
UN-SEEGSI: UN SISTEMA INTELIGENTE DE INFORMACION GERENCIAL CON APRENDIZAJE DUAL: HOMBRE-MAQUINA¹

Ing. Alfonso Pérez Gama²

Resumen

Ha llegado a su madurez la V Generación y con ello sus expresiones: la inteligencia artificial (1-2), los sistemas con el apoyo de conocimientos (3) y la ingeniería de software (4). En Colombia poca acogida parece tener. Es que los conocimientos constituyen un salto paradigmático hacia un nuevo orden mundial: el paso de la Sociedad de la Información a la Sociedad del Conocimiento. No es difícil de colegir la implicación de nuevas generaciones de sistemas de información y aunque la inmensa mayoría de gerentes no quieren saber de nuevos lenguajes ni reprogramaciones, aquí describiremos cómo es posible desarrollar e implementar un sistema inteligente de información gerencial³. El concepto de "inteligente" se refiere a la viabilidad de tener un determinado grado de autonomía decisional, un evidente mejor desempeño, una capacidad real de adaptarse a las condiciones particulares de un usuario, el reconocer y generar un plan de trabajo al ejecutivo y en especial por el soporte a las decisiones, lo cual no significa la posibilidad de "reemplazar" al ejecutivo

en esta labor, sino por el contrario constituirse en un sistema asistente del ejecutivo. Una innovación en esta arquitectura la constituye la tutoría experta en línea, que constituye un espacio para posibilitar el "entrenamiento gerencial" in situ y además la incorporación de técnicas de aprendizaje maquina que funcionen en la práctica. Lo anterior significa que UN-SEEGSI⁴ pretende ser un ambiente de aprendizaje dual: donde se debe dar un aprendizaje vivencial por parte del usuario y donde debe aprender la máquina en forma subrepticia.

Introducción

Los sistemas basados en conocimientos se están empleando en una gran variedad de aplicaciones que incluyen e.g. los sistemas educativos para aprendizaje autónomo, los mismos SIG y los sistemas de auditoría informática para incorporar en su arquitectura, componentes estratégicos de *inteligencia artificial*, ofreciendo inmensas posibilidades para adaptar el sistema a las condiciones particulares del usuario o ejecutivo de los SI, mejorar substancialmente la

1 Esta investigación ha sido posibilitada gracias al apoyo financiero de COLCIENCIAS. Se agradece la colaboración de la IBM de Colombia y al Ing. Tubal González.

2 Profesor Titular, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia.

3 Emplearemos en adelante la sigla S/IG, en el mismo sentido: SIG, SI.

4 UN-SEEGSI: Sistema Experto para el Entrenamiento Gerencial en Sistemas de Información.

utilizabilidad de los sistemas, incorporar subsistemas de razonamiento que pueden analizar y evaluar la información existente en una base de datos y explotar mucho mejor los recursos computacionales, dándole a la máquina un rol de un modo más próximo a la noción de sistema inteligente: el computador como herramienta cognocitiva.

Cabe recordar que la información que por lo general se maneja en una empresa puede en la práctica padecer de inexactitudes, estar mal estructurada, poseer poca confiabilidad, ser incompleta y en no pocos casos ser producida con atrasos. Con los programas de computador convencionales de generaciones anteriores es imposible que un programa corra con datos incompletos aunque se tengan programas de validación, elaborados con muchas dificultades, la calidad de los datos producidos por el sistema corrientemente es deficiente.

También cabe recordar que existen numerosos problemas alrededor del usuario; e.g. a pesar que se le ofrezca una gran variedad de herramientas para resolver su problema (e.g. numerosas hojas electrónicas) frecuentemente no tiene la orientación ni el conocimiento para decidir sobre la más adecuada a su problema; lo mismo se podría afirmar sobre la aplicación de la herramienta ni le es fácil decidir sobre qué clase de información y datos requeriría según condiciones y restricciones existentes ni cual sería el momento oportuno de su aplicación; otro problema se refiere a la misma interpretación de resultados: cómo proyectar las salidas en términos de acciones y ejecuciones del sistema; la situación se agrava si el problema exige la combinación de herramientas o modificación de las mismas o el intercambio con variedad de usuarios a diferente nivel de pericia y estilo ante lo cual los sistemas tradicionales suponen homogeneidad en el usuario, generando rigideces; además cuando requiera la asistencia ejecutiva, no aparece el experto apropiado. Lo anterior explica en gran medida la razón de la subutilización de un amplio número de SI y

que no se aproveche el ambiente computacional e informacional para motivar aprendizaje en situaciones reales.

Por lo anterior creemos que el principio de solución no radica ni en ofrecer más datos, ni más herramientas, ni más ayuda interviniente sino en el cambio estructural del SI, integrando conocimientos y presentándolo de forma muy diferente partiendo de la individualización del proceso de aprendizaje: *aprendiendo a aprender*.

En esta nueva arquitectura, que se describe más adelante en la *sección 2*, se incorpora la experiencia de la inteligencia artificial y de la moderna ingeniería de software. Se ha podido evidenciar que los sistemas inteligentes posibilitan sensiblemente el acceso a los recursos computacionales e informacionales, mejoran la aplicación de conocimientos e incentivan variedad de aprendizajes significativos. En el mundo de los SIG se pueden identificar dos hipótesis extremas sobre su función:

- La visión primaria tradicional y simplista que concibe al sistema como un simple proveedor de datos e información, reflejando el "pasado" informacional de la empresa: datos suministrados en forma rápida, confiable y oportuna para apoyar las operaciones de la organización, el control de gestión y la toma de decisiones. Aquí se adscriben un gran número de ofertantes de herramientas de IV Generación, i.e instrumentos de productividad, quienes ofrecen la "solución" del sistema de información con manejadores de bases de datos como una ecuación sencilla: $SI = B \text{ de } D$ y sin complicación alguna. La cosmovisión es de tipo instrumentalista, donde el computador no pasa de ser una simple herramienta de cálculo y un depósito de datos.
- La segunda hipótesis, liderada por Gordon DAVIS (5) entre otros, trasciende el alcance del sistema información como un espacio apropiado para la solución de problemas de una organización, ya que ninguna empresa

permanece "resuelta". La anterior cosmovisión la hemos adoptado en nuestro Proyecto EIDOS⁵, para el desarrollo del prototipo central UN-SEEGSI. En este sentido nuestra hipótesis de trabajo concede al computador un papel más trascendente como herramienta cognitiva i.e. que le posibilite a un usuario desarrollar habilidades mentales superiores para enfrentar la complejidad empresarial y desarrollar el pensamiento creativo para la solución de problemas y además posibilite al sistema como memoria institucional en términos de experiencia y conocimientos.

¿Qué tan inteligente puede ser un sistema de información?

En esta sección se discute cómo usar la moderna ingeniería de software y la de conocimientos para dotar inteligencia en un SIG.

Convergencia ingeniería de Software e I.A.

Evidentemente se trata de utilizar las *nuevas tecnologías del conocimiento y de la inteligencia* que posibilitan la migración de un sistema convencional de información a un SIG lo que requiere de la aplicación de Ingeniería de Sistemas de Información en dos frentes: la Re-Ingeniería de Software y la Ingeniería de Conocimientos.

- a) La aplicación de *Re-Ingeniería* (6) se puede visualizar de la siguiente manera:

Sea R_i una Representación del SIG; la Re-Ingeniería constituye la re-creación de una parte de sistema en una nueva forma y su implementación R^*j .

Es decir la renovación de los mecanismos internos, la modernización de las estructuras de datos y su arquitectura, el redesarrollo del SI para mejorar su desempeño, la renovación y la recontextualización su es-

tructura y evidentemente su implementación para mejorar su desempeño conservando sus características funcionales básicas. Es decir la moderna ingeniería de software es multidireccional (claramente distingue la ingeniería directa y la retroingeniería) cuya verticalidad es fruto de intensa investigación y cuya transversabilidad que posibilita la optimización por capas o niveles de la empresa. Andrews (7) define esta reingeniería como una tecnología de "valor agregado". Charles W. Bachman definió una metodología la cual ha enriquecido indudablemente el quehacer ingenieril (8).

- b) La aplicación de la *Ingeniería de Conocimientos* se puede entender como la integración sistémica de capas o metasisistemas de conocimientos a la arquitectura del SIG (9), para lograr un desempeño más acorde con las exigencias actuales, que supere las limitaciones analíticas, cuantitativas y cualitativas de los datos y se ofrezcan nuevos espacios de pensamiento y solución oportuna de problemas. En estas capas se persigue la representación de problemas del SIG, la representación e información sobre el usuario y su estilo cognitivo, el sistema de razonamiento decisional, la inteligencia en la base de datos, entre otros lo cual se explica más adelante. En este cometido se integran varias capas de conocimientos donde conjugan la representación de conocimientos de los diferentes agentes que actúan en el escenario del SI y los modos de razonamiento, tales como el conocimiento experto en temas gerenciales, conocimiento del usuario o ejecutivo del SI y su representación computacional, las herramientas para resolver problemas, el conocimiento y razonamiento sobre los datos y la tecnología inteligente para apoyar la gestión y la planeación. Del grado de aplicación de dichas tecnologías dependerá el grado de conoci-

5 EIDOS: "EDUMATICA e Inteligencia Artificial para el Desarrollo de la Inteligencia Humana" - Universidad Nacional, financiado por COLCIENCIAS Contrato No. 147-91.

miento experto que procese el SI y por ende se logrará un espacio para la solución continua de problemas de diferente índole.

Estructura de las capas de conocimientos en el SIG

Las capas de UN-SEEGSI identificadas (véase Figura No. 1) dentro del Proyecto EIDOS son: el mapa conceptual o gerencial cognitivo, el sub-sistema de habilidades gerenciales, la incorporación de inteligencia en la base de datos, la interfaz inteligente hombre-máquina y el soporte para planeación.

Descripción de las clases de conocimientos en el SIG

De acuerdo con la figura anterior, las 5 capas de conocimientos comprenden:

1. *Mapa gerencial-cognitivo o SYLLABUS*, constituye una capa conceptual y de conocimientos en el cual cada punto de la representación tiene el conocimiento del dominio del SIG, que requiere un usuario para desempeñarse apropiadamente en la empresa. Está apoyada por una base de conocimientos que constituye una posibilidad como instrumento para *entrenamiento gerencial significativo*, i.e. un *asistente experto* en temas profesionales, incluyendo no solo los niveles de gestión sino cada una de las áreas cubiertas por el SIG, o federación de sub-sistemas, según G. Davis y Olshon (op. cit.).
2. *Capa de Habilidades Gerenciales*: es la capa decisional: la posibilidad de viabilizar en un *sistema de información gerencial* como *soporte para las decisiones* del ejecutivo (10): una base de conocimientos de habilidades gerenciales, que van a apoyar la gestión del usuario y en ninguna forma a

**C A P A S DE
CONOCIMIENTOS DE UN-SEEGSI**

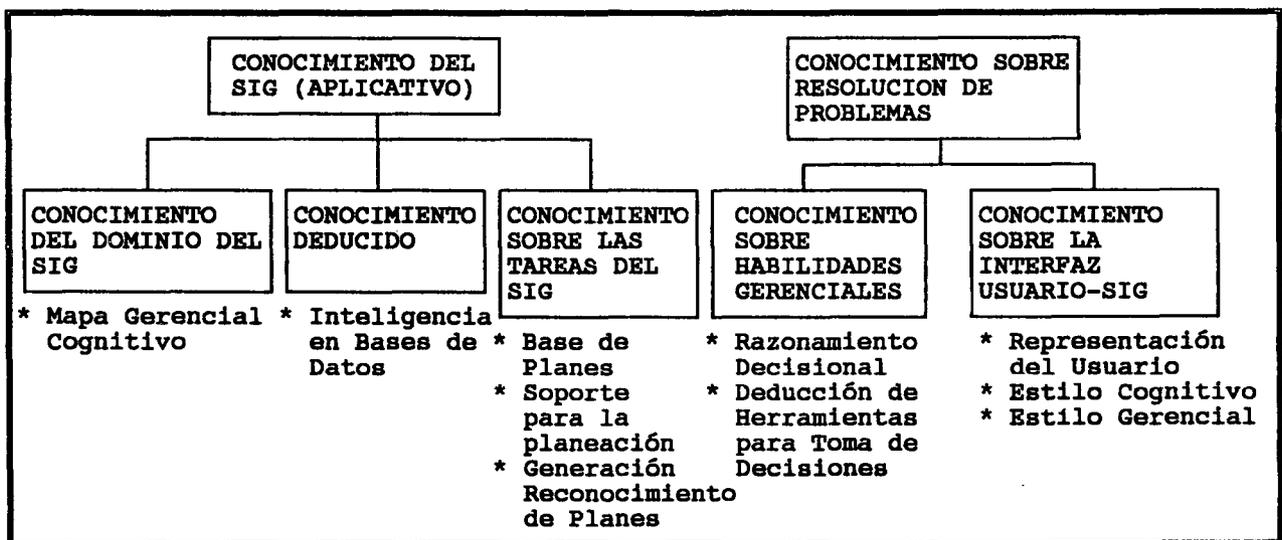


FIGURA 1. Estructura de CONOCIMIENTOS.

substituirlo, dentro de una perspectiva plural-gerencial. Esta capa la constituye tres sub-capas a saber: razonamiento decisonal, inferencia de requisitos de información e instrumentos para la toma de decisiones, las cuales se describen a continuación:

i- Razonamiento decisonal

Recorriendo los niveles de gestión por área funcional y considerando el grado de estructuralidad o no de la decisión en el sentido de H. Simón. El sistema de razonamiento frontal: implica una elaboración teórica previa sobre razonamiento decisonal en espacios múltiples: Dominio psicológico, Dominio administrativo, Dominio analítico (una perspectiva lógico-racional) y de la investigación operacional (11).

ii- Deducción de los requerimientos de Información

Para la toma de decisiones, teniendo en cuenta el estilo gerencial del usuario. Este sistema identifica el sub-espacio datos-información que demanda el ejecutivo del SI para la toma de decisiones en cada una de las aplicaciones y además posibilita la evaluación de la información ex-ante la decisión.

iii- Análisis y determinación de herramientas para la toma de decisiones: Una base de conocimientos de soporte a las decisiones, apoyada en modelos de gestión y de la investigación operacional y siguiendo el estilo cognitivo (12) y gerencial del usuario. En décadas anteriores estos planteamientos parecían no tener asidero dado el estado de la tecnología y la incipiente ingeniería de conocimientos, como lo sostuvo entre otros Huber (13). Además de los tradicionales métodos de la investigación operacional, se podría mencionar: matrices de pago, curvas de utilidad, preferencia e indiferencia entre otros. El proyecto JANUS (14) ha llevado a cabo una experiencia interesante con el prototipo JANUS que utiliza 4 constructos que intentan emular variedades de estilos de usuarios: la figura de *Dr. Spock*, el del pensamiento lógico-racional, *Bozo* el pensamiento lateral emulando búsqueda de mayores alternativas creativas para la solución de problemas; *Mami* que se centra en la explicación y ayuda y la figura de *Esopo* o narrador de historias; aquí el usuario selecciona el constructo de interfaz, representado en forma declarativa y que usa plantillas.

3. *Inteligencia en las bases de datos:* Un componente importante lo constituyen las bases de datos basadas en conocimientos o bases inteligentes de datos (15). Este subsistema es un componente del nivel tecnológico de la empresa y está integrado por: inteligencia para los datos y descubrimiento de conocimientos o aprendizaje maquinal para las bases de datos.

i- Inteligencia para los datos: Una base inteligente de datos: UN-BID (16), prototipo desarrollado dentro del Proyecto EIDOS empleando UN-PROLOG⁶ sobre una herramienta de 4 Generación (ORACLE) incorporando un sistema de razonamiento frontal para posibilitar la incorporación de reglas de diferente naturaleza, a partir de las limitaciones de la mencionada herramienta de productividad, en que dejaba de resolver problemas e.g. de la integridad referencial; dicho razonamiento frontal posibilita el que la base de datos puede tener un desempeño inteligente.

ii- Deducción de conocimientos para aprendizaje maquinal de las bases de datos: A partir de la base de datos: UN-BDD, se trata de inferir conocimiento a partir del sistema de base de datos ya sea recuperando el conocimiento que algún experto introdujo o la deducción de conocimiento a partir de los datos existentes en la base. También se entiende como la posibilidad además de ofrecer análisis de frontera según las especificaciones del modelo de datos, establecido. Una base de datos puede considerarse como una base de hechos en sistemas basados en conocimientos, lo cual es uno de los fundamentos para la inferencia de conocimiento nuevo (17).

4. *Inteligencia para el Interfaz Usuario-SIG,* lo cual implica el diseñar un sistema que sea capaz de adaptarse a las condiciones particulares de un usuario, entender el estilo de aprendizaje y enfoque filosófico del mismo y en general captar el mayor conocimiento del usuario para poder diseñarle la retroinformación y el mismo subsistema de explicación:

i- Comunicación en Lenguaje Natural: Un interfaz en lenguaje natural (i.e. manejando un subconjunto es-

6 UN PROLOG: Desarrollado por el profesor Roberto Ojeda, en el Departamento de Ingeniería de Sistemas, con el apoyo financiero de COLCIENCIAS.

pecializado) para trabajar con bases de datos del SI. Se prevee la incorporación de la lógica de la ambigüedad (fuzzy) de acuerdo con nuestra experiencia con los prototipos desarrollados dentro del Proyecto EIDOS: UN-AudiExp (18), Un-AudiBC (19) y UN-Audi-Plan (20), que posibilite al usuario de utilizar contextos lingüísticos para manejar variables de tipo cualitativo i.e. cuyos límites y valores presentan ambigüedades. Igualmente la experiencia con UN-FIS-Tutor (21) que es un prototipo que acepta problemas planteados por el estudiante en lenguaje natural nos ha permitido lograr una buena apreciación de la complejidad implicada en esta comunicación.

ii- *Modelamiento del usuario*: Se trata en dos dimensiones, de responder al estilo gerencial: que incluye tanto el estilo cognitivo como el enfoque filosófico del usuario. El *Modelo del Usuario*: Estos modelos (22), (23) y (24) han tenido en los sistemas expertos mucho interés puesto que han posibilitado el desarrollo de interfaces de comunicación hombre-máquina más adaptables dada la posibilidad de lograr una representación computacional del usuario y así mismo ofrecer explicaciones más apropiadas. Además facilitan el desempeño eficiente de diferentes niveles de usuarios, lo cual *aumenta a la vez el nivel de aceptabilidad de los sistemas informáticos*. Otros subsistemas los caracteriza el tutor o mejor el asistente inteligente en línea que entre otros "adiestra" al ejecutivo en consultar la información del sistema y le permite recorrer los archivos, ilustrándole en cada oportunidad con ejemplos sobre la estructura de la información disponible y los períodos de referencia. Así mismo, existe un subsistema de documentación en línea, en que se registran los principales hechos en relación con datos, e información pública sobre los programas y cómo utilizarlos. A este efecto hemos realizado un trabajo analítico (25) y experimental sobre varios tutores, algunos de los cuales se mencionan en este trabajo.

5. *Soporte inteligente para la Planeación*. La importancia de los proceso de planeación en la empresa moderna es trascendental. Aquí se identifican 2 niveles, a saber: La asistencia inteligente para la planeación a nivel organizacional y el reconocimiento y generación de planes del usuario.

i- *Planeación Inteligente* (26).

Una de las actividades de los ejecutivos de los SI, está relacionada con los procesos de planeación cuyo soporte computacional tradicionalmente ofrece técnicas de análisis de datos históricos, estimaciones

y pronósticos. Lo anterior resulta insuficiente ante la cada vez más compleja situación de la planeación financiera, presupuestal, de inversiones, del seguimiento de actividades críticas, de recursos y compromisos y según R. Anthony a varios niveles: estratégico, táctico y operacional.

La necesidad de predicción ante la incertidumbre del futuro aparecen con factores casi inmanejables: cualitativos, juicios de valor, subjetividades, falta de una memoria institucional que permita reconstruir fácilmente experiencias y conocimiento adquirido, la divergencia entre el aprendizaje institucional y la filosofía y cultura organizacional, entre muchas otras. Fiksel (op. cit.) identificó un ciclo de vida de la planeación: Aprendizaje, Razonamiento y Acción. El primero implica aprendizaje maquinal y sistematización del conocimiento empresarial para preservar la memoria institucional. El segundo implica el análisis sobre opciones estratégicas, gestión del riesgo y de los recursos. El tercero la selección entre opciones de planes y actividades.

ii- *Reconocimiento y Generación de Planes del Usuario*.

Es muy conocido el empleo de planeación e IA en el campo de la robótica. En el contexto de los SIIG, los planes facilitan y guían al usuario e.g. para la realización y ejecución de sus tareas y resolución de problemas de la vida diaria empresarial e.g. que obtenga la información que necesite, sin más ayuda que el propio sistema (por intermedio de inferencia y razonamiento automáticos), le ayudan a manejar deductivamente las transacciones estructuradas y conocidas, y además ofrecen una asistencia inteligente en línea. Una base de planes normativos a diferente nivel, posibilita reconocer un problema planteado por el usuario, no solo para obtener planes de tareas, acciones y procesos institucionales de la vida diaria sino que además posibilitan enfrentar situaciones inesperadas de riesgo y concreciones de amenazas, complejas y difíciles mediante planes de contingencia que minimizan riesgos y las consecuencias indeseables.

EL PROBLEMA de Planeación en este contexto se puede describir así: dada una descripción del mundo; dados ciertos objetivos y metas se trata de encontrar *planes* de tal suerte que cuando se ejecuten, alcancen los objetivos definidos. Básicamente un sistema de planificación consiste en una base de conocimientos de planes "normativos", el conocimiento sobre la planificación en general y sobre el dominio de la aplicación; además tiene una base de datos y un mecanismo de inferencia, el cual selecciona los conoci-

mientos necesarios para generar una sucesión de acciones que transforme un ESTADO INICIAL hacia un ESTADO OBJETIVO. La Base de datos contiene la representación del "mundo" de la empresa y emplea e. g. la lógica de predicados para representar las relaciones entre estos.

Arquitectura simplificada del SIG

En la siguiente figura se puede apreciar la estructura de UN-SEEGSI que se está desarrollando dentro del Proyecto EIDOS, en la Universidad Nacional, la cual consta de varios subsistemas que interactúan:

El Subsistema usuario. Que integra los componentes de modelos del usuario donde se representa este conocimiento, el módulo de razonamiento decisional que recupera variedad de razonamientos maquinales de una base de conocimientos, el módulo orientación del diálogo hombre y máquina sobre la cual descansa el interfaz.

Este interfaz es responsable por las interacciones de bajo nivel SIG-usuario.

El subsistema soporte para la decisión: Que incluye a lo anteriormente descrito, un tutor experto en línea o asistente decisional, un subsistema de explicaciones donde se recuperan los pasos y procedimientos que se llevaron a cabo para seleccionar una decisión. Aquí intervienen las capas de conocimientos sobre habilidades gerenciales que orienta la decisión al igual que el conocimiento sobre las herramientas para la toma de decisiones según el estilo gerencial monitoreado por el subsistema anterior (Véase la Fig. 2).

La explicabilidad del sistema es uno de los instrumentos más potentes en el aprendizaje de un usuario en el contexto de su trabajo y adaptado a la interacción de un individuo en particular.

El subsistema de tareas y planes normativos: Que incluye el conocimiento sobre trabajo en las bases de datos, el reconocimiento del plan en que se encuentra un usuario en una sesión dada y la generación de planes para un usuario que está desorientado y no sabe que hacer frente al SI; también registra apropiadamente los trabajos en proceso o agenda para cada usuario en particular.

El subsistema de entrada y adquisición de conocimientos: Donde se registran los atributos, parámetros, valores, problemas que en forma activa y dinámica obtiene y estructura los detalles de un problema del SI; adicionalmente debe ser capaz de captar e inferir los supuestos, justificaciones y relacionadas por un usuario en la sesión de trabajo; además se registran las producciones del SIG. El sub-sistema incluye adquisición semi-automática de conocimientos, según las facilidades de NEXPERT-OBJECT.

El subsistema de representación de problemas, actividades y trabajos: Que posibilitan gestionar adecuadamente el sistema global: es el conocimiento a profundidad en subdominios específicos; este conocimiento restringe las posibles acciones, describe la metas y objetivos y además las operaciones.

El Subsistema de bases de datos y conocimientos: Integrada con un módulo de aprendizaje maquinale para descubrir conocimiento nuevo a partir de los datos factuales registrados y por el conocimiento ex-ante registrado.

UN-SEEGSI hacia el aprendizaje dual: hombre-máquina

La Dra. Rosa Vicari (27), de la Universidad Federal de Porto Alegre en Brasil, está liderando un Proyecto Educativo de aprendizaje dual estudiante-computador dentro de una perspectiva de la matemática computacional⁷. Como se recor-

7 Propuesta de desarrollo teórico del profesor John Self para tratar de definir los productos y salidas de aprendizaje en ambientes electrónicos y explicar este proceso de aprendizaje.

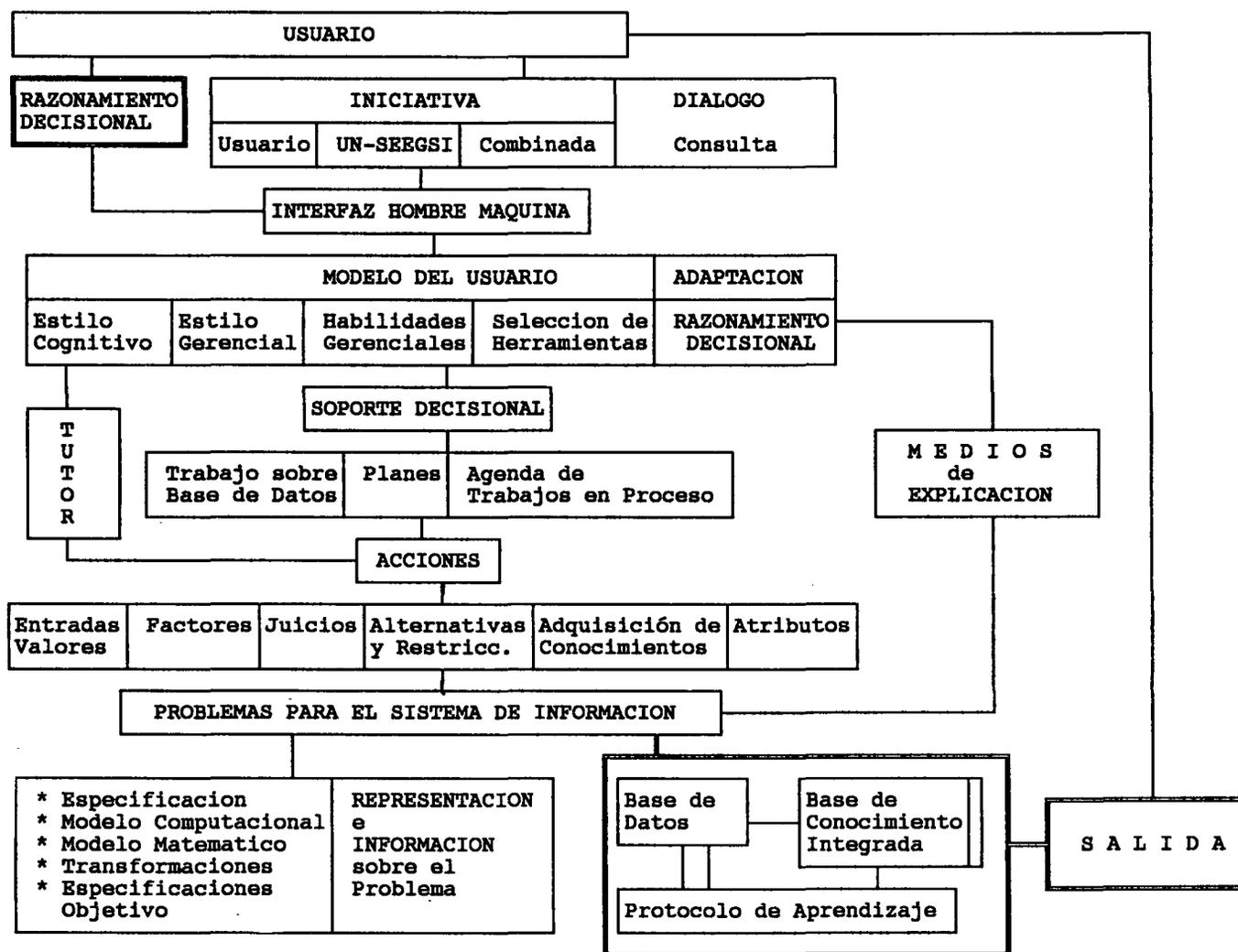


FIGURA 2. Arquitectura simplificada de UN-SEEGSI.

dará, la inteligencia artificial ha emergido como algo nuevo, provocador y que causa temor por la misma posibilidad de construir "mentefactos" con capacidad autónoma de decisión.

Además del desempeño inteligente que puede exhibir el SIIG y de servir de entrenador experto gerencial, se puede incorporar un subsistema explícito de *aprendizaje maquina* que adquiera conocimiento nuevo sistemática y/o subrepticiamente. De hecho la posibilidad de inferir conocimiento nuevo de la base de datos según se mencionó anteriormente, posibilita que el sistema "aprenda"; si además sistematizamos la ad-

quisición conocimientos podemos enriquecer las habilidades gerenciales y fortalecer la capacidad de planificar constituyéndose en un sistema de información gerencial que preserva la memoria empresarial, lo cual posibilita preservar y capitalizar la experiencia y cultura organizacional con consecuencias inesperadas en términos de nuevas habilidades superiores que se puedan desarrollar por parte de un usuario. La meta inicialmente planeada para este prototipo estaba presupuestada sobre la hipótesis de doble uso: aplicaciones en Educación –entrenamiento gerencial– y aplicaciones en el contexto profesional, lo cual implicaría una arqui-

tectura innovadora y vigente. Lo anterior permite colegir sobre la doble perspectiva de UN-SEEGSI donde aprende el SIG y se entrena el usuario.

Aprendizaje maquinal

Teniendo en cuenta que casi es imposible entender el problema de la Inteligencia Artificial sin que implique la posibilidad de APRENDER (28), a continuación se describe someramente un esquema un del ciclo de aprendizaje en que interactúan el software y el un usuario (véase Figura 2). En aprendizaje maquinal, el sistema genera nuevos conocimientos en forma "automática" y se basa en generalizaciones deducidas de experiencias anteriores. El sistema, en efecto, aprende nominalmente de la experiencia y de este modo el mismo sistema se actualiza. Este proceso es tema de mucha investigación.

La habilidad para aprender es un componente importante de la inteligencia y al ofrecer completamente esta potencialidad mejoraría el potencial de un sistema inteligente en especial en el terreno de la educación (29).

El sistema parte del modelo explícito de conceptual-gerencial, como dominio del conocimiento del SIG (e.g. una estructura en forma de árbol) y con la ayuda de los modelo de usuarios.

Como se puede apreciar este esquema se fundamenta en el papel que pueden jugar tanto el Modelo del Estudiante como el Aprendizaje Maquinal, dada su íntima relación y que este último se emplea para soportar un sistema de procesamiento cooperativo.

La confluencia de la información de control es la base para integrar el conocimiento conceptual (que define el entendimiento actual del sistema que se quiere aprender) expresado como fronteras dentro de la estructura del dominio inicial. El sistema "sabe" el nivel de conocimiento dado la representación que tiene del usuario.

Las habilidades de aprendizaje en el sistema (usuario-máquina) a nivel estratégico dependen de un conjunto de protocolos heurísticos o reglas basadas en experiencia y que puedan tener credibilidad psicológica.

La información que se busca es el resultado de la interacción entre el software y el estudiante dentro de un esquema cooperativo. De esta manera se puede implementar un conjunto de cuestiones de ayuda siempre y cuando el sistema (30) fuese capaz de responder, e.g. "¿Cuál es el siguiente paso?", "¿Cual es el próximo evento?" y además dar explicación. El nuevo dominio se conforma a partir de los algoritmos para hacer explícito las tácticas de aprendizaje, i.e. tomar la nueva información y el nivel de conocimiento del SIG actual (syllabus), y de la interpretación que se haga al respecto. Esta Interpretación se basa en el procesamiento cooperativo entre la máquina y el estudiante, sobre ¿qué se debe "aprender" a partir de la nueva información? De esta forma se conforma el nuevo syllabus o mapa cognocitivo-gerencial descriptivo del area del conocimiento del SIG.

Lo anterior pone en evidencia numerosos interrogantes que estan aún por resolver mediante la experimentación y la implementación de las tácticas y estrategias de aprendizaje que tengan la suficiente validez psicológica. Esto dará mas luces sobre las complejidades del aprendizaje humano lo cual favorecerá los desarrollos de los sistemas inteligentes.

El modelo computacional del SIIG

La representación computacional del SIIG se requiere por razones obvias aunque es necesario reconocer la imposibilidad de expresar matemáticamente como una expresión determinada. Las variables del SIG involucran objetos, matrices (cobertura en términos de función según nivel y área), vectores (nivel tecnológico), variables fuzzy (e.g. desempeño gerencial) y escalares.

Sus entradas y salidas desbordan la simple data para expresar diferentes formas por lo general no estructuradas e.g. un problema a resolver o un plan de acción a seguir:

$$y = f\{\text{objetos, problema, cobertura, desempeño, nivel tecnológico, nivel de gestión, plan-usuario, estilo-gerencial, ciclo de vida } (t)\}$$

Los resultados del sistema de información (i.e. salidas) y pueden ser decisiones, información, conocimiento requerido, soluciones, planes inferidos y objetos). Esto corrobora la *casi imposibilidad* de expresar un SIG en forma cerrada (31).

Los *objetos*: pueden referirse a elementos-dato o cualquier constructo informático factible.

El *problema*: se expresa como el tipo de decisión a tomar, la necesidad de información, una prospección de variables del sistema, la posibilidad de identificar un conocimiento nuevo a partir de la base de datos u otro (32). En el caso de decisiones se involucra el grado de estructuralidad i.e. *{no estructurado, parcialmente estructurado y estructurado}*, lo cual puede inferirse del problema o hacerse explícito.

La *cobertura*: implica las funciones según nivel de gestión y/o abstracción y el area cubierta por el SIG, e. g. CONTABLE, FINANCIERA, PERSONAL, PRODUCCIÓN, MATERIALES, ALMACENES, SERVICIOS, TRANSPORTE, MAQUINARIA, EQUIPO, VENTAS, CLIENTES.

El *desempeño*: se refiere a la habilidad gerencial inferida o explicitada:

Razonamiento decisional en varios dominios: psicológico, administrativo (e.g. reglas de la empresa) y analítico (investigación operacional).

Información requerida para la toma de decisiones según la calidad y nivel de usuario. También implica la determinación de los instrumentos matemáticos y no matemáticos (e.g. procedimentales) para la decisión respondiendo al estilo cognitivo del usuario.

El *nivel tecnológico*, es la variable que está asociado con la productividad esperada del SIG, que involucran las herramientas para el análisis decisional e informacional, el propio estilo gerencial como una función tanto del estilo cognitivo y el enfoque filosófico del usuario, la interfaz usuario-SIIG, incluyendo la inteligencia en la base de datos y la comunicación en lenguaje natural, la cultura organizacional e informática de la institución y en general los recursos empresariales, lógicos y materiales.

El *plan de usuario*: asociado con planes normativos (generación de un plan a partir de una base de planes identificados y modelos) y planes positivos (reconocimiento de planes del usuario). Aquí se pueden incluir los planes de contingencia.

La *variable t*, implica el horizonte de planeación en el tiempo, el mismo ciclo de vida del sistema de información o la misma dinamicidad de las variables del sistema.

El esquema del SIIG podría representarse también por un conjunto de ecuaciones simultáneas dadas las múltiples inter e intra-relaciones del SI. De todas maneras el esquema descrito anteriormente señala de por sí, un desempeño mucho más rico y fértil para atender las demandas de la dirección empresarial y un constituye sistema que tiende a adaptarse a las condiciones individuales de un ejecutivo-usuario y en que el computador deja de ser un simple depósito de datos y calculadora para convertirse, no solo en un *asistente experto* cumpliendo un rol mucho más novedoso e interesante, sino un espacio *problematizador-solucionador* de problemas de la empresa abandonando las finalidades de las primeras generaciones i.e que se centraron en los "problemas de oficinistas y empleados" y haciendo negación de las verdaderas misiones, objetivos y problemas de una institución.

La implementación

Existen en la arena de la Ingeniería de Software y de la Inteligencia Artificial, numerosos instrumentos teóricos y prácticos para la construcción rápida de los SIG muchos de los cuales no se conocen en el país.

El esfuerzo lo hemos abordado desde la óptica de nuestro Proyecto EIDOS en el Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia, donde estamos empeñados en construir el prototipo UN-SEEGSI, cuya arquitectura simplificada se presenta en la Figura 2. A este efecto hemos dirigido la construcción de varios prototipos de diferentes componentes de UN-SEEGSI los cuales se han referenciado anteriormente y hemos avanzado ampliamente en su conceptualización.

- Ante todo está el empleo de las herramientas CASE cuyo empleo es prácticamente indispensable en el proceso de Re-Ingeniería (Pérez y Medina, op. cit.). Dentro del Proyecto EIDOS contamos con IDMS-ARCHITECT para el análisis y diseño de sistemas de información y el ADW/PWS de KnowledgeWare para la planeación estratégica de un SIG.
- Entre los lenguajes de V Generación contamos con UN-PROLOG con todos sus extensiones y en especial su característica de transportabilidad y poder expresivo.
- Hay varios Shells para trabajar las capas de conocimientos. Uno de ellos es NEXPERT OBJECT, herramienta de Ingeniería de conocimientos adquirida para el Proyecto EIDOS.

Existen todavía algunas *barreras* que dificultan el proceso de implementación. Valga anotar que en Colombia el *mercado de tecnologías del conocimiento y de la inteligencia* es demasiado incipiente y muchos distribuidores de software consideran que dicho mercado es costoso, con poca o nula demanda y por consiguiente de alto

riesgo, dándose a translucir que no existe un interés mínimo a este respecto.

Los nuevos paradigmas de la *Re-Ingeniería y Retroingeniería de Software con el apoyo de herramientas CASE*, no han sido entendidas en Colombia como posibilidades para innovar los SIG.

Los usuarios en Colombia parecen sentirse satisfechos con el apoyo administrativo y operacional de su SI de 3a. y 4a. Generación y muy pocos creen en la posibilidad del SIIG como un espacio para la solución de problemas de la empresa.

Conclusiones

Nuestro planteamiento, centrado en la innovación y re-creación mediatizada por la re-ingeniería, ha sido fruto de un intenso trabajo de varios años, en especial por la posibilitación de conocimiento que se ha dado en el espacio de nuestro Proyecto EIDOS dentro de una perspectiva de doble uso: en el terreno profesional y para su empleo en educación haciendo utilización intensa de herramientas CASE y de instrumentos de ingeniería de conocimientos potenciada pro quehacer diario desde nuestra cátedra universitaria.

Aquí hemos descrito someramente los esfuerzos de investigación hacia la construcción de UN-SEEGSI, una de las metas del Proyecto EIDOS, lo cual ha mediado la construcción de un número importante de prototipos de trabajo referenciados oportunamente. Aquí se recontextualiza no solo los aspectos metodológicos de los SI sino el concepto de "federación" de subsistemas de información que introdujo G. Davis y M. Olshon (op. cit.) como un *sistema abierto de cooperación de subsistemas expertos* en los que el procesamiento cooperativo para la solución de problemas de la empresa (33), alcanza un verdadero sentido, dado que por lo general un problema, no es exclusivo de una sola sección de una empresa.

Lo anterior es otro tema de investigación que amerita un tratamiento especial: inteligencia artificial distribuida y cooperación inteligente en el SIIG para la solución de problemas. La producción de estos subsistemas se apoya con UN-PROLOG-Shell y además se emplean herramientas CASE para la construcción rápida de SIG's. A este efecto hemos trabajado (34) en el diseño de una metodología que funcione, para la construcción rápida de prototipos y desarrollo

de SIG en forma eficiente y oportuna, lo cual está facilitando la estandarización de diferentes subproyectos alrededor de UN-SEEGSI.

Finalmente hemos enfatizado sobre el uso y aplicación de la IA y de la Ingeniería de software en investigación sobre nuevas arquitecturas de SIIG. Esperamos con optimismo presentar a la comunidad estos resultados en el corto plazo.

BIBLIOGRAFIA

1. HENDLER, James. "AI in the twenty first Century", *IEEE EXPERT: Intelligent, Systems and Applications*. Doc., 1993.
2. SHANK, Roger. "¿Where is the AI?". *AI Magazine*. AAI Doc., 1993.
3. MUKANATA, Toshimon. "Practical AI: Where it's been and where is now", Cleveland State University. *IEEE EXPERT: Intelligent Systems and their Applications*. Febrero 1993.
4. LOWRY, Michael. "Software Engineering in the Twenty Century". *AI Magazine*. The AAI Fall, 1992.
5. DAVIS, Bordon y M. Olshon (1986). *Sistemas de Información Gerencial*. Ed. McGraw-Hill latinoamericana, traducción al español por Alfonso Pérez Gama.
6. ARNOLD, R. *Software Reengineering*. IEEE Publicatons, 1933.
7. "Systems Re-Engineering: a critical perspective" in *CASE Trends*, julio-agosto, 1990.
8. Una completa descripción del modelo metodológico de Bachman se encuentra presentada en su artículo titulado "A personal chronicle: Creating Better Information Bystems, with Some Building Principles", publicado en la revista *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. Vol. 1, No. 1 de marzo de 1989.
9. BLANNING, R. & D. King. *Current Research in Decision Support Technology*, IEEE Computer Society, 1993.
10. BLANNING, R. D. King. "Introduction to Growth of Decision Support Technology" in *Current Research in Decision Support Technology*, IEEE Computer Society Press, pp. 1-8.
11. SOLER, Carlos Eduardo. "Razonamiento Decisional". Tesis en Publicación -Proyecto EIDOS-, Universidad Nacional, 1993.
12. CARDONA, Germán y DIAZ, Claudia. *UN-AD-Tutor Prototipo de un sistema tutorial inteligente para la Abstracción de Datos y Objetos*. Dpto. Ing. Sistemas -Proyecto EIDOS-, Universidad Nacional, 1992 Tesis.
13. HUBER, G. P.: "Cognitive style as a basis for MIB and Decision Support designs: Much ADO About nothing?" *Management Science*, August, 1983.
14. "Exploring Active Decision Support: The JANUS Project", S. A. Raghavan y D. R. Chand. Bentley College, Waltham Mass in *Current Research in Decision Support Technology*, R. W. Blanning & D. R. King IEEE Computer Society Press, 1992, pp. 134-136.
15. Véase el No. 1 del Vol. 2 de *IEEE Knowledge and Data Engineering*, March 1990, el cual está dedicado a la nueva generación de Bases de Datos, presentando diferentes prototipos, ISBN 1041-4347.
16. GOMEZ, César. *UN-BID prtotipo de una Base Inteligente de Datos*, Tesis Universidad Nacional, Departamento de Ingeniería de Sistemas -Proyecto EIDOS-, Santafé de Bogotá, 1992.
17. PIATESKY-SHAPIO, Breg and William J, Frawley eds. *Knowledge discovery in Databases*, AAI and MIT Press, 1992.
18. LOPEZ, Fernando (1991). *UN-AudiExp Un Sistema inteligente para Auditoría de Sistemas*. Tesis Depto. de Ingeniería de Sistemas -Proyecto EIDOS-, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
19. ALVARADO, Javier y MANJARRES, Carlos. *Ingeniería de Conocimientos en Auditoría de Sistemas: Prototipo UN-AudiBC, de una Base de Conocimientos*. Tesis Depto. Ingeniería de Sistemas -Proyecto EIDOS-, Universidad Nacional, 1993.

20. RINCON, Pedro. *Planes de Contingencia: UN-AudiPlan*. Depto. Ing. de Sistemas –Proyecto EIDOS–, Universidad Nacional, 1993.
21. DIOSSA, Henry. *UN-Fistutor: Prototipo de Tutor Experto para el Aprendizaje de Cinemática Unidimensional*. Tesis, Depto. de Ingeniería de Sistemas –Proyecto EIDOS–, Universidad Nacional, 1992.
22. RICH, Elaine. User are individuals: Individualizing User Models, in IJMMMS, 1983, Vol. 18.
23. AMMAR, R. A. y T. L. BOOTH (1988). “Software optimization Using Users Models”, en *IEEE Systems, Man and Cybernetics*, vol. 18, No. 4, July/August, 1989.
24. BRAJNIK, B. y B. GUIDA, y C. TASSI (1990). “User Modeling in Expert Man Machine Interfaces: A Case study in Intelligent Information Retrieval”, en *IEEE Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 18, No. 4, July/August, 1989.
25. PEREZ GAMA, Alfonso. “Modelos computacionales para el desarrollo de la Inteligencia”. *Experiencia 91*. Programa Académico: *Informática Inteligente*. Nov. 1991, Santafé de Bogotá. En publicación Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia –ACAC–.
26. FISKEL, Joseph and FREDERICK, Hayes-Roth: “Knowledge Systems of Planning Support”. *IEEE Expert: Intelligent Systems and their applications*, Fall, 1989.
27. Véase Memorias de la IV Reunión de RIBIE en Porto Alegre, 1991.
28. BILLMORE, D. J., SELF (1988). “The Application of Machine Learning to ITS” en *AI and Human Learning*, Edit. J. Self. Chapman & Hall Computing, London.
29. PEREZ GAMA, Alfonso (1984). “La Microcomputación Educativa como Ayuda al Aprendizaje” en *Informática y Educación*. Ed. A. Roquez, CEPE-UNESCO. Lima, Perú.
30. DORFMAN, Raúl (1983). *Del Jardín de infantes a los Sistemas de Información*. Memorias Seminario-Taller, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
31. PEREZ, Alfonso y MEDINA, Víctor Hugo. *Diseño de Sistemas y Re-Ingeniería con el apoyo del computador: Herramientas CASE*, 2a. Edición, Depto. Ing. Sistemas Universidad Nacional, 1993.
32. ROZO, Giovanni. *Sistema Instruccional sobre Resolución General de Problemas*. Tesis Departamento de Psicología y Depto. de Ingeniería de Sistemas –Proyecto EIDOS–, Universidad Nacional, 1993. En publicación.
33. DAVIS, R. (1985). “Problem Solution with Expert Systems”. *Proceedings of the Texas Instrument Artificial Intelligence Symposium*, Dallas, TX, USA.
34. TELLEZ, Alfonso. *UN-Metod SIG: Metodología para el desarrollo rápido de Sistemas de Información Gerencial en ambiente CASE*. Depto. Ingeniería de Sistemas –Proyecto EIDOS–, Universidad Nacional, 1993.