

Computación Tradicional, Quantum y sus futuras aplicaciones

Traditional Computing, Quantum and their future applications

Vargas-Torres-Céliz, Ezequiel; Mollinedo-Chávez, Leonor; Lara-Baltazar, Grigori; Ricaldi-Arauzo, Reymer



 Vargas-Torres-Céliz, Ezequiel
ezequiel.vargastorres@unmsm.edu.pe
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

 Mollinedo-Chávez, Leonor
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

 Lara-Baltazar, Grigori
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

 Ricaldi-Arauzo, Reymer
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Revista Científica de Sistemas e Informática
Universidad Nacional de San Martín, Perú
ISSN-e: 2709-992X
Periodicidad: Semestral
vol. 2, núm. 1, e201, 2022
rcsi@unsm.edu.pe

Recepción: 23/10/2021
Aprobación: 28/11/2021
Publicación: 20/01/2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/535/5353228002/>

DOI: <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i1.201>

Cómo citar / Citation: Vargas-Torres-Céliz, E., Mollinedo-Chávez, L., Lara-Baltazar, G. & Ricaldi-Arauzo, R. (2021). Computación Tradicional, Quantum y sus futuras aplicaciones. Revista científica de sistemas e informática, 2(1), e201. <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i1.201>

Resumen: El siglo XX fue testigo de todos los avances tecnológicos realizados gracias a la aparición y desarrollo de la computación, desde la primera aparición de la computadora, la tecnología fue creciendo y gracias a la alta gama de innovaciones y creaciones se llegó a elaborar complejos Sistemas de Información y de Investigación; sin embargo, la computación tradicional está cumpliendo su “ciclo largo” de vida, dando paso a otros paradigmas tecnológicos; es allí donde aparece la computación y las nubes cuánticas que facilitarán la resolución de problemas científicos más complejos. En este artículo haremos un repaso cronológico del ciclo largo de la computación tradicional, orígenes de la computación en la nube, y finalmente, el surgimiento de la computación y la nube cuántica. Esta investigación se realizó a través de un diseño interpretativo, de tipo documental, el mismo que determinó el procedimiento de selección, acceso y registro de la muestra documental. Como resultado se muestra la evolución de la computación en nube desde sus inicios en el siglo veinte, los diferentes tipos de servicios IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service) y SaaS (Software as a Service) que brindan actualmente, el nacimiento de la computación cuántica, los actuales proveedores y el futuro que nos espera con esta tecnología.

Palabras clave: computación en la nube, computación cuántica, aplicaciones cuánticas.

Abstract: The 20th century witnessed all the technological advances made thanks to the appearance and development of computing. Since the first appearance of the computer, technology has grown and thanks to the high range of innovations and creations, complex Information and Research Systems were developed. However, Traditional Computing is fulfilling its "long cycle" of life, giving way to other technological paradigms. It is there where Computation and Quantum Clouds appear that will facilitate the resolution of more complex scientific problems. In this article, we will do a chronological review of the Long Cycle of Traditional Computing, origins of Cloud Computing, and finally, the emergence of Computing and the Quantum Cloud. We carried out research through an interpretative design, of the documentary type, the same that determined the selection, access and registration procedure of the documentary sample. As a result, we shown the evolution

of Cloud Computing since its inception in the twentieth century, the different types of IaaS, PaaS and SaaS services that are currently provided, the birth of Quantum Computing, the current providers and the future that awaits us with this technology.

Keywords: cloud computing, quantum computing, quantum applications.

1. INTRODUCCIÓN

En economía, se define al “ciclo largo” como el tiempo que transcurre desde que una empresa adquiere un recurso dinerario (recurso que se puede convertir en dinero), hasta el momento en que es sustituido por otro, ya sea por la evolución o por la obsolescencia.

En su artículo Harrison (2014) narra que a finales del siglo XX la economía hizo un estudio acerca de la evolución de las tecnologías que surgieron en el mundo, y se estudiaron las principales desde la revolución industrial. Ellos vieron que finalmente dichas tecnologías se comportaban como una curva “S”, donde al principio estaba al alcance de muy pocos, evolucionaba rápidamente hasta saturar el mercado y finalmente, caía ese crecimiento hasta mantenerse en el tiempo. Vieron que la tecnología de información y la computación se comportaban del mismo modo, y auguraron que la computación ya estaba llegando a su techo. A esto le llamaron el “ciclo largo de la computación”. Pero al igual que llega un momento que se satura, por el mismo fenómeno de supervivencia tecnológica y de innovación, surgen otras tecnologías que reemplazan las anteriores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó a través de un diseño interpretativo, de tipo documental, el mismo que determinó el procedimiento de selección, acceso y registro de la muestra documental.

Se empleó la metodología del estado del arte, el cual es un estudio analítico de toda la investigación documental, basándose en publicaciones de revistas científicas (Molina Montoya, 2005). La metodología tiene como objetivo el hacer un inventario de todo lo referente a la evolución de la computación desde la computación tradicional, pasando por los sistemas en las nubes y terminando en la computación cuántica, la cual está haciéndose muy fuerte en el mundo.

Según Vargas Guillen (1987), la metodología lleva tres pasos fundamentales y son en los que este artículo se ha basado:

Contextualización. En esta primera etapa, se planteó la investigación en estudio, se pusieron los límites, se buscó y finalmente se obtuvo el inventario documental de todo el tema que se quería investigar para obtener el artículo

Clasificación. En esta segunda etapa, se determinaron los parámetros a tener en cuenta para el análisis de la información, el tipo de documentos que se estudiarían, los aspectos de cronología, el objetivo del estudio, las diferentes disciplinas informáticas que enmarcarían el artículo y el nivel de conclusión que se tendría

Categorización interna. Finalmente, se sistematizó la investigación, lo cual permitió hacer las consideraciones necesarias sobre las tendencias y vacíos encontrados durante el análisis. Esto nos permitió determinar e identificar el tipo de contribución sociocultural que nos está ofreciendo la computación en la nube y la computación cuántica.

De esta forma, en este artículo estamos usando la metodología del estado del arte como herramienta para compilar, sistematizar, reconocer e interpretar la realidad.

3. RESULTADOS

3.1. Computación Tradicional y el nacimiento de la Era de la nube

Se habló mucho de computación en la nube, pero no se habló de sus orígenes. En este capítulo vamos a hacer una reseña sobre cuáles fueron las ideas primarias de tener una computación en la nube y su evolución en el mundo de la informática.

Haciendo un resumen rápido de la historia de la computación, Villalobos Salazar (2015) nos dice en su tesis “Del Mainframe al PC”, que las computadoras Eniac y el Mark II hacen su aparición en el año 1946. Su construcción fue algo revolucionario en su época porque estaban compuestas de tubos de vacío, el cual permitía amplificar señales. Fueron construidas con una arquitectura centralista en donde todo la potencia y facilidades de las entradas de información y su proceso, estaban concentrados en un mismo lugar, por lo cual fue considerado como un “Mainframe” o estructura principal de cómputo.

Revisando la historia de la computación con Garrido López (2008) nos dice que las computadoras de primera generación utilizaron bulbos de vacío para procesar información.

En el año 1950 la UNIVAC, Universal Computer por sus siglas en inglés, fue la primera computadora comercial y usaba 1,000 palabras en su memoria central, y podía leer cintas magnéticas. Con esta computadora se hizo el censo de 1950 en los Estados Unidos y se empleaba tarjetas perforadas.

En la década de 1950, la International Business Machines (IBM) tenía el monopolio de los equipos de procesamiento de datos a base de tarjetas perforadas, y comenzó a construir computadores electrónicos siendo su primer producto el IBM 701 en 1953. Pero no fue sino hasta el modelo IBM 650 en 1954 que logró posesionarse con 1,000 computadores en todo los Estados Unidos entre instituciones privadas y estatales. El éxito de esta computadora fue su esquema de memoria secundaria que estaba basado en un tambor magnético que devino con el tiempo en el disco duro actual.

En 1961, durante un discurso para celebrar los 100 años del Massachusetts Institute Technology (MIT), John McCarthy (figura 1) introdujo el concepto de computación a tiempo compartido, en donde él, preveía que la capacidad y el tiempo de los servicios de los computadores se vendería como un servicio, tal cual se hacía con el agua o con el gas. Cabaca (2018) nos cuenta en su artículo que por esa época existieron algunas empresas como Tymshare National CSS o Dial Data que proporcionaban servicios de computación basados en tiempo compartido. Esto pegó mucho en los científicos y de alguna forma se trató de avanzar al respecto, sin embargo, las limitaciones tecnológicas que se tenía en esa época lo hacían inviable.



FIGURA 1
John McCarthy

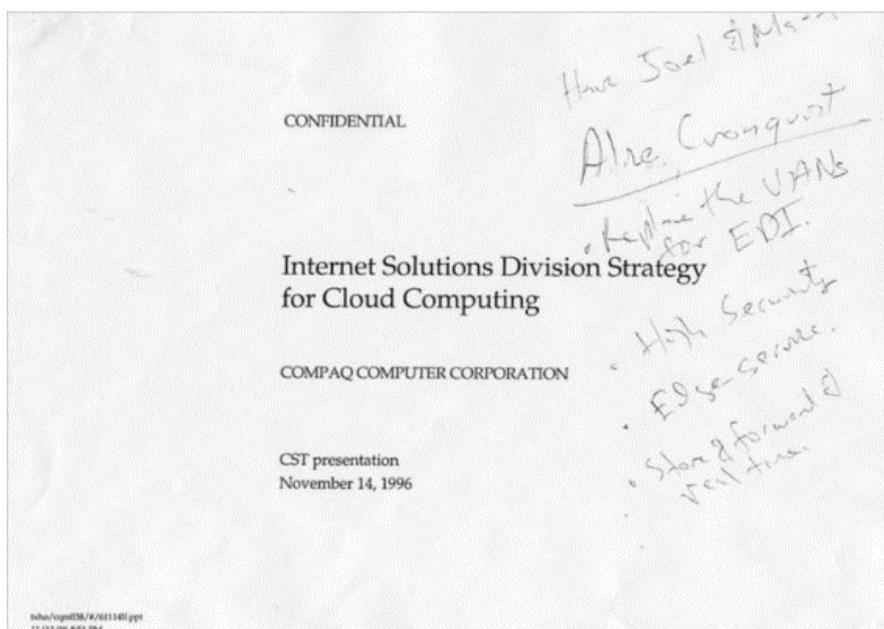


FIGURA 2
John McCarthy

Lo que John McCarthy manifestó, solamente fue una idea o la percepción que él tenía sobre la computación, sin embargo, en 1962 Joseph Carlo Robnett Licklider fue el primero que esbozó una arquitectura y manifestó en qué forma podría darse este tipo de servicio. Robnett dijo que se podía interconectar miles de computadoras para acceder a los recursos a datos, desde cualquier parte del mundo: «Consideren un caso en el que diferentes centros de datos están conectados, con su propio lenguaje y su forma de hacer las cosas. ¿No sería deseable, incluso necesario que todos se pongan de acuerdo para usar el mismo lenguaje o, al menos, tener una convención para preguntar en el lenguaje que habla el otro?». Es así como, con esta idea, en abril de 1963, en plena Guerra Fría, esbozó un plan de red de computadoras y lo presentó ante el consejo de ARPA (Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados), donde convenció

a los presentes de tener una red que sea invulnerable a un ataque soviético, ya que se podían conectar los computadores entre ellas y tener la información compartida. Fue en esos momentos donde nació ARPAnet, el cual fue el precursor de Internet.

Las arquitecturas de las computadoras tradicionales fueron evolucionando del Mainframe, el cual era un computador centralizado, hasta la del cliente-servidor según nos cuenta Oluwatosin (2014). Esta arquitectura es una de las más importantes donde una aplicación se modela como un conjunto de servicios proporcionados por los servidores en línea, y un conjunto de clientes que usan los servicios de dichos servidores. En este tipo de sistema los clientes necesitan conocer qué servidores están disponibles y los servicios que éstos proporcionan, pero normalmente no conocen la existencia de otros clientes. En este modelo arquitectónico clientes y servidores son procesos diferentes.

Según el mismo Cabaca (2018), no fue sino hasta el año de 1996 cuando la empresa COMPAQ presentó un plan de negocio llamado “Cloud Computing”, liderado por George Favaloro y un técnico llamado Sean O’Sullivan. Era la primera vez que se utilizó el término de computación en la nube (Figura 2).

Simultáneamente, y bajo el concepto del “ciclo largo” de la computación clásica, Harrison (2014) nos dice que singularmente se vieron cambios drásticos en muchas empresas tecnológicas e innovadoras del mundo. Pocos notaron cómo empresas como IBM iban vendiendo sus activos. Dichas empresas visionaron que en el futuro las tecnologías que tenían en el momento, no les iba a dar los réditos a los cuales estaban acostumbrados, como por ejemplo el área de impresoras y el de laptops. Visualizaron que la arquitectura cliente/servidor se pondría obsoleta, tercerizaron el soporte y mantenimiento, y de esta forma se dedicaron a la investigación para el futuro y al de encontrar una nueva arquitectura informática. En base a estas innovaciones, surgió la arquitectura en la nube, basada en una serie de suministros globales habilitadas por internet, el cual conllevó a un cambio filosófico en el pensamiento del cliente y del pensamiento ortodoxo computacional, ya que hacía que el cliente no piense más en abastecerse de tecnología informática, sino más bien de tener un centro de computación en algún lugar que le dieran las mismas facilidades que su centro informático, y en el cual no tuviese costos de mantenimiento, costos de personal técnico y costos de renovación tecnológica. A su vez, esto hizo que los mismos proveedores de la nube puedan proveer módulos pre programados para que el cliente, como si fuera un juego de mecano, pueda ir armando el sistema que necesitase para su empresa. Este empuje de innovación, más la creciente solicitud de los clientes, hizo que en forma colateral surjan empresas que hiciesen desarrollos generales para dichas nubes, lo cual facilitó aún más el ingreso de más clientes.

Sin embargo, hay que decir que la evolución de la computación clásica hacia la nube no hubiese tenido mucho avance si no hubiera ido de la mano con la evolución de las tecnologías de las redes móviles como la 2G, 3G, 4G y 5G, las cuales generaron que el internet y la conexión a la nube fuese mucho mejor. Esta evolución, la podemos ver en el cuadro de la tabla 1.

TABLA 1
Evolución de las redes de Comunicaciones

Technology Features	1G	2G	3G	4G	5G
Start/Deployment	1970-1980	1990-2004	2004-2010	Now	Now
Data Bandwidth	2kbps	64kbps	2Mbps	1Gbps	Higher than 1Gbps
Technology	Analog Celular Technology	Digital Celular Technology	CDMA 2000 (1xRTT, EVDO, UMTS, EDGE)	Wi-Max LTE Wi-Fi	WWWW
Service	Mobile Telephony (voice)	Digital Voice, SMS, Higher capacity packetized data	Integrated high-quality audio, video and data	Dynamic information access, Wearable devices	Dynamic information access, Wearable devices with AI capabilities
Multiplexing	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit, Packet	Packet	All Packet	All Packet
Core Network	PSTN	PSTN	Packet N/W	Internet	Internet

Generation Communication Network.” - Evolution of Mobile Wireless Communication Networks-1G to 5G (Sharma, 2013).

González et al. (2020) afirma en su tesis que hay una barrera muy grande para que todos los seres humanos tengan internet y son los costos, ya sea por las redes cableadas, las redes móviles o los satélites. El núcleo del internet es la fibra óptica y atraviesan mar y tierra. Las conexiones móviles dependen de las torres de telefonía celular y finalmente el internet satelital, que viene a ser el medio más lento para conectarse en línea, pero que viene a ser la única opción para poblados alejados de la civilización o para embarcaciones en alta mar. La lentitud de la transmisión satelital se explica por la distancia que tienen que recorrer las señales entre los satélites y el usuario.

Desde el 2020 ya se tiene implementada la tecnología 5G y en donde no sólo se ofrece mayor ancho de banda, sino que permitirá el desarrollo de servicios en millones de dispositivos que comparten información. Todos gozarán de una comunicación con conexión plena. Ya no se tendrá el problema de la baja velocidad a medida que aumentaba el número de dispositivos conectados.

Gracias a esta evolución de las redes fue que el concepto de trabajar con un data center remoto se torna muy familiar. Hoy en día es común escuchar hablar de la computación en la nube, y también, el saber que personas privadas y empresas de toda índole, tienen algún tipo de procesamiento basado en la nube y que necesariamente tienen que interactuar con esos proveedores para poder conseguir las facilidades necesarias para lo que quieren emprender.

En su artículo Miner (2020) nos dice, sin embargo, y a pesar de que la nube todavía no llega a ser de uso mayoritario, ya se puede hacer una evaluación de lo que involucra usar los servicios de proveedores de nubes, y podemos decir que las ventajas/desventajas que ofrecen son las siguientes:

TABLA 2
Ventajas y desventajas de la computación en la nube

Ventajas	Desventajas
Pago por uso	El tener que conectarse a Internet
Los recursos pueden ser escalados de acuerdo con demanda	Las pruebas y las transferencias de datos
Están disponibles modelos previamente probados	Costos potencialmente más altos en comparación con el hardware interno
Algunos proveedores de nube proporcionan interfaces de usuario de alto nivel que no requieren un conocimiento profundo	Pueden tener soporte limitado para diferentes lenguajes y marcos, por ejemplo: Amazon es compatible con TensorFlow y otros marcos de ML; Google Cloud ML es compatible con TensorFlow y scikit-learn;
Algunos proveedores también ofrecen formación gratuita basada en la red	Azure Machine Learning admite marcos de aprendizaje automático basados en Python, como TensorFlow y PyTorch.

Varona (2020) explica en su publicación, que la computación clásica y su computación en la nube, llegaron a su cima y cumplieron su “ciclo largo” cuando el mundo informático se dio cuenta que muchos procesos de investigación y simulaciones informáticas no podían hacerse con la tecnología que se estaba empleando. Por más que los microchips redujeron la velocidad de procesamiento haciéndose más pequeños, tanto que llegaron al tamaño de nanómetros, se estaba llegando a un punto donde no se podía reducir más; porque comenzaba a producirse lo que se llamó el “efecto túnel”, donde los electrones se salen de los canales del circuito por donde deben circular.

3.2. ¿Cómo acceder y trabajar en la nube?

Ante todo, hay que considerar que un sistema en la nube consta de un proveedor de la nube, uno o varios centros de datos y clientes (también llamados usuarios de la nube) que solicitan recursos de la nube (Figura 3).

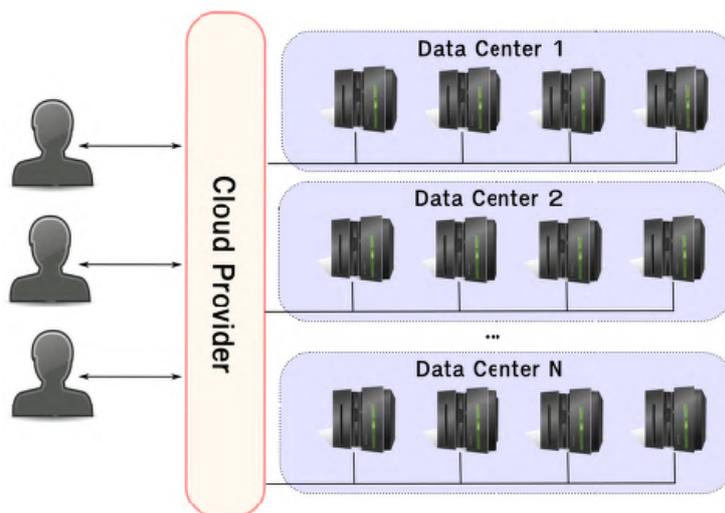


FIGURA 3
Vista global de interacción del sistema en la nube

Si uno quiere trabajar con un proveedor de servicio en la nube, accede y crea su usuario. Por lo normal, el proveedor le va a solicitar inscribirse y también registrar una tarjeta de crédito para cualquier requerimiento que haga el usuario.

Dentro de las facilidades que proveen en la nube, nos brindan un catálogo con todo lo necesario que el usuario puede necesitar para el uso del servicio de nube.

Hay tres tipos básicos de modelos de servicios de computación en la nube: Infraestructura como servicio (IaaS), Plataforma como servicio (PaaS) y Software como servicio (SaaS) en la Figura 4 se muestran todos los modelos de servicio (Noor et al., 2018).

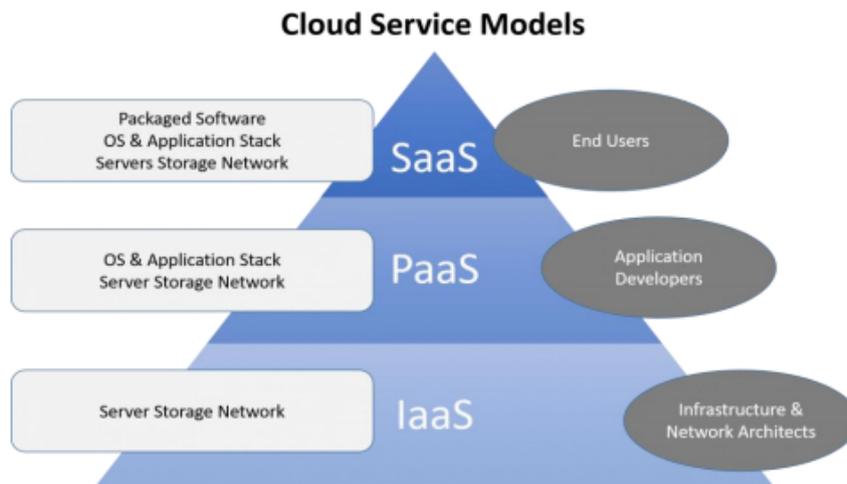


FIGURA 4
Modelos de servicios en la nube (IaaS, PaaS y SaaS)
(Noor et al., 2018).

Infraestructura como servicio (IaaS)

La infraestructura como servicio es el modelo que forma la base para el despliegue de la tecnología que se busca en la nube. A través de un proveedor seleccionado, se obtiene acceso bajo demanda a través de

la Internet, y la mayoría de servicios primarios de TI, tales como computación, almacenamiento, redes y a través de los cuales un cliente puede instalar y administrar máquinas virtuales, incluidos sistemas operativos y aplicaciones (Rashid, Hussein, et al., 2018)(Rashid, Zebari, et al., 2018)(Subhi et al., 2019). El cliente no maneja la infraestructura de la nube, pero puede tener control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones, y puede tener poco control sobre los componentes de red seleccionados (por ejemplo, firewalls) (Miyachi, 2018). Ejemplo: Amazon (EC2) ofrece servicios físicos y virtuales a los clientes, incluidas las especificaciones del consumidor, la memoria, el sistema operativo y el almacenamiento (Almubaddel & Elmogy, 2016)(Obaid et al., 2020). Como proveedor de servicios, IaaS proporciona acceso a un flexible recurso de hardware de última generación que puede ser escalado para satisfacer las necesidades de procesamiento y almacenamiento del negocio. Además, provee un paquete centralizado y completamente automatizado, que posee y aloja un proveedor de servicios y brinda a los clientes servicios informáticos acompañados de instalaciones de almacenamiento y redes, previa solicitud (Mohan et al., 2017). Definitivamente, libera a la organización del cliente de toda responsabilidad de administración y mantención.

Las características de la IaaS según Almubaddel & Elmogy (2016) son:

- Los servicios de infraestructura están distribuidos
 - La dinámica está permitida
 - Tiene un costo variable
 - El modelo de precio de la utilidad
 - Requiere múltiples usuarios en una herramienta de recursos
 - Autoservicio y autoabastecimiento

Plataforma como servicio (PaaS)

La Plataforma como servicio es el modelo de servicio en la nube en el que se accede a múltiples herramientas combinadas de hardware y software a través de proveedores de servicios. Proporciona un marco o medio aceptable para que el desarrollador cree aplicaciones y programas y los distribuya en la red sin tener que instalar o administrar el entorno de producción. Para ejecutar el software disponible o crear y probar el último, PaaS permite a los clientes alquilar servidores definidos por software y recursos adjuntos (Haji et al., 2018)(Osanaiye et al., 2019). El cliente no está a cargo del hardware de la nube, como servidores, bases de datos, middleware, redes, almacenamiento y sistema operativo. Sin embargo, el cliente controla las aplicaciones y su configuración (Bokhari et al., 2016). El motor de aplicaciones de Google y Microsoft Azure son los ejemplos más recientes de PaaS. Se centra en la creación y el uso de software en la nube por parte de implementadores y desarrolladores. La arquitectura multicapa es altamente escalable, p. Ej. Salesforces.com y Azure. Este modelo utiliza herramientas y / o bibliotecas que actúan como marco (Hussein & Khalid, 2016). Este servicio hace ahorrar dinero y tiempo al cliente, ya que no le dedica tiempo a la instalación y configuración de la arquitectura, centrándose únicamente en el desarrollo, ejecución y gestión de las aplicaciones.

Las características de PaaS para Almubaddel & Elmogy (2016) son:

- Arquitectura para multi-tenants
 - Acceso granular de seguridad / uso compartido (modelo de permisos)
 - Flujo de trabajo robusto de motor / capacidad
 - Dispositivo integrado escalabilidad
 - Incluido equilibrio de carga y conmutación por error
 - Interfaz de usuario personalizable / programable, (vii) personalización de base de datos ilimitada
 - Plataforma de integración escalable "habilitada para servicios"
 - Autoservicio y suministro
 - Pila de middleware preconstruida.

Software como servicio (SaaS)

Software como un servicio, es el modelo de servicio en la nube que da la oportunidad de utilizar aplicaciones en forma completa, ejecutarlas y gestionarlas por medio del proveedor de servicios. Se puede acceder a las aplicaciones a través de una interfaz de aplicación web, como un navegador (por ejemplo, un correo electrónico basado en la web) o la interfaz de la aplicación y desde dispositivos de cliente separados (Al-zebari et al., 2019; Jacksi & Zeebaree, 2015; Subhi et al., 2019). Con la posible excepción de una pequeña gama de configuraciones de dispositivos para los consumidores, el cliente no maneja ni monitorea la infraestructura de la nube, incluida la red, los servidores, los sistemas operativos, el almacenamiento o incluso las aplicaciones específicas. SaaS se centra en la interfaz del usuario final, ya que los usuarios finales pueden usar y administrar este software creado en la nube. Ejemplos de SaaS son CRM, aplicaciones de Google, Deskaway y Wipro w-SaaS (Miyachi, 2018). El SaaS hace que el cliente se libere para centrarse únicamente en cómo utilizar mejor ese software.

Un ejemplo común de SaaS es una solución de gestión de las relaciones con los clientes (CRM) basada en la web. Se almacenan y gestionan todos los contactos a través de CRM sin necesidad de actualizar el software a la última versión o de mantener el servidor y el sistema operativo en el que se ejecuta el software.

Las características de SaaS son (Almubaddel & Elmogy, 2016):

- Aplicaciones que están abiertas a los consumidores en cualquier momento
 - Los proveedores de SaaS no tienen sus aplicaciones alojadas en las instalaciones del cliente, sino que alojan el software ellos mismos a terceros
 - Se puede acceder a los programas mediante una interfaz web, que ofrece la funcionalidad y los datos relacionados desde prácticamente cualquier punto en el que se pueda acceder a una conexión a Internet. Esta disposición también permite que varios usuarios sean flexibles. Todavía deja cierta discreción del cliente en manos del cliente, por ejemplo, puede dividir la aplicación con sus clientes y gastar mucho mejor en ellos, y el modelo SaaS también ayuda a los usuarios a aceptar las actualizaciones y reparaciones de la aplicación de forma simultánea y fácil.

3.3. La mecánica cuántica

La evolución de la tecnología TI va desde la computación clásica, que se inició con los mainframes, siguiendo con la tecnología cliente-servidor y concluyendo con el tema tratado en el párrafo anterior; la computación en la nube. Inclusive, hay tecnologías colaterales que cumplieron su “ciclo largo” como las picadoras de tarjeta, las impresoras de punto, los computadores de escritorio, diskettes y solamente por nombrar algunas de ellas.

Para entender la computación cuántica, es necesario precisar algunos conceptos básicos y revisar su historia y evolución hasta ahora. Primero se realizará un retroceso en el tiempo para ver los orígenes de la ciencia, física o mecánica cuántica.

Cuando se habla de la mecánica cuántica, inmediatamente llega a nuestra mente lo aprendido en las clases de física: naturaleza atómica y subatómica, fuerzas electromagnéticas y hasta incluso, la galaxia atómica. Y efectivamente, aquí es donde se explica el comportamiento de la materia y la energía.

El estudio de la mecánica cuántica se remonta a inicios del siglo XX cuando en la física clásica se estudiaba temas de Gravitación Universal y de Teoría electromagnética; con estos temas se comprende lo complejo del tema y se busca una explicación al respecto. La mecánica cuántica confirma que toda materia atómica que está en equilibrio absorbe y emite energía. Posteriormente, Max Planck agregó a esto, que además de que la materia absorbe y emite Energía, lo hace en forma de cuantos de luz o fotones de energía (Figura 5).

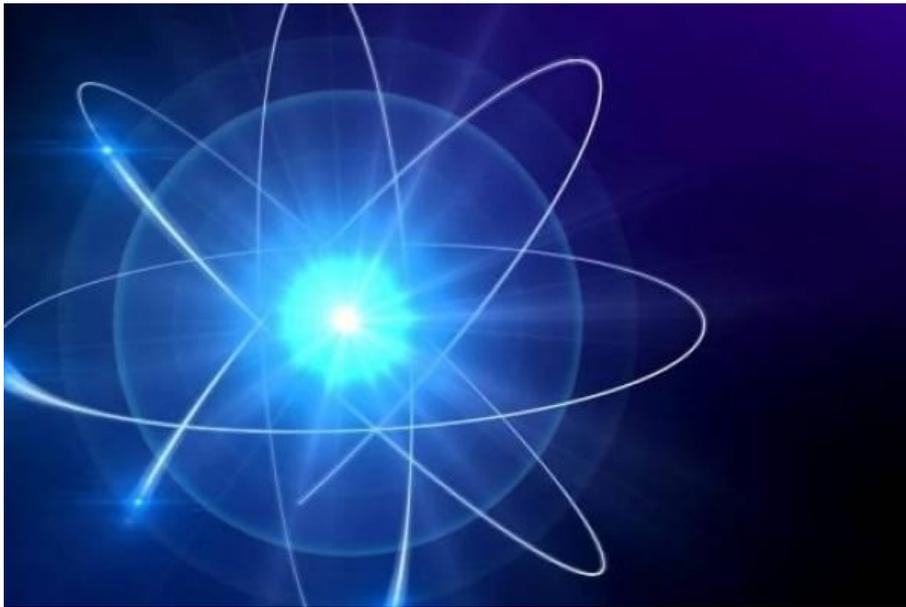


FIGURA 5
Átomo emitiendo y absorbiendo cuantos de luz o fotones de energía

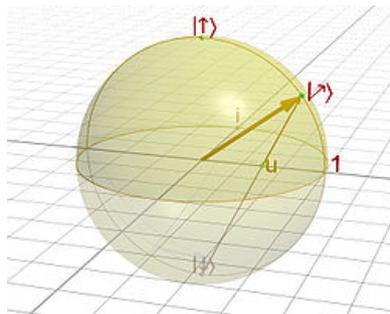


FIGURA 6
Esfera de Bloch

El describir el resto de las teorías cuánticas, sería más complejo, y en presente trabajo se detallarán únicamente los temas necesarios para una mejor comprensión y entendimiento del funcionamiento de la computación cuántica.

Ahora, para entender del tema es necesario imaginar la forma de poder saber la ubicación exacta de un cuanto de luz (quantum o fotón) en determinado momento del tiempo. Su movimiento es tan rápido que ni con la imaginación alcanza para determinarla o imaginarla. No se puede predecir o confirmar su posición de ninguna manera. Sin embargo; si se puede imaginar la ubicación en donde podría estar y se puede representar vectorialmente dentro de la Esfera de Bloch (Figura 6), esfera figurativa que se hace uso para su entendimiento. En la figura se visualiza que el vector que une el quantum con un punto de la esfera podría tener posiciones infinitas, dependiendo de donde se encuentre el quantum en ese momento. Inclusive, podría tener posiciones negativas para poder ubicarlo. Y si se utiliza la imaginación se puede profundizar un poco más, incluso se podría confirmar que puede estar en todos los estados al mismo tiempo. En el mundo cuántico una partícula puede poseer dos o más valores de una cantidad observable.

Varona (2020) dice en su trabajo que la primera persona en aplicar principios de la mecánica cuántica a la computación fue Paul Benioff en 1981. Posteriormente, Richard Feynman planteó que las computadoras cuánticas se basasen en las leyes de la mecánica cuántica, con lo cual podría hacerse cálculos muy complejos de forma muy rápida. Es él, quien acuñó el término “computador cuántico”. Para la época, estas ideas fueron

muy revolucionarias y tuvieron mucho asidero en la mente, ya que todo era teoría. Con esto se visualizó y confirmó que el comportamiento en los ambientes macroscópicos es muy diferente a los comportamientos en los ambientes cuánticos, es la diferencia entre la física newtoniana y la física cuántica, y es la diferencia entre la computación clásica y la computación cuántica. Mundos diferentes, lógica diferente.

3.4. La computación cuántica

La lógica de la computación cuántica es completamente diferente a la de la computación clásica. En la computación cuántica se introducen las leyes de la mecánica cuántica, mientras que, en la clásica, los bits pueden tomar valores de 0 ó 1; a diferencia de la computación cuántica, los bits cuánticos o qubits pueden tomar ambos valores a la vez, o incluso valores intermedios, tal como lo demuestra la Esfera de Bloch. Los qubits pueden estar en superposiciones cuánticas de 0 y 1, lo mismo que un fotón puede estar en superposiciones de la polarización horizontal y la vertical. Dos bits pueden representar los cuatro estados: 00, 01, 10 y 11, pero solamente pueden tomar uno de los cuatro estados. Un sistema de dos qubits también puede representar los cuatro estados 00, 01, 10 ó 11, pero podría tomar los cuatro estados a la vez. Y como se explicó en el capítulo anterior, esto permite que se puedan realizar varias operaciones a la vez, gracias al comportamiento del mundo cuántico. Si con dos qubits puede presentarse cuatro estados al mismo tiempo, con tres qubits serán 8 posibilidades en forma simultánea, entonces con 1000 qubits las posibilidades exponenciales serían mucho más grandes que las computadoras clásicas (Nuribal, 2020).

Siguiendo con Varona (2020), nos dice que durante los años 90 aparecieron los primeros algoritmos cuánticos y con ellos las primeras aplicaciones y máquinas capaces de realizar cálculos cuánticos. Y es en el año de 1998, que la Universidad de Oxford anunció que procesó información utilizando dos qubits.

Cuando miramos retrospectivamente, se puede asimilar los conocimientos y pensar en un mundo de ciencia ficción, donde las computadoras ya están al alcance de las personas y lo mejor de todo, uno ya puede experimentar con computadoras cuánticas en los cloud cuánticos que están al servicio de todo el mundo, desde empresas que ya tienen su espacio en dichos computadores, como en personas comunes que pueden conectarse para experimentar o aprender.

En estos momentos no se puede comparar la computación clásica con la cuántica. No se puede confirmar si una es mejor que la otra; sin embargo, se puede concluir que la clásica ya está en plena vigencia y con su crecimiento ínfimo, mientras que la computación cuántica está en pleno crecimiento y nos ofrece un futuro que en muchos casos es inimaginable.

Sin embargo, ya se avizora que las computadoras cuánticas superarán a las computadoras clásicas en muchas aplicaciones que las clásicas no las pueden manejar bien. Esto puede traer recuerdos a cuando teníamos una calculadora científica y las computadoras clásicas. Eran dos objetos muy diferentes, y aun así, los expertos confirmaban que las computadoras clásicas podían resolver problemas inimaginables. Ahora, se confirma que, en una analogía, que sucederá lo mismo. Mientras que la computación clásica ya tiene su sitio en los negocios, en la contabilidad, en la educación y en un sinnúmero de servicios, la computación cuántica se abrirá paso aumentando la velocidad en los procesamientos de datos científicos complejos, lo que traerá consigo grandes éxitos que seguirán potenciando la investigación y el desarrollo.

Zeilinger (2000) nos dice que un computador cuántico puede funcionar como una superposición de muchos datos de entrada a la vez. Puede, por ejemplo, ejecutar un algoritmo simultáneamente sobre un millón de datos de entrada utilizando sólo tantos qubits como bits necesitaría un computador ordinario para ejecutar el algoritmo una sola vez sobre un solo dato de entrada. Los algoritmos que se ejecutan con computadores cuánticos pueden resolver ciertos problemas más deprisa (con menos pasos de computación) que cualquier algoritmo conocido ejecutado en un ordenador clásico.

Además, Zeilinger (2000) nos explica en su artículo que la teletransportación ya es un hecho, pero no en los términos de transportar humanos, sino en el de transferir qubits de un lado a otro. Al hacer esta transferencia,

solamente se está transmitiendo información, y la velocidad de esta solamente tiene el límite de la velocidad de la luz. Por ahora, la teletransportación humana todavía quedará en la ciencia ficción.

La teletransportación consiste en que se pueda transferir información de A a B, sin que esa información siga un rastro. Lo normal cuando enviamos información de A a B es que haya entre ellas una línea telefónica u ondas de radio y cualquier otro medio de transporte. En la teletransportación cuántica ya no habrá nada de eso (Vodafone, 2016).

Si seguimos pensando en comunicaciones, veremos que el construir satélites cuánticos para transferencia de información y con la teletransportación, los datos se transmitirían a la tierra a la velocidad límite con la que viajan los fotones, el de la luz.

Díaz Domínguez (2010) nos habla en su artículo que los métodos de criptología actual basan su seguridad en la enorme cantidad de cálculos que tendría que realizar una computadora moderna para descifrar claves de seguridad que en promedio tomaría años en lograrlo. Sin embargo, nos dice que, con la computadora cuántica, esos mismos cálculos se realizarían en cuestión de minutos, haciendo vulnerable todos los métodos criptográficos actuales. Esto conlleva que, en la actualidad, se vienen desarrollando nuevos métodos de criptografía que sean intrínsecamente invulnerables aún frente a la computadora cuántica.

Con la computación cuántica todavía se está experimentando, pero se prevé aplicaciones muy revolucionarias como, por ejemplo:

Finanzas: Mejoras en los sistemas de detección de fraude y de simulación. Mayor optimización de las carteras de inversiones

Biomedicina: Nuevas investigaciones del ADN humano, demasiado complejo para los ordenadores convencionales. Personalización genética de tratamientos médicos

Ciberseguridad: La computación cuántica amenaza los sistemas actuales de encriptación, pero también ofrece una nueva técnica para asegurar el envío de comunicaciones sensibles. Con esta técnica, basada en el envío de señales lumínicas, cualquier intrusión del sistema es automáticamente detectada

Movilidad y transporte: Los ordenadores cuánticos son muy útiles para un diseño más eficiente: Airbus cuenta con un ordenador cuántico para optimizar cada centímetro de sus naves analizando todas las variables físicas de la navegación. Además, los qubits darán un enorme salto cualitativo a los sistemas de planificación del tráfico y optimización de rutas

La computación cuántica todavía está en sus inicios; por ello, el construir las computadoras requiere un desafío muy grande en cuanto a tecnología e inversión. Todavía se mantiene en secreto el modo de construirlos y el modo en que se manejan; y para poder crear sus algoritmos requiere pensar de una forma diferente, requiere que el desarrollador pueda cambiar su chip.

La computación cuántica ya está sobre la mesa. Ahora toca ver la infinidad de aplicaciones que se pueden obtener de ella.

3.5. Principales proveedores de computación cuántica en la nube

La computación en la nube se viene expandiendo desde hace muchos años, y por ende los proveedores se van proliferando. Los servicios que se ofrecen en forma comercial computación en la nube están creciendo cada día más, y lo que se ha visto en los últimos 2 años, es una carrera acelerada para ofertar servicios. En este capítulo se hará una breve reseña de los principales proveedores de computación cuántica en la nube que se tiene en el mundo.

TABLA 3
Principales servicios de 4 proveedores de servicios en nube

	IBM	Google	AWS	Azure
Servicios de Computación en nube	Cloud Foundry	Compute Engine	Amazon EC2	Virtual Machines
	IBM Cloud Code Engine	Migrate for Compute Engine	Amazon Elastic Container Service	Container Instances
	IBM Cloud Bare Metal Servers	App Engine	Amazon Lightsail	App Service
Servicios de Redes de nubes	Domain Name Services	Virtual Private Cloud (VPC)	Amazon VPC	Azure Virtual Network
	IBM Cloud Content Delivery Network	Cloud DNS	Amazon Route 53	Azure DNS
	IBM Cloud Direct Link	Cloud CDN	AWS Direct Connect	Azure Content Delivery Network
	IBM Cloud Internet Services	Cloud Load Balancing	Elastic Load Balancing	Azure Load Balancer
Servicios de Transferencia de Datos	IBM Cloud Backup	Cloud Storage	Amazon EBS	Disk Storage
	IBM Cloud Block Storage	Persistent Disk	Amazon EFS	File Storage
	IBM Cloud File Storage	Cloud Filestore	Amazon S3	Elob Storage
	IBM Cloud Mass Data Migration	Data Transfer Services	Data Transfer Services	
Servicios de Seguridad en la nube	IBM Cloud App ID	Cloud IAM	Amazon Cognito	Azure Active Directory
	IBM Cloud Certificate Manager	Cloud Audit Logs	AWS Shield	Key Vault
	IBM Cloud Data Shield	Cloud Security Commander Center	AWS Security Hub	Azure Security Center
	IBM Cloud Hardware Security Module		AWS Firewall Manager	
Servicios de Análisis de la nube	IBM Analytics Engine	BigQuery	Amazon Athena	Data Lakes Analytics
	IBM Cloud SQL Query	Cloud Dataflow	Amazon EMR	HD Insight
	IBM DB2 Warehouse on Cloud	Google Data Studio	Amazon Redshift	Azure Synapse Analytics
Servicios de BD en la nube	IBM Cloud DB for Elasticsearch	Cloud SQL	Amazon RDS	Azure SQL Database
	IBM Cloud DB for EnterpriseDB	Cloud Bigtable	Amazon DocumentDB	Azure Cosmos DB
	IBM Cloud DB for etdc	Cloud Spanner	Amazon Managed Apache Cassandra Service	Azure Database for MySQL
Servicios de Inteligencia Artificial	IBM Watson Assistant	AI Platform	Amazon Comprehend	Azure Bot Service
	IBM Watson Discovery	Vision AI	Amazon Polly	Bing Custom Search
	IBM Watson Knowledge Studio	Speech-to-Text	Amazon Translate	Machine Learning Studio
Servicios de cadenas de bloques de nubes	IBM Blockchain Platform		Amazon Managed Blockchain	Azure Blockchain Service
			Amazon Quantum Ledger Database	Azure Blockchain Workbench
				Azure Blockchain Tokens
Principales IO disponibles	IBM Edge Application Manager	Cloud IoT Core	AWS IoT Core	Azure IoT Hub
	IBM Watson IoT Platform	Edge TPU	AWS IoT Button	Azure IoT Central
			AWS IoT Analytics	Azure IoT Edge

IBM

Wooton (2017) indica que IBM fue uno de los primeros en lanzar el servicio de Quantum, servicio Quantum (QAAS) en mayo del 2016. En esta primera versión, los usuarios sólo podían usar el GUI y conectarse al HW. Sin embargo, faltaba la interacción de código, y en marzo del 2017 lanzó Qiskit, para que el usuario pueda experimentar con un procesador cuántico y el simulador.

La nube de IBM para la tecnología Quantum incluye, para cualquier usuario común, acceso a tutoriales para el uso del computador, prototipos y a un libro interactivo. A febrero del 2021, existían más de 20 dispositivos en el servicio, seis de los cuales estaban disponibles gratuitamente para el público. Con este servicio gratuito, se podían ejecutar algoritmos, experimentos y tutoriales sobre todo lo que podía ser posible con la computación cuántica.

IBM es una de las empresas tecnológicas que tiene más avanzada su oferta de computación cuántica mediante el cloud computing, gracias a su servicio en la nube IBM Quantum Experience. En estos momentos hay muchos investigadores académicos que han hecho publicaciones de las experiencias que tuvieron con la utilización de esta nube, así como también los profesores académicos hacen que sus alumnos lo utilicen con ejemplos e investigaciones.

Amazon Web Service (AWS)

Amazon nos dice que en el año 2019 se lanzó Amazon Braket. Esta nube permite a sus clientes experimentar con diferentes tipos de hardware cuántico, cada uno con una implementación física diferente. Cuando salió para su uso, AWS explicó que, por primera vez, era posible comparar diferentes tecnologías en paralelo y que se podía trabajar entre ellas cambiando solo una línea de código. Con esto, se dijo que la computación cuántica encajaría en una infraestructura de TI basada en la nube, trabajando junto con otros recursos computacionales, combinando complejos problemas operativos como la usabilidad, la seguridad y la administración de recursos. Amazon también lanzó su kit de desarrollo para la nube llamado AWS CDK (Severini, 2021)(Vass, 2018).

Azure

Lopez Bravo (2021) refiere que Azure Quantum es un servicio de Microsoft Azure que se puede utilizar para ejecutar programas de computación cuántica o resolver problemas de optimización en la nube. Con las herramientas y los SDK de Azure Quantum, se puede crear programas cuánticos y ejecutarlos en diferentes máquinas y simuladores cuánticos.

El servicio Azure Quantum ofrece acceso a proveedores de dispositivos de computación cuántica y le permite ejecutar sus programas cuánticos Q# en hardware real. Q# es un lenguaje de programación de código abierto de Microsoft para desarrollar y ejecutar sus algoritmos cuánticos. Azure Quantum también ofrece la opción de ejecutar algoritmos en computadoras cuánticas simuladas para probar el código creado por el usuario (Lopez Bravo, 2021a).

Google Cloud Platform (GCP)

En su publicación, Varona (2020) nos dice que Google salió a la luz con su computadora Sycamore, una máquina cuántica que en sólo 200 segundos pudo ejecutar una tarea que a la supercomputadora más rápida del mundo le tomaría 10,000 años. Con esto, Google alcanzó de forma oficial la “supremacía cuántica”, es decir, que había logrado construir un dispositivo de computación cuántica que podía dar solución a problemas que la computación clásica no podía. Juntamente con esto, Google lanzó su Google Application Engine SDK para el desarrollo de programas cuánticos.

4. CONCLUSIONES

La evolución de la computación tradicional empezó de manera lenta y metódica, para que, con la llegada de las conexiones de redes, la internet y las velocidades de transmisión y almacenamiento, terminaran en la

Computación en la nube. Esta tecnología le ofrece a un individuo o empresa una nueva forma de realizar su trabajo en forma diaria, con lo cual hace que el cliente tenga todo lo necesario sin tener que gastar en mantenimiento de un Centro de Información. Es así que en la Computación en la nube podemos encontrar la mayoría de los servicios que nos ofrece la Informática, como por ejemplo la Infraestructura como Servicio (IaaS por sus siglas en inglés) que nos ofrece computación, almacenamiento, redes físicas y virtuales, sistemas operativos y aplicaciones; la Plataforma como Servicio (PaaS por sus siglas en inglés), por medio del cual un cliente puede acceder a múltiples herramientas de software y hardware para que pueda controlar todos sus aplicaciones y sus configuraciones en el ambiente creado; y finalmente tenemos el Software como Servicio (SaaS por sus siglas en inglés) en el cual una empresa en la nube nos ofrece aplicaciones completas que se ejecutan y gestionan por medio del proveedor de la nube.

Sin embargo, también la computación tradicional está llegando al final de su “Ciclo Largo”. Cada día es más difícil superar la velocidad de transmisión de datos en los microchips, haciendo que llegemos a un límite o al final del Ciclo. Es allí donde grandes empresas de computación iniciaron sus investigaciones de una nueva tecnología llamada Computación Cuántica, logrando que en este último quinquenio se lograra tener Clouds Cuánticos en forma comercial.

La tecnología cuántica todavía se encuentra en sus inicios. Con el correr de los años se irán descubriendo muchas más cosas en la cual será útil, como también, se irán inventando más tecnología para su mejor uso. Esto es como estar en los años 50 de la computación clásica. Según Mark Zuckerberg, la computación cuántica estará madura para el 2030 y nos traerá cosas sorprendentes.

Los físicos aseguran que la comunicación cuántica revolucionará la informática. Ellos manifiestan que esta tecnología enviará y recibirá datos sin rastro, sin cables y sin ondas, y por medio de satélites. Garantizar la seguridad y evitar el cibercrimen serán sus principales aplicaciones.

Como derivado de la comunicación cuántica, se prevé llegar a la criptografía cuántica, que será un método seguro de enviar información de un emisor a un receptor. Los especialistas dicen que será tan seguro, que será imposible descifrar el código.

Así mismo, y derivado también de la comunicación, se tendrá como objetivo utilizar la teletransportación para conectar los ordenadores cuánticos. Al final, la idea es tener criptografía cuántica en todo el mundo y teletransportación cuántica desde el satélite a la tierra, y de la tierra al satélite para conectar entre ellos varios ordenadores cuánticos en distintas ubicaciones. El futuro deparará el que se tenga una red de satélites cuánticos, lo que actualmente está muy inmaduro.

Por último, es muy importante subrayar que toda tecnología descubierta siempre tuvo una transición, y que, en muchos casos, no se supo de sus aplicaciones sino mucho después, cuando se juntaron el tiempo, la tecnología y la oportunidad.

AGRADECIMIENTOS

Vargas-Torres-Céliz, Ezequiel; Mollinedo-Chávez, Leonor; Lara-Baltazar, Grigori y Ricaldi-Arauzo, Reymer cumplieron el rol de Investigador y redactor del artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-zebari, A. A., Jacksi, K., Selamat, A., & Zeebaree, R. M. (2019). ELMS–DPU Ontology Visualization with Protégé VOWL and Web VOWL. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11(1), 478–485. <https://www.jardcs.org/abstract.php?id=97#>
- Almubaddel, M., & Elmogy, A. M. (2016). Cloud Computing Antecedents, Challenges, and Directions. *Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Cloud Computing*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/2896387.2896401>

- Bokhari, M. U., Shallal, Q. M., & Tamandani, Y. K. (2016). Cloud computing service models: A comparative study. *3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 890–895. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7724392>
- Cabaca, T. (2018). ¿Quién inventó el Cloud Computing? *MCPRO*. <https://www.muycomputerpro.com/2018/07/03/historia-cloud-computing>
- Díaz Domínguez, C. M. (2010). Introducción a la criptografía cuántica experimental: Distribución de una clave cuántica por aire libre [*Universidad Nacional de Ingeniería*]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1804>
- Garrido López, C. A. (2008). Historia de la computación [*Universidad de San Carlos de Guatemala*]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_2010.pdf
- González, J., Juan, & Núñez, A. (2020). Internet interestelar [*Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología*]. <http://www.idi-unicyt.org/wp-content/uploads/2020/07/INFORME-Jose-Juan-y-Aaron-verfion-final-16072020-.pdf>
- Haji, L. M., Zeebaree, S. R. M., Jacksi, K., & Zeebaree, D. Q. (2018). A State of Art Survey for OS Performance Improvement. *Science Journal of University of Zakho*, 6(3), 118–123. <https://doi.org/10.25271/sjuoz.2018.6.3.516>
- Harrison, C. (2014). Roads to Smarter Cities. In *Concept-Oriented Research and Development in Information Technology* (pp. 55–69). *John Wiley & Sons, Inc.* <https://doi.org/10.1002/9781118753972.ch4>
- Hussein, N. H., & Khalid, A. (2016). A Survey of Cloud Computing Security Challenges and Solutions. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14(1), 52–56. https://e-tarjome.com/storage/btn_uploaded/2019-02-27/1551264298_9355e-tarjome-English.pdf
- Jacksi, K., & Zeebaree, R. M. (2015). Effects of Processes Forcing on CPU and Total Execution-Time Using Multiprocessor Shared Memory System. *International Journal of Computer Engineering in Research Trends*, 2(4), 275–279. https://www.ijcert.org/issue_des.php?id=312
- Lopez Bravo, S. (2021a). Understanding quantum computing. *Microsoft*. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/quantum/overview-understanding-quantum-computing>
- Lopez Bravo, S. (2021b). What is Azure Quantum? *Microsoft*. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/quantum/overview-azure-quantum>
- Miner, R. (2020). Developing an AI project. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 51(4), 550–559. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2020.06.010>
- Miyachi, C. (2018). What is “Cloud”? It is time to update the NIST definition? *IEEE Cloud Computing*, 5(3), 6–11. <https://doi.org/10.1109/MCC.2018.032591611>
- Mohan, L., Pandey, R., Bisht, S., & Pant, J. (2017). A Comparative Study on SaaS, PaaS and IaaS Cloud Delivery Models in Cloud Computing. *International Journal on Emerging Technologies*, 8(1), 158–160. <https://www.researchtrend.net/ijet/pdf/41-S-834.pdf>
- Molina Montoya, N. P. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 5, 73. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Noor, T. H., Zeadally, S., Alfazi, A., & Sheng, Q. Z. (2018). Mobile cloud computing: Challenges and future research directions. *Journal of Network and Computer Applications*, 115, 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.04.018>
- Nuribal. (2020). Computación Clásica vs Computación Cuántica. *Nuribal*. <https://nubiral.com/computacion-clasica-vs-computacion-cuantica/>
- Obaid, K. B., Zeebaree, S., & Ahmed, O. M. (2020). Deep Learning Models Based on Image Classification: *A Review*. *International Journal of Science and Business*, 4(11), 75–81. <https://ijsab.com/wp-content/uploads/612.pdf>
- Oluwatosin, H. S. (2014). Client-Server Model. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 16(1), 57–71. <https://doi.org/10.9790/0661-16195771>

- Osanaiye, B., Ahmad, A., Mostafa, S., Mohammed, M., Mahdin, H., Zeebaree, S., Ibrahim, D., & Obaid, I. (2019). Network Data Analyser and Support Vector Machine for Network Intrusion Detection of Attack Type. *Revista AUS*, 91–104.
- Rashid, Z. N., Hussein, S. K., & Mohammed Zebar Sulaimani, S. R. (2018). Client/Servers Clustering Effects on CPU Execution-Time, CPU Usage and CPU Idle Depending on Activities of Parallel-ProcessingTechnique Operations. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 7(8), 106–111.
- Rashid, Z. N., Zebari, S. R. M., Sharif, K. H., & Jacksi, K. (2018). Distributed Cloud Computing and Distributed Parallel Computing: A Review. 2018 *International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, 167–172. <https://doi.org/10.1109/ICOASE.2018.8548937>
- Severini, S. (2021). Hello World. *Amazon Web Services*. <https://aws.amazon.com/es/blogs/quantum-computing/hello-quantum-world/>
- Sharma, P. (2013). Evolution of Mobile Wireless Communication Networks-1G to 5G as well as Future Prospective of Next Generation Communication Network. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(8), 47–53. <https://www.ijscmc.com/docs/papers/August2013/V2I8201317.pdf>
- Subhi, Z., Rizgar, Z., Karwan, J., & Dathar, A. (2019). Security Approaches For Integrated Enterprise Systems Performance: A Review. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(12), 2485–2489. <https://www.ijstr.org/final-print/dec2019/Security-Approaches-For-Integrated-Enterprise-Systems-Performance-A-Review.pdf>
- Vargas Guillen, G. (1987). Seis modelos alternativos de investigación documental para el desarrollo de la práctica universitaria en educación : el caso del Proyecto de Extensión REDUC. *Educación Superior y Desarrollo*, 5(3), 7–37. <http://catalogo.pedagogica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=167739#>
- Varona, B. (2020). Introducción a la computación cuántica - Parte I. *Techedge*. <https://www.techedgegroup.com/es/blog/introduccion-computacion-cuantica-i>
- Vass, B. (2018). National Quantum Initiative Act: An Important Step for American Leadership. *Amazon Web Services*. <https://aws.amazon.com/es/blogs/publicsector/national-quantum-initiative-act-an-important-step-for-american-leadership/>
- Villalobos Salazar, H. (2015). Del Mainframe al PC, una aproximación a la historia de la informática en la Universidad del Valle (1985-1990) [*Universidad del Valle*]. <http://hdl.handle.net/10893/15323>
- Vodafone. (2016). El teletransporte de información, clave para las comunicaciones del futuro. El Futuro Es Apasionante de Vodafone. https://www.youtube.com/watch?v=D50hOASNX_w
- Wooton, J. (2017). Quantum Battleships: The first multiplayer game for a quantum computer. *Medium*. <https://doku.medium.com/quantum-battleships-the-first-multiplayer-game-for-a-quantum-computer-e4d600ccb3f3>
- Zeilinger, A. (2000). Teletransporte cuántico. *Investigación y Ciencia*, 46–54. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/computacin-y-transporte-cunticos-317/teletransporte-cuntico-3320>