratégico presentado anteriormente, es el siguiente:



<b>CUADRO DE MANDO</b>					
<b>Perspectiva</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Semaforo</b>	<b>Medida</b>	<b>Meta</b>
<b>FINANZAS</b>	Incrementar el volumen de ventas	Monto facturado		Dólares	5000xmes
<b>CLIENTES</b>	Mejorar Satisfacción de Clientes	% de clientes satisfechos		Porcentaje	80%
	Fidelización de clientes	Nro de clientes preferenciales		Nro de clientes en de tipo A	500
<b>PROCESOS</b>	Rapidez en el servicio	Tiempo de respuesta		Minutos	1 min
<b>APRENDIZAJE</b>	Conocer bien los procesos	Porcentaje de empleados que manejan bien los procesos		Porcentaje	80%
	Mantener empleados bien motivados	% de empleados motivados		Porcentaje	70%

Cuadro 3.1 Cuadro de Mando Modelo

### 3.4 CONSTRUCCIÓN DE SEMÁFOROS

Del Cuadro de Mando presentado en la sección anterior, consideremos el objetivo Satisfacción del Cliente y su indicador asociado para construir su semáforo respectivo, es decir;

<b>Perspectiva</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medida</b>	<b>Meta</b>
<b>CLIENTES</b>	Mejorar Satisfacción de Clientes	% de clientes satisfechos	%	80%

Cuadro 3.2. - Ejemplo de objetivo

El horizonte de tiempo para la meta trazada es de 3 años; o sea en tres años debemos alcanzar dicha meta. Entonces, si el 1 de enero del 2004 se planteo dicha meta, sería absurdo que la alta gerencia espere hasta el 31 de diciembre del 2006 para verificar si se logra alcanzar dicha meta o no. Y si fuera así, la alta gerencia no tendría lugar a reaccionar para plantear iniciativas de tal forma que se induzcan a alcanzar la meta. Veamos el siguiente gráfico



Figura 3.2 - Horizonte de tiempo

Naturalmente surge una pregunta, ¿qué hacemos?; entonces una buena alternativa es particionar la meta y distribuirla en años o en periodos que se crea conveniente, creando así puntos de control o puntos evaluación, es decir:

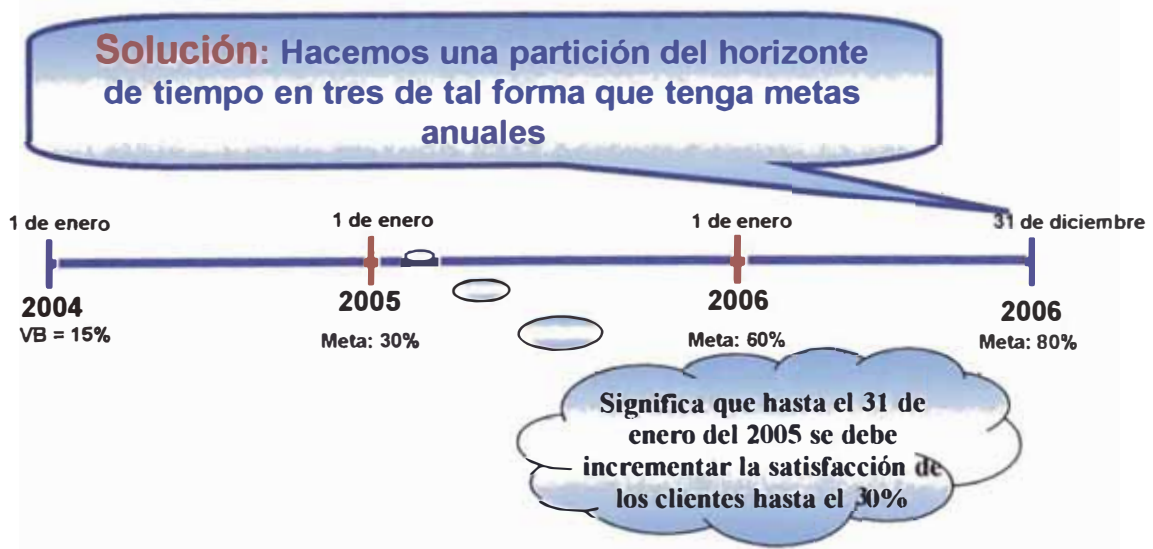


Figura 3.3 – Partición anual

Ahora podemos construir semáforos para cada año de tal forma que cada fin de año se pueda evaluar el desempeño del indicador.

Para ello consideremos el periodo anual del 2005 para diseñar su semáforo; es decir:

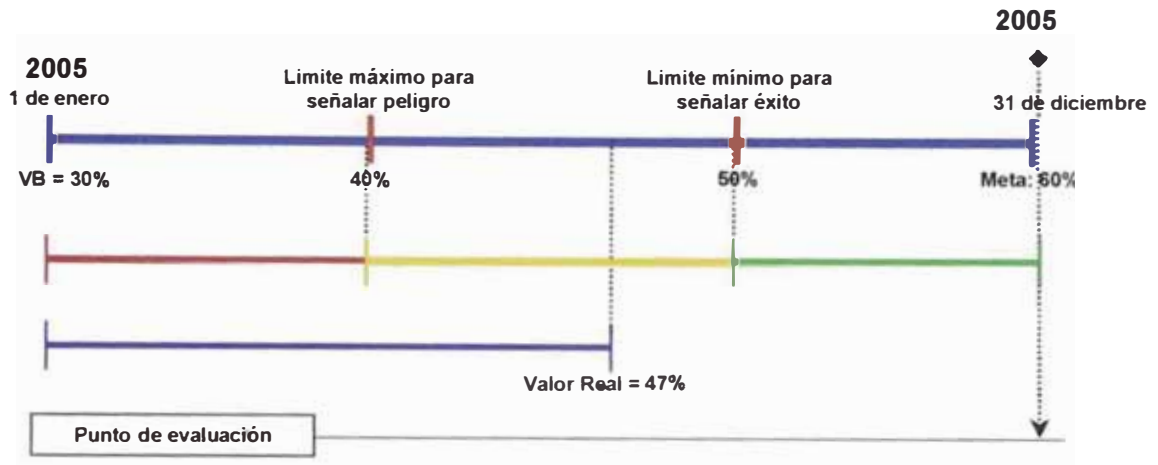


Figura 3.4 – Semáforo

El gráfico anterior nos muestra los elementos del semáforo que lo explicaremos a continuación:

**VB - Valor Base:** El valor para este elemento es de 30% que significa que el porcentaje de la satisfacción del cliente inicia con el 30% y que partir de ahí debemos mejorar.

**LMSP – Límite Máximo para Señalar Peligro:** El valor para este elemento es 40% que es la frontera entre el color amarillo y rojo. Si comparamos el valor real en su punto de evaluación (fin de año para este caso) y es mayor o igual a 40%, entonces el semáforo tendrá el estado de color amarillo; y si es menor el semáforo tendrá el estado de color rojo.

**LMSE – Límite Mínimo para Señalar Éxito:** El valor para este elemento es 50% que es la frontera entre el color amarillo y verde. Si comparamos el valor real en su punto de evaluación (fin de año para este caso) y es mayor o igual a 50%, entonces el semáforo tendrá el estado de color verde; y si es menor, el semáforo tendrá el estado de color amarillo.

Meta: La meta siempre va acompañado de una fecha (Punto de evaluación) y un valor.

**VR – Valor Real:** Es el valor real al final del periodo que utilizamos para comparar con el LMSP y LMSE para obtener el estado del semáforo.

Análogamente podemos construir semáforos para cada año 2004 y 2006.

De manera general, como el horizonte de tiempo de la meta del indicador era para 3 años y se hizo una partición de 3 generándose periodos de un año; podemos también hacer una partición de 6 en donde se tendría periodos semestrales permitiendo así construir semáforos semestrales. La partición depende del criterio del indicador y el responsable de dicho indicador.

Ahora si trasladamos el objetivo y su indicador asociado a un tablero de matriz se logra visualizar el resto de los elementos.

Dirección Estratégica	Medida		Meta		Medio		
OBJETIVO	KPI's	ADN del KPI	META	TOMA DE DECISION	INDUCTOR	INICIATIVA ESTRATÉGICA	PLAN DE ACCIÓN
Mejorar la Satisfacción del cliente	Porcentaje de clientes satisfechos	- Responsable - Definición - Frecuencia (de medición con ese KPI) - Fuente	80 %  Para 2006: - L. Plazo - M. Plazo - C. Plazo		Rapidez en el servicio  Empleados Motivados	Mejorar los procesos  Políticas de Incentivos	-Qué -Cómo -Quién -Cuándo -Cuánto -Para qué -Por qué
¿Qué es lo que quiero lograr?	¿Cómo me aseguro de lograrlo?		¿Hasta cuánto voy a lograr y en qué plazo?		¿Cómo logro la Meta? ( palanca )		

Figura 3.5 – Matriz de Tablero

La construcción de los semáforos es indispensable ya que gracias a ellos podemos tomar decisiones y al mismo tiempo nos alertan cuan bien se está desempeñando un indicador asociado a un objetivo corporativo

### 3.5 VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Para la validación de las hipótesis que se plantearon en el Mapa de Indicadores, utilizaremos el coeficiente de Pearson para ver el grado de asociación que existe entre los indicadores.

Naturalmente antes de utilizar el estadígrafo de Pearson, realizamos una depuración de los posibles datos que no sean validos para luego construir una tabla de indicadores con sus respectivos datos históricos.

Trabajando con el Cuadro de Mando construido en la sección anterior, se tendría la siguiente Tabla de Indicadores:

Indicadores estratégicos						
Mes	MF	CP		TRS	EMP	ME
1	600	55	22	37	7	10
2	1750	70	30	32	15	20
3	2600	75	33	31	18	23
4	3000	60	35	30	15	20
5	4500	95	43	25	28	33
6	5000	88	45	23	30	35
7	7000	120	65	18	40	45
8	8000	130	60	16	50	50
9	8600	135	60	15	38	50
10	9600	145	68	10	52	58
11	10500	156	72	8	61	80
12	11750	180	82	3	62	75

Cuadro 3.3 - Indicadores del Cuadro de Mando

Luego utilizando el coeficiente de Pearson para determinar el grado de relación que tienen los indicadores del Mapa de Indicadores. En la siguiente tabla presentamos los valores del coeficiente de Pearson entre los indicadores del Mapa de Indicadores:

	MF	CP	CS	TRS	EMP	ME
MF						
CP	0.99					
CS	0.99	0.98				
TRS	-1.00	-0.99	-0.99			
EMP	0.98	0.97	0.97	-0.98		
ME	0.98	0.97	0.96	-0.98	0.98	

Cuadro 3.4 - Tabla de Grado de Relación de Indicadores

Recuerde que las casillas sombreadas provienen de las hipótesis que se plantean en el Mapa de Indicadores.

Ahora, si observamos el cuadro anterior, notamos que los valores de las casillas de color se aproximan a 1, lo cual significa que los indicadores tienen un alto grado de relación, y de esta manera las hipótesis planteadas en el Mapa Estratégico quedarían probadas.

### 3.6 DISEÑO TOPOLÓGICO DE LA RED BAYESIANA ASOCIADA AL MAPA ESTRATÉGICO:

Mucho se ha discutido sobre si la correlación matemática representada solamente correlación o si en algunos casos representa causalidad, aunque en realidad lo que se discute es la esencia misma de la causalidad.

En mi opinión es que la causalidad existe y es distinta de la correlación.

#### Ejemplo 1

Un estudio realizado en Inglaterra demostró que había una fuerte correlación entre el número de cigüeñas de cada Localidad y el número de nacimientos de niños.

¿Podría utilizarse este estudio para afirmar que son las cigüeñas las que traen a los niños?

¿o acaso la presencia de los niños lo que atrae a las cigüeñas?

Como es de suponer, no hace falta buscar hipótesis extrañas para explicar tal correlación ya que existe una alternativa razonable.

El número de habitantes de una localidad influye en el número de iglesias (cuanto más habitantes, más iglesias), con lo que la cigüeña tiene más campanarios donde poner sus nidos.

Por otro lado, existe una correlación natural entre el número de habitantes y el número de nacimientos. Veamos gráficamente:

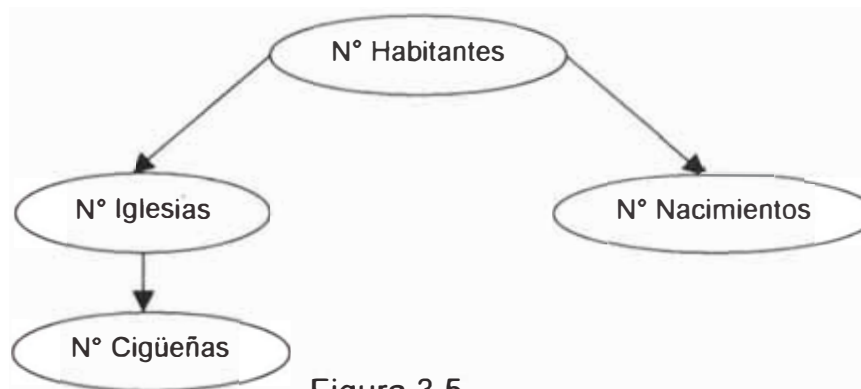


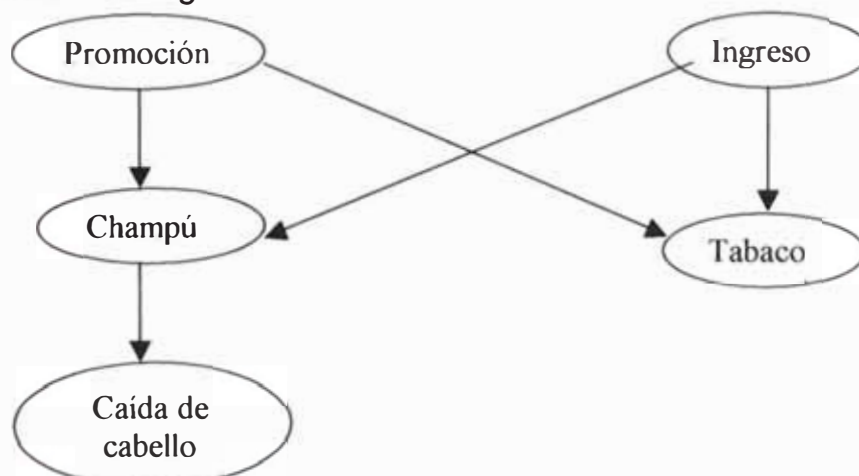
Figura 3.5

OBS: La correlación entre el número de cigüeñas y el número de nacimiento no implica causalidad.

## Ejemplo 2

Supongamos que se ha comprobado que existe una correlación significativa entre el consumo de tabaco y la caída de cabello ¿significa eso que las autoridades sanitarias deben prohibir la venta de cigarrillos?

Es posible: pero consideremos otra explicación o hipótesis representada en la gráfica



### Figura 3.6

El cual afirma que la verdadera causa de cabello es el uso del champú. La correlación observada se explica, según este modelo, que frente a una buena promoción del artículo, la gente utilizó el champú y fume más cigarrillos.

Además, son las personas con más ingresos económicos las que pueden permitirse ir con mayor frecuencia a asegurarse el cabello y a la vez comprar más tabaco.

Estas dos razones hacen que el consumo de tabaco este correlacionado con el uso de champú, y en consecuencia, la correlación desaparecería si el supuesto estudio epidemiológico hubiera considerado la promoción y los ingresos de la persona, pues el consumo de tabaco y la caída de cabello son condicionalmente independiente dada la promoción y los ingresos.

Por lo tanto; para el diseño topológico de la Red Bayesiana, partimos de las hipótesis planteadas en el Mapa Estratégico que es producto de un análisis causa-efecto y no una correlación; y luego, con el paso del tiempo, de tener una data histórica de los indicadores asociados a los objetivos del Mapa Estratégico, utilizamos el coeficiente de Pearson para validar dichas hipótesis planteadas al inicio. De esta manera obtenemos una estructura básica de una Red Bayesiana asociado a un Mapa Estratégico.

En nuestro ejemplo, considerando el análisis estadístico que se muestra en el cuadro 3.4, la topología de Red Bayesiana asociada al Mapa Estratégico sería el que se muestra en la figura 3.1.



### 3.7 TRANSFORMACIONES INVARIANTES DE INDICADORES DEL BSC

El primer problema que tenemos que resolver es trasladar los indicadores del Cuadro de Mando a una misma dimensión, para luego utilizarlo en el modelo Bayesiano. Cuando se construyen los indicadores de los objetivos del mapa estratégico, se tiene diferentes tipos de indicadores que están en diferentes dimensiones; por ejemplo, el indicador “Rapidez en el Servicio” está en una dimensión del tiempo y su medida puede estar en minutos u horas, el indicador “Incrementar el volumen de ventas” esta en una dimensión monetaria y su medida puede ser en dólares o soles, y el indicador “Satisfacción de Clientes” está en una dimensión de porcentaje.

Entonces, para trasladar a una misma dimensión se ha definido la siguiente función invariante:

Sea  $\mu$  una función inyectiva definida en los reales cuya regla de correspondencia es:

$$\begin{aligned}\mu : [0,1] &\longrightarrow [a,b] \\ t &\longrightarrow \mu(t) = (1-t)a + tb\end{aligned}$$

La inversa de  $\mu$  es:

$$\begin{aligned}\mu^{-1} : [a,b] &\longrightarrow [0,1] \\ u &\longrightarrow \mu^{-1}(u) = f(u) = \frac{u-a}{b-a}\end{aligned}$$

Veamos gráficamente la función anterior:

Mientras que  $t$  recorre de  $0$  a  $1$ ,  $u$  recorre de  $a$  a  $b$

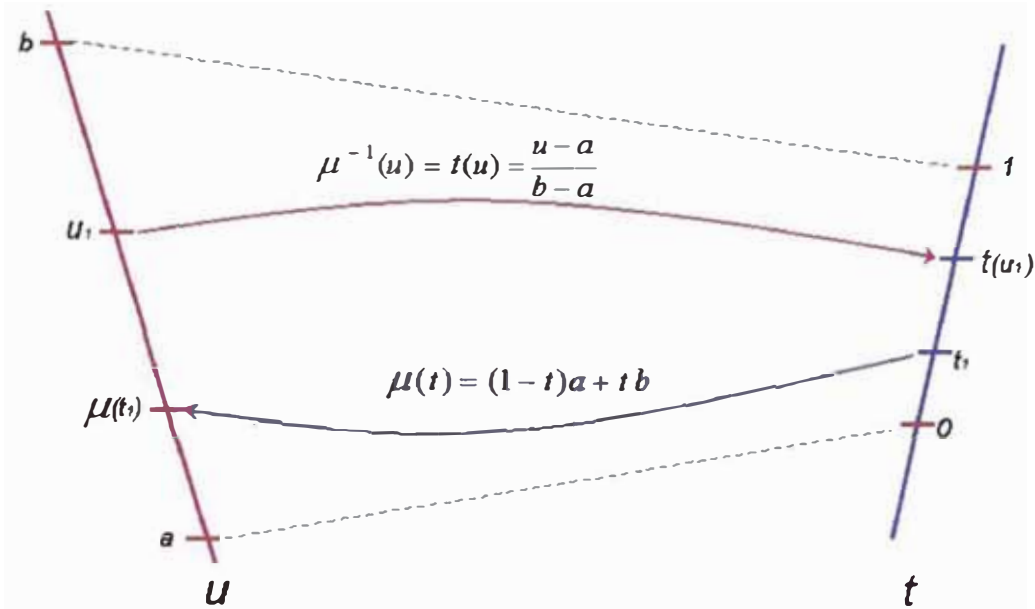


Figura 3.7

Ahora veamos un ejemplo:

Mientras que  $t$  recorre de  $0$  a  $1$ ,  $u$  recorre de  $10$  a  $40$

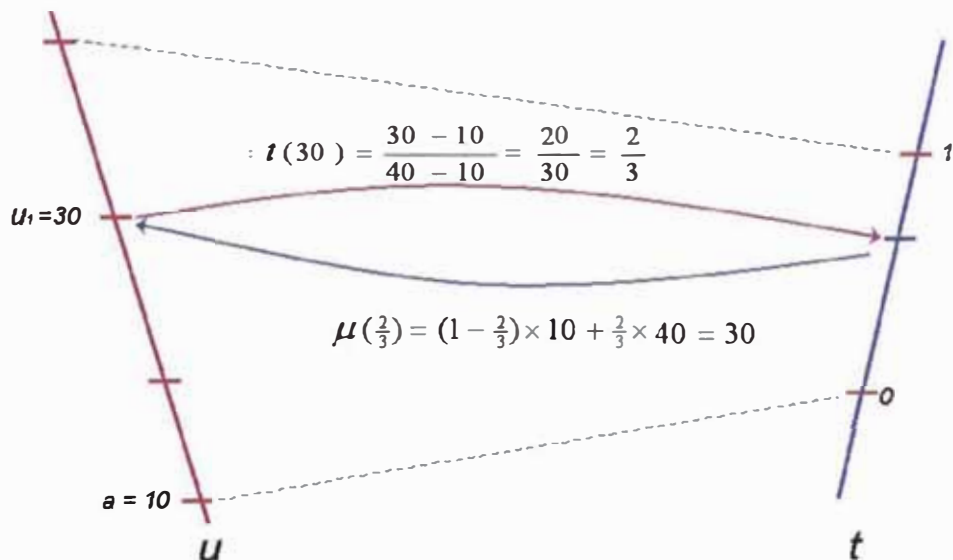


Figura 3.8

Ahora utilizamos esta función para definir una función que obtiene el estado de semáforo, es decir:

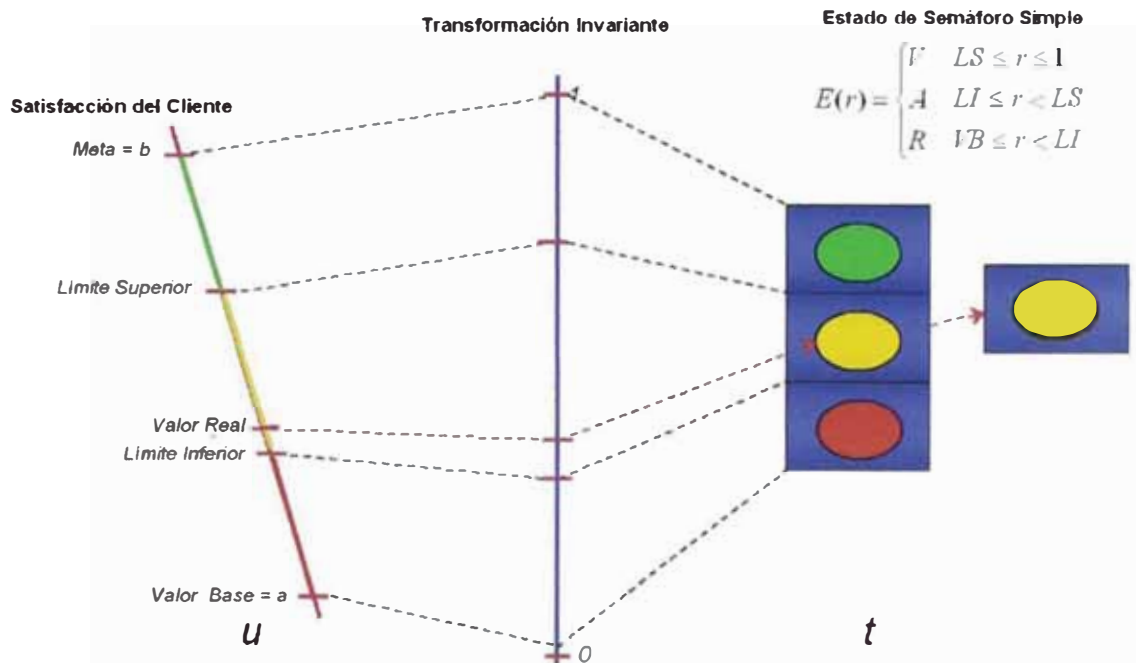


Figura 3.9

Esta función tiene como dominio el intervalo  $[ 0, 100 ]$  cuya regla de correspondencia es:

$$E(r) = \begin{cases} V & LS \leq r \leq 1 \\ A & LI \leq r < LS \\ R & VB \leq r < LI \end{cases}$$

A esta función así definida la llamaremos **Función Invariante**.

Es necesario definir su algoritmo para utilizarlo en cualquier programa computacional.

El algoritmo de dicha función sería:

**Función Obtener Estado Simple De Indicador( $r, VB, LI, LS, Meta$ )**

- $r$  = Valor Real.
- Determinar Estado de Indicador:
- Sea  $E$  variable de Estado
- Inicializar:  $E=Nulo$
- *Si Tipo = Simple Entonces*
  - Si:  $r < VB$ , Entonces  $E= Negro$ .
  - Si:  $VB \leq r < LI$ , Entonces  $E= Rojo$ .
  - Si:  $LI \leq r < LS$ , Entonces  $E= Amarillo$ .
  - Si:  $LS \leq r \leq Meta$ , Entonces  $E= Verde$ .
  - Si:  $Meta < r$ , Entonces  $E= Azul$ .
- Retornar  $E$

### PREPARACIÓN DE LA DATA HISTÓRICA:

Utilizando la función invariante preparamos la data histórica adaptada para una Red Bayesiana. A continuación vemos un ejemplo considerando los indicadores del Cuadro de Mando que se está trabajando.

Los datos que se necesita de cada indicador, lo presentamos en el siguiente cuadro:

Monto Facturado				
M F				
VB	LI	LS	M	VR
0	500	750	1000	600
1000	1500	1750	2000	1750
2000	2500	2750	3000	2600
3000	2500	3750	4000	3000
4000	4500	4750	5000	4500
5000	5500	5750	6000	5000
6000	6500	6750	7000	7000
7000	7500	7750	8000	8000
8000	8500	8750	9000	8600
9000	9500	9750	10000	9600
10000	10500	10750	11000	10500
11000	11500	11750	12000	11750

Cuadro 3.5 Datos de Indicador

En donde:

LEYENDA	
VB :	VALOR BASE
LI :	LÍMITE INFERIOR (Factor de Riesgo)
LS :	LÍMITE SUPERIOR (Factor de éxito)
M :	META A ALCANZAR
VR :	VALOR REAL
ES :	ESTADO DE SEMAFORO

Finalmente utilizando la función invariante y los datos de la tabla anterior obtenemos la siguiente data histórica adaptada para una Red Bayesiana:

MF
2
1
2
2
2
3
1
1
2
2
2
1

Leyenda
1 = Verde
2 = Amarillo
3 = Rojo

Cuadro 3.6 – Data adaptada de indicador

Análogamente hacemos lo mismo con cada indicador para obtener una data histórica cuyos indicadores estarán en una misma dimensión; es decir, los valores de tabla varían entre 1, 2 y 3 que representan Verde, Amarillo y Rojo respectivamente siendo estos colores los estados de los semáforos asociados a los indicadores que están sujetos a los objetivos del Mapa Estratégico. En consecuencia tendremos una data histórica adaptada a una Red Bayesiana.

### 3.8 CÁLCULO DE PROBABILIDADES

Para simular con Redes Bayesianas es necesario calcular las probabilidades a-priori y a-posteriori utilizando la data histórica adaptada para una Red.

#### a) Calculo de probabilidades a priori:

Veamos como se calcula la probabilidad de un evento sin condiciones. Además para hacer inferencias sobre una Red Bayesiana es necesario calcular las probabilidades de todos los nodos. Ahora calcularemos las probabilidades a priori para el cual solamente consideraremos todos los nodos que no tienen padres o que no dependen de otro nodo.

Suponiendo que nuestra población es finita y lo denotaremos "n". El cálculo de las probabilidades a priori simplemente sería la división de el numero de veces que se repite el evento entre el total de experiencias del evento.

Población = n

m= número de veces que se repite el evento a,  
entonces, la probabilidad de que ocurra a es m/n:

$$P(a) = m/n \dots\dots\dots 3.1$$

Ahora para entenderlo mejor, consideremos la Sub Red de la Red Bayesiana:

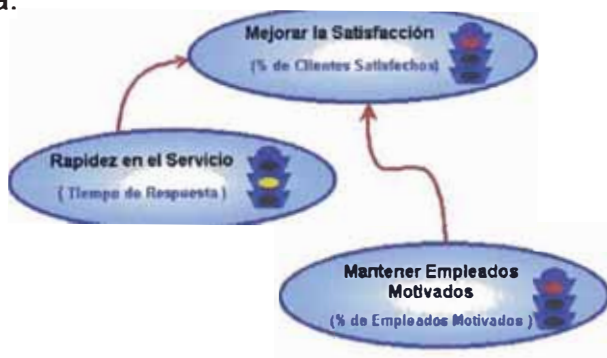


Figura 3.10 – Sub Red Bayesiana

En esta Sub Red los nodos que no tienen padres son **Empleados Motivados** y **Rapidez en el Servicio**. Su data histórica adaptada, que está asociada de esta Sub Red, sería:

Mes	ME	TRS	CS
1	3	2	2
2	1	3	3
3	3	1	2
4	2	2	3
5	3	3	1
6	2	3	3
7	3	1	1
8	1	2	3
9	3	3	2
10	1	2	1
11	1	1	3
12	1	1	2

Cuadro 3.7 – Data Histórica Adaptada a la Sub Red Bayesiana

Ahora para calcular las probabilidades a-priori, utilizamos la fórmula presentada en la ecuación 3.1 y obtenemos las probabilidades a-priori que lo mostramos en el siguiente cuadro:

P(ME-1)	P(ME-2)	P(ME-3)
0,42	0,17	0,42

P(TRS-1)	P(TRS-2)	P(TRS-3)
0,33	0,33	0,33

**b) Cálculo de probabilidad a-posteriori o condicional:**

La probabilidad Condicional o a-posteriori a diferencia de la anterior se refiere a la probabilidad de un evento dado que ocurra otro, esto se denota de la siguiente manera:

$$P(A|S) \dots\dots\dots 3.2$$

Esto es dicho de esta manera: Cual es la probabilidad que ocurra el evento A dado que ocurre el evento S



El cálculo de esta probabilidad se hace utilizando el Teorema de Bayes, descrita en el capítulo II.

Osea:

$$P(x|y) = P(x).P(y|x) / \sum_{x'} P(x').P(y | x') \dots\dots\dots 3.3$$

Donde X y Y son dos conjuntos disjuntos de variables tales que P(Y)>0.

Veamos un ejemplo.

Consideremos la Sub Red presentada en la **Figura 3.10**. En esta Sub Red, tenemos tres nodos, de los cuales el nodo **Mejorar Satisfacción** depende de los nodos **Rapidez en el Servicio** y **Mantener empleados Motivados**. Entonces formulamos la siguiente interrogante: ¿cuál es la probabilidad de que el objetivo *Mejorar Satisfacción* este en Rojo dado que la *Rapidez en el Servicio* esta en amarillo y *Mantener Empleados Motivados* está en Rojo?.

Para responder a ésta pregunta calculamos la probabilidad condicional para cada combinación y para ello construiremos una tabla asociada al indicador Cliente Satisfechos del objetivo Mejorar la Satisfacción del Cliente.

ME	TRS	Satisfacción del Cliente			
		1	2	3	
1	1	0,00	0,50	0,50	1,00
1	2	0,50	0,00	0,50	1,00
1	3	0,00	0,00	1,00	1,00
2	1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2	0,00	0,00	1,00	1,00
2	3	0,00	0,00	1,00	1,00
3	1	0,50	0,50	0,00	1,00
3	2	0,00	1,00	0,00	1,00
3	3	0,50	0,50	0,00	1,00

Cuadro 3.8 – Probabilidades a-posteriori

Para responder a la pregunta anterior tendríamos que calcular la probabilidad del casillero pintado de color verde, y su función de probabilidad sería:

$$P^* [SC(Verde)] = P[SC(Verde) / ME(Rojo), TRS(Amarillo)]$$

Pero todo este cálculo, utilizando la función de probabilidad, lo podemos hacer de manera sencilla en una hoja de cálculo. Realicemos dicho cálculo para la Tabla presentada anteriormente

DHJ	ME	TRS	SC	Conteo	Conteo/Total	Prob.Cond
322	1	1	1	111	0	0,000
133	1	1	2	112	1	0,083
312	1	1	3	113	1	0,083
223	1	2	1	121	1	0,083
331	1	2	2	122	0	0,000
233	1	2	3	123	1	0,083
311	1	3	1	131	0	0,000
123	1	3	2	132	0	0,000
332	1	3	3	133	1	0,083
121	2	1	1	211	0	0,000
113	2	1	2	212	0	0,000
112	2	1	3	213	0	0,000
	2	2	1	221	0	0,000
	2	2	2	222	0	0,000
	2	2	3	223	1	0,083
	2	3	1	231	0	0,000
	2	3	2	232	0	0,000
	2	3	3	233	1	0,083
	3	1	1	311	1	0,083
	3	1	2	312	1	0,083
	3	1	3	313	0	0,000
	3	2	1	321	0	0,000
	3	2	2	322	1	0,083
	3	2	3	323	0	0,000
	3	3	1	331	1	0,083
	3	3	2	332	1	0,083
	3	3	3	333	0	0,000
Suma Total				12	1	1

Cuadro 3.9

En la columna DHJ(Data Histórica Juntada) se presenta la data histórica concatenada para facilitar el conteo. En la tercera columna se muestra la concatenación de las combinaciones de los indicadores ME, TRS y SC. En la columna **Conteo** se realiza el conteo de la columna **DHJ** según la combinación de la tercera columna; por ejemplo: el valor del segundo casillero de la columna **Conteo** es 1, que quiere decir que la combinación 112 existe en la columna **DHJ** solo una vez. Luego, en la columna **Conteo/Total** calculamos la probabilidad de esa combinación, ósea 1/12. Finalmente en columna **Prob.Cond** la probabilidad condicional buscada, del segundo casillero de la columna **Prob.Cond**, es:

$$\frac{0.83}{0 + 0.83 + 0.83} = 0.5$$

De la misma manera calculamos las probabilidades del resto de los casilleros del cuadro 3.9.

Ahora si tenemos las probabilidades necesarias para utilizar el algoritmo de **Propagación de Árboles** para hacer inferencias sobre los indicadores.

### 3.9 CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA PARA EL CMI

Para construir una Red Bayesiana asociada a un Cuadro de Mando se necesita cumplir con dos precondiciones:

- **Primera condición:** Validar las hipótesis planteadas en el mapa estratégico. Para esta condición utilizaremos el coeficiente de Pearson.
- **Segunda condición:** Preparación de la data histórica adaptada para el cálculo de probabilidades a-priori y a-posteriori.

En la sección 3.5 se validaron las hipótesis del Mapa Estratégico. Y en el sección anterior de transformaciones

invariantes presentamos una función que traslada a todos los indicadores a la misma dimensión.

Por lo tanto, tenemos los componentes necesarios para cumplir con las condiciones exigidas para simular con Redes Bayesianas.

Para construir nuestra Red Bayesiana asociada al Cuadro de Mando se ha utilizado el Software Netica.

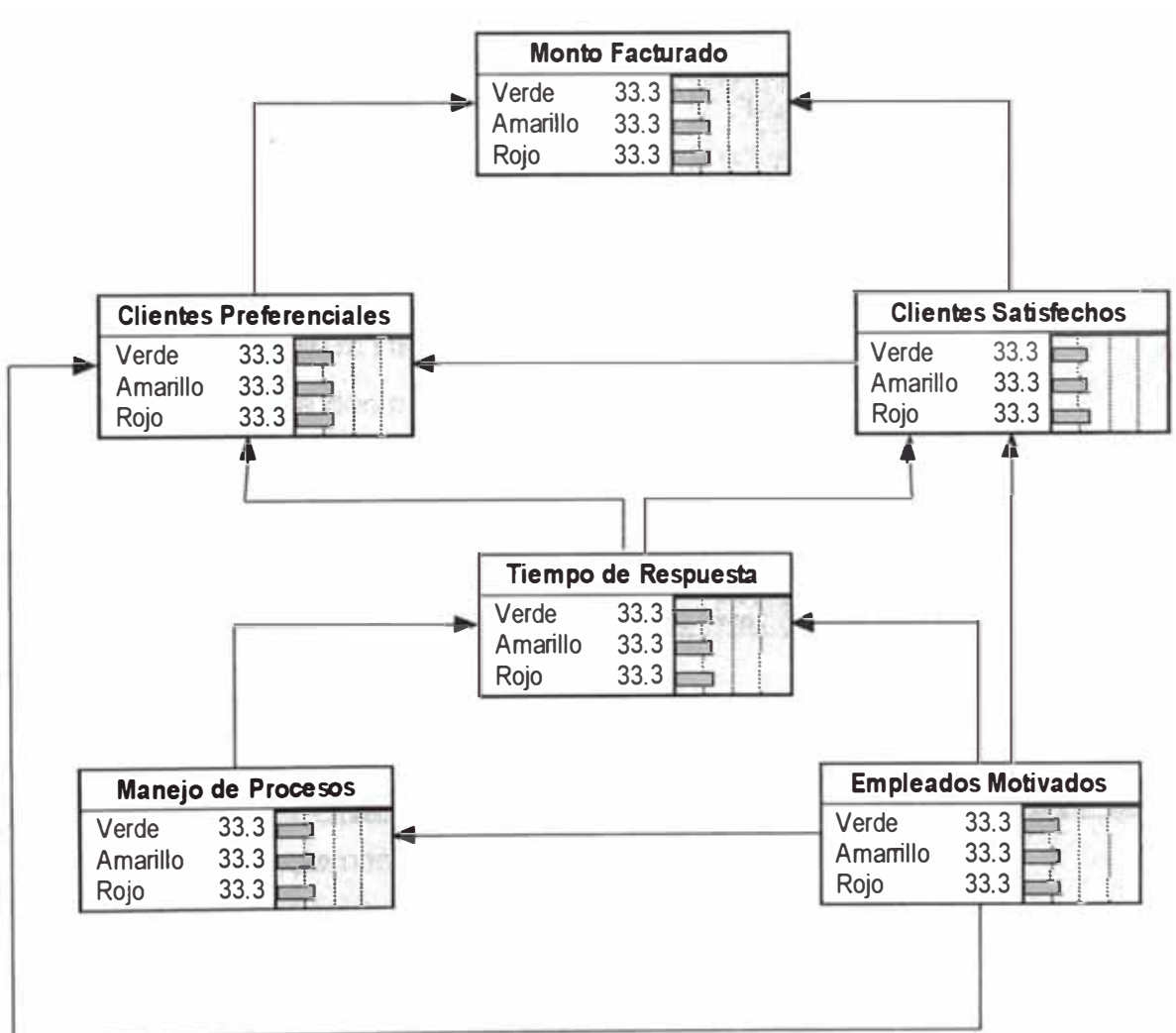


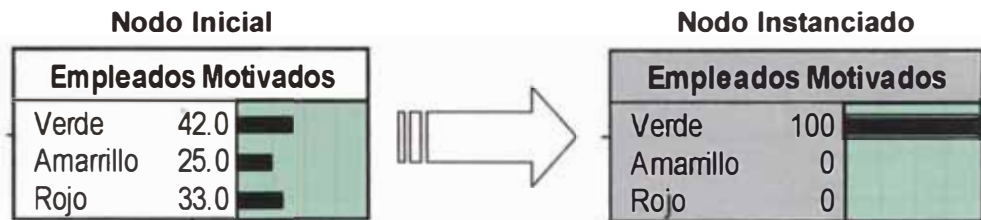
Figura 3.11 Red Bayesiana asociada al Cuadro de Mando Integral

### 3.10 PROCESO DE INFERENCIA

Para hacer inferencias sobre una Red Bayesiana existen dos pasos previos: Poner a la Red en su Estado Inicial y luego Instanciar. Para ello es necesario definir los conceptos de instancia, instancia múltiple y finalmente inferencia.

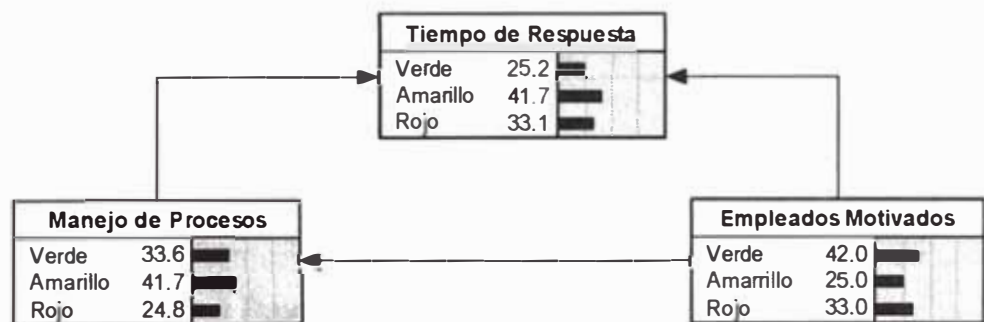
**INSTANCIA:** Consiste en cambiar la probabilidad de las opciones de uno de los nodos de la Red.

**Ejemplo:**

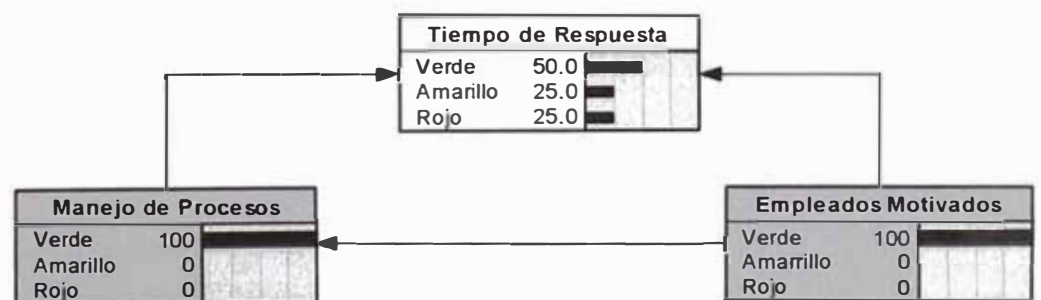


**INSTANCIA MÚLTIPLE:** Es el proceso de cambiar la probabilidad de dos o mas nodos de la Red.

**Ejemplo:** Consideremos la siguiente Sub Red Bayesiana



Ahora instanciamos en los nodos **Manejo de Procesos** y **Empleados Motivados**, la Red queda de la siguiente forma:



## PASO 1 : ESTADO INICIAL

El estado inicial consiste en calcular las probabilidades a priori y a-posteriori de la Red a partir de la data histórica. La forma del cálculo es como se indicó en la sección anterior.

Entonces la Red en su ESTADO INICIAL sería la siguiente:

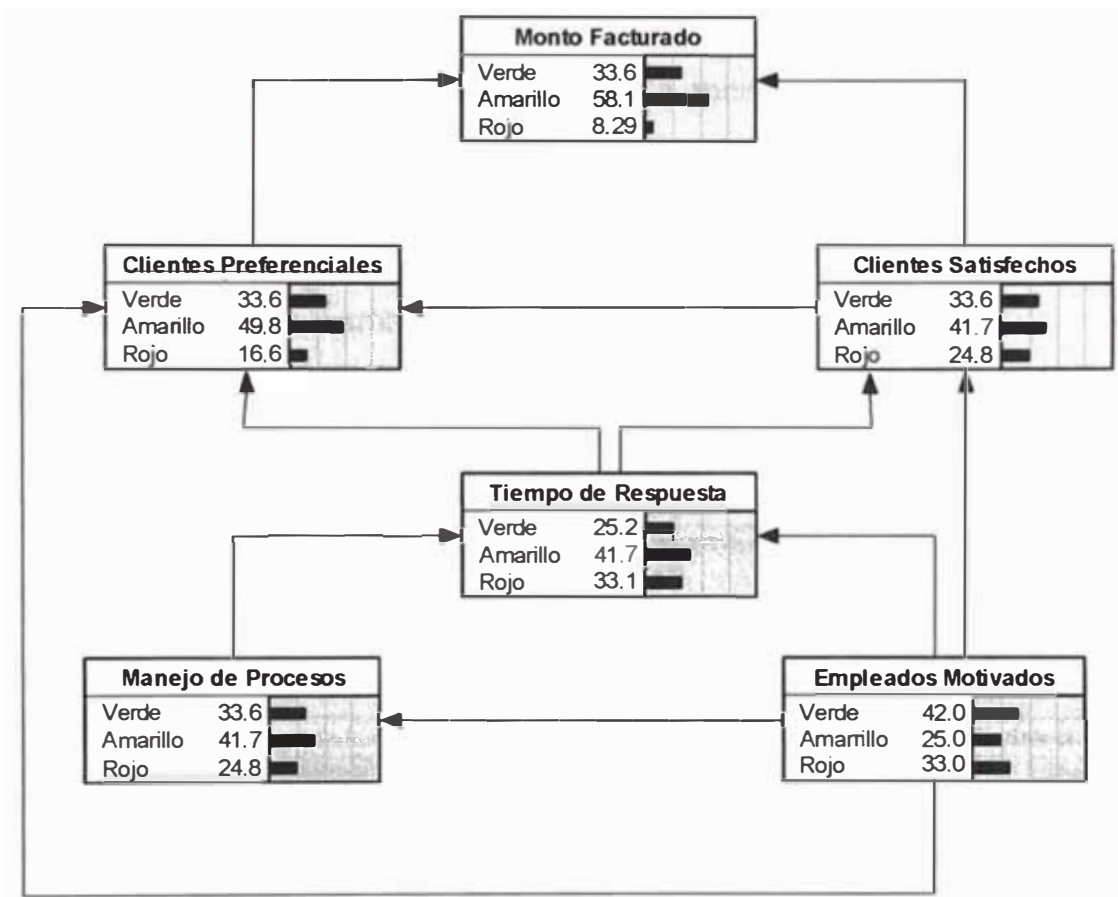


Figura 3.12 Red Bayesiana en su Estado Inicial

Ahora estamos listos para instanciar sobre los indicadores.

## PASO 2 : INSTANCIAMIENTO

Formulamos preguntas para luego hacer inferencias:

- ¿Qué ocurre con el **Monto Facturado** si el **Manejo de Procesos** es eficiente y los **Empleados** están bien **Motivados**? Es decir;  
¿qué ocurre con el nodo **Monto Facturado** si la probabilidad de los nodos **Manejo de Procesos** y **Empleados Motivados** es alta en la opción verde?

Para responder a esta pregunta debemos instanciar en los Nodos **Manejo de Procesos** y **Empleados Motivados**. Veamos como cambia la probabilidad del nodo **Monto Facturado** una vez que instanciamos los nodos mencionados:

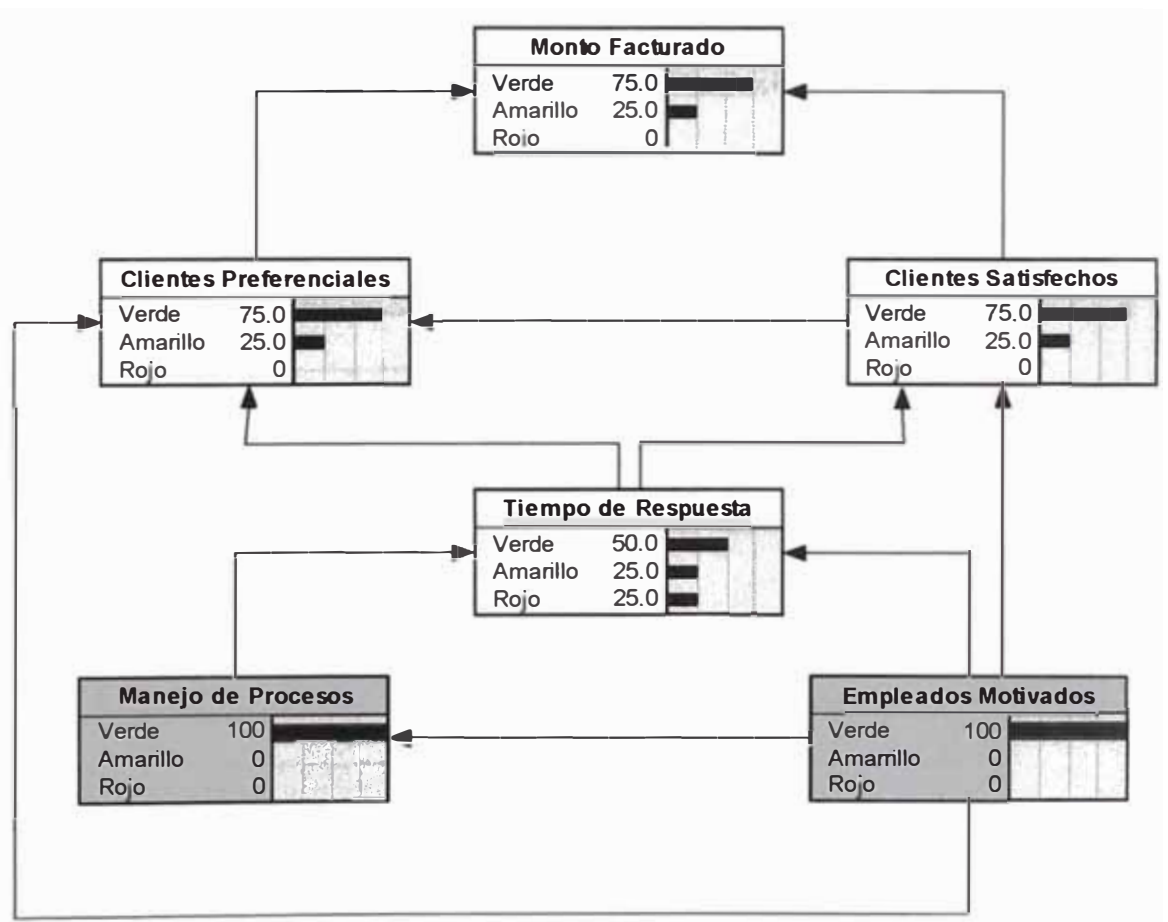


Figura 3.13 Red Bayesiana con Instancia Múltiple

Entonces, podemos observar que la probabilidad de la opción verde del nodo **Monto Facturado** a incrementado de 33.6 (ver figura 3.12) a 75.0 (ver figura 3.13). lo cual quiere decir que si en el siguiente período nos concentramos en mejorar el **Manejo de Procesos** y mejorar la **Motivación de los empleados**; la seguridad de que alcanzaremos las meta del **Monto Facturado** es alta.

- ¿En que debo centrarme para que el Monto Facturado esté de acuerdo a las metas establecidas?.

Para responder ha esta pregunta instaciamos en el nodo **Monto Facturado**; es decir:

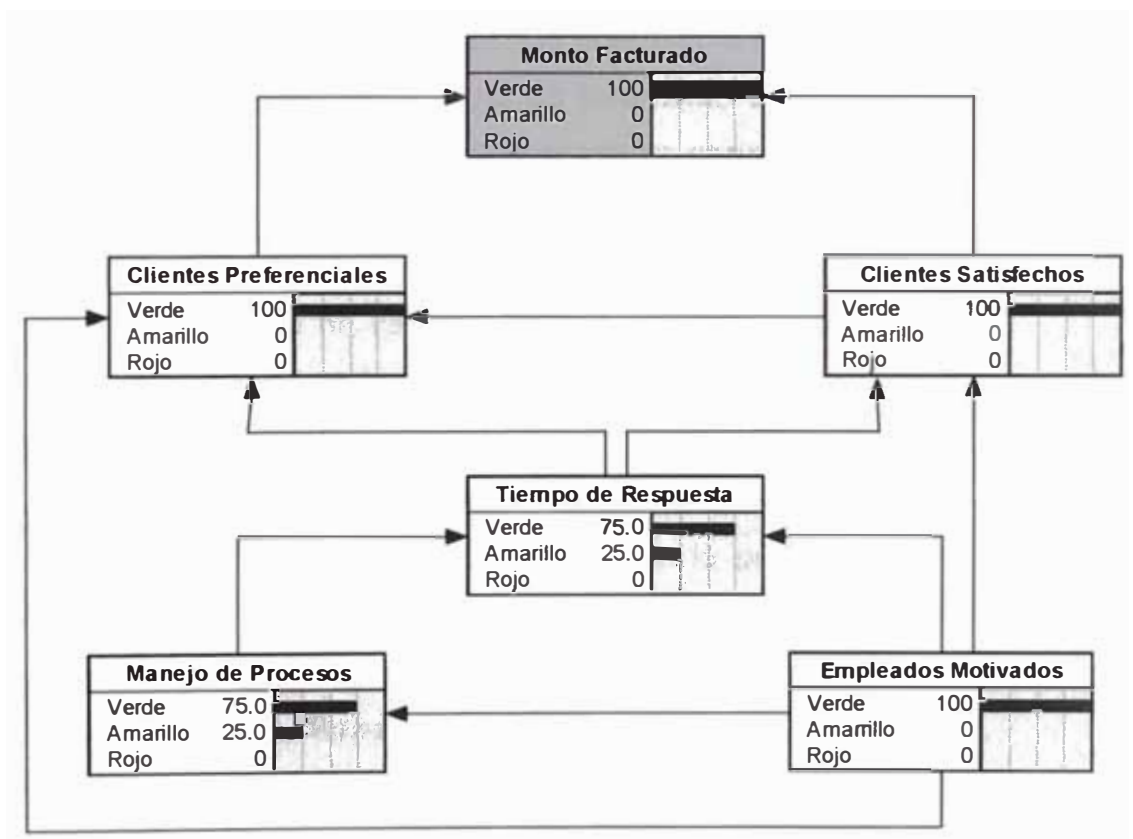


Figura 3.14 Red Bayesiana con una sola instancia



### PASO 3 : INFERENCIAS

Lo que se debe tener bastante claro es identificar nuestra unidad de análisis para que la inferencia tenga sentido. En este caso como el Cuadro de Mando Integral trabaja con los indicadores que tienen puntos de control cada cierto tiempo; entonces nuestra unidad de análisis son todos los indicadores cuyos puntos de control están en la misma dimensión de período.

La data que se está analizando tiene indicadores con puntos de control mensual, por lo tanto el periodo que debemos analizar debe ser mensual. Entonces ¿que significa el hecho de que en el nodo **Monto Facturado** de la red inicial (Figura 3.11), la probabilidad de la opción verde es de 33.6%?. Significa que la probabilidad de que el siguiente mes se logre la meta del Monto a Facturar, es de solamente 33.6%. aquí la inferencia que se hace es para el siguiente período; es decir la seguridad de que el siguiente mes se logre alcanzar la Meta del Monto a Facturar es solo del 33%.

Hasta aquí no se ha hecho ningún tipo de simulación. Pero existe un problema: el de no cumplir con la meta trazada puesto que la probabilidad es muy baja Entonces nace la necesidad de simular cambiando las probabilidades de los nodos de la red y ver como mejoramos la probabilidad de 33%. Para ello podemos plantear la siguiente pregunta: ¿qué pasa con **Monto Facturado** si logramos tener **Empleados Motivados** y el **Manejo de Procesos** es eficiente?. Esta pregunta nos lleva el mundo de simulación bajo su clásica pregunta que pasa si?. Y en nuestro contexto Bayesiano tenemos que instanciar en la Red Bayesiana para responder a esta pregunta. Naturalmente se debe instanciar en los nodos **Monto Facturado** y **Empleados Motivados**. En la figura 3.13 se muestra la Red instanciada y podemos observar que la

probabilidad de que el **Monto Facturado** esté en verde es de 75%; es decir la seguridad de que el siguiente período se logre alcanzar la meta de venta es de 75%.

Es muy importante que el fin empresarial este bien definido para simular la Red Bayesiana.

En resumen una vez construida la Red Bayesiana asociada a un Cuadro de Mando, las inferencias se hacen sobre el siguiente periodo de un indicador.

### 3.11 PLANIFICACIÓN DE ESCENARIOS.

#### a. Análisis de escenarios.

El objetivo principal de la simulación por escenarios es tener dos o más alternativas y optar por la mejor.

Instanciando sobre los nodos con diferentes tipos de combinación, podemos obtener el mismo resultado. O es posible que también se obtengan diferentes resultados a partir de diferentes combinaciones de inferencia. Todo depende del objetivo que se pretende alcanzar con el modelo.

Puesto que el objetivo principal del mapa estratégico (ver figura 3.1) es Incrementar el Volumen de Ventas, entonces un primer escenario puede ser el Modelo de Red Bayesiana presentada en la figura 3.13. Este modelo de red tiene dos nodos instanciados que han logrado mejorar la probabilidad de la opción verde del nodo **Monto Facturado** a un 75%.

El segundo escenario que podemos considerar es cuando instanciamos en el nodo **Tiempo de Respuesta**. Aquí la

probabilidad de la opción verde del nodo Monto Facturado cambia a 100%.

b. Documentación de escenarios.

Una vez que se ha hecho inferencias sobre los nodos de la Red, y si vemos que es una combinación que nos pueda ayudar a la toma de decisiones, procedemos a guardar el modelo resaltando los nodos donde se hizo las inferencias y los resultados que obtuvo por las inferencias hechas. Luego, se hace una descripción sencilla mencionando las causas que provocan las consecuencias o los beneficios que se espera. Análogamente se hace con cada escenario.

c. Toma de decisiones.

Es la última etapa donde se toma una decisión final. Presentaremos los pasos que se debe seguir para la toma de decisiones.

**Preparar el informe:** En esta etapa se elabora una presentación de los escenarios que tienen una descripción sencilla.

**Presentación del informe.** La presentación del informe debe ser enfocada en la estrategia que se tiene por cada escenario aplicando la ley de la cosecha. Es decir, en que indicadores debemos enfocarnos los próximos meses para obtener mayores beneficios. No olvidar que en la presentación se debe hacer un análisis causal.

**Toma de decisión:** Luego que se presentan los diferentes escenarios, se solicita a cada miembro de grupo que de su punto de vista y por cual estrategia descrita en cada escenario optaría. Una posible estrategia a seguir podría ser aquella que tuvo mayor aceptación. Pero, es necesario un análisis detallado utilizando la experiencia y la intuición

por parte de los ejecutivos para decidir por la estrategia a seguir.

### 3.12 METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN BAYESIANA PARA EL BSC.

Ahora presentaremos un mapa de la metodología para tener una visión holística.

#### 3.12.1 La metodología en forma gráfica.

El siguiente modelo presenta alternativas para simular utilizando otras metodologías y están en orden de complejidad para elaborar el modelo.

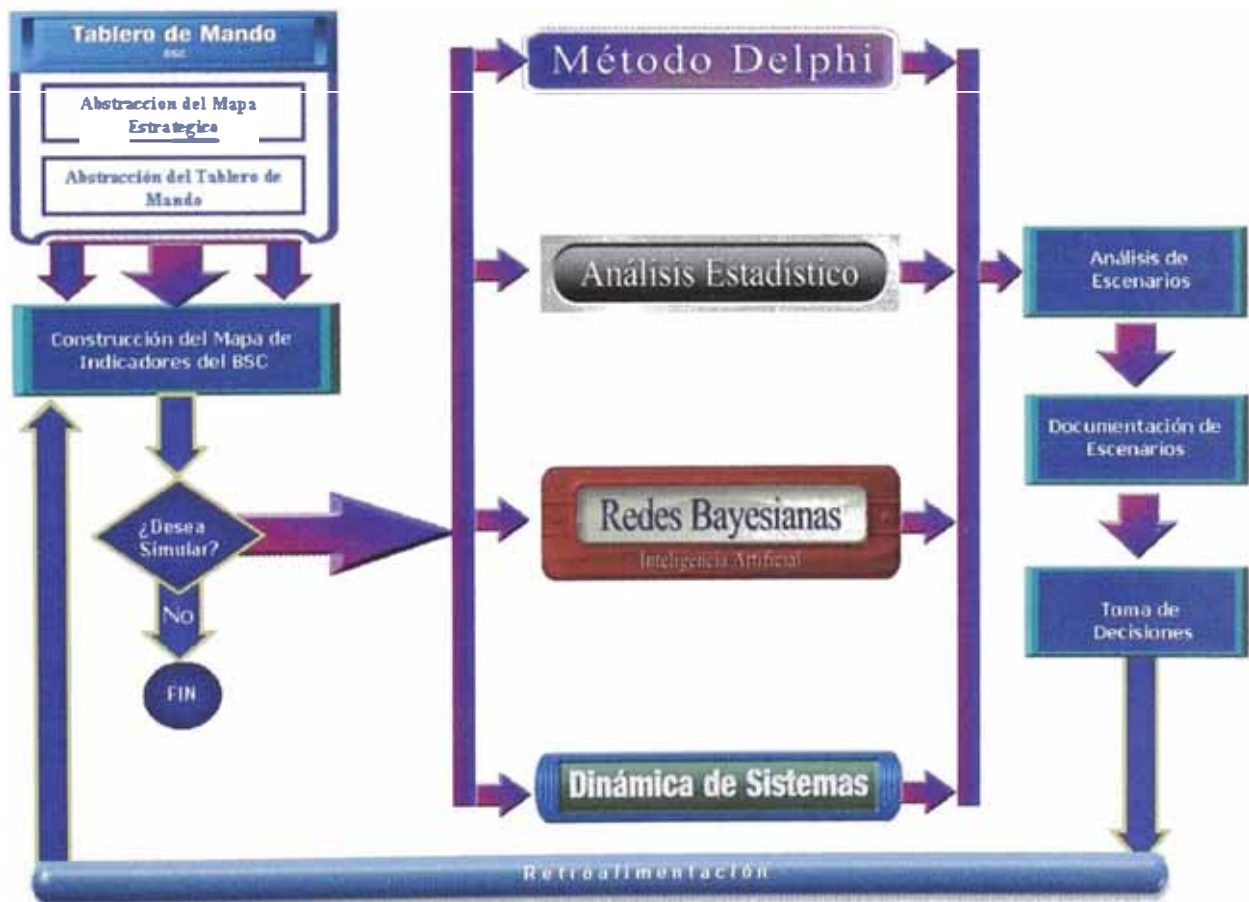


Figura 3.15 – Mapa General de Simulación del BSC

## Mapa de Simulación Bayesiana para el BSC

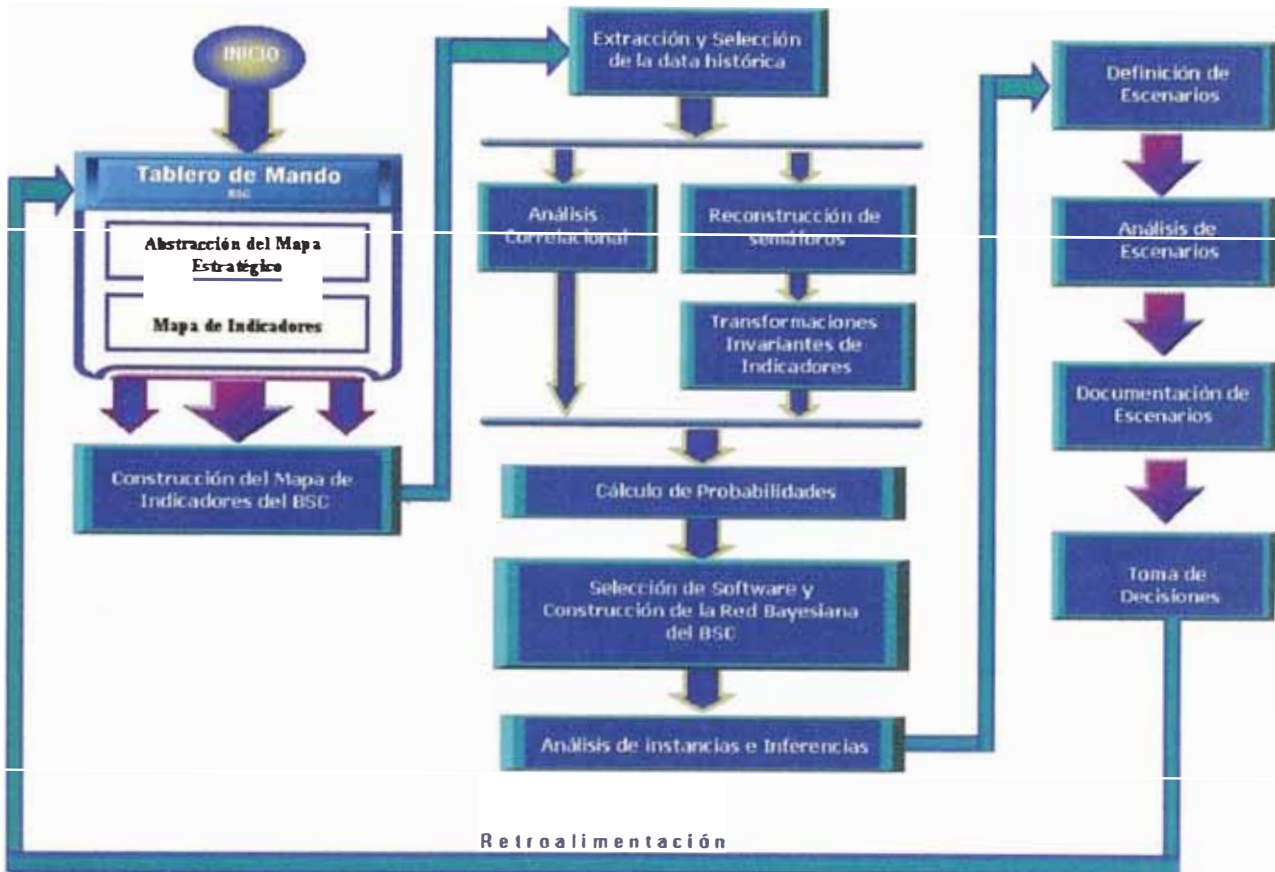


Figura 3.16

### 3.13 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA

En el primer Mapa de Simulación del Cuadro de Mando presentamos las alternativas que uno puede optar para simular dicho Cuadro de Mando. Naturalmente cada una de ellas reporta un tipo de información diferente para su análisis. En el segundo mapa presentamos la Metodología Bayesiana para simular el Cuadro de Mando. Aquí la metodología inicia con la construcción del Mapa de Indicadores asociados al Mapa Estratégico y al Tablero de Mando; lo cual se supone que ya se tiene definido. Luego, como las variables del Mapa de Indicadores están relacionados entre si, con una relación

de tipo causa-efecto; se procede a validar estas relaciones (hipótesis planteadas al inicio de la construcción del Mapa Estratégico) utilizando el coeficiente de correlación Pearson. Cuando se tiene Cuadros de Mandos por Unidades Estratégicas y se desea tener uno corporativo para la toma de decisiones; hacemos una reconstrucción de semáforos y luego una transformación invariante. Esta reconstrucción y transformación lo que hace es juntar indicadores operativos que están en diferentes escalas y dimensiones, trasladándolos a una misma dimensión para tener un solo indicador.

Luego continuamos con el cálculo de probabilidades a-priori y a-posteriori, para ello aplicamos el Teorema de Bayes y como herramienta de apoyo para agilizar los cálculos utilizamos la hoja electrónica de Excel.

Una vez calculada las probabilidades estamos listos para construir la Red Bayesiana asociado al Cuadro de Mando y al Mapa Estratégico de un BSC. Para ello es necesario seleccionar una herramienta informática de apoyo, por ejemplo Netica, JBayes, Bayes, etc. Naturalmente cuando construimos la Red Bayesiana, insertaremos las probabilidades obtenidas en un paso anterior.

Una vez construida la Red estamos en condiciones de hacer inferencias sobre cualquier nodo o indicador.

Finalmente al hacer inferencias y analizar las instancias simultáneas en dos o mas nodos/indicadores, tenemos que seleccionar dos o más modelos óptimos instanciados, para luego optar por uno de ellos. Es necesario guardar y documentar los modelos para su posterior ejecución y monitoreo.

### **3.14. BENEFICIOS DE LA METODOLOGÍA**

La metodología ofrece una manera práctica y sencilla para construir una Red Bayesiana asociada a un Tablero de Mando. El costo de construcción en cuanto a uso de recursos informáticos y recursos humanos, es bastante económico ya que las herramientas que se utiliza son accesibles a un costo promedio de 350 dólares americanos y la cantidad de personas que se necesita está entre dos o tres personas. Como resultado de esta metodología que es identificar a través de inferencias el modelo óptimo de la Red; ayuda a la alta gerencia para que pueda tomar una decisión eficaz, con un bajo grado de incertidumbre, en la elección de la estrategia a seguir permitiendo invertir en proyectos e iniciativa que realmente apoyarán de manera efectiva a lograr los objetivos empresariales plasmados en un Mapa Estratégico.

### 3.15 METODO DELPHI

Qué podemos hacer cuando no se tiene una data histórica y se desea saber el comportamiento o la tendencia futura de las variables empresariales o del Cuadro de Mando Integral, para decidir la estrategia.

Una alternativa son los métodos de prospectiva que estudian el futuro en lo que se refiere a la evolución de los factores del entorno tecno-socio-económico y las interacciones entre estos factores. De esta manera las organizaciones podrán desarrollar sus planes estratégicos con la seguridad de que se van a conseguir los objetivos a largo plazo que tenía previstos.

Dentro de los métodos generales de prospectiva se pueden destacar los siguientes: *Métodos de Expertos (método Delphi)*, *Métodos Extrapolativos* y *Métodos de Correlación*.

Para nuestro estudio trabajaremos con el método Delphi. El método Delphi fue elaborado en los años 60' por Olaf Helmer de la Rand Corporation (Santa Mónica – California), y denominado de tal forma en homenaje al Oráculo de Delphos de la Antigua Grecia.

**Método Delphi:** Consiste en interrogar individualmente, por medio de una serie de cuestionarios, a un panel de "expertos" seleccionados en función de su profesión, cultura o cargo, con el objetivo de identificar escenarios futuros en los temas de interés. Los cuestionarios se administran en sucesivas rondas, en las que se intenta, a través de la presentación de los resultados de la ronda anterior, generar pronósticos de consenso creciente. A pesar de su nombre el cuestionario no sólo hace preguntas, sino que además provee información a



los miembros del panel sobre el grado de consenso y los argumentos presentados por las diferentes posiciones.

En la realización de un Delphi aparece una terminología específica:

**Circulación:** Es cada uno de los sucesivos cuestionarios que se presenta al grupo de expertos.

**Cuestionario:** El cuestionario es el documento que se envía a los expertos. No es sólo un documento que contiene una lista de preguntas, sino que es el documento con el que se consigue que los expertos interactúen, ya que en él se presentarán los resultados de anteriores circulaciones.

**Panel :** Es el conjunto de expertos que toma parte en el Delphi.

**Moderador:** Es la persona responsable de recoger las respuestas del panel y preparar los cuestionarios.

El siguiente mapa que presentamos está diseñado para analizar y obtener información del comportamiento futuro de cada uno de los objetivos del mapa estratégico de un BSC.

## MAPA DEL METODO DELPHI

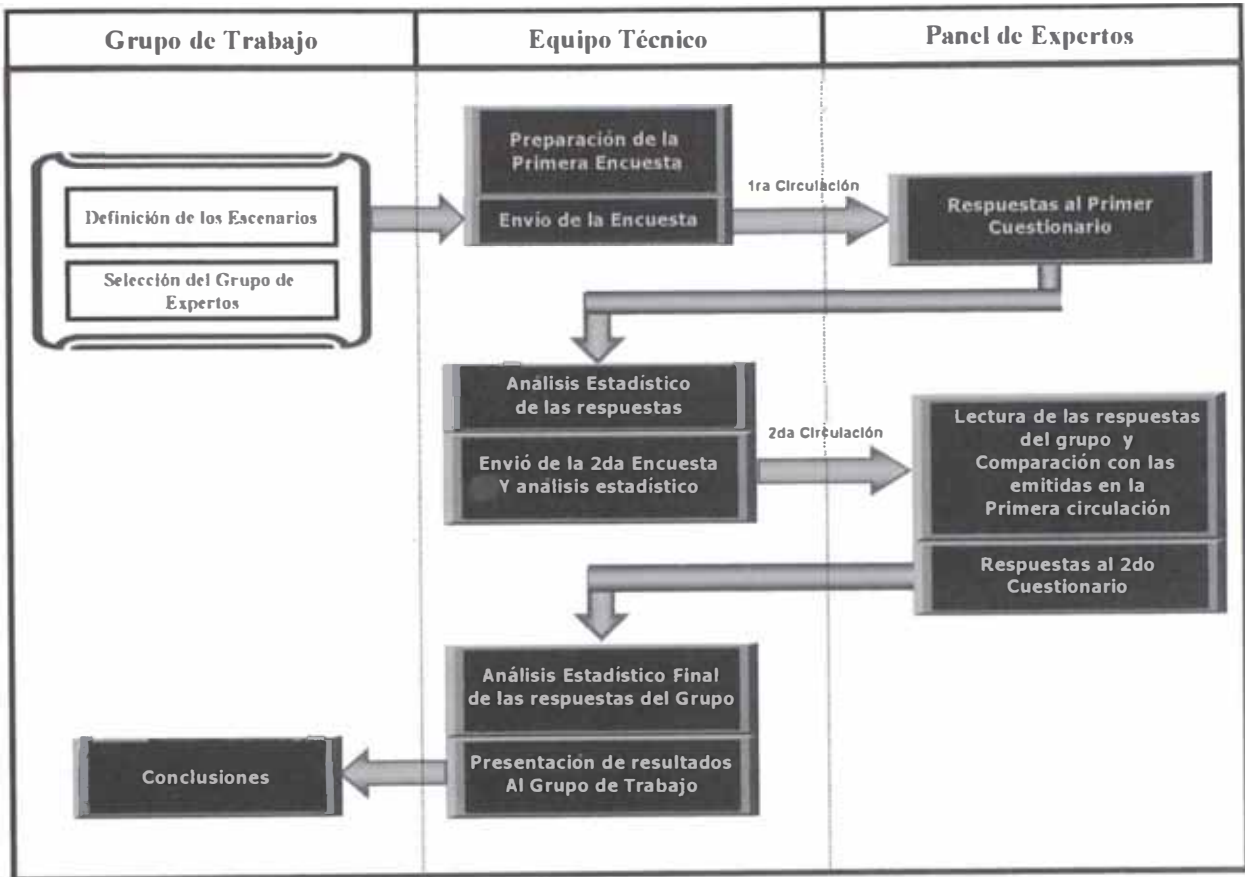


Figura 3.16

## **CAPITULO IV**

### **RED BAYESIANA ASOCIADA AL CMI DE PANIFICADORA FIGUERI S.R.L.**

#### **4.1 PRELIMINARES**

En este capítulo utilizaremos la metodología propuesta para construir una Red Bayesiana asociada a un BSC. Se ha trabajado con la panificadora Figueri S.R.L. valorizada en más de un cuarto de millón de dólares. Dicha empresa tiene una cadena de distribuidores, así como clientes en diferentes provincias del Perú. Naturalmente, esta empresa ha implementado su BSC hace dos años. Actualmente está integrando todo su sistema de información con el sistema de BSC como estrategia para tener en línea la información que se necesita. Esta panificadora se encuentra en una etapa de crecimiento rápido puesto que su ventaja competitiva es la innovación de los antiguos y nuevos productos. La gerencia general autorizó trabajar este proyecto puesto que lo está considerando como otra ventaja competitiva la simulación de su Mapa Estratégico para mejorar sus ingresos, incrementar la cartera de sus clientes, y fidelizar a sus clientes antiguos.

#### 4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE INDICADORES DEL BSC.

Como lo mencionamos en el capítulo anterior, el Mapa de Indicadores se construye a partir del Mapa Estratégico y el Tablero de Mando. Entonces veamos el Mapa Estratégico de Figueri S.R.L. es el siguiente.

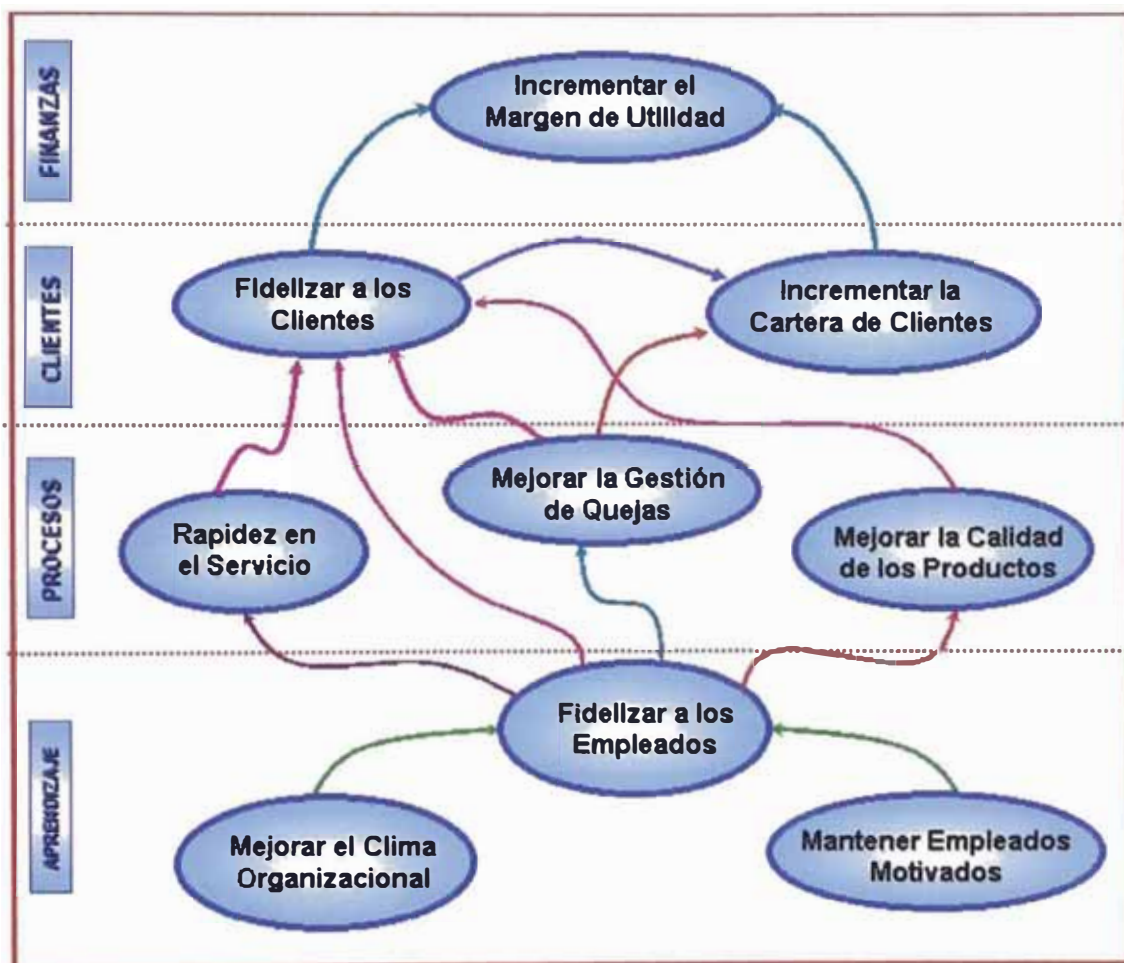


Figura 4.1 – Mapa Estratégico Figueri SRL

A partir de este mapa construimos el mapa de indicadores que sería el siguiente:

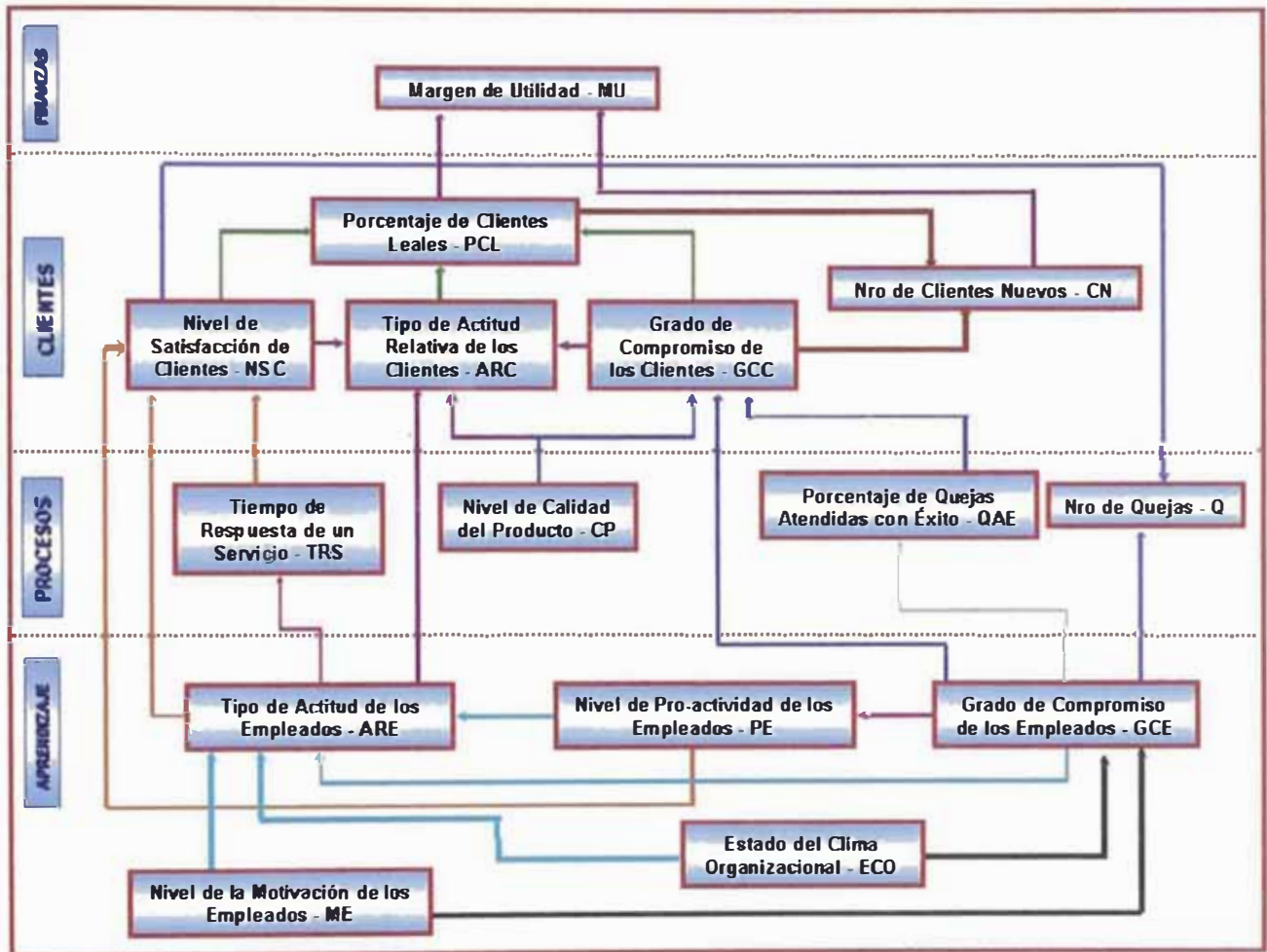


Figura 4.2 – Mapa Indicadores de Figueri SRL

Para verificar que efectivamente existe relación entre los indicadores relacionados de este mapa de indicadores podemos utilizar el análisis correlacional y tener una primera validación.

#### 4.3 EXTRACCIÓN Y SELECCIÓN DE DATA HISTÓRICA

Para obtener los datos, se solicitó acceder a la base de datos del sistema de BSC. Del total de los indicadores solamente se consideraron aquellos que tenían una data histórica. Se obtuvo la siguiente data de indicadores:

Indicadores estratégicos															
Mes	ME	ECO	GCE	PE	ARE	TRS	CP	QAE	Q	NSC	ARC	GCC	CN	PCL	MU
1	5	9	7	7	9	37	4	6	55	25	16	5	10	11	1500
2	14	13	11	14	11	33	10	13	55	33	23	11	27	20	2800
3	18	18	18	18	18	25	20	20	40	38	25	18	55	10	3000
4	24	25	19	25	25	28	20	25	35	46	36	24	77	27	5000
5	28	26	25	20	30	35	25	28	30	53	38	28	102	30	5562
6	30	33	36	45	35	20	35	35	25	53	46	34	116	37	6500
7	39	42	28	35	29	18	36	38	30	61	55	36	128	45	7864
8	42	32	43	50	43	16	50	43	23	59	50	42	139	50	8756
9	45	49	48	40	49	15	45	50	20	68	58	45	178	50	9950
10	54	53	45	50	54	10	55	55	17	78	64	60	185	64	9715
11	41	55	60	57	50	5	56	60	8	85	69	59	220	80	12100
12	62	65	65	55	65	3	57	45	2	85	73	63	245	75	14500

Cuadro 4.1 – Data histórica de Indicadores

donde cada indicador está codificado del siguiente modo:

<b>ME</b>	Nivel de la Motivación de los Empleados
<b>ECO</b>	Estado del Clima Organizacional
<b>GCE</b>	Grado de Compromiso de los Empleados
<b>PE</b>	Nivel de Pro-actividad de los Empleados
<b>ARE</b>	Tipo de Actitud de los Empleados
<b>TRS</b>	Tiempo de Respuesta de un Servicio
<b>CP</b>	Nivel de Calidad del Producto
<b>QAE</b>	Porcentaje de Quejas Atendidas con Exito
<b>Q</b>	Nro de Quejas
<b>NSC</b>	Nivel de Satisfacción de Clientes
<b>ARC</b>	Tipo de Actitud Relativa de los Clientes
<b>GCC</b>	Grado de Compromiso de los Clientes
<b>CN</b>	Nro de Clientes Nuevos
<b>PCL</b>	Porcentaje de Clientes Leales
<b>MU</b>	Margen de Utilidad

#### 4.4 ANÁLISIS CORRELACIONAL DEL MAPA DE INDICADORES

Para hacer el análisis correlacional utilizamos la data histórica de los indicadores. Para el cálculo de los coeficientes de correlación se utilizó el coeficiente de Pearson y como herramienta se utilizó la hoja de cálculo Excel 2000: A continuación presentamos la tabla de los valores de r.

	ME	ECO	GCE	PE	ARE	TRS	CP	QAE	Q	NSC	ARC	GCC	CN	PCL	MU
ME	1.00														
ECO	0.95	1.00													
GCE	0.91	0.94	1.00												
PE	0.89	0.89	0.94	1.00											
ARE	0.96	0.95	0.97	0.92	1.00										
TRS	-0.89	-0.93	-0.94	-0.94	-0.90	1.00									
CP	0.95	0.93	0.96	0.97	0.96	-0.94	1.00								
QAE	0.89	0.91	0.91	0.93	0.91	-0.90	0.96	1.00							
Q	-0.92	-0.94	-0.97	-0.93	-0.97	0.91	-0.95	-0.91	1.00						
NSC	0.94	0.98	0.95	0.91	0.96	-0.92	0.96	0.95	-0.96	1.00					
ARC	0.96	0.99	0.95	0.94	0.95	-0.93	0.96	0.95	-0.96	0.99	1.00				
GCC	0.96	0.97	0.96	0.94	0.98	-0.94	0.98	0.95	-0.97	0.99	0.98	1.00			
CN	0.95	0.98	0.98	0.92	0.98	-0.93	0.96	0.94	-0.98	0.99	0.98	0.98	1.00		
PCL	0.90	0.95	0.95	0.93	0.93	-0.92	0.94	0.93	-0.92	0.97	0.97	0.97	0.96	1.00	
MU	0.95	0.97	0.98	0.92	0.97	-0.93	0.95	0.90	-0.96	0.97	0.98	0.97	0.99	0.97	1.00

Cuadro 4.2 Tabla del grado de correlación

El analista puede ser estricto en su criterio de validación de las hipótesis. Para nuestro caso se ha considerado que a partir de un coeficiente de correlación de 0.8 podemos validar las hipótesis del mapa de indicadores. Entonces; al observar los coeficientes de la tabla anterior podemos notar que existe una alta correlación entre los indicadores, lo cual significa que las hipótesis del Mapa de Indicadores quedan validadas. Como mencionamos en el capítulo anterior, mientras existe un alto grado de correlación la efectividad de la Red mejora.

#### 4.5 TRANSFORMACIÓN INVARIANTE DE LA DATA DE INDICADORES.

En esta sección se trabajó con la data histórica de los indicadores utilizando la función invariante presentada en el capítulo anterior. El procedimiento para preparar la data histórica adaptada para una Red Bayesiana es el mismo que se hizo en la sección 3.5 del capítulo tres.

A continuación presentamos la data histórica adaptada para la Red Bayesiana.

	ME	ECO	GCE	PE	ARE	TRS	CP	QAE	Q	MU	NSC	ARC	GCC	CN	PCL
1	2	2	2	2	1	2	3	3	1	2	3	3	3	2	3
2	1	3	3	3	3	1	3	2	3	1	2	2	3	3	1
3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	2	3	2	2	3
4	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	2
5	2	3	3	3	1	3	3	2	1	2	1	2	2	1	3
6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2
7	3	3	3	3	3	1	3	2	3	1	1	1	3	2	1
8	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	1
9	2	1	2	2	1	3	3	1	3	1	2	2	3	1	3
10	3	2	3	3	1	2	1	1	3	3	1	1	1	3	1
11	3	3	1	1	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	3	1	1	3	3	2	1	1	2	2	1	1

Cuadro 4.3 Data adaptada a una Red Bayesiana

Donde :

Leyenda
1 = Verde
2 = Amarillo
3 = Rojo

#### 4.6 CÁLCULO DE LAS PROBABILIDADES

En la figura 4.2 podemos observar que cada indicador tiene indicadores que influyen sobre dicho indicador. Entonces para el cálculo de las probabilidades lo separamos en Sub Mapa de Indicadores cuya estructura está dada por un indicador dependiente y todo los indicadores que influyen sobre el.

A continuación presentaremos los sub mapas de indicadores, a partir del mapa mostrado en la figura 4.2. También presentaremos el cálculo respectivo de las probabilidades a-priori y a-posteriori.

##### 4.6.1 Sub Red de Margen de Utilidad

Este sub Mapa de Indicadores se llama Margen de Utilidad porque se trabaja sobre el indicador de Margen de Utilidad.





Figura 4.2 Sub Mapa de Margen de Utilidad

Su data histórica asociada a este sub mapa es:

Mes	PCL	CN	MU
1	3	2	2
2	1	3	1
3	3	2	3
4	2	1	1
5	3	1	2
6	2	1	2
7	1	2	1
8	1	3	2
9	3	1	1
10	1	3	3
11	1	1	1
12	1	1	1

sus probabilidades a-priori son y a-posteriori son:

			Margen de Utilidad				
P(PCL-1)	P(PCL-2)	P(PCL-3)	PCL	CN	1	2	3
0.50	0.17	0.33	1	1	1.00	0.00	0.00
			1	2	1.00	0.00	0.00
			1	3	0.33	0.33	0.33
			2	1	0.50	0.50	0.00
			2	2	0.00	0.00	0.00
			2	3	0.00	0.00	0.00
			3	1	0.50	0.50	0.00
			3	2	0.00	0.50	0.50
			3	3	0.00	0.00	0.00
P(CN-1)	P(CN-2)	P(CN-3)					
0.50	0.25	0.25					
P(MU-1)	P(MU-2)	P(MU-3)					
0.50	0.33	0.17					

#### 4.6.2 Sub Mapa de Porcentaje de Clientes Leales



Figura 4.3 Sub Mapa de Porcentaje de Clientes Leales

La data histórica asociada a este sub mapa es:

Mes	NSC	ARC	GCC	PCL
1	3	3	3	3
2	2	2	3	1
3	2	3	2	3
4	1	1	1	2
5	1	2	2	3
6	2	1	1	2
7	1	1	3	1
8	3	3	2	1
9	2	2	3	3
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	2	2	1

Las probabilidades a-priori son:

P(NSC-1)	P(NSC-2)	P(NSC-3)
0.50	0.33	0.17

P(ARC-1)	P(ARC-2)	P(ARC-3)
0.42	0.33	0.25

P(GCC-1)	P(GCC-2)	P(GCC-3)
0.33	0.33	0.33

Las probabilidades a-posteriori son:

NSC	ARC	GCC	Porcentaje de Clientes Leales		
			1	2	3
1	1	1	0.67	0.33	0.00
1	1	2	0.00	0.00	0.00
1	1	3	1.00	0.00	0.00
1	2	1	0.00	0.00	0.00
1	2	2	0.50	0.00	0.50
1	2	3	0.00	0.00	0.00
1	3	1	0.00	0.00	0.00
1	3	2	0.00	0.00	0.00
1	3	3	0.00	0.00	0.00
2	1	1	0.00	1.00	0.00
2	1	2	0.00	0.00	0.00
2	1	3	0.00	0.00	0.00
2	2	1	0.00	0.00	0.00
2	2	2	0.00	0.00	0.00
2	2	3	0.50	0.00	0.50
2	3	1	0.00	0.00	0.00
2	3	2	0.00	0.00	1.00
2	3	3	0.00	0.00	0.00
3	1	1	0.00	0.00	0.00
3	1	2	0.00	0.00	0.00
3	1	3	0.00	0.00	0.00
3	2	1	0.00	0.00	0.00
3	2	2	0.00	0.00	0.00
3	2	3	0.00	0.00	0.00
3	3	1	0.00	0.00	0.00
3	3	2	1.00	0.00	0.00
3	3	3	0.00	0.00	1.00

### 4.6.3 Sub Mapa de Clientes Nuevos

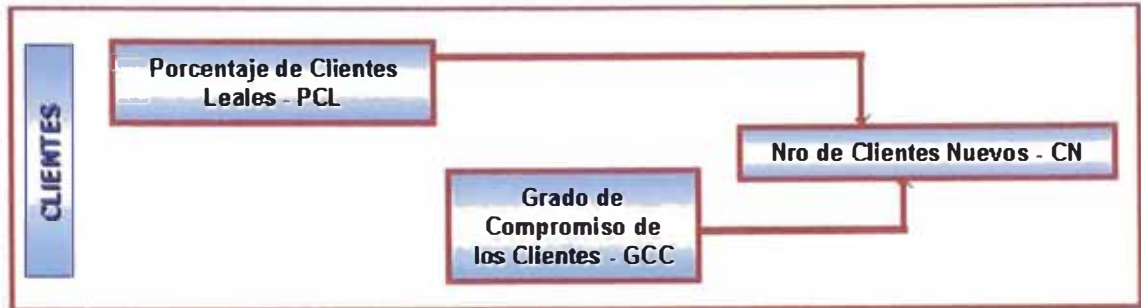


Figura 4.4

Su data histórica asociada es:

Mes	PCL	GCC	CN
1	3	3	2
2	1	3	3
3	3	2	2
4	2	1	1
5	3	2	1
6	2	1	1
7	1	3	2
8	1	2	3
9	3	3	1
10	1	1	3
11	1	1	1
12	1	2	1

sus probabilidades a-priori y a-posteriori son:

			Nro de Clientes Nuevos				
P(PCL-1)	P(PCL-2)	P(PCL-3)	PCL	GCC	1	2	3
0.50	0.17	0.33	1	1	0.50	0.00	0.50
			1	2	0.50	0.00	0.50
			1	3	0.00	0.50	0.50
			2	1	1.00	0.00	0.00
			2	2	0.00	0.00	0.00
			2	3	0.00	0.00	0.00
			3	1	0.00	0.00	0.00
			3	2	0.50	0.50	0.00
			3	3	0.50	0.50	0.00
P(GCC-1)	P(GCC-2)	P(GCC-3)					
0.33	0.33	0.33					
P(CN-1)	P(CN-2)	P(CN-3)					
0.50	0.25	0.25					

#### 4.6.4 Sub Mapa de Grado de Compromiso de los Clientes



Figura 4.5

Su data histórica asociada es:

Mes	CP	GCE	QAE	GCC
1	3	2	3	3
2	3	3	2	3
3	1	2	1	2
4	3	1	1	1
5	3	3	2	2
6	1	1	1	1
7	3	3	2	3
8	1	2	2	2
9	3	2	1	3
10	1	3	1	1
11	3	1	1	1
12	3	1	3	2

Las probabilidades a-priori

P(CP-1)	P(CP-2)	P(CP-3)
0.33	0.00	0.67

P(GCE-1)	P(GCE-2)	P(GCE-3)
0.33	0.33	0.33

P(QAE-1)	P(QAE-2)	P(QAE-3)
0.50	0.33	0.17

Las probabilidades a-posteriori son:

CP	GCE	QAE	Grado de Compromiso de los Clientes		
			1	2	3
1	1	1	1.00	0.00	0.00
1	1	2	0.00	0.00	0.00
1	1	3	0.00	0.00	0.00
1	2	1	0.00	1.00	0.00
1	2	2	0.00	1.00	0.00
1	2	3	0.00	0.00	0.00
1	3	1	1.00	0.00	0.00
1	3	2	0.00	0.00	0.00
1	3	3	0.00	0.00	0.00
2	1	1	0.00	0.00	0.00
2	1	2	0.00	0.00	0.00
2	1	3	0.00	0.00	0.00
2	2	1	0.00	0.00	0.00
2	2	2	0.00	0.00	0.00
2	2	3	0.00	0.00	0.00
2	3	1	0.00	0.00	0.00
2	3	2	0.00	0.00	0.00
2	3	3	0.00	0.00	0.00
3	1	1	1.00	0.00	0.00
3	1	2	0.00	0.00	0.00
3	1	3	0.00	1.00	0.00
3	2	1	0.00	0.00	1.00
3	2	2	0.00	0.00	0.00
3	2	3	0.00	0.00	1.00
3	3	1	0.00	0.00	0.00
3	3	2	0.00	0.33	0.67
3	3	3	0.00	0.00	0.00

#### 4.6.5 Sub Mapa de Actitud Relativa de los Clientes

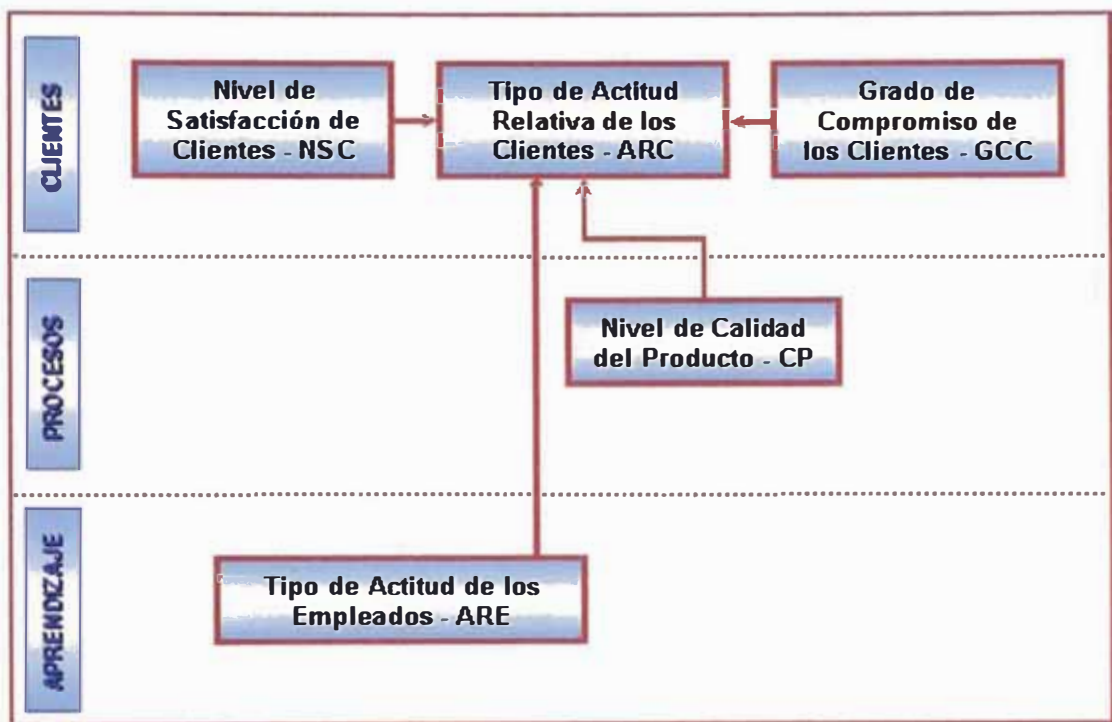


Figura 4.6

Su data histórica asociada es:

Mes	NSC	ARE	CP	GCC	ARC
1	3	1	3	3	3
2	2	3	3	3	2
3	2	2	1	2	3
4	1	1	3	1	1
5	1	1	3	2	2
6	2	1	1	1	1
7	1	3	3	3	1
8	3	2	1	2	3
9	2	1	3	3	2
10	1	1	1	1	1
11	1	3	3	1	1
12	1	1	3	2	2

Sus probabilidades a-priori son:

<b>P(NSC-1)</b>	<b>P(NSC-2)</b>	<b>P(NSC-3)</b>
0.50	0.33	0.17

<b>P(ARE-1)</b>	<b>P(ARE-2)</b>	<b>P(ARE-3)</b>
0.58	0.17	0.25

<b>P(CP-1)</b>	<b>P(CP-2)</b>	<b>P(CP-3)</b>
0.33	0.00	0.67

<b>P(GCC-1)</b>	<b>P(GCC-2)</b>	<b>P(GCC-3)</b>
0.33	0.33	0.33

<b>P(ARC-1)</b>	<b>P(ARC-2)</b>	<b>P(ARC-3)</b>
0.42	0.33	0.25

y sus probabilidades a-posteriori son:



#### 4.6.6 Sub Mapa de Nivel de Satisfacción de los Clientes

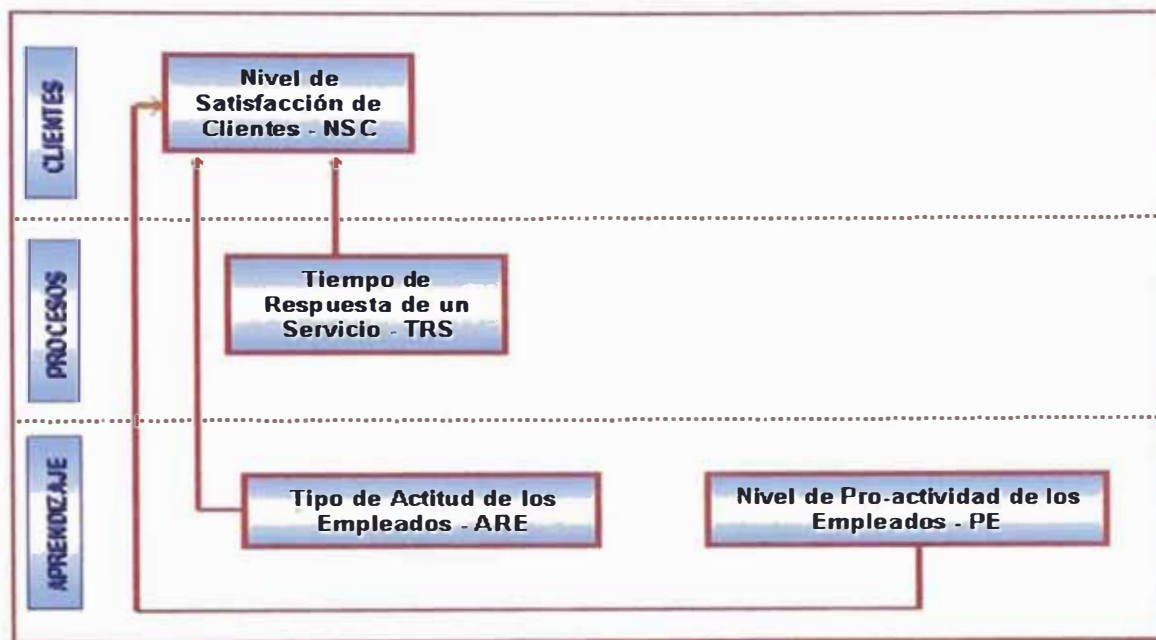


Figura 4.7

su data histórica asociada es:

Mes	PE	ARE	TRS	NSC
1	2	1	2	3
2	3	3	1	2
3	2	2	1	2
4	1	1	2	1
5	3	1	3	1
6	1	1	1	2
7	3	3	1	1
8	1	2	2	3
9	2	1	3	2
10	3	1	2	1
11	1	3	1	1
12	3	1	1	1

sus probabilidades a-priori son:

P(PE-1)	P(PE-2)	P(PE-3)
0.33	0.25	0.42

P(ARE-1)	P(ARE-2)	P(ARE-3)
0.58	0.17	0.25

P(TRS-1)	P(TRS-2)	P(TRS-3)
0.50	0.33	0.17

sus probabilidades a-posteriori son:

PE	ARE	TRS	Nivel de Satisfacción de Clientes		
			1	2	3
1	1	1	0.00	1.00	0.00
1	1	2	1.00	0.00	0.00
1	1	3	0.00	0.00	0.00
1	2	1	0.00	0.00	0.00
1	2	2	0.00	0.00	1.00
1	2	3	0.00	0.00	0.00
1	3	1	1.00	0.00	0.00
1	3	2	0.00	0.00	0.00
1	3	3	0.00	0.00	0.00
2	1	1	0.00	0.00	0.00
2	1	2	0.00	0.00	1.00
2	1	3	0.00	1.00	0.00
2	2	1	0.00	1.00	0.00
2	2	2	0.00	0.00	0.00
2	2	3	0.00	0.00	0.00
2	3	1	0.00	0.00	0.00
2	3	2	0.00	0.00	0.00
2	3	3	0.00	0.00	0.00
3	1	1	1.00	0.00	0.00
3	1	2	1.00	0.00	0.00
3	1	3	1.00	0.00	0.00
3	2	1	0.00	0.00	0.00
3	2	2	0.00	0.00	0.00
3	2	3	0.00	0.00	0.00
3	3	1	0.50	0.50	0.00
3	3	2	0.00	0.00	0.00
3	3	3	0.00	0.00	0.00

#### 4.6.7 Sub Mapa de Actitud Relativa de los Clientes

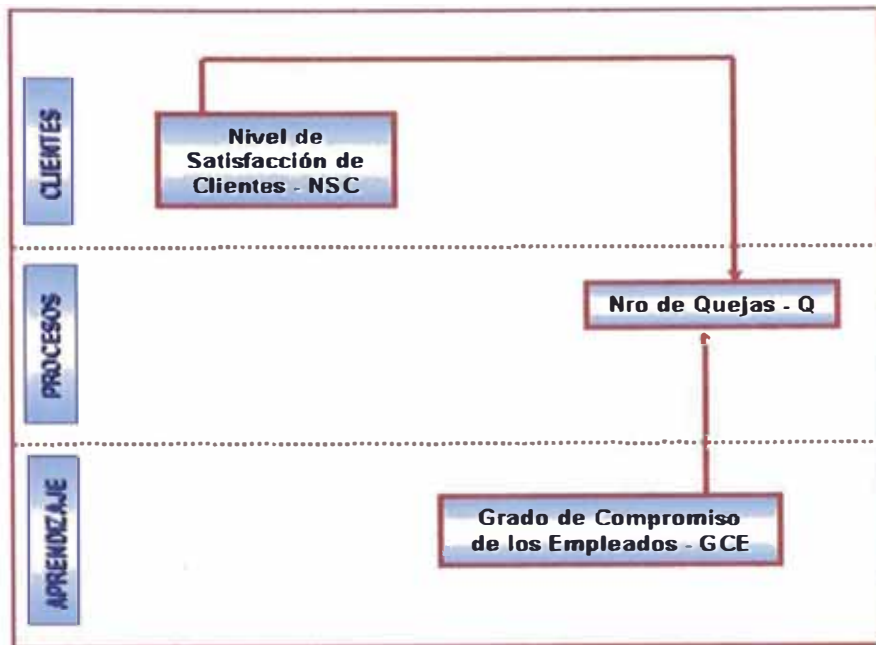


Figura 4.8

su data histórica asociada es:

Mes	NSC	GCE	Q
1	3	2	1
2	2	3	3
3	2	2	1
4	1	1	1
5	1	3	1
6	2	1	1
7	1	3	3
8	3	2	2
9	2	2	3
10	1	3	3
11	1	1	2
12	1	1	2

sus probabilidades a-priori y a-posteriori son:

			Nro de Quejas				
P(NSC-1)	P(NSC-2)	P(NSC-3)	NSC	GCE	1	2	3
0.50	0.33	0.17	1	1	0.33	0.67	0.00
			1	2	0.00	0.00	0.00
			1	3	0.33	0.00	0.67
			2	1	1.00	0.00	0.00
			2	2	0.50	0.00	0.50
			2	3	0.00	0.00	1.00
			3	1	0.00	0.00	0.00
			3	2	0.50	0.50	0.00
			3	3	0.00	0.00	0.00
P(GCE-1)	P(GCE-2)	P(GCE-3)					
0.33	0.33	0.33					
P(Q-1)	P(Q-2)	P(Q-3)					
0.42	0.25	0.33					

#### 4.6.8 Sub Mapa de Porcentaje de Quejas Atendidas con Éxito

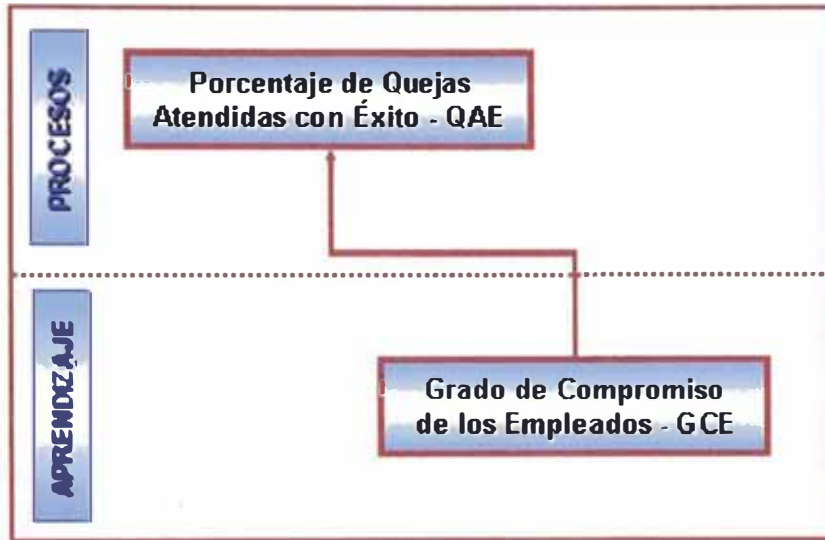


Figura 4.9

sus data histórica asociada es:

Mes	GCE	QAE
1	2	1
2	3	3
3	2	1
4	1	1
5	3	1
6	1	1
7	3	3
8	2	2
9	2	3
10	3	3
11	1	2
12	1	2

sus probabilidades asociadas son:

P(GCE-1)	P(GCE-2)	P(GCE-3)
0.33	0.33	0.33
P(QAE-1)	P(QAE-2)	P(QAE-3)
0.42	0.25	0.33

GCE	Porcentaje de Quejas Atendidas con Éxito		
	1	2	3
1	0.50	0.50	0.00
2	0.50	0.25	0.25
3	0.25	0.00	0.75

#### 4.6.9 Sub Mapa de Tiempo de Respuesta de un Servicio

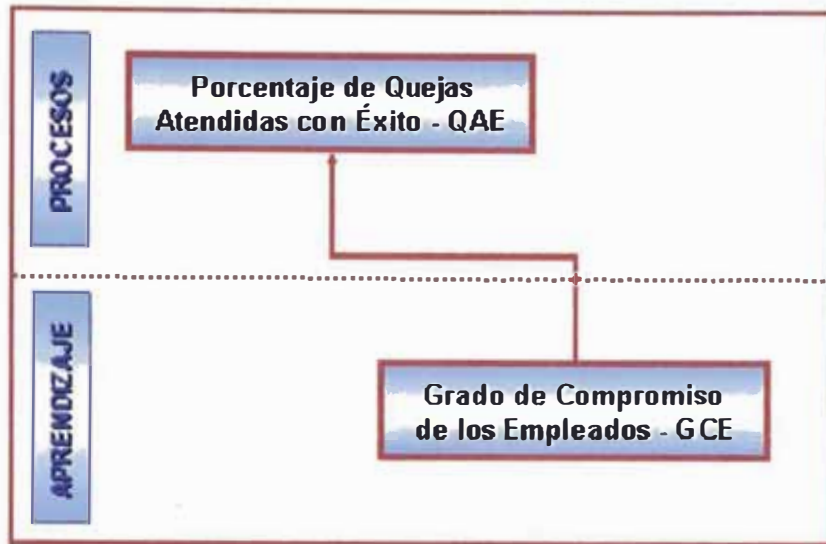


Figura 4.10

su data histórica asociada es:

Mes	ARE	TRS
1	1	2
2	3	1
3	2	1
4	1	2
5	1	3
6	1	1
7	3	1
8	2	2
9	1	3
10	1	2
11	3	1
12	1	1

sus probabilidades asociadas son:

P(ARE-1)	P(ARE-2)	P(ARE-3)
0.58	0.17	0.25

P(TRS-1)	P(TRS-2)	P(TRS-3)
0.50	0.33	0.17

ARE	Tiempo de Respuesta de un Servicio		
	1	2	3
1	0.28571	0.42857	0.28571
2	0.50000	0.50000	0.00000
3	1.00000	0.00000	0.00000

#### 4.6.10 Sub Mapa de Actitud Relativa de los Empleados



Figura 4.11

su data histórica asociada es:

Mes	ME	ECO	GCE	PE	ARE
1	2	2	2	2	1
2	1	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2
4	1	1	1	1	1
5	2	3	3	3	1
6	1	2	1	1	1
7	3	3	3	3	3
8	2	2	2	1	2
9	2	1	2	2	1
10	3	2	3	3	1
11	3	3	1	1	3
12	1	1	1	3	1

#### 4.6.11 Sub Mapa de Pro-Actividad de los Empleados



Figura 4.12

su data histórica asociada es:

Mes	GCE	PE
1	3	2
2	1	3
3	3	2
4	2	1
5	3	3
6	2	1
7	3	3
8	1	1
9	3	2
10	1	3
11	1	1
12	1	3

sus probabilidades a-priori son:

P(GCE-1)	P(GCE-2)	P(GCE-3)
0.42	0.17	0.42

P(PE-1)	P(PE-2)	P(PE-3)
0.33	0.25	0.42

sus probabilidades a-posteriori son:

GCE	Nivel de Pro-actividad de los Empleados		
	1	2	3
1	0.40	0.00	0.60
2	1.00	0.00	0.00
3	0.00	0.60	0.40

#### 4.6.12 Sub Mapa de Pro-Actividad de los Empleados



Figura 4.13

su data histórica asociada es:

Mes	ME	ECO	GCE
1	2	2	2
2	1	3	3
3	2	2	2
4	1	1	1
5	2	3	3
6	1	2	1
7	3	3	3
8	2	2	2
9	2	1	2
10	3	2	3
11	3	3	1
12	1	1	1

sus probabilidades a-priori son:

			Grado de Compromiso de los Empleados				
P(ME-1)	P(ME-2)	P(ME-3)	ME	ECO	1	2	3
0.33	0.42	0.25	1	1	1.00	0.00	0.00
			1	2	1.00	0.00	0.00
			1	3	0.00	0.00	1.00
			2	1	0.00	1.00	0.00
			2	2	0.00	1.00	0.00
			2	3	0.00	0.00	1.00
			3	1	0.00	0.00	0.00
			3	2	0.00	0.00	1.00
			3	3	0.50	0.00	0.50

P(ECO-1)	P(ECO-2)	P(ECO-3)
0.25	0.42	0.33

P(GCE-1)	P(GCE-2)	P(GCE-3)
0.33	0.33	0.33



#### 4.7 CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA ASOCIADA AL CMI

Para construir una Red Bayesiana se necesita conocer su topología. Y Como a través del análisis correlacional que se ha realizado en la seccion 4.4 se ha logrado validar las hipótesis planteadas en el Mapa de Indicadores (ver figura 4.2); la topología de la Red Bayesiana será la misma que el Mapa de Indicadores. Es decir; que apartir del Mapa de Indicadores ha construido la Red Bayesiana. La construcción de esta Red se hizo en el software Netica. A continuación presentamos la Red Bayesiana antes de insertar las probabilidades.

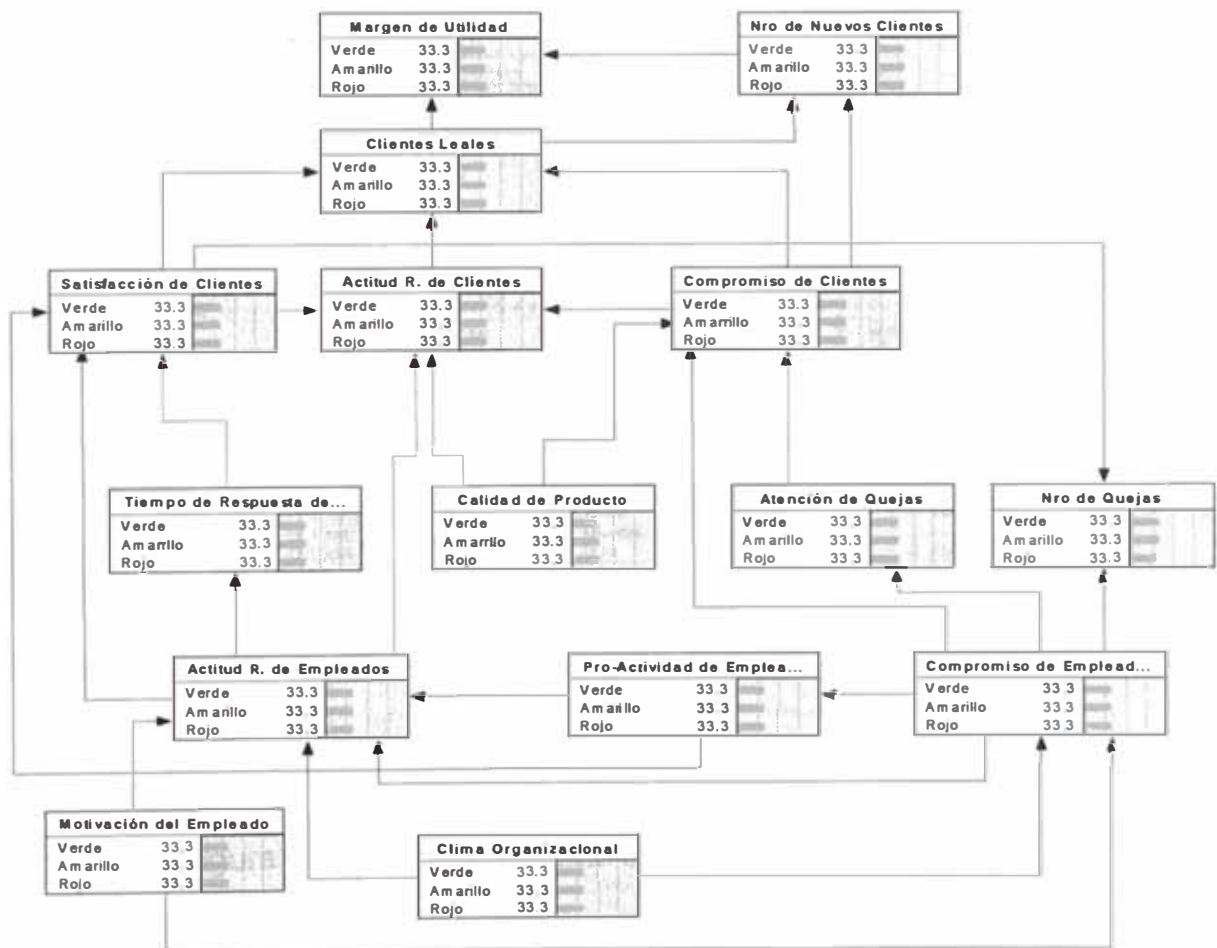


Figura 4.14 - Red Bayesiana inicial

Luego se han insertado las probabilidades a-priori y a-posteriori en cada nodo. El cálculo de las probabilidades se ha realizado... en la sección 4.6.

## 4.8 INSTANCIAS Y ANÁLISIS DE INFERENCIAS

Siguiendo los pasos del proceso de inferencia desarrollada en el capítulo tres, sección 3.10; el estado inicial de nuestra Red Bayesiana sería:

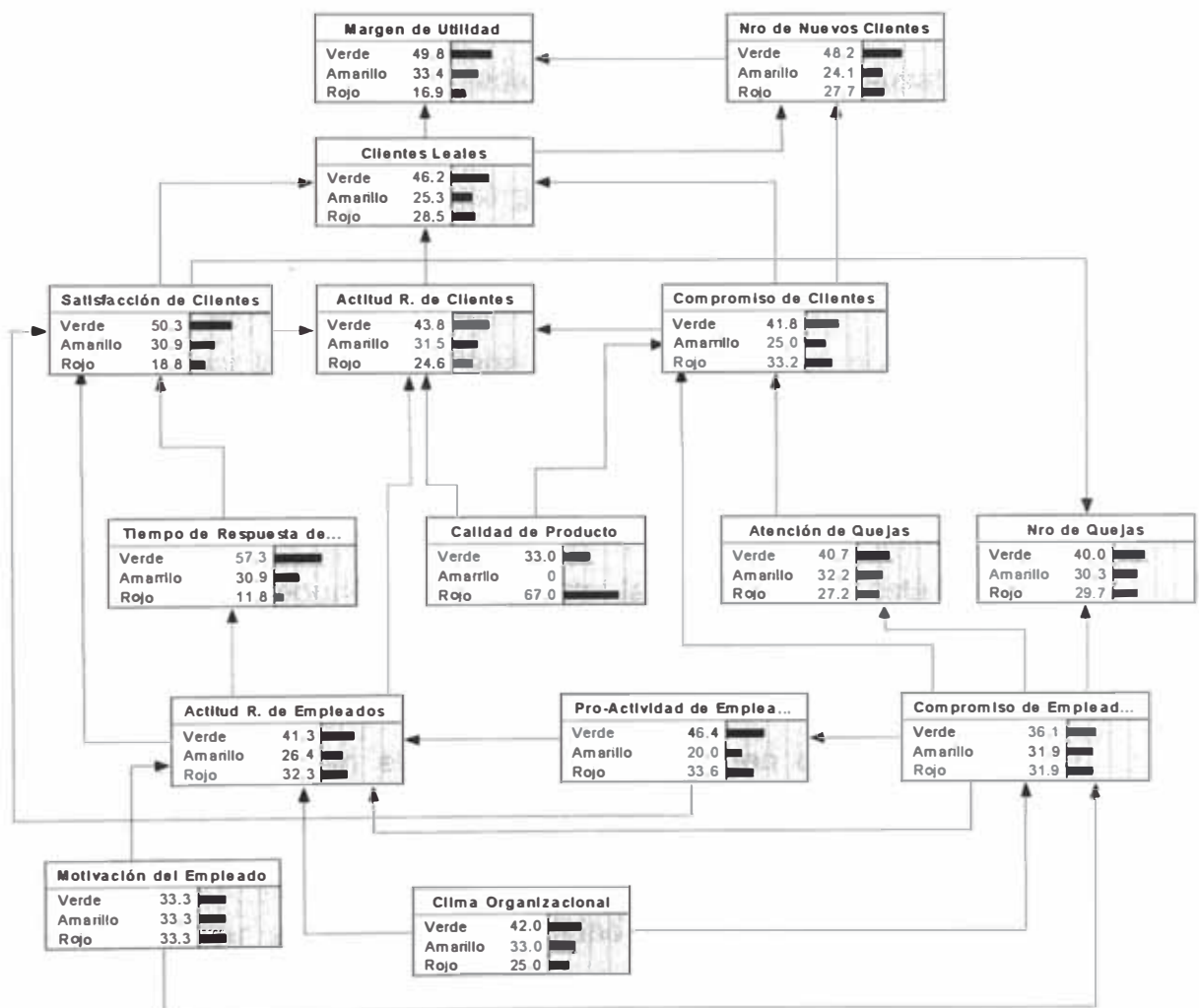


Figura 4.15 - Red Bayesiana en su Estado Inicial

### **Definición de objetivo empresarial:**

Lo que se pretende es incrementar el margen de utilidad y como consecuencia mejorar la rentabilidad de la empresa. La pregunta es ¿cómo lo hacemos?. En respuesta a esta interrogante podemos considerar como punto de partida la naturaleza del Balanced Scorecard que utiliza el principio de la cosecha. El Balanced Scorecard con su estrategia de plantear objetivos balanceados en diferentes perspectivas y además de su análisis causal, permite identificar las causas que conducen a alcanzar dicha meta empresarial de mejorar el margen de utilidad.

### **Análisis del estado inicial:**

Al observar la Red Bayesiana en su estado inicial, nos dice que la probabilidad de que el siguiente mes se logre alcanzar la meta, del margen de utilidad, es solo de 48.9%. Esta probabilidad causó una preocupación en la gerencia de la empresa, puesto que 48.9% es un grado de seguridad bajo. por otro lado la gerencia está conciente que el incrementar el margen de utilidad es una consecuencia y lo que se debe tener bastante claro es saber que indicadores o objetivos provocan el incremento del margen de utilidad. Por lo tanto, nace una gran interrogante: ¿cuáles son las estrategias u objetivos del BSC en que se debe trabajar con mayor esfuerzo para incrementar el margen de utilidad según la meta propuesta?. Además se tiene que la probabilidad de que el siguiente mes , el compromiso de los empleados (verde 36.1), el clima organizacional (verde 42) , la motivación del empleado (verde 33), la actitud de los empleados (verde 46) y la atención de las quejas (verde 40.7), esta por debajo del 50%. Es decir que se está descuidando mucho al personal. En consecuencia, cómo saber que si invertimos tiempo, recursos y dinero en la motivación o en el compromiso de los empleados, o tal vez en atender las quejas de los clientes, se logrará incrementar el margen de utilidad.

### Instancias y análisis de las instancias:

Una vez que se ha obtenido el estado inicial de la red, se realizó instancias múltiples en distintos nodos de la Red con el objetivo de encontrar el modelo óptimo. Se ha seleccionado los modelos que nos dan mayor seguridad de que el margen de utilidad será de acuerdo a la meta trazada.

Veamos los modelos de Red Bayesiana que se ha seleccionado:

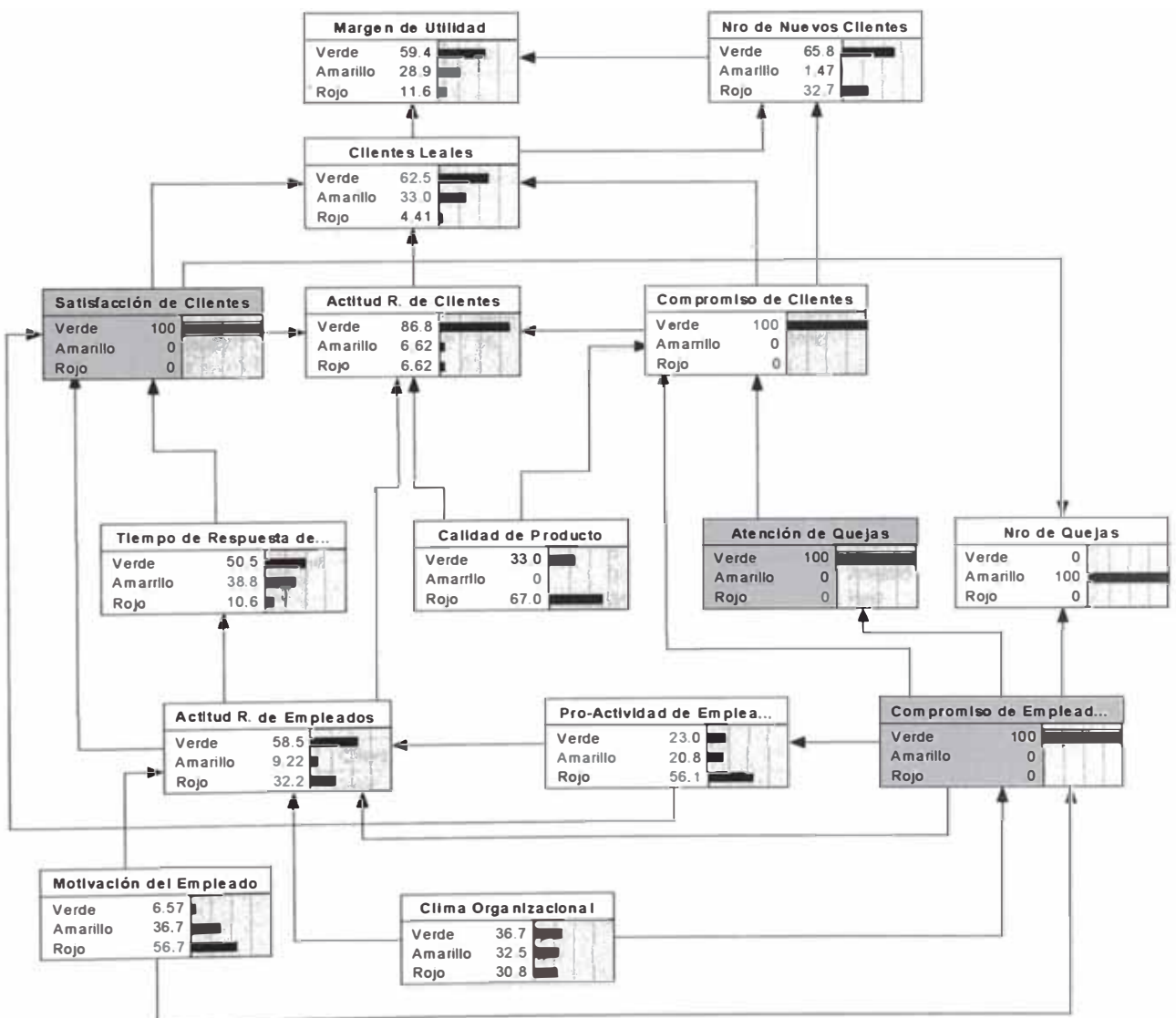


Figura 4.16 – Primer Modelo de una Red Bayesiana con tres instancias

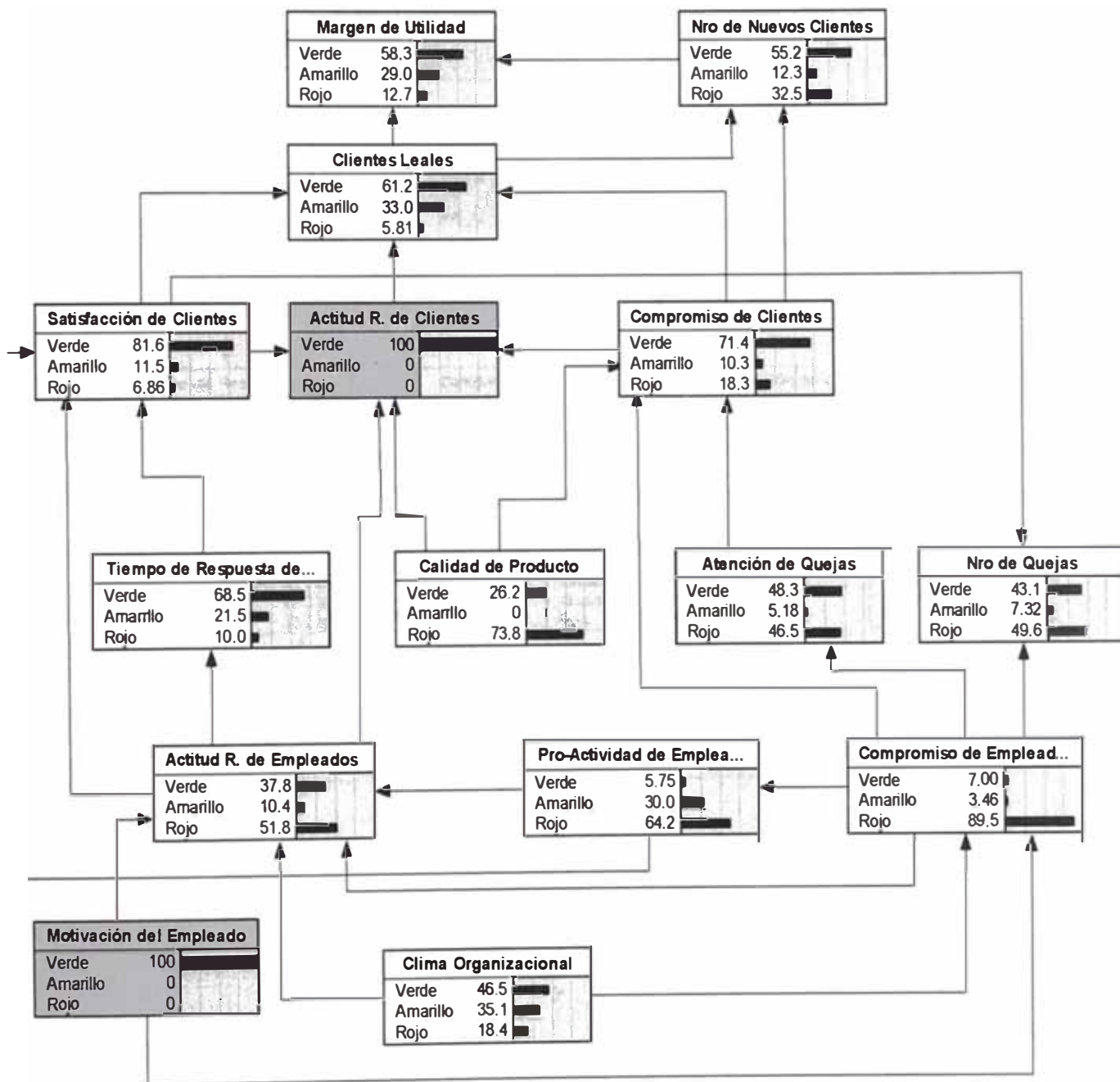


Figura 4.17 – Segundo Modelo de una Red Bayesiana con dos instancias

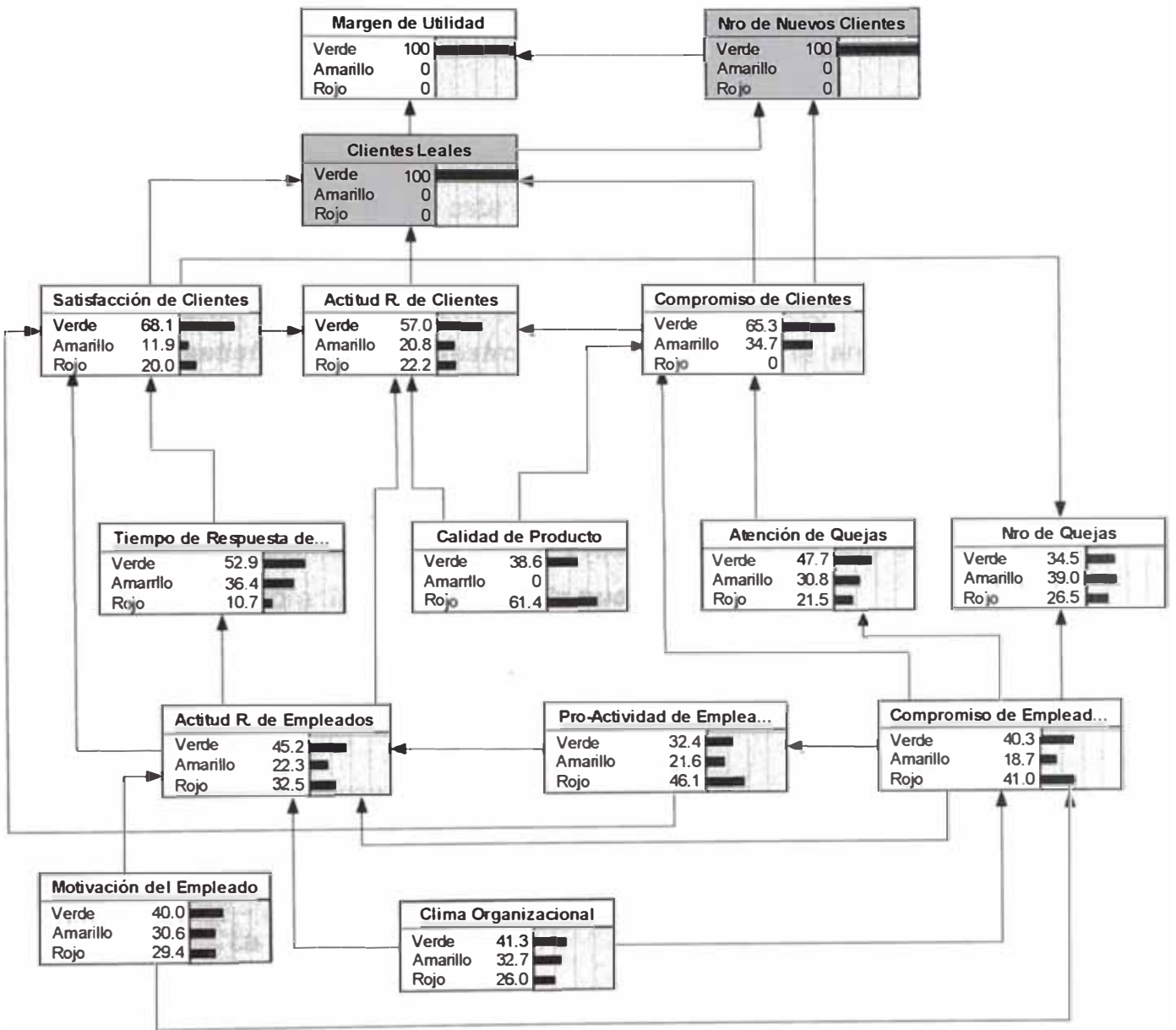


Figura 4.18 – Tercer Modelo de una Red Bayesiana con dos instancias

#### 4.9 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS:

##### PRIMER ESCENARIO:

Para el primer escenario consideramos el modelo de red presentada en la figura 4.16. En este escenario se analizará los siguiente:

¿qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar **la satisfacción de nuestros clientes**, mejorar la **atención de las quejas** y en lograr un alto grado de **compromiso con los empleados** ?

Expresado de otra forma sería.

Si la empresa emplea tiempo y recursos e invierte dinero en:

mejorar **la satisfacción de nuestros clientes**,

mejorar la **atención de las quejas** y

lograr un alto grado de **compromiso con los empleados**;

Que ocurre con:

El margen de utilidad

La lealtad de nuestros clientes

La cartera de clientes

El clima organizacional

¿Qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar la satisfacción de nuestros clientes?

## **SEGUNDO ESCENARIO:**

Para el segundo escenario consideramos el modelo de red presentada en la figura 4.17. En este escenario se analizará los siguiente:

¿qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar **la Actitud Relativa de nuestros clientes** y mejorar la **Motivación de los Empleados?**

Expresado de otra forma sería.

Si la empresa emplea tiempo y recursos e invierte dinero en:

mejorar **la Actitud Relativa de nuestros clientes**

mejorar la **Motivación de los Empleados;**

que ocurre con:

el margen de utilidad

la lealtad de nuestros clientes

la cartera de clientes

el clima organizacional

con el compromiso de los clientes.



### TERCER ESCENARIO:

Para el tercer escenario consideramos el modelo de red presentada en la figura 4.18. En este escenario se analizará lo siguiente:

¿Qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar **la Lealtad de los Clientes** y en incrementar la **Cartera de Clientes**?

Expresado de otra forma sería.

Si la empresa emplea tiempo y recursos e invierte dinero en:

mejorar **la Lealtad de los Clientes**

incrementar la **Cartera de Clientes**;

que ocurre con:

el margen de utilidad

y cómo debe ser

El clima organizacional

El grado de compromiso de los clientes.

El tiempo respuesta de los servicios,

La calidad del producto.

#### 4.10 ANÁLISIS DE ESCENARIOS:

##### PRIMER ESCENARIO:

¿qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar *la satisfacción de nuestros clientes*, mejorar la *atención de las quejas* y un lograr un alto grado de *compromiso con los empleados* ?

Para responder ha esta pregunta, se instanci6 en los nodos de Satisfacci6n de Clientes, Atenci6n de Quejas y Compromiso de los Empleados. El modelo instanciado es:

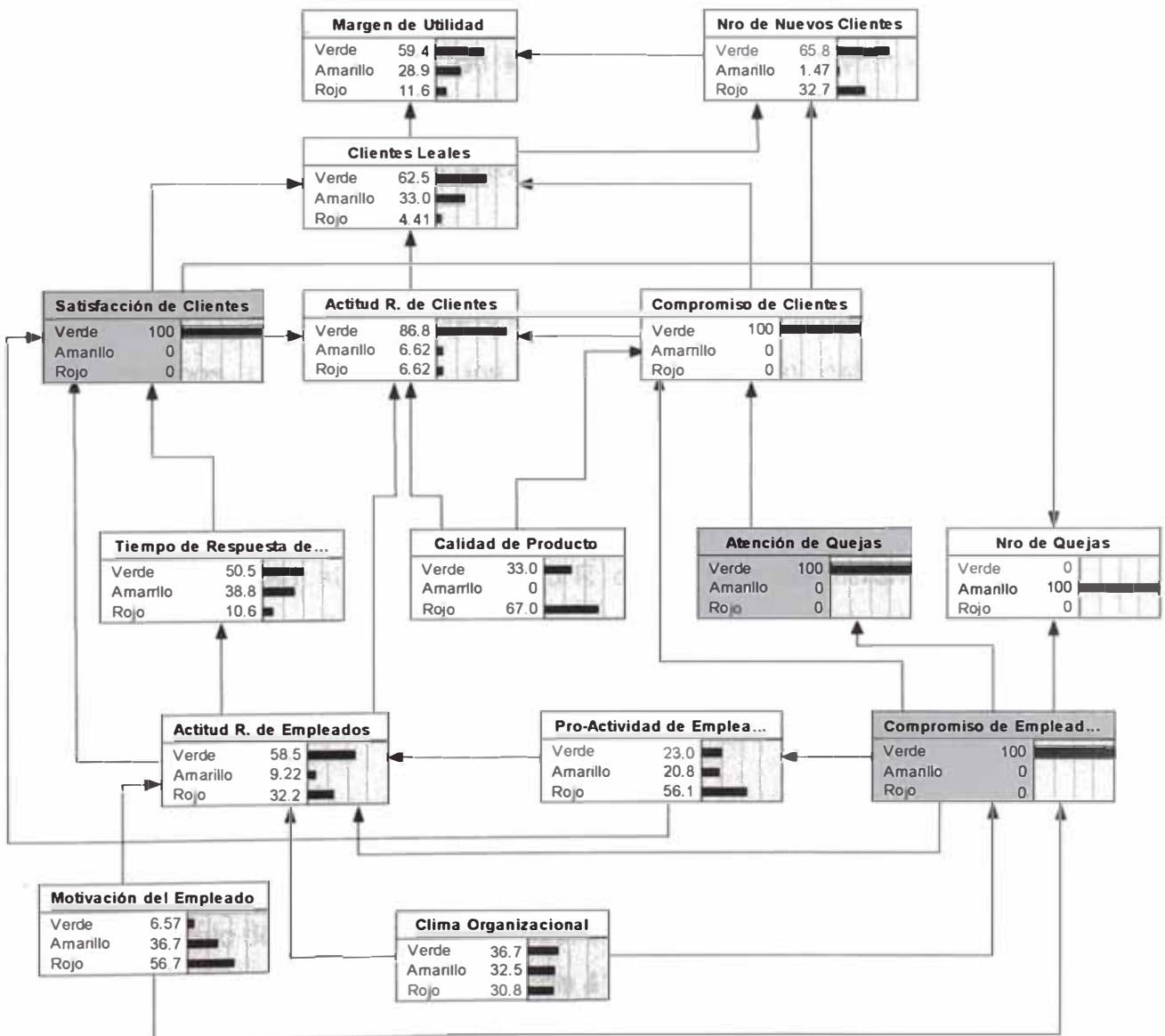


Figura 4.19

**Que pasó con el Margen de Utilidad:** observamos en el modelo de red que el nodo Margen de Utilidad incremento la probabilidad en su opción verde de 49.4 (ver figura 4.15) a 59.4 (ver figura (4.19). el hecho de que la probabilidad ahora sea de 59.4 nos da mayor seguridad y nos impulsa a dedicar tiempo en mejorar la Satisfacción de los clientes, mejorar la atención de las quejas y lograr un alto compromiso en los empleados.

**Que ocurre con los Clientes Leales:** observamos en el modelo de red que el nodo de Clientes Leales incremento la probabilidad en su opción verde de 46.2 (ver figura 4.15) a 62.5 (ver figura (4.19).

**Que ocurre con el Nro de Nuevos Clientes:** observamos en el modelo de red que el nodo de Nro de Nuevos Clientes incremento la probabilidad en su opción verde de 48.2 (ver figura 4.15) a 66.2 (ver figura (4.19).

Pero recuerde que los nodos analizados son una consecuencia, no podemos olvidarnos de los nodos que causan estos buenos resultados. Ahora diremos ¿como debe ser el Grado de Compromiso de los Clientes para mejorar el margen de utilidad?

**Cómo debe ser la Actitud de los Clientes:** observamos en el modelo de red, el nodo de Actitud R. de los Clientes incremento su probabilidad en la opción verde de 43.8 (ver figura 4.15) a 86.8 (ver figura (4.19). entonces debemos percatarnos de que la Actitud Relativa de los clientes sea alta respecto a los productos que consume.

**Cómo debe ser el Compromiso de los Clientes:** observamos en el modelo de red, el nodo de Compromiso de Clientes incremento su probabilidad en la opción verde de 41.8 (ver figura 4.15) a 100 (ver figura (4.19). Aquí el modelo es más exigente en cuanto al

compromiso del cliente. Esto quiere decir que debemos centrarnos en mejorar el compromiso de los clientes.

**Cómo debe la Actitud Relativa de los Empleados:** observamos en el modelo de red, que el nodo de Actitud Relativa de los Empleados incremento su probabilidad en la opción verde de 41.3 (ver figura 4.15) a 58.5 (ver figura (4.19). Esto quiere decir que no debemos descuidar la Actitud Relativa de nuestros empleados puesto que ello genera una mejor Satisfacción y mejora el Compromiso en los clientes.

## SEGUNDO ESCENARIO:

¿qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar *la Actitud Relativa de nuestros clientes* y mejorar la *Motivación de los Empleados*?

Expresado de otra forma sería.

Para responder ha esta pregunta, se instanció en los nodos de *Actitud Relativa de Clientes* y *Motivación de los Empleados*. El modelo instanciado es:

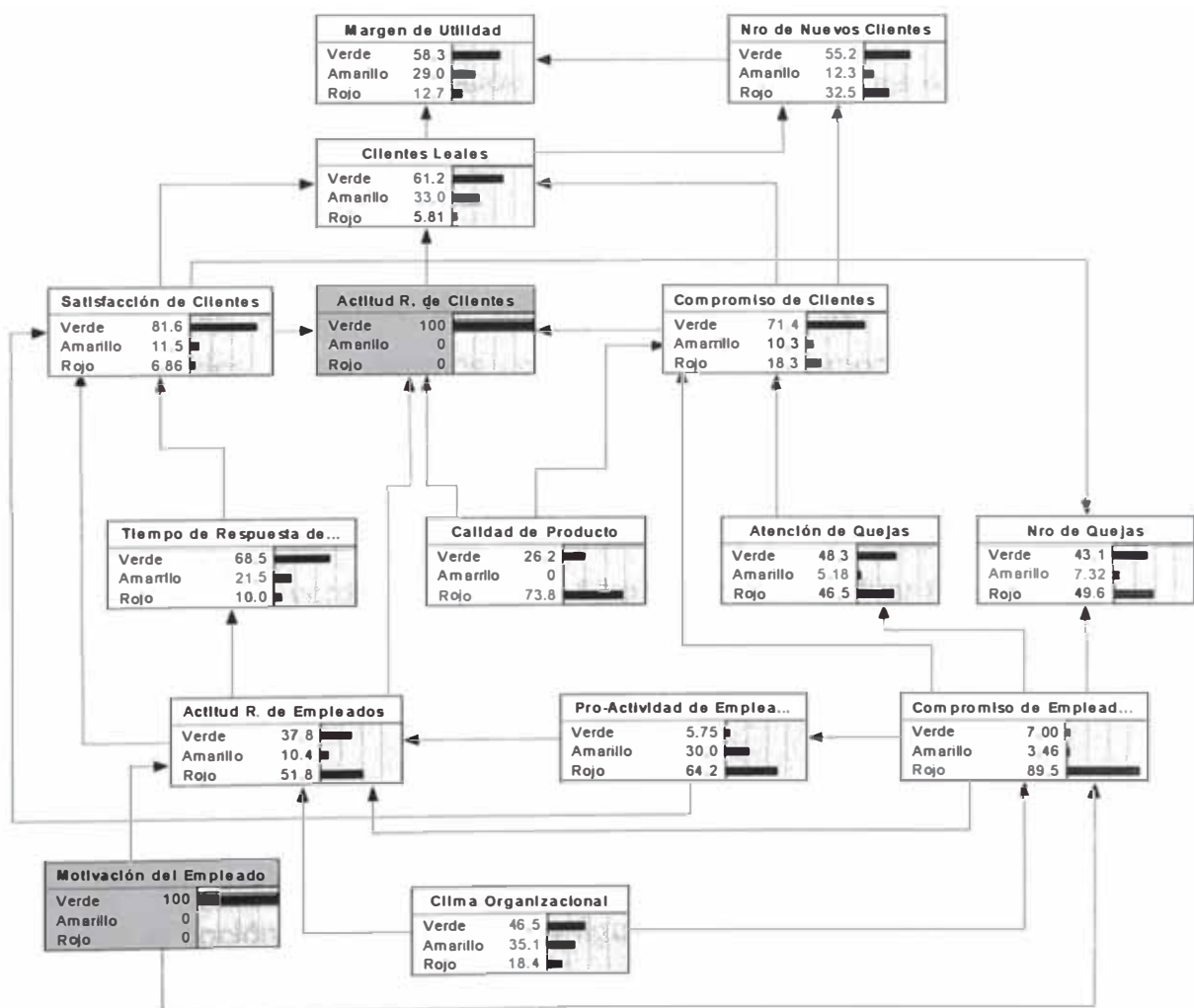


Figura 4.20

**Que pasó con el Margen de Utilidad:** observamos en el modelo de red que el nodo Margen de Utilidad incremento la probabilidad en su opción verde de 49.4 (ver figura 4.15) a 58.3 ver figura (4.20). el hecho de que la probabilidad ahora sea de 58.4 nos da mayor seguridad y nos impulsa a dedicar tiempo en mejorar la Actitud Relativa de los Clientes y la Motivación de los Empleados.

**Que ocurre con los Clientes Leales:** observamos en el modelo de red que el nodo de Clientes Leales incremento su probabilidad en la opción verde de 46.2 (ver figura 4.15) a 61.2 (ver figura (4.20)).

**Que ocurre con el Nro de Nuevos Clientes:** observamos en el modelo de red que el nodo de, Nro de Nuevos Clientes, incremento su probabilidad en la opción verde de 48.2 (ver figura 4.15) a 55.2 (ver figura 4.20).

Pero recuerde que los nodos analizados son una consecuencia, no podemos olvidarnos de los nodos que causan estos buenos resultados. Ahora diremos ¿como debe ser el Tiempo de Respuesta y el Clima Organizacional para mejorar el margen de utilidad?

**Cómo debe ser Tiempo de Respuesta:** observamos en el modelo de red, el nodo de Tiempo de Respuesta incremento su probabilidad en la opción verde de 43.8 (ver figura 4.15) a 68.5 (ver figura 4.20). entonces debemos percatarnos de que la Tiempo de Respuesta sea rápida cuando los clientes solicitan que sean despachados.

**Cómo debe ser Clima Organizacional:** observamos en el modelo de red, el nodo de Clima Organizacional incremento su probabilidad en la opción verde de 42.0 (ver figura 4.15) a 55.4 (ver figura 4.20). Esto quiere decir que no debemos descuidar en mejorar el Clima Organizacional de la empresa.

### TERCER ESCENARIO:

¿qué pasa si invertimos tiempo, recursos y dinero en mejorar **la Lealtad de los Clientes** y en incrementar la **Cartera de Clientes**?

Este escenario es especial, puesto que nos exige instanciar en los efectos y a partir de ahí podemos descubrir cuales son las causas que provocan tal resultado.

Luego de haber instanciado en los nodos, **Lealtad de los Clientes** y en **Cartera de Clientes**, en el modelo de red es:

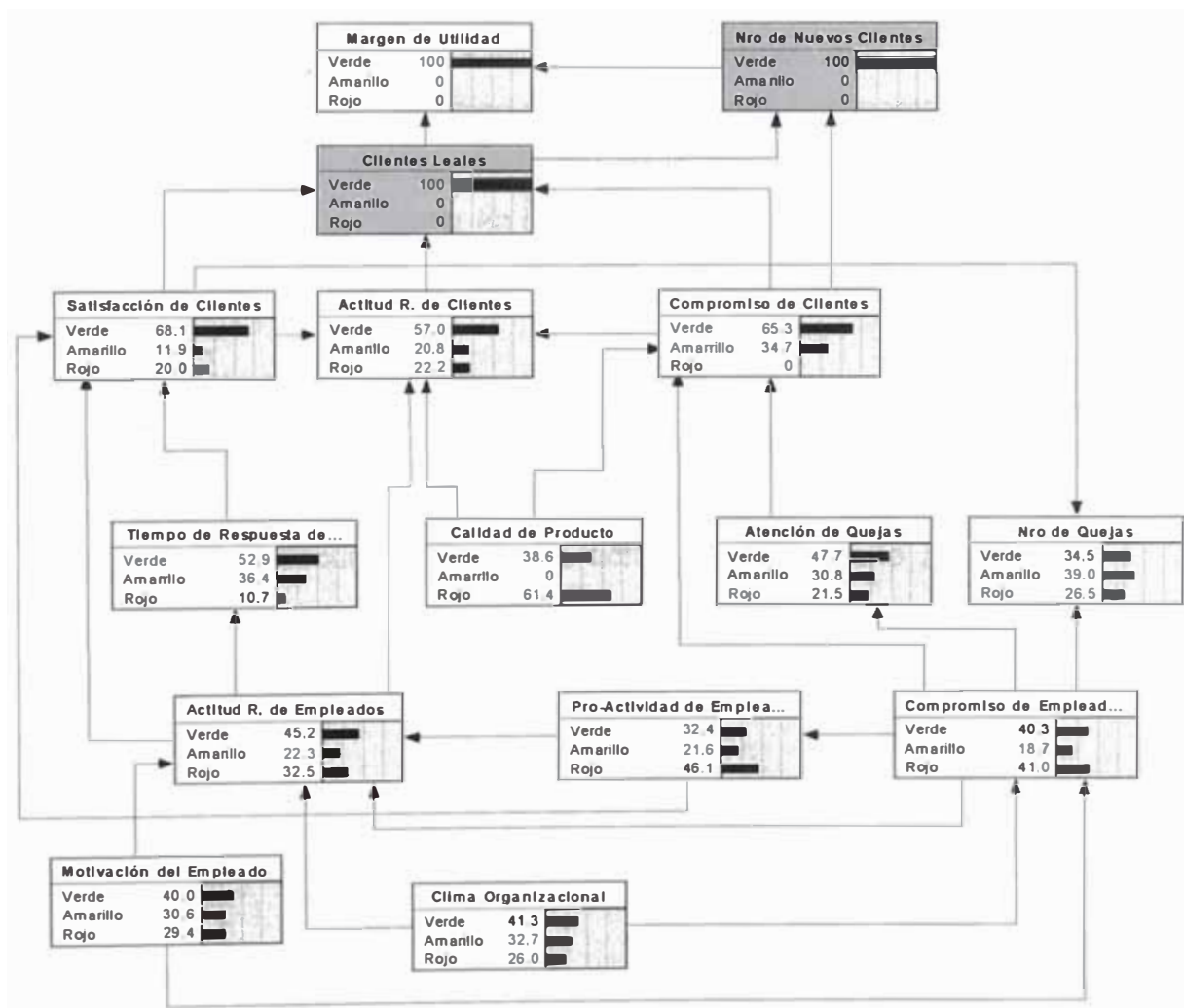


Figura 4.21

En el modelo de la figura anterior podemos observar que la probabilidad del Margen de Utilidad en la opción verde es de 100%; lo cual quiere decir que si conseguimos tener clientes fieles y se logra mejorar la cartera de clientes, la seguridad de que el margen de utilidad mejore será en un 100%.

Pero cómo logramos la *Lealtad de los Clientes* y el Incremento de la *Cartera de Clientes*. Aquí se trata de buscar la causa de tales resultados. Entonces, al observar el modelo de red (figura 4.21) se tiene que la Satisfacción, la Actitud y el Compromiso de los clientes son los que generan la Lealtad y el Incremento de la Cartera de Clientes. Y seguimos analizando observamos que la Actitud, la Motivación y el Compromiso de los empleados han incrementado su probabilidad; lo que significa que no debemos descuidar y si es posible debemos mejorar en tales atributos.

#### **4.11 DOCUMENTACIÓN DE ESCENARIOS**

Luego de analizar las inferencias y seleccionar los modelos de Red que lanzaron mejor probabilidad para alcanzar la meta trazada, se procedió a documentar en una ficha cada escenario analizado y presentándolo posteriormente a la alta gerencia.

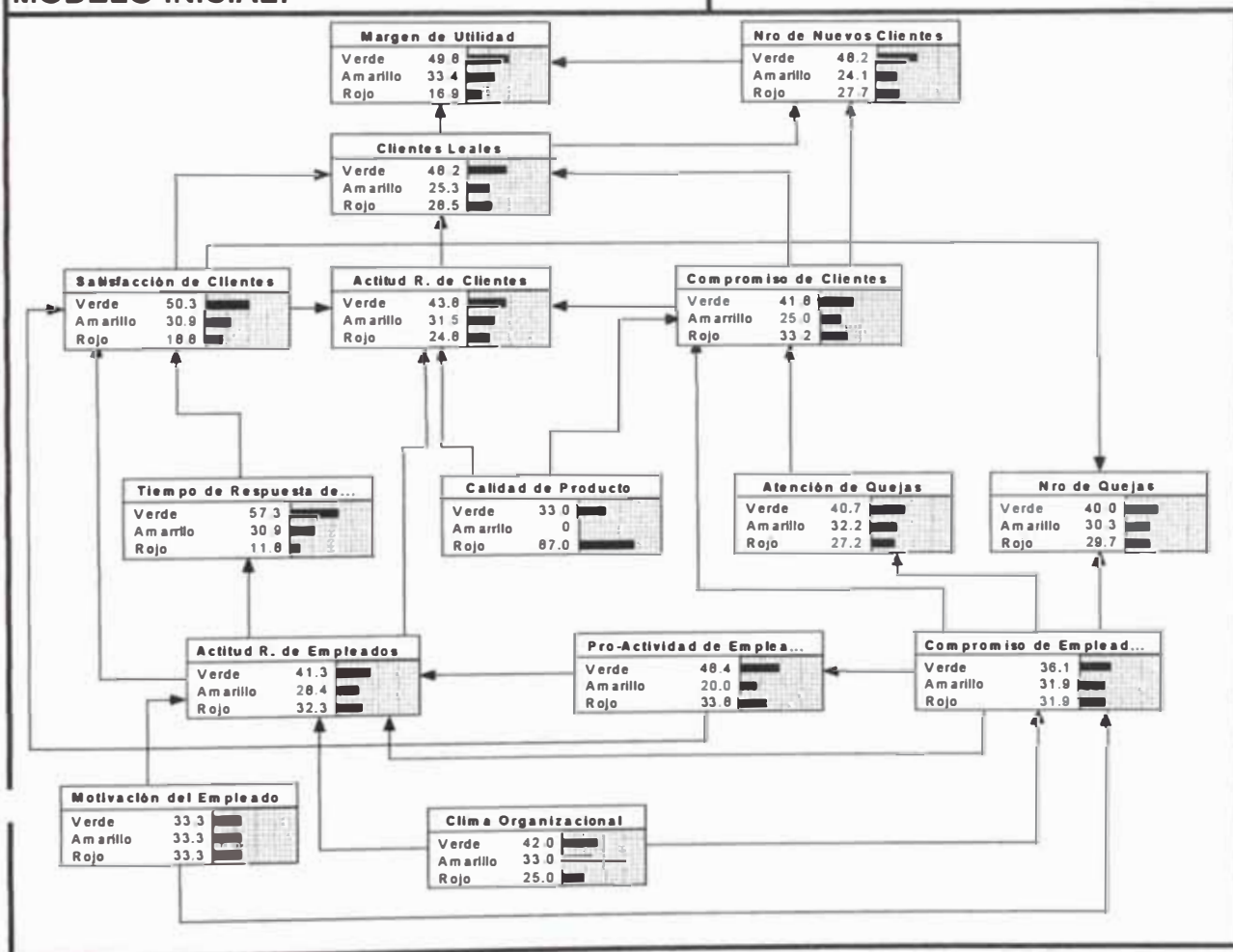
A continuación se muestra cada ficha perteneciente a un escenario.



# SIMULACIÓN BAYESIANA DEL BSC - FIGUERI SRL

NOMBRE DE LA RED BAYESIANA	<i>Red de BSC – PAN S.R.L.</i>
Nro DE NODOS	<b>15</b>
HORIZONTE DE TIEMPO:	<i>Un año</i>
PERIODO DE ANÁLISIS:	<i>Mensual</i>
PUNTOS DE CONTROL:	<i>Fin de Mes</i>
OBJETIVO:	<i>Asegurar la Rentabilidad</i>
RESPONSABLE DEL MODELO DE RED	<i>Director: Guillermo Mamani A.</i>
RESPONSABLE DE PROCESAMIENTO	<i>Operador: Daniel Ojeda A.</i>
RESPONSABLE DE DATA HISTÓRICA	<i>Operadora: Nelsi Flores Damas</i>

## MODELO INICIAL:



Estado de Escenario

En Ejecución

En Estudio

Archivado

# FICHA DE PRIMER ESCENARIO

<b>OBJETIVO</b>	Incrementar el Margen de Utilidad					
<b>NODO ASOCIADO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>			<b>SEMAFORO</b>		
	Inicial	Final	Incremento	META	LE	LR
Margen de Utilidad	49.8	59.4	9.6	14000	13800	3500

<b>NODOS INSTANCIADOS</b>	NSC	Nivel de Satisfacción de Clientes
	QAE	Atención de Quejas
	GCE	Grado de Compromiso de los Empleados

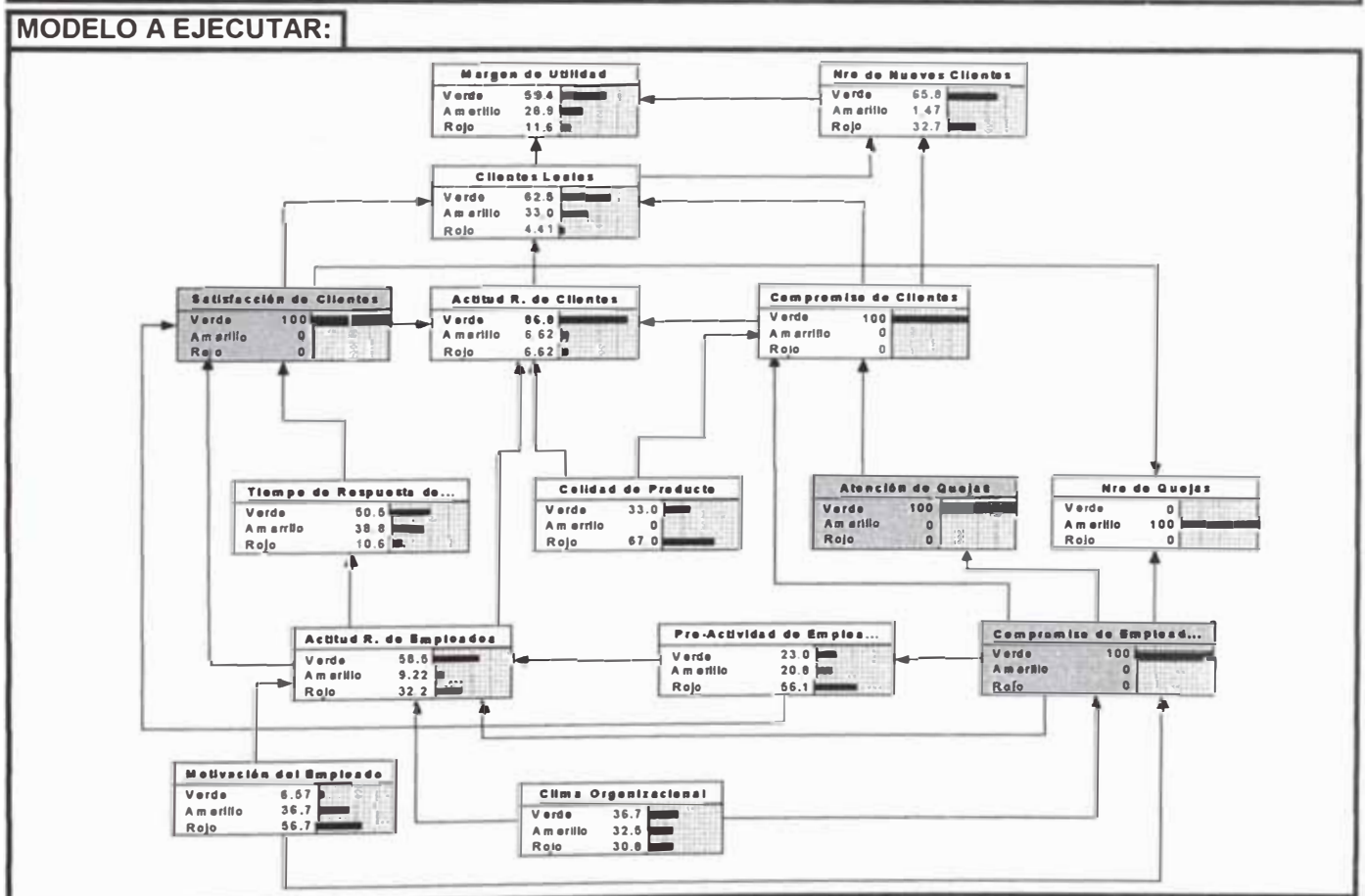
<b>NODOS NO INSTANCIADOS</b>	<b>PROBABILIDAD</b>			<b>INDICADORES</b>		
	Inicial	Final	Incremento	META	LE	LR
Compromiso de Clientes	41	100	59	70	68	65
Actitud de Clientes	43.8	86.8	43	80	78	75
Nuevos Clientes	48.2	66.2	18	260	255	250
Clientes Leales	46.2	62.5	16.3	80	78	76

**INFERENCIA**

Si se mejora la Satisfacción, se atiende la Quejas de los Clientes y se incrementa el Compromiso de los Empleados, la seguridad de que incremente el Margen de Utilidad es de 59.7%.

Si las Quejas son Atendidas con éxito, la probabilidad de que el Grado de Compromiso de los Clientes será del 100%.

Si el nivel de Satisfacción de los Clientes es alto, la probabilidad de que la actitud de los clientes sea muy buena es de 86.8%.



Estado de Escenario <input type="radio"/> En Ejecución <input type="radio"/> En Estudio <input checked="" type="radio"/> Archivado	Revisión: 1 Fecha: 08/03/2005
---	----------------------------------

## FICHA DE SEGUNDO ESCENARIO

<b>OBJETIVO</b>	Incrementar el Margen de Utilidad					
<b>NODO ASOCIADO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>			<b>SEMAFORO</b>		
	Inicial	Final	Incremento	META	LE	LR
Margen de Utilidad	49.8	58.3	8.5	14000	13800	3500

<b>NODOS INSTANCIADOS</b>	ARC	Actitud Relativa de Clientes
	ME	Motivación del Empleado

<b>NODOS NO INSTANCIADOS</b>	<b>PROBABILIDAD</b>			<b>INDICADORES</b>		
	Inicial	Final	Incremento	META	LE	LR
Satisfacción de Clientes	41	81.6	40.6	85	83	80
Compromiso de Clientes	43.8	71.4	27.6	65	63	60
Tiempo de Respuesta	48.2	68.5	20.3	3	5	7
Clientes Leales	46.2	61.2	15	80	78	76

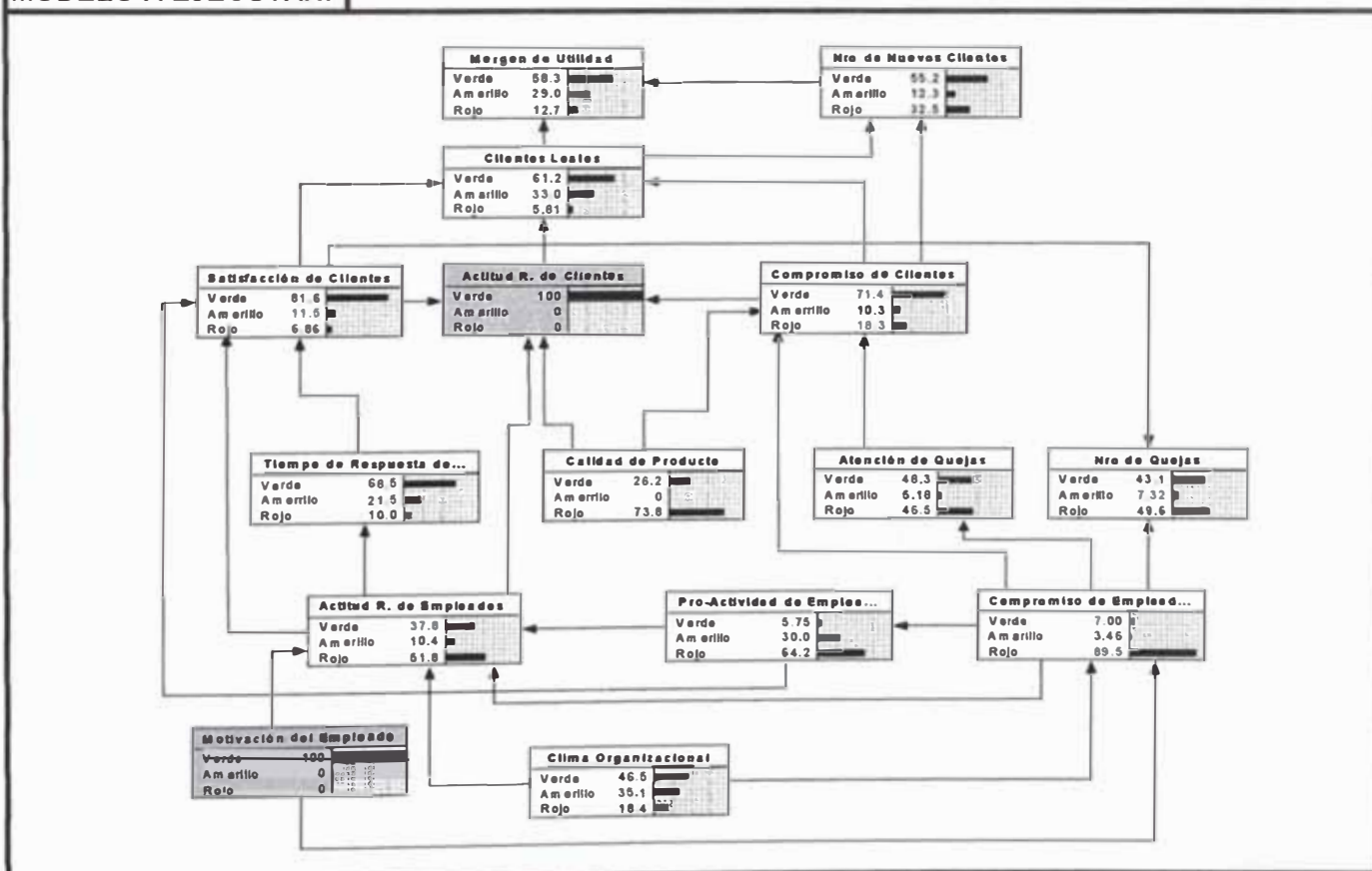
### INFERENCIA

Si se mejora la Motivación de los Empleados y la Actitud relativa de los Clientes, la seguridad de que incremente el Margen de Utilidad es de 58.3%.

Para mejorar la Actitud Relativa de los Clientes, debemos mejorar la Satisfacción y el Compromiso de los Clientes

Si mejoramos el Tiempo de respuesta, la Actitud y la Satisfacción de los Clientes se incrementará.

### MODELO A EJECUTAR:



Estado de Escenario

- En Ejecución   
  En Estudio   
  Archivado

Revisión: 1

Fecha: 08/03/2005

# FICHA DE TERCER ESCENARIO

<b>OBJETIVO</b>	Incrementar el Margen de Utilidad					
<b>NODO ASOCIADO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>			<b>SEMAFORO</b>		
	Inicial	Final	Incremento	META	LE	LR
Margen de Utilidad	49.8	100	50.2	14000	13800	3500
<b>NODOS INSTANCIADOS</b>	PCL	Clientes Leales				
	NC	Nuevos Clientes				
<b>NODOS NO INSTANCIADOS</b>	<b>PROBABILIDAD</b>			<b>INDICADORES</b>		
	Inicial	Final	Incremento	META	LE	LR
Satisfacción de Clientes	41	68.1	27.1	85	83	80
Compromiso de Clientes	43.8	65.3	21.5	65	63	60
Actitud de Cliente	48.2	57	8.8	75	73	70

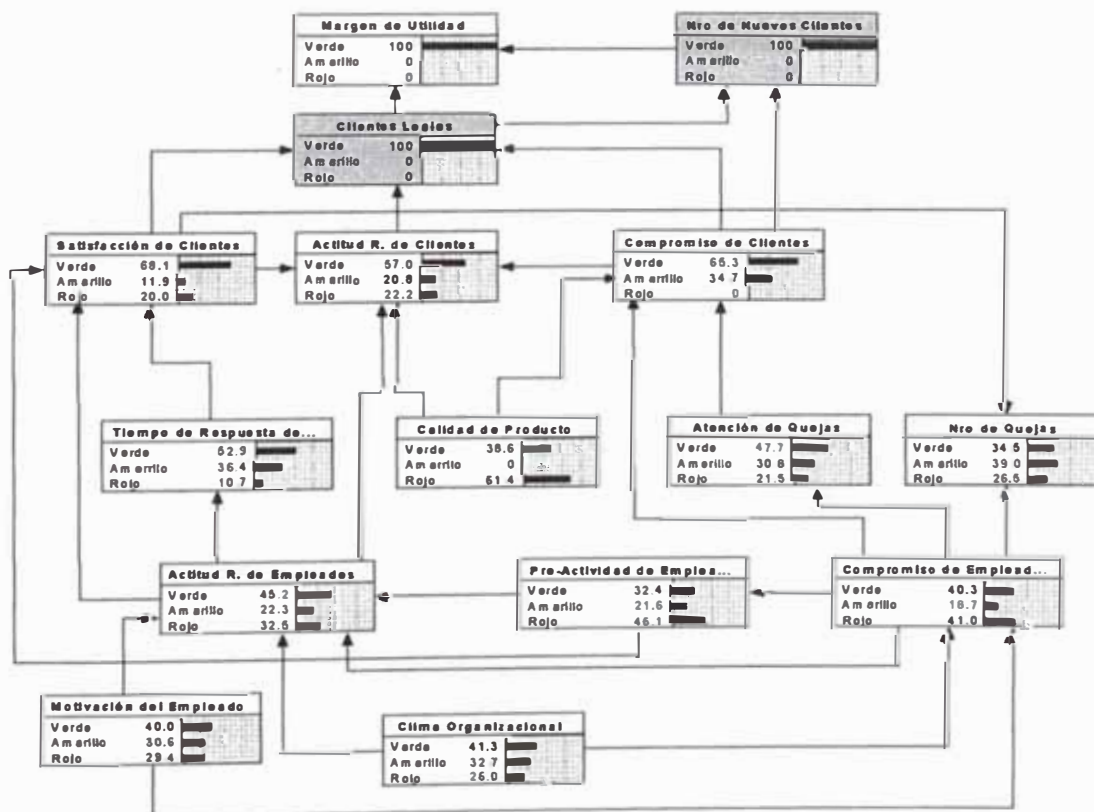
## INFERENCIA

Cómo debe ser la Satisfacción, Compromiso y la Actitud de Clientes para tener la completa seguridad en que el siguiente período se logre la meta del Margen de Utilidad.

.....

.....

## MODELO A EJECUTAR:



Estado de Escenario

- En Ejecución   
  En Estudio   
  Archivado

Revisión:	1
Fecha:	08/03/2005

## **CAPÍTULO V**

### **APORTE DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.1 FUNCIÓN INVARIANTE ADAPTADA A INDICADORES DE GESTIÓN**

La naturaleza de cada indicador de un Cuadro de Mando Integral puede estar en diferentes dimensiones o en diferentes rangos de recorrido; por ejemplo, algunos indicadores de producción pueden estar en una dimensión de minutos y otros pueden estar en una dimensión de horas o días. Existen indicadores que pueden tener un rango de cero a diez mil, como el volumen de ventas, y otros pueden tener un rango de cero a quinientos, como monto total de descuento. En resumen, el Cuadro de Mando tiene indicadores que están en dimensiones y rangos diferentes a la vez. Por otro lado, para simular, es necesario tener indicadores que estén en la misma dimensión. Para lograr obtener indicadores que estén en una misma dimensión se ha creado una función de transformación invariante compuesta por dos sub funciones; la primera función (ver sección 3.7 del capítulo 3) resuelve el problema de la diferencia de rangos de indicadores; es decir, a todo los indicadores cuyos valores están en diferentes rangos se les hace una traslación invariante a un solo rango de cero a cien y para llevarlos a una misma dimensión se utiliza la particiones que tienen los semáforos adaptándolo a una función signo definida en la sección 3.3.

Esta función invariante no solo se puede utilizar para los indicadores del Cuadro de Mando Integral sino para juntar varios indicadores operativos creando un solo indicador que sirva para reportar a la alta gerencia; y no informar con 20 o 30 indicadores que se vuelve engorroso de analizar.

## **5.2 DISEÑO DE UN MAPA DE SIMULACIÓN BAYESIANA PARA EL CMI.**

Se ha diseñado un Modelo de Simulación Bayesiana para el Cuadro de Mando Integral de tal forma que facilite la construcción de una Red Bayesiana asociada a un Cuadro de Mando Integral. Este Mapa de Simulación Bayesiana también se puede utilizar para otras tecnologías como CRM (Customer Relationship Management), SCM (Supply Chain Management), Sistemas de Gestión de la Calidad, puesto que por sus estructuras utilizan un conjunto de indicadores que con facilidad pueden adaptarse a una Red Bayesiana. El mapa propuesto de Simulación Bayesiana se muestra en la sección 3.12 del capítulo tres,

## CONCLUSIONES

El Cuadro de Mando, a través de los indicadores, refleja la salud de la empresa. Ahora, al hacer inferencias (Simulación Bayesiana) sobre el Cuadro de Mando, se obtiene información acerca del comportamiento futuro de los indicadores. Entonces, la Simulación Bayesiana es una alternativa para prevenir la salud de la empresa.

Norton & Kaplan mencionan que:

*...las reuniones de revisión estratégica deberían permitir explícitamente poner a prueba y adaptar la estrategia...<sup>8</sup>*

La Metodología de Simulación Bayesiana del Cuadro de Mando permite realizar una evaluación detallada de las estrategias de la empresa manejando distintos escenarios tal como se desarrolla en el capítulo 4 - sección 4.10.

Una de las dificultades de la Simulación Bayesiana es la adaptación de los indicadores del Cuadro de Mando para construir la Red Bayesiana. Cada indicador debe tener una data histórica completa para que sea parte de la Red a ser simulada.

Una limitante de esta Metodología de Simulación Bayesiana es que se deben seleccionar o construir semáforos que están en una misma dimensión, motivo

<sup>8</sup> Norton & Kaplan – Cómo utilizar el Cuadro de Mando INTEGRAL – Gestión 2000.com 2001

por el cual surgen complicaciones con aquellos indicadores que no se pueden medir en la dimensión que se desea simular.

La metodología propuesta es práctica y sencilla pues se ha utilizado el potencial de la hoja electrónica Excel y el software Netica 1.1; que son herramientas muy sencillas de manejar. No es necesario ser un especialista para manejar estas herramientas, pues la metodología presenta formatos prediseñados para procesar la data histórica de los indicadores y así obtener la Red Bayesiana a Simular.

Para validar esta metodología se ha construido una Red Bayesiana asociada al Cuadro de Mando Integral de la empresa Figueri S.R.L. esta Red ayudó a identificar la estrategia adecuada que garantiza, con una mínima incertidumbre, alcanzar el objetivo principal de la empresa (rentabilidad). Al hacer el análisis de escenarios realizando múltiples instancias (capítulo 4 - sección 4.8) y luego de decidir por el mejor modelo de red, se concluye que, si seguimos la estrategia de mejorar la *Satisfacción*, la *Actitud* y el *Compromiso* de los *Clientes*, la seguridad de alcanzar la meta del *Margen de Utilidad* es de 100% (Figura 4.21 –Modelo del tercer escenario). Debido a este resultado, se tuvo que identificar las variables que conducen a mejorar la probabilidad de la *Satisfacción*, la *Actitud* y el *Compromiso* de los *Clientes*. Entonces, observando el modelo de red se concluye que las variables que conducen son *Tiempo de Respuesta* con 52.9, *Atención de Quejas* con 47.7 y la *Actitud Relativa de los Empleados* con 45.2. Para comprobar se instanció en los nodos de *Tiempo de Respuesta*, *Atención de Quejas* y en la *Actitud Relativa de los Empleados*. Y como consecuencia se incrementó la probabilidad de los nodos: *Satisfacción de los Clientes* a 82.1, la *Actitud Relativa de los Clientes* a 86.3 y el *Compromiso de Clientes* a 94.4.



La Red Bayesiana asociada al Cuadro de Mando Integral en definitiva es una herramienta que responde a la pregunta ¿qué pasa si? manejando múltiples variables simultáneamente y logrando así identificar la estrategia basada en un grupo de indicadores que conducen, con un determinado grado de seguridad, a la meta empresarial trazada, reduciendo así la incertidumbre de fracaso que existe en la estrategia que se decide seguir.

## RECOMENDACIONES

Para simular el Cuadro de Mando Integral utilizando las Redes Bayesianas es recomendable obtener anticipadamente la data histórica de los indicadores claves de desempeño y verificar que los datos sean correctos en cada punto de evaluación, en caso de que exista mucha data faltante de algún indicador, coordinar con el responsable del indicador para estudiar la posibilidad de completar los datos faltantes, de no ser posible de completar los datos, ver la manera de sustituir por otro indicador que tenga la misma naturaleza.

Cuando un indicador hijo depende de muchos indicadores padres que influyen sobre el, se aconseja identificar lo cuatro o cinco más significativos, puesto que si se trabaja con todos los indicadores padres, el cálculo computacional crece exponencialmente ( $X^n = 3^n$ , donde  $X$  es el número de opciones que tiene un nodo, y  $n$  es el número de padres que tiene un nodo) y el proceso de construir la Red Bayesiana puede volverse tedioso.

En el cuadro 3.8 del capítulo 3, se muestra las probabilidades a-posteriori. Aquí se recomienda completar (33.333, 33.333, 33.333), los valores de las probabilidades por cada fila cuya suma es cero.

Para tomar la decisión de que estrategia ejecutar guiándonos de una de las redes instanciadas, se recomienda por lo menos documentar tres escenarios y analizar las ventajas y desventajas de cada escenario con la alta gerencia, los ejecutivos y responsables de cada indicador. La decisión debe ser grupal siendo concientes de que si no se trabaja con los indicadores seleccionados, no se logrará alcanzar la meta empresarial.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kaplan R, Norton D. 2000. Cuadro de Mando Integral. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A. 321p.
2. Kaplan R, Norton, D. (2000). Implantando el cuadro de mando integral. Barcelona. Gestión 2000. 346p.
3. Blanco, F. (1976).El control integrado de gestión. México. Limusa. 456p.
4. David Ríos (1996). Simulación Métodos y Aplicaciones. España. Alfaomega. 373p.
5. Robert E. Shannon(1997). Simulación de Sistemas. México. Trillas. 428p.
6. Abellanas M., Lodaes D. 1991. Análisis de algoritmos y Teoría de Grafos. México: Macrobit-ra-ma. 380 p
7. Díez F., Mira J. 1994 Distributed Inference in Bayesian Networks. Cybernetics and Systems 25: 39-61.
8. Castillo, E., Gutierrez, J. M., and Hadi, A. S. (1995), An Introduction to Expert Systems for Medical Diagnosis. Biocybernetics and Biomedical Engineering, 15:63–84.
9. Castillo, E., Gutierrez, J. M., and Hadi, A. S. (1996), Goal Oriented Symbolic Propagation in Bayesian Networks I. Proceedings on the Thirteenth National Conference on AI (AAAI-96) AAAI Press/MIT Press, Menlo Park, CA, 1263–1268.

10. Diez, J. (1994), Sistema Experto Bayesiano para Ecocardiografía. Ph.D. Thesis, Departamento de Informática y Automática, U.N.E.D., Madrid.

### **Tesis**

11. Díez F. 1994. Sistemas Experto Bayesianas para Ecocardiografía. [Ph.D Tesis]. Madrid: Departamento de informática y automática UNED. 356 p.
12. Gutiérrez J. 1994. Sistemas Expertos, Grafos y Redes Bayesianas. [Ph.D Tesis]. España: Departamento de matemática aplicada, Universidad Cantabria. 298 p.

### **Direcciones electrónicas**

1. Martínez R. [en línea]. 1999. <http://www.martinezconsultinggroup.com>. [consulta 12 de octubre 2004].
2. Mario H. Vogel. [en línea] "Tablero de Comando". <http://www.tablero-decomando.com>. [Consulta 25 de octubre 2004].
3. Robert S. Kaplan. Marvin Bower Professor of Leadership Development. [en línea]. <http://www.people.hbs.edu/rkaplan/>. [consulta 5 de octubre 2004].
4. López Viñegla; "Implantación del Cuadro de Mando". [en línea]. <http://www.cuadrodemando.unizar.es>. [consulta 16 de octubre 2004].
5. M+S, Equipo de Investigación Aplicada. "Balanced Scorecard bases conceptuales y su aplicación en la practica" [en línea]. <http://www.msconsultores.com.pe>. [consulta 13 de octubre 2004].
6. Decide Soft. Compañía de Software en cuadro de mando .[en línea]. 1999. <http://www.decidesoft.com>. [consulta 26 de octubre 2004].
7. Cuya Vera R. Indicadores-instituciones educativas.[en línea]. 1999 <http://www.decidesoft.com>. [consulta 22 de octubre 2004].

8. Union Network, "El cuadro de mando" [en línea]. 1999.  
<http://www.union-network.org>. [consulta 23 de octubre 2004].
9. Malava C. "Preguntas sobre BSC" [en línea].2000.  
<http://www.gestiopolis.com>. [consulta 16 de octubre 2004].
10. Grupo Internacional de consultoria, Mexico [en línea]. 2000.  
<http://www.gic.com.mx>. [consulta 25 de octubre 2004].
11. <http://inforg.uniovi.es/amd/Archivos/Transparencias-grafos.pdf> 25.  
(Consultado 20 octubre del 2004).
12. Eva Millán. Redes Bayesianas en el Modelado del Estudiante.  
Universidad e Málaga.
13. Silva I. 2003 Redes Bayesianas para Sistemas de Recuperação de  
Informação.  
<http://www.dcc.ufmg.br/pos/html/spg99/anais/ilmerio/main.html>  
(Consultado.24 octubre del 2004)