

Modelos de precios de computación en la nube: una encuesta

May Al-Roomi, Shaikha Al-Ebrahim, Sabika Buqrais e Imtiaz Ahmad

*Departamento de Ingeniería Informática, Facultad de Ingeniería y Petróleo,
Universidad de Kuwait, Kuwait*

*Eng.may87@gmail.com, shaikha_alebrahim@hotmail.com,
eng_sabika80@yahoo.com, imtiaz@eng.kuniv.edu.kw*

Resumen

La computación en la nube está emergiendo como un campo prometedor que ofrece una variedad de servicios informáticos a los usuarios finales. Estos servicios se ofrecen a diferentes precios utilizando varios esquemas y técnicas de fijación de precios. Los usuarios finales favorecerán al proveedor de servicios que ofrezca la mejor QoS con la menor precio. Por lo tanto, la aplicación de un modelo de precios justos atraerá a más clientes y logrará mayores ingresos para los proveedores de servicios. Este trabajo se enfoca en comparar muchas técnicas de modelos de fijación de precios empleadas y propuestas y destaca los pros y los contras de cada una. La comparación se basa en muchos aspectos, como la equidad, el enfoque de fijación de precios y el período de utilización. Tal enfoque proporciona una base sólida para diseñar mejores modelos en el futuro.

Hemos encontrado que la mayoría de los enfoques son teóricos y no se implementan en el mercado real, aunque sus resultados de simulación son muy prometedores. Además, la mayoría de estos enfoques están sesgados hacia el proveedor de servicios.

Palabras clave: *computación en la nube; modelos de precios; modelos de carga; encuesta; justicia*

1. Introducción

La computación en la nube está emergiendo como una práctica vital para el aprovisionamiento en línea de recursos informáticos como servicios. Esta tecnología permite compartir recursos y costos escalables bajo demanda entre una gran cantidad de usuarios finales. Permite a los usuarios finales procesar, administrar y almacenar datos de manera eficiente a velocidades muy altas a precios razonables. Los clientes de computación en la nube no necesitan instalar ningún tipo de software y pueden acceder a sus datos en todo el mundo desde cualquier computadora siempre que haya una conexión a Internet disponible.

Se han presentado muchas definiciones para la computación en la nube [1, 2, 3]. Foster *et al.*, [1] definieron la computación en la nube como “un paradigma de computación distribuida a gran escala impulsado por economías de escala, en el que un grupo de poder de cómputo, almacenamiento, plataformas y los servicios se entregan bajo demanda a clientes externos a través de Internet”. La computación en la nube proporciona varios servicios informáticos en línea basados en SLA entre el proveedor y el consumidor.

Los proveedores de computación en la nube ofrecen muchos servicios a sus clientes [29], incluidos infraestructura como servicio (IaaS), plataforma como servicio (PaaS), software como servicio (SaaS), almacenamiento como servicio (STaaS), seguridad como servicio (SECaaS), entorno de prueba como servicio (TEaaS) y mucho más. El objetivo típico de un proveedor de computación en la nube es maximizar sus ingresos con su esquema de precios empleado, mientras que el objetivo principal de sus clientes es obtener el nivel más alto de calidad de servicio (QoS) factible por un precio razonable. Por lo tanto, satisfacer ambas partes requiere una metodología de fijación de precios óptima. El precio cobrado es una de las métricas más importantes que un proveedor de servicios puede controlar para fomentar el uso de sus servicios.

El precio es un factor crítico para las organizaciones que ofrecen servicios o productos [30]. La forma en que se establece el precio afecta el comportamiento del cliente, la lealtad a un proveedor y el éxito de la organización.

Por lo tanto, desarrollar un modelo de precios adecuado ayudará a lograr mayores ingresos. El precio determinado para un servicio o producto debe considerar los costos de fabricación y mantenimiento, la competencia en el mercado y cómo valora el cliente el servicio o producto ofrecido.

Iveroth *et al.*, [31] analizaron los posibles conjuntos de modelos de precios que pueden emplear diferentes organizaciones. Su investigación ilustró cómo el precio está conectado a un conjunto de muchas características implícitas del modelo de precios. Tal enfoque ayuda a resolver muchos problemas relacionados con la fijación de precios entre el cliente y el proveedor.

Los proveedores de software utilizan muchas técnicas de fijación de precios. Por ejemplo, un enfoque típico de fijación de precios es pagar una vez por un uso ilimitado. Sin embargo, este enfoque es rígido y no considera muchos otros factores que afectan la fijación de precios, como la antigüedad de los recursos y la equidad de precios [4]. Muchos de los principales proveedores de computación en la nube (*por ejemplo*, Amazon Web Services [5] y Google App Engine [6]) emplean "precios fijos de pago por uso", que cobran a los usuarios de acuerdo con su consumo total de recursos. "Pagar por los recursos" es otra técnica, en la que se cobra a los usuarios según el tamaño de almacenamiento o ancho de banda proporcionado. La suscripción es otra técnica de fijación de precios, en la que el cliente se suscribe a un determinado proveedor de servicios por un precio fijo por unidad durante largos períodos de tiempo. Además, un acuerdo de nivel de servicio (SLA) es una parte esencial de la computación en la nube. Describe las negociaciones entre el proveedor y el cliente con respecto a los servicios prestados. El acuerdo final se verifica a través de un contrato entre las partes involucradas. Un SLA puede implicar acuerdos sobre QoS, precios, garantías y

pronto.

Samimi y Patel [25] introdujeron una revisión y comparación de los modelos de precios recientes en computación en red y en la nube y sus modelos económicos. También destacaron las diferencias entre la computación grid y la nube al comparar su uso, estandarización, virtualización y SLA. Estudiaron minuciosamente los modelos de precios en la computación grid y los compararon con los de la computación en la nube. Sin embargo, el número de modelos de precios comparados es insuficiente para sacar conclusiones. Además, no se indicó la equidad de cada modelo, que es un factor importante para evaluar los modelos de fijación de precios.

En nuestro trabajo, presentamos una comparación exhaustiva entre muchos esquemas y modelos de precios de computación en la nube propuestos. Consideramos muchos factores que afectan los precios y la satisfacción del usuario, como la equidad, la QoS y más, destacando su importancia en los mercados recientes. Consideramos modelos de precios recientes y sus enfoques de precios. También presentamos los pros y los contras de cada modelo para proporcionar una base sólida para diseñar futuros modelos mejorados.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. La Sección II presenta información básica sobre computación en la nube y precios. La Sección III describe aspectos importantes de la computación en la nube.

La Sección IV presenta una comparación exhaustiva entre varios modelos de precios de computación en la nube.

La sección V incluye nuestras conclusiones y comentarios.

2. Fondo

En esta sección, proporcionaremos un trasfondo inclusivo sobre los conceptos clave de la computación en la nube y precios en general y dentro de la nube.

2.1. Modelos de servicios de computación en la nube

La computación en la nube está emergiendo como una de las tecnologías más prometedoras. Sus proveedores suministran muchos servicios a través de modelos de servicio a sus clientes. La infraestructura como servicio (IaaS) se encuentra entre estos modelos de servicio: las computadoras se ofrecen como máquinas físicas o virtuales para respaldar las operaciones de los usuarios finales. El proveedor de servicios es responsable de ejecutar y

manteniendo el servicio. Arrienda el uso de las máquinas a los clientes, normalmente por uso. Por lo tanto, el precio representa la cantidad de recursos asignados. Otras formas de recursos en IaaS incluyen direcciones IP, firewalls, balanceadores de carga, imágenes en una biblioteca de imágenes de máquinas virtuales y redes de área local virtual (VLAN). Los ejemplos de proveedores de IaaS incluyen Google Compute Engine [32], Windows Azure Virtual Machines [26], Amazon CloudFormation [34], Rackspace Cloud [35] y Terremark [36].

Otro tipo importante de modelo de servicio que ofrecen los proveedores de servicios es la plataforma como servicio (PaaS). En este tipo de servicio se ofrece una plataforma informática a los clientes. Esta plataforma informática incluye sistemas operativos, hardware, entornos de ejecución de lenguajes de programación, servidores y bases de datos. Los desarrolladores pueden beneficiarse enormemente de PaaS porque pueden alquilar hardware complejo y cambiar los sistemas operativos dinámicamente mientras desarrollan sus aplicaciones. El inconveniente es que PaaS carece de cierta flexibilidad y es posible que no coincida con los requisitos en rápida evolución de algunos de sus clientes. Los ejemplos de proveedores de PaaS incluyen Amazon Elastic Beanstalk [5], Cloud Foundry [38], Heroku [39], Google App Engine [6], Windows Azure Compute [41] y Force.com [42].

El software como servicio (SaaS) es otro tipo de modelo de servicio que se ofrece a los clientes. En este modelo, las aplicaciones de software se instalan en la nube y las operan los proveedores de servicios, y los usuarios finales pueden acceder al software desde los clientes de la nube. El proveedor de servicios es responsable del mantenimiento del software. SaaS tiene muchas ventajas, como una administración más sencilla, elasticidad, accesibilidad mundial y compatibilidad. A los usuarios finales normalmente se les cobra una tarifa plana mensual o anual. Ejemplos de SaaS incluyen Google Apps [43], Microsoft Office 365 [44], Innkeypos [45], Quickbooks Online [46] y Limelight Video Platform [28].

Se proporcionan muchos otros tipos de modelos de servicio. En el almacenamiento como servicio (STaaS), un proveedor de servicios alquila almacenamiento a los usuarios finales por suscripción. En la seguridad como servicio (SECaaS), la seguridad de un proveedor de servicios se integra de manera eficiente y rentable en una infraestructura cooperativa. El entorno de prueba como servicio (TEaaS) es otro servicio proporcionado a los usuarios, en el que los entornos de prueba bajo demanda y sus datos se entregan a los clientes. La Figura 1 ilustra los tipos básicos de modelos de servicio en la computación en la nube.



Figura 1. Los tipos básicos de modelos de servicio en la computación en la nube

2.2. Características y atributos de la computación en la nube

La computación en la nube ofrece a sus usuarios finales numerosas ventajas. Mell y Grance [7] describieron la características esenciales de la computación en la nube, incluido el autoservicio bajo demanda, amplio acceso a la red, agrupación de recursos, elasticidad rápida y servicio medido. Iyer y Henderson [8] describieron las siete capacidades principales de la computación en la nube que se pueden utilizar para desarrollar nuevas estrategias basadas en la nube para responder a los desafíos emergentes: interfaz controlada, independencia de la ubicación, independencia del abastecimiento, acceso ubicuo, entorno empresarial virtual, direccionalidad, trazabilidad y rápida elasticidad.

2.3. Modelos de implementación de computación en la nube

Los servicios de computación en la nube se pueden clasificar en diferentes modelos de implementación [7, 18, 19] según la audiencia dedicada, los límites del servicio o el enfoque de nube. Se introducen cuatro modelos principales de implementación: la nube pública, la nube privada, la nube híbrida y la nube comunitaria. En el modelo de nube pública, los recursos y servicios de la nube se ponen a disposición del público en general a través de Internet. Estos servicios pueden ser gratuitos o de pago por uso. En el modelo privado, el entorno de computación en la nube se pone a disposición exclusivamente de una determinada organización. En la nube híbrida, el proveedor de servicios está a cargo de los recursos informáticos externos además de los recursos internos. Puede verse como compuesto por una nube pública y una privada. En una nube comunitaria, el entorno de computación en la nube es compartido por varias organizaciones de una determinada comunidad con objetivos similares.

2.4. Precios en la nube

La fijación de precios es el proceso de determinar lo que un proveedor de servicios recibirá de un usuario final a cambio de sus servicios. Weinhardt *et al.*, [9] afirmó que el éxito de la computación en la nube en el mercado de TI solo se puede obtener mediante el desarrollo de técnicas de fijación de precios adecuadas. El proceso de fijación de precios puede ser el siguiente: fijo, en el que al cliente se le cobra la misma cantidad todo el tiempo; dinámico, en el que el precio cobrado cambia dinámicamente; o dependiente del mercado, en el que se cobra al cliente en función de las condiciones del mercado en tiempo real [17]. Los mecanismos de precios fijos incluyen el modelo de pago por uso, en el que los clientes pagan por la cantidad que consumen de un producto o la cantidad de tiempo que usan un determinado servicio. La suscripción es otro tipo de precio fijo, en el que el cliente paga una cantidad fija de dinero para usar el servicio durante períodos más largos en cualquier momento o cantidad conveniente. Un precio de lista es otra forma de fijación de precios, en la que un precio fijo se encuentra en un catálogo o una lista. Por otro lado, la fijación de precios diferencial o dinámica implica que el precio cambia dinámicamente según las características del servicio, las características del cliente, la cantidad de volúmenes comprados o las preferencias del cliente. Sin embargo, los precios dependientes del mercado dependen de las condiciones del mercado en tiempo real, como la negociación, la subasta, el comportamiento de la demanda y la gestión del rendimiento. Los siguientes son los factores más pertinentes que influyen en los precios de la computación en la nube [10]:

1. **Costos iniciales.** Esta es la cantidad de dinero que el proveedor de servicios gasta anualmente para comprar recursos.
2. **Período de arrendamiento.** Este es el período en el que el cliente arrendará recursos del proveedor de servicios. Los proveedores de servicios suelen ofrecer precios unitarios más bajos para períodos de suscripción más largos.
3. **Calidad del servicio.** Este es el conjunto de tecnologías y técnicas que ofrece el proveedor de servicios para mejorar la experiencia del usuario en la nube, como la privacidad de los datos y la disponibilidad de recursos. Cuanto mejor QoS se ofrezca, mayor será el precio.

4. **Edad de los recursos.** Esta es la edad de los recursos empleados por el proveedor de servicios. Cuanto más antiguos sean los recursos, menor será el precio cobrado. Esto es porque los recursos pueden sufrir desgaste con el tiempo, lo que reduce su valor financiero.
5. **Costo de mantenimiento.** Esta es la cantidad de dinero que gasta el proveedor de servicios en mantener y asegurar la nube anualmente.

Después de determinar los precios con base en los factores antes mencionados, el proveedor de servicios debe considerar otras preguntas. ¿El precio es justo? ¿Qué pasa con los otros proveedores de servicios? ¿Ofrecen mejores servicios a precios más bajos? ¿El servicio es demandado por los clientes a la misma tarifa?

Aunque no es trivial articular lo que es justo, la equidad puede definirse como un juicio sobre si el resultado de un proceso es razonable o justo [11]. Por lo tanto, juzgar la equidad de precios implica compararlo con referencias y estándares relevantes. Las comparaciones de precios pueden ser explícitas o implícitas [12]. La comparación explícita de precios significa que el precio se compara con otro precio o con un rango de precios. Por ejemplo, decir "pagué más que otro cliente" es una comparación explícita de precios con otro precio. Por otro lado, decir: "Pagué más de lo que solía" es un ejemplo de una comparación de precios explícita con un rango de precios. Estas comparaciones de precios conducen a uno de los tres tipos de juicios de los clientes: igualdad, desigualdad aventajada o desigualdad desfavorecida [12]. La igualdad no implica necesariamente equidad, pero podría conducir a ella. Por otro lado, la desigualdad implica que el precio es menos justo de lo que debería ser o que es injusto. En la desigualdad favorecida, el cliente percibirá que el precio es injusto, pero esto se debe al propio interés del cliente en maximizar su resultado tratando de comprar a un precio más bajo en comparación con otros clientes. En este caso, el precio desencadenará emociones menos negativas (*por ejemplo*, ira, indignación, etc.). Sin embargo, en desventaja desigualdad, el precio se percibe como más injusto que el de la desigualdad favorecida y desencadenará más emociones negativas.

Merriam-Webster define la competencia en economía como "el esfuerzo de dos o más partes que actúan de forma independiente para asegurar el negocio de un tercero ofreciendo las condiciones más favorables". La competencia de mercado entre proveedores de servicios no les permitirá fijar precios tan altos como deseen. Los clientes buscarán el proveedor de servicios que ofrezca el nivel más alto de QoS al precio más bajo. En cambio, los proveedores de servicios pueden adoptar nuevas tecnologías y técnicas que les ayuden a reducir sus costos y, por lo tanto, sus precios.

Las principales influencias en la fijación de precios son la oferta y la demanda. La demanda se refiere al nivel en el que los clientes desean un servicio o bien. La ley de la demanda establece que, cuando el precio de un bien o servicio es más alto, menos clientes demandarán ese bien o servicio. La oferta, por otro lado, refleja la cantidad de bienes o servicios que el mercado puede producir por un precio determinado. Por lo tanto, el precio se considera un reflejo de la oferta y la demanda.

3. Aspectos de los modelos de precios de la computación en la nube

Un cliente evaluará a un posible proveedor de servicios en función de tres parámetros principales: enfoque de precios, QoS y período de utilización. El enfoque de fijación de precios describe el proceso mediante el cual se determina el precio. El enfoque de fijación de precios podría ser uno de los siguientes [31]: precio fijo independientemente del volumen, precio fijo más tarifa por unidad, volumen de compra asegurado más tarifa de precio por unidad, tarifa por unidad con un tope y precio por unidad. El precio fijo independientemente del volumen cobra al cliente un precio fijo independientemente del volumen del servicio o producto utilizado. El precio fijo más por unidad cobra al cliente un precio fijo más una tarifa unitaria. En el volumen de compra asegurado más la tasa de precio por unidad, el cliente paga un precio fijo por una determinada cantidad. Si la utilización del cliente excede esa cantidad, el cliente tiene que pagar un

tasa fija por unidad para la utilización adicional. En la tarifa unitaria con enfoque techo, el cliente paga la tarifa unitaria hasta cierto límite. El proveedor no cobrará al cliente por encima de ese límite. En el enfoque de precio por unidad, al cliente se le cobra un precio diferente por unidad.

La calidad del servicio describe los requisitos de lo que un proveedor de servicios debe proporcionar a sus clientes. Los requisitos de QoS incluyen la disponibilidad del servicio, la seguridad, la privacidad, la escalabilidad y la integridad del proveedor del servicio. Si el proveedor de servicios asegura que estos requisitos se mantienen a un alto nivel, la calidad del servicio ofrecido aumentará. Esto aumentará el número de clientes y la lealtad al proveedor del servicio.

El período de utilización se puede definir como el período en el que el cliente tiene derecho a utilizar los servicios del proveedor en función de los SLA entre las dos partes. Podría ser perpetuo, según el período de suscripción, o un modelo de pago por uso. La Figura 2 a continuación describe los principales aspectos de los modelos de precios.

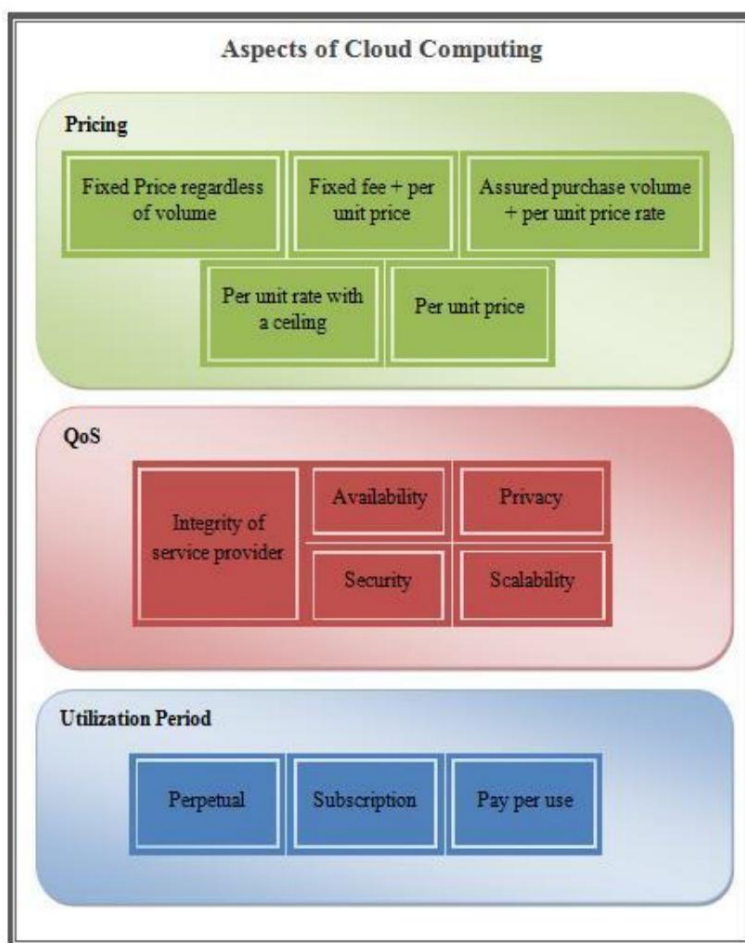


Figura 2. Aspectos de la computación en la nube

4. Modelos de precios de computación en la nube

Diferentes proveedores de servicios emplean diferentes esquemas y modelos para la fijación de precios. Sin embargo, el modelo más común empleado en la computación en la nube es el modelo de "pago por uso". Clientes

pagar un precio fijo por unidad de uso. Amazon [5], considerado el líder del mercado en computación en la nube, utiliza este modelo cobrando un precio fijo por cada hora de uso de la máquina virtual. El modelo de "pago por uso" también lo implementan otras empresas líderes, como Google App Engine [6] y Windows Azure [26]. Otro esquema común empleado por estas empresas líderes es el modelo de "pago por recursos". Un cliente paga por la cantidad de ancho de banda o almacenamiento utilizado. La suscripción, donde un cliente paga por adelantado los servicios que va a recibir durante un período de tiempo predefinido, también es común.

Sin embargo, se han introducido muchos estudios teóricos útiles para la fijación de precios de la computación en la nube. Sharma *et al.*, [10] propusieron un modelo económico financiero novedoso capaz de proporcionar un alto nivel de QoS a los clientes. Emplearon la teoría de la opción financiera y trataron los recursos de la nube como activos para capturar su valor real. El precio determinado mediante este modelo representaba el precio óptimo que el proveedor de servicios debería cobrar a sus clientes para recuperar los costos iniciales. La teoría de la opción financiera dio un límite inferior al precio que se debe cobrar a los clientes. El límite superior del precio se determinó utilizando una ley de Moore compuesta propuesta. Esta ley, presentada por los autores, combinó la ley de Moore [15] con la fórmula del interés compuesto. Los autores afirmaron que,

si el precio se estableciera entre estos dos límites, sería beneficioso tanto para los clientes como para los proveedores de servicios. Este enfoque fue interesante; sin embargo, no tomó en consideración los costos de mantenimiento. Los autores también asumieron que los costos iniciales serían los mismos para clientes y proveedores, lo cual no es cierto. Los proveedores de servicios obtienen descuentos por comprar una mayor cantidad de activos.

Wang *et al.*, [14] propusieron una solución algorítmica para optimizar el beneficio neto del centro de datos con una programación dependiente de la fecha límite mediante la maximización conjunta de los ingresos y la minimización de los costos de electricidad. Desarrollaron dos algoritmos distribuidos para la optimización del beneficio neto: Optimización del beneficio neto para trabajos divisibles (NPOD) y Optimización del beneficio neto para trabajos indivisibles (NPOI). Un trabajo indivisible es un trabajo que no se puede interrumpir, mientras que un trabajo divisible se puede interrumpir o dividir. Los autores probaron a través de simulaciones las capacidades de su algoritmo para aumentar los ingresos y reducir los costos de electricidad al compararlo con el algoritmo LJF (Largest Job First). Sin embargo, los autores consideraron solo las llegadas y salidas de trabajos estáticos. También asumieron que los servidores en todos los centros de datos eran homogéneos, lo cual no es realista.

Macias y Guitart [16] propusieron un modelo genético para la fijación de precios en los mercados de computación en la nube. Elegir un buen modelo de fijación de precios a través de sus algoritmos genéticos implicó tres pasos principales: definir un cromosoma, evaluarlo y finalmente seleccionar los mejores pares de cromosomas para la reproducción y descartar aquellos con los peores resultados. Los resultados de la simulación ilustraron que la fijación de precios genéticos obtuvo los mayores ingresos en la mayoría de los escenarios. Los proveedores de servicios que emplean precios genéticos lograron ingresos hasta un 100 % superiores a los de otras estrategias de precios dinámicos y hasta un 1000 % superiores a los de la estrategia de precios fijos. Se demostró que el modelo genético propuesto con un genoma flexible era más estable frente al ruido y ganó más dinero que el que tenía el genoma rígido. El modelo genético propuesto es fácil de implementar, flexible y fácilmente adaptable a un conjunto de varios parámetros que influyen en la fijación de precios.

El enfoque de fijación genética de precios puede explorarse más a fondo definiendo las relaciones entre los parámetros que influyen en la fijación de precios.

Mihailescu y Teo [20] introdujeron un esquema de precios dinámico para nubes federadas, en el que los recursos se comparten entre muchos proveedores de servicios en la nube. Las nubes federadas se implementan para mejorar la confiabilidad y la escalabilidad tanto para los usuarios como para los proveedores. Se supuso que los usuarios del entorno federado eran capaces tanto de comprar como de vender recursos. En el caso de una alta demanda del mercado, la fijación de precios minimizaría el bienestar del vendedor porque no sería capaz de aumentar su precio. De manera similar, cuando la demanda fuera baja, la utilidad del usuario se minimizaría porque se le cobraría más que el precio de mercado. Por lo tanto, dinámica

la fijación de precios sería beneficiosa en tales entornos porque fijaría el precio de acuerdo con los niveles de oferta y demanda. También permitiría ofrecer muchos tipos de recursos a los usuarios finales. Los autores llevaron a cabo simulaciones para determinar la eficiencia de este enfoque al compararlo con un esquema de precios fijos. Descubrieron que los precios dinámicos lograron un mejor rendimiento promedio con un mayor bienestar del comprador y un número de solicitudes exitosas de hasta el 200 %. Sin embargo, el precio fijo logró una mejor escalabilidad en el caso de una alta demanda en el mercado.

Yeo *et al.*, [21] describieron la diferencia entre precios fijos y variables. Los precios fijos eran más fáciles de entender y más sencillos para los usuarios. Sin embargo, los precios fijos no podían ser justos para todos los usuarios porque no todos tenían las mismas necesidades. Su estudio propuso cobro de precios variables con reserva anticipada. El cobro de precios variables con reserva anticipada permitiría a los usuarios conocer los gastos exactos que se calculan en el momento de la reserva, aunque se basen en precios variables. El documento enfatizó la importancia de implementar precios medidos autónomos para aumentar los ingresos. La tarificación medida autónoma también puede resultar sencilla para los usuarios mediante el uso de reservas avanzadas. La ventaja de las reservas avanzadas es que los usuarios no solo pueden conocer los precios de los recursos necesarios en el futuro, sino que también pueden garantizar el acceso a los recursos futuros para planificar y administrar mejor sus operaciones.

Rohitratana y Altmann [22] analizaron cuatro esquemas de precios dinámicos: seguidor derivado (DF), impulsado por la demanda (DD), penetración (PN) y skimming (SK). Desarrollaron una simulación basada en agentes de un mercado de software que permitía el comercio de dos tipos de modelos de licencias de software. Los dos tipos de modelos de licencias de software eran SaaS y software perpetuo (PS). Los resultados de la simulación de Rohitratana y Altmann [22] indicaron que el esquema de precios DD era el mejor esquema en casos ideales. Sin embargo, en el mundo real, obtener información perfecta sobre clientes y competidores es casi imposible. Esto hace que el esquema de precios de DD sea difícil de implementar. Los esquemas de precios PN y SK se pueden implementar fácilmente, mientras que dan resultados cercanos al esquema de precios DD.

Nähring [23] centró su estudio en cuatro estrategias básicas de fijación de precios. Las estrategias básicas de fijación de precios eran la fijación de precios basada en el costo, la fijación de precios basada en el cliente, la fijación de precios basada en la competencia y la fijación de precios basada en el valor. Nähring [23] destacó los pros y los contras de cada una de las estrategias de precios. Por otro lado, Jäätmaa [24] enfatizó fuertemente que un mecanismo de fijación de precios de "pago por uso" se consideraba como la característica clave de la fijación de precios de la computación en la nube. El estudio encontró que los precios de pago por uso cambiaron significativamente el modelo de riesgo compartido entre el proveedor de servicios y el cliente a medida que disminuyó el compromiso del cliente. Además, un mecanismo de pago por uso podría disminuir el flujo de efectivo entrante del proveedor de servicios. Jäätmaa, por lo tanto, propuso una nueva forma de fijación de precios de computación en la nube genérica [24] que equilibraba el compromiso equilibrado entre el proveedor de servicios y el cliente.

Li *et al.*, [27] propusieron un algoritmo de fijación de precios para los recursos de computación en la nube. Esta propuesta usó el modelo de agente del banco en la nube como una agencia de recursos porque podría proporcionar el análisis y la asistencia adecuados para todos los miembros. Los autores utilizaron un algoritmo iterativo de actualización de precios para determinar el precio. Analizó el índice de utilización histórico de los recursos, repitió constantemente los precios actuales, evaluó la disponibilidad de recursos para la próxima ronda y determinó el precio final. El modelo incluía un agente de solicitud de usuario (GCA), banca en la nube, un agente de servicios en la nube (CSA) y un agente de recursos en la nube (GRA). El modelo de precios propuesto fue comparativamente fijo porque no podía adaptarse a los rápidos cambios que típicamente ocurren en el mercado. Sin embargo, podría reducir los costos para los proveedores y maximizar sus ingresos, permitiendo que los recursos se utilicen de manera más eficaz.

La Tabla 1 a continuación compara los modelos de fijación de precios de manera inclusiva en términos de equidad, implementación, pros y contras. Los modelos de precios se dividen en dos tipos principales: estáticos y dinámicos. En precios estáticos

modelos, el precio permanece sin cambios después de haber sido determinado. En la fijación dinámica de precios, el precio cambia dinámicamente de acuerdo con factores como los recursos requeridos, la demanda y la más.

Tabla 1. Comparación de modelos de precios

Precios Modelo	Precios Acercarse	Justicia	ventajas	Contras	Implementación
Modelo de pago por uso	El proveedor de servicios establece el precio y permanece constante (estático)	Injusto para el cliente porque podría pagar por más tiempo del necesario (estático)	<ul style="list-style-type: none"> El cliente conoce el precio exacto a pagar Recursos están reservados para el cliente por el periodo de tiempo pagado 	<ul style="list-style-type: none"> El proveedor de servicios puede reservar el recursos por más tiempo que el utilizado por el cliente El proveedor de servicios no puede subir el precio cuando la demanda es alta; cuando la demanda es baja, el usuario paga más que el precio de mercado 	Comúnmente implementado [5, 6, 26]
Suscripción	El precio se basa en el período de suscripción (estático)	El cliente a veces puede sobrepago o pago insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> El cliente podría pagar menos por el recursos reservados si utiliza ellos extensamente 	<ul style="list-style-type: none"> El cliente podría pagar de más por el recursos reservado si lo hace no usarlos extensamente y 	Comúnmente implementado [5, 6, 26]
Un modelo económico financiero novedoso [10]	basado en el uso (dinámica)	Justo tanto para el proveedor de servicios como para el cliente porque el precio se establece entre los límites superior e inferior	<ul style="list-style-type: none"> Ayuda al proveedor de servicios a recuperar sus costos iniciales Proporciona un alto nivel de QoS a los clientes 	<ul style="list-style-type: none"> No considera mantenimiento que cuesta y asume el precio cobrado por los activos de clientes 	Enfoque teórico con simulaciones

Pagar por recursos modelo	basado en costos (estático)	justo para ambos clientes y el proveedor de servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece la máxima utilización del proveedor de servicios recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil de implementar 	Comúnmente implementado [5, 6, 26]
Algoritmo de precios para la computación en la nube Recursos [27]	Precios en tiempo real (dinámica)	Justo para el proveedor porque reduce costos y maximiza ingresos	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce los costos de los proveedores; maximiza ingresos 	<ul style="list-style-type: none"> • El modelo es casi fijo y no poder adaptarse a los rápidos cambios entre la oferta y la demanda en el mercado 	Enfoque teórico con simulaciones
Dinámica recurso precios en nubes federadas [20]	basado en subastas fijación de precios (dinámica)	justo para ambos clientes y el proveedor del servicio porque el precio se fija de acuerdo con el nivel de oferta y demanda	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor—que rendimiento promedio e con el aumento del bienestar del comprador y el número de solicitudes exitosas hasta el 200% 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos escalabilidad de alta demanda en el mercado que precios fijos 	Enfoque teórico con simulaciones
Modelo genético para la fijación de precios en los mercados de computación en la nube [16]	Precios en tiempo real (dinámica)	Sesgado hacia el proveedor de servicios; el algoritmo considera aumentar ingresos	<ul style="list-style-type: none"> • Alcanza muy alto ingresos • Estable frente a ruidos • Flexibles • Fácil de implementar 	<ul style="list-style-type: none"> • Supone que el mercado se comporta de manera racional, lo que podría causar que el modelo tenga un rendimiento inferior al esperado. rm en demanda muy alta y muy baja condiciones 	Enfoque teórico con simulaciones
Optimización del beneficio neto del centro de datos con plazos de trabajo individuales [14]	Basado en la programación de trabajos (dinámica)	Sesgado hacia el proveedor de servicios; principalmente reduce costos y aumenta	<ul style="list-style-type: none"> • Maximiza ingresos para el proveedor de servicios y minimiza electricidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Considera solo las entradas y salidas de trabajos estáticos y asume 	Enfoque teórico con simulaciones

		ingresos para el proveedor	costos	que el servidores en toda la información los centros son homogéneo nosotros, que no es realista • Difícil de implementar	
Precio basado en valor [23]	Precios establecidos según el valor percibido por el cliente (dinámica)	Justo para los productores donde los precios se fijan en el valor percibido por el cliente	• Alto ingresos por cada artículo vendido (ventaja desde el punto de vista del productor).	• Dificultad para obtener e interpretar datos de clientes, competidores s, y la propia corporatio n para evaluar cliente valor percibido	Implementado
basado en costos fijación de precios [13]	Precio establecido agregando un elemento de ganancia además del costo (dinámica)	No es justo para clientes donde el valor percibido del producto puede ser identificado y aprehendido por el cliente después de que se fija el precio	• Simplicidad en calculando el precio	• Tiende a ignorar el papel de consumidores	Implementado
basado en la competencia fijación de precios [33]	Precio establecido según los competidores precios (dinámica)	Justo clientes donde los precios siempre se fijan según precios competitivos	• Fácil de implementar	• No llevar clientes dentro cuenta	Implementado
Precios basados en el cliente [37]	Precio fijado de acuerdo a lo que el cliente está dispuesto a pagar (dinámica)	Justo clientes como clientes siempre se toman en cuenta	• Toma cliente perspectiva en cuenta	• Los clientes rara vez indican al vendedor lo que están dispuestos a pagar • Los datos son	Implementado

				Difícil de obtener e interpretar.	
Precios híbridos [40]	El precio cambia según los tiempos de espera de la cola de trabajos (Dinámica estática)	Justo clientes debido a la entidad de autoridad de precios, que se ajusta dinámicamente precios dentro de límites estáticos	• Simple y tiene bajo cálculo sobrecarga final	• Debe alcanzar un convenio en común precios base y límites de variación	Implementado

5. Discusión y Conclusión

En nuestro trabajo, hemos revisado los conceptos y atributos clave de la computación en la nube y brindamos antecedentes completos de los precios en las empresas. Hemos presentado evaluaciones inclusivas y comparaciones entre varios modelos de precios recientes en computación en la nube. Hemos notado que muchos modelos de precios eficientes no se implementaron en mercados reales, aunque los resultados de su simulación fueron prometedores.

También notamos que la mayoría de los modelos de precios en la computación en la nube están sesgados hacia el proveedor de servicios. La mayoría de ellos tenían como objetivo aumentar los ingresos del proveedor de servicios y disminuir sus costos. Un mejor enfoque de fijación de precios incluiría atributos relacionados con el usuario final, como el nivel de satisfacción del usuario, la QoS, la utilidad del usuario final, etc. Un cliente satisfecho con un proveedor continuará usándolos en el futuro y los recomendará a sus pares, lo que eventualmente resulta en mayores ingresos y popularidad entre los clientes.

El cliente puede elegir el proveedor de servicios con el enfoque de precios que sea más compatible con el comportamiento del cliente. Por ejemplo, un cliente que necesita usar la nube de forma extensiva estaría mejor usando los servicios de una nube con un enfoque de precios estáticos que uno dinámico porque un enfoque estático cobraría menos en este caso.

A los clientes con uso limitado les iría mejor si usaran los servicios de una nube con un enfoque de precios dinámicos.

Referencias

- [1] I. Foster, I. Yong, Z. Raicu y S. Lu, "Computación en la nube y computación en malla comparada en 360 grados", Taller de entornos de computación en malla, (2008).
- [2] LM Vaquero, L. Rodero-Merino, J. Caceres y M. Lindner, "A Break in the Clouds", Hacia una nube Definición, Cómputo. común Revisión, vol. 39, núm. 1, (2009).
- [3] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, AD Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica y M. Zaharia, "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing", Publicación del Laboratorio de Sistemas Distribuidos Adaptivos Confiables, Universidad de California, Berkeley, (2009).
- [4] S. Maxwell, "El precio es incorrecto: comprender qué hace que un precio parezca justo y el costo real de la fijación de precios injustos", Wiley, (2008).
- [5] Servicios web de Amazon, <http://aws.amazon.com/>.
- [6] Motor de aplicaciones de Google, <https://appengine.google.com/>.
- [7] P. Mell y T. Grance, "La definición del NIST de computación en la nube", vol. 15, (2009).

- [8] B. Iyer y JC Henderson, "Preparación para el futuro: comprensión de las siete capacidades de la nube Computing", MIS Quart, Executive, vol. 9, no. 2, **(2010)**.
- [9] C. Weinhardt, A. Anandasivam, B. Blau, N. Borissov, T. Meini, W. Michalk y J. Stosser, "Cloud Computing – A Classification", Business Models and Research Directions, Bus. Modelos e Informar. sist. Ing., vol. 1, no. 5, **(2009)**.
- [10] B. Sharma, RK Thulasiram, P. Thulasiraman, SK Garg y R. Buyya, "Pricing Cloud Compute Commodities: A Novel Financial Economic Model", Proc. de IEEE/ACM Int. Síntoma en Cluster, Cloud y Grid Computing, **(2012)**.
- [11] LE Bolton, L. Warlop y JW Alba, "Percepciones de los consumidores sobre la (in)equidad de precios", J. of Consumer Investigación, **(2003)**.
- [12] L. Xia, KB Monroe y JL Cox, "¡El precio es injusto! Un marco conceptual de las percepciones de equidad de precios", J. of Marketing, vol. 68, **(2004)**.
- [13] S. Lehmann y P. Buxmann, "Estrategias de fijación de precios de los proveedores de software", Business and Information Systems Ingeniería, **(2009)**.
- [14] W. Wang, P. Zhang, T. Lan y V. Aggarwal, "Optimización del beneficio neto del centro de datos con plazos de trabajo individuales", Proc. Conferencia sobre Informar. Ciencias y Sistemas, **(2012)**.
- [15] G. Moore, "Cramming More Components on Integrated Circuits", Electronics, vol. 38, núm. 8, **(1965)**.
- [16] M. Macias y J. Guitart, "Un modelo genético para la fijación de precios en los mercados de computación en la nube", Proc. Simposio 26 de Computación Aplicada, **(2011)**.
- [17] A. Osterwalder, "La ontología del modelo de negocio: una propuesta en un enfoque de ciencia del diseño", Doctorado tesis, Universidad de Lausana, **(2004)**.
- [18] BP Rimal y E. Choi, "Un enfoque conceptual para el espectro taxonómico de la computación en la nube", Proc. 4to Int. Conferencia sobre Informe Ubicuo. Tecnologías y Aplicaciones, **(2009)**.
- [19] Q. Zhang, L. Cheng y R. Boutaba, "Cloud Computing: State-of-the-Art and Research Challenges", J. of Servicios de Internet y Aplicación, vol. 1, no. 1, **(2010)**.
- [20] M. Mihailescu y YM Teo, "Precio dinámico de recursos en nubes federadas", Proc. 10º IEEE/ACM Int. Síntoma en Clúster. Computación en la Nube y Grid, **(2010)**.
- [21] CS Yeoa, S. Venugopalb, X. Chua y R. Buyyaa, "Autonomic Metered Pricing for a Utility Computing Service", Future Generation Computer Syst., vol. 26, núm. 8, **(2010)**.
- [22] J. Rohitratana y J. Altmann, "Impact of Pricing Schemes on a Market for Software-as-a-Service and Software perpetuo", Future Generation Computer Syst., vol. 28, núm. 8, **(2012)**.
- [23] P. Nähring, "Value-Based Pricing", tesis de licenciatura, Universidad de Linnaeus, **(2011)**.
- [24] J. Jäätmaa, "Aspectos financieros de los modelos comerciales de computación en la nube", Inform. sist. Ciencias, **(2010)**.
- [25] P. Samimi y A. Patel, "Revisión de los modelos de fijación de precios para Grid y Cloud Computing", Proc. Simposio IEEE en Comp. e Informática, **(2011)**.
- [26] Windows Azure, <http://www.windowsazure.com/en-us/>.
- [27] H. Li, J. Liu y G. Tang, "Un algoritmo de fijación de precios para los recursos de computación en la nube", Proc. En t. Jornada sobre Computación en Red e Informar. Seguridad, **(2011)**.
- [28] Plataforma de video Limelight, <http://www.limelightvideoplatform.com>.
- [29] A. Mónaco, "Una vista desde el interior de la nube", <http://theinstitute.ieee.org/technology-focus/technology-topic/a-view-inside-the-cloud>.
- [30] S. Dutta, M. Zbaracki y M. Bergen, "Precing Process as a Capability: A Resource-Based Perspective", Strategic Management Journal, vol. 27, núm. 7, **(2003)**.
- [31] E. Iveroth, A. Westelius, C. Petri, N. Olve, M. Coster y F. Nilsson, "Cómo diferenciar por precio: propuesta de un modelo de cinco dimensiones", European Management Journal, **(2012)**.
- [32] Google Compute Engine, <https://cloud.google.com/products/compute-engine>.
- [33] J. Rohitratana y J. Altmann, "Simulaciones basadas en agentes del mercado de software bajo diferentes esquemas de precios para software como servicio y software perpetuo", Economía de redes, nubes, sistemas y servicios, ser. Lecture Notes in Computer Science, Altmann *et al.*, Eds. Springer Berlin/Heidelberg **(2010)**, págs. 6296.
- [34] Amazon CloudFormation, <http://aws.amazon.com/cloudformation>.
- [35] Nube de Rackspace, <http://www.rackspace.com/cloud>.
- [36] Terremark, <http://www.terremark.com>.
- [37] I. Agundez, Y. Peña and P. Bringas, "A Flexible Accounting Model for Cloud Computing", Proc. Conferencia Global (SR11 11), IEEE Computer Society, Washington, DC, EE. UU., **(2011)**.
- [38] Fundación en la nube, <http://www.cloudfoundry.com>.
- [39] Heroku, <http://www.heroku.com>.
- [40] R. Piro, A. Guarise y A. Werbrout, "Una infraestructura de contabilidad basada en la economía para la red de datos", proc. En t. Taller de Computación Grid (GRID 03), **(2003)**.
- [41] Cómputo de Windows Azure, <http://www.windowsazure.com/en-us/home/features/cloud-services>.

Revista Internacional de Grid y Computación Distribuida
Vol.6, No.5 (2013)

[42] Fuerza, <http://www.force.com>.

[43] Aplicaciones de Google, <http://www.google.com/intl/en/enterprise/apps>.

[44] Microsoft Office 365, <http://www.microsoft.com/en-my/office365/online-software.aspx>.

[45] Innkeypos, <http://www.youtube.com/user/InnkeyPOS>.

[46] Quickbooks Online, <http://quickbooksonline.intuit.com>.