

Carlos Alberto Rodríguez-Romero

Profesor Asociado « Universidad Nacional de Colombia» (Bogotá).
Doctor en Ciencias de Gestión de la « Université Pierre Mendès France » (Francia)
carodriguezro@unal.edu.co

Gina Isabel Rodríguez-Romero

Information Management Consultant para la Industria de Hidrocarburos
Schlumberger Surencó
Grodriguez1@slb.com

Manejo de información cruda de adquisición de datos sísmicos e información de pozos con tecnologías especializadas bajo soluciones corporativas para la industria del petróleo

Resumen

Esta ponencia revisa desde el evolucionismo managerial, la estructura de la industria de los hidrocarburos, poniendo en relevancia algunos hitos históricos en el plan empresarial, así como la trayectoria de la exploración y producción petrolera a nivel global en las últimas décadas. Resalta la pertinencia de las mutaciones del entorno de la industria del petróleo y la manera de obtener niveles óptimos de producción a partir de la administración eficiente de la información especializada.

Palabras clave: Información cruda, datos sísmicos, tecnologías especializadas, industria petrolera, evolución.

Abstract

This paper reviews from the managerial evolution, the structure of the hydrocarbon industry, putting some important milestones in the business plan as well as the trajectory of the oil exploration and production globally in recent decades. Highlights the relevance of mutations in oil industry environment, and how to obtain optimal levels of production, from the efficient administration of specialized information

Keywords: Raw data, Seismic data, Specialized technologies, petroleum industry. Evolution

Introducción

En la antigüedad, la extracción del petróleo, era sencilla, pues existían lugares donde la presión del gas natural hacía que el petróleo emanase por sí solo a la superficie, posteriormente se hizo necesario el “hacer pozos petrolíferos”, hoy en día se manejan tres tipos de recuperación (Bolsa Libre, 2011):

Primaria (sus orígenes se encuentran en China, donde se introducían sondas en bambú a profundidades no superiores a los 250 metros), esta extracción hace uso de la presión natural del gas. Sondos, grifos y bombas de varilla ayudan a obtener la presión natural para la extracción. Aproximadamente el 10% de la producción global se obtiene por este método. Esta extracción permite obtener aproximadamente el 20% del petróleo del yacimiento.

Secundaria: Recurre al uso del aire, agua o CO₂ inyectados para someter el pozo a presión, en algunos casos se vuelve a inyectar el gas extraído para obtener el resultado esperado. Este tipo de inyección hace que la extracción aumente en su costo y obtiene entre el 35% y el 45% del petróleo contenido en el yacimiento.

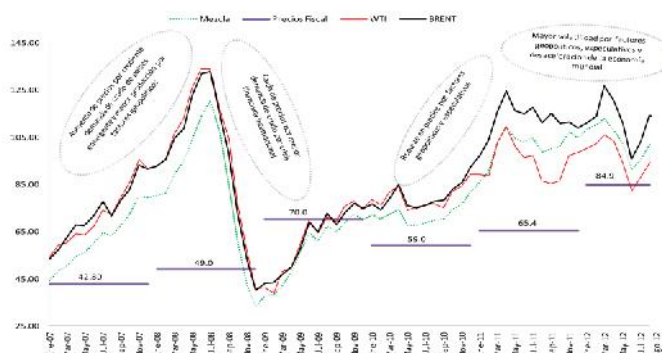
Terciaria. Se ocupa particularmente de la extracción del petróleo pesado, pero se recurre a este método, particularmente, cuando el precio del barril es favorable, pues sus costos de extracción son significativamente altos. En este caso es necesario menguar o rebajar la viscosidad del petróleo. Se recurre a la inyección de químicos y microbiales para obtener menor viscosidad en el petróleo extraído. Con este método se extrae aproximadamente el 60% de la cantidad contenida en el yacimiento

Lo anterior nos permite inferir que la mayoría de los yacimientos quedan con remanentes de petróleo para su extracción, pero que la tecnología actual no permite la optimización en el costo de dicha operación. Si el precio internacional del crudo aumenta, los productores de petróleo vendrán sobre dichos remanentes para su explotación. Si por el contrario los precios caen, estos productores irán sobre yacimientos explotables en recuperación primaria particularmente.

Frente a los precios de producción del petróleo, el CEFP¹, indica que “En los últimos años el aumento en los precios de petróleo fue consecuencia de la mayor demanda de crudo por parte de países emergentes como China, India y Brasil, así como por las crecientes preocupaciones sobre la inseguridad en Medio Oriente y la continua variabilidad del dólar en el mercado de divisas. El conjunto de estos acontecimientos hicieron que el precio promedio del West Texas Intermediate (WTI) estadounidense escalara desde los 57.44 dólares por barril (dpb) en enero de 2007 hasta los 91.74 dpb en diciembre del mismo año, para un precio promedio anual de 72.38 dpb. Por su parte, la cotización del petróleo crudo del Mar del Norte (BRENT) repuntó desde los 53.44 dpb hasta los 91.46 dpb, totalizando un incremento de más de 38 dpb en los 12 meses de ese año y un precio promedio anual de 72.95 dpb ...

¹ Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, México

Ilustración 1: Evolución de los Precios Internacionales del Petróleo, 2007 -2012



Fuente: CEFP, 2012

En 2009, la crisis financiera internacional contrajo la demanda de hidrocarburos por la debilidad de la economía mundial, situación que ocasionó el desplome de los precios del petróleo. ... Durante 2010 y 2011, los precios del petróleo retomaron al alza, caracterizados por su creciente volatilidad. Esta situación provocó que en el periodo enero – agosto de 2012, el WTI alcanzara un precio promedio de 96.35 dpb y el BRENT 112.05 dpb” (CEFP, 2012). Esta evolución favorable en el precio del barril potencializa y justifica la extracción terciaria descrita anteriormente.

Dadas las restricciones en el uso de herramientas para la extracción de los hidrocarburos, particularmente en décadas anteriores, no era posible obtener fácilmente el crudo pesado de los yacimientos, su extracción resultaba onerosa o no se sabía exactamente cuánto de aquello se podría extraer y cuanto permanecería en el subsuelo, razón por la cual, las reservas internacionales comenzaron a caer.

El interés puesto en los últimos años en las actividades exploratorias; por parte de las economías productoras de petróleo y las organizaciones que se ocupan de su extracción o como proveedoras de servicios²; ha permitido frenar la caída en las reservas de hidrocarburos.

Entendemos por Reserva, las “cantidades de petróleo que se considera pueden ser recuperados comercialmente a partir de acumulaciones conocidas a una fecha futura. Todos los estimados de reservas involucran algún grado de incertidumbre. La incertidumbre depende principalmente de la cantidad de datos de ingeniería y geología, confiables y disponibles a la fecha del estimado y de la interpretación de estos datos” (Carrillo Barandiaran, 2004).,

Por lo anteriormente expresado, el manejo de información cruda de adquisición de datos sísmicos e información de pozos con tecnologías especializadas, bajo soluciones corporativas, se hace indispensable para la optimización de la explotación de hidrocarburos y la toma de decisiones en una industria altamente dinamizada por las mutaciones políticas, reglamentarias, tecnológicas, ecológicas, económicas y sociales del entorno (Lemaire, 1997). El manejo de esta información cruda se constituye entonces en una fuente de ventaja competitiva para aquellas organizaciones de la industria de hidrocarburos a nivel mundial.

² Exploración, perforación, optimización de producción, interpretación de áreas

Marco Conceptual

Adherimos a la teoría de la competitividad basada en los recursos (Anderson, 1982; Barney, 1991; Barney, 1996; Cyert & March, 1963; Demsetz, 1988; Eisenhardt & Scoonhoven, 1996; Fama, 1980; Penrose, 1959; Wernerfelt, 1984) desarrollada particularmente desde la década de los ochenta, para aproximarnos a nuestro objeto de trabajo, desde nuestro objeto de estudio³.

Esta teoría comprende diversos enfoques (Eisenhardt & Santos, 2002; Grant, 1996; Helfat & Peteraf, 2003; Maskell, 2001; Spender, 1996; Zeleny, 2006), sin embargo, puede afirmarse como indican Román & Smida (2013), que ella enfatiza sobre la fuerza de los recursos y de las competencias internas de una empresa para impulsar y orientar la definición de ventajas competitivas durables.

La presente ponencia se inscribe en las teorías contemporáneas del management· las cuales construyen su análisis sobre la organización vista como un sistema abierto que se combina con una orientación “natural” o “racional”. Donde el enfoque natural es mayoritario sobre el racional. (Baum, 2002)

³ Igualmente adherimos a las nociones de objetos de trabajo y estudio desarrolladas en las agendas de conocimiento de la Universidad Nacional de Colombia. donde lo primero (objetos de estudio) se concibe como la esencia de la disciplina, la ciencia o el concepto de interés, y lo segundo (objetos de trabajo) se entiende como el sujeto del cual se quiere saber algo a partir de un cuerpo de conocimientos (los objetos de estudio recaen sobre los objetos de trabajo).

Tabla 1: Teorías Contemporáneas del Management

Escuela	Año	Postura	Naturaleza del problema estudiado	Finalidad	Ventajas	Inconvenientes
Teoría de la dependencia de los recursos y la ecología de las poblaciones	1970 – 1980	Sistema abierto y racional, dominación del entorno	Condiciones de supervivencia y de emergencia de las organizaciones.	Explicación del desarrollo de las organizaciones por la selección natural.	Relativización del papel preponderante de los dirigentes	Determinismo excesivo. Débil operacionalización
Neo - institucionalismo y management	1980 – 2000	Sistema abierto y natural	La organización como construcción social	Búsqueda de legitimidad. Estatus del actor.	Campo organizacional.	Determinismo excesivo.
Teorías de la estructuración, evolucionistas y post modernistas	1960 – 2000	Sistema abierto y natural.	Análisis más allá de la racionalidad, búsqueda de legitimidad de las empresas	Las organizaciones como fruto de procesos institucionales que las sobrepasan.	Poner al día la importancia de las fuerzas sociológicas. Emprendedor institucional	Determinismo. Minimización excesiva del papel de los dirigentes y de la empresa.
Teoría de las convenciones	1980 – 2000	Sistema abierto y natural, sobrepasa la división entre economía y sociología	Analiza las convenciones (marcos comunes de los individuos) que les permite coordinarse	Condiciones de producción de compromisos. Análisis de los conflictos de mundos.	Ilusoria de tener recursos para ideologías manageriales unificadoras.	Complejidad de la teoría. Débil operacionalización
Enfoque por el sicoanálisis	1950 – 2000	Sistema abierto y natural. Organización = sistema social de defensa contra la angustia	Pulsos, angustia y estrés generados por la organización sobre los individuos y recíprocamente.	Evitar las patologías, asegurar el desarrollo sano de los asalariados. Decodificar los comportamientos.	Riesgo de fallos en los dirigentes. Peligros para la psiquis de los individuos.	Transcripción de principios originados en otro campo. Precauciones a tomar en las intervenciones.

Fuente: (Rodríguez-Romero & Martínez Sarmiento, 2011)

Aunque las teorías expresadas anteriormente permiten una comprensión de nuestro objeto de trabajo; nos centraremos en aquellas de la ecología de las poblaciones y del evolucionismo managerial

Dichas teorías encuentran sus orígenes (por metáfora biológica), en los aportes de Thomas Malthus, quien planteó que “Considerando aceptados mis postulados, afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir alimentos para el hombre [en nuestro caso petróleo para el consumo del hombre]. La población si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos [el descubrimiento de nuevas reservas de hidrocarburos], tan solo aumentan en progresión aritmética. Basta con poseer las más elementales nociones de números para poder apreciar la inmensa diferencia a favor de la primera de estas dos fuerzas” (Malthus, 1798, p. 33)

Siguiendo los postulados de Malthus, que darán origen a los de Darwin:

“Como de cada especie nacen muchos más individuos de los que pueden sobrevivir, y como, en consecuencia, hay una lucha por la vida, que se repite frecuentemente, se sigue que todo ser, si varía, por débilmente que sea, de algún modo provechoso para él, bajo las complejas y a veces variables condiciones de la vida, tendrá mayor probabilidad de sobrevivir y, de ser así, será naturalmente seleccionado. Según el poderoso principio de la herencia, toda variedad seleccionada tenderá a propagar su nueva y modificada forma” (Darwin, 1859, p. p.5)

y, tomándolos como autores seminales, presentamos en la siguiente tabla el desarrollo de la teoría evolucionista como soporte de nuestro objeto de estudio en función de sus principios básicos.

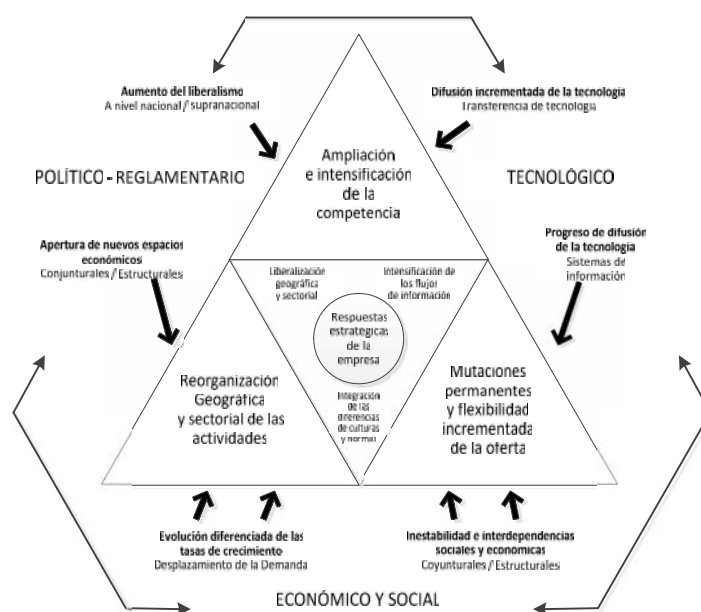
Tabla 2: Evolución de la ecología de las organizaciones

Principio	Característica
<i>Adaptabilidad</i> (Aldrich, et al., 1986; Hannan & Freeman, 1977)	Con el enfoque ecológico las empresas que posean o no las características definidas por el entorno permanecerán en el mercado, mientras que las que carezcan de ellas serán expulsadas.
<i>Inercia estructural</i> (Hannan & Freeman, 1984)	Se presenta en las organizaciones a través de la resistencia al cambio y la velocidad de asimilación del mismo
<i>Amplitud de nicho</i> (Hannan & Freeman, 1984)	Grado de tolerancia de la población para afrontar los cambios junto con la habilidad para resistir el empuje de la competencia perteneciente a otros nichos. La amplitud de nicho clasifica a las poblaciones en especialistas y generalistas
<i>Existencia de distintos tipos de organizaciones</i> (Burt, 1980; Carroll, 1984; Chandler, 1977; Chatov, 1981; Child & Kieser, 1981; Fombrun, 1988; Levinthal, 1995; Perrow, 1985; Pfeffer & Salancik, 1978; Stinchcombe, 1965; Williamson, 1985; Zeitz, 1980)	La teoría ecológica, expone como principales causas de diversidad en las organizaciones: Acceso a los recursos que necesita la empresa a través de distintos agentes, el sistema capitalista que actúa como un filtro evolucionista, el concepto de exclusión y compensación, apoyo gubernamental, grandes empresas que subsisten gracias a sus estrategias por mayor tamaño, procesos de fusiones y absorciones, acuerdos y procesos de cooperación entre empresas y débil intensidad competitiva para eliminar empresas con estilos organizacionales no aptos para su entorno.
<i>El problema de la legitimación</i> (Delacroix & Rao, 1994; Elsbach, 1994; Shapiro, 1991; Tolbert & Zucker, 1983)	La legitimación de un nuevo estilo organizacional, se consolida cuando la mayoría de las empresas del sector lo adoptan y lo lleva a la práctica, o bien, las organizaciones que carecen de él, son relegadas.
<i>Limitaciones de la teoría</i> (Carroll, 1984; Donaldson, 1995; Perrow, 1986)	Debido a lo naciente de la teoría de la ecología de las organizaciones, se perciben las siguientes limitaciones: Falta de unanimidad en conceptos fundamentales, por parte de los investigadores. Carencia de datos de amplios períodos de tiempo para poder observar el comportamiento de esta teoría. Otra crítica importante está constituida por los mecanismos de estimación del proceso de selección ya que indicadores como las tasas de mortalidad y fundación son medidas indirectas que señalan los resultados y no el proceso. Se plantea el problema descriptivo, hay demasiado énfasis en estudios a gran escala cuantitativa y por lo tanto hay una carencia de la investigación detallada y la descripción en las organizaciones y las industrias que se examina (Van Witteloostuijn, 2000). La teoría de la ecología de la población ha sido criticada en muchos frentes (véase, por ejemplo, Perrow, 1986; Young, 1988; Donaldson, 1995). Algunos de los temas centrales de la crítica son la falta de un consenso claro sobre las construcciones clave, la clasificación y la naturaleza de las poblaciones en estudio, la naturaleza determinista de las ideas ecológicas (Singh y Lumsden, 1990), problemas con la aplicación y la metodología, la falta de atención a la adaptación de la organización, y sobre todo cuestiones relacionadas con el modelo de dependencia-densidad.

Fuente: a partir de (Martinez Sarmiento, 2011)

De igual manera en este proceso evolucionista, insistimos en la importancia de contemplar las mutaciones del entorno en el momento de generar competencias internas, pues el panorama actual de las organizaciones que compiten en el sector de hidrocarburos presenta una rivalidad aguda, caracterizada por la velocidad, la flexibilidad e innovación para responder a los cambios del entorno (Bettis & Hitt, 1995). Estas mutaciones constituyen un atributo novedoso que permite a las organizaciones en contienda determinar su respuesta estratégica, establecer su posición competitiva y por supuesto su permanencia en el mercado.

Ilustración 2: Mutaciones del entorno organizacional



Fuente: (Lemaire, 1997)

Toda organización sufre su entorno: los cambios en las políticas o normas, en la sociedad, la economía, la tecnología o la ecología, afectan el desarrollo evolutivo de las organizaciones, pues puede presentarse un cambio abrupto en cualquiera de estas características al cual incluso la organización no pueda sobrevivir. La mayoría de las organizaciones se ajustan a los cambios respondiendo estratégicamente a estas nuevas dinámicas, en la lógica evolutiva descrita anteriormente.

Siguiendo a Lemaire, podemos intentar caracterizar las más importantes mutaciones del entorno de las organizaciones del sector de los hidrocarburos en los últimos 40 años:

- Político-reglamentarias:
 - En 1960 Venezuela, Irán, Irak, Kuwait y Arabia Saudita, crean la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), como un instrumento de defensa de los intereses de los países productores de petróleo.
 - La estabilidad política de la organización se pone en juego con el embargo petrolero promovido por Libia en 1970
 - La guerra de Yom Kippur entre los países árabes e Israel, da inicio a agresiones mutuas entre Irán e Irak en 1973
 - Se nacionaliza la industria petrolera en Venezuela en 1975
 - Guerra del Golfo en 1991, sirvió a los países occidentales, principalmente Estados Unidos, para debilitar a la OPEP y ejercer control sobre los precios internacionales del petróleo.
 - Los constantes accidentes de petroleros a nivel mundial, propician la generación de propuestas normativas en el año 2002, referidas a los procedimientos de inspección y a las normas de seguridad, aplicables de forma muy especial a los buques petroleros por parte de la Dirección General de Transportes y Energía de la Comisión Europea, en lo que se conoce como las medidas Erika 1 y 2
- Socio-económicos:
 - A mediados del siglo pasado, organizaciones como Texaco, Royal Dutch

- Shell, British Petroleum Company, Gulf, Estándar Oil, Esso y Mobil Oil Company (hoy fusionadas en Exxon Mobil), fueron reconocidas como las 7 hermanas, dominaban el mercado internacional del petróleo a partir de la comercialización de crudos producidos a lo largo del planeta, pagando a los respectivos gobiernos unos modestos derechos de explotación. (Rabinovich, 1984; Requeijo Gonzalez, 2005; Rodríguez, 2006; Sampson, 1977)
- La OPEP surge como repuesta de economías subdesarrolladas, exportadoras de recursos naturales no renovables y con intereses comunes que dependían particularmente de los ingresos por la venta de petróleo para el financiamiento de sus políticas públicas y el desarrollo de sus naciones.
 - A mediados de la década de los 70s, se marca el fin a los precios bajos en el precio internacional del petróleo. Campañas a nivel global sobre ahorro de energía y producción de nuevas fuentes de energía.
 - Entre 1983 y 1986 debilitamiento del mercado petrolero. Surgimiento de nuevo modelo basado en la oferta y la demanda que nos rige en la actualidad.
 - Tecnológicos:
 - La década de los setenta recurre a nuevas tecnologías de exploración en la búsqueda de independencia de las compañías privadas de las petroleras nacionales, estas últimas habían decidido controlar y desarrollar sus reservas.
 - **Por ser el eje central de esta ponencia, el evolucionismo en materia competitiva de las tecnologías de información para el manejo de información cruda de adquisición de datos sísmicos en la industria de los hidrocarburos, será tratado en páginas subsiguientes**
 - Ecológicos:
 - El petróleo es insoluble en el agua y por tanto difícil de limpiar. Por liberación accidental o intencionada en el ambiente, genera efectos adversos sobre los individuos o su entorno de extracción⁴. Múltiples desastres ecológicos (Albrigh, 2013) se han presentado a lo largo de los últimos años como son:
 - Torrey Canyon en 1964,
 - Contaminación del canal de Santa Bárbara en 1969,
 - colisión de dos petroleros liberianos en el litoral surafricano afectando a poblaciones de pingüinos en 1972,
 - Incendio y hundimiento de petrolero frente a las costas de Portugal en 1976
 - En 1978 las costas francesas son afectadas por derrame de petróleo luego que un petrolero quedara a la deriva en las costas de Bretaña
 - Entre 1979 y 1980 La Bahía de Campeche en el golfo de México recibe el vertido de petróleo más grande de todos los tiempos, en un accidente que duro más de 280 días y genero derrame de 3.3 millones de barriles de petróleo al mar.
 - La década de los 80s fue menos traumática en cuanto vertidos de crudo al entorno.
 - Con la Guerra del Golfo y el inminente desembarco de las “tropas aliadas”, Irak causa el mayor vertido petrolífero de la historia en 1991, al arrojar 11 millones de barriles al golfo pérsico.
 - La primera década del presente siglo, continua mostrando accidentes

⁴ Entre 1969 y 1973 se perdieron en todo el mundo 82 petroleros, derramando en conjunto 719.000 tn de petróleo. Para finales de 1974 se habían contabilizado cerca de 500 accidentes con derramamiento de crudo a nivel mundial. Tanker Advisory Center de New York.

en petroleros y plataformas como el del Natuna Sea en 2000 (7.000 tn en Singapur), Jessica en 2001 (500.000 tn en las Galápagos), Choque del Tern con el Baltic Carrier en 2001 (2.700 tn en el Mar Báltico), Vicuña (400 tn en costas brasileras) y Selendang Ayu en 2004 (85.000 litros de gas oil Unalaska).

- También las catástrofes naturales han contribuido en la generación de contaminación por vertidos, como los ocasionados por los huracanes Katrina y Rita en 2005, provocando el mayor desastre medioambiental de los estados Unidos.
- El más reciente y más grande desastre ecológico por vertimiento de crudos, se presentó en el año 2011 en el Golfo de México, en la plataforma de BP, con derrame entre 1.47 y 2.52 millones de galones diarios, donde se evidenciaron los mayores errores humanos de la industria de los hidrocarburos a nivel global.

Las consecuencias naturales de estas mutaciones han sido, entre otras,

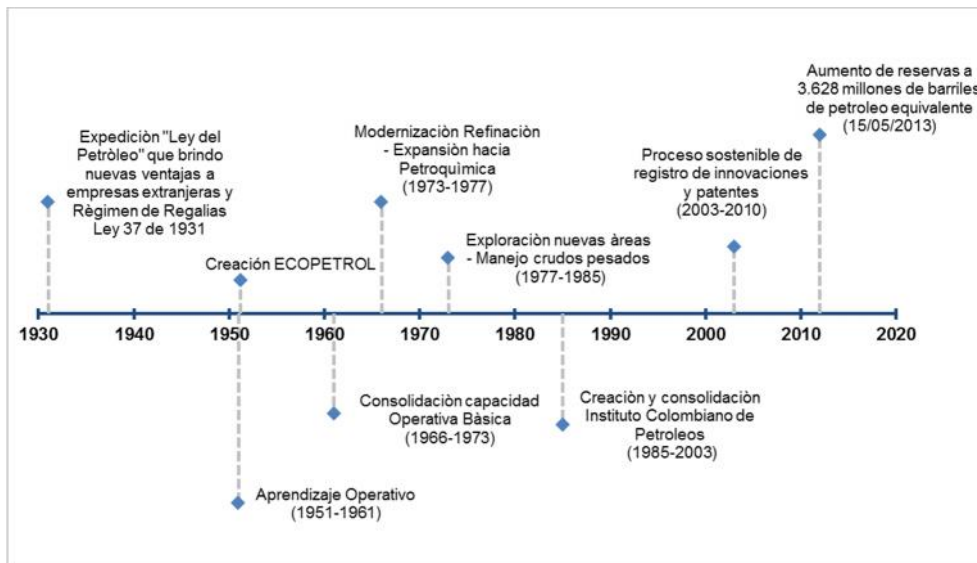
- Aparición de Organismos Internacionales
- Consolidación de estructuras productivas de carácter estatal en algunos países
- Pérdida de poder de las principales corporaciones del sector petrolero a nivel global (Fusiones, adquisiciones), en beneficio de las nuevas estatales
- Desarrollo de política pública nacional para fortalecimiento de sector de hidrocarburos
- Desarrollo de nuevas técnicas y herramientas para la perforación y extracción
- Desarrollo de nuevas técnicas para la adquisición y procesamiento de información sísmica
- Desarrollo de nuevos modelos de evaluación y precisión de perforaciones a partir de los volúmenes de información cruda adquiridos con los datos sísmicos

Así pues, el descubrimiento de nuevos yacimientos (amparados en nuevas tecnologías particularmente), justificados económicamente por los altos precios y la sustitución del petróleo por nuevas energías alternas a la energía fósil.(Vielma Lobo, 2013), se ha convertido en una constante de los últimos años.

A manera de ejemplo, podemos ver como en países como Colombia, se optó por crear y fortalecer la empresa estatal de petróleo Ecopetrol⁵, para pasar de ser países que por medio de Concesiones, permitían a empresas extranjeras explotar sus reservas, para convertirse en naciones productoras de petróleo fundamentadas en sus capacidades organizacionales (ajustándose a las mutaciones del entorno para sobrevivir y prevalecer)

⁵ Es la cuarta productora de petróleo en Latinoamérica, con volúmenes de producción diaria cercanos a una mega. Ver Anexo 3

Ilustración 3: Evolución de la Estatal Colombiana ECOPETROL

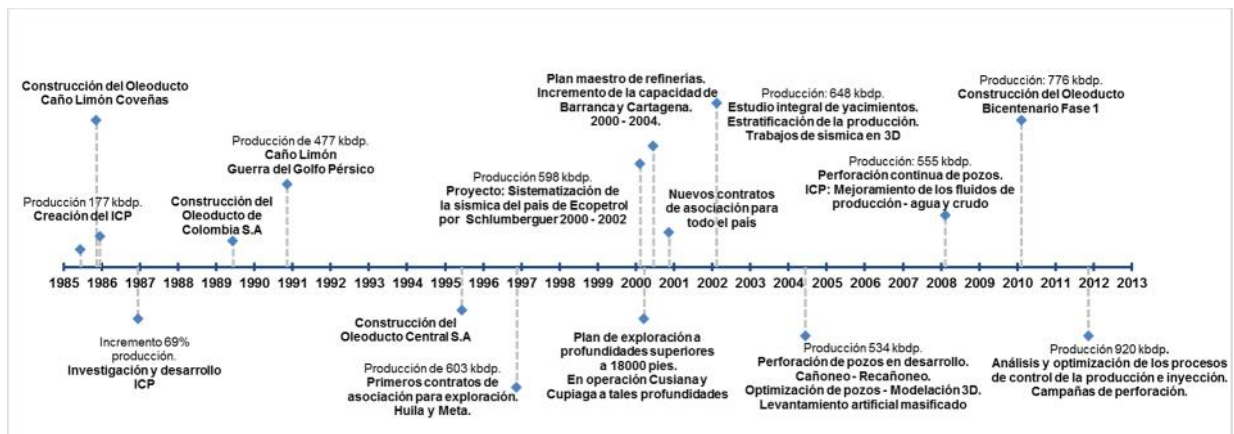


Fuente: los autores a partir de (ANH, 2013; Benavides, 2011; Forero & Dávila, 2011)

Actualmente la industria del petróleo y el gas se ve obligada a proveer volúmenes crecientes de hidrocarburos al tiempo que busca mecanismos de optimización en la recuperación final, incrementando la eficiencia y la eficacia de las operaciones de exploración y producción en materia de costos, mejorando el desempeño y reduciendo el impacto en el medio ambiente.

La siguiente línea de tiempo, construida para el periodo 1985-2012, presenta la evolución en la producción de crudo en Colombia, donde se pasan de 177 Kbdp (miles de barriles diarios producidos), a casi 1 mega en la actualidad (un millón de barriles diarios).

Ilustración 4: Evolución Producción Petrolera en Colombia (1985-2012)



Fuente: los autores a partir de (ANH, 2013; Benavides, 2011; Forero & Dávila, 2011)

Sin embargo, cuando se trabaja con nuevas tecnologías se obtienen mejores resultados en el proceso extractivo del petróleo y el gas, pero los avances tecnológicos repercuten también en la generación de volúmenes significativos de datos, que deben ser procesados asertivamente para la toma de decisiones en el menor tiempo posible.

Manejo de información cruda con tecnologías especializadas como respuesta a las mutaciones del entorno altamente competitivo de la industria de los hidrocarburos.

El desarrollo industrial y urbano a escala global ha disparado en unas décadas la demanda de petróleo (Page, 2013). Para este año, se ha superado el máximo histórico de los 90 millones de barriles diarios y esto exige de procesos de exploración y extracción eficientes para poder satisfacer esa creciente necesidad del mundo.

Tabla 3: Consumo / Reservas Probadas (2010-2012)

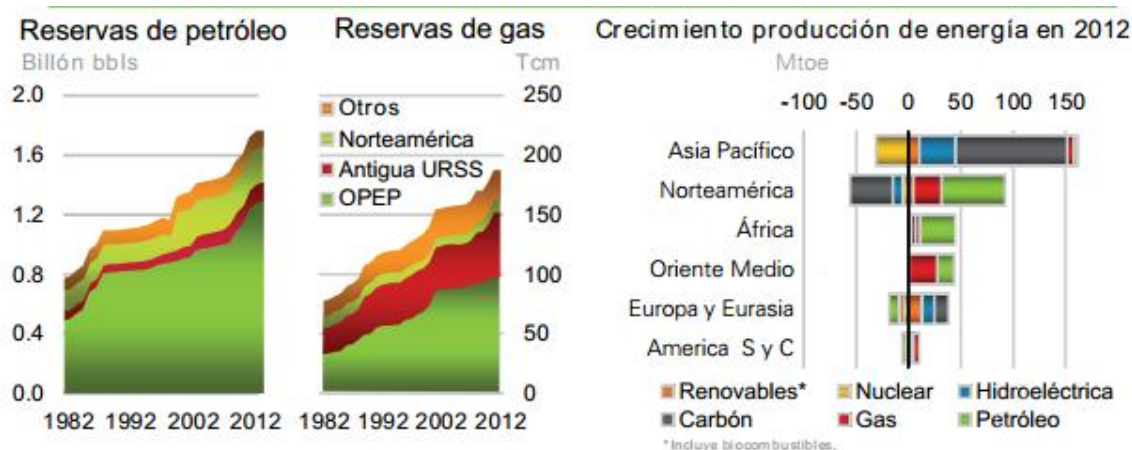
Petróleo	1992		2002		2012			
	Reservas	Consumo	Reservas	Consumo	Reservas	% total Reserva	Consumo	% Total Consumo
América del Norte	122,1	20,41	228,3	23,80	220,2	13,2%	23,0	25,7%
Sur y Centro América	78,8	3,92	100,3	5,00	328,4	19,7%	6,5	7,3%
Europa y Eurasia	78,3	22,13	109,3	19,56	140,8	8,4%	18,5	20,7%
Oriente Medio	661,6	3,86	741,3	5,45	807,7	48,4%	8,4	9,3%
Africa	61,1	2,04	101,6	2,57	130,3	7,8%	3,5	3,9%
Asia Pacífico	37,5	15,46	40,6	22,09	41,5	2,5%	29,8	33,2%
Total Mundo	1039,3	67,8	1321,5	78,5	1668,9	100%	89,8	100%

Fuente: los autores con datos de (BP, 2013), datos en Miles de Millones de Barriles

El consumo y las reservas probadas de las naciones, particularmente las segundas, son explotadas por las principales compañías del sector de los hidrocarburos a nivel mundial, donde algunas de las antiguas Siete Hermanas (7H)⁶, han encontrado representación, pero no necesariamente tan significativa como la tenían a mediados del siglo pasado.

⁶ Standard Oil of New Jersey (Esso); Royal Dutch Shell; Anglo-Iranian Oil Company (AIOC hoy British Petroleum); Standard Oil of New York o Mobil; Standard Oil of California hoy Chevron; Gulf Oil Corporation y Texaco.

Ilustración 5; Reservas y crecimiento de la producción 2012



Fuente: (Rühl, 2013, p. 4)

En la tabla podemos apreciar que de las antiguas 7H, solo sobrevivieron a las mutaciones del entorno 4 de ellas: Exxon/Mobil; Chevron; BP; Royal Dutch Shell (algunas son las representaciones de fusiones y adquisiciones a lo largo de las últimas décadas)

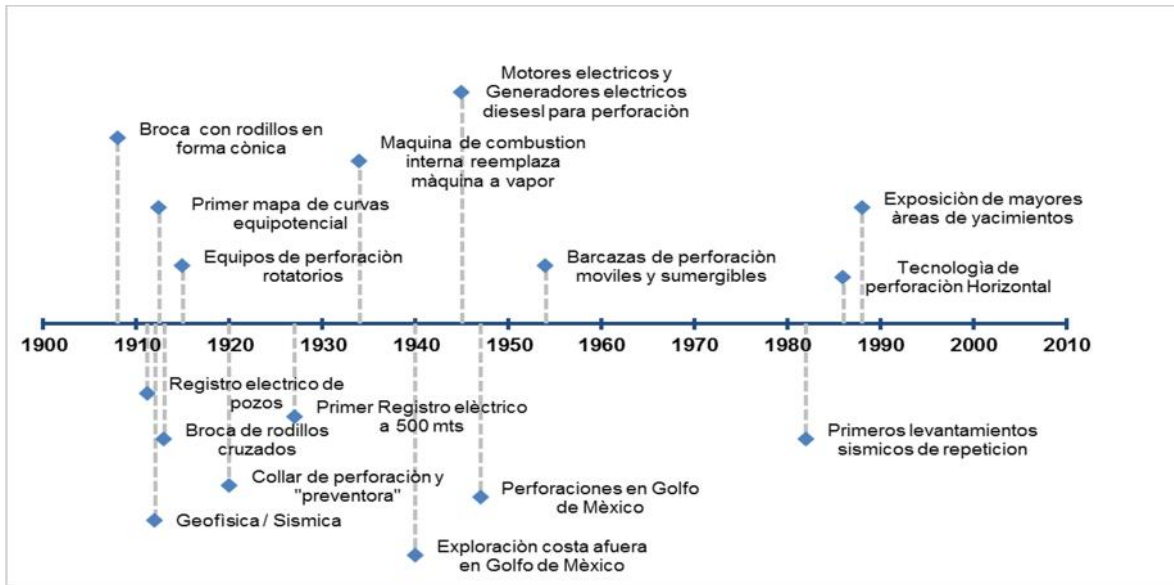
Tabla 4: Las Compañías Petroleras más grandes a nivel global

	Empresa	País	Ventas	Utilidades	Activos	Valor de Mercado
1	Exxon Mobil	Estados Unidos	420,7	44,9	333,8	400,4
2	Royal Dutch Shell	Países Bajos	467,2	26,6	360,3	213,1
3	Petro China	China	308,9	18,3	347,8	261,2
4	Chevron	Estados Unidos	222,6	26,2	233	232,5
5	Gazprom	Rusia	144	40,6	339,3	111,4
6	BP	Reino Unido	370,9	11,6	301	130,4
7	Petrobras	Brasil	144,1	11	331,6	120,7
8	Total	Francia	240,5	14,1	224,1	115,5
9	Sinopec-China Petroleum	China	411,7	10,1	200	106,9
10	ENI	Italia	163,7	10	185,2	86,3

Fuente: Forbes Staff (Ver Anexo 2)

Al igual que ha cambiado el panorama de las compañías petroleras a nivel mundial, también lo han hecho las tecnologías para la perforación, las cuales han venido evolucionando desde comienzos del siglo pasado, generando hitos significativos que dan cuenta de su desarrollo. La siguiente gráfica muestra en términos temporales los aspectos más relevantes del desarrollo o invención tecnológica de la industria de los hidrocarburos.

Ilustración 6: Tecnologías para la perforación



Fuente: los autores basados en (Allaud & Martin, 1977; American Petroleum Institute, 1961; Forero & Dávila, 2011)

Paralelo al desarrollo de las tecnologías de perforación, se generan tipos y volúmenes de información requeridos para la toma de decisiones. Durante las últimas décadas, la industria de los hidrocarburos y las instituciones de educación superior con sus geo-científicos particularmente, han venido desarrollando metodologías, herramientas, aplicativos de software y nuevas máquinas productoras de datos crudos. Estos datos deben ser tratados por expertos dando interpretación a aquello que se recolecta en modelos explicativos, que arrojan información sobre los elementos encontrados en las diferentes capas del subsuelo, en procura de identificar potencialidades en yacimientos de petróleo y gas.

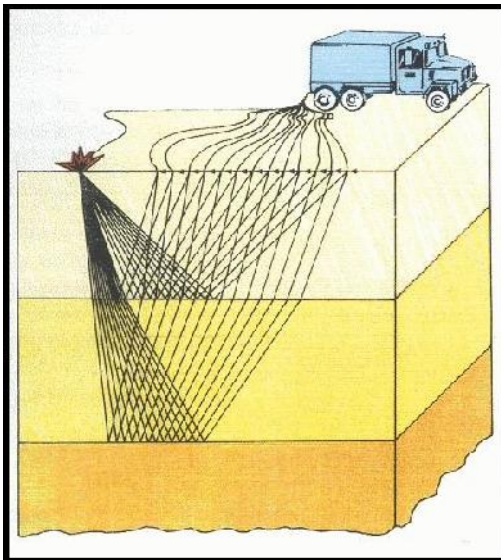
La oportunidad de la información generada con las nuevas tecnologías que se utilizan en el área de hidrocarburos es el eje fundamental para la toma de decisiones en la industria del petróleo desde la fase exploratoria.

Los nuevos volúmenes de datos requieren de gestión de la información

“Mucho volumen es un asunto de almacenamiento, pero demasiada información es un problema gigantesco de análisis” **Gartner**

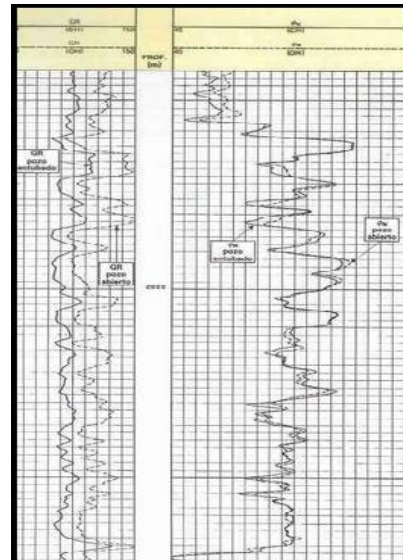
Las compañías operadoras (inversionistas para la explotación de las áreas de hidrocarburos), hoy en día explotan asertivamente sus yacimientos mediante combinaciones de imágenes sísmicas (de alta calidad), con datos de pozos (registros eléctricos).

Ilustración 7: Sísmica



www.energia.gov.ar

Ilustración 8: Datos de pozos



www.energia.gov.ar

Estas combinaciones de técnicas da como resultante la sísmica calibrada que permite una mejor comprensión de la potencialidad del yacimiento explorado y una proyección de su vida útil. (Seed, 2013)

Adquisición Sísmica: Una adquisición sísmica es la generación y registro artificial de datos sísmicos. Una fuente sísmica, como una explosión de dinamita, una pistola de aire comprimido o una unidad vibradora, genera energía que viaja dentro de la Tierra como vibraciones que pasan a través de las capas de roca subterráneas. Diferentes tipos de roca filtran las ondas sísmicas y parte de la energía regresa a la superficie debido a la refracción o reflexión proveniente de las superficies entre las distintas capas de roca. La energía sísmica que regresa se mide con receptores, los cuales registran las señales sísmicas en forma de ondas electrónicas. Los geófonos son un tipo de receptor, que se utiliza en la tierra, en el suelo marino o dentro de una perforación de pozo (como en un perfil sísmico vertical) para registrar las señales sísmicas. Los geófonos utilizan una bobina o imán móvil, como el que se usa en los micrófonos, para medir pequeñas vibraciones. Los hidrófonos son otro tipo de receptor que se utilizan para medir los cambios en la presión conforme el sonido viaja a través del agua.

Registro eléctrico de pozos: El sondeo es el proceso que consiste en adquirir y registrar información geológica proveniente de la profundidad de la tierra. Mientras se perfora un pozo de petróleo, se puede introducir una herramienta de registro dentro del pozo para obtener datos que luego serán utilizados para generar una especie de gráfico conocido como registro (resistencia vs profundidad). Esta técnica data de

1927, cuando, los hermanos Schlumberger realizaron el primer registro obtenido por sondeo eléctrico en Francia.

Esta adquisición de sísmica, genera un creciente volumen de datos⁷ en las organizaciones del sector de hidrocarburos que conlleva a la misma a enfrentar retos para su tratamiento en lo que se conoce como “Big Data”⁸, donde el problema mayor es que “Los administradores IT podrían ser tentados a enfocarse únicamente en el volumen, cuando están perdiendo control en aspectos como el acceso y la calidad de la información al mismo tiempo” (Netmedia, 2011).

Grandes compañías a nivel global como FMC Technologies, Schlumberger, National Oilwell Varco, Halliburton, Cameron International, Baker Hughes, Seacor Holdings, Weatherford International, Aker Solution y Exterran Holdings entre otras⁹, (y que son líderes en servicios de suministro de tecnología, soluciones de información y gestión de proyectos integrados que optimicen el rendimiento de las reservas para los clientes que trabajan en la industria de petróleo y gas), ofertan sus servicios de tratamiento de datos sísmicos, para ayudar a las organizaciones a utilizar Big Data en la toma de decisiones de corto plazo y a un correcto diseño de la arquitectura de la información empresarial con el fin de que ayude al negocio a cumplir con sus objetivos.

Nótese como este tipo de “nuevas” organizaciones de servicios, se han convertido en eslabones entre las estatales productoras y las grandes privadas de la industria de los hidrocarburos, para el procesamiento de los inmensos volúmenes de información producidos en el sector, mediante la entrega de soluciones corporativas de manejo de información Exploración & Producción.

Las soluciones corporativas permiten asegurar la información adquirida, tanto de sísmica como de pozos, en ambientes integrados que garantizan el uso posterior de la misma para interpretación y análisis de los yacimientos. Estas soluciones son de alta relevancia, ya que los datos adquiridos en campo (sísmica y pozos), además de ser costosos (si estos no son asegurados), son irrepitibles en el tiempo. De tal manera que las compañías que se ocupan de su obtención, pueden perder su alta inversión en este proceso.

Es por esto que los países han hecho inversiones significativas para estructurar la información en lo que se conoce como los bancos de información petrolera¹⁰, para así preservar su historia petrolera.

Para el año 2000, solo siete países (Inglaterra, Escocia, Noruega, Brasil, Angola, India y Colombia), habían conformado Bancos Nacionales de esta naturaleza (El Tiempo, 2000).

⁷ En 2011 fueron creados 1;8 zettabytes (o 1;8 millones de millones de millones de gigabytes) de información; Esto provocará que para la próxima década el número de servidores que gestionan la información en todo el mundo crezca diez veces; Con la característica que menos del 1% de la información digital es analizada y menos de un 20% está protegida; (estudio anual Universo Digital de IDC)

⁸ Término usado para reconocer el crecimiento exponencial, disponibilidad y uso de la información en un panorama futuro de riqueza de datos; Asimismo, el fenómeno comprende no sólo el reto del manejo del volumen, en cuando a almacenamiento se refiere, sino de la transformación y análisis de la información (Netmedia, 2011);

⁹ Compañías del Top 10 de las empresas más importantes del sector servicios en hidrocarburos de la lista Forbes 2012

¹⁰ El acceso a datos de alta calidad, así como la interpretación temprana de la información, tiene como consecuencia, la ágil toma de decisiones para inversión en exploración, facilitando el hallazgo de hidrocarburos a la vez que garantizan tempranas puestas en producción;

Ilustración 9: Existencia de NDR (National Data Repository) en la actualidad



Fuente; Google Maps, referenciando algunos de los NDR y su ubicación geográfica

Los Repertorios Nacionales de Datos (NDR), son bancos que contienen información sobre los recursos naturales de un país (principalmente de exploración y explotación del sector petrolero, que sirven para promover la inversión en la industria de hidrocarburos de la nación, reduciendo costos de esas actividades). Son establecidos generalmente por las autoridades reguladoras del sector en cada nación, para asegurar al Estado principalmente, información que permita consolidar el crecimiento, control, independencia y soberanía sobre esta industria particular. La sumatoria de este tipo de agencias NDR se presenta en la tabla a continuación, mostrando la evolución que la temática ha tenido en las naciones productoras de hidrocarburos, pasando de siete NDR a 94 en la actualidad.

Ilustración 10: NDR por continente

Continente	# de NDR
África	24
América del Norte	4
Asia	25
Centroamérica	4
Europa	17
Oceanía	12
Suramérica	8
Total general	94

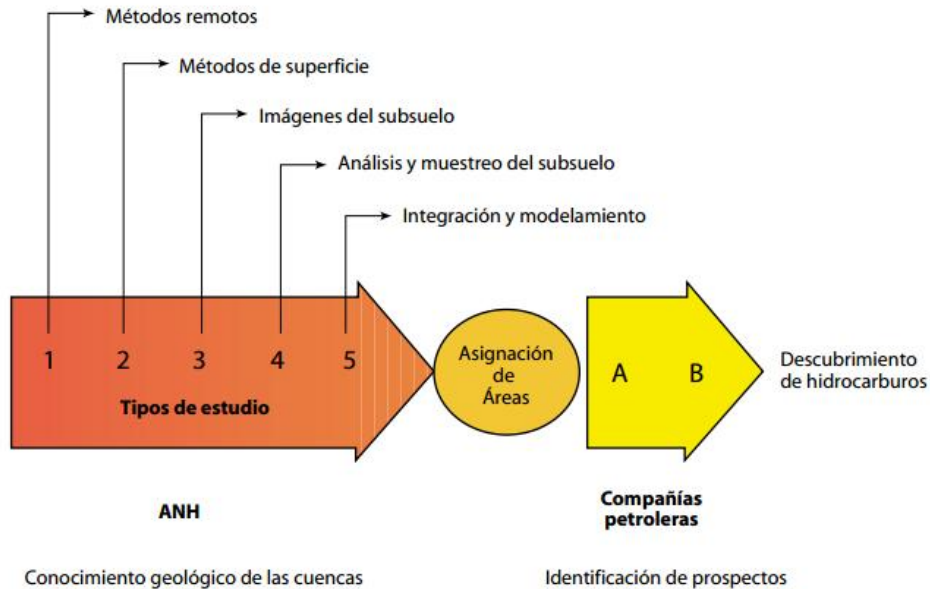
Fuente: los Autores (ver anexo 4)

Los bancos de información digital de exploración y producción, a través de accesos electrónicos simultáneos, permiten el cargue y descargue de la información exploratoria, usando programas de cómputo especializados y reducen significativamente los costos de manejo de información y el tiempo empleado en su análisis, permitiéndole a los posibles inversionistas tomar mejores y más efectivas decisiones, ahorrando los costos de perforación con la precisión de los datos desde su momento mismo de adquisición.

El NDR, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, el EPIS y el caso Colombiano

La Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH¹¹, desde su creación en 2003, ha tenido entre sus principales funciones la evaluación del potencial hidrocarburífero del país y la promoción del sector con inversionistas nacionales y extranjeros.

Ilustración 11: Tipos de estudios desarrollados por la ANH



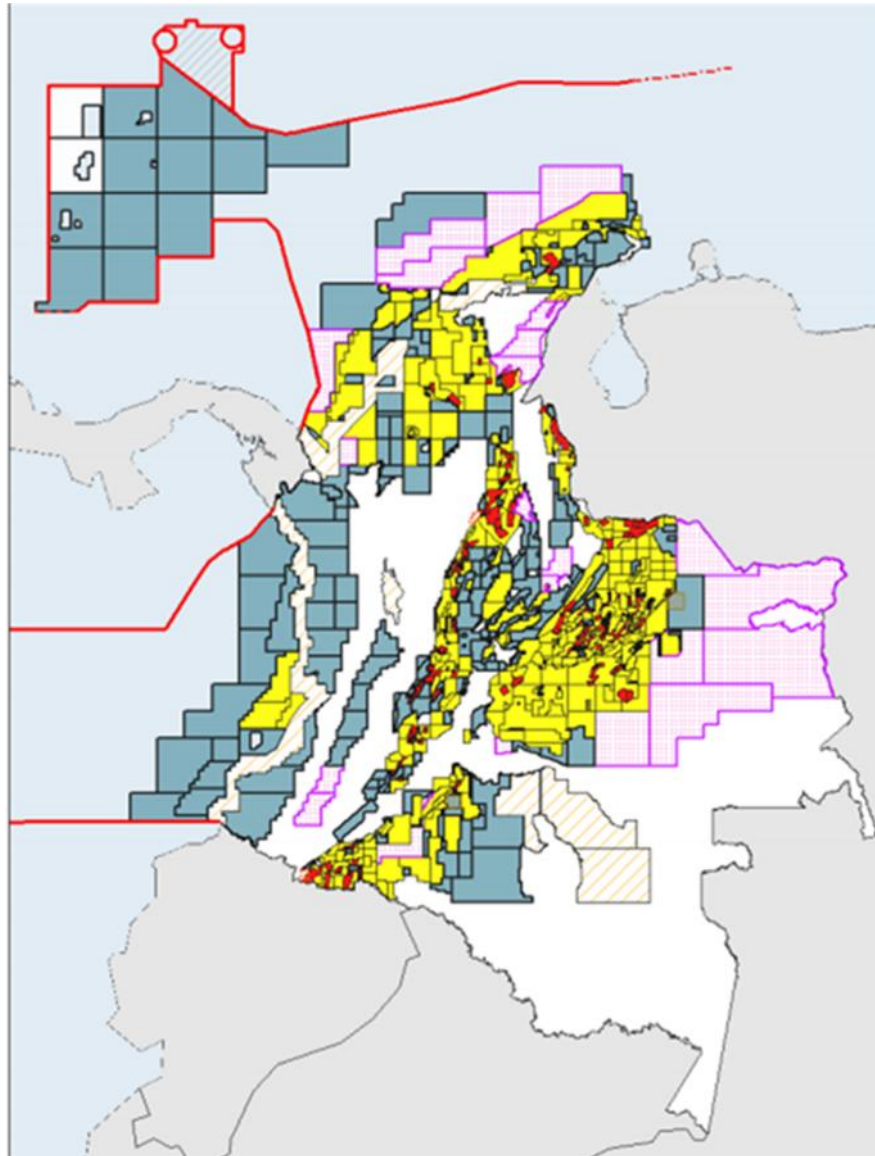
Fuente: (ANH, 2007, p. 15)

Apoyándose en estudios de gravimetría y magnetimetría; entre otros; y con el respaldo de diferentes firmas consultoras, entregan estudios a posibles inversionistas, ciudadanos y agentes de la industria, con información geológica regional, planes para la gestión de la información técnica, estudios sobre potenciales geológicos en Colombia e incluso perspectivas en lo socio-ambiental y el abastecimiento.

La Agencia realiza cartografía geológica con columnas estratificadas y transectas geológicas, así mismo efectúa análisis a las muestras obtenidas en los estudios precedentes, valiéndose de geoquímica de rocas y crudos, bioestratigrafía, petrografía, petrofísica, historia térmica (AFTA), estratigrafía de isótopos estables, estudios radiométricos, etc., para entregar a sus usuarios mapas como el que se refleja a continuación.

¹¹ La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), a través del Banco de Información Petrolera (EPIS – Exploration and Production Information Service), presta el servicio de suministro de información, por medio de canales de datos dedicados, a los cuales se accede pagando por el servicio mediante la suscripción de contrato. Cuando el cliente suscribe el contrato con el EPIS, la ANH entrega claves de acceso a su VPN IPsec y a sus bases de datos y el usuario cancela un valor fijo de U\$0.5 por cada megabyte descargado.

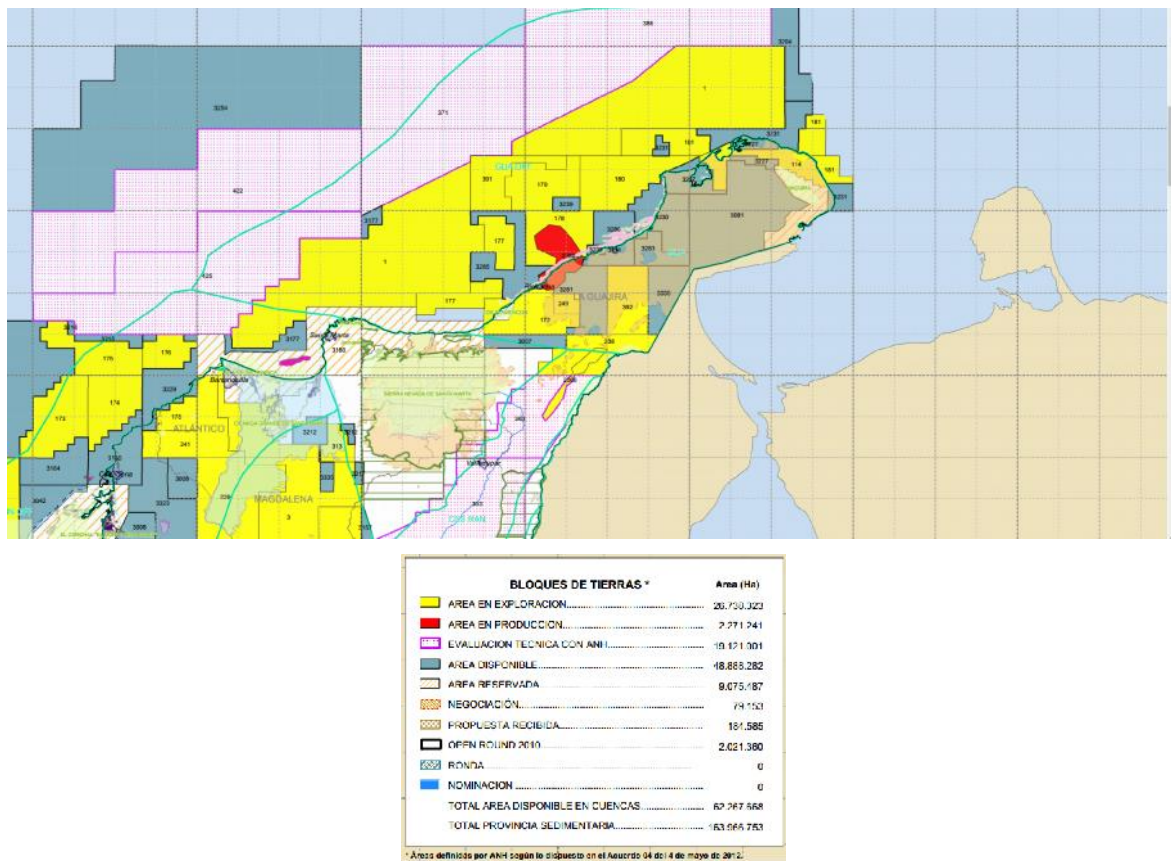
Ilustración 12: Colombia Mapa de Tierras



Fuente: (Martinez Jaramillo, 2013)

Para los posibles inversionistas, o agentes interesados en el tema de la explotación y la producción, la ANH permite visibilizar el Mapa de Tierras y asigna colores con sus respectivas convenciones para la interpretación. A manera de ejemplo, reproducimos la zona de la guajira Colombiana.

Ilustración 13: Mapa de Tierras de la Guajira Colombiana



Fuente: ANH 2013

Los posibles inversionistas, a partir de los datos que se publican en las Rondas Petroleras, evalúan la pertinencia de invertir en esos bloques.

Es aquí donde entran otros agentes al proceso; las Compañías de Servicios Petroleros¹²; quienes ofertan tecnologías y servicios especializados para manejar los tipos de información (Adquirida o Procesada), como son: Sísmica de Campo (2D, 3D y 4D...), Información de Historias de Pozo, Registros de Pozo (en sus diferentes formatos como el LIS, DLIS, LAS ...), Programas Gravimétricos, Magnetométricos, Electromagnéticos, Información de Bioestratigrafías, Geoquímica, Petrofísica ...

La Tecnología y Servicios ofertados por este tipo de compañías, optimizan procesos y son generadoras de resultados para la toma de decisiones en el menor tiempo posible y con la mayor asertividad. Las inversiones de las Operadoras de la industria del petróleo son muy elevadas y cualquier error, reproceso de datos o repetición en la adquisición de los mismos genera pérdidas de altas magnitudes para los operadores principalmente.

Estas empresas, prestan sus servicios de (Exploration & Production), no solamente a las compañías petroleras más grandes a nivel global, sino también a las diferentes Agencias Gubernamentales de Hidrocarburos y en general a las operadoras de hidrocarburos mundiales.

¹² Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes ...

Conclusión

El reto para este tipo de empresas prestadoras de servicios está asociado particularmente a los grandes volúmenes de información que deben ser administrados y preservados para el uso posterior de la industria en general. Un ejemplo de los volúmenes que pueden manejarse se refiere a la adquisición de sísmica de campo 4D off-short, la cual puede superar los PB (10^{15} bytes = 1 000 000 000 000 000 de bytes). Lo anterior requiere igualmente evolución en la infraestructura informática y de procesamiento de datos pues estos enormes volúmenes de información deben ser accedidos, visualizados, cargados, transferidos en el menor tiempo posible, alcanzando el máximo nivel de precisión posible, maximizando la rentabilidad de las inversiones de exploración, alargando la vida útil de los pozos en producción.

La I+D+I no solo de las Compañías Proveedoras de Soluciones del Sector sino también de los Centros de Investigación Universitarios y de las Agencias Nacionales de hidrocarburos (en la Tríada universidad, empresa y Estado), requieren desarrollar herramientas cada vez más completas y complejas para la toma de decisiones en una industria altamente dinámica y competitiva.

Este documento es solo una primera aproximación al Objeto de trabajo desde el objeto de estudio que se está estructurando desde el grupo de investigación y requiere de significativa profundización que pretendemos poner a consideración de los futuros ALTEC

Bibliografía

- Albrigh, M. (2013). Guerra y Petroleo, artifices de la historia del Siglo XX
- Aldrich, H., Auster, E., Staber, U. & Zimmer, C. (1986). *Population perspectives on organizations*. Stockholm: Almqvist and Wiksell.
- Allaud, L. A. & Martin, M. H. (1977). *Schlumberger, The history of a technique*. . New york: John Wiler & Sons.
- American Petroleum Institute (1961). History of petroleum Engineering. Dallas: Texas.
- Anderson, P. (1982). Marketing, strategic planning, and the theory of the firm. *Journal of Marketing*, 42, 15-26.
- ANH (2007). Plan de inversión de gestión de conocimiento de la ANH (años 2008-2025). In L. M. Melguizo Uribe & M. C. Posada (Eds.), *Plan de inversión de gestión de conocimiento de la ANH (años 2008-2025)*. (pp. 15-21). Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- ANH (2013). *Las reservas de petróleo en Colombia aumentaron un 5.22% en 2012*.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Barney, J. B. (1996). The Resource-Based Theory of the Firm. *Organization Science*, 7(5), 469.
- Baum, J. A. C. (Ed.). (2002). *Companion to organizations*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Benavides, J. (2011). Los Presidentes de Ecopetrol *Ecopetrol 60 años* (pp. 103-166). Bogotá: Villegas Editores.
- Bettis, R. A. & Hitt, M. A. (1995). The new competitive landscape. *Strategic Management Journal*, 16(Summer Special), 7-19.
- Bolsa Libre (2011). Petroleo - La extracción Retrieved 7 de mayo, 2013, from http://www.bolsalibre.es/articulos/view/petroleo_extraccion
- BP (2013). Statistical Review 1951-2011. Retrieved Septiembre 2013, from The BP Statistical Review of World Energy:
- Burt, R. S. (1980). Autonomy in a Social Topology. *American Journal of Sociology*, 85, 892-925.
- Carrillo Barandiaran, L. (2004, 2004). Definición de reservas petroleras, 2013
- Carroll, G. R. (1984). Organizational Ecology. *Annual Review of Sociology*, 10.
- CEFP (2012). *Evolución del mercado petrolero, 2007-2012*. México: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas.
- Cyert, R. M. & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Chandler, A. (1977). *The visible hand : the managerial revolution in American business* (L. F. [1988], Trans.). Paris: Cambridge, M.A - Economica.
- Chatov, R. (1981). *Cooperation Between Government and Business* (Vol. 1). Nueva York: Oxford University Press.
- Child & Kieser (1981). *Development of organizations over time*.
- Darwin, C. (1859). *The origin of species, by means of natural selection*. London: John Murray, Albemarle Street.
- Delacroix, J. & Rao, H. (1994). Externalities and Ecological Theory: Unbundling Density Dependence. *Evolutionary Dinamics of Organizations*.
- Demsetz, H. (1988). The Theory of the Firm Revisited. *JL Econ. & Org.*, 4, 141.
- Donaldson, L. (1995). *American anti-management theories of organization*: Cambridge University Press.
- Eisenhardt, K. & Santos, F. (2002). Knowledge-Based View: A New Theory of Strategy?

- . In A. Pettigrew, H. Thomas & R. Whittington (Eds.), *Handbook of Strategy and Management* (pp. 139-164). London: Sage.
- Eisenhardt, K. M. & Scoonhoven, C. B. (1996). Resource-based view of strategic alliances formation: strategic and social effects in entrepreneurial firms. *Organization Science*, 7(2), 136.
- El Tiempo (2000). Ecopetrol crea banco petrolero. *El Tiempo*,
- Elsbach, K. (1994). Managing Organizational Legitimacy in the California Cattle Industry: The Construction and Effectiveness of Verbal Accounts. *Administrative Science Quarterly*, 39.
- Fama, E. F. (1980). Agency Problems and the Theory of the Firm. *The Journal of Political Economy*, 288-307.
- Fombrun, C. (1988). Crafting an institutionally informed ecology of organizations. In G. R. Carroll (Ed.), *Ecological models of organizations* (pp. 223-239). Cambridge, MA: Ballinger.
- Forero, C. & Dávila, E. (2011). La innovación y el aprendizaje tecnológico en la historia de Ecopetrol *Ecopetrol 60 años* (pp. 221-272). Bogotá: Vilegas Editores.
- Grant, R. M. (1996). Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. *Strategic Management Journal*, 17(ArticleType: research-article / Issue Title: Special Issue: Knowledge and the Firm / Full publication date: Winter, 1996 / Copyright © 1996 John Wiley & Sons), 109-122.
- Hannan, M. & Freeman, J. (1977). The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology*, 52(5), 929-964.
- Hannan, M. & Freeman, J. (1984). Structural Inertia and Organizational Change *American Sociological Review*, 49(2), 149-164.
- Helfat, C. E. & Peteraf, M. A. (2003). The dynamic resource-based view: Capability lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(10 SPEC ISS.), 997-1010.
- Lemaire, J. P. (1997). *Stratégies d'internationalisation*. Paris: Dunod.
- Levinthal, D. A. (1995). *Strategic Management and the Exploration of Diversity*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Malthus, T. R. (1798). *Primer ensayo sobre la población Malthus* (P. de Azcárate, Trans. 1984 ed.). Madrid SARPE
- Martinez Jaramillo, J. F. (2013). *Actualización Mapas de Tierras*. Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- Martinez Sarmiento, H. (2011). *El evolucionismo managerial para el análisis de un grupo económico*. Unpublished Recherche, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Maskell, P. (2001). The firm in economic geography. *Economic Geography*, 77(4), 329-344.
- Netmedia (2011). Creciente volumen de información requerirá mucho más que administrarlo Retrieved 15 mayo, 2013, from <http://www.netmedia.info/featured/creciente-volumen-de-informacion-requerira-mucho-mas-que-administracion/>
- Page, D. (2013). Un mundo con sed de petróleo: el consumo se triplica en 50 años. *Expansion*,
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*: M. E. Sharpe.
- Perrow, C. B. (1985). Comments on Langton's Ecological Theory of Bureaucracy. *Administrative Science Quarterly*, 30.
- Perrow, C. B. (1986). *Complex Organizations: A Critical Essay* (Vol. 3). Nueva York: Random House.
- Pfeffer, J. & Salancik, G. R. (1978). *The external control of organizations: a resource dependence perspective*. New York: Harper and Row.
- Rabinovich, E. J. (1984). *El nuevo orden económico internacional: Una visión del poder del sistema internacional*. Buenos Aires: Sidalc.
- Requeijo Gonzalez, J. (2005). *Estructura económica mundial*. Madrid: McGraw-Hill.

- Rodríguez-Romero, C. A. & Martínez Sarmiento, H. (2011). *El evolucionismo managerial para el análisis de un grupo económico*. Paper presented at the XXIV Congreso SLADE 2011.
- Rodríguez, P. (2006). *Petroleo en Venezuela ayer, hoy y mañana: Cinco décadas de historia económica venezolana*. Venezuela: El Nacional.
- Román, R. E. & Smida, A. (2013). *La formación de capital social organizativo al interior de la microempresa de base tecnológica. Señales de oportunidad y de amenaza*. In I Coloquio Doctoral en Ciencias de Administración - Gestión - Dirección (Ed.). Bogotá: REDAC,.**
- Rühl, C. (2013). La energía en 2012: Adaptarse a un mundo cambiante. *BP Statistical Review of World Energy* (June 2013), 3-14.
- Sampson, A. (1977). *Las siete hermanas. Las grandes compañías petroleras y el mundo que han creado* Barcelona: Editorial Grijalbo.
- Seed (2013). ¿Qué es una adquisición sísmica? Retrieved 30 abril, 2013, from http://www.planetseed.com/files/uploadedfiles/Seed_brochure_Spanish.pdf
- Shapiro, D. (1991). The Effects of Explanations on Negative Reactions to Deceit. *Administrative Science Quarterly*, 36.
- Spender, J. C. (1996). Making Knowledge the Basis of a Dynamic Theory of the Firm. *Strategic Management Journal*, 17(ArticleType: research-article / Issue Title: Special Issue: Knowledge and the Firm / Full publication date: Winter, 1996 / Copyright © 1996 John Wiley & Sons), 45-62.
- Stinchcombe, A. (1965). *Social Structure and Organization*. New York: Rand McNally.
- Tolbert, P. & Zucker, L. (1983). Institutional Sources of Change in the Formal Structure of Organizations: The Diffusion of Civil Service Reform, 1880-1935. *Administrative Science Quarterly*, 28(1).
- Vielma Lobo, L. (2013). El rol del petróleo en la economía contemporánea: Una visión para México Retrieved 13 de mayo, 2013
- Wernerfelt, B. (1984). A Resource-Based View of the Firm. *Strategic management journal*, 5, 171-180.
- Williamson, O. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press.
- Zeitz, G. (1980). Interorganizational Dialectics. *Administrative Science Quarterly*, 25.
- Zeleny, M. (2006). Knowledge-information autopoietic cycle: Towards the wisdom systems. *International Journal of Management and Decision Making*, 7(1), 3-18.

ANEXO 1

Tabla 5: Evolución de técnicas en industria de los hidrocarburos. Algunos Hitos

Periodo	Desarrollo tecnológico	Impacto / Comentarios
1912 - 1914	Nuevas técnicas de exploración entre las que se encuentran la geofísica. Técnica conocida como Sísmica	Ayudaron a determinar el sitio donde debía perforarse los pozos, a partir de imágenes de subsuelo. Los principios básicos del método de reflexión sísmica fueron establecidos en 1846 por Robert Mallet (Weatherby, 1940: 215). La técnica fue utilizada por primera vez en 1930 en Oklahoma, y se le atribuye el descubrimiento de varios yacimientos que validaron su utilidad (Kettle, 1985: 2436).
1908	Se inventó la broca con rodillos en forma de conos.	El nuevo diseño de broca utilizaba 166 bordes cortantes dispuestos en la superficie de cada uno de los dos conos de metal montados uno frente al otro, lo que permitió que se pudiera perforar en rocas de alta dureza. Se solucionó el problema de enfriar y lubricar la broca, para compensar las altas temperaturas generadas por la fricción entre el metal de la broca y la roca. Hasta ese momento solamente se tenían disponibles las brocas de cola de pescado, las de punto de diamante y las de dientes circulares, las cuales hacían que se detuviera la perforación cuando se encontraban rocas de alta dureza. El modelo de negocio planteado por Hughes, propietario de esta tecnología, consistió en arrendar las brocas y cobrar con base en el número de pozos perforados
1911	Registro eléctrico de pozos (Francia).	Se extendió la aplicación de las técnicas de la prospección de superficie a los pozos de petróleo, pues se creía que la conductividad de los metales podía ser usada para distinguir las zonas con presencia de metales, de aquellas con menor contenido de conductores. La geofísica era nueva. El uso de los métodos magnéticos y gravimétricos para explorar la estructura interna de la tierra apenas estaba comenzando
1912	Primer mapa de curvas de equipotencial. (Francia)	Confirmó la capacidad del método para detectar minerales metálicos y sirvió para revelar las características de la estructura del subsuelo. Esta información permitía localizar estructuras del subsuelo que podrían formar trampas para los hidrocarburos. Para corroborar que las medidas realizadas en la superficie coincidían con las condiciones reales del subsuelo, se debía incorporar información de resistividad de las formaciones más profundas
1913	Se desarrolló la broca de rodillos cruzados.	Permitía que se penetraran las formaciones de alta dureza sin que se desgastaran las superficies de corte de las brocas. Los problemas que se presentaron cuando se perforaba con equipos rotatorios era que los pozos se desviaban de la vertical a medida que la perforación se profundizaba. Aunque frecuentemente el área de interés era tan grande que se alcanzaba el objetivo y el pozo era exitoso y la mayoría de los operadores no se daban cuenta de la desviación de los pozos
1920	El desarrollo del collar de perforación y al uso de estabilizadores en varios puntos de la sarta de perforación, ayudaron a controlar la desviación y proveer rigidez en la perforación	Con el auge petrolero de Oklahoma, se presentaron situaciones frecuentes en las cuales dos equipos de perforación se encontraban perforando el mismo pozo; esto conducía a que se disminuyera repentinamente la producción de los pozos o se perdieran dichos pozos de manera intempestiva

Periodo	Desarrollo tecnológico	Impacto / Comentarios
1915 - 1928	Los equipos de perforación rotatorios remplazaron a los equipos de perforación con cable.	El equipo rotatorio ofrecía beneficios con respecto a los de percusión: estos equipos no destruían la roca, sino que la perforaban, y se eliminaba el proceso de achicar los desechos de roca que dejaba la broca de percusión, actividad que requería mano de obra y tiempo. Con los equipos rotatorios se empezó a utilizar el fluido de perforación. En su recorrido, este fluido transportaba hasta la superficie, de manera continua, los pedazos de roca que eran cortados en el fondo del pozo.
1920	Se diseñó y se construyó un dispositivo que evitaba los reventones de los pozos, el cual se denominó la “preventora”.	A medida que aumentó la profundidad de las perforaciones, se incrementaron las presiones de los fluidos encontrados en las formaciones. Esto obligó a que durante el proceso de perforación se debieran controlar presiones cada vez más altas, que en algunos casos “escupían” la tubería de perforación.
1927	En Francia se realizó el primer “registro eléctrico” de un pozo, a 500 metros de profundidad.	
1931	Se descubrió la medida del “potencial espontáneo”, que se producía naturalmente entre el lodo de perforación del pozo y el agua de formación de los lechos permeables.	Cuando se registraban de manera simultánea la curva de resistividad y la curva de “potencial espontáneo”, se podían diferenciar los lechos permeables que producen petróleo, de aquellos lechos impermeables de zonas no productoras (Allaud y Martin, 1977: 116).
1934	Las velocidades de perforación de los equipos rotatorios aumentaron rápidamente. Se empezó a utilizar la máquina de combustión interna como fuente de potencia en vez de la máquina de vapor.	Cuando se inició la Segunda Guerra Mundial en 1939, se detuvieron los desarrollos de los equipos de perforación, pues los esfuerzos de ingeniería se dedicaron a desarrollar equipo de guerra.
1940	En 1940 se desarrollaron muchos proyectos de perforación costa afuera, en el Golfo de México.	A principios de 1950 ya la industria petrolera contaba con la suficiente experiencia en operaciones de este tipo, la cual fue aplicada de manera exitosa en el lago de Maracaibo de Venezuela y en las cuencas marítimas de Brasil.
1945	Se diseñaron y construyeron equipos de perforación con grandes avances tecnológicos que eran comandados por motores eléctricos, que a su vez eran alimentados por generadores eléctricos diésel (Brantley, 1961).	Atiende la necesidad para ejecución de campañas de perforación de pozos de petróleo y gas. Finaliza la guerra, en 1945. Y con ello se asistió al recimiento en la demanda de gasolina que llevó a que se iniciaran grandes campañas de perforación de pozos de petróleo y gas. Los equipos de antes de la guerra se habían vuelto obsoletos o no funcionaban
1947	Se empezó a perforar en el Golfo de México	Las presiones aumentaron; actualmente se tienen “preventoras” que controlan hasta más de 15 mil psi de presión y diámetros de pozos de más de 26 pulgadas.

Periodo	Desarrollo tecnológico	Impacto / Comentarios
1954	Se presentó otro gran avance tecnológico en el Golfo de México con la introducción de las barcasas de perforación móviles y sumergibles.	
1986 - 1989	Se desarrolla la tecnología de perforación horizontal, que consiste en aprovechar la flexibilidad del tubo para desviarlo de su trayectoria original y formar un radio que puede variar.	Esta tecnología, que se desarrolló a finales de los años ochenta en Dakota del Norte y en Texas, permitía exponer una mayor área del yacimiento al pozo perforado y así se obtenía un mayor rendimiento.
2005	Perforación a alta profundidad desarrollada por Petrobras en la cuenca de Campos. La ubicación de estos yacimientos a alta profundidad y el interés en valorizar este recurso llevaron a esta empresa a desarrollar tecnologías de amarre, de control, bombas sumergibles y otras más, que le permitieron explorar y producir en condiciones de alta profundidad marina (Paulo y Buk, 2005).	Esta innovación ilustra cómo dificultades especiales para la explotación de los recursos en un país pueden llevar a desarrollos tecnológicos que viabilizan su aprovechamiento.

ANEXO 2

Tabla 6: Principales países consumidores de Hidrocarburos y sus respectivas reservas probadas

Petroleo	1992		2002		2012			
	Reservas	Consumo	Reservas	Consumo	Reservas	% total Reserva	Consumo	% Total Consumo
US	31,2	17,03	30,7	19,76	35,0	2,1%	18,6	20,7%
Canada	39,6	1,69	180,4	2,17	173,9	10,4%	2,4	2,7%
Mexico	51,2	1,68	17,2	1,86	11,4	0,7%	2,1	2,3%
Total Norte America	122,1	20,41	228,3	23,80	220,2	13,2%	23,0	25,7%
Argentina	2,0	0,45	2,8	0,39	2,5	0,1%	0,6	0,7%
Brazil	5,0	1,55	9,8	2,03	15,3	0,9%	2,8	3,1%
Colombia	3,2	0,23	1,6	0,22	2,2	0,1%	0,3	0,3%
Ecuador	3,2	0,10	5,1	0,15	8,2	0,5%	0,2	0,3%
Peru	0,8	0,12	1,0	0,15	1,2	0,1%	0,2	0,2%
Trinidad & Tobago	0,5	0,03	1,1	0,03	0,8	0,0%	0,0	0,0%
Venezuela	63,3	0,47	77,3	0,66	297,6	17,8%	0,8	0,9%
Otros S. & Cent. America	0,6	0,81	1,6	1,16	0,5	0,0%	1,2	1,3%
Total S. & Cent. America	78,8	3,92	100,3	5,00	328,4	19,7%	6,5	7,3%
Azerbaijan	n/a	0,16	7,0	0,07	7,0	0,4%	0,1	0,1%
Denmark	0,7	0,18	1,3	0,20	0,7	0,0%	0,2	0,2%
Italy	0,6	1,93	0,8	1,91	1,4	0,1%	1,3	1,5%
Kazakhstan	n/a	0,42	5,4	0,17	30,0	1,8%	0,3	0,3%
Norway	9,7	0,19	10,4	0,22	7,5	0,4%	0,2	0,3%
Romania	1,2	0,25	0,5	0,22	0,6	0,0%	0,2	0,2%
Russian Federation	n/a	4,74	76,1	2,56	87,2	5,2%	3,2	3,5%
Turkmenistan	n/a	0,11	0,5	0,08	0,6	0,0%	0,1	0,1%
United Kingdom	4,6	1,77	4,5	1,70	3,1	0,2%	1,5	1,6%

Uzbekistan	n/a	0,17	0,6	0,13	0,6	0,0%	0,1	0,1%
Otros Europa & Eurasia	61,3	0,61	2,2	0,53	2,1	0,1%	0,7	0,7%
Total Europa & Eurasia	78,3	22,13	109,3	19,56	140,8	8,4%	18,5	20,7%
Iran	92,9	1,12	130,7	1,49	157,0	9,4%	2,0	2,2%
Iraq	100,0	0,19	115,0	0,26	150,0	9,0%	0,3	0,3%
Kuwait	96,5	0,11	96,5	0,29	101,5	6,1%	0,5	0,5%
Qatar	3,1	0,04	27,6	0,08	23,9	1,4%	0,2	0,3%
Saudi Arabia	261,2	1,19	262,8	1,67	265,9	15,9%	2,9	3,3%
United Arab Emirates	98,1	0,37	97,8	0,41	97,8	5,9%	0,7	0,8%
Other Middle East	0,1	0,84	0,1	1,26	0,6	0,0%	1,7	1,9%
Total Oriente Medio	661,6	3,86	741,3	5,45	807,7	48,4%	8,4	9,3%
Algeria	9,2	0,21	11,3	0,22	12,2	0,7%	0,4	0,4%
Egypt	3,4	0,45	3,5	0,52	4,3	0,3%	0,7	0,8%
Other Africa	0,8	1,02	0,6	1,34	3,7	0,2%	1,9	2,1%
Total Africa	61,1	2,04	101,6	2,57	130,3	7,8%	3,5	3,9%
Australia	3,2	0,69	4,6	0,84	3,9	0,2%	1,0	1,1%
China	15,2	2,74	15,5	5,26	17,3	1,0%	10,2	11,4%
India	5,9	1,30	5,6	2,41	5,7	0,3%	3,7	4,1%
Indonesia	5,6	0,75	4,7	1,18	3,7	0,2%	1,6	1,7%
Malaysia	5,1	0,29	4,5	0,56	3,7	0,2%	0,7	0,8%
Thailand	0,2	0,50	0,7	0,80	0,4	0,0%	1,2	1,3%
Vietnam	0,3	0,06	2,8	0,21	4,4	0,3%	0,4	0,4%
Otros Asia Pacifico	0,9	0,19	1,1	0,28	1,1	0,1%	0,4	0,4%
Total Asia Pacifico	37,5	15,46	40,6	22,09	41,5	2,5%	29,8	33,2%
Total World	1039,3	67,8	1321,5	78,5	1668,9	100%	89,8	100%

Fuente: Autores a partir de (BP, 2013)

ANEXO 3

**Tabla 7: Top 10 de empresas latinoamericanas de Hidrocarburos
Marzo 2013**

Posicion	Numero	Compañía	Barriles de producción diaria
1	Petrobras	Brasil	3.6 Millones
2	Pemex	México	2.6 Millones
3	PDVSA	Venezuela	1.9 Millones
4	ECOPETROL	Colombia	0.98 Millones
5	YPF	Argentina	0.23 Millones
6	Petroamazonas*	Ecuador	0.30 Millones
7	Enap	Chile	
8	YPFB	Bolivia	
9	Esso Brasil	Brasil	
10	Relapasa	Perú	

Fuente: América Economía, Forbes, e informes anuales de Petrobras, Pemex, PetroEcuador, Reuters

- Desde el 2 de enero de 2013, Petroamazonas EP, asumió la operación de los campos que estaban a cargo de EP PetroEcuador

ANEXO 4

Tabla 8: NDR por continente y país

Continente	País	Siglas	Agency
Africa	Algeria	BDN	ALNAFT
	Angola		Sonangol
	Cameroon	SNH	SNH Cameroon
	Congo	SNPC	Société Nationale des pétroles du Congo
	Equatorial Guinea		
	Ethiopia	MOME	Ministry of Mines and Energy Ethiopia
	Gabon	DGH	Direction Generale des Hydrocarbures (DGH)
	Ivory Coast	MME	Ministry of Mines & Energy
	Kenya	National Data Center (NDC)	National Oil Corporation of Kenya
	Liberia	NOCAL	National Oil Company of Liberia
	Libya	NOC	NOC Libya
	Madagascar	OMNIS	Office des Mines Nationales et des Industries Stratégiques
	Mali	Aurep	Autorite pour la Promotion de la Recherche des Petroliere au Mali
	Morocco	ONHYM	Office National des Hydrocarbures et des Mines
	Morocco	ONHYM	Office National des Hydrocarbures et des Mines
	Mozambique	NAPD	Niassa Agricultural Development Project
	Nigeria		Department of Petroleum Resources
São Tomé and Príncipe	ANP-STP	National Petroleum Agency of São Tomé & Príncipe (ANP-STP)	

Continento	Pais	Siglas	Agency
	Seychelles	SNOC	Seychelles National Oil Company
	South Africa		Petroleum Agency of South Africa
	Sudan		
	Tanzania	TPDC	Tanzania Petroleum Development Corp
	Tunisia	ETAP	Enterprise Tunisienne D'Activities Petrolieres
	Uganda	PEPD	Petroleum Exploration & Production Dept (PEPD)
	Zambia		Ministry of Mines and Minerals Development, Geological Survey Department (GSD)
América del Norte	Canada	CNSOPB	Nova Scotia Offshore Petroleum Board – Geoscience Research Centre- Digital Data Management Centre (DMC)
	Mexico	Ditep	Pemex
	United States	BOEMRE	Bureau of Ocean Energy, Management, Regulation and Enforcement (BOEMRE)
	United States	NGRDS	National Geoscience Data Repository System (NGDRS)
Asia	Afghanistan	MOM	Ministry of Mines of the Islamic Republic of Afghanistan (MoM)
	Bangladesh	MOEMR	Hydrocarbon Unit, Ministry of Power, Energy and Mineral Resources (MOEMR)
	China	CNPC	Chinese National Petroleum Corporation
	Cyprus	MCIT	Ministry of Commerce, Industry and Tourism-Energy Service
	India	DGH	Directorate General of Hydrocarbons (DGH)
	Indonesia	Indonesia's National Data Centre (NDC)	Agency for Research and Development in the Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia
	Iran	NIOC	National Oil Company of Iran
	Iraq	MoO	Ministry of Oil Republic of Iraq
	Israel		The Ministry of National Infrastructures
	Jordan	NRA	Jordan Natural Resources Authority (NRA)
	Kazakhstan		Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan (MEMR)
	Malaysia	PIRI	Petronas
	Myanmar	MOGE	Myanmar Oil & Gas Enterprise
	Oman	OGDR	Department of Petroleum Concession, Ministry of Oil and Gas
	Pakistan	PPEPDR	Directorate General Petroleum Concessions (DGPC)
	Philippines	PNOC	Philippine National Oil Company
	Qatar		Qatar Petroleum
	Saudi Arabia		Saudi Aramco
	South Korea	KNOC	Korea National Petroleum Corporation
	Sri Lanka	PRDS	Ministry of Petroleum and Petroleum Resources Development
	Syria	SPC	Syrian Petroleum Company
	Thailand	PTTEP	PTT Exploration and Production Public Company Ltd
	Timor-Leste	LAFAEK	Autoridade Nacional do Petróleo
United Arab Emirates	ADNOC	Abu Dhabi National Oil Company	
Yemen	PEPA	Petroleum Exploration and Production Authority (PEPA)	
CentroAmérica	Dominican Republic		Directorate of Hydrocarbons
	Guatemala	MEM	Dirección General de Hidrocarbures
	Nicaragua	MEM	Ministerio de Energía y Minas
	Trinidad and Tobago		Trinidad Ministry of Energy and Energy Affairs
Europa	Albania	AKBN	National Agency of Natural Resources
	Belarus		
	Denmark		Danish Energy Agency

Continente	Pais	Siglas	Agency
	Faroe Islands	Jardfeingi	Jardfeingi Faorese Earth and Energy Directorate
	France	BEPH	Bureau Exploration-Production des Hydrocarbures
	Greenland	NunaGIS	BMP- Bureau of Minerals and Petroleum
	Iceland	Iceland Continental Shelf Portal (ICSP)	Orkustofnunn - National Energy Authority
	Latvia	LEGMC	Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre
	Netherlands	DINO	The Geological Survey of the Netherlands, a division ofTNO
	New South Wales		Government of New South Wales
	Norway	DISKOS- Norwegian National Data Repository	Norwegian Petroleum Directorate (NPD) and DISKOS Group of oil companies
	Romania		National Agency for Mineral Resources
	Russia		Sakhalin, DIGC RDC
	Spain	ATH	Archivo Técnico de Hidrocarburos
	Turkey	PetroBank MDS	Turkish Petroleum Corporation (TPAO). It is NOC of Turkey.
	United Kingdom	CDA	CDA Common Data Access Ltd
	United Kingdom	UKOGL	UK Onshore Geophysical Library
Oceania	Australia	PIMS	Geoscience Australia
	Fiji	SOPAC	Mineral Resources Dept Fiji
	New Zealand	New Zealand Online Exploration Database	New Zealand Petroleum & Minerals, Ministry of Business Innovation & Employment
	Northern Territory		Government of Northern Territory
	Papua New Guinea	SOPAC	Department of Petroleum and Energy
	Queensland		Government of Queensland
	Solomon Islands	SOPAC	Pacific Islands Applied Geoscience Commission (SOPAC) Project
	South Australia	PIRSA	Government of South Australia
	Tasmania		
	Tonga	SOPAC	Pacific Islands Applied Geoscience Commission (SOPAC) Project
	Vanuatu	SOPAC	Pacific Islands Applied Geoscience Commission (SOPAC) Project
	Western Australia	WAPIMS	Government of Western Australia
Suramérica	Argentina	ENARSA	Energia Argentina SA
	Brazil	ANP	Agência Nacional do Petróleo (ANP)
	Cambodia	CNPA	Cambodia National Petroleum Authority
	Chile	ENAP	National Oil Company of Chile
	Colombia	EPIS	Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)
	Guyana	GGMC	Guyana Geology and Mines Commission
	Peru	PeruPetro	Empresa Estatal de Derecho Privado
	Venezuela	PDVSA	Petroleos de Venezuela

Fuente: Autores a partir delWiki de las NDR