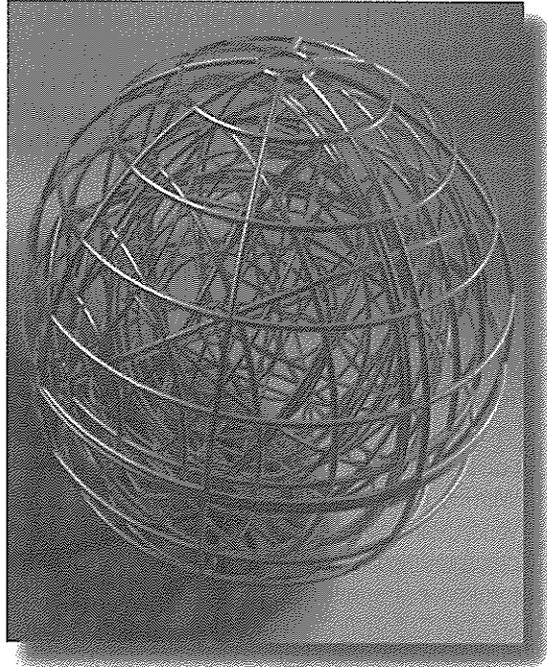


Jorge-Luis Velazco Osteicoechea



**GERENCIA DE ACTIVOS
EMPRESARIALES. ESTUDIO
DE CASO: GERENCIA DE
YACIMIENTOS EN TIEMPO
REAL**

The only sure way to avoid making mistakes is to have no new ideas.
Albert Einstein.

RESUMEN

Sin duda, aparte del activo constituido por sus ciudadanos, uno de los activos más importantes del país son sus yacimientos petrolíferos repartidos a lo largo de sus espacios terrestres y acuáticos. La preocupación por sacar el mejor provecho de ellos lleva a invertir enormes recursos financieros para asegurar una explotación óptima. Este es uno de los campos más prometedores para poner en práctica ideas innovadoras que puedan traducirse desde productos físicos inmersibles en tal medio hasta mecanismos inteligentes que controlen los procesos que se suscitan en dichos yacimientos. En el segundo caso, uno de los siete pasos fundamentales de una de las metodologías de la innovación tecnológica es una herencia del campo de la psicología: el aprendizaje inverso¹. El autor ha querido, desarrollando un modelo conceptual que utiliza dicha técnica, sentar las bases de un sistema inédito de gerencia en tiempo real de yacimientos petrolíferos, para el cual enuncia las bases de que lo que posteriormente puede dar lugar a reclamos de patentes de invención que resultasen de los enunciados de sensores y controladores inteligentes que acá se definen, vigentes y pioneros dentro del campo de la inteligencia artificial (IA)². Mucho se ha escrito utilizando ambas combinaciones de aprendizaje inverso e IA, acá le añadimos el contexto de los modelos para la fase de conceptualización de los proyectos, como los modelos del CII³.

PALABRAS CLAVE: Gerencia de Activos Empresariales, Gerencia de Proyectos de Innovación Tecnológica, Aprendizaje Inverso, IA, Yacimientos Petroleros.

ABSTRACT:

With no doubt, and taking the enormous human asset apart, one of the most important Venezuelan assets is its own oil and gas reservoirs. An optimal exploitation of such a reservoir demands important financial investment. So, a field like this constitutes by itself a promising area to introduce innovative ideas rapidly convertible into products and intelligent mechanisms. In the second case, of the technological innovation methodologies are a heritage of the psychological field, the reversal learning. The author proposes, while developing a conceptual model using that technique, to fix the bases for that that further can will produce successful results in order to claim invents patents, on intelligent sensors and controllers, considered as pioneers, innovators and creative, on the artificial intelligence field. A lot of papers and contributions have been published combining both principles artificial intelligence and reversal learning. Another of the contexts adding value to the original version concerns conceptual modeling, mainly focusing on those aspects concerning project conceptualization, as model proposed by the Construction Industry Institute (CII).

KEY WORDS: Enterprise Asset Management, Technological Innovation Project Management, Reversal Learning, Artificial Intelligence, Oil and Gas Reservoirs.

- 1 Cualquier situación donde un hombre o un animal son entrenados para responder diferenciadamente a dos estímulos, bajo condiciones de recompensa y castigo. *Enciclopedia Británica*.
- 2 Inteligencia Artificial, de ahora en adelante IA.
- 3 *Construction Industry Institute. PreProject Planning Methodology*.

Introducción

Una de las motivaciones que ha llevado al autor a exponer estas ideas a los convencidos de que la IA es y será uno de los más fuertes aliados en la gerencia integral del yacimiento en tiempo real, es producto de una conversación animada que se suscitó en el aeropuerto de Barcelona, de manera espontánea, con un grupo de especialistas en métodos de producción de varias empresas extranjeras que laboran en el país, en uno de esos únicos momentos cuando uno agradece que el vuelo se haya retrasado. Uno de ellos, producto de una experiencia de más de 35 años en el exterior y en Venezuela, nos manifestaba que el pozo podía “hablar”, podía “sentir”, que era cuestión de aguzar el oído para escucharlo y para sentir lo que nos quería comunicar.

Esa reflexión, que estamos convencidos la ha tenido más de uno de los especialistas en ese campo, es un reto para cualquier automatizador; y la pregunta es: ¿cómo hacer para que este palpito de considerar que el yacimiento es un organismo viviente que siente, que palpita, que si se sintoniza en el canal adecuado se puede escuchar lo que tiene que decir, se concrete en la posibilidad de asumir el control pleno de los procesos de explotación?

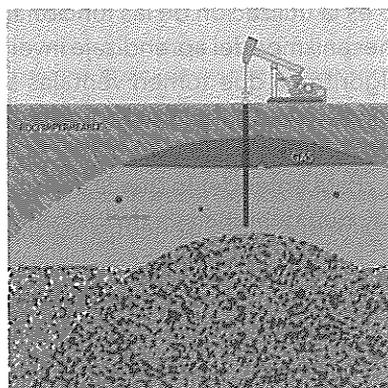


Figura 1. Yacimiento y Pozo

Sabido es de todos que el yacimiento está sometido a transformaciones; algunas lentas, como el proceso mismo de formación de los hidrocarburos, otras violentas como las producidas por las consecuencias de fallas inducidas por un sismo, y las artificiales inducidas por el hombre como la inyección de fluidos energizantes (gas, vapor, agua) para facilitar su explotación.

Algunos desarrollos, como los de microsísmica, se basan en la posibilidad de escuchar los ruidos naturales del yacimiento, más o menos distorsionados cuando existen fuentes de ruido cercanas al mismo. Los actuales desarrollos en el Mar del Norte y los que se estuvieron realizando inclusive en el país, favorecen el uso de toda una gama de elementos que permiten, primero medir o registrar esas manifestaciones, como variables físicas, y la posibilidad de seguir frentes energéticos; y, segundo, la fase que se está buscando con más ahínco, la de asumir el control total del proceso de la explotación tanto de manera asistida por las nuevas posibilidades de iluminación, como tratar de hacerlo de la manera automática clásica.

Esta ayuda que la automatización puede brindar a la gerencia del yacimiento en tiempo real, además de la IA, está siendo favorecida por nuevos desarrollos en nanotecnología y una algorítmica avanzada de control.

En este artículo se explota una de las posibilidades básicas de la IA, como lo es la utilización de las funcionalidades de la conciencia combinada con los mecanismos del aprendizaje inverso, con la cual se pueden desarrollar nuevos algoritmos que tomen ventajas significativas a la hora de compararlas con otros métodos como los modelos mecanicistas clásicos e inclusive modelos en el campo de los controladores avanzados de procesos.

Para entender lo que la conciencia significa dentro del campo del control, hay que diferenciarla de los conceptos de inteligencia y pensamiento.

Inteligencia

Para la mayoría de los observadores científicos, la esencia de la inteligencia es la vivacidad, la versatilidad en resolver nuevos problemas. En el caso particular de la gerencia estratégica de proyectos, la visión es también un aspecto esencial de la inteligencia, particularmente en la vivacidad que está constituida por pura táctica y cero estrategias.



Figura 2. Intellectum

La versatilidad es otra característica de la inteligencia. La capacidad de manejar una gran cantidad de posibilidades a la hora de tomar una decisión que llene el mismo objetivo y de cambiar o adaptarse fácilmente cuando existe un cambio brusco en el entorno, permite delinear las primeras visiones del aprendizaje y de la acción inmediata ante una variación de una variable del ambiente.

El lenguaje es la característica más definitoria de la inteligencia humana: sin sintaxis; es decir, sin el arreglo ordenado de ideas verbalizadas, nos haría ser solo un poco más inteligentes que un chimpancé, en el caso de los humanos, o de un lenguaje rudimentario primario en el caso de las máquinas.

Otra definición es que la inteligencia es el arte de adivinar algo nuevo que subyace bajo el orden establecido. Es prácticamente imposible llegar a una definición universal de la inteligencia porque es una palabra que siempre permanecerá abierta al igual que la conciencia.

Consciencia

El cerebro es como un juego, algunas partes producen los estímulos, otras la reacción y así sucesivamente. Uno es consciente de que hay algo en el cerebro que actúa como un sumador o totalizador de los procesos, que probablemente consiste de muchas partes actuando simultáneamente en cada una de las otras.

Es bien sabido que la cadena unidimensional de silogismos que constituye el pensamiento puede ser comunicado verbalmente o por escrito. La originalidad rompe la cadena de silogismos. Por ejemplo, cuando uno era niño podía sentir el rol de la rima en la poesía que le impulsaba a encontrar cosas no obvias, con el afán de descubrir palabras que rimaran. Este forcejeo buscando asociaciones nuevas garantiza desviaciones de las cadenas o trenes de pensamiento rutinarios.

En lo que nos proponemos conseguir con este desarrollo, lo descrito en el párrafo anterior, se convierte paradójicamente en la suerte de mecanismos automáticos, ansiosamente buscados, que conlleva a la originalidad y lo que se llama talento o tal vez genio, dependa de una gran extensión de la capacidad de memorizar apropiadamente estas analogías que son esenciales para el desarrollo de nuevas ideas.

La conciencia real habla sobre la sistemización de las creencias en descreencias en forma de conciencias unitarias. Ese será uno de los puntos clave de las consideraciones taxonómicas cerebrales que aprovecharemos más adelante para generar nuestros sensores y controladores conscientes.

Pensamiento

Una investigación intensa ha sido iniciada para producir información detallada acerca de las áreas del cerebro que comprometen la facultad intelectual vital e iluminan los patrones de comportamiento de la actividad neuronal que la hace operar.

Las algorítmicas utilizadas en las transacciones y las transformaciones, para representar la estructura de la mente, que se inician con regularidad en los campos visual, acústico y olfativo, inducidas a partir de ciertas creencias u opiniones profesionales, han sido cambiadas con frecuencia; aprovechando que el paradigma empleado en dicha representación de la mente se parece a un juego de herramientas diversas que permite percibir y pensar.

En el campo de la automatización, el cerebro raras veces es una representación única. En lugar de ello, varios subsistemas supervisan otros niveles más altos que pueden guardar registros de su desempeño y reformular problemas cuando sea necesario.

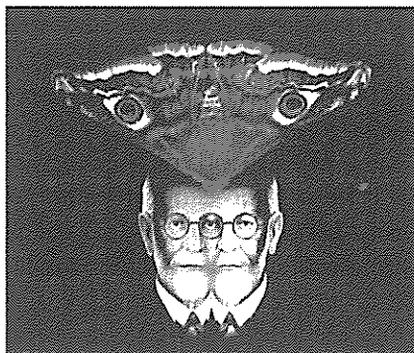


Fig. 3. La Interpretación

Dado que cada parte en el cerebro puede tener deficiencias, se incluyen mecanismos que pueden detectar y corregir tales anomalías.

Las estrategias de las ciencias y técnicas cognitivas del cerebro abren una ventana a los sistemas neuronales responsables del pensamiento.

¿Cuál es la causa que hace que de la rabia podamos pasar a la melancolía durante la representación de *Cien años de Soledad*, o de escalofríos ante el graznido del cuervo en una de las representaciones de la prolífica producción de Edgar Allan Poe. Nuestros cerebros han absorbido de los sentidos una secuencia de eventos y la han convertido en una secuencia de experiencias mentales vividas y grandes emociones. La descripción de la “caja negra”⁴ del cerebro falla cuando se tratan de especificar los procesos neuronales particulares responsables por tales acciones mentales.

A pesar de que los filósofos han ponderado, durante mucho tiempo, la relación entre la mente y el cerebro, varios investigadores, solo recientemente, han sido capaces de explotar las conexiones analíticas que se llevan a cabo en dicha “caja negra”.

Acopladas con poderosos computadores, estas técnicas pueden ahora capturar en tiempo real las imágenes de la fisiología asociadas con los procesos de la mente. El fundamento de estos análisis⁵ es que los comportamientos complejos pueden ser representados como una serie de operaciones mentales. En este orden, por ejemplo, uno puede reconocer que una secuencia está constituida por letras que a su vez forman una palabra; entonces reconocer el significado de las palabras, frases y oraciones, y finalmente crear imágenes mentales.

El reto es representar, entonces, qué partes del cerebro están activas y cuáles están dormidas durante la ejecución de las tareas. Cada componente puede ser analizado a través de una cuidadosa selección de las tareas. Los elementos más aparentes incluyen las percepciones visuales y auditivas de la palabra, la organización y ejecución de la salida de la palabra (voz), y el proceso en el cerebro que busca el significado de las palabras. Cada una de estas operaciones puede ser dividida en varios subcomponentes adicionales.

Cerrando el lazo con algoritmos conscientes

Ya se ha visto que la inteligencia, y en este caso la IA, brinda mecanismos como el lenguaje, la versatilidad y la vivacidad (*cleverness*) que hace la diferencia. A través de técnicas avanzadas de computación emergente como redes neuronales, algoritmos genéticos, lógica difusa, inferencia, autómatas

4 Caja Negra o *Black Box*: término que los automatizadores utilizan para elementos desconocidos en una algorítmica de medición o control.

5 En la gerencia del activo yacimientos, el análisis nodal es un símil de interacciones que se dan cuando se arranca un nuevo proceso.

celulares, agentes inteligentes, se puede amalgamar una aplicación que emule las manifestaciones inteligentes de un pozo o un yacimiento.

Esta tecnología, multidisciplinaria por esencia, está enraizada en la posibilidad de lograr controlabilidad de procesos que, hasta hace relativamente poco, solo podían ser caracterizados o acotados en base a asumir gran cantidad de aproximaciones al no haber posibilidad de concretar un sistema de ecuaciones resolubles en el tiempo y el espacio.

La combinación de IA, investigación de operaciones, procesamiento de señales digitalizadas, algorítmica de control avanzado y gerencia del conocimiento puede lograr, en una primera instancia, representaciones fieles de la mayoría de los procesos de exploración y producción de los yacimientos, y a medida que dicho conocimiento vaya aumentando, también el incremento correspondiente en la fidelidad o ajuste al funcionamiento del proceso.

La aproximación que se está haciendo del comportamiento del pozo y del yacimiento, asociándolo al del proceso mental en los humanos, lleva a ajustar la controlabilidad del proceso de explotación y producción a algoritmos con cierto grado de consciencia.

La consciencia juega entonces un doble rol: primero el de ampliar el conocimiento que se tendrá sobre el sistema por la capacidad de aprender de él a medida que "piensa" y "habla", y a la vez de determinar los factores del entorno que estimulen las distintas reacciones observables del sistema consciente.

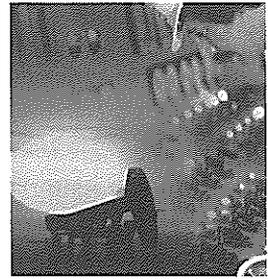


Fig. 4. Inteligencia Humana e IA

Aplicación a la gerencia en tiempo real del activo yacimiento

Los modelos conscientes para el control en tiempo real de los procesos que tienen lugar en el yacimiento pueden adaptarse, por ejemplo, a los paradigmas de la explotación (régimen de desarrollo, *plateau* y declinación), a las especificaciones de la estimulación (proceso físico mismo y la energía como un proceso), protección de la formación mediante la inyección de químicos,

fracturas naturales o inducidas y seguimiento de los físicos o abstractos que se quieran representar como patrones de comportamiento.

Cada fase añade un grado de complejidad, interpretable a través de su propio comportamiento. El estado de equilibrio que alcanza una explotación que fluye naturalmente, es desde el punto de vista de patrones de comportamiento, rápidamente superado en complejidad una vez que se somete el proceso a estimulación para recuperaciones secundarias, donde se deben fijar las condiciones del nuevo estado de equilibrio.

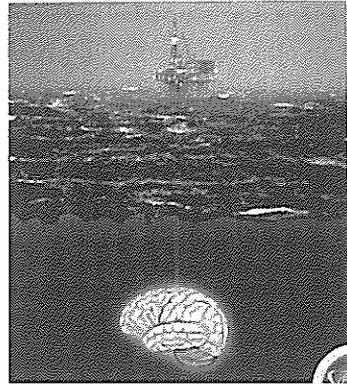


Figura 5. Nuevo Paradigma del Yacimiento Viviente

La declinación por sí misma establece condiciones de equilibrio que pudiesen dar mayor o menor grado de controlabilidad dependiendo de qué tan vivaz sea la interpretación de dichos comportamientos.

El conocimiento tácito de los expertos de la organización explicitado e inferido de los procesos en tiempo real, así como, una algorítmica adicional de aprendizaje en línea, con base en técnicas de IA, de nuevo conocimiento totalmente exportable al entorno de operación y gerencia de los procesos, son traducidos en toma de decisiones operacionales tácticas y estrategias en constante mejora.

El tema de los patrones de comportamiento típico es de larga data. Los expertos en Métodos de Producción están familiarizados con los patrones característicos del bombeo mecánico, donde el ir y venir del balancín permite

reproducir un patrón principal claramente, tanto para la carta de subsuelo como para la carta de superficie. Más aún, hemos aprendido que estos patrones pueden evolucionar dentro de patrones de funcionamiento normal o en camino hacia una falla, y a partir de esta interpretación, anticiparnos al hecho.

El bombeo electrosumergible también permite definir patrones de amperaje, que dependen directamente de la condición presente, a diferencia de los de bombeo mecánico generados por el hecho mismo de la repetitividad del proceso de levantamiento. En el bombeo por cavidades progresivas ha sido más difícil discernir un patrón de alta fidelidad por el fenómeno de excentricidad que atenta contra una repetitividad evidente. En este caso, todavía existe un gran reto en definir el patrón esencial adicional a la referencia actual de carga axial.

En lo referente a la productividad, el manejo de los patrones de compartimiento típico de frentes de fluido en tiempo real es menos evidente aún. Una cosa es poder modelar la cámara de vapor en cualquier proceso de inyección de vapor, a poder realmente afirmar que se ha definido de forma precisa el patrón de comportamiento de dichas cámaras sujetas a las distintas variaciones, y que por lo tanto no solamente se le puede hacer un seguimiento en tiempo real sino que adicionalmente, el proceso es totalmente controlable e inclusive automatizable en cualquier grado.

Los diferentes patrones de estimulaciones combinadas como AGA (Agua y Gas Alternativamente), que pueden involucrar la necesidad de controlar la inyección óptima tanto de agua como de gas y sus estados transientes; las reacciones de inyecciones ASP (Álcalis, surfactantes y polímeros) y el desplazamiento por agua en condiciones óptimas y la definición de comportamiento típico en la inyección de bacterias a los yacimientos. En este último caso, con una complicación adicional, los organismos vivos tienen un comportamiento muy diferente a los procesos físicos y químicos, y su erraticidad se acerca más a la de los patrones definidos en reacciones nucleares; donde la IA tiene respuestas importantes que dar al entrenar, por ejemplo ciertas redes neuronales de alta variabilidad al reconocimiento de este tipo de patrones.

En los procesos de superficie ha existido siempre la ayuda de los modelos mecanicistas de balance de masa, balance de energía, balance de momento, y compensaciones por condiciones de borde del proceso, que pueden ser ayudadas, adicionalmente por metalgoritmos de IA.

Volviendo al subsuelo, y tomando otro enfoque, las redes neuronales pueden ser entrenadas para la generación de los *build-ups* automáticos y semiautomáticos, para el seguimiento de una fractura natural o de una fractura

inducida, al progreso de un arenamiento o a la efectividad de control para evitarlo, a la inyección de un químico inhibidor o bloqueador de asfaltenos, ceras y emulsiones. Esta versatilidad del control cognitivo en amoldarse a procesos u operaciones, eleva su potencialidad a la hora de aplicarlo a la ayuda de la gerencia en tiempo real, inclusive a patrones de tipo economía de petróleo.

Un auxilio básico al conocimiento es contar con experiencias, plataformas o bases instaladas de *software* y *hardware* de modelaje, simulación y caracterización de yacimientos. Las simulaciones que dan cuenta de las reacciones a cambios en las condiciones de la extracción es una fuente importante de información para la fase de inicio del modelo de consciencia del yacimiento. El modelo consciente es un sumarizador o totalizador con múltiples componentes internos que interactúan y se retroalimentan simultáneamente.

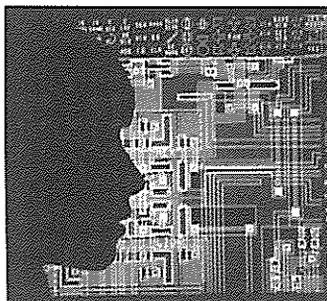


Figura 6.
Modelo Consciente

Como ejemplo, la búsqueda del estado de equilibrio cuando un yacimiento pasa a estimulación, y los pasos transientes intermedios, provocan una gran efervescencia dentro del modelo, pues de no contar, una base de conocimiento que dé cuenta de experiencias anteriores, el modelo cognitivo tendrá que aprender del proceso que por primera vez tiene que identificar a tal punto de definirle patrones típicos de comportamiento. El análisis nodal es un símil de interacciones que se dan cuando se arranca un nuevo proceso. A nivel del modelo de consciencia, también implica una conexión inherente del sistema físico de subsuelo-superficie.

El trinomio de reacciones que rige la probabilidad de realizar un modelo de control cognitivo para yacimientos va a depender totalmente de que el mismo sea observable (el por qué de la iluminación de los yacimientos, la visualización de lo que pasa en el interior del yacimiento entonces es un habilitador de primer orden del control cognitivo); de que sea controlable (en este sentido con capacidad de sensar parámetros físicos de presión, temperatura, sísmica 4D y microsísmica, resistividad, porosidad, permeabilidad, corrosión, análisis de los componentes del crudo de formación, así como de contar con actuadores para controlar o regular el paso de los fluidos en producción, en estimulación en inyección de inhibidores o bloqueadores para formación o deposición de

asfaltenos, ceras, emulsiones, e inclusive en elementos actuadores del tipo magnético y eléctrico que pueden estabilizar los procesos.

Este rasocinio matemático debe teñirse de los colores correspondientes a las condiciones naturales del yacimiento, como su topología, la magnitud de las variables físicas originales en sitio, su composición y de la dinámica que se impone a partir de su explotación, desde su contribución natural sin estimulación, su estimulación para recuperaciones secundarias y la medición del desempeño de la declinación, para determinar el momento óptimo del abandono, por la posibilidad de incluir patrones del tipo economía del petróleo al modelo cognitivo global, por ejemplo. ¿Cómo construir un controlador consciente automático para apoyar la gerencia de yacimientos en tiempo real?

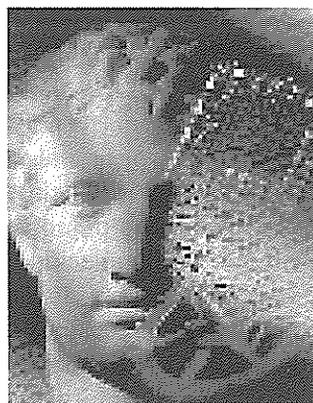


Figura 7.
Hacia el controlador consciente

Si como decíamos en la introducción a este trabajo, el yacimiento puede "sentir" y puede "hablar" como si fuese un humano, lo "vivaz" es entonces proponer la emulación de la conciencia humana como modelo para que el yacimiento pueda expresar sus facultades y que lo podamos escuchar en la frecuencia y dimensión en la cual nos habla.

En los siguientes párrafos, la idea es darle expresión a dichas facultades y dirimir los sensores y algoritmos de control inteligentes. Este paso constituye la expresión concreta de la combinación de aprendizaje inverso, IA y demás algorítmica de control.

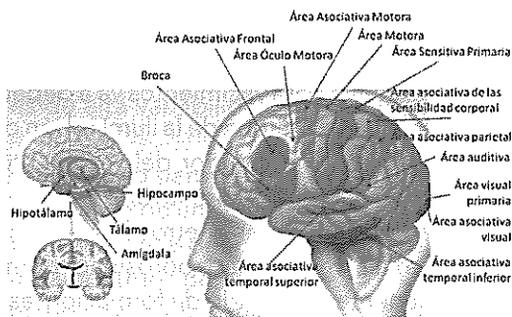


Figura 8. Funciones Cerebrales

Las funciones cerebrales y las funciones emuladas con algoritmos inteligentes son la base de los reclamos* de invenciones posteriores de este artículo.

Fuente: Santocanale (1998)

Las funciones cerebrales que se mencionan a continuación son tomadas de Santocanale⁶ (1998).

Meta-tálamo. En el humano transmite la percepción sensorial, a excepción del olfato. En el yacimiento se corresponde con el sistema de recolección de las percepciones sensoriales (red de sensores e instrumentación de fondo de pozo).

Meta-hipotálamo. En el humano rige las funciones autóctonas del cuerpo humano, hormonas endocrinas y órganos internos. En el yacimiento define las funciones de un motor inferencial consciente para distribuir las distintas autonomías requeridas para la representación del modelo de yacimiento.

Meta sistema límbico. En el humano controla la percepción olfativa, las emociones y los movimientos instintivos (junto a las subestructuras: meta amígdala y meta hipocampo). En el yacimiento, se trata de desarrollar un sensor virtual olfativo (la connotación de olfativo acá puede estar relacionada con la generación de H₂S, por ejemplo). Para reproducir características emotivas en el yacimiento, (acá se trata de verificar ciertos comportamientos de yacimientos similares donde las simulaciones producen expectativas parecidas, pero cuando se va a la realidad, se comprueba que hay diferencias asimilables en cierta manera a la emotividad humana, una tecnología aplicable en este caso es el control caótico o control por teoría de caos y finalmente una de las características del modelo instintivo virtual.

Meta amígdala. En el humano controla el comportamiento instintivo para la supervivencia. Esta otra parte del modelo instintivo virtual es quizás un elemento que mejor se pueda entender del instinto de supervivencia. Igual que en el caso de los estudiosos de la gerencia del conocimiento, quienes han reconocido las capacidades de adaptación de las cucarachas que han sobrevivido hasta nuestros días, y viven en todas las regiones del mundo, e inclusive se predice que pueden sobrevivir a explosiones nucleares, se comprende las reglas que garantizan la adaptación y que saldrán de la

* Reclamos o *claims* es la figura por la cual, posteriormente, se puede buscar el reconocimiento de las invenciones que eventualmente resultasen de estas consideraciones.

6 Santocanale Riggio, Lita (1998). En *La Máquina de Pensar*. Newton. Diciembre 1998. Madrid, España.

experiencia de nuestros expertos explotando yacimientos, y que han logrado llevarlos a las tasas más altas de recuperación, superando un cúmulo de adversidades. La supervivencia máxima de un yacimiento encuentra un símil en la expresión de Andy Grove⁷, de *Solo los paranoides sobreviven*. ¿Cuáles son esas reglas que pudieran asimilarse a la paranoia, de la cual habla Andy Grove, que definen un éxito total en la explotación lo más rápida, económica y eficientemente que garantice los cambios antes de que ocurran para poder anticiparse a ellos. Más aún cuando se toma en consideración la definición de Paranoide, de grado atenuado de la paranoia, sobre la cual se puede establecer cierto tipo de control.

Meta-hipocampo. En el humano controla el movimiento instintivo asociado a la conservación de la especie y la formación de nuevos recuerdos. En el yacimiento es otro componente del modelo instintivo virtual del yacimiento, asociado esta vez a la creación de meta-recuerdos que aseguren la perpetuación de las experiencias exitosas, mediante el registro de eventos, que por su naturaleza impactante deben quedar grabados en la maquina consciente. La IA es, sin lugar a dudas, una de las herramientas básicas de la formación de nuevos recuerdos y su registro para reafirmar el instinto de conservación, traducido en la capacidad de adaptarse a los cambios.

Meta-cerebelo. En el humano controla el equilibrio y los movimientos musculares. En el yacimiento controla su equilibrio y todos aquellos componentes físicos e intrínsecos (estados en los cuales el yacimiento se mantiene incólume o tiende a caerse, duerme, se balancea, corre, salta, etc.) y la definición de los músculos del yacimiento (la clave son los distintos movimientos internos que apoyan la transmisión de las distintas fuerzas que se apoyan en el mismo).

Meta tronco encefálico. En el humano controla las funciones vitales básicas, como la respiración y la circulación sanguínea. En el yacimiento tiene que ver con las funciones vitales o de la vigorosidad que el yacimiento manifiesta a través del índice de productividad del pozo, como mínimo. Implica el modelo de circulación interna, producto del esquema de producción natural o del esquema del par inyector-productor. Es el modelo que encarna con mayor énfasis el desplazamiento de los frentes a lo largo de la explotación, pruebas de presión, pruebas de pozos.

Meta-broca. En el humano controla la pronunciación de las palabras. En el yacimiento controla la generación de vocablos directos que sean una expresión directa de la consciencia del yacimiento. Es concretar lo que decía nuestro amigo de la introducción de que el yacimiento puede hablar. Una herramienta hermana de la IA para esto es el análisis de señales del yacimiento, el ruido natural y los ruidos inducidos a propósito, o inducidos por fuentes cercanas.

7 Grove, A. (1998), *Solo los paranoides sobreviven*. Granica. Barcelona.

Meta área asociativa frontal. En el humano controla la actividad de los individuos, compara la información recibida de los sentidos con las informaciones almacenadas en la memoria, para decidir cuál es el comportamiento que debe adoptar. Por lo tanto, produce las informaciones nerviosas adecuadas para ese comportamiento y envía las órdenes correspondientes a la zona asociativa motora. El pensamiento, la deducción lógica o la lógica son algunos de los campos de acción. En el yacimiento es casi un modelo trasplantable, ya que es la definición misma de las lógicas de control y de los sistemas asociados.

Meta área asociativa motora. En el humano se activa para mover las articulaciones como consecuencia de un estímulo enviado por los órganos de los sentidos y predispone el orden de la secuencia de movimientos que deben realizarse a continuación. En el yacimiento tiene su equivalente en los sensores y en la instrumentación de control asociada (por ejemplo, control de inyección y producción selectiva, control de deposición de componentes indeseados, etc.).

Meta área óculo motora. En el humano activa la mirada hacia una zona determinada del campo visual. En el yacimiento dirige la visión de la iluminación del yacimiento a una zona determinada por el campo visual 3D o por aplicaciones de realidad virtual.

Meta área sensitiva primaria. En el humano reacciona a los estímulos mecánicos procedentes de la piel y las articulaciones e identificando su capacidad y fuerza. En el modelo propuesto identifica los estímulos mecánicos externos que pudieran presentarse que pudiesen causar daños a la formación, seguimiento de fracturas, etc.).

Meta área asociativa de la sensibilidad corporal. En el humano interpreta la complejidad de las relaciones entre los estímulos mecánicos recibidos del cuerpo. En el yacimiento interpreta la complejidad de las relaciones entre los estímulos mecánicos externos recibidos por el yacimiento.

Meta área asociativa parietal. En el humano recibe las interpretaciones visuales espaciales y define la posición e identidad del objeto, conecta la sensibilidad corporal a la vista y al oído. En el yacimiento recibe las informaciones visuales (4D, patrones visuales, realidad virtual, micro sísmica, otros modelos tridimensionales de visualización) y define la posición e identidad del objeto en cuestión, conecta la sensibilidad entre estímulos mecánicos recibidos en el yacimiento a la definición final de los despliegues en la interfaz gráfica del usuario y en los sensores auditivos virtuales.

Meta área auditiva. En el humano recibe los sonidos provenientes del oído y distingue su identidad y frecuencia. En el yacimiento recibe los sonidos de sensores acústicos (vibración, micro sísmica, etc.) virtuales y distingue su identidad y frecuencia.

Meta área visual primaria. En el humano descompone la información visual procedente de la retina en elementos tipo color, inclinación, etc. Después transmite toda la información a la región meta asociativa visual. En el yacimiento clasifica la información visual procedente de la iluminación del yacimiento como un objeto, clasificándolo por sus propiedades (color, inclinación, tipo, etc.). Luego transmite toda la información a un automatismo asociativo visual que la completa.

Meta área visual secundaria. En el humano define la profundidad. En el modelo cognitivo del yacimiento agrega la clasificación de la profundidad al modelo anterior.

Meta área asociativa temporal. En el humano distingue y memoriza los colores y formas del objeto visualizado. También conocida como área meta asociativa visual superior. En el modelo cognoscitivo del yacimiento distingue y memoriza los colores y formas del objeto visualizado. Su utilidad es tanto mayor en el humano como la posibilidad que se tiene de caracterizar los componentes de los hidrocarburos por colores, como cuando se visualiza las zonas calientes, tibias y frías de una cámara de calor por el estándar de colores del fuego y calor, etc.

Conclusión

Al igual que en otros enfoques que tratan de emular la inteligencia desplegada por la naturaleza en mecanismos como los algoritmos genéticos (genética), redes neuronales (neurociencia), algorítmica del ADN (creación de emuladores del ADN), el modelo propuesto de control cognitivo para la gerencia en tiempo real de los yacimientos se adapta perfectamente al yacimiento si se le compara con un ser viviente, en cuanto a su sistema neurológico.

Las soluciones para la gerencia de activos, de tipos yacimientos de petróleo y gas natural, requieren siempre aproximaciones más o menos complejas para acercarse al comportamiento real de las variables que caracterizan sus procesos internos.

La economía del petróleo juega también un punto importante al contemplar un juego de optimizaciones económicas que determinan si la explotación es rentable o no, o si puede serlo en el futuro.