

*En el caso de empresas, los procesos de administración de la tecnología se llevan a cabo de diversas maneras y con diferentes grados de formalidad. Pemex Exploración y Producción ha implantado un proceso de administración de la tecnología de manera formal, con elementos que lo hacen único en México y que utiliza las mejores prácticas de empresas líderes internacionales.*



## SIAT: Sistema de Información de Apoyo a la Administración de la Tecnología

*Ricardo Molina González, Jesús Herrera Lavín y Guillermo Rodríguez Ortiz*

### Resumen

**S**e presenta una introducción general del problema de la administración de la tecnología y una breve descripción del proceso implantado en Petróleos Mexicanos (Pemex) Exploración y Producción (PEP) para la administración de la tecnología. Se describe la arquitectura del SIAT, los conceptos que almacena, los servicios de apoyo al proceso de administración de la tecnología en PEP y los beneficios que proporciona.

### Introducción

La tecnología está presente en nuestras vidas de forma inminente y cotidiana. En el hogar, los conocimientos que se usan en la fabricación y diseño de la gran variedad de aparatos y equipos de consumo son parte de la tecnología que nos acompaña y que como usuarios no necesitamos conocer en detalle. El conocimiento sobre los circuitos y materiales necesarios para construir un televisor, un teléfono celular, un horno de microondas, una lavadora de vajillas o una lavadora de ropa, un motor de automóvil o

de los mecanismos para que los cristales de las ventanas suban o bajen al apretar un botón, se nos presentan sólo conceptualmente en programas de televisión o en libros de "cómo funcionan las cosas".

Sin embargo, solamente el uso de tecnologías (no su fabricación) origina de inmediato un proceso de administración que en el caso del hogar es relativamente informal debido a que son pocas las personas involucradas. La necesidad de comprar un teléfono celular o un reproductor de videos o cualquier otro dispositivo puede surgir de muchas maneras, casi siempre orientadas a elevar la satisfacción en términos de oportunidad, disponibilidad y calidad de un cierto servicio. Después vienen otros procesos de administración, como son analizar qué hay en el mercado, valorar los diferentes productos disponibles en términos de costo y funcionalidad, la adquisición y su uso apropiado. Generalmente en el hogar no se hacen análisis formales del impacto de la tecnología y casi no se necesita capacitación formal para su uso.

En el caso de empresas, los procesos de administración de la tecnología se llevan a cabo de diversas maneras y con diferentes grados de formalidad, por ejemplo, Pemex Exploración y Producción (PEP). PEP es una de las cuatro empresas subsidiarias de Pemex, con primer lugar en México en ingresos, 30,737 millones de dólares en 1998, y primer lugar nacional en activos totales, 42,616 millones de dólares, con una producción diaria de 3.1 millones de barriles de petróleo diarios y octavo lugar internacional. Esta empresa ha implantado un proceso de administración de la tecnología de manera formal, con elementos que lo hacen único en México y que utiliza las mejores prácticas de empresas líderes internacionales.

Al reconocer, entre otros temas, la importancia de contar con procesos formales de administración de tecnología, PEP creó en 1996 la Subdirección de Tecnología y Desarrollo Profesional (STDP) para elevar su nivel tecnológico y dirigir el desarrollo profesional técnico de la empresa de acuerdo con el plan de negocios del organismo. La visión de la STDP es lograr que PEP sea una empresa reconocida nacional e internacionalmente por la aplicación de la tecnología y el desarrollo profesional y técnico de su personal [Pemex, 1998].

PEP considera la tecnología como una palanca de cambio que permite modernizar sus actividades; reducir el tiempo que toma realizar actividades de exploración; llevar a cabo, de manera óptima, los proyectos orientados al desarrollo de campos petroleros; mejorar el diseño y operación de sus instalaciones; elevar el nivel de su seguridad industrial y eliminar, en lo posible, el impacto de sus tareas en el medio ambiente de las localidades en donde opera.

La tecnología no constituye un fin en sí misma para PEP, sino un poderoso medio para elevar sus ingresos mediante el incremento de la producción de los hidrocarburos, reducir de manera drástica sus costos de operación y producción, incorporar volúmenes adicionales de reservas de hidrocarburos y elevar la seguridad de sus instalaciones y la protección del ambiente.

En esencia, la aplicación en PEP de cualquier tecnología debe responder al objetivo estratégico, o de misión del negocio, que es maximizar el valor económico a largo plazo derivado de la incorporación de las reservas de crudo y gas natural, desarrollar y explotar racionalmente los yacimientos y producir y manejar los hidrocarburos eficientemente [Pemex, 1998].

### **El proceso de administración de la tecnología en PEP**

PEP ha establecido el Proceso de Administración de la Tecnología y Desarrollo Profesional (PAT) que consta de una estrategia tecnológica e incluye una serie de subprocesos (nueve) que permiten sistematizar las actividades en esta materia. El PAT considera la identificación y

seguimiento de proyectos de investigación y desarrollo y se apoya en la operación de redes de especialistas ubicadas en toda la organización.

El PAT se concibe como resultado de un diagnóstico tecnológico que PEP llevó a cabo, con ayuda de asesores extranjeros y con base en 270 entrevistas, para determinar el nivel de aplicación de tecnologías dentro de la empresa y su comparación con las empresas más destacadas en la exploración y producción de hidrocarburos. En este diagnóstico se identificaron más de 250 tecnologías donde el personal manifiesta poseer un cierto dominio o "capacidad tecnológica" y fue posible agrupar áreas con distintos niveles de dominio sobre determinadas tecnologías, integrando una imagen ponderada de PEP respecto a ellas.

Además, se identificaron 63 tecnologías que no están siendo aprovechadas por PEP, aun cuando ya se aplican por empresas líderes de manera exclusiva o están disponibles en el mercado.

A partir de este inventario de tecnologías relacionadas con la exploración y producción de hidrocarburos y analizando a la mayoría de las compañías petroleras, se determinó agruparlas en las denominadas tecnologías críticas o palancas tecnológicas. Estos grupos también definen la estructura de organización de la STDP, que se compone fundamentalmente de gerencias de tecnologías críticas, que permiten a la empresa asociar y medir muy claramente el impacto técnico-económico de las tecnologías que se desarrollan o aplican, y fomentan el trabajo en equipos integrados que enfrentan proyectos tecnológicos complejos.

Las seis tecnologías críticas (grupos de tecnologías) en PEP son las siguientes: sísmología y modelado geológico, administración de yacimientos, sistemas de producción, productividad de pozos, perforación no convencional e infraestructura de producción y transporte.

El diseño de una estrategia tecnológica es clave para la implantación de un proceso de administración de tecnología. PEP ha adoptado inicialmente una estrategia de "seguidor fuerte" que se caracteriza por ser un excelente usuario de tecnologías sin invertir gran cantidad de recursos en

investigación y desarrollo tecnológico, sin perder de vista los procesos de adaptación y asimilación. Esta estrategia se revisa periódicamente (ver subproceso 1) y PEP puede cambiar a "Líder", "Seguidor rápido", "Minimización de costos" o una combinación con "Seguidor fuerte" si así lo requieren las circunstancias en el futuro.

El director general de Pemex Exploración y Producción ha manifestado que "el Proceso de Administración de la Tecnología y Desarrollo Profesional, PAT, nos permitirá acercarnos a la meta de cerrar brechas tecnológicas detectadas" [Pemex, 1998].

Las actividades de administración de la tecnología se agrupan en nueve subprocesos, etapas o conjunto de actividades que se ejecutan como ciclos que se repiten periódicamente de acuerdo con un manual de operación. En términos generales, el objetivo que tiene cada subproceso es el siguiente:

*Subproceso 1. Actualización de la estrategia tecnológica:* modificar, en caso necesario, la estrategia tecnológica para mantenerla alineada con el plan de negocios de Pemex Exploración y Producción.

*Subproceso 2. Detección de necesidades de tecnología:* identificar, regionalmente, las necesidades de tecnología que permitan cumplir con sus objetivos de negocio, alineados con la estrategia tecnológica de Pemex Exploración y Producción.

*Subproceso 3. Monitoreo y valoración de la tecnología:* buscar opciones que permitan satisfacer las necesidades tecnológicas detectadas, así como evaluar los posibles obstáculos y beneficios financieros, técnicos, sociales, ambientales, etcétera.

*Subproceso 4. Obtención de tecnología a través de adquisición de tecnología:* obtener la tecnología requerida mediante compra, renta o transferencia en las mejores condiciones para Pemex Exploración y Producción.

*Subproceso 5. Obtención de tecnología a través de investigación y desarrollo:* asegurar que la formulación y selección de los proyectos de investigación y desarrollo de PEP sean acordes con las

## **DISCLAIMER**

**Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.**

necesidades del negocio, y que éstos últimos se administren de acuerdo con los principios de la investigación y el desarrollo de tercera generación.

**Subproceso 6. Implantación de la tecnología:** operar de manera eficiente la tecnología adquirida, asegurando el aprendizaje de las nuevas técnicas y conocimientos.

**Subproceso 7. Medición del impacto de la tecnología:** evaluar el resultado financiero, técnico, social y ambiental de la tecnología implantada, comparándolo con las expectativas y la situación actual.

**Subproceso 8. Soporte técnico:** mantener la tecnología en óptimas condiciones de operación, a través de la identificación y satisfacción de necesidades de servicios técnicos.

**Subproceso 9. Desarrollo profesional:** asegurar la existencia de un sistema de desarrollo profesional que permita soportar la estrategia tecnológica y motivar al profesionista técnico a contribuir de manera relevante en esta dirección.

La figura 1 muestra la cadena de valor del PAT.

El PAT ha proporcionado resultados tangibles a Pemex Exploración y Producción. En su primera etapa de implantación, 1997, se realizaron proyectos a corto plazo, donde se pueden mencionar algunos de los resultados: un incremento en la producción de 28 mil barriles diarios (BD) de crudo y 25 millones de pies cúbicos diarios de gas mediante la optimización del sistema de inyección de gas, un ahorro potencial de 2 500 millones de dólares en el desarrollo del litoral de Tabasco, un incremento de 1 107 BD de crudo mediante el redisparo de pozos en fase cero con ocho pozos (programación de 23 pozos adicionales), un incremento de 200 BD de crudo por la adaptación de cuellos de ganso.

A largo plazo se están iniciando proyectos de aplicación de tecnologías donde resaltan la caracterización de yacimientos, la perforación de pozos intermedios verticales, horizontales y multilaterales y la exploración de yacimientos subsalinos.

Al término de su segunda etapa de implantación, 1998, se tenían identificados

207 proyectos de aplicación de tecnologías, de los cuales y por razones presupuestales, posiblemente sólo se efectúen 179; de éstos, 67 se relacionan con procesos e instalaciones, 33 con exploración, 23 con pozos, 18 con yacimientos, seis con perforación y 32 con seguridad industrial y protección al ambiente.

El PAT está implantado y funcionando. En sus primeras etapas no estaba apoyado por un sistema informático, pero este último se desarrolló en paralelo con la implantación del PAT y con el apoyo del IIE. El Sistema de Información de Apoyo a la Administración de la Tecnología (SIAT) se describe a continuación en la siguiente sección y a partir de 1998, el PAT utiliza al SIAT en su operación cotidiana.

### SIAT: Sistema de Información de Apoyo a la Administración de la Tecnología

El SIAT es un sistema desarrollado con participación de investigadores de la Gerencia de Sistemas Informáticos del IIE y su objetivo es apoyar las actividades de los subprocesos del PAT con tecnologías de información que incluyen una base de datos con acceso a través de Intranet, que permite su explotación por usuarios geográficamente dispersos en la regiones en que se divide la empresa (figura 2).

El SIAT se ha implantado en todas las áreas de trabajo de PEP y proporciona los siguientes beneficios:

- Tener organizada la información generada durante cada subproceso del PAT.
- Tener concentrada y compartida la información generada en cada activo y mantenerla disponible para los usuarios de todas las regiones.
- Administrar de forma única la información generada durante el desarrollo, implantación y operación de cada subproceso del PAT.
- Automatizar la generación de informes y consultas de información.
- Controlar el acceso. Cada usuario puede actualizar sólo la información que le pertenece.
- Tener control en la actualización de la información común (Catálogos) que utilicen todos los usuarios.

### La base de datos

En la base de datos se almacena la información generada en la ejecución de las actividades relacionadas con el PAT. Su estructura es relacional y se compone de 67 tablas o archivos que contienen información referente a los subprocesos del PAT y servicios adicionales para su administración.

El SIAT maneja una gran cantidad de tipos de información, más de 600 tipos de datos distribuidos en 67 tablas.

El desarrollo del SIAT incluye, para su correcta operación, *software* para los siguientes servicios:

**Actualización.** Requeridos típicamente para funciones de alta, baja, cambio y consulta de la información para cada una de las 67 tablas.

**Generación de informes.** Consiste en el desarrollo de informes con información seleccionada en pantalla, papel o archivo.

Algunos ejemplos de informes: informe de áreas de trabajo, informe de empleados, informe de tecnologías, resumen de necesidades detectadas por áreas de trabajo, relación de necesidades detectadas por áreas de trabajo, resumen de proyectos por áreas de trabajo, relación de proyectos por áreas de trabajo.

A futuro, la STDP planea desarrollar *software* adicional para elaborar otros informes.

Asimismo, se requiere el desarrollo de interfaces con otros sistemas para implantar funciones de importación y exportación de archivos, menús o consultas.

El SIAT se desarrolló basado en tecnología moderna, flexible y fácil de usar. Se siguieron las prácticas de ingeniería de *software* recomendadas para el desarrollo de *software* de calidad, que incluyen las fases del ciclo de vida de los sistemas de información.

El desarrollo del SIAT se realizó siguiendo las anteriores fases y el producto final tiene las siguientes características:

**Arquitectura de base de datos en ambiente Web.** La base de datos (BD) del SIAT está definida y contenida en un servidor propiedad de STDP de PEP. Mediante una conexión de red local (Intranet) con acceso al servidor y utilizando el navegador Microsoft Internet Explorer versión 4.0 o

Figura 1. Cadena de valor del PAT



superior se enlazan las computadoras para realizar funciones de consulta, envío de información o generación de reportes.

**Operación multiusuario concurrente.** Los programas del SIAT permiten que dos o más usuarios puedan trabajar con el SIAT simultáneamente. La única limitación al grado de concurrencia está determinada por las capacidades del sistema operativo, el equipo de cómputo y las licencias de *software*.

**Mecanismo flexible para restringir el acceso.** El SIAT establece restricciones de acceso de tal manera que los usuarios solamente pueden capturar y tener acceso a la información que necesitan para sus actividades. El mecanismo de restricción está implantado de tal manera que las restricciones para los diferentes usuarios pueden ser establecidas y cambiadas en cualquier momento por el administrador del SIAT.

**Mecanismos para verificación de datos.** El SIAT permite verificar la validez de los datos que se capturan, con el fin de mantener y asegurar la calidad de la información que contiene la base de datos. Los tipos de verificaciones que se implementaron son los siguientes: pertenencia del dato capturado a un rango, pertenencia del dato capturado a una lista de

datos y existencia en un archivo de un dato igual al capturado (integridad referencial).

**Interfaz hombre-máquina amigable en ambiente Web.** La interfaz del SIAT permite buscar y presentar dinámicamente información en páginas (pantallas *scroll*) del navegador, lo cual facilita la consulta, la baja y la modificación de información de la base de datos. Además, el sistema ofrece ayuda para localizar alguna clave (por ejemplo, la clave de un país o un número de departamento o una marca) que el usuario necesita proporcionar para activar un proceso de consulta, modificación, etcétera.

**Generación flexible de informes.** El SIAT permite generar informes imprevistos con información de la base de datos, pero con un contenido diferente de los informes predefinidos. Para obtener un informe imprevisto sólo se necesita indicarle al SIAT una condición de búsqueda que define la información que debe aparecer en el informe. Debido a que esta condición puede variar de una operación a otra, se puede obtener una variedad muy amplia de informes o consultas.

### Conclusiones

Se presentó una introducción general al problema de la administración de la

El SIAT se desarrolló basado en tecnología moderna, flexible y fácil de usar. Se siguieron las prácticas de ingeniería de software recomendadas para el desarrollo de software de calidad, que incluyen las fases del ciclo de vida de los sistemas de información.

tecnología y una breve descripción del proceso implantado en Pemex Exploración y Producción para la administración de la tecnología, donde se resaltaron sus beneficios. Se describió la arquitectura del Sistema de Información de Apoyo a la Administración de la Tecnología de PEP, los conceptos que almacena, los servicios de apoyo al proceso de administración de la tecnología en PEP y las ventajas que le proporciona.

### Reconocimientos

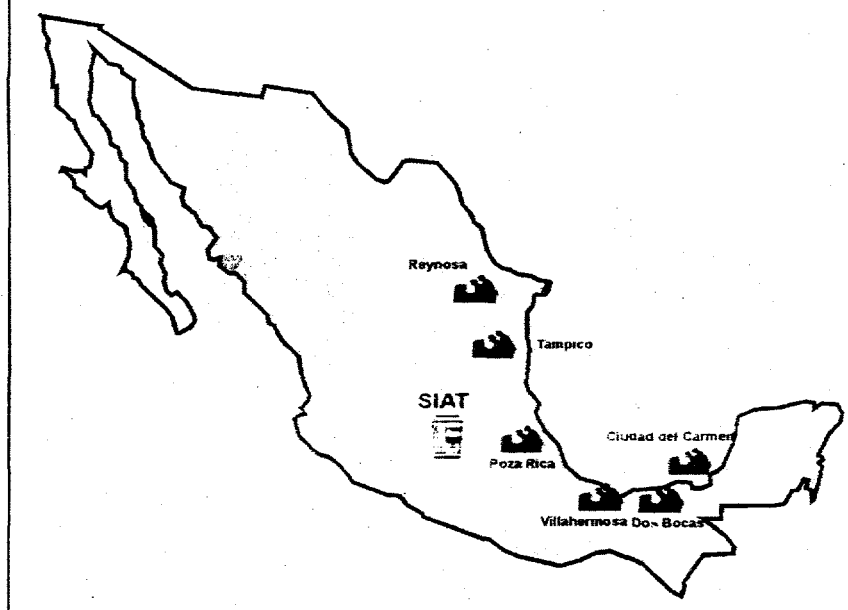
Es imposible mencionar a todos los que de alguna manera aportaron ideas y conceptos para el desarrollo del SIAT. Agradecemos a los integrantes del equipo de trabajo que definieron, diseñaron, codificaron, probaron e instalaron el SIAT y colaboraron activamente: Pablo Gómez Durán, Jesús García Carrillo, Verónica Hernández Martínez, Raúl García Mendoza, Mirna Montes Tolentino, Norma Jácome Grajales, Liliana Argotte Ramos, Patricia Sandoval Jiménez, Alfredo Espinosa Reza, Gladys Dávila Nuñez, Álvaro Barba Mar y Rodolfo Pazos Rangel.

### Bibliografía

- Butler, J. *Information technology: converging strategies and trends for the 21<sup>st</sup> century* Computer Technology Research Corp., 1997.
- Designer/2000, Release 1.3.2 (32 bits), Oracle Corporation, 1995, 1996.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, *Documento de requerimientos del Sistema de Información para la Administración de Tecnología (SIAT), versión 3*, 1997.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, *Propuesta del Proyecto del Sistema de Información para la Administración de la Tecnología (SIAT), etapa 1*, 1997.
- Laudon, K. y J. Laudon, *Administración de los*

Figura 2. PEP empresa geográficamente dispersa

## Operación del SIAT en la Intranet de PEP



sistemas de información, organización y tecnología, Prentice Hall, 1996.

Pemex Exploración y Producción, Administración de la tecnología en PEP. Subprocesos, Recursos y Organización, 1997.

Pemex Exploración y Producción, Subdirección de Tecnología y Desarrollo Profesional, Informe de actividades de 1998: PEP hacia un nuevo horizonte tecnológico.

Watson, J., G. Houdeshel y R. Rainer, Building executive information systems and other decision support applications, John Wiley & Sons, 1997.

**RICARDO MOLINA GONZÁLEZ**

Licenciado en informática por la Facultad de Informática de la Universidad Veracruzana y maestro en ciencias de la computación con la especialidad en ingeniería de software por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Morelos. En 1986 laboró para la empresa Fábricas de Papel Tuxtepec en las ciudades de



Oaxaca y Tuxtepec como analista programador, siendo el encargado de los sistemas de nómina y participando en el desarrollo del sistema de control de inventarios. En 1986 ingresó al IIE, en donde actualmente es investigador de la Gerencia de Sistemas Informáticos. Ha participado en el desarrollo de varios sistemas, como el SIPROCO, el Sistema de Información para el Control de Pérdidas de Energía (Sicope), el sistema experto asesor de la planta de barnices de la compañía Condumex, el Sistema de Administración de la Tecnología de Pemex Exploración y Producción (PEP) y el Sistema de Información para la Administración de la Tecnología (SIAT)

en ambiente Web, entre otros. Sus áreas de interés reciente incluyen ingeniería de software, bases de datos y sistemas de información en ambiente Web.

**JESÚS HERRERA LAVÍN**

Ingeniero químico administrador (1978) por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Monterrey, y maestro en administración de negocios para ejecutivos (1996) por el programa ITESM-School of Business Tulane Nueva Orleans-Universidad del Carmen. Se especializa en informática aplicada a los negocios. Desde 1978 labora en Petróleos Mexicanos, en donde de 1991 a 1996 fue subgerente regional de Informática en diferentes zonas petroleras de la empresa. Actualmente es jefe de la Unidad de Sistemas de Información Tecnológica del Área de Tecnología y Desarrollo Profesional de Pemex Exploración y Producción.

**GUILLERMO RODRÍGUEZ ORTIZ**

Ingeniero mecánico electricista (1970) por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), maestro en ingeniería eléctrica (1973) por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y doctor en ciencias de la computación (1981) por la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA). En 1981 ingresó al IIE, en donde actualmente es investigador de la Gerencia de Sistemas Informáticos. Su área de especialidad versa sobre bases de datos, inteligencia artificial e ingeniería de software. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores.