

# IA basada en Quantum Computing

Alexander Andonov Aracil, aaa129@alu.ua.es

Daniel Asensi Roch, dar33@alu.ua.es

Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, ESP

**Abstract.** Este documento destaca la capacidad de los sistemas cuánticos para procesar y almacenar información de manera más eficiente que los sistemas clásicos, prometiendo abordar desafíos de la inteligencia artificial convencional. Además, se resalta el potencial excepcional de los algoritmos cuánticos para mejorar la eficiencia de los procesos de aprendizaje automático, acelerando la selección de características y la clasificación en grandes conjuntos de datos. La fusión entre la inteligencia artificial y la computación cuántica está catalizando un progreso sin precedentes en la capacidad de las máquinas para realizar tareas cognitivas de alto nivel.

## 1 Introducción

La inteligencia artificial fuerte, también conocida como inteligencia artificial general (IAG), busca crear una máquina con una inteligencia equiparable a la humana, capaz de resolver problemas, aprender y planificar su futuro, dotada de autoconciencia. Este enfoque aspira a generar máquinas inteligentes que se asemejen a la mente humana, evolucionando constantemente y mejorando sus habilidades con el tiempo. Este informe explora la convergencia progresiva entre dos disciplinas vanguardistas: la IA fuerte y la computación cuántica.

La IA fuerte se refiere a sistemas de inteligencia artificial que poseen la capacidad de entender, aprender y aplicar conocimiento de manera autónoma, replicando la agudeza y versatilidad del intelecto humano. Por otro lado, la computación cuántica promete una era de velocidad y eficiencia computacional sin precedentes, aprovechando fenómenos cuánticos para realizar cálculos a una escala exponencialmente superior a lo que es posible con tecnologías clásicas. Este documento examina los avances en la integración de la IA fuerte con la computación cuántica, resaltando el impacto potencial de estos desarrollos tecnológicos en una variedad de campos. Además, contempla las implicaciones éticas y los desafíos técnicos, fomentando una reflexión sobre cómo estos avances deben ser guiados y gestionados para beneficiar a la sociedad en su conjunto.

La IA cuántica se basa en la capacidad de los sistemas cuánticos para procesar y almacenar información de maneras que los sistemas clásicos no pueden igualar, prometiendo abordar desafíos de la IA clásica mediante el aprovechamiento de la superposición y el entrelazamiento cuántico para resolver problemas con eficiencia sin precedentes. Aunque la IA cuántica está en sus etapas iniciales, se reconoce su inmenso potencial para revolucionar la forma en que las máquinas aprenden y procesan la información, a pesar de los desafíos teóricos y prácticos que aún deben resolverse.

### 1.1 Contexto

La inteligencia artificial general actualmente solo existe como un concepto teórico sin manifestación tangible. Algunos expertos cuestionan la posibilidad de desarrollar sistemas de IA fuerte, y el debate persistirá hasta que se definan explícitamente medidas de éxito, como la inteligencia y la comprensión. Por ahora, el test de Turing se utiliza como una forma de evaluar la inteligencia de un sistema de IA.

El desarrollo de la inteligencia artificial basada en computación cuántica busca integrar los principios cuánticos en algoritmos y modelos de aprendizaje automático para superar las limitaciones de los sistemas de IA clásicos. La computación cuántica ofrece una nueva arquitectura de procesamiento de información que puede abordar desafíos computacionales, permitiendo realizar cálculos a velocidades y con una complejidad sin igual. Aunque la investigación en IA cuántica está en sus etapas iniciales, se están sentando las bases teóricas y experimentales para posibles aplicaciones prácticas en el futuro [1].

## 2 Estado del arte

El aprendizaje automático y la inteligencia artificial en el dominio cuántico son áreas de investigación que buscan aprovechar las propiedades de la mecánica cuántica para mejorar la eficiencia y la precisión de los algoritmos de aprendizaje automático. La computación cuántica, basada en la superposición y el entrelazamiento de estados cuánticos, puede proporcionar una ventaja significativa en la resolución de problemas de aprendizaje y optimización que son difíciles o imposibles de resolver con computadoras clásicas.

El término "IA cuántica" se refiere al uso de computadoras cuánticas para procesar algoritmos de aprendizaje automático, con el objetivo de aprovechar la superioridad de procesamiento de la computación cuántica para obtener resultados inalcanzables con tecnologías informáticas clásicas [2].

La combinación de la computación cuántica y la inteligencia artificial puede tener aplicaciones en muchos campos, como la medicina, la física, la química, la biología y la economía. Por ejemplo, se pueden utilizar algoritmos de aprendizaje automático cuántico para analizar grandes conjuntos de datos moleculares y diseñar nuevos medicamentos. En resumen, la computación cuántica y la inteligencia artificial son tecnologías transformacionales que pueden proporcionar un salto cualitativo y cuantitativo en términos de computación y aprendizaje, prometiendo avances significativos en la resolución de problemas complejos en muchos campos.

### 2.1 Quantum Least Squares (QLS)

El algoritmo Quantum Least Squares (QLS) [3] es una técnica influyente en cuanto a algoritmos cuánticos mejorados para Machine Learning, basándose en uno de los problemas esenciales del álgebra lineal: la resolución de sistemas de ecuaciones lineales. Este algoritmo supone una mejora de eficiencia respecto a su contraparte clásica.

## 2.2 Análisis de Componentes Principales Cuánticas

El Análisis de Componentes Principales Cuánticas (Quantum PCA) es una técnica que utiliza los principios de la computación cuántica para llevar a cabo la reducción de dimensionalidad de los datos. Esta técnica busca realizar descomposiciones de matrices de alta dimensión de manera eficiente, aprovechando la superposición y el entrelazamiento para procesar múltiples estados simultáneamente. Además, tiene el potencial de acelerar significativamente el cálculo de PCA.

## 2.3 Quantum Support Vector Machines (QSVM)

Las Quantum Support Vector Machines (QSVM) [4] son una adaptación cuántica de las SVM clásicas, que se utilizan para la clasificación y regresión. Estas máquinas de soporte vectorial cuánticas aprovechan las ventajas de la computación cuántica para mejorar la clasificación de datos a través de la transformación cuántica de datos de entrada, lo que les permite resolver problemas de clasificación de manera más eficiente que sus contrapartes clásicas. Las QSVM utilizan un kernel cuántico para medir la similitud entre estados cuánticos y se espera que ofrezcan ventajas en velocidad y eficiencia sobre las SVM clásicas. Aunque aún están en desarrollo, su implementación depende del avance del hardware cuántico disponible.

## 2.4 Quantum Neural Networks (QNN)

Los Quantum Neural Networks (QNN) son un gran avance en el aprendizaje máquina cuántico. Estas redes neuronales cuánticas aprovechan la superposición y el entrelazamiento cuántico para realizar cálculos de manera exponencialmente más rápida que las redes neuronales clásicas. A medida que los conjuntos de datos y los modelos de IA se vuelven más complejos, las QNN tienen el potencial de revolucionar el aprendizaje profundo y el reconocimiento de patrones, lo que podría llevar a avances significativos en aplicaciones como el procesamiento de imágenes, el procesamiento de lenguaje natural y la visión por computadora.

## 3 Posibles aplicaciones prácticas

La fusión de la inteligencia artificial fuerte (IA fuerte) y la computación cuántica representa uno de los avances más prometedores en el campo de la informática. El informe destaca cómo esta confluencia está catalizando un progreso sin precedentes en la capacidad de las máquinas para realizar tareas cognitivas de alto nivel.

- Optimización de Algoritmos Cuánticos para IA: Los algoritmos cuánticos han demostrado un potencial excepcional para mejorar la eficiencia de los procesos de aprendizaje automático, reduciendo el tiempo y recursos necesarios para entrenar modelos complejos. Por ejemplo, el algoritmo de optimización cuántica ha acelerado la selección de características y la clasificación en grandes conjuntos de datos, superando los métodos clásicos de aprendizaje automático.

- Avances en la Simulación de Sistemas Cuánticos: La capacidad de simular sistemas cuánticos usando IA fuerte ha facilitado la comprensión de fenómenos cuánticos complejos y acelerado el diseño de nuevos materiales y medicamentos. Estos modelos de simulación mejoran la precisión de las simulaciones y permiten explorar configuraciones inaccesibles a la computación clásica.
- Desarrollo de Interfaces Cuántico-Clásicas: Las interfaces entre sistemas cuánticos y clásicos mejoran la interoperabilidad y amplían las capacidades de la IA fuerte. Estos sistemas híbridos permiten que los procesadores cuánticos realicen tareas específicas eficientemente, complementando las capacidades de los sistemas clásicos.
- Avances en Corrección de Errores Cuánticos y Coherencia: Los avances en algoritmos de corrección de errores cuánticos mejoran la estabilidad y fiabilidad de los cálculos cuánticos para su aplicación en IA fuerte, siendo fundamentales para escalar sistemas cuánticos y hacer que la computación cuántica sea práctica para aplicaciones de IA.
- Criptografía Cuántica y Seguridad en IA: La criptografía cuántica ofrece soluciones para la seguridad de la IA fuerte, asegurando la integridad y confidencialidad de los datos críticos. Estos avances garantizan que la IA fuerte pueda operar dentro de un marco seguro y resistente a las amenazas tanto clásicas como cuánticas, un aspecto vital dada la creciente importancia de la IA en la sociedad.

## 4 Opinión personal

En nuestra opinión, el avance de la inteligencia artificial cuántica representa una emocionante frontera en la evolución tecnológica, ofreciendo el potencial de abordar desafíos de la IA clásica de maneras que antes eran difíciles o imposibles de alcanzar. La capacidad de los algoritmos cuánticos para mejorar la eficiencia de los procesos de aprendizaje automático y reducir el tiempo y recursos necesarios para entrenar modelos complejos es un avance emocionante.

Además, la reflexión sobre las implicaciones éticas y los desafíos técnicos asociados con estos avances es crucial para garantizar que la inteligencia artificial cuántica se utilice para beneficiar a la sociedad en su conjunto. Es importante guiar y gestionar estos avances de manera responsable y ética.

En resumen, la convergencia de la computación cuántica y la inteligencia artificial promete transformar radicalmente la capacidad de las máquinas para resolver problemas complejos, y es fundamental abordar esta evolución con un enfoque reflexivo y ético.

## References

1. Dunjko, V., Briegel, H.J.: Machine learning amp; artificial intelligence in the quantum domain: a review of recent progress. Reports on Progress in Physics **81**(7), 074001 (jun 2018). <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aab406>, <https://dx.doi.org/10.1088/1361-6633/aab406>
2. Frackiewicz, M.: Aprendizaje automático cuántico y el futuro de la inteligencia artificial. TS2 SPACE (Aug 2023), <https://ts2.space/es/aprendizaje-automatico-cuantico-y-el-futuro-de-la-inteligencia-artificial>
3. Harrow, A.W., Hassidim, A., Lloyd, S.: Quantum algorithm for linear systems of equations. Physical Review Letters **103**(15) (oct 2009). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.103.150502>,
4. Rebentrost, P., Mohseni, M., Lloyd, S.: Quantum support vector machine for big data classification. Phys. Rev. Lett. **113**, 130503 (Sep 2014). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.130503>, <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.113.130503>