

## Las tecnologías emergentes y la industria gas y oil: una revisión bibliográfica

Patricia Alejandra Morales<sup>1</sup> / [patricia.morales@faea.uncoma.edu.ar](mailto:patricia.morales@faea.uncoma.edu.ar)

Universidad Nacional del Comahue (UNComa)

Recibido: 20/12/2022 - Aceptado: 03/04/2023

### Resumen

En este trabajo se procuró revisar las últimas tendencias sobre tecnologías emergentes en el ámbito de la industria hidrocarburífera a través de una revisión bibliográfica de tipo descriptiva. A partir de dicho análisis, se revisaron las características de los objetos de estudio de las investigaciones seleccionadas con relación a las referencias empíricas elegidas.

Inicialmente se presentaron las tecnologías emergentes y la cadena de valor sectorial. En segundo lugar, se expusieron los principales términos de la revisión bibliográfica, en función de las publicaciones seleccionadas con acuerdo a estrategias, descriptores y ecuaciones de búsqueda explicados en el apartado de metodología.

Se concluye que, en función de todos los trabajos revisados, la implementación de tecnologías inteligentes por parte de la industria presenta destacables improntas de tipo técnicas, económicas, de seguridad, de sustentabilidad y ambientales.

**Palabras clave:** Tecnologías emergentes. Internet de las cosas. Inteligencia artificial. Hidrocarburos sector upstream.

**Clasificación JEL:** M1-M15

### Abstract

In this work, an attempt was made to review the latest trends on emerging technologies in the hydrocarbon industry through a descriptive bibliographic review. Based on this analysis, the characteristics of the study objects of the selected investigations were reviewed in relation to the empirical references chosen.

Initially, emerging technologies and the sector value chain were presented. Second, the main terms of the bibliographic review were presented, depending on the publications selected according to the search strategies, descriptors and equations explained in the methodology section.

It is concluded that, based on all the works reviewed, the implementation of smart technologies by the industry presents remarkable technical, economic, safety, sustainability and environmental imprints.

**Keywords:** Emerging technologies. Internet of things. Artificial intelligence. Data analysis. Hydrocarbons upstream sector

**JEL Classification:** M1-M15

---

<sup>1</sup> Magíster en Gestión Empresarial, Contadora Pública Nacional, docente e investigadora universitaria, Facultad de Economía y Administración, UNComa.

## 1. Introducción

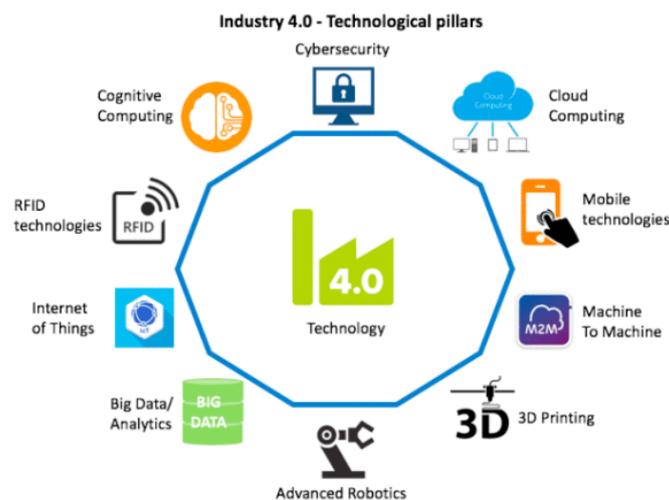
### Tecnologías emergentes: ¿qué son?

Tecnologías emergentes o tecnologías convergentes son términos usados para denominar a la emergencia y convergencia de nuevas tecnologías, respectivamente y que cuentan con gran potencial para instalarse como tecnologías disruptivas. De esta forma, el concepto de tecnologías emergentes hace referencia a modernas tecnologías con potencial de imponerse como tecnologías que acarrearán cambios determinantes, porque se trata de innovaciones en desarrollo que en un futuro cambiarían radicalmente la forma de vivir y de producir, con el invaluable aporte de mayor facilidad y seguridad para realizar tareas. En general, incluyen tecnologías alternas de innovaciones y, también, otras tecnologías más evolucionadas formadas de la convergencia de ramas de investigación antes separadas. Hablar de tecnologías emergentes implica utilizar tecnología para dar soluciones actuales y reales (Concari, 2014).

Así, se identifican un grupo de técnicas llamadas inteligentes que son representantes de este fenómeno: la informática y las redes, los cables cuánticos, las bacterias fotosintéticas creadas por ingeniería genética, la Web semántica, la Web 3.0, la impresión 3D, los sensores remotos, las pantallas flexibles, la biotecnología, la robótica, la inteligencia artificial, la nanotecnología y la neurociencia. Ellas cuentan con potenciales técnicos, económicos y sociales importantes que pueden modificar sectores completos en la industria y en muchas oportunidades hasta generar nuevos sectores directamente, por lo que también toman la calificación de tecnologías disruptivas (Amaro Rosales y Robles Belmont, 2020).

Importantes publicaciones académicas y técnico especializadas coinciden en señalar que la generación, difusión y análisis de la información digital resulta un motor fundamental y consecuencia del cambio tecnológico. Los desafíos que presenta la denominada cuarta revolución industrial, o industria 4.0, implican un verdadero cambio social ya no impulsado por el vapor o la electricidad, sino por los datos, y caracterizado por una fusión de los mundos físico y digital (Lippincott, 2020). Gráficamente el concepto puede verse sintetizado en la siguiente infografía:

*Ilustración 1-Mapeo del panorama actual tecnologías emergentes en investigación y aprendizaje*



Fuente: <https://universoabierto.org> (Lippincott, universoabierto.org, 2020)

El cambio se basa en la adopción de las nuevas tecnologías para una progresiva automatización del proceso productivo. Se comienza a hablar de términos como fabricación aditiva, robótica colaborativa, herramientas de planificación de la producción, visión artificial,

realidad virtual, gamificación, simulación de procesos, inteligencia operacional, IoT (*Internet of things*), y las denominadas KET, por su acrónimo inglés (*Key Enabling Technologies*).

Lo que viene, indican, es una era de fábricas inteligentes que integrarán lo físico con lo virtual, los fabricantes y maquinas compartirán información con la cadena de suministro y se espera que los procesos puedan ser optimizados automáticamente, ser auto configurables y usar inteligencia artificial para completar tareas difíciles basadas en flujos de trabajo complejos. Además, la fabricación bajo demanda para prototipos personalizados y piezas en producciones de tiradas cortas es una de las áreas de más rápido crecimiento en la industria gracias a los avances en la fabricación aditiva.

Todo esto trae consigo la necesidad de disponer de sistemas que operen y gestionen la información de banda ancha y las infraestructuras para las tecnologías de la información, así como los edificios y los sistemas de tráfico.

Este concepto de industria 4.0 representa un salto muy importante para la mayoría de las organizaciones e impone un salto cuantitativo y cualitativo en la concepción y gestión de cadenas de valor. Implica por definición mayor automatización, conectividad y globalización.

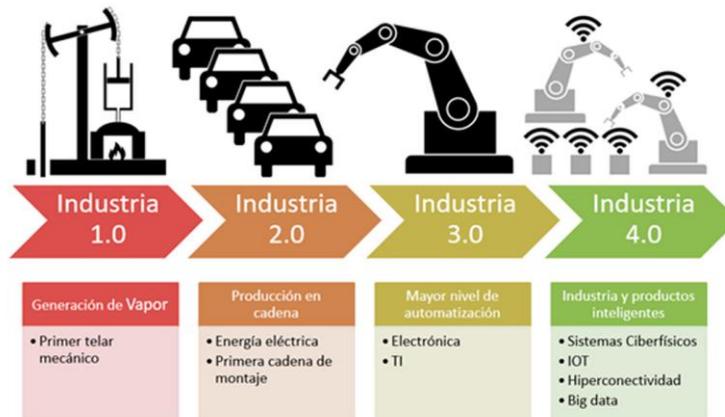
Un nuevo modelo de negocio ha incursionado en la industria trayendo consigo al IoT y el mundo de *Big Data* y *Analytics*. Son los avances tecnológicos que permiten optimizar los procesos de fabricación, su supervisión e integración con otros procesos y sistemas utilizados en planta. Se trata de una revolución industrial que consiste en la fusión de los planos físico y digital favoreciendo la presentación de la información en un formato comprensible para todos los usuarios promoviendo la colaboración reforzada y el uso compartido de datos apoyados en la automatización de los procesos de mantenimiento y la inteligencia artificial.

Cuando se habla de revolución industrial se refiere a las tecnologías y herramientas, por ejemplo, la realidad virtual y aumentada, el IoT (*Internet of Things*), inteligencia y visión artificial, asistentes virtuales, *Big Data*, *cloud computing*, programas modernos de diseño y de simulación de procesos, la impresión 3D, seguridad, la nano y biotecnología o la computación cuántica, entre otras. Se caracteriza por la mayor rapidez en proporcionar resultados visibles y el grado en el que afecta a los usuarios.

Se trata de Internet como base de interconexión y las implicaciones que esto supone en cuanto a la facilidad de acceso a la información, la identidad digital, privacidad, seguridad, etc. Como consecuencia, el entorno se convierte en más inteligente y plantea muchas oportunidades y también retos, como la creación de nuevos productos inteligentes que presenten valores añadidos respecto a la competencia e impacten positivamente en el bienestar personal. La ciberseguridad es otro ejemplo y será una de las cuestiones clave para el mundo industrial interconectado.

Indefectiblemente, esta revolución industrial implica otro perfil de recursos humanos para las nuevas fábricas, los perfiles en términos de habilidades y conocimientos serán diferentes de lo que se pide actualmente, y cabe esperar que se modifique la dinámica de trabajo. Desde los gobiernos de muchos países ya se han lanzado programas que pretenden informar sobre diferentes iniciativas y apoyar todo tipo de formación en cuanto a la adaptación de las empresas a esta nueva realidad que exige más liderazgo y cambios organizativos para llevar a cabo la transformación empresarial. Sin embargo, existe consenso al considerar que, el gran reto para las empresas no está en lo tecnológico, la mayor dificultad está en saber gestionar adecuadamente el cambio a la industria 4.0 y saber aprovechar al máximo las nuevas oportunidades que ofrece este concepto (CIC.es, 2017). Gráficamente, se muestra la evolución de la industria desde su concepción a la actualidad:

Ilustración 2: Evolución de la Industria: de la 1.0 a la 4.0



Fuente: avansis.es<sup>2</sup>

### La cadena de valor sectorial y las nuevas tecnologías

El proceso del sector productivo hidrocarburífero se desarrolla en cuatro etapas, compuestas a su vez por fases o actividades. Las etapas son:

- la extracción, que comprende también la búsqueda y perforación;
- el transporte, es decir, el traslado de los hidrocarburos desde la denominada boca de pozo a las plantas procesadoras;
- el procesamiento que incluye la refinación y/o separación, y finalmente,
- la distribución y venta de los subproductos.

La primera etapa comprende la realización de estudios y diagnósticos de exploración que dan lugar a la extracción de los hidrocarburos. Es considerada en nuestro país como monoproducción, ya que las características geológicas en que se encuentran las reservas en la Argentina hacen que estas actividades se desarrollen en forma conjunta tanto para el petróleo como para el gas.

Las técnicas utilizadas en el primer eslabón implican que en algunos yacimientos el gas natural que emerge junto al petróleo pueda ser inyectado a gasoductos, insumido para generar electricidad en el yacimiento, reinyectado en la formación para presionar la salida de los hidrocarburos aún encriptados o venteado a la atmósfera.

Una vez extraídos los hidrocarburos, una parte se destina a la exportación y el resto pasa a la etapa de procesamiento en la que se generan distintos tipos de combustibles que resultan esenciales para la actividad del transporte terrestre, fluvial, aéreo y para ciertas modalidades de ferrocarril, como así también para maquinaria agrícola y de la construcción.

Además, en función de la matriz de generación eléctrica nacional, los combustibles son un insumo central en la generación de electricidad, mediante distintas tecnologías de producción térmica (centrales a vapor, ciclos combinados, turbo diesel, turbo gas y motores diesel). Adicionalmente, los combustibles son utilizados por la industria para la actividad de

<sup>2</sup> <https://www.avansis.es/industria-4-0/industria-4-0-revolucion-evolucion/> (Avansis.es, 2020)

hornos, calderas, fraguas; así como también por los hogares; comercios y servicios para satisfacer necesidades de cocción, calentamiento de agua y acondicionamiento de ambientes.

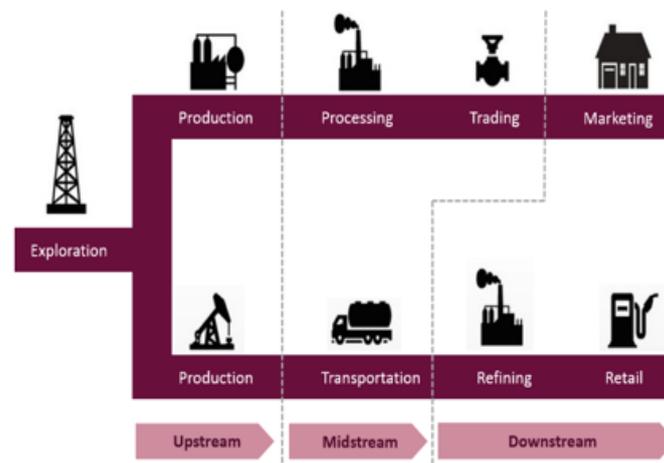
Por otra parte, de la refinación de los hidrocarburos surgen insumos para la industria petroquímica, así como también productos de uso final o intermedio en industrias químicas, farmacéuticas, de plásticos y envases. En términos porcentuales, los hidrocarburos extraídos se distribuyen según los destinos en: gas distribuido en redes (39%), combustibles líquidos (36%), electricidad (19%), GLP (4%) y el resto productos primarios (2%). La importancia de esta cadena en el funcionamiento del sistema productivo argentino, y en muchos otros países también, responde principalmente a la dificultad estructural de sustituir a los hidrocarburos por energías renovables en la matriz energética primaria y a la infraestructura de generación eléctrica existente, altamente dependiente de la energía térmica (72%, la energía hidroeléctrica aporta el 23% de la electricidad y la nuclear el 4%) (Ramón y Ruggiero, 2017).

Otra segmentación comúnmente utilizada para explicar la composición del sector productivo es la denominación de:

- *Upstream* para la extracción;
- *Midstream* en el transporte y
- *Downstream* para la refinación, procesamiento, distribución y venta.

Esta última clasificación es utilizada a nivel internacional y en gran parte de la bibliografía analizada. Gráficamente puede representarse de la siguiente manera:

*Ilustración 3- Infografía Cadena de valor hidrocarburífera*



Fuente: Revista Petroquímica<sup>3</sup>

En el sitio web de la firma internacional Deloitte<sup>4</sup>, se explica que sobre sectores productivos y la industria 4.0, la transformación digital también llegó a la industria del petróleo y gas, a través de la adopción de la tecnología para reestructurar el entorno operativo y obtener los beneficios de una mejor productividad, mayor eficiencia y ahorros de costos y de esta manera se encuentra avanzando a pasos agigantados hacia la madurez digital. Debido a lo importante de la actividad en las agendas socio políticas de los gobiernos mundiales, resulta

<sup>3</sup> <https://www.revistapetroquimica.com/>

<sup>4</sup> <https://www2.deloitte.com/co/es/pages/energy-and-resources/articles/transformacion-digital-en-petroleo-y-gas.html>

fundamental preguntarse sobre cuáles pueden ser los obstáculos potenciales y cómo pueden superarse, indagar sobre la hoja de ruta estratégica que implementan las compañías de petróleo y gas para evaluar cada operación e identificar progresos digitales para lograr objetivos comerciales específicos (Mittal A., Slaughter A., Bansal V., 2020).

Asimismo, numerosas publicaciones sostienen que las nuevas tecnologías tendrán un rol determinante en el sector hidrocarburífero. La robótica, la inteligencia artificial (IA) y la realidad virtual serán un complemento importante para las empresas hidrocarburíferas en el mediano y largo plazo.

La consultora internacional PWC publicó un informe en el que detalla que estas tecnologías permitirán un ahorro millonario en los próximos años. El documento destaca que, dentro del sector productivo, las grandes operadoras son las que están en mejores condiciones de transitar la transformación tecnológica, pero que demandará una gran inversión. En el estudio se detallan los resultados de una encuesta con preguntas al respecto y un ochenta por ciento de los ejecutivos de la industria, coincide en afirmar que la inteligencia artificial tendrá un gran impacto en el sector y que revolucionará significativamente la forma de hacer negocios. Además, el cincuenta por ciento de los encuestados planea implementar algún aspecto de la inteligencia artificial (IA) en sus operaciones en el corto plazo. Puntualmente se habla de estrategias digitales, dentro de las que se incluyen la robótica y la realidad virtual para realizar perforaciones y proyectos de exploración más eficientes, acelerar la recuperación de recursos y lograr impactos en los costos, especialmente en los laborales.

Todo parece indicar que, en el mundo, los hidrocarburos tienen larga vida en la matriz energética mundial, ya que los pronósticos a largo plazo indican que el porcentaje de alrededor del 75% de la demanda mundial será cubierta por energía proveniente de los hidrocarburos o combustibles fósiles, tal como lo es en la actualidad. Así, la economía mundial continuará necesitando petróleo y, en mayor medida gas, que crecerá en importancia en su rol como combustible de transición hacia la economía baja en carbono. Es importante tener en cuenta, según también se explica que las compañías del sector hidrocarburífero más pequeñas e independientes tienen menos margen de error para determinar la mejor vía para ser rentables en el largo plazo (perfilindustrial.com, 2019).

Otra fuente coincide en señalar que la industria de petróleo y gas ha comenzado a utilizar soluciones de inteligencia artificial (IA) con el objetivo de aumentar la certeza y reducir los riesgos, lo que incorpora un elemento fundamental que también apunta a la optimización del modelo de negocios.

Las actividades de exploración y producción son terreno fértil para la tecnología inteligente, debido a la gran cantidad de datos que generan en la operación diaria. El uso de la IA puede ayudar a las empresas a reducir tanto su gasto de capital como de operación al permitir mayor precisión en las decisiones, ya que les permite visualizar el desempeño en tiempo real de sus activos. Con esa información, las compañías pueden hacer comparaciones con las expectativas proyectadas o con otros activos para ajustar la gestión del proyecto si es necesario.

El mantenimiento predictivo y la anticipación de fallas también están demostrando ser aportes importantes de la IA, no solo en las actividades de exploración y producción, sino también para ductos y refinerías, donde la integridad de los activos es esencial.

Una clave para lograr mejores resultados es la integración de la IA con otras tecnologías, como internet de las cosas (IoT). Al combinar datos de mantenimiento históricos e información de IoT, por ejemplo, la IA se puede aplicar para corregir y mejorar las operaciones. La integración de la IA con otras innovaciones, como los drones, ayuda también a mejorar y optimizar los trabajos de inspección. Esto se puede usarse para detectar problemas y aplicar acciones preventivas.

Algunos proyectos están usando también la IA integrada con ingeniería 3D. La creación de copias digitales de activos o réplicas 3D de plataformas costa afuera crea la posibilidad de realizar simulaciones de rendimiento o capacitar al personal para emergencias, por ejemplo.

Esto puede ayudar también a mejorar la seguridad al reducir el número de personas que trabajan en los campos o en las plataformas. “Los principales desafíos de las operaciones en alta mar son la seguridad, la sostenibilidad, la rentabilidad y la competitividad. Las empresas necesitan acelerar el desarrollo de proyectos, reduciendo el tiempo necesario para comenzar la producción, y esto es posible a través de alianzas con firmas de tecnología”, indicó el Vicepresidente de Petróleo, Gas y Petroquímicos de la división del proveedor de soluciones de gestión Schneider Electric para Sudamérica y el Caribe, Luis Felipe Kessler (Diario Petrolero, 2019).

En el mismo sentido, otra noticia especializada explica que, en este contexto, la digitalización brinda una oportunidad para la supervivencia económica del modelo y la modernización. El hecho de Invertir en inteligencia artificial, drones, realidad aumentada y computación en la nube, implican un movimiento positivo para las compañías petroleras que quieren reducir los gastos operativos y los costos de equilibrio y reflejar el cuidado que tienen para garantizar la seguridad de los empleados y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. Ante las condiciones impuestas por la pandemia, la automatización, la formación y el trabajo remoto son lo más importante para las compañías petroleras, y todas estas tecnologías dependen de una base digital corporativa sólida (Revista energía y negocios, 2020)

Un ejemplo práctico es un detector de apertura de tapas de tanques, que justamente indica si la tapa está abierta, cerrada o trabada en una posición intermedia. De esta forma, los operadores pueden saber fácilmente si los tanques de la planta están correctamente cerrados, evitando peligrosas emanaciones de vapores tóxicos o inflamables, y sanciones ambientales.

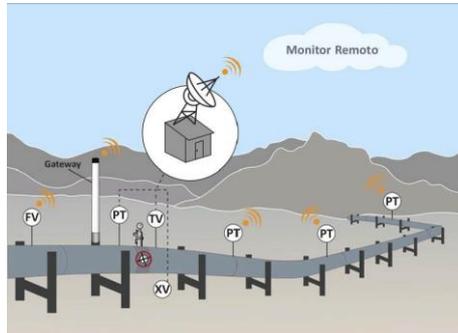
En las siguientes tres infografías se intenta mostrar cómo la inteligencia artificial acerca el campo petrolero con los laboratorios y oficinas, desde donde resulta posible intervenir rápidamente:

*Ilustración 4-Monitoreo y detección remota de equipos de bombeo mecánico*



Fuente: <http://www.edcontrol.com/index.php/instrumentacion/instrumentacion>

*Ilustración 5- Los dispositivos cableados y wireless se comunican con el gateway que envía información a la nube para monitoreo y análisis*



Fuente: <http://www.edcontrol.com/index.php/instrumentacion/instrumentacion>

*Ilustración 6- Concentrador comunicado con nodos o sensores remoto*



Fuente: <http://www.edcontrol.com/index.php/instrumentacion/instrumentacion>

Pero no todo sucede en los campos petroleros, también en las otras fases de la cadena, otro periódico especializado destaca la nueva realidad “Del surtidor a la Internet de las Cosas: cómo la tecnología cambiará el negocio de las estaciones de servicio”. Se enfatiza sobre bocas de expendio inteligentes, pagos automatizados vía aplicaciones y tiendas de conveniencia verdes, son algunas de las ideas que ya están poniendo en práctica las petroleras para captar a los clientes y mejorar la experiencia de usuario. Las estaciones de servicio del futuro serán muy distintas a las actuales, por lo que YPF apunta a mejorar la experiencia del cliente.

No sólo YPF piensa en las estaciones del futuro y los requerimientos de los clientes. Shell Argentina está alineada con la estrategia global 2025 del grupo, que incluye un compromiso ambicioso y ecologista, tras los pasos de los países que adhirieron al acuerdo climático global de París: reducir en un 50% las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente. Por tal motivo, han comenzado un proyecto de renovación y actualización de sus estaciones de servicio con foco en el cuidado del medio ambiente, el ahorro y la eficiencia energética. Una de las iniciativas con mayor impacto será la instalación de paneles solares para generar la electricidad consumida en las estaciones de servicio. Además, la empresa puso en marcha la construcción de terrazas verdes en las estaciones de su red. Este tipo de instalaciones, además de que permiten pagar menos impuestos de ABL en la ciudad de Buenos Aires por una norma de la Legislatura porteña, son ralentizadoras de aguas de lluvia y mejoran la aislación térmica generando una disminución en el consumo de energía dado por la climatización (Clas, 2018).

La intención del presente trabajo es indagar cómo las tecnologías emergentes y convergentes fueron adoptadas e incorporadas efectivamente a la amplia industria del sector productivo hidrocarburífero.

La estructura de este artículo se compone de cuatro partes. La actual corresponde a la introducción, objetivos y alcance del estudio, contextualización y breve reseña del estatus

epistemológico del tema en cuestión. La segunda, presenta la metodología utilizada, seguidamente, en tercer lugar, se resumen los resultados de la revisión con su discusión. Por último, se incluyen las conclusiones.

El objetivo principal de este trabajo es:

- identificar la incorporación de tecnologías emergentes en el sector hidrocarburífero, en particular en la fase *Upstream* y reseñar el estado de la situación en la Argentina y principales casos de aplicación.

Se desarrollará a partir de los siguientes objetivos específicos:

- describir las principales tecnologías de inteligencia artificial adoptadas por la industria de hidrocarburos y sus principales aportes a la competitividad de las empresas;
- identificar el sector productivo y su integración;
- presentar las últimas tendencias de estudio a través de una revisión bibliográfica.

## 2. Metodología

La revisión, indica la bibliografía, es un estudio pormenorizado, selectivo y crítico que integra la información esencial en una perspectiva unitaria y de conjunto (Vera Carrasco, 2009). La revisión se puede concebir como un estudio en sí mismo, en que el autor plantea un interrogante, recoge datos (en la forma de artículos previos), los analiza y extrae una conclusión. La diferencia fundamental entre una revisión y un trabajo original o estudio primario es la unidad de análisis, no los principios científicos que se aplican (Day, 2005)

Los autores coinciden en señalar que existen cuatro tipos de revisión (Icart Isern y Calena Soler, 1994):

- La revisión exhaustiva: se trata de un artículo de bibliografía comentada, muy especializados y no una respuesta precisa a una pregunta específica.
- La revisión descriptiva: en general se trata de una actualización sobre conceptos útiles en áreas en constante evolución.
- La revisión evaluativa responde a una pregunta específica muy concreta sobre aspectos etiológicos, diagnósticos, clínicos o terapéuticos
- El cuarto tipo de revisión corresponde a casos clínicos combinados con revisión bibliográfica (Guirao, Josep Adolf et. al, 2008).

Esta investigación se basó en una revisión bibliográfica de tipo descriptiva, a través del uso de publicaciones científicas como fuentes primarias de información. Las variables u objetos de estudio seleccionados fueron las tecnologías emergentes en sus distintas manifestaciones y denominaciones. Se inicia el relevamiento, a través del recurso Google Scholar. Se realiza una consulta preliminar, a partir de la cual se ensayan diferentes combinaciones de descriptores considerados representativos, luego se utiliza la opción búsqueda avanzada, que permite orientar la investigación a través de un formulario preestablecido con diferentes opciones para ampliar o limitar la búsqueda.

Finalmente, la selección de publicaciones para este trabajo se realizó con la siguiente configuración de filtros:

Tabla 1- Criterios utilizados en la búsqueda de los documentos

Descriptor/Es- uaciones de búsqueda	Operador booleano	Amplificadores	Limitadores	Idioma	Período de búsqueda	Cantidad de resultados en primer término	Cantidad de resultados incluidos en el análisis
tecnologías emergentes - Internet of things – inteligencia artificial - análisis de datos - sector hidrocarburos - upstream	o/or	Aplicar especialidades equivalentes	Todos los términos en la búsqueda y texto completo	todos	2015 a la fecha	48	15

Fuente: elaboración propia en base a la documentación analizada

A partir de la estrategia definida para la búsqueda se obtuvo un total de 48 resultados, de los que fueron eliminados los duplicados por citas o referencias y sobre los que se corrió una selección de pertinencia. Se descartaron los trabajos de categorías como citas y libros completos. Finalmente, tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 15 resultados, sobre los que se consideró reúnen los contenidos esperados en orden a los descriptores establecidos preliminarmente.

### 3. Desarrollo y discusión de la revisión bibliográfica

En primer lugar, se clasificaron los trabajos seleccionados como representativos para la revisión, en función al lugar de procedencia, se consideró como tal el país de publicación. De los datos surge el siguiente detalle:

Tabla 2- Artículos analizados por país de publicación

País de publicación	Cantidad de artículos	Porcentaje sobre el total
Arabia Saudita	1	7%
Argentina	1	7%
Australia	1	7%
Colombia	2	13%
Ecuador	1	7%
España	3	20%
Estados Unidos	2	13%
México	1	7%
Noruega	1	7%
Perú	1	7%
Venezuela	1	7%
	<b>15</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a la documentación analizada

Respecto de la frecuencia de las publicaciones y al rango temporal explicitado en la metodología, surge el siguiente detalle:

*Tabla 3 - Artículos revisados y año de publicación*

Año de publicación	Cantidad de artículos publicados dentro de la selección realizada	Porcentaje sobre el total
2015	6	40%
2016	1	7%
2017	2	13%
2018	1	7%
2019	3	20%
2020	2	13%
	<b>15</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a la documentación analizada

En cuanto al idioma en que fueron escritos los documentos analizados, surge el siguiente detalle:

*Tabla 4- Artículos analizados por país de publicación*

Idioma de la publicación	Cantidad de artículos	Porcentaje sobre el total
Español	9	60%
Inglés	6	40%
	<b>15</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a la documentación analizada

Explica la bibliografía que las denominadas palabras clave no sólo son útiles para realizar una búsqueda, sino que además sirven para analizar los trabajos sobre la materia estudiada y permiten a su vez, descubrir la evolución de las corrientes de investigación y los aspectos que interesan en mayor o menor medida a los sujetos que las realizan (Granda Orive et al, 2003).

Con respecto a las palabras clave o descriptores en los documentos seleccionados para la revisión, se observó que, de los 15 artículos, 9 de ellos incluyen la definición de palabras clave o *keywords* y 6 no las incluyen. Para los documentos que sí las identifican, las palabras elegidas pueden dividirse en dos grupos: el de las que refieren a las tecnologías emergentes, por un lado, y las que refieren a los referentes empíricos, por el otro. Para ambos grupos, a continuación, se muestran, integradas a través de la herramienta denominada nube de palabras<sup>5</sup>, que refleja gráficamente la frecuencia de repetición de los descriptores, para cada uno de los grupos. Se aclara que, en caso de algunos de los términos, se repiten tantas veces como fueron incluidas por sus autores, en los diferentes trabajos analizados.

<sup>5</sup> En el área educativa las nubes de palabras resultan muy útiles para desarrollar la capacidad de síntesis. Las nubes de palabras además permiten visualizar las palabras claves del contenido a tratar o las ideas principales de un tema en una mirada previa, mejorando también la comprensión (TIC, 2020).



una aplicación práctica específica de diferentes actividades o sectores económicos o productivos que se enumeran a continuación:

- Upstream del petróleo y gas (Palacios Benito, 2018).
- Exploración, Perforación y Producción del Oil y Gas (Golindanony Parabavire Mendoza, 2019).
- Industria hidrocarburos en la fase de Upstream (Acosta, 2015).
- Logística de la industria petrolera ecuatoriana (Villacreses Ponce, 2020).
- Optimización del flujo en un sistema de producción de hidrocarburos (Robinson Stevens Salazar-Rúa et al, 2016).
- Pozos petroleros a fin de incrementar la producción en los pozos productores (Ibargüengoytia P. y García U. Reyes A., 2015).
- Tanques de almacenamiento de distintos tipos de líquidos o gases (Espinoza Cubas, 2015).
- Zonas francas, especialmente tipo costa fuera (off shore) (García Borda, 2019).
- Emisiones de gases de efecto invernadero (Rodríguez Correa, 2020).
- Cadena de valor de petróleo y gas, upstream, midstream y downstream de geólogos, contratistas de perforación, operadores y otros servicios de campos petroleros (Wazir Zada Khan et al, 2017).
- Sistemas de suministro de agua en los Estados Unidos (Dan Koo et al, 2015).
- Tecnologías para buques de apoyo en alta mar (Hao Wang, 2015).
- Perforación, producción y transporte de OyG (petróleo y gas) (Amundrud, 2017).
- Industria upstream del gas y del petróleo (Perrons y Jensen, 2015).

Con referencia a la metodología, el enfoque predominante en los textos seleccionados es la analítica descriptiva que, de acuerdo a lo que postula la bibliografía sobre el tema, consiste en almacenar y realizar agregaciones de datos ordenados, para identificar patrones y tendencias, visualizándolos de forma que puedan ayudar a la comprensión del estado actual y pasado del negocio (Aponte-Mayor et al, 2014). En este sentido, se observó que en todos los casos se describe secuencialmente, con importante sustento teórico en primer lugar y que se complementa con los cálculos numéricos de aplicación de las fórmulas y modelos, hasta arribar a la comprobación de lo propuesto en los objetivos de investigación.

En lo relativo a la validación de los supuestos o hipótesis propuestas, se observó que, en todos los casos, se desarrolla todo el modelo con cálculos numéricos y datos obtenidos de reconocidas fuentes secundarias.

Finalmente, se expone un detalle de los documentos seleccionados para la revisión con sus títulos, autores y con dato que resultas interesantes como qué tipo de documento se trata y el contexto de publicación. Como puede verse, se trabajó con artículos de publicaciones indexadas, trabajos de educación superior de fin de grado y posgrado, reportes de conferencia, entre otros.

Tabla 5- Detalle documentos analizados

Orden Art.	Título	Autor/es	Año publicación	País de publicación	Idioma	Contexto de publicación	Tipo de documento
1	Industrial Internet of Things. Aplicación en Upstream	Beatriz Palacios Benito	2018	España	español	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
2	Introducción del Data Management en la industria del Oil & Gas	Por: Beatriz A. Golindano U., Osmer R. Parabavre M.	2019	Venezuela	español	Red social Researchgate	Artículo
3	Análisis de datos e Internet de las cosas en empresas de hidrocarburos	Acosta, Javier Gustavo	2015	Argentina	español	Académico - Universidad	Tesis de Posgrado
4	Blockchain application for the supply chain of the ecuadorian oil industry	Villacreses Ponce Ángel Gabriel	2020	Ecuador	inglés	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
5	Toma de decisiones mediante el uso de un algoritmo para analizar los sistemas de producción de hidrocarburos	Robinson Stevens Salazar-Rúa, Johan Darío Caicedo-Reyes & Jovani Alberto Jiménez-Builes	2016	Colombia	español	Académico - Universidad	Artículo
6	La toma de decisiones para intervenir pozos mediante técnicas de inteligencia artificial	Pablo H. Ibarguengoytia, Uriel A. García y Alberto Reyes	2015	México	español	Red social Researchgate	Artículo
7	Análisis, diseño e implementación de un sistema experto para la evaluación de la calidad de tanques de almacenamiento de combustibles	Diego Espinoza Cubas	2015	Perú	español	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
8	Revisión comercio exterior colombiano en zonas francas off-shore, incluyendo la perspectiva del aporte a la transferencia de tecnología	Luis Carlos García Borda	2019	Colombia	español	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
9	Análisis de las políticas de electrificación de la UE en la industria química y de refino de petróleo en España.	David Rodríguez Correa	2020	España	español	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
10	Utilización del machine learning en la industria 4.0	Alberto Maisueche Cuadrado	2019	España	español	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
11	A Reliable Internet of Things based Architecture for Oil and Gas Industry	Wazir Zada Khan <sup>1</sup> , Mohammed Y Aalsalem <sup>1</sup> , Muhammad Khurram Khan <sup>2</sup> , Md. Shohrab Hossain <sup>3</sup> and Mohammed Atiquzzaman	2017	Arabia Saudí	inglés	International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT)	Paper de conferencia
12	Towards Sustainable Water Supply: Schematic Development of Big Data Collection Using Internet of Things (IoT)	Dan Koo, Kalyan Piratla b, John Matthews C c	2015	Estados Unidos	inglés	Académico - Universidad	Artículo
13	Big Data and Industrial Internet of Things for the Maritime Industry in Northwestern Norway	Hao Wang, Ottar L. Osen, Guoyuan Li, Wei Li, Hong-Ning Dai, Wei Zeng	2015	Estados Unidos	inglés	2015 IEEE Region 10 Conference	Conference paper
14	Opportunities for Automation, Internet of Things, Big Data Analytics and 3D Printing within Oil and Gas Drilling, Production and Transport	Paul Nicolai Amundrud	2017	Noruega	inglés	Académico - Universidad	Trabajo de fin de grado
15	Data as an asset: What the oil and gas sector can learn from other industries about "Big Data"	Robert K., Perrons A., Jesse W., Jensen C.	2015	Australia	inglés	Académico - Universidad	Artículo

Fuente: elaboración propia en base al material consultado

#### 4. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas luego de la revisión realizada pueden clasificarse en cuatro aspectos principales: técnicos, económicos, de seguridad, de sustentabilidad y ambientales.

- Aspectos técnicos: las tecnologías inteligentes llegaron a la industria para quedarse, los autores coinciden de forma unánime en explicar y demostrar cuánto valor agregan a los procesos críticos y a los que no lo son tanto. En síntesis, a medida que las operaciones e instalaciones se expanden o incorporan nuevos equipos, resulta fundamental agregar mediciones de variables ambientales o de proceso, tales como caudal, presión, temperatura, nivel, posición, etc., con el fin de mejorar el control y la seguridad de la planta, yacimientos, ductos, etc.
- Aspectos económicos: En términos generales puede afirmarse, en orden a lo relevado, que la revolución tecnológica, asociada con la globalización, está modificando en forma permanente los modelos económicos del mundo, tanto en el aspecto productivo como en el consumo de bienes y servicios. A su vez, en el sector productivo analizado, el de

hidrocarburos, la adopción de las herramientas de última generación implica grandes inversiones de fondos y en general, a su vez, largos horizontes de recuperación de la inversión. Sin dejar de considerar en este punto lo vulnerable que es la industria a cuestiones macroeconómicas globales como el precio del barril de petróleo, superproducción, exceso de oferta, por solo mencionar algunas de ellas. Por esto, en general el acceso a la implementación de los recursos inteligentes resulta en general más accesible a las grandes empresas del eslabón *upstream* de la cadena de valor, dado que detentan posiciones sólidas en términos de capital de respaldo. Aunque como se revisó en los documentos elegidos, hay aplicación en las fases *midstream* y *downstream*, pero en menor medida

- Aspectos de seguridad: en un entorno interconectado, como se desarrolló en el marco de referencia, cada vez son más las variables pasibles de control remoto. Pero también existe una exposición concreta a distintos riesgos. De la misma manera que la incorporación de técnicas inteligentes para la gestión de datos se extienden las consideraciones sobre la seguridad de los enormes volúmenes de información de las distintas compañías y estados y que viajan por el ciberespacio. Cabe destacar el valor protagónico de la ciberseguridad y sus implicancias. En este punto resulta medular la revolución en los perfiles de recursos humanos que se incorporan a la nueva realidad, cuestión que está totalmente relacionada con el aspecto económico desarrollado en el párrafo anterior.
- Aspectos de sustentabilidad y ambientales: surge también del análisis, la forma en que, a través de la incorporación de la inteligencia artificial en los circuitos y procesos, se logra un mayor cuidado del medio ambiente, en muchas instancias operativas. Es destacable en la industria, la detección que permiten de derrames de crudo y la consiguiente contaminación no deseada de áreas y superficies. En general, pudo observarse en la revisión que la adopción de las tecnologías inteligentes trae consigo la incorporación de recursos o instrumentos que necesitan menos energía para realizar los procesos, también utilizan una cantidad menor de recursos limitados y no renovables y, en consecuencia, no agotan los recursos naturales tanto en su creación, puesta en marcha o utilización

## 5. Bibliografía

- Acosta, J. (2015). *Análisis de datos e Internet de las cosas en empresas de hidrocarburos*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de San Andrés (Tesis de posgrado).
- Amaro Rosales, M., y Robles Belmont, E. (2020). Medir la innovación en el contexto de las tecnologías emergentes y convergentes: algunas reflexiones metodológicas. *PAAKAT: revista de tecnología y sociedad*, 10(18), e415. Epub 28 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.32870/pk.a10n18.415>.
- Amundrud, P. N. (2017). *Opportunities for Automation, Internet of Things, Big Data Analytics and 3D Printing within Oil and Gas Drilling, Production and Transport*. Oslo - Noruega: University of Stavanger (Master's Thesis).
- Avansis.es (junio de 2020). Desafíos en la industria 4.0. <https://www.avansis.es/industria-4-0/desafios-industria-4-0-fabrica/>
- CIC.es (17 de enero de 2017). Industria 4.0, la cuarta revolución industrial y la inteligencia operacional. <https://www.cic.es/industria-40-revolucion-industrial/>
- Clas, D. (12 de febrero de 2018). Del surtidor a la Internet de las Cosas: cómo la tecnología cambiará el negocio de las estaciones de servicio <http://ccnews.com.ar/prensa/del-surtidor-a-la-internet-de-las-cosas-como-la-tecnologia-cambiara-el-negocio-de-las-estaciones-de-servicio/>
- Concari, S. (2014). Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? *Latin American Journal of Physics Education*, 8(3), 494-503. <https://www.researchgate.net/profile/Sonia->

- Concari/publication/271847922\_Tecnologias\_emergentes\_cuales\_usamos/links/54d4b7340cf2970e4e638479/Tecnologias-emergentes-cuales-usamos.pdf
- Cuadrado, A. (2019). Repositorio Universidad de Valladolid - (Tesis de Grado). <https://uvadoc.blogs.uva.es/uvadoc/>
- Koo, D., Piratla, K. y Matthews, J. C. (2015). Towards Sustainable Water Supply: Schematic Development of Big Data Collection Using Internet of Things (IoT). *Procedia Engineering* 118 (2015), 118 489 – 497.
- Day, R. (2005). *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*. Organización Panamericana de Salud.
- Diario Petrolero (14 de agosto de 2019) Como la inteligencia artificial favorece la explotación y producción de gas y petróleo. <https://diariopetrolero.com.ar/4594-como-la-inteligencia-artificial-favorece-la-exploracion-y-produccion-de-gas-y-petroleo.html>
- Espinoza Cubas, D. (2015). *Análisis, diseño e implementación de un sistema experto para la evaluación de la calidad de tanques de almacenamiento de combustibles*. Pontificia Universidad Católica del Perú (Tesis de Posgrado).
- García Borda, L. (2019). *Revisión comercio exterior colombiano en zonas francas off-shore, incluyendo la perspectiva del aporte a la transferencia de tecnología*. Universidad Militar Nueva Granada (Tesis de Posgrado).
- Golindano, B. y Mendoza, O. (febrero de 2019). *Introducción del Data Management en la industria del Oil y Gas*. [https://www.researchgate.net/publication/332985392\\_Introduccion\\_del\\_Data\\_Management\\_en\\_la\\_industria\\_del\\_Oil\\_Gas](https://www.researchgate.net/publication/332985392_Introduccion_del_Data_Management_en_la_industria_del_Oil_Gas)
- Aponte-Mayor, G., Betancourt-Buitrago, L. A., Fernando-Navas, D. y Gómez-Luna, E. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 1(184),158-163, ISSN: 0012-7353. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496/49630405022>.
- Granda Orive, J., García Río, F. y Callol Sánchez, L. (2003). Importancia de las palabras clave en las búsquedas bibliográficas. *Revista Española de Salud Pública*, 77(6), 765-767. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272003000600010&lng=es&tyng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000600010&lng=es&tyng=es).
- Guirao-Goris, J. A., Olmedo Salas, A. y Ferrer Ferrandis, E. (2008) El artículo de revisión. *Revista Iberoamericana de Enfermería*, 1-25.
- Hao Wang, O. L. N. (2015). Big Data and Industrial Internet of Things for the Maritime Industry in Northwestern Norway. *2015 IEEE Region 10 Conference*. Connecticut - USA.
- Ibargüengoytia P., García U. y Reyes Ballesteros A. (2015). La toma de decisiones para intervenir pozos mediante técnicas de inteligencia artificial. *Red social Researchgate*.
- Icart Isern, M.T. y Calena Soler, J. (1994). El artículo de revisión. *Enfermedades Clínicas*, 180-184.
- Lippincott, S. (2020). Mapping the Current Landscape of Research Library Engagement with Emerging Technologies in Research and Learning. *Edited by Mary Lee Kennedy, Clifford Lynch, and Scout Calvert. Association of Research Libraries, Born-Digital, Coalition for Networked Information, and EDUCAUSE*, <https://doi.org/10.29242/report.emergingtech2020.landscape>.
- Lippincott, S. (26 de marzo de 2020). Mapeo del panorama actual del compromiso de la biblioteca de investigación con las tecnologías emergentes en investigación y aprendizaje. <https://universoabierto.org/2020/03/26/mapeo-del-panorama-actual-del-compromiso-de-la-biblioteca-de-investigacion-con-las-tecnologias-emergentes-en-investigacion-y-aprendizaje/>
- Mittal A., Slaughter A. y Bansal V. (2020). *From bytes to barrels. The digital transformation in upstream oil and gas*. <https://www2.deloitte.com/br/en/pages/energy-and-resources/articles/transfomacao-digital-upstream-oleo-gas.html>

- Palacios Benito, B. (2018). *Industrial Internet of Things. Aplicación en Upstream*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://perfilindustrial.com/hidrocarburos-las-nuevas-tecnologias-al-servicio-de-la-industria/>
- Ramón M. y Ruggiero M. (2017). *INFORMES DE CADENAS DE VALOR - Hidrocarburos*. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas - Presidencia de la Nación.
- Revista energía y negocios (17 de 07 de 2020). Las compañías petroleras aprovechan tecnologías digitales para sobrevivir a la recesión: <https://revistaenergíaynegocios.com/2020/07/17/las-companias-petroleras-aprovechan-tecnologias-digitales-para-sobrevivir-a-la-recesion/>
- Perrons, R. K. y Jensen, J. W. (2015). Data asan asset: What the oil and gas sector can learn from other industries about "Big Data". *Energy Policy*, 81 - 117–121.
- Salazar-Rúa, R. S., Caicedo-Reyes, J. D. y Jiménez-Builes, J. A. (2016). Toma de decisiones mediante el uso de un algoritmo para analizar. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, núm. 40 - pp. 75-83.
- Rodríguez Correa, D. (2020). *Análisis de las políticas de electrificación de la UE en la industria química y de refino de petróleo en España*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla (Tesis de Posgrado).
- TIC, E. (17 de abril de 2020). *Instituto Nacional de Formación Docente*. <https://red.infed.edu.ar/>
- Vera Carrasco, O. (2009). Cómo escribir artículos de revisión. *Rev. Med. La Paz*, 63-69.
- Villacreses Ponce, A. (2020). *Blockchain application for the supply chain of the ecuadorian oil industry*. Urcuquí - Colombia: Universidad Yatay Tech (Tesis de Posgrado).
- Wazir Zada Khan, Mohammed Y Aalsalem, Muhammad Khurram Khan, Md. Shohrab Hossain y Mohammed Atiquzzaman. (2017). A Reliable Internet of Things based Architecture for Oil and Gas Industry. *International Conference on Advanced Communications Technology(ICACTION)*. Riad - Arabia Saudita.
- Yuni, J. y Urbano C. (2006). *Técnicas para investigar - Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*. Brujas.