

Foundations for the new age of AI

Cimientos para la nueva era de AI

**Andrea Juliana Villalba
Santos**

Universidad Industrial de
Santander
Escuela de ingeniería de sistemas
Bucaramanga, Colombia
ajulianavil00@gmail.com

**Jhon Andres Parra
Rodriguez**

Universidad Industrial de
Santander
Escuela de ingeniería de sistemas
Bucaramanga, Colombia
*jhonandres0322@gmail.co
m*

**Jhoan Manuel Diaz
Higuera**

Universidad Industrial de
Santander
Escuela de ingeniería de sistemas
Bucaramanga, Colombia
jmdh227@gmail.com

Abstract

Over the years, artificial intelligence (AI) is becoming part of everyday life and its demand has increased exponentially due to the current and future need of the industry. Therefore, the way in which architecture evolves at the same pace as AI is being sought. For this a hardware restructuring is required in such a way that it works in a more optimal way increasing its storage capacity, data processing speed and achieving the ability to perform parallelism to heavy algorithms; All this without sacrificing the accuracy of the information.

Keywords

Artificial intelligence, Information, Hardware, Processing, Data

Resumen

Con el transcurrir de los años la inteligencia artificial (AI) se está volviendo parte de la vida cotidiana y su demanda ha aumentado exponencialmente debido a la necesidad actual y a futuro de la industria. Por lo tanto se está buscando la manera que la arquitectura evolucione al mismo paso de la AI. Para esto se requiere una reestructuración del hardware de tal manera que funcione de una manera más óptima aumentando su capacidad de almacenamiento, la velocidad de procesamiento de datos y logrando la capacidad de realizar paralelismo a algoritmos pesados; todo esto sin sacrificar la precisión de la información.

Palabras claves

Inteligencia artificial, Información, Hardware, Procesamiento, Datos.

I. INTRODUCCIÓN

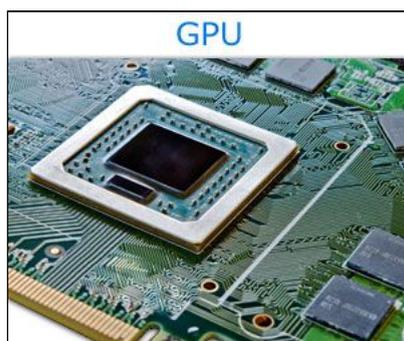
Los cambios en la tecnología evidenciados a través de los años nos han proporcionado mayor capacidad de almacenamiento y gracias a la implementación del paralelismo nos permite hacer uso de la Inteligencia Artificial y de Machine Learning. En el presente trabajo se analizará y se darán a conocer las arquitecturas e integrados que nos hacen mucho más fácil el desarrollo de la Inteligencia artificial, también se dará a conocer el uso de estas tecnologías en diferentes áreas. Para ello es

importante conocer un poco de los primeros pasos de la Inteligencia Artificial; El concepto de Inteligencia Artificial no es nuevo, se ha hablado de este desde hace mucho tiempo atrás. Pero fue Alan Turing, una de las primeras personas en hablar de “máquinas pensantes”. Alan creó el Test de Turing, el cual permite evaluar la capacidad de las máquinas de pensar como humanos. El principal problema del crecimiento de la AI fueron los computadores, tal que podían ejecutar comandos, pero no eran capaz de guardarlos. Este problema persistió hasta 1974. En 1974 los computadores se volvieron más rápidos, y podían guardar más información. En 1980 se elevó la cantidad de fondos a la investigación de AI y la cantidad de algoritmos enfocados a esta. El “Deep Learning” fue popularizado por John Hopfield y David Rumelhart, logrando que los computadores aprendieran a través de la experiencia. Por otro lado Edward Feigenbaum introdujo sistemas capaces de imitar la toma de decisiones de los humanos. Pero no fue hasta el nuevo milenio que se logró perfeccionar varias de las técnicas de la inteligencia artificial. Por otra parte, en el nuevo milenio se abrió un espacio bastante grande para aquellas personas que trabajaban en esta área para que se enfocarán en el tiempo de respuesta y optimizando el uso de la energía. El tiempo de respuesta y el costo de energía son dos aspectos importantes a la hora de implementar AI, para disminuir estos aspectos se han estudiados diferentes métodos. En el caso de Google se decidió omitir ciertas características que mantienen ocupada a la CPU y algunos datos de operaciones fluyen en vez de ser enviados a la memoria. En otros casos se ha usado la baja precisión. Los cálculos de baja precisión puede ser una herramienta muy fuerte si se prepara correctamente, pero, ¿hasta qué punto se puede empujar esto sin perder la precisión de la clasificación?. Gracias al avance obtenido al transcurrir los años, en la actualidad la inteligencia artificial tiene un gran campo de aplicaciones con mucho potencial, pensar en que la inteligencia artificial no se va encontrar en nuestra vida cotidiana es muy difícil. Esta tecnología actualmente es llevada al campo de los negocios como la predicción de tendencias, el aprendizaje automático hace crecer la productividad de una manera extraordinaria. Gracias a que puede recopilar grandes volúmenes de información para poder crear representación del mundo que lo rodea superando las capacidades humanas. Las aplicaciones que se está llevando a la actualidad son muy importantes, desde la toma de decisiones hasta un asistente para la conducción de vehículos, un avance muy importante es en el área de la salud la cual ayuda a médicos y pacientes a obtener un diagnóstico más rápido y preciso, como a la prevención de enfermedades mediante la recolección de ciertos patrones. Existen un sin número de aplicaciones las cuales con el avance de la tecnología se encontrarán a nuestro alcance. En el artículo se pretende mostrar la existencia de estas tecnologías en Colombia y de qué manera afectan positivamente en pro de la sociedad, también mostrar el conocimiento sobre dichas tecnologías a nivel regional y nacional y a donde se pretende llegar con el avance de estas.

II. ESTADO DEL ARTE

Chips para Inteligencia Artificial

En los últimos diez años, se ha hecho uso constante de la inteligencia artificial (IA) y gracias a estas herramientas se obtiene éxito en el análisis de imágenes, reconocimiento de voz, traducción y muchas otras tareas. Y por esta razón los requerimientos computacionales y de potencia de algoritmos ahora constituyen una fracción importante. Muchos diseñadores descargan gran parte de los cálculos al hardware más conocido comercialmente como son la GPU (unidades de procesamiento gráfico) desarrollada para la representación rápida de imágenes, estos chips normalmente son usados para la fase de “entrenamiento”; para la fase de “inferencia” en la que se implementa el aprendizaje profundo para procesar nuevas entradas, requiere un mayor acceso a la memoria y una respuesta rápida. A raíz de esto las compañías competían para desarrollar hardware que permita más directamente el aprendizaje profundo, más urgentemente para la inferencia, pero también para la capacitación.



Img 1. Unidad de procesamiento gráfico.

"La latencia es lo más importante para los proveedores de la nube", señaló Fletcher. Por el contrario, dijo, "las GPU tradicionales están diseñadas desde cero para las personas que no se preocupan por la latencia, pero tienen tanto trabajo que, siempre y cuando obtengan un rendimiento total, todo saldrá bien". Reconociendo la importancia del tiempo de respuesta y anticipando las crecientes demandas de energía de las aplicaciones de redes neuronales, el gigante de la nube Google desarrolló su propio circuito integrado de aplicación específica (ASIC) llamado "unidad de procesamiento de tensor", o TPU, por inferencia. Google informó en 2017 que, en sus centros de datos, la TPU ejecutaba redes neuronales comunes de 15 a 30 veces más rápido que una CPU o GPU contemporánea, y usaba de 30 a 80 veces menos energía para el mismo rendimiento computacional (operaciones por segundo). Para garantizar una baja latencia, los diseñadores simplificaron el hardware y omitieron características comunes que mantienen ocupados a los procesadores modernos, pero también exigen más potencia. La unidad crítica de multiplicación matricial utiliza un diseño "sistólico" en el que los datos fluyen entre operaciones sin ser devueltos a la memoria. ^[4] Microsoft ha estado utilizando arreglos de compuerta programables en campo (FPGA). Facebook está colaborando con Intel para evaluar su ASIC (dirigido a aplicaciones de inteligencia artificial), llamado Procesador de red neuronal. Nvidia, que ya es el proveedor dominante de GPU, ha lanzado diseños actualizados que, según dice, admitirán mejor las aplicaciones de redes neuronales, tanto en inferencia y entrenamiento. Lo cual consiste en agilizar los pesados cálculos a un chip acelerador especializado que comparte un bus con un procesador general y memoria permite una rápida implementación de nuevas ideas, y permite a los diseñadores de chips enfocarse en circuitos dedicados, suponiendo que todos los datos necesarios estén disponibles. Sin embargo, es probable que las cargas de memoria planteadas por este enfoque "más simple" conduzcan a sistemas con una integración más estricta, dijo Fletcher, como llevar las funciones del acelerador en el chip con el procesador. ^[4]

Hablando un poco de hardware neuromórfico una técnica explotada y usada por los nuevos chips es utilizar datos de baja precisión. Las redes neuronales fueron inspirados por cerebros biológicos, y los investigadores en los años 80 los implementaron con hardware especializado que imitaban las características de la arquitectura del cerebro.

Durante la última década, los programas financiados por el gobierno en los EE. UU. Y Europa han seguido el desarrollo de chips neuromórficos. ^[4]

Hardware, esa pieza fundamental de la Inteligencia Artificial

Sabemos que para llevar a cabo todo lo que tiene que ver con Inteligencia Artificial (AI) hay mucho hardware potente, novedoso. Desde sobre los que se procesa el algoritmo hasta aquellos que ofrecen los datos o los crean para que las máquinas sean capaces de ser autónomas gracias a un capa de software. Se espera que para el 2023 se tengan aproximadamente 1200 dispositivos que sean capaces de interactuar con funcionalidades de Inteligencia Artificial. El hardware relacionado con el denominado Edge AI (dispositivos sobre los que corre algún algoritmo de Inteligencia Artificial). ABI

Research prevé que su demanda pase de un 6% de crecimiento en 2017 a un 43% en 2023. Una subida motivada por la adopción de dispositivos que procesan las soluciones en este ámbito. ^[10]



Img 2. Inteligencia Artificial hardware.

El *deep learning* conlleva una gran carga computacional y todo depende del hardware con el que contemos, por eso es importante contar con una buena GPU para entrenar redes neuronales y poder crear mejores modelos. Tener una buena GPU es fundamental para poder entrenar modelos. Sin una GPU instalada, entrenar una red neuronal va a tener un coste de tiempo mucho mayor. Por eso es importante mencionar las principales y grandes marcas de GPU en el mercado son **NVIDIA** y **AMD**. **NVIDIA** es el líder absoluto en la venta de GPU. Por una parte, sus librerías estándar te permiten trabajar con **CUDA**, una plataforma de computación paralela mucho más potente que OpenCL (la que utiliza AMD). Por otra, entre sus librerías hay una especializada en *deep learning*: **NVIDIA CUDA Deep Neural Network library (cuDNN)**.

AMD, sus GPU son potentes y de calidad, pero no son compatibles con CUDA y eso es una gran desventaja. En su lugar, AMD trabaja con **OpenCL** y la plataforma **ROCm** que utiliza HIP para poder unificar las GPU de cada tipo en un mismo lenguaje. ^[12]

¿Qué hardware se necesita desarrollar para continuar un ritmo exponencial de progreso e ir más allá de la inteligencia Artificial?

Se habla de una transición de las GPU (unidades de procesamiento gráfico), y en IBM Research creen que ocurrirá en tres fases. La primera se utilizarán GPU y se crearán nuevos aceleradores con CMOS convencional a corto plazo; después buscarán la forma de explotar dispositivos analógicos y de baja precisión para reducir aún más la potencia y mejorar el rendimiento y por último cuando lleguemos a la era de la computación cuántica, se mirarán nuevos enfoques que esta era brinda.

Los aceleradores en CMOS aún tienen mucho que lograr porque los modelos de aprendizaje automático pueden tolerar cálculos imprecisos. Es precisamente porque «aprenden» que estos modelos pueden funcionar a través de errores. En 2015, Suyong Gupta, et al. han demostrado en su documento ICML Aprendizaje profundo con precisión numérica limitada que, de hecho, los modelos de precisión reducida tienen una precisión equivalente al estándar actual de 64 bits, pero usan tan solo 14 bits de precisión de coma flotante. ^[11]

Eso nos da unos cinco años para ir más allá del cuello de botella de von Neumann y para los dispositivos analógicos. Mover datos hacia y desde la memoria ralentiza la capacitación de la red de aprendizaje profundo. Entonces, encontrar dispositivos analógicos que puedan combinar memoria y computación será importante para el progreso de la computación neuromórfica. ^[11]

III. DESARROLLO

AI en Colombia

Como tal se tiene conciencia de lo importante que es la inteligencia artificial actualmente en el ámbito industrial. Según estudios, la inteligencia artificial podría ser muy ventajosa para Colombia, permitiendo el aumento del valor agregado a US\$ 78.000 millones en el 2035. Este crecimiento se vería afectado por tres factores principales:

1. Automatización de tareas físicas complejas, las cuales requieren de un aprendizaje rápido. Entre estas está la detección de gases peligrosos en una mina. Esto agregaría US\$24.000 millones al valor agregado bruto de Colombia para el 2035. ^[14]
2. Potenciamiento del capital humano y de inversión, la inteligencia artificial no llegaría a reemplazar al talento humano, sino a trabajar en conjunto. Esto se podría ver a la hora de automatizar tareas rutinaria, de esta manera el talento humano se podría enfocar en tareas importantes. Al realizar esto, agregaría US\$42.000 millones al valor agregado bruto de Colombia para el 2035. ^[14]
3. A través de la innovación de la inteligencia artificial se podría agregar US\$12.000 millones a la economía de Colombia. ^[14]

Pero aun con esto las empresas colombianas siguen con el miedo a implementar la AI, esto puede deberse a tres factores principales: desconocimiento, resistencia al cambio y falta de datos. El desconocimiento se debe a que, a pesar de que la AI es un tema popular hoy en día, se cree que su implementación requiere de un gran gasto o que tiene la intención de reemplazar el talento humano. También afecta el control total que desean tener los colombianos sobre su trabajo, esto es debido a que la inteligencia artificial se ve como un cambio muy brusco en la industria, pero se debe ser capaz de tomar decisiones arriesgadas a la hora del cambio tecnológico. Finalmente está la falta de datos para que la inteligencia artificial se vuelva efectiva, muchas veces o no hay suficiente cantidad de datos o las empresas no desean compartirlos por diferentes motivos. ^[15]

Tipos de algoritmos de Machine Learning

Machine Learning

El objetivo principal del Machine Learning (ML) es lograr que las máquinas mejoren su aprendizaje al pasar del tiempo y de una forma autónoma, gracias a la recopilación de información y los métodos estadísticos esto se ha convertido en una realidad, ML está basado en algoritmos que reciben datos sin tener necesidad de crear reglas que influyan sobre él. Generalmente existen tipos de aprendizaje automático los cuales se agrupan por su estilo de aprendizaje (aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado, aprendizaje semi-supervisado) o por similitud en forma. Se hablará sobre el aprendizaje supervisado, donde se ubican características específicas que a la hora de recibir la información este pueda catalogar los datos de una manera más precisa, a continuación se hablara de algunos de ellos.

Decision Trees

Es una herramienta utilizada para la toma de decisiones en la cual su estructura es representada en forma de árbol, esta estructura es similar a un diagrama de flujo ya que cada uno de los nodos simboliza un proceso a realizar, los métodos basados en esta estructura poseen modelos predictivos con una mayor precisión, solidez y una mejor forma de interpretación.

Neural Networks

Las redes neuronales están basadas en el cerebro humano, las cuales reconocen patrones asociados al mundo exterior, estas solo reconocen patrones matemáticos que pueden estar contenidas en vectores, si se desea que esta reconozca una imagen, la imagen debe ser “discretizada” para que el algoritmo pueda reconocerla.

Random Forest

Los árboles de decisiones son una estructura muy importante a la hora de resolver problemas de clasificación de datos, ahora al unir cantidad determinada de árboles se crean los “bosques”, estos bosques son un modelo robusto para obtener una mejor precisión a la hora de organizar información. Cada uno de los árboles crea una clasificación y el resultado con mayor número de votos en el bosque es la opción predilecta.

Aplicaciones de la AI

Existen múltiples aplicaciones relacionadas con la inteligencia artificial, en este artículo se hablará de algunas de ellas. Estos usos nos darán a entender la importancia de la inteligencia artificial y en la cual ayudará a resolver nuestros problemas cotidianos de una mejor manera.

Agricultura

La agricultura es una actividad humana muy importante que a lo largo de los siglos ha alimentado a la humanidad, la inteligencia artificial llegar para dar un cambio significativo en esta área, existen sensores en invernaderos conectados a una computadora la cual usa procesadores Intel Xeon para poder manejar sus algoritmos, estos con el propósito de vigilar el progreso de las cosechas y así ser capaz de predecir con una mayor exactitud su madurez, el propósito es producir una cantidad enorme de alimentos a un bajo costo, esto evitando que las cosechas se pierdan.

Medicina

El campo de la medicina ha avanzado exponencialmente estos últimos años y esto se debe al uso de la IA la cual ha sido una gran colaboradora a médicos y profesionales del área de la salud, gracias a la recolección de datos se ha logrado una mejor atención en diagnósticos y tratamientos de enfermedades para así tomar una mejor decisión en pro del paciente a tratar, además en el área organizacional creando modelos viables para un mejor uso de espacio, medicamentos y utensilios médicos.

Transporte

La tecnología siempre nos está facilitando la vida, es por lo que la IA está entrando al área del transporte, gracias a la visión por computador se están desarrollando “autos autónomos”, mediante la recolección de datos se están creando autos que son capaces de circular sin participación humana esto sucede gracias a sensores que reúnen la información necesaria en su entorno la cual pueden identificar

todas las posibles variables (señales de tránsito, peatones, bicicletas, etc.) y ser capaces de tomar decisiones a la hora de conducir.

Problemática del hardware actual

El hardware se ha quedado estancado en cuanto evolución comparado a la inteligencia artificial, esto ha provocado problemáticas a la hora de trabajar con ambas partes. Entre estas se encuentra la Ley de Moore, la cual habla de la capacidad de aumentar la cantidad de transistores por área cada dos años, el problema es que esta capacidad ha ido disminuyendo y se piensa que se llegara a un límite en el futuro. Esto genera el primer problema, el tamaño del hardware, ya que no se puede reducir de la manera convencional sin afectar el rendimiento. También se ha dado un problema con la latencia, debido a que no es capaz de mantenerse a la par de las necesidades de la inteligencia artificial. Por otro lado el costo de la transacciones con la red y el costo generado por el gasto de energía han hecho parte importante de esta problemática. La dependencia que tiene la inteligencia artificial al uso masivo de datos lleva a desarrollar computadoras mucho más potentes, creando alternativas para el almacenamiento de grandes cantidades de datos a un bajo costo monetario, además los procesadores convencionales se están quedando lentos a la hora de realizar operaciones de predicción e inferencia de información. El propósito general es modificar la arquitectura computacional que se tiene dando desde hace años (modelo von Neumann) la cual el dispositivo de almacenamiento se encuentra alejado de la unidad de procesamiento. Esto lleva a que la transferencia de información no se realiza a una mayor velocidad, con las unidades de almacenamiento se puede obtener la capacidad de que aquellas puedan realizar también operaciones de procesamiento de información, pero esto limitará la precisión de los datos.

Posibles soluciones

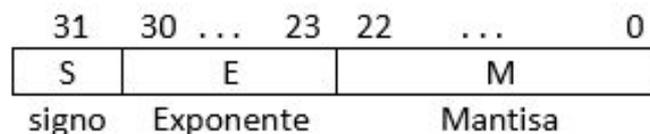
Ante los problemas expuestos anteriormente se han propuesto diferentes soluciones, entre ellas:

1. GPU, solución momentánea:

Las GPU's cuentan con una gran cantidad de cores lo cual permite sacarle partido a la computación en paralelo. Esto es debido a que algunas operaciones realizadas por inteligencia artificial no requiere de cálculos secuenciales ni se requiere la una de la otra. A pesar que la GPU se creó para renderizar gráficos, se podría tomar esta como una base para una nueva tecnología emergente. ^[6]

2. Reducción de precisión:

La mayoría de computadores usan la precisión de punto flotante, la cual tiende a ser bastante eficiente pero tiende a generar pequeños errores a la hora de trabajar con decimales. Por lo tanto, para mejorar la precisión a la hora de los cálculos se ha ido aumentando el número de bits, de 16 bits a 32 y 64 bits. ^[7]



Img 3. Representación de punto flotante.

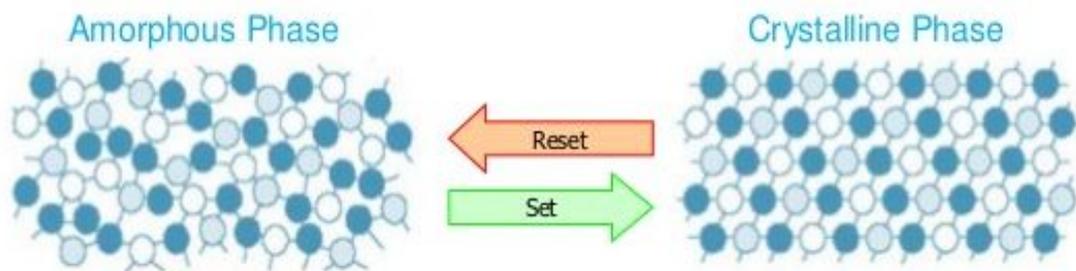
A pesar que suene como algo negativo, ciertas aplicaciones de la inteligencia artificial no

necesitan de una precisión tan perfecta, por lo tanto se podría pasar de un sistema de 64 bits, a uno de 16 bits o inclusive de 8 bits sin perder muchos. Esto permitiría disminuir el gasto de energía. ^[6]

3. *Phase Changing Memory:*

El uso de RAM (Random Access Memory) ha sido de popular uso a lo largo de los años, pero no es muy útil a la hora de aplicarla a la inteligencia artificial. Por lo tanto se está probando con la Phase Changing Memory (PCM). La Phase Changing Memory es una memoria RAM no volátil, la cual guarda los datos cambiando el estado del material en uso. ^[6]

En el estado amorfo, el material usado en la memoria PCM tiene una alta resistencia eléctrica. En el estado cristalino, este material tiene una resistencia menor; por lo tanto, la corriente eléctrica es activada para simular los estados de prendido y apagado. ^[6]



Img 4. Estados de la Phase Changing Memory.

Esta tecnología permite un mejor rendimiento a la hora de trabajar con datos. A pesar de que la memoria PCM se deteriora con el uso y tiempo, esta se deteriora a un ritmo más lento que la memoria RAM. Finalmente la memoria PCM tiene una mayor velocidad a la hora escribir y borrar datos, lo cual la hace perfecta para la inteligencia artificial. ^[6]

4. *Computación analógica:*

La computación analógica usa propiedades eléctricas básicas para simular cálculos. La computación analógica permitirá la reducción del gasto de energía y la realización de operaciones aritméticas de una manera más rápida. Pero cuenta con dos desventajas: no es de fácil programar y es propensa a errores. ^[6]

IV. CONCLUSIONES

Este artículo nos deja ver la importancia de impulsar la implementación y uso de la inteligencia artificial en la empresas colombianas ya que haciendo uso de estas tecnologías nos proporciona rapidez en la toma de decisiones, precisión de tal forma que la tasa de error casi nula y también aquellos trabajos que son tediosos y repetitivos para el hombre, la Inteligencia Artificial puede hacerse cargo de ellos. Las disciplinas como Machine Learning es la que crea sistemas que aprenden automáticamente, cuando hablamos de aprender no es igual al proceso de aprendizaje de un humano sino realmente lo que aprende es un algoritmo que revisa los datos y es capaz de predecir comportamientos futuros, también esta tarea la realiza con ayuda de clasificadores como Decision Tree, Naive Gaussian, Neural Networks entre otros que le ayudan a entrenar los datos y clasificarlos para así dar conclusiones y predecir. No se debe dejar de lado la importancia de la parte de hardware

para el desarrollo de la Inteligencia Artificial, la GPU ha probado ser capaz de suplir ciertas necesidades de la AI, pero se debe trabajar en una nueva tecnología capaz de suplir aún más la necesidad de la AI tomando de base la estructura de la GPU, se necesita mejorar la capacidad a la hora de trabajar con datos, debido a que la memoria RAM no es óptima a la hora de hacerlo.

REFERENCIAS

- [1] "Significado de Marco teórico", *Significados*, 2019. [Online]. Available: <https://www.significados.com/marco-teorico/>. [Accessed: 21- Jul- 2019].
- [2] "The evolution of artificial intelligence". 2019. [Online]. Available: https://www.wired.com/insights/2015/01/the-evolution-of-artificial-intelligence/?source=post_page-----. [Accessed: 21- Jul- 2019]
- [3] "Evolution of AI: Past, Present, Future". 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/datadriveninvestor/evolution-of-ai-past-present-future-6f995d5f964a>. [Accessed: 21- Jul- 2019]
- [4] D. Monroe, "Chips for Artificial Intelligence", *Cacm.acm.org*, 2019. [Online]. Available: <https://cacm.acm.org/magazines/2018/4/226374-chips-for-artificial-intelligence/abstract>. [Accessed: 07- Aug- 2019].
- [5] Schweber, B. (2019). *Analog computation, Part 1: What and why*. [online] Analog IC Tips. Available at: <https://www.analogictips.com/analog-computation-part-1-what-and-why/> [Accessed 7 Aug. 2019].
- [6] Medium. (2019). *Artificial Intelligence Hardware*. [online] Available at: <https://becominghuman.ai/artificial-intelligence-hardware-76fa88581e53> [Accessed 7 Aug. 2019].
- [7] Medium. (2019). *Capítulo 3: PUNTO FLOTANTE*. [online] Available at: <https://medium.com/@matematicasdiscretaslibro/cap%C3%ADtulo-3-punto-flotante-c689043db98b> [Accessed 7 Aug. 2019].
- [8] O. Morales, "Software y Hardware para Inteligencia Artificial", 2019. [Online]. Available: https://www.academia.edu/33232195/Software_y_Hardware_para_Inteligencia_Artificial. [Accessed: 08- Aug- 2019].
- [9]"Inteligencia Artificial + Hardware – Yachay Tech", *Yachaytech.edu.ec*, 2019. [Online]. Available: <https://www.yachaytech.edu.ec/noticia/inteligencia-artificial-hardware/>. [Accessed: 08- Aug- 2019].
- [10] "Hardware, esa pieza fundamental de la Inteligencia Artificial » MuyCanal", *MuyCanal*, 2019. [Online]. Available: <https://www.muycanal.com/2018/05/30/hardware-inteligencia-artificial>. [Accessed: 08- Aug- 2019].
- [11] "Hardware para Inteligencia Artificial • The New Now", *The New Now*, 2019. [Online]. Available: <https://www.thenewnow.es/tecnologia/hardware-inteligencia-artificial/>. [Accessed: 08- Aug- 2019].
- [12] "Las mejores GPU para inteligencia artificial | Observatorio IA", *Observatorio-ia.com*, 2019. [Online]. Available: <https://observatorio-ia.com/mejores-gpu-para-inteligencia-artificial>. [Accessed: 07- Aug- 2019].
- [13] "Does AI have a hardware problem?", *nature.com*, 2018. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41928-018-0068-2> [Accessed: 07-Aug-2019].
- [14]Ribas, M. (2019). *Inteligencia Artificial, sinónimo de crecimiento*. [online] Dinero. Available at: <https://www.dinero.com/tecnologia/articulo/inteligencia-artificial-sinonimo-de-crecimiento-por-marco-ribas/270042> [Accessed 9 Aug. 2019].
- [15]Dinero. (2019). *Pese a beneficios, empresas aún le temen a la inteligencia artificial*. [online] Available at: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/beneficios-de-la-inteligencia-artificial-para-las-empresas/275364> [Accessed 9 Aug. 2019].
- [16]"Inteligencia Artificial Ventajas y Desventajas | Agencia Universitaria DQ", *Agencia Universitaria DQ*, 2019. [Online]. Available: <https://agenciauniversitariadq.online/inteligencia-artificial-ventajas-y-desventajas/>. [Accessed: 09- Aug- 2019].