

Modelo matemático como catalizador de la gestión del cambio tecnológico. Industria petrolera

German Salas Ojeda y María del Pilar López

Universidad del Zulia, Venezuela

germansalas@gmail.com; lopez.mapi@gmail.com

Resumen

Se propone un modelo matemático como catalizador de la gestión del cambio tecnológico en la industria petrolera. Se definieron métodos de análisis después de aplicar el modelo y se diseñó una estrategia. La metodología es de tipo analítica, descriptiva y diseño experimental. Se utilizó técnica de observación y procesos de recolección, análisis e interpretación de datos. Se concluyó que los nuevos algoritmos para el análisis y gestión de los sistemas han progresado, con nuevas estructuras de datos que disminuyen la complejidad. Los resultados alcanzan solución gráfica en un número menor de iteraciones que los modelos clásicos, más eficiente y económico.

Palabras clave: Gestión tecnológica, cambio tecnológico, complejidad.

Mathematical Model as a Catalyst for Change Management Technology. Oil Industry

Abstract

A mathematical model as a catalyst for the management of technological change in the oil industry is proposed. Methods of analysis were defined after applying the model and a strategy was designed. The methodology is analytical, descriptive and experimental design type. Observation technique and process of collection, analysis and interpretation of data was used. It was concluded that the new algorithms for the analysis and management systems have progressed, with new data structures that reduce complexity. The results achieved graphical solution in fewer iterations than classical, more efficient and cost models.

Keywords: Technology management, technological change, complexity.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el desarrollo de nuevos procedimientos en la gestión organizacional, las empresas han decidido invertir en mejores recursos y optimizar los ya implementados, mediante la administración adecuada de factores internos tratando de lograr un elevado desempeño en el mercado. Ante el nuevo desafío de organizar la producción y aplicar conocimientos a entornos cada vez más industrializados, la gestión tecnológica surge como una de las capacidades con las que puede contar la organización actual, para administrar la tecnología que se implemente dentro de las diferentes áreas organizativas, a saber, recursos humanos, finanzas, investigación y desarrollo, procedimientos informativos y gestión gerencial.

Con el reconocimiento de la necesidad de adquirir elementos diferenciadores y gracias al desarrollo social, económico y político, las empresas optan por asumir nuevos riesgos y tener la mejor decisión en ambientes que repercuten en avances tecnológicos y en viabilidad de aplicación de diferentes procesos. Para esto, la gestión de la tecnología integra elementos innovadores con el fin de generar ventajas competitivas a largo plazo dentro de las organizaciones y en interacción con su entorno,

convirtiéndose ello en el mayor impacto producido por las tecnologías en el contexto empresarial contemporáneo.

El desarrollo de algoritmos para solucionar estos problemas se ha estudiado desde hace muchos años y en la actualidad se ha mejorado con el avance de diversas estructuras de datos, teoría de algoritmos y modelos matemáticos, que lo hacen mucho más realista, permitiendo considerar muchas variables teóricas que hace años se obviaban por causar un efecto marginal, y que hoy se toman en el modelado para una mayor precisión en los resultados, elevando así un ahorro significativo en el recurso económico y una mejor interpretación de la sísmica en la exploración petrolera.

En este sentido, la innovación tecnológica es una herramienta esencial a la hora de adecuarse a las nuevas necesidades de los clientes y a los constantes cambios del mercado antes de que lo hagan los competidores. La investigación y desarrollo (I+D) puede ser la llave para abrir a la empresa innovadora las puertas de nuevos mercados o segmentos de la demanda hasta ahora no conocidos. Por eso, la decisión y rapidez para emprender proyectos y acciones innovadoras es crucial para obtener una ventaja competitiva frente a la competencia, en los que hay que implicar a toda la organización.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Proceso

En líneas generales (Harrington, 2002), define el proceso como cualquier actividad o grupo de actividades que emplea un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno. Los procesos utilizan los recursos de una organización para suministrar resultados definitivos.

Así mismo, (De la Cruz, 2004) afirma que un proceso es el conjunto de actividades ordenadas secuencialmente que agregan valor al convertir las entradas en productos para satisfacer los requerimientos a los clientes del proceso.

Desde esta perspectiva, para los efectos de la investigación el proceso no es más que un modelo o sistema que debe seguirse de manera secuencial para utilizar los recursos de una organización logrando resultados definitivos. En este sentido, se puede observar de acuerdo a la comparación estos dos conceptos, el proceso se define como un conjunto de

actividades ordenadas que agregan valor al convertir entrada en producto para satisfacer los requerimientos de los clientes del proceso utilizando los recursos para lograr resultados definitivos.

2.2. Tecnología

Según Isaac (2003), la tecnología es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacen tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas. Es una palabra de origen griego, *téchnē* (arte, técnica u oficio, que puede ser traducido como destreza) y *logía* (el estudio de algo). Aunque hay muchas tecnologías muy diferentes entre sí, es frecuente usar el término en singular para referirse a una de ellas o al conjunto de todas. Cabe destacar, que la actividad tecnológica influye en el progreso social y económico, pero su carácter abrumadoramente comercial hace que esté más orientada a satisfacer los deseos de los más prósperos (consumismo) que las necesidades esenciales de los más necesitados. Como hace uso intensivo, directo o indirecto, del medio ambiente (biosfera), es la causa principal del creciente agotamiento y degradación de los recursos naturales del planeta.

De acuerdo a las variadas definiciones, el término tecnología al decir de Yukavetsky (2006), se refiere a:

- El estudio de las leyes generales que rigen los procesos de transformación.
- Conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial.
- Tratado de los medios y procedimientos empleados por el hombre para transformar los productos de la naturaleza en objetos usuales.
- Aprovechamiento sistemático de conocimientos y prácticas.
- Una manera determinada de conducir la acción, una forma de planificar y controlar el proceso operativo.
- El conjunto de todos los conocimientos, adecuadamente organizados y necesarios para la producción y comercialización de un bien o de un servicio.
- Técnicas para organizar lógicamente cosas, actividades o funciones de manera que puedan ser sistemáticamente observadas, comprendidas o transmitidas.

Otras definiciones es la aportada por Chin (2005), quien la define como un conjunto ordenado de instrumentos, conocimientos, procedimientos y métodos aplicados en las distintas ramas industriales. También la define como una actividad socialmente organizada, planificada que persigue objetivos conscientemente elegidos y de características esencialmente prácticas. Asimismo, el conjunto organizado de conocimientos aplicados para alcanzar un objetivo específico, generalmente el de producir y distribuir un bien o servicio.

Por otro lado, Fernández y Vázquez (2005) refieren que la tecnología es un cuerpo de conocimientos acerca de ciertas clases de sucesos y actividades, que ha generado una determinada tasa de progreso económico durante miles de años. La tecnología es tanto un conocimiento como el resultado de ese conocimiento. Es decir, la tecnología produce herramientas, pero también conocimientos necesarios para crearlas.

2.3. Gestión

De acuerdo con Sherman, “el proceso es emprendido por una o más personas para coordinar las actividades laborales de otras personas con la finalidad de lograr resultados de alta calidad que cualquier otra persona trabajando sola, no podría alcanzar” (2004:50).

En este sentido, la gestión se puede definir como un proceso que comprende determinadas funciones y actividades laborales que los gestores deben llevar a cabo con el fin de lograr los objetivos de la empresa, lo que caracteriza a la gestión como un proceso.

Visto así, este proceso comprende determinadas funciones ejecutadas por los niveles de gestión para distribuir los recursos (humanos y económicos) y coordinar el trabajo y rendimiento de los empleados que no están involucrados en el área de gestión, con la finalidad de producir bienes y servicios que satisfagan las necesidades de sus clientes, para alcanzar los objetivos de la empresa con un alto nivel de calidad.

2.4. Proceso de gestión

Según Ivancevich (2002), el proceso de gestión se considera integrado por reglas generales, por la función de gestión básica. En el proceso tradicional de gestión se identifican las funciones de planificar, organizar, dirigir y controlar; que circulan entre sí mediante la función de liderar. La planificación determina qué resultados ha de lograr la organi-

zación, donde la empresa especifica como se lograrán los resultados planificados, el control comprende si se han logrado o no los resultados previstos.

De igual manera, se considera que el proceso de gestión comprende determinadas funciones ejecutadas por los niveles de gestión para asignar los recursos y coordinar el trabajo y los rendimientos de otros empleados (ajenos a la función de gestión), con la finalidad de producir bienes y/o servicios que satisfagan las necesidades de sus clientes, de forma que se alcancen los objetivos de la empresa con altos niveles de productividad, lo que implica eficacia y eficiencia.

Explica además, Ivancevich (2002), que el proceso de gestión implica algunos objetivos fundamentales a saber:

- a. El sistema de control de gestión se concibe para mantener la empresa en condiciones de eficacia y eficiencia, a través de la gestión de la organización.
- b. Obtener los objetivos de la organización dentro del período de tiempo establecido.
- c. Lograr los objetivos a través de la economía de recursos, logrando beneficios.
- d. Mantener motivado al factor humano al logro de los objetivos de la organización.

Igualmente, a través del sistema de gestión, se verifica que los recursos de la organización son utilizados en la cantidad adecuada, para el logro de los objetivos organizacionales; y como el factor humano es quien realiza las actividades y utiliza los recursos productivos, deben hallarse motivados para cumplir con sus objetivos, a través de una gestión que permita una relación entre los objetivos individuales y los organizacionales. Logrando de este modo que las personas actuaran con mayor satisfacción y complacencia en las labores propias correspondientes a su trabajo y alcancen cierto nivel de orgullo por el mismo, que por temores mal infundidos, y no establecer el valor de las desviaciones entre lo planificado y lo realizado (Terry, 1999).

Dentro de este marco, el proceso de gestión le permite a la empresa conocer las causas de sus desviaciones y de sus éxitos, corrigiendo las primeras en la medida de sus posibilidades, empleando las segundas a través de la búsqueda de las condiciones más favorables para desarrollar

su actividad de modo permanente. El mismo se constituye en una forma estructurada a través de la cual la empresa mantiene una actuación efectiva con aquellos factores que le proporcionan el éxito.

Sobre la base de estos elementos se considera conveniente abordar los aspectos relacionados con la Gestión de Cambio, las cuales se presentan a continuación:

2.5. Proceso de gestión de cambio

El proceso de gestión de cambio de acuerdo con Bon (2005), es el conjunto de estrategias, normas y procedimientos diseñados para manejar y facilitar los cambios a la plataforma tecnológica de las empresas, a fin de soportar las necesidades de cambios producto de requerimientos técnicos o nuevas necesidades del negocio, manteniendo la estabilidad y seguridad de forma integral en todas las operaciones que se realicen en la plataforma tecnológica.

Desde este punto de vista, el rápido desarrollo de la Tecnología de Información (TI) y del mercado muestra que el cambio es ahora una cosa común. Sin embargo, la experiencia demuestra que los incidentes que afectan las aplicaciones del negocio tienen por lo general relación con cambios. Las causas de tales incidentes son numerosas: pueden ser causa de descuido, falta de recursos, preparación insuficiente, pobre análisis de impacto, y evaluación incorrecta o dificultades iniciales. Si los incidentes relacionados con los cambios no se ponen bajo control, el proveedor de servicio TI, y por consiguiente el negocio en sí mismo, puede salirse fuera de control. El número de incidentes aumenta con cada incidente que necesita un tratamiento de emergencia, que a su vez puede provocar nuevos incidentes.

Pese al esfuerzo, la planificación diaria falla a menudo para tener en cuenta la presión creciente de trabajo, donde lo importante deja paso a lo urgente. No se realizan las actividades importantes, para realizar las actividades urgentes y por lo tanto, las importantes no se realizan nunca. Esto en su momento impactará en la rutina de operación y mantenimiento de los servicios TI. Bon afirma que “la gestión de cambio tiende a manejar el proceso de cambio y limitar así el número de incidentes relacionados con los cambios” (2005:14).

2.6. Gestión del Cambio Tecnológico

La apropiación crítica de los criterios de gestión tecnológica es un reto planteado en la literatura administrativa, por cuanto para ella, sólo es aplicable la gestión tecnológica, en el momento en el cual se hable de organización de la gestión. Jiménez (2003), sostiene que la teoría sirve para tener una referencia de lo que puede llegar a lograrse mediante la aplicación de diferentes modelos administrativos, pero no es lo único al momento de hablar de aplicación correcta de la gestión tecnológica. La adopción de tecnologías y el mejoramiento tecnológico se plasman internamente mediante la ejecución de procedimientos innovadores, para luego ser transferidos directamente al contexto interno y externo a la organización.

En la actualidad, como lo indica Moran (2004), las empresas están obligadas a permanecer en ambientes competitivos regidos por el nivel de productividad alcanzado, convirtiéndose éste, en uno de los criterios que cada gerente debe tomar en cuenta para construir sus propósitos. Este criterio permite estar atentos a dos factores principales: la apertura comercial y la globalización de la economía. Ambos factores son cruciales para el sostenimiento de las empresas por cuanto las organizaciones deben velar, en primer lugar, por el cumplimiento a tiempo de la aplicación de una adecuada variable tecnológica; segundo, por un aumento de la calidad de bienes y servicios y, tercero, por una alta productividad dentro de sus procesos básicos. El establecimiento de estas variables tiene como meta llegar a las empresas con el fin de fomentar procesos de innovación y permitir así la gestión de tecnológica en cada proceso (Jiménez, 2003). Dentro de este contexto, la asimilación de la tecnología en los procesos productivos está relacionada con una gestión orientada hacia un enfoque orgánico, en el cual se cambia de un sistema administrativo mecanicista a uno orgánico. La sustitución es favorable por cuanto el enfoque mecanicista se caracteriza por estructuras rígidas donde la propensión al cambio es mínima. Al contrario, el enfoque orgánico se centra en una estructura organizativa flexible de facilitación tecnológica para la propensión al cambio.

A tal efecto, la generación de tecnología social como insumo productivo de generación de valor del conocimiento aportado, es un elemento necesario para detectar la necesidad de adoptar manifestaciones físicas, donde la tecnología adoptada se adecúe correctamente a los criterios de producción dados por la empresa. La tecnología, tiene un soporte

adecuado sobre el cual no sólo se refiere a sus propiedades y constitución de maquinaria, programas de producción, entre otros elementos que hacen que la administración de la organización sea eficaz y acorde con los propósitos impuestos (Jiménez, 2003:16).

Uno de los retos organizacionales de las empresas de hoy, es la construcción de tejidos sociales empresariales, en los cuales deben crearse redes y asociaciones en el entorno, con el fin de fortalecer las comunicaciones para establecer una relación directa con el entorno de desarrollo. El desarrollo de gestión, a partir de la estrategia, es una base consistente para que la proactividad, creatividad y capacidad de asimilación tecnológica pueda llegar a la gestión empresarial.

En términos tecnológicos,

La gestión puede concebirse como la administración del conocimiento para dinamizar un proceso productivo a través de la introducción sistemática de innovaciones tecnológicas y no sólo vista como la adquisición de equipo, maquinaria y de más instrumentos (Villalonga, 2003:8).

La tecnología puede describirse de múltiples formas, según la misión que se tenga sobre la misma y según el medio en el cual se quiera aplicar para lograr mejores resultados. También es concebida según el autor antes mencionado como: "un simple medio para llevar a cabo una tarea, en donde lo que se necesita es convertir recursos en productos o servicios" (Villalonga, 2003:8). Al combinar las características mencionadas con los alcances de la empresa, la gestión tecnológica puede interpretarse en términos del desarrollo científico de técnicas para opciones viables de solución, a problemas como la planeación, el control de proyectos, la investigación de procesos basados en la innovación, el manejo de información científica y tecnológica, entre otros.

Es importante destacar, que la gestión del cambio tecnológico, es un campo interdisciplinario que mezcla conocimientos de ingeniería, ciencia y administración con el fin de planear, desarrollar e implantar soluciones tecnológicas factibles que logren los objetivos estratégicos, tácticos y tecnológicos de la organización. Si se desarrolla dentro de un marco administrativo que genere viabilidad en la consecución de procesos, en opinión de Jiménez (2003), permitirá una interacción eficiente entre tecnología, recursos humanos y el conocimiento que se obtiene, lo

que a su vez conlleva al aumento de calidad, productividad y competitividad en los bienes y servicios ofrecidos.

En este sentido, bajo el concepto de gestión del cambio tecnológico, la ciencia y la tecnología son formas organizadas del conocimiento que permiten la aplicación de nuevas maneras de asimilación de procesos, aunque cada una tenga un objetivo distinto. La ciencia busca el porqué de los fenómenos, mientras que la tecnología tiene como objetivo saber cómo satisfacer una necesidad para generar como resultado un proceso, bien o servicio. Las organizaciones empresariales disponen de un recurso vital e intangible que les permite desarrollar la gestión tecnológica del conocimiento.

2.7. Modelo matemático

Según Cramér, “es todo aquello que describe teóricamente un objeto que existe fuera del campo de las Matemáticas” (2012:22). Las previsiones del tiempo y los pronósticos económicos, por ejemplo, están basados en modelos matemáticos. Su éxito o fracaso depende de la precisión con la que se construya esta representación numérica, la fidelidad con la que se concreten hechos y situaciones naturales en forma de variables relacionadas entre sí.

Básicamente, en un modelo matemático se generan tres fases:

- La construcción, proceso en el que se convierte el objeto a lenguaje matemático.
- El análisis o estudio del modelo confeccionado.
- La interpretación de dicho análisis, donde se aplican los resultados del estudio al objeto del cual se partió.

La utilidad de estos modelos radica en que ayudan a estudiar cómo se comportan las estructuras complejas frente a aquellas situaciones que no pueden verse con facilidad en el ámbito real. Existen modelos que funcionan en ciertos casos y que resultan poco precisos en otros, como ocurre con la mecánica newtoniana, cuya fiabilidad fue cuestionada por el propio Albert Einstein. Puede decirse entonces, que los modelos matemáticos son vinculaciones con ciertas relaciones ya definidas, que posibilitan la satisfacción de una o varias proposiciones o conjeturas, que se derivan de los axiomas teóricos. Utilizamos para ello, diversas herramientas, como es el álgebra lineal, la probabilidad, los autómatas y lenguajes formales, la teo-

ría de conjuntos, que, por ejemplo, facilita la fase de análisis, gracias a la representación gráfica de las distintas funciones, etc.

Clasificaciones según diversos criterios

De acuerdo a la expresado por Aguilar y Rivas (2006), la información en que se basa un modelo, debe ser cuantificable, para poder distinguir entre un modelo heurístico, que se apoya en las definiciones de las causas o los mecanismos naturales que originan el fenómeno en cuestión, y modelo empírico, enfocado en el estudio de los resultados de la experimentación.

Asimismo, con respecto al tipo de resultado pretendido, existen dos clasificaciones básicas:

- Modelos cualitativos: Son aquellos que pueden valerse de gráficos y que no buscan un resultado de tipo exacto, sino que intentan detectar, por ejemplo, la tendencia de un sistema a incrementar o disminuir un determinado valor.
- Modelos cuantitativos: Estos son los que por el contrario, necesitan dar con un número preciso, para lo cual se apoyan en fórmulas matemáticas de variada complejidad.

Otro factor que divide los tipos de modelos matemáticos, comenta Sedgewick (2005), es la aleatoriedad de la situación inicial, es decir, presentar una aparente carencia de propósito, causa, u orden. Así distinguimos entre los modelos estocásticos, que devuelven la probabilidad de que se obtenga un cierto resultado y no el valor en sí, y los deterministas, cuando los datos y los resultados se conocen, por lo que no existe incertidumbre.

Según el objetivo del modelo, podemos describir los siguientes tipos:

- Modelo de simulación: Es aquel que intenta adelantarse a un resultado en una determinada situación, sea que ésta se pueda medir en forma precisa o aleatoria.
- Modelo de optimización: Es aquel que contempla distintos casos y condiciones, alternando valores, para encontrar la configuración más satisfactoria.
- Modelo de control: Es el modelo por el cual, se pueden determinar los ajustes necesarios para obtener un resultado particular.

2.8. Los modelos matemáticos como sostén de la empresa petrolera

Lo primero que es importante mencionar con respecto a este concepto, es que algunos de los objetivos del modelado matemático y la simulación de procesos son, el poder aplicar nuevas técnicas para mejorar el rendimiento de sistemas logísticos, de producción, de transporte y de servicio, tanto del mundo industrial como en las administraciones, por lo que en la empresa petrolera es muy necesario y utilizado. Además, minimizar el riesgo en la toma de decisiones en las gerencias operativas como son la de exploración y producción mediante el análisis y evaluación experimental de las diferentes alternativas antes de su implantación física sobre el sistema real (Wagensberg, 2008). El poder diseñar entornos de ayuda para la toma de decisiones basadas en herramientas integradas permite un intercambio de tecnología, apoyándose en varias ciencias y ramas de cada una, como lo describimos en el apartado anterior, realizando una mutación tecnológica y una revolución científica en la empresa, como lo denominó Smail (1990), tomando en cuenta que la relación que existe entre los dos términos revolución tecnológica y revolución científica es muy compleja. Actualmente los modelos matemáticos aplicados a la empresa petrolera están en constante mutación al respecto se comenta que “la mutación tecnológica contemporánea encuentra en nuevas evoluciones científicas previas las bases de la aproximación diferente del mundo material del cual crea la necesidad” (Smail, 1990:124).

La simulación de procesos y el modelado matemático se aplican en la empresa petrolera a una gran variedad de ámbitos, que continuamente generan nuevas variables y cambios constantes como:

- **Ámbito productivo y sistemas de manipulación de materiales.**
- **Transporte:** distribución de inyección en gas-lift
- **Procesos logísticos:** sistema de gestión de almacenes, cadena de suministro, minería, mantenimiento, exploración, producción y gestión de residuos.
- **Reducción de costos y optimización de recursos en yacimientos.**
- **Seguridad:** análisis y mejora de planes de emergencia y evacuación.
- **Servicios:** mejora de llamada-respuesta en procesos administrativos.
- **Sistemas de producción continuos (Refinerías, mezcla de elementos para crudo, petrofísica y geología).**

- Sistemas de manufactura flexible (Diseño menor)
- Cadena de abastecimiento y servicios (Distribuidores, servicios de courier, transporte, etc.)
- Análisis de pruebas de pozos, y el diseño de fracturamiento hidráulico.
- Salud y servicios en general (SHA).
- Caracterización y modelaje de yacimientos.

La decisión de utilizar esta herramienta proviene de la percepción que el modelado puede ayudar a resolver asuntos relacionados con el diseño de nuevos sistemas o modificación de los existentes para hacerlos muchos más eficientes. Esto se fundamenta en las inversiones que hace la empresa petrolera en sus departamentos respectivos, por lo que sus modificaciones son costosas y, a través de la simulación, se puede experimentar qué beneficios trae la implementación de estos cambios a un costo mucho más bajo, incluso modelar ambientes de incertidumbre antes de que ocurran (Cramér, 2012). Como ya se ha mencionado, son muchas y variadas las ventajas que están asociadas a la simulación, como por ejemplo: la capacidad para entender el sistema sin necesidad de construirlo o modificarlo, esto implica ahorro de tiempo y dinero, la posibilidad de probar diferentes opciones rápida y fácilmente, respondiendo de una manera inmediata a preguntas del tipo: "...qué pasa si...?", y mejorar la comunicación de ideas al resto de la organización.

Se han generado varias aplicaciones de modelos matemáticos en la industria del petróleo y del gas natural. La primera aplicación de simulación utilizada como modelo, la literatura lo remonta a uno de los estudiantes Holland llamado David Goldberg en 1950, él aplicó un algoritmo matemático para encontrar el diseño óptimo de líneas para el transporte de gas (Zubboff, 2006). Pero, según la Comunidad Petrolera (2009), el primer modelo en utilizar datos reales y en ser aplicado continuamente para producir un cambio tecnológico fue Schithuis en 1936, basándose en la Ley de Darcy que se implanto para medir flujos de agua. Desde entonces, los modelos y simulaciones se han utilizado en variadas aplicaciones vinculadas a la industria de los hidrocarburos.

Las ventajas son claras para la empresa, sin embargo, en muchas ocasiones el costo de las herramientas o la formación y mantenimiento necesario para su utilización resulta un inconveniente si se usan de forma esporádica, errónea o sin la data correcta. La solución en estos casos está en las em-

presas que ofrecen esos servicios, contratándolas únicamente cuando son necesarias (Peña, 2008). En definitiva, la simulación o modelización como también se le conoce, es ya una realidad cotidiana, pero sin duda la exigencia creciente de optimizar tanto productos como procesos en las empresas petroleras es una característica ya, si se quiere, natural.

3. METODOLOGÍA

El software de modelado matemático, al igual que todos los sistemas complejos, evoluciona con el tiempo. Los modelos evolutivos son interactivos y, en la empresa petrolera aún más. Se caracterizan por la forma que permiten a los investigadores, crear versiones de aplicaciones y de sistemas más complejos. El Modelo Incremental, combina elementos del modelo lineal secuencial, aplicados repetidamente con la filosofía interactiva de construcción de prototipos. En esencia, éste enfoque en cascada asume que se va a entregar una aplicación o sistema completo una vez que la secuencia lineal haya finalizado, también aplica secuencias lineales de forma sorprendente, de la misma manera que progresa el tiempo en el calendario. Cada secuencia lineal produce un incremento del modelo matemático. Cuando se utiliza este modelo, el primer incremento es un producto esencial (núcleo), es decir, se afrontan requisitos básicos, pero muchas funciones suplementarias quedan sin extraer.

Además dicho modelo, se complementa con las siguientes actividades del ciclo de ingeniería convencional que presenta Balestrini (2007):

Ingeniería y modelado de sistemas / información: como el software siempre forma parte de un sistema más grande, el trabajo comienza estableciendo requisitos de todos los elementos del sistema y asignando al software algún subgrupo de éstos. Ésta visión del sistema es esencial debido a que el software se debe interconectar con otros elementos como el hardware, personas y bases de datos. La ingeniería y el análisis de sistemas, se emplean para los requisitos que se recogen en el nivel del sistema con una pequeña parte de análisis y de diseño. La ingeniería de información acompaña a los requisitos que se recogen en el ámbito estratégico de empresa y en el nivel del área de negocios.

Análisis de los requisitos del Modelo: el proceso de reunión de requisitos se intensifica y se centra especialmente en el software de modelado. Para comprender la naturaleza del (los) programa(s) a construirse,

el investigador debe comprender el dominio de la información, así como la función requerida, comportamiento, e interconexión.

Diseño: el diseño del modelo, es un proceso de muchos pasos que se centra en cuatro atributos distintos de un programa; estructura de datos, arquitectura de software, representaciones de interfaz y detalle procedimental (algoritmo). El proceso de diseño traduce requisitos en una representación que se pueda evaluar por calidad antes que comience la codificación del programa. El diseño se documenta y se hace parte de la configuración del modelo.

Codificación del modelo: el diseño se traduce en una forma legible para la máquina, por medio de diversos lenguajes de programación. El paso de generación de código lleva a cabo ésta tarea.

Pruebas: una vez que se ha generado un código, comienzan las pruebas del programa. El proceso de pruebas se centra en el proceso lógico interno del software, asegurando que todas las sentencias se han comprobado, y los procesos externos funcionan, es decir, la realización de pruebas para la detección de errores y asegurarse de que la entrada definida produzca resultados de acuerdo con las expectativas requeridas.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

¿Cuándo nació la matemática? Al ser un producto del intelecto humano en el deseo de entender y predecir la realidad, la matemática está asociada en todo momento a cualquier cultura y sociedad. La aritmética y la geometría aparecen con la necesidad de contar y de medir en las transacciones comerciales, en las construcciones y en la medida del paso del tiempo, y así sucesivamente las demás ramas de la matemática. Se tiene conocimiento que ya los egipcios utilizaban modelos de cálculo para las construcciones de sus edificaciones, así mismos los Mayas y los Hindúes, se ayudaban con las constelaciones para la exactitud de los cálculos. Pero la realidad es que, determinar un origen concreto para la aparición de cada uno de los conceptos que sientan las bases de las matemáticas es bastante más complejo que establecer el origen de la rueda, o el origen de la cartografía. Al respecto afirman que “el uso de las nuevas tecnologías permite un mayor acceso a la representación múltiple de conceptos matemáticos, promoviendo la articulación entre diferentes representaciones de los conceptos” (Caruso, Romeu y Suhit; 2006:3).

Nos encontramos entonces con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que no sólo está presente en todo momento en la compañía petrolera, sino que, en los espacios que forman parte también de la vida organizacional de la empresa. Esta integración de la tecnología y para la vida diaria, (lo que se ha denominado en las últimas investigaciones e-Live) (OBLINGER y OBLINGER, 2005) para la toma de decisiones, para la comunicación, para el acceso a la información, permite que los sistemas se sientan cómodos en un entorno tecnológico. Esto conlleva a que muchas empresas especialistas en tecnología como International Business Machines Corp. (IBM) sea la pionera en el mercado petrolífero desde 1955 y enlazándose con los modelos matemáticos para obtener de ella soluciones que transformen y minimice el tiempo de trabajo, por ejemplo, un único yacimiento petrolífero puede generar cada día un terabyte (1.024 gigabytes) de datos, en consecuencia un ingeniero petrolero dedica entre un tercio y 60% de su tiempo al análisis de datos (IMB, 2015). Al administrar la tecnología se puede encontrar petróleo al primer intento, se incrementan las tasas de extracción, se detectan y resolver los problemas antes de que surjan y eso es ahorro a gran escala, por lo que se plantea una fórmula para un modelo cuantitativo y de optimización que permita catalizar la gestión de ese cambio tecnológico. La corrección por “normal move out” (NMO) es una corrección para la cantidad de datos almacenados en una base de datos, donde el tiempo de la reflexión sísmica (lo que tarda la onda en viajar desde el destino al origen). Una vez el NMO es estimado en el análisis de velocidad, el tiempo de viaje puede ser corregido para remover el retraso en el tiempo de llegada, causado por la separación (offset) entre la fuente y el receptor. La técnica de cobertura múltiple generada por (Zhang, 1984), que se usa desde hace años en la sísmica de reflexión para la detección de yacimientos petrolíferos y que consiste en grabar cada punto del subsuelo varias veces. La fórmula para determinar la cobertura es la siguiente:

$$\text{Cobertura en \%} = \frac{\# \text{ de canales}}{2 \frac{\text{Dis tan cia entre disparos}}{\text{Dis tan cia entre estacas}}} \times 100 \quad (1)$$

En la ecuación N° 3 observamos el modelo matemático que permite calcular la corrección NMO y para obtenerla debemos asumir lo siguiente:

- Que la onda viaja en un medio homogéneo.
- Que el reflector es paralelo a la superficie.

$$x^2 + V^2\alpha + t^2o = V^2\alpha(t + \Delta t)^2$$

$$x^2 + V^2\alpha + t^2o = V\alpha^2(t + 2to\Delta t^2)$$

$$x^2 + V\alpha^2(2to + \Delta t)$$

$$V\alpha^2 = \frac{x^2}{\Delta t(2to + \Delta t)} \quad (2)$$

$$\Delta t_{NMO} = \sqrt{TO^2 + \frac{x^2}{v^2}} - to \quad (3)$$

Va = Es la velocidad promedio entre el reflector y la superficie.

X = Es la distancia fuente-receptor.

Δt = es el retardo del tiempo (corrección dinámica).

to = Es el tiempo de reflexión (tiempo doble) entre el reflector y la superficie.

En caso de offset grande, en relación a la profundidad de los objetos geológicos tenemos que:

$$V^2\alpha = \frac{x^2 - x \frac{2}{1}}{\Delta t(2to + \Delta t)}$$

$$x^2 = V\alpha \sqrt{\Delta t(2to + \Delta t)}$$

$$t^2o = \frac{x^2 - \Delta t^2 V^2\alpha}{2v^2\alpha \Delta t} \quad (4)$$

x_2 = Distancia a la traza lejana.

x_1 = Distancia a la traza cercana.

Las TIC dan vida al entamado mundo de los modelos matemáticos, al enlazarlos con los procesos de la industria petrolera, potenciando así la cuarta revolución tecnológica que, según Pérez (1998), nace el año 1908, el petróleo, el automóvil y la producción en masa son los dominantes, ahora llamada Industria 4.0 (también señalado como Industria inteligente (Tecnalia, 2014) o Ciber-industria del futuro (VILLAREJO, 2013), corresponde a una nueva manera de organizar los medios de producción, basándose de las principales características de los sistemas más antiguos. El resultado que se pretende alcanzar con la puesta en marcha de este modelado, es fomentar la transferencia de tecnología, la cual es capaz de una mayor adaptabilidad a las necesidades y procesos de producción, así como una asignación más eficaz de los recursos, abriendo los caminos a la quinta revolución industrial por parte de la gestión tecnológica, la era de la informática y las telecomunicaciones (Pérez, 1998). Estas líneas corroboran el vector resultante de absorber mediante la gestión del cambio tecnológico y catapultarlo nuevamente mejorado.

Al irrumpir una revolución tecnológica, la lógica y los efectos de predecesora dominan aun y ejercen una poderosa resistencia. El cambio generalizado hacia la “lógica de lo nuevo” requiere dos o tres décadas turbulentas de transición, en las que la instalación exitosa de las capacidades de nuevas y superiores acentúa la declinación de las viejas. Para el momento en que ese proceso, de la revolución anterior queda el rastro (Pérez, 1998:37-38).

5. CONCLUSIÓN

Así como en la química un catalizador es un cuerpo capaz de producir la transformación catalítica, y partiendo de que la catálisis es el fenómeno por el cual una cantidad pequeña de una sustancia acelera o disminuye la velocidad de la reacción. De la misma forma, la matemática conjuntamente con el apoyo de las TIC revoluciona el medio tecnológico, produciendo innovaciones, como la sustancia que produce la transformación económica en la gestión del cambio tecnológico.

La Industria 4.0 no se reduce exclusivamente a los cuatro puntos recién citados, pues es mucho más que eso. La Industria 4.0 es consisten-

te con la llamada Cuarta Revolución Industrial, enfatizando y acentuando la idea de una creciente y adecuada digitalización y coordinación cooperativa en todas las unidades productivas de la empresa.

Los modelos matemáticos buscan que las arquitecturas de los sistemas sean flexibles e integrados y se enfoquen hacia la avalancha digital, dirijan a las TIC de forma eficiente en la industria petrolera, que está cada vez más orientada por los datos y las simulaciones. La disminución de los presupuestos de las TIC exige innovaciones que generen nuevas formas de manipular más información, realizar una mejor gestión de cargas de trabajo, que cada vez son más pesadas para transformarlas a una mayor capacidad, por cada inversión en mano de obra, espacio, energía y tecnología que invierte la empresa.

Este trabajo de investigación describe un conjunto integral de herramientas de procesamiento y metodologías que están específicamente diseñadas para comprender los problemas de visualización asociados con estas áreas. Es evidente, que muchos de las suposiciones convencionales y simplificadoras que estábamos acostumbrados a usar en las últimas décadas simplemente se desmoronan bajo ciertas condiciones, pre establecidas por los modelos matemáticos. Al permitir un mayor grado de flexibilidad en nuestras suposiciones, también aumenta la complejidad y dificultad de selección de parámetros. Por esta razón, debemos confiar en el ingreso de más información, por parte de los modelos durante la aplicación de la secuencia de procesamiento.

Plantear la consolidación de redes de intercambio de información, comunicación y cooperación interinstitucional, que propicien la interacción—sinergia las empresas petroleras a fin de minimizar los impactos que implican los cambios y su incidencia en la gestión del cambio tecnológico.

Se sugiere que las empresas aprovechen en pro del éxito en sus actividades adaptarse fácilmente a las nuevas tecnologías, tomando de las antiguas, combinándola con las nuevas y ejecutando la adaptabilidad de los enfoques sistémicos y multi variables, en este sentido, el análisis de la gestión de cambio tecnológico como catalizador en las empresas petroleras, se vincula a un nivel moderado, lo que indica la imperiosa necesidad de formular lineamientos estratégicos para la gestión de cambio en la plataforma tecnológica, debido al volumen de cambios ocurridos frecuentemente en las operaciones de exploración y producción, asociados principalmente a procesos e infraestructura (hardware, software, comunicaciones, y otros).

Referencias Bibliográficas

- AGUILAR, José y RIVAS, Franckling. 2006. **Introducción a las técnicas de Computación Inteligente**. Editores. Mérida (Venezuela).
- ANTHONY, Robert y GOVINDARAJAN Vijay. 2003. **Sistemas de Control de Gestión**. McGraw-Hill. Madrid (España).
- BALESTRINI, Mirian. 2007. **Cómo se elabora el proyecto de investigación**. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas (Venezuela).
- BON, V. 2005. **Gestión de servicio de tecnología de información**. Publicado por Van Haren Publishing. Santiago de Chile (Chile).
- CARUSO, Cesar; ROMEO Luisa y SUHI Gaspar. 2006. Visualización y nuevas TIC. **Boletín de la 4ª Jornada de Informática y Educación**. N°. 4: 28-29. Mendoza (Argentina). Disponible en: <http://www.unvm.edu.ar/pagina/ponencias> Consultado el 10.12.2014.
- CHIN, José. 2005. **Tecnología**. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos11/tecnol/tecnol.shtml>. Consultado el 12.05.2015.
- COMUNIDAD, Petrolera. 2009. **Modelos matemáticos en la empresa petrolera. Influjos de agua**. Disponible en: <http://yacimientos-de-petroleo.la-comunidadpetrolera.com/2008/02/modelos-matematicos-de-influjo-de-agua.html>. Consultado el 24.04.2015.
- CRAMÉR, Harald. 2012. **Elementos de la Teoría de Probabilidades**. Editorial Aguilar. Madrid (España).
- De la CRUZ, Miguel. 2004. **Alta calidad en la gestión pública**. Publicado por el Instituto de Administración Pública del Estado de México. Ciudad de México (México).
- ESCORSA Pere y MASPONS Ramón. 2001. **De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva**. Pearson Education. Madrid (España).
- FERNÁNDEZ, Emilio y VÁZQUEZ, Carlos. 1996. **El Proceso de Innovación Tecnológica en la Empresa**. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Vol. 2, WI. Disponible en: <https://www.hitpages.com/doc/5113306876477440/14> Consultado el 19.06.2015.
- HARRINGTON, James. 2002. **Mejoramiento de los procesos de las empresas**. Editorial McGraw Hill. Santa Fe de Bogotá (Colombia).
- IBM. 2015. Un mundo más inteligente. Disponible en http://www.ibm.com/smarterplanet/ve/es/smarter_computing/overview/?re=spf. Consultado el 01.06.2015.
- ISAAC, Asimov. 2003. **Momentos estelares de la ciencia**. Alianza Editorial. Madrid (España).

- JIMÉNEZ, Geisel. 2001. **Cultura organizacional y calidad de servicio.** URBE. Maracaibo (Venezuela).
- LVANCEVICH, John. 2002. **Las organizaciones. Comportamiento estructural y comportamiento de procesos.** Addison Wesley Iberoamericana. Caracas (Venezuela).
- MORAN, María. 2004. **Análisis de riesgo para incorporación de nuevas tecnologías en la explotación de yacimientos.** Trabajo especial de grado para optar al título de Magister en Gerencia de Empresas. URBE. Maracaibo (Venezuela).
- PEÑA, Carlos. 2000. **Evolutionary fuzzy modeling.** Ecole Polytechnique Federale de Lausanne. Editorial Logical Systems Laboratory. Universidad de los Andes. Bogotá (Colombia).
- SEDGEWICK, Robert. 2005. **Algoritmos en C++.** Editorial Addyson-Wesley/Díaz de Santos. Barcelona (España).
- TECNALIA. 2014. Industria 4.0: La fábrica inteligente. Disponible en: <http://www.tecnalia.com/es/industria-transporte/eventos/industria-40-la-fabrica-inteligente.htm>. Consultado el 15 de octubre de 2014
- SHERMAN, Harthur. 2004. **Administración de recursos humanos.** Editorial Prentice Hall. Bogotá (Colombia).
- SMAIL, Ait-El-Hadj. 1990. **Gestión de la tecnología. La empresa ante la mutación tecnológica.** Editorial Addison-Wesley. Barcelona (España).
- VILLALONGA, Fernando. 2003. **Innovación Tecnológica e Innovación Social: aplicaciones sociales de las TIC.** Disponible en: <http://www.uoc.edu/dt/20235/> Consultado el: 24.02.2015.
- VILLAREJO, Esteban. 2013. El futuro de la industria de Defensa: capacidades futuras, UAV y «ciber». Disponible en: <http://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/public/post/el-futuro-de-la-industria-de-defensa-y-v-capacidades-futuras-16660.asp>. Blogs ABC por tierra, mar, y aire. Consultado el 30.03.2015.
- OBLINGER, Diana and OBLINGER, James. 2005. **Educating the next Generation.** EDUCAUSE. North Carolina State University (Estados Unidos de Norte America).
- ZHANG, Hongjie. 1984. **Synthetic vertical seismic profile.** Geophysics. Texas (Estados Unidos de Norte America).
- ZUBBOFF, Shoshana. 2006. **In the oil age of the smart machine.** Basic Books. New York (Estados Unidos de Norte America).