

# Metodología para la construcción de la base de conocimiento de un sistema experto

**Germán Méndez Giraldo<sup>1</sup>**  
**Lindsay Álvarez Pomar<sup>2</sup>**

## RESUMEN

La adquisición del conocimiento y su transferencia son los principales cuellos de botella en el desarrollo y aplicación de sistemas expertos. Los adelantos en la ingeniería del conocimiento han mejorado los cimientos teóricos y su aplicación al desarrollo de mejores metodologías y herramientas de transferencia del conocimiento. Este trabajo presenta una nueva forma para abordar este proceso en el campo de la construcción de un sistema experto para el diagnóstico de la situación de las Pequeñas y Medianas Empresas. Con una adecuada apreciación global del conocimiento disponible se presenta los conceptos y fundamentos en que se apoyan los sistemas como herramientas interactivas de la ingeniería del conocimiento, estableciendo criterios de diseño para tales sistemas; se utilizan algunas de estas metodologías aplicadas en la industria, que incluyen herramientas para la extracción de la estructura conceptual y análisis de vinculación que se han usado extensamente en el diseño rápido de sistemas de expertos industriales. También incluye herramientas para el análisis dinámico mediante la simulación continua, que ofrecen aproximaciones complementarias y alternas para la adquisición del conocimiento.

**Palabras clave:** Sistemas Expertos, Diagramas Causa-Efecto, Diagramas Causales, Simulación Continua, Conocimiento Disponible.

**Methodology to acquire knowledge base for an expert system**

## ABSTRACT

In the past the knowledge acquisition and its transferring at expert system were the most important bottleneck to develop this decision tool. Now, knowledge engineering is improving its applications to develop better methodologies and other tools to transfer of the expert to system. This paper presents a new methodology to acquire knowledge in order to do a Diagnostic PyMes with Expert System. This methodology is based on interactive tools used in the industry; these include tools for extracting knowledge, joining analysis useful in design rapid prototypes. By the way include tools for dynamic analysis using continuous simulation, it offers complementary approximation to acquire expert knowledge.

**Key words:** Expert Systems, Cause-Effect Diagram, Causal Diagram, Continuous Simulation, Disposal Knowledge

## I. INTRODUCCIÓN

Antes de abordar el problema de adquirir conocimiento para la elaboración de un sistema experto, conviene hacer una breve reseña a fin de contextualizar la importancia y requerimientos que tiene este tipo de herramientas. Vale la pena rescatar el hecho de estar cerca de cumplir los primeros cincuenta años de la Inteligencia Artificial (I.A.), que en mucho es la que origina los trabajos en los Sistemas Expertos (S.I.). En esta Rama Cognitiva, se celebran las efemérides de este término acuñado por John McCarthy dado en 1956; sin embargo desde varios siglos antes, el hombre se había propuesto la creación de máquinas que se dedicaran al trabajo intelectual o pensamiento.

Von Newman antes de esta época también advertía la posibilidad de su ordenador, posterior computador, como una máquina flexible capaz de realizar trabajos constructivos y basados en la inteligencia a través de operaciones y códigos internos. Y aunque muchas definiciones se han construido en los casi cincuenta años de existencia formal, se puede contextualizar la I. A. de manera simple como "la habilidad de una máquina para utilizar el conocimiento simulado para la solución de problemas". Según Rappaport las principales ramas de la inteligencia artificial se representan en las siguientes actividades que han dado origen a campos de estudio e investigación. [Rappaport, 1986].

- **Procesamiento de Lenguaje Natural:** incluye la comprensión y el análisis de texto, generación automática de textos, análisis y síntesis de lenguaje oral, análisis gramatical y mejora de estilo, principalmente. Algunas aplicaciones ya generan macros que permiten estas ventajas y actualmente se realizan pruebas con equipos puestos a disposición de usuarios que interactúan con su propia voz.
- **Visión Computarizada:** con la dotación de los robots a través de cámaras y procesadores para el transporte y manejo de materiales, un buen exponente de dicha visión es la suministrada en los AGV o vehículos auto guiados, que en mucho han facilitado la operación de transporte interno de materiales.

<sup>1</sup> Investigador Principal Grupo Sistemas Expertos.

<sup>2</sup> Miembro del grupo de investigación Sistemas Expertos.

Los beneficios que se esperaban encontrar con los sistemas expertos son el incremento de la probabilidad y consistencia de tomar buenas decisiones, permitir relajar las exigencias de los expertos humanos.

- Robótica: en lo concerniente a la manipulación de objetos, movimiento y manejo de sensorica a través de diferentes clases de manipuladores; se analiza la auto-programación mediante aplicaciones de puesta a punto internas y lenguajes de posicionamiento.
- Sistemas Expertos: consiste en el procesamiento de conocimiento en contraste con el procesamiento de información; estos envuelven el desarrollo de aplicaciones para la solución de problemas complejos.

Este último tema en particular es el corazón del presente documento y a continuación se presenta genéricamente su estructura, beneficios generados al utilizar esa rama del conocimiento, también sus dificultades y posteriormente se sugiere un cambio en el proceso clásico de adquisición del conocimiento.

### 1.1 QUE SON LOS SISTEMAS EXPERTOS

Esta rama de la Inteligencia Artificial aparece en los años 70's, Feigenbaum con su aplicación DENDRAL para el análisis espectrográfico de masas fue pionero en el desarrollo de estas aplicaciones que todavía son utilizadas en este campo y en el de la petroquímica [Feigenbaum, 1980]. Otros avances han sido en el campo médico mediante el diagnóstico de enfermedades, en el campo comercial gracias a expertos en el mercadeo y en el área financiera. Tampoco se escapa el área de manufactura, que permite el diagnóstico de procesos en línea, programación de operaciones y detección de fallos de maquinaria para su posterior mantenimiento; han ganado en la solución de problemas en tiempo real de un complejo número de variables dadas en el sistema productivo.

Para permitir un mayor acercamiento, se describen a continuación los tres principales componentes de un sistema experto:

1. Base de Conocimiento: Consiste en las reglas de solución de problemas, procedimientos y datos intrínsecos relevantes al dominio del problema.
2. Memoria de Trabajo: Se refiere al procesamiento de información específica para el problema que se está trabajando.
3. Motor de Inferencia: Es un mecanismo de control que aplica el conocimiento axiomático a la base del conocimiento para procesar información específica con el fin de allegar alguna solución o conclusión. Este es el puente entre los dos primeros componentes.

### 1.2 NECESIDADES

Las necesidades de utilizar los Sistemas Expertos están dadas básicamente por dos factores altamente relacionados: en primer lugar el hombre y en segundo las aplicaciones.

#### Por el hombre:

Existe escasez de expertos humanos (E. H.) en diversos temas, dificultándose el acceso a la información; el cansancio que se produce en ellos tanto física como mentalmente con su carga de trabajo puede hacer que olviden detalles cruciales del problema; pueden ser inconsistentes en sus decisiones del día a día porque pueden ser influenciados por factores externos; tienen limitada memoria de trabajo, son incapaces de comprender rápidamente una gran cantidad de información, se les dificulta el retener un apreciable volumen de información en memoria, son lentos para recordar información y disponer de ella, y deliberadamente pueden evitar la responsabilidad de tomar decisiones.

#### Por las aplicaciones:

Los programas convencionales (P. C.) son algorítmicos y dependen de la naturaleza de la aplicación y de la máquina donde operan, dependen de hechos que pueden ser difíciles de obtener y no utilizan efectivamente las aproximaciones heurísticas usadas por los expertos humanos; Usualmente no son fáciles de adaptar a los cambios del medio ambiente y buscan soluciones explícitas que pueden ser posibles o no en la realidad, además su entorno de operación es casi siempre limitado al desarrollo original.

Estos planteamientos motivaron suficientemente a cambiar las metodologías de solución de problemas y desarrollar los sistemas expertos satisfaciendo conjuntamente las deficiencias de los expertos humanos y mejorando la potencialidad de la programación, donde como ya se mencionó, no se procesa ya conocimiento si no que por el contrario se transforma. [Badiru A., 1992]

### 1.3 BENEFICIOS

Los beneficios que se esperaban encontrar con los sistemas expertos son el incremento de la probabilidad y consistencia de tomar buenas decisiones, permitir relajar las exigencias de los expertos humanos, facilitar en tiempo real la toma de decisiones complejas a bajos costos de personal no experto, facilitar una mejor utilización de mayor cantidad de información, permitir objetivamente sopesar sin sesgos las evidencias eliminando prejuicios y emociones humanas, mejorar la dinámica del sistema a través de estructuras modulares, permitir tiempo libre para que los humanos se dediquen a actividades más creativas y puedan realizar mas investigaciones dentro de otras áreas del problema bajo estudio.

Pese a estos beneficios esperados la realidad ha sido otra, ya que por un lado sus respuestas más que orientadas al usuario son dadas para ser entendidas por otros expertos, en ocasiones no presentan labor explicativa y al usuario le corresponden

de realizar su propia inferencia, y finalmente tienen fallos en las soluciones planteadas, presentan inconsistencias en la recolección de información y sus costos son prohibitivos.

#### 1.4 FALLOS EN LOS SISTEMAS EXPERTOS

Muchas referencias como los trabajos de ESPRIT, proyecto de gran magnitud desarrollado durante la segunda mitad de los 80's por parte de investigadores europeos, muestran las deficiencias de utilizar expertos y aún más allá los sistemas KBS (del inglés, Sistemas Basados en el Conocimiento), en los que se generaron sistemas sofisticados de alta complejidad tecnológica, pero en los cuales no resolvieron en tiempo real los problemas que originalmente querían solucionar. [Barton, Sviokla, 1988].

Las aproximaciones generadas por los S. E. son teóricas y no se aplican a las condiciones reales dinámicas del ambiente complejo, máxime en aquellos que envuelven la sociedad, la economía o las áreas de la manufactura. Existen muchos objetivos que pueden ser o no explícitos y algunos de estos bajo conflicto, requieren de una gran cantidad de información que puede estar incompleta, ambigua o desactualizada. Algunos sostienen que los ambientes estables de un sistema son de muy corta duración.

Antes de suponer que los sistemas expertos no sirven o no resuelven eficientemente sus objetivos planteados, es conveniente solucionar problemas de importancia crucial como lo afirma Giarratano en el campo de la adquisición del conocimiento. [Giarratano & Riley, 2001]. De esta manera, además de analizar las causas de algunos fallos, se pueden mejorar las medidas de eficiencia y efectividad de los mismos.

#### 1.5 ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO

La adquisición del conocimiento, es fundamental para la construcción de cualquier sistema experto, en esta etapa se aplica una variedad de herramientas y ambientes asociados al usuario, y que también envuelven categorías diferentes de operación, ya que el conocimiento puede provenir de diversas fuentes. Este se compone de un banco de datos convencional que contiene no sólo hechos, sino también reglas para adquirir más conocimiento. Según Brian R. Gaines existen algunas opciones adecuadas en estas tareas para la adquisición de conocimiento, [Gaines, 1988]; estas se relacionan en la figura 1.

Para este autor, se dan distintas relaciones entre el experto, el ingeniero de desarrollo y el usuario, en procura de acceder al conocimiento y presentárselo al cliente final. Algunas dificultades que se han observado se dan en las actividades del círculo concéntrico, dichas dificultades no solo radican en adquirir

como tal, el conocimiento, sino que pasa por su validación y presentación al usuario, sin embargo, de todas estas dificultades la más importante es la de adquisición, puesto que las otras se pueden resolver en el desarrollo mismo de la aplicación.

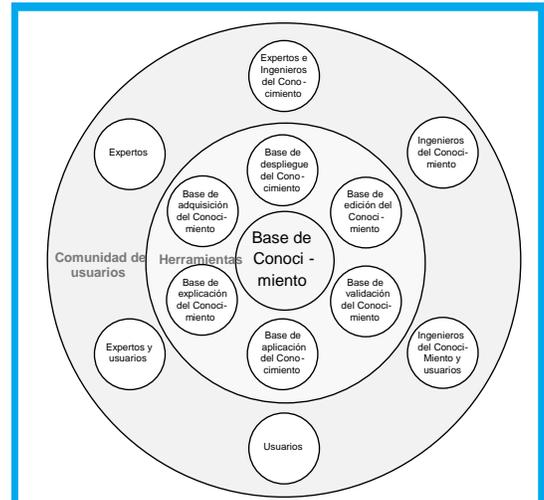


Figura 1. Arquitectura y operación de un sistema Experto.

En general, se puede concluir que las principales dificultades en la adquisición de conocimiento (ver figura 2) se fundamentan en los siguientes aspectos:

- Especificación del sistema: En donde se efectúa el desarrollo del S. E.; en la medida en que se utilice una aplicación u otra, su desarrollo para adquirir conocimiento varía.
- Acceso a los Expertos: Dificultad para encontrar expertos y que estos estén dispuestos a invertir tiempo en reuniones. La percepción generalizada es de escepticismo hacia estos desarrollos. [Hayes-Roth, Waterman & Lenat, 1983]
- Adquisición de Habilidades: Estas se dan para realizar una adecuada interfaz entre los expertos y el desarrollo informático e impulsadas por una inadecuada comunicación con los expertos, ver figura 2.
- Representación del conocimiento: Para codificar el conocimiento recibido por parte de los expertos.

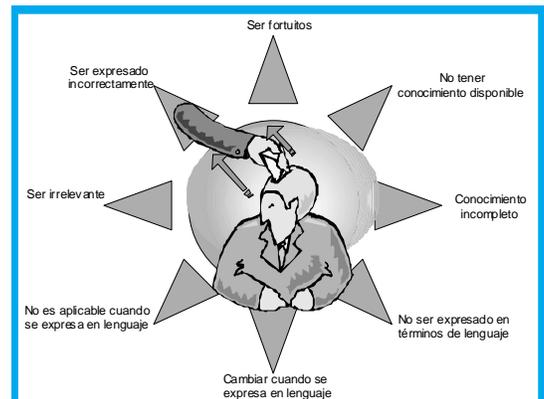


Figura 2. Dificultades de adquirir conocimiento de expertos

La adquisición del conocimiento, es fundamental para la construcción de cualquier sistema experto, en esta etapa se aplica una variedad de herramientas y ambientes asociados al usuario, y que también envuelven categorías diferentes de operación

La adquisición del conocimiento del sistema denominado PyMe, puede ser adquirido por medios indirectos como libros, estudios realizados por sectores oficiales.

Todas estas dificultades invariablemente se dan sea cual sea el objetivo del experto, debido a esto, se decidió aplicar otra metodología para adquirir conocimiento al afrontar el proyecto de investigación de desarrollo de un sistema de diagnóstico de las PyMes, tal y como se expone en la siguiente sección.

## II. METODOLOGÍA PARA LA BASE DE CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

Brevemente se menciona el proyecto general para ubicar al lector en la metodología empleada para la construcción de la base de conocimiento del experto de diagnóstico.

### 2.1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El título de la investigación es "Estructuración de un Sistema Integral de Diagnóstico para la Pequeña y Mediana Empresa - Pyme - Enfoque mediante Sistemas Dinámicos". Este proyecto se realiza con el apoyo institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a través del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. El objetivo principal es diseñar y desarrollar mediante un sistema experto, un modelo integral de diagnóstico de las Pequeñas y Medianas Empresas, que combine en forma adecuada un conjunto de modelos de procesamiento de conocimiento con herramientas del campo de los sistemas dinámicos, para obtener un modelo robusto de análisis que facilite la toma de decisiones con respecto al financiamiento de las PyMEs, así como permitir la mejora focal e integral de sus procesos.

Se compone de tres fases o subproyectos, ver figura 3; el primero consiste en la recolección de información para la generación de la base de conocimiento, el segundo es propiamente la elaboración del sistema experto y finalmente el tercero es la validación del prototipo. El primer subproyecto a su vez cuenta con dos etapas: la primera, que consiste en la recolección del conocimiento; y la segunda, de sistematización. Este artículo se refiere en concreto a la metodología empleada para la realización de la primera etapa de la Recolección del Conocimiento.

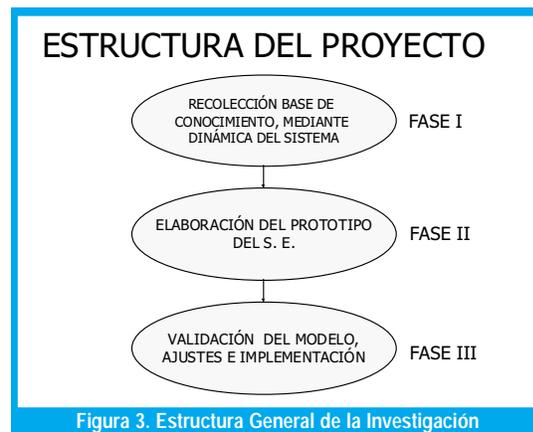


Figura 3. Estructura General de la Investigación

### 2.2 ESTRATEGIA DE DESARROLLO

El primer subproyecto incluye dos tipos de metodologías de trabajo, ver figura 4. La primera que corresponde al diseño del prototipo del sistema - recolección, procesamiento y depuración de la base de conocimiento - para preparar el modelo prototipo; y la segunda, que corresponde al proceso de sistematización del modelo de diagnóstico. Ambas metodologías tienen como soporte la investigación y aunque se dan de manera simultánea, para efectos de presentación se analizan por separado.

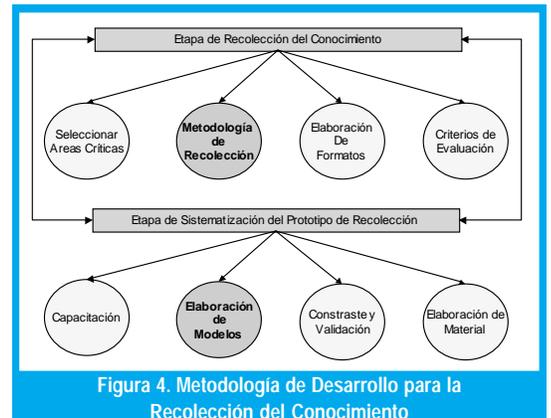


Figura 4. Metodología de Desarrollo para la Recolección del Conocimiento

#### Primera Etapa: Recolección del conocimiento

Esta fase corresponde a la adquisición del conocimiento del sistema denominado PyMe, tal y como lo afirman Giarratano y Riley, este puede ser adquirido por medios indirectos como libros, estudios realizados por sectores oficiales, tesis, diagnósticos sectoriales, etc., incluye:

- Determinar las áreas críticas para el diagnóstico de las PyMes; para ello, se recaba información bibliográfica concentrándose principalmente en los estudios oficiales nacionales e internacionales que al respecto existen en la actualidad. El diseño, ejecución y análisis de la información de la investigación exploratoria se dan en tres ámbitos: el contexto donde ocurre el diagnóstico, es decir la condición exógena al sistema donde se ha analizado el estudio para ponderar cada caso particular; la segunda, referida a los conocimientos y actitudes previas de los expertos consultados como soporte directo que se haga sobre el tema, estos son profesionales dentro y fuera del mismo Centro Universitario y desde luego empresarios que han sufrido de manera directa estas dificultades; y la tercera, las posibilidades de combinación de factores de los diagnósticos anteriores, es decir de las fuentes indirectas y de las directas.
- La metodología de adquisición de conocimiento: Esta fase consiste en determinar las pautas para recolectar, procesar y sintetizar el proceso de recabo de información, se construyen matrices de causalidad donde los distintos ex-

peritos (directos e indirectos) tengan cabida con sus opiniones, también se da espacio a índices cuantitativos que avalen los conocimientos y se recurre a la convalidación de textos técnicos en cada área del conocimiento. Esta parte como se presenta en el diagrama, es el corazón de la primera etapa y posteriormente se explicará en detalle.

- c) La elaboración de formatos para recolección de datos y de conocimiento: sirve fundamentalmente como soporte al proceso de análisis y síntesis de la información.
- d) La determinación de criterios de evaluación - tecnológicos: para ello se dan índices de confluencia, previa construcción de matrices de causas, donde priman los criterios homólogos, es decir que muchos de los expertos (directos e indirectos) concuerdan y que por lo tanto deberán asumirse como causas fundamentales; análisis de criterios dispares, donde no se dan concurrencias sino que por el contrario se presentan divergencias, si las fuentes son directas se dará la oportunidad de dar consensos intermedios e indirectos, en el caso de fuentes indirectas el grupo de investigadores utilizando técnicas de resolución de conflictos entrará a decidir sobre su validez.

#### Segunda Etapa: Sistematización del prototipo

En esta etapa se elabora el modelo de dinámica del sistema que permita entender el funcionamiento de la PyMe, de tal suerte que pueda posteriormente aplicarse al proceso de elaboración del sistema experto. Esta fase incluye las siguientes actividades:

- a) Inducción del grupo de investigadores en la temática de la dinámica del sistema, la teoría de la causalidad y los modelos mentales, se deben dar clases de soporte y si es posible, charlas por parte de expertos en la materia. Incluye adicionalmente el desarrollo de la logística de producción y edición de las herramientas que conforman el sistema dinámico del prototipo de diagnóstico. En esta etapa también se da capacitación en simulación de sistemas, lenguajes de simulación continua y análisis de escenarios.
- b) Como se observa en la figura 4, es la parte más importante de la segunda etapa, incluye el desarrollo de los modelos mentales por área de interés seleccionada, evaluando las variables de interés y luego sus procedimientos de recolección. Desarrollo del modelo matemático por cada área de interés, analizando las variables influyentes, parámetros y políticas de cada una de éstas y el desarrollo del modelo, aplicando las herramientas de simulación diagramática.
- c) Una vez se realice la integración de los diferentes modelos mentales, matemáticos y de simulación, se debe abordar la evaluación y contraste

del modelo integral con expertos de las diferentes áreas seleccionadas y su correspondiente convalidación estadística para aceptarlo como modelo predictor, base de los siguientes proyectos que se deriven de este.

- d) Preparación del material didáctico de consulta y apoyo. Esta etapa exige el trabajo colaborativo del grupo de investigadores y permitirá obtener resultados que facilitarán la socialización.

Al final de este proceso se deberá contar con una clara identificación de qué información ha de ser procesada, qué función y rendimiento se desea, qué interfaces han de establecerse, qué restricciones de diseño existen y que criterios de validación se necesitan para definir la base de conocimiento de un sistema experto que permita el diagnóstico de la PyME. Incluso una posible salida sería la determinación de los requisitos clave del sistema y del software para su desarrollo.

El tema a tratar en este artículo es la adquisición del conocimiento, actividad que como se ha mencionado resulta costosa y compleja y es necesaria para el proceso de generación de reglas apropiadas. Lo que usualmente se trabajan son los análisis causa-efecto, pero la mayoría de las veces las interacciones en el sistema empresarial no son lineales, sino que más bien obedecen a características de causalidad donde se confunden y solapan las verdaderas relaciones que obliga a disponer de procesamientos más complejos y efectivos que los simples obtenidos por los secuenciales y se recurra a programas basados en conocimiento. Así se hace necesario el desarrollo y aplicación de sistemas de este tipo, donde los adelantos en la ingeniería del conocimiento requieren mejorar sus fundamentaciones teóricas y su aplicación al desarrollo de metodologías y herramientas.

#### 2.3 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta metodología se siguió un proceso para cada una de las áreas críticas seleccionadas y que se presentan resumidas en la figura 5.

- a) Consulta de Bibliografía: ya se ha mencionado que el conocimiento de expertos queda plasmado en sus obras, en algunos casos de mejor manera que a través de sus opiniones verbales; ha sido probada esta técnica como una primera fuente de información para construir la base del conocimiento. Para ello se revisaron más de 420 referencias bibliográficas entre nacionales y extranjeras, de las cuales 38% corresponden al primer tipo y el 62% restante son extranjeras, principalmente de México y España, corroborando su pertinencia al caso Colombiano.

Se hace necesario el desarrollo y aplicación de sistemas de este tipo, donde los adelantos en la ingeniería del conocimiento requieren mejorar sus fundamentaciones teóricas y su aplicación al desarrollo de metodologías y herramientas.

se construye un modelo de simulación continua, dadas las características de funcionamiento de las empresas.

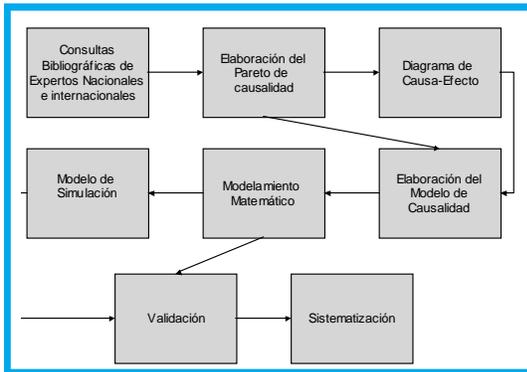


Figura 5. Metodología para abordar la Base de Conocimiento

b) Pareto de Causalidad: el diagrama de Pareto es un gráfico de barras que muestra la frecuencia relativa de hechos en orden descendente. Se conectan con una línea para mostrar la adición incremental. Una vez compilada la información proveniente de los expertos nacionales e internacionales, se homologan causas mediante la afinidad de variables. Ver figura 6 .

Para ello se utiliza el diagrama de afinidad, este permite entender sistemáticamente la estructura de un problema global. Utiliza la afinidad entre partes o fragmentos de partes de datos verbales. Para medir la importancia relativa de las causas afines se construye el Diagrama de Pareto, se determina cómo con algunas pocas causas se puede determinar el análisis de cada área funcional, para ello se parte de la idea original del diagrama, un 20% de causas participan en el 80% de las opiniones de los expertos.

c) Diagrama de Causa - Efecto: sirve para clarificar las causas de un problema. Posee dos áreas básicas: Una de causas o de factores que afectan y otra de efectos. Las flechas indican la relación entre los efectos y las causas. Para este desarrollo se parte de la pregunta ¿Qué afecta el buen desempeño del área funcional? Y se discriminan por importancia y por afinidad como en el caso anterior; de este se desprenden causas principales y sub-causas hasta de tercer nivel, es decir sub-causa de sub-causa. Lo importante es cubrir el efecto con la mayor cantidad relevante de factores. Ver figura 6.

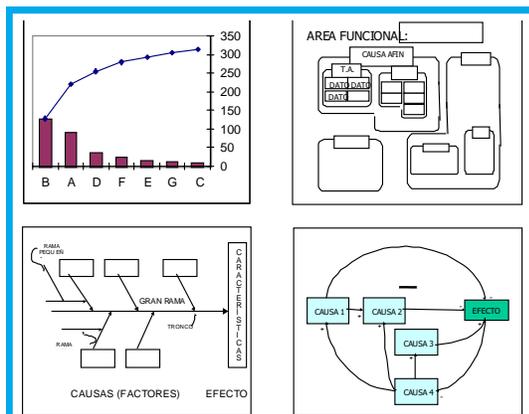


Figura 6. Herramientas para la generación de conocimiento

d) Modelo de Causalidad: sin embargo hasta ahora no es posible identificar el sentido de la relación, para saber si se presenta una acción compensadora de la causa sobre el efecto, es decir, que en la medida en que aumenta la causa el efecto disminuye o viceversa, o si la acción es reforzadora, en otras palabras, si mientras la causa aumenta el efecto también o viceversa. Ver figura 6.

e) Modelo Matemático: a partir del modelo de causalidad se construye un modelo matemático para analizar los impactos de las causas a una adecuada gestión del área funcional. En esta parte se desarrolla una matematización del problema que no es otra cosa que arreglar la transducción de variables y la operacionalización de las mismas. El modelo matemático entonces deberá ser capaz de representar en algún grado las relaciones causales que afectan el comportamiento funcional de la PyMe. En un desarrollo adicional se intenta seguir los lineamientos de la Dinámica Industrial desarrollada por Jay Forrester, y que en principio consiste en determinar niveles que son toda acumulación física o ideológica de flujos y las tasas que modifican el producto de acciones o materiales dirigidas para alcanzar metas. Drenan o llenan un nivel o cambios en los flujos y convertidores.

f) Modelo de Simulación: pero como la definición matemática no es suficiente, se construye un modelo de simulación continua, dadas las características de funcionamiento de las empresas. Para ello se utiliza un lenguaje apropiado del tipo diagramático, donde el usuario desarrolla el modelo con ayuda de iconos y le permiten la construcción directamente en la pantalla del computador en forma gráfica. Entonces se establecen los requerimientos básicos de manejo de tiempo, definiciones de niveles y tasas, así como de los distintos parámetros requeridos y dados tanto por el modelo matemático, como por el modelo causal.

g) Validación: en esta etapa se realizan diferentes corridas del modelo de simulación para convalidar por un lado el sentido de la causalidad y por el otro las interacciones ocultas entre distintas causas y subcausas, se realizan experimentaciones críticas utilizando valores binarios en muchos casos para analizar los impactos en completa ausencia de las causas o con una incidencia total. De esta validación se depuran causas y sentidos causales.

h) Sistematización: esta es la última etapa para la obtención de conocimiento, consiste en determinar la lógica propositiva que posteriormente será la entrada para el proceso de construcción del experto en la segunda fase del proyecto.

### III. CONCLUSIONES

Muchas son las bondades de utilizar esta metodología en cambio de las tradicionales, entre ellas tenemos:

Con estas técnicas de apropiación del conocimiento de manera indirecta se garantiza que los expertos llegan más rápido a transferir su conocimiento acerca del dominio del problema, suministran sus experiencias con hechos aplicables y demostrables generalmente, puesto que se basan en producción tangible.

Pone a disposición efectiva el conocimiento de expertos con otras culturas y experiencias y elimina barreras de interpretación y decodificación de idiomas extranjeros, normalmente los textos suelen tener cierto buen grado de traducción. Además elimina errores de interpretación errónea o incompleta ya que el conocimiento escrito por lo general se presenta de manera metodológica y en algunos casos pedagógica.

Accede al conocimiento especializado en cualquier momento ya que los problemas de ubicar y citar a los expertos coloca en aprietos los compromisos del tiempo al desarrollo de sistemas expertos, por lo general estos están poco tiempo disponibles, mientras que de la manera indirecta se tiene a disposición el conocimiento en cualquier momento.

Asegura que realmente se ponga el conocimiento relevante del experto, ya que permanentemente se puede leer y re-leer para contextualizarlo, contrastarlo y analizarlo integralmente, permite que mediante los análisis de causa efecto y los causales, se consignen en la base del conocimiento lo verdaderamente importante.

La perspectiva utilizada maneja de cierta manera la incertidumbre y entonces entra a proponer un razonamiento aproximado, en la medida que solo es con la simulación que se puede "demostrar" si la causa contribuye a la situación del área funcional.

Se corroboran los problemas de los factores humanos de elegir la especialización de una persona experimentada en los campos tan disímiles de las PyMes, además se dan limitaciones severas y dependencia en asunciones críticas. Por ejemplo sería impensable que un experto en finanzas pensara en términos de aumento de motivación por capacitación, sin embargo estos casos se dan.

Se mejoró el aprendizaje por medio del caso, ilustraciones, ejemplos, etc., que normalmente son usados en la elaboración de material bibliográfico o hemerográfico, con esto los juicios fluyen más y mejor a la base de conocimiento.

Se incluyó conocimiento de otras fuentes como la adquirida por ensayo y aprendizaje del error, la adquirida por razonamiento analógico, la adquirida por la aplicación de leyes generales y principios a situaciones nuevas. Todo esto está de mejor manera presentado en la información indirecta.

Todas estas bondades muestran una economía en esta fase, sin embargo también se dan muchas ineficiencias entre las que se tienen:

Las herramientas de recolección de datos deben poder ser aplicables directamente a los expertos, sin necesitar intermediarios, es decir sin desvirtuar su intencionalidad como ocurre en el caso de las fuentes indirectas donde solo quedan hechos, no se consideran las conductas de los expertos.

No se contrasta diferentes conocimientos lo cual si se puede dar en sesiones de expertos y entonces se pierde la posibilidad de obtener una diversidad de perspectivas de entrada, no solo contradictorias sino para disponer de una diversidad de formas de conocimiento y relaciones entre estos, aunque con la metodología empleada se logra en menor magnitud mediante el análisis de Pareto y el de causalidad.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rappaport (1986a). Task analysis in intelligent systems design. WESTEX-86, IEEE 86CH2332-5. 61-67. Anaheim (June).
- [2] Feigenbaum, E.A. (1980). Knowledge Engineering: the Applied Side of Artificial Intelligence. Report STAN-CS-80-812. Department of Computer Science, Stanford University.
- [3] Badiru, A. (1992). Expert Systems Applications in Engineering and Manufacturing. Prentice Hall. New Jersey.
- [4] Barton, D. & Sviokla, J. (1988). Putting Expert Systems to Work. Harvard Business Review, (March/April). U.S.A. pp. 18-23.
- [5] Hayes-Roth, F., Waterman, D.A. & Lenat, D.B., Eds. (1983). Building Expert Systems. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- [6] Giarratano, J. & Riley, G. Sistemas Expertos Principios y Programación. Ed. Thompson. México, 2001.
- [7] Gaines, Brian. Rapid Prototyping for expert systems. Ed. Michael Oliff, 1988.

#### **Germán Méndez G.**

Doctor en Ciencias Técnicas Universidad Central las Villas, Cuba, Ingeniero Industrial Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Profesor Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Profesor de postgrado en diversas Universidades Colombianas, Investigador Principal Grupo Sistemas Expertos, Consultor y asesor empresarial.

#### **Lindsay Álvarez P.**

Ingeniero Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Especialista en Ingeniería de Producción, conforma el Grupo de Investigación Sistemas Expertos.

Asegura que realmente se ponga el conocimiento relevante del experto, ya que permanentemente se puede leer y re-leer para contextualizarlo, contrastarlo y analizarlo integralmente.