

Consistencias e Inconsistencias del Gato de Schrödinger en la Enseñanza de Mecánica Cuántica (Consistencies and Inconsistencies of Schrödinger's Cat in the Teaching of Quantum Mechanics)

Huber Nieto-Chaupis, Juan Alfaro-Cabanillas
Universidad Autónoma del Perú,
Panamericana Sur, Km. 16.3 Villa el Salvador, Lima, PERÚ
hubernietochaupis@gmail.com juanalfaroc@gmail.com

Abstract– El presente paper tiene como finalidad el de mostrar en una forma pedagógica y entendible para estudiantes de ingeniería que los principios de la Mecánica Cuántica aplicados al experimento mental llamado “Gato de Schrödinger” podrían ser confusos y crear conflicto entre la teoría cuántica y el sentido común. Para minimizar estas dificultades en un primer curso de física avanzada se ilustra la aplicación tangible del experimento mental en las prospectivas comunicaciones cuánticas.

I. MOTIVACIÓN

El presente paper ha sido trabajado con miras a dos muy importantes factores que hoy en día aparecen en casi todos los portales de comunicación el cual augura un pronto y eficiente establecimiento de estas nuevas y avanzadas tecnologías. Nos estamos refiriendo a la ingeniería cuántica el cual hoy día se traduce en los niveles más altos de la ingeniería de sistemas, y por lo cual uno espera una ponderada homologación tecnológica de lo que se ha avanzado en la computación clásica y su prospectiva computación cuántica.

El hecho que ya existan prospectos y viables implementaciones de la teoría de Mecánica Cuántica, nos anticipa en un futuro cercano a una sociedad gobernada por el Internet de las Cosas Cuántica, el cual va a automatizar las acciones sino que también toda esta dinámica estaría protegida en parte por las inquebrantables leyes de la Mecánica Cuántica así como por la mano del hombre en la implementación de robustos algoritmos.

Basado en lo anterior, pensamos que las tecnologías cuánticas podrían ser minuciosamente en los actuales syllabus de las carreras de ingeniería ligadas a la información y computación. La pregunta de investigación de este paper es: ¿Cuál sería el procedimiento en el cual los estudiantes hoy en día de la carrera de Ingeniería de Sistemas recibirían un coherente conocimiento que provee las bases de la física cuántica? Por otro lado, uno puede responder: Por medio de ejemplos emblemáticos que no solamente muestren el poder científico de la Mecánica Cuántica, sino que también motiven al estudiante de ingeniería de sistemas, que la carrera tiene una enorme congruencia con los cambios tecnológicos de los nuevos tiempos.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.464>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

II. ASPECTOS GENERALES

Con el descubrimiento de la Mecánica Cuántica y la invención de su aparato matemático [1], se han descrito con una gran precisión algunos fenómenos en el nivel microscópico y se han detallado sus funcionalidades por medio de sus postulados. A pesar que Mecánica Cuántica es una ciencia probabilística, ha sido exitosa en la predicción de las propiedades físicas por ejemplo del fotón e incluso la del bosón de Higgs creado en un tiempo infinitesimal después del Big-Bang [2]. La Mecánica Cuántica predice y explica la propiedad del spin de las partículas fundamentales que es imposible en la Mecánica Clásica o Newtoniana. El spin juega un papel crucial en las nuevas tecnologías del llamado computador cuántico, que explota las propiedades del spin del fotón para asociar información.

Entre las notables personalidades que se opusieron rotundamente con el aspecto probabilístico de la Mecánica Cuántica encontramos a Albert Einstein [3]. En efecto, como toda ciencia nueva, los primeros años de física cuántica estuvo sujeto a cuestionamientos en base a experimentos mentales como los llamados “Gedankenexperiments”.

Entre las principales razones históricas para desacreditar la Mecánica Cuántica se listan las siguientes:

- a.- El universo es único y no puede ser producto del azar,
- b.- Las leyes probabilísticas no se aplican a nuestro universo,
- c.- La simultaneidad existió desde el inicio de todas las cosas,
- d.- La naturaleza se basa en leyes determinísticas,
- e.- Todos los eventos en el universo tienen una causa,
- f.- La causa precede a cualquier acción en el universo,
- g.- El tiempo va en una dirección y es irreversible,
- h.- Nuestro espacio tridimensional es absoluto y es el único el cual encierra nuestro universo y todas las cosas.

La pieza clave de la Mecánica Cuántica es la ecuación de Schrödinger [4] el cual con \hbar la constante de Planck se escribe como la derivada de Φ con respecto al tiempo:

$$i \hbar \frac{d\Phi}{dt} = H \Phi$$

con i el número complejo $\sqrt{-1}$ y H el operador Hamiltoniano y que contiene los detalles de como el sistema gasta su energía ya sea en la forma cinética o potencial. A la función Φ se le denomina la función de onda [5].

Mecánica cuántica ha sido exitosa como se ha visto en la avalancha de nuevas tecnologías tales como: luz láser, micro electrónica, nano electrónica, física de partículas, nano medicina, y recientemente su uso ha visitado territorios ligados a la economía como investigado en los denominados bitcoins [6].

A pesar del notable éxito de la Mecánica Cuántica, esta nueva física ha sido cuestionada como tal debido al famoso experimento Einstein-Podolski-Rosen [7].

Recientemente se ha vinculado que vivimos en un multi universo el cual posee infinitos universos paralelos. Esta idea no es nueva pues desde el desarrollo de Kaluza y Klein [8] en los inicios del siglo XX se ha pensado que podrían existir extra dimensiones. En efecto en 1999 aparece el modelo de Randall-Sundrum [9] el cual propone que existe una cuarta dimensión espacial. Con la construcción y operación del Large Hadron Collider (LHC) en Suiza, vino el descubrimiento del Bosón de Higgs [10], partícula elemental propuesta en un modelo enteramente basado en Mecánica Cuántica. Aunque hasta la fecha no hay indicios que existe Supersimetría [11] en el universo, materia oscura y energía oscura, se cree que la Mecánica Cuántica aun está en desarrollo y que prominentes propuestas teóricas estarían en el camino de ser conocidas. De aquí surge la preocupación que un primer curso de Mecánica Cuántica tendría que ser sólido en conceptos y totalmente asequible a un estudiante del tercer año de la carrera de ingeniería.

Este paper tiene como objetivo el puntualizar algunos posibles puntos críticos que la teoría cuántica exhibe en sus Goldenplate [12] experimentos tales como el denominado gato de Schrödinger el cual, aunque a primera vista es sólido y destaca la parte robusta de la Mecánica Cuántica, podría ser interpretado en los vértices híbridos el cual la conceptualización cuántica coincide con la mecánica clásica y el sentido común.

Con la mejora continua en el currículo de los programas de ingeniería y la implementación de cursos modernos como, por ejemplo: Introducción a la Física Moderna, el cual contempla una sustancial fracción de contenido basado en la teoría cuántica. Este paper se enfoca en los detalles del experimento mental del gato de Schrödinger apuntando a una pedagógica estrategia el cual el estudiante de ingeniería puede hallar las ventajas del uso de la teoría cuántica en aplicaciones prácticas.

III. TEORÍA MATEMÁTICA DEL GATO DE SCHRODINGER EN MECÁNICA CUÁNTICA

A. Idea Principal

El experimento mental del gato de Schrödinger es muy simple: considere un gato encerrado en una caja el cual contiene un dispositivo en el que un mínimo roce hace que la

caja se vuelve fatal en el sentido que el gato deja de existir instantáneamente por la inhalación de un agente tóxico. Mientras la caja está cerrada entonces surgen dos escenarios:

- El gato está vivo,
- El gato dejó de existir.

Naturalmente uno puede expresar este evento mixto en términos de probabilidades:

- Probabilidad que el gato está vivo 50%,
- Probabilidad que el gato dejó de existir 50%.

Cuando se abre la tapa que cubre la caja se tiene únicamente una situación, bien esta vivo o dejó de existir. Esto significa que la observación hizo colapsar un estado. En términos de la Mecánica Cuántica se produjo el colapso de un estado cuántico también conocido como la función de onda. La pregunta que emerge es entonces:

¿Cómo se entiende el colapso?

- La desaparición total de un estado cuántico,
- La transportación del gato muerto a otro espacio,
- El estado del gato muerto es invisible,
- La existencia de un universo paralelo.

B. El Formalismo de la Mecánica Cuántica

Para calcular probabilidades se requiere la implementación del vector de estado o función de onda. Para entender esto considere por ejemplo la probabilidad $P(\mathbf{t})$ de encontrar una partícula en un segmento de distancia $0 < x < L$. Esta puede ser descrita por la integral de "0" a "L" del cuadrado de la función de onda por ejemplo $\mathcal{E}(\mathbf{r}, t)$ en la forma:

$$P(\mathbf{t}) = \int_0^L |\mathcal{E}(\mathbf{r}, t)|^2 d\mathbf{r}.$$

La función de onda del gato \mathcal{E} entonces puede escribirse como la suma como lo dicta el principio fundamental de superposición de la Mecánica Cuántica:

$$\mathcal{E} = \beta_1 \Phi + \beta_2 \Psi. \quad (1)$$

Con β_1 y β_2 las probabilidades de estar en el estado Φ (gato vivo) y Ψ (gato muerto) respectivamente. Estos estados cuánticos pertenecen a los sub espacios \mathcal{R}_1 y \mathcal{R}_2 donde el gato vive o no, respectivamente. Vale indicar que tanto \mathcal{R}_1 y \mathcal{R}_2 pertenecen al espacio de Hilbert \mathcal{H} de "N" dimensiones. En general el espacio \mathcal{H} contiene un número infinito de sub espacios.

Con aquello pasamos a la acción de abrir la caja. Aquí introducimos al "observador" etiquetado como "X" quien es el encargado de abrir la caja e informarnos si el gato vive o no. Esto se traduce matemáticamente como la proyección del estado \mathcal{E} sobre cualquiera de las dos posibilidades. Aquí sucede lo siguiente:

- La acción de abrir la caja es determinística, es decir se sabe con seguridad que el observador ha "decidido" abrir la caja.
- Sin embargo, en el lenguaje de la mecánica cuántica la acción de abrir la caja es una proyección "aleatoria" de la función de onda del gato \mathcal{E} sobre cualesquiera de sus dos posibilidades, está vivo o dejó de existir.

- La Mecánica Cuántica establece que el observador puede cambiar el estado del sistema.

De esta forma, optemos el camino en el cual **el observador abre la caja y lo encuentra vivo**. Esto significa que vamos a multiplicar a la Ec.1 por la función Φ en ambos lados como sigue:

$$\Phi \mathcal{E} = \beta_1 \Phi \Phi + \beta_2 \Phi \Psi \quad (2)$$

Ahora vamos a detallar el significado de cada uno de los componentes de esta ecuación:

1.- $\Phi \mathcal{E}$

Esto significa la proyección del estado general mientras la caja estaba cerrada sobre el estado del gato vivo. En un lenguaje de la mecánica cuántica se traduce como la amplitud de probabilidad de pasar del estado general \mathcal{E} al estado Φ . En la práctica esto se traduce a que por cada acción que se tome, una proyección del estado general otro ocurra de manera aleatoria. En el gato de Schrödinger, el observador no sabe si al abrir la caja encuentra al gato vivo o simplemente no vive más. Lo que encuentra el observador es un hecho aleatorio que depende de las probabilidades de los estados permitidos: vivo o muerto.

2.- $\beta_1 \Phi \Phi$

La multiplicación de dos funciones iguales $\Phi \Phi$ demanda incorporar el concepto de ortogonalidad. Esto quiere decir que las funciones de onda deben de satisfacer lo siguiente:

$$A B = \delta_{AB} \begin{cases} 1 \text{ si y solamente si } A=B \\ 0 \text{ si y solamente si } A \neq B \end{cases}$$

Con δ_{AB} conocido como el Delta de Kronecker. De esta forma al tener la misma función de onda multiplicada por sí misma, entonces este término queda.

3.- $\beta_2 \Phi \Psi$

Aquí se emplea también δ_{AB} resultando ser 0. Al ser cero este producto entonces anula la probabilidad β_2 el cual denota que no hay posibilidad que el gato ha muerto. En otras palabras, la posibilidad que el gato no está vivo es nula. De esta forma el gato vive y se tiene que

$$\Phi \mathcal{E} = \beta_1 \Phi \Phi = \beta_1 \quad (3)$$

Al ser la única posibilidad accesible entonces $\beta_1=1$ o equivalente decir que el gato vive con una probabilidad del 100%.

C. El Gato en Otros Sub Espacios de Hilbert

De acuerdo a los puntos previos, el gato simplemente está vivo y no existe ninguna contradicción con lo hecho y experimentado por el observador. Sin embargo, queda algunos puntos por aclarar:

- ¿Qué pasó con la probabilidad β_2 ?
- ¿Porqué β_1 absorbe el valor β_2 ?
- ¿Cuántos observadores existen?

Supongamos que en otro espacio existe un observador "Y" que abre la caja simultáneamente con el observador "X" y

encuentra al gato muerto. Entonces todo lo que se descrito anteriormente se aplica congruentemente. Y es lógico ya que si para "X" vive para "Y" está muerto. Para poder validar esta hipótesis entonces debemos modificar la construcción matemática de la función de onda del gato previo a la acción de abrir la caja.

Para llevar cabo esto, entonces debemos proyectar el estado del gato muerto en infinitas funciones de onda entre ellas también el estado del gato vivo. Esta suposición implica que existe al menos un sub espacio en donde el gato a pesar de vivir en nuestro universo, en otro universo está muerto. Matemáticamente hablando se tiene que

$$\Psi = \sum_q C_q \Omega_q \\ = C_1 \Omega_1 + C_2 \Omega_2 + C \Phi + \dots + C_{q-1} \Omega_{q-1} + C_q \Omega_q \quad (4)$$

done se observa que aparece el término $C \Phi$ con la probabilidad C un número muy pequeño pero diferente de 0. De aquí al evaluar la amplitud de probabilidad se usa la Eq. 2:

$$\Phi \mathcal{E} = \beta_1 \Phi \Phi = \beta_1 + \beta_2 C. \quad (5)$$

Se nota ahora que se tiene el producto $\beta_2 C = \wp$ el cual siendo C un número pequeño $\approx 10^{-6}$ por ejemplo, entonces \wp también lo es. Para ilustrar con números se tiene que luego de abrir la caja:

- La probabilidad de ver al gato con vida en nuestro universo es 99.999999%
- La probabilidad que el gato está muerto en otro universo es de 0.000001%.
- La muerte del gato en nuestro universo o sub espacio, es un evento invisible pero real de acuerdo a la Mecánica Cuántica.

Claramente de los ítems de arriba se pueden interpretar como una contradicción de la teoría cuántica basado en la experiencia del observador más que una cuestión probabilística.

Aquí abajo se listan algunos puntos:

- La observación que el gato está vivo es única y absoluta.
- El gato no puede estar vivo y muerto a la vez. Es imposible la simultaneidad.
- La información final que el gato está vivo o muerto viene del observador quien es el que abre la caja. Se asume que el observador dice la verdad.
- La hipótesis que el gato está muerto con una probabilidad del 0.000001% a pesar que el observador ha visto al gato vivo quiebra el sentido común.
- Los otros sub espacios o universos que podrían existir no son observados por lo tanto no existen y el gato está vivo.

Claramente para conciliar el resultado de la Mecánica Cuántica con la realidad debemos asumir lo siguiente:

- La observación hace colapsar la función de onda del gato en el estado muerto.
- El colapso de la función de la onda es instantáneo y es irreversible.
- La observación produce un cambio en el sistema.

- La observación no es absoluta y por ende existen errores.
- La función de onda evoluciona junto con los cambios producidos por la observación.

Debemos enfatizar que, si bien la observación hizo colapsar el estado del gato muerto, esto no significa que el estado desapareció. Por el contrario, el estado del gato muerto ha pasado a un concreto sub espacio **el cual no puede acceder el observador**. De aquí uno puede ver que el colapso del estado del gato muerto deja de estar al alcance del observador y teóricamente pasa al rango de percepción de otro observador "Y" que no existe en el universo del observador "X". Claramente por observador nos referimos también a un aparato con la capacidad de percibir y procesar una información (computadora, programa informático, robot, célula, etc), y no necesariamente tiene que ser un humano. Como veremos en la siguiente sección, una aplicación inmediata del gato de Schrödinger está en el territorio de las comunicaciones que requieren ser encriptadas para no vulnerar el secreto de la información por acción de espías.

En la Fig.1 se ha esquematizado el sub espacio \mathcal{R}_2 (gato muerto) el cual contiene una porción infinitesimal del sub espacio \mathcal{R}_1 el cual contiene el evento que el gato vive. Desde luego que la figura puede incluir un infinito número de sub espacios. De hecho, que mientras más grande es el número de sub espacios que contiene \mathcal{R}_2 entonces la probabilidad que el gato se encuentre muerto deja de ser 0. Por ejemplo, supongamos que \mathcal{R}_2 contiene 10 millones de subespacios entonces la probabilidad que exista uno de ellos en donde el gato está vivo es $\approx 10^{-8}$ resultando en la práctica ser un número casi despreciable.

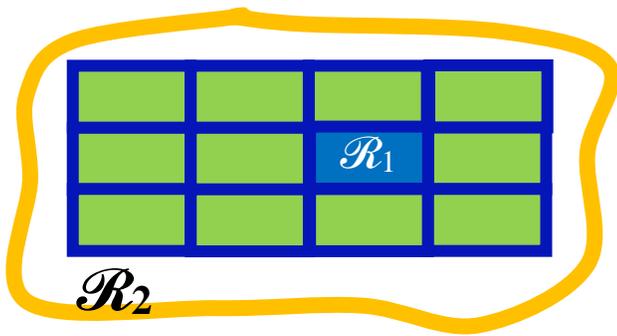


Fig. 1.- Esquema del sub espacio \mathcal{R}_2 que encierra el evento que el gato está muerto. Sin embargo, este podría contener \mathcal{R}_1 el sub espacio que contempla el hecho que el gato está vivo.

IV. APLICACIONES: COMUNICACIONES CUÁNTICAS

Una aplicación del gato de Schrödinger está en el campo de las comunicaciones cuánticas. Suponga que Alice desea enviarle la clave secreta de su tarjeta de ahorros a Bob. Alice no confía en el teléfono ni el Internet. De esta forma Alice opta por el uso de un canal cuántico. Es decir, Alice contrata los servicios de una red privada de comunicación basada enteramente en los principios de la Mecánica Cuántica.

Entonces Alice decide encriptar su clave de "N" dígitos en los estados de polarización del fotón [13][14][15]. De esta forma, Alice envía la clave en términos de una cadena de 11 bits por medio de una función de onda Γ :

$$\Gamma = r_1 \mathcal{R}_1 + r_2 \mathcal{R}_2 + \dots + r_{10} \mathcal{R}_{10} + r_{11} \mathcal{R}_{11} \quad (6)$$

Ahora Bob requiere conocer la clave secreta. Para esto Alice usa el teléfono y le dice los estados que van a construir la clave secreta. Bob espera la señal enviada con un hardware que se resume en la función de onda \mathbf{B} . Desde luego que cualquier operación de la forma $\mathbf{B} \Gamma = \mathbf{0}$ anula el envío de bits y Bob jamás podría recibir la clave secreta.

Entonces Alice le dice por teléfono a Bob que prepara su hardware para recibir a los fotones con los estados $\mathcal{R}_3, \mathcal{R}_5, \mathcal{R}_9$ y \mathcal{R}_{11} . Entonces Bob prepara su estado cuántico en la forma

$$\mathbf{B} = b_1 \mathcal{R}_3 + b_2 \mathcal{R}_5 + b_3 \mathcal{R}_9 + b_4 \mathcal{R}_{11} \quad (7)$$

Entonces la acción de recibir el paquete de bits de Alice es análoga al gato de Schrödinger en cuanto se abre la caja. Entonces se tiene que existe una transición cuántica del estado de Alice Γ al estado de Bob \mathbf{B} . De aquí la multiplicación de ambos estados resulta en:

$$\mathbf{B} \Gamma = b_1 r_3 + b_2 r_5 + b_3 r_9 + b_4 r_{11} \quad (8)$$

Si asociamos una probabilidad (aleatoriamente) a los números de arriba entonces cuando se extraen estos de un generador de números random se tiene que:

$$\mathbf{B} \Gamma = (0.9)(0.2) + (0.1)(0.7) + (0.8)(0.3) + (0.2)(0.6) = 0.61$$

Bob mira su table de probabilidades el cual ya Alice le había compartido y ve que a la probabilidad 0.61 se le asocia una clave 1995 (por ejemplo el año que nació Alice). De esta forma Bob ha recibido la clave con la seguridad de que nadie observó este número es del 100%.

A. El Colapso del Espía Cuántico

Aunque aún siendo una red cuántica, hay un chance, aunque sea mínimo de que exista alguna acción de espionaje para observar la clave transferida de Alice a Bob. Sin embargo, para cualquiera que quiera espiar o interceptar la clave debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- El espía debe tener su función de estado cuántico en plena coherencia a la existencia del estado cuántico de Alice.
- El espía tiene una probabilidad de acceder a la red cuántica en cualesquiera de sus segmentos.
- El espía debe tener su estado cuántico en sub espacios iguales o diferentes a los de Alice.

Supongamos que el espía es muy limitado en tecnología y su software asociado a la observación de bits tiene como función de onda o estado cuántico a una modesta cadena de bits dado por:

$$E = \gamma_1 \mathcal{F}_1 + \gamma_2 \mathcal{F}_2$$

Cuando el espía realiza la interceptación del estado de Alice, hace también exactamente lo mismo con respecto a la acción de abrir la caja y mirar al gato si está vivo o muerto. De esta forma, en el lenguaje de la Mecánica Cuántica se lleva a cabo la transición del estado E al estado Γ .

Uno puede ver que el producto es idénticamente a cero ya que ni Alice ni el espía comparten estados similares. En otras palabras, el espía al “mirar” el estado de Alice hizo sin ninguna intención colapsar su propio estado. Desde luego que el espía vive y no se tuvo ningún impacto sobre él. Lo que aquí se tiene es que ha colapsado la acción de la observación cuántica del espía en la cadena de bits enviada por Alice, así como colapsa también toda propiedad cuántica hecha por el espía. Esto significa que:

- El espía jamás sabrá qué información envió Alice a Bob ya que su estado cuántico después de la interceptación colapsó (ver Fig.2).
- El colapso ocurre porque es prácticamente imposible que el espía coincida con alguna parte de los estados cuánticos enviado por Alice.
- Aunque es poco probable que el espía ha “mirado” la información enviada por Alice, esto podría ocurrir en un universo paralelo. Sin embargo, la probabilidad que en ese universo paralelo el espía pueda reconstruir la clave enviada y retirar dinero del mismo banco en el cual Alice y Bob juntan su dinero, es visto como una fuerte contradicción de la teoría cuántica y aparece muy lejos del sentido común y la realidad tangible.

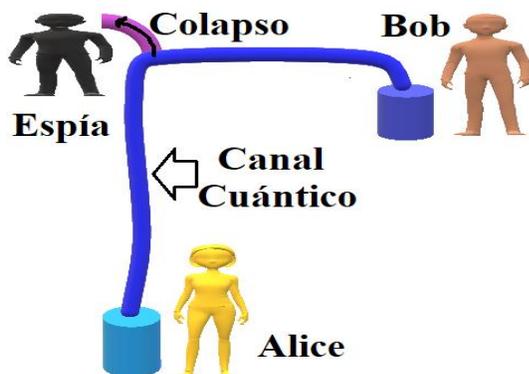


Fig. 2.- Esquema del envío de la clave encriptada de Alice a Bob con la interceptación de un espía cuya observación colapsa su estado.

V. BLOCKCHAIN Y CROPTOMNEDAS

Otra notable aplicación del gato de Schrödinger está en el campo de las ciencias de la computación y la economía moderna. En efecto, como investigado en [16], el formalismo de la Mecánica Cuántica aparece idóneo para modelar el flujo de las llamadas “criptomonedas” en entornos de “blockchain”. La idea detrás de esto es la anonimidad de las transacciones de remesas entre dos participantes. Normalmente, un cliente

obtiene una cuenta del banco para que con aquello pueda transferir dinero a terceros, así como realizar pagos en la Web en las denominadas compras online, el cual la venta se lleva a cabo por medio de una institución acreditada tales como los bancos o instituciones similares con permiso para proceder en la mediación de los procesos entre los compradores y vendedores. Sin embargo, existe una probabilidad en la cual:

- La clave del pagador sea hackeada,
- Los datos y privacidad del comprador sean reveladas,
- Exista fraude y el comprador sea estafado,
- El banco impone altas comisiones en la transferencia de dinero.

Claramente. Todos estos puntos podrían alejar a los potenciales clientes y de esta forma todo el paquete de negocios online de perfil emergente podría ser desactivados. Ante esta realidad, aparece el concepto del “bitcoin” el cual es un tipo de dinero encriptado el cual solamente conoce el pagador y el vendedor. Naturalmente, la clave de encriptado colapsa una vez que se consume el pago y la recepción del mismo. De esta forma el que recibe el “bitcoin” puede subsecuentemente cambiar la remesa de bitcoins en moneda ordinaria (dólares o euros, por ejemplo). Se puede ver que la acción de recepción de los bitcoins es completamente análoga a la que el observador “X” lleva a cabo para determinar el estado del gato: vivo o muerto. En este caso la clave encriptada representa al gato encerrado. La constatación de la clave si es exactamente igual con la que tiene el vendedor denota la apertura de la caja. Por ejemplo, un simple algoritmo consistiría en:

- (1) Un cliente desea adquirir un bien por “N” dólares,
- (2) Se procede a cambiar el dinero a bitcoins,
- (3) Asociar un número random al número de bitcoins,
- (4) Los datos del comprador y vendedor se “amarran” al número random,
- (5) Asociar un ticket de pago y destinatario,
- (6) Destinatario conoce una parte de los números random,
- (7) La validez de los números random termina cuando el receptor constata con sus números aleatorios,
- (8) Se procede a la compra,
- (9) Los números random usados para la transacción son borrados de la memoria del servidor,
- (10) Nunca se supo cuanto se pagó por el bien.

VI.- EXPECTATIVAS DE LA APLICABILIDAD DEL CONCEPTO DEL GATO DE SCHRÖDINGR EN LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS.

El rápido auge de las ciencias de computación y sistemas demanda cambiar con frecuencia los programas de ingenierías relacionados a la computación y sistemas. La llegada y lento establecimiento de mercados basados en bitcoins, va a demandar preparar ingenieros de sistemas con un profundo

concepto en la formulación de algoritmos cuánticos y su aplicación tangible en la

- Banca moderna y mercados emergentes.
- Aún más debido a la actual pandemia,
- la virtualización ha sido una constante tanto en educación (clases virtuales),
- Salud (tele consultas), y sector ejecutivo (reuniones y toma de decisiones en video llamada).

Claramente se puede percibir que la protección de datos será un punto crítico para llevar a cabo actividades virtuales en el sentido que los datos de las partes se mantengan en una profunda anonimidad. Esto implica establecer algoritmos que aseguren la privacidad de las sesiones virtuales que protejan a los usuarios.

Definitivamente, la implementación de los conceptos de la mecánica cuántica en la elaboración de algoritmos robustos y seguros va a ser un objetivo que va a requerir cambios en los contenidos de los cursos de programación y algoritmos, una vez que los cursos de física y matemáticas sean los indicados para una eficaz presentación de la mecánica cuántica en la formación de asimilación de los estudios generales en toda carrera de ingeniería de sistemas.

VI. CONCLUSIÓN

En este paper se ha analizado los detalles del experimento mental denominado gato de Schrödinger. Se ha discutido el hecho que luego de abrir la caja y se encuentra vivo al gato, el estado cuántico que predice su muerte colapsa desde la visión del observador. Sin embargo, hay una pequeña probabilidad que el gato esta muerto en un subespacio de un universo paralelo. Esto, aunque válido en la teoría cuántica, quiebra el sentido común y no es experimentalmente accesible lo que es visto como una rotunda inconsistencia del experimento mental. Se ha aplicado esta idea en las nuevas tecnologías denominadas “Criptografía Cuántica”. Aquí se ha dado un concreto ejemplo de cómo la observación y el inminente colapso del estado cuántico puede ser una ventaja desde el punto de vista de la encriptación. Como se conoce hoy en día, las nuevas tecnologías cuánticas auguran la llegada de ordenadores cuánticos, materia que es evidentemente obligatorio en la preparación de futuros ingenieros de sistemas.

REFERENCIAS

[1] Halzen, Francis; Martin, Alan Douglas (1984). Universidad de Wisconsin, ed. Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics.

[2] Higgs, Peter (1966). "Spontaneous Symmetry Breakdown without Massless Bosons". *Physical Review*. 145 (4): 1156–1163

[3] Einstein Attacks Quantum Theory” read the New York Times headline of May 4, 1935.

[4] Erwin_Schrödinger: An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules, *Phys. Rev.* 28 (6): 1049-1070. B. 1926.

[5] Born, M. Physical aspects of quantum mechanics". *Nature*. 119 (2992): 354–357. 1927.

[6] Huber Nieto-Chaupis, Description of Processes of Blockchain and Cryptocurrency with Quantum Mechanics Theory, IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON) 2019.

[7] Einstein, A.; Podolsky, B.; Rosen, N. (1935). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Physical Review* 47: 777-780.

[8] Kaluza, Theodor: Zum Unitätsproblem in der Physik". *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.):* 966–972 1921.

[9] Randall, Lisa; Sundrum, Raman: Large Mass Hierarchy from a Small Extra Dimension. *Physical Review Letters* 83 (17): 3370-3373, 1999.

[10] ATLAS Collaboration: Combined search for the Standard Model Higgs boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector, 2012.

[11] Huber Nieto-Chaupis, Huber, Study of scalar leptons at the TESLA photon collider, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I, Berlin, 2008.

[12] Schrödinger, Erwin: Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik (The present situation in quantum mechanics) ». *Naturwissenschaften* 23 (48): 807-812.M 1935.

[13] C. H. Bennett and G. Brassard. "Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing". In *Proceedings of IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing*, volume 175, page 8. New York, 1984

[14] Bennett, Charles H.; Brassard, Gilles, "Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing". *Theoretical Computer Science. Theoretical Aspects of Quantum Cryptography – celebrating 30 years of BB84*. 560, Part 1: 7–11, 2014.

[15] Branciard, Cyril; Gisin, Nicolas; Kraus, Barbara; Scarani, Valerio, "Security of two quantum cryptography protocols using the same four qubit states". *Physical Review A*. 72 (3): 03230, 2005.

[16] Huber Nieto-Chaupis, Quantum Mechanics Formalism for Modeling the Flux of BitCoins, *Communications in Computer and Information Science* Volume 1154 CCIS, 2020, Pages 375-388 1st International Conference on Smart Technologies, Systems and Applications, SmartTech-IC 2019; Quito; Ecuador; 2 December 2019 through 4 December 2019.