



**Evaluación de estrategias para facilitar la interoperabilidad en migraciones de aplicaciones
en entornos de nube híbrida**

Mauricio de Jesús Palacio Elorza

Trabajo de grado de maestría presentado para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica

Director
Juan David Vergara, Magíster (MSc) en Ingeniería

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Maestría en Gestión Tecnológica
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Medellín, 16 de marzo del 2025

Mauricio de Jesus Palacio Elorza

Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad".
Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma



Nota de Aceptación

Firma
Nombre:
Presidente del Jurado

Firma
Nombre:
Presidente del Jurado
Firma

Nombre:
Presidente del Jurado

Dedicatoria

Dedicado con todo mi amor y profunda gratitud a mi esposa Daisy y a mi hija Samantha, mis pilares de vida y razón de cada esfuerzo. A mi esposa, por su apoyo incondicional, su paciencia infinita y por creer en mí en cada momento. A mi hija, cuya alegría y ternura me impulsan a ser mejor cada día. Sin ustedes, este logro no habría sido posible; es tanto suyo como mío.

A las familias Palacio Elorza y Paniagua Gutiérrez, por su respaldo constante y sus palabras de ánimo en los momentos difíciles. Su apoyo y cariño han sido una fuerza silenciosa pero fundamental en este camino.

Al conocimiento, siempre tan vasto y enigmático, y a la conciencia y la inconsciencia, que nos recuerdan la belleza de lo que entendemos y el misterio de lo que aún está por descubrir.

Agradecimientos

A mi familia, que siempre me ha brindado apoyo, ayudándome no solo a descubrir nuevas perspectivas, sino también a comprender con mayor profundidad el sentido de este camino.

A los entrevistados, por su interés, sus ideas y su generosidad al compartir su tiempo. Su colaboración fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

A Juan David Vergara, por su dedicación en la revisión, leyendo y releendo, incluso temas tan complejos y fascinantes como los meteoritos.

A los lectores de los borradores, por sus valiosas observaciones y paciencia, que han contribuido a mejorar cada versión de este trabajo.

A Diego Cuartas y Luciano Gallón, quienes, con su compromiso y experiencia, me guiaron en el cumplimiento de las normas, ayudándome a mantener el rigor académico en cada paso.

A Red Hat, por el apoyo brindado y la confianza depositada, permitiéndome sacar el tiempo para terminar este proyecto académico.

Gracias a todos, porque cada contribución ha sido invaluable en la culminación de esta etapa.

Tabla de contenido

Resumen.....	15
Abstract.....	16
Introducción.....	17
1 Planteamiento del problema.....	19
1.1 Ventajas de la interoperabilidad en nube híbrida.....	19
1.2 Desventajas de la interoperabilidad en nube híbrida.....	20
2 Justificación.....	22
3 Objetivos.....	24
3.1 Objetivo general.....	24
3.2 Objetivos específicos.....	24
4 Marco teórico.....	25
4.1. Antecedentes.....	25
4.1.1. En el pasado.....	27
4.1.2 En el presente.....	28
4.2 Conceptos fundamentales.....	28
4.3. Contexto.....	30
4.3.1. Contexto espacial.....	30
4.3.2. Contexto temporal.....	30
4.3.3. Contexto normativo.....	30
4.3.4. Contexto cultural.....	31
4.3.5. Contexto técnico.....	31
4.3.6. Contexto Económico.....	33
4.4 Teorías fundamentales.....	34
4.5 Paradigmas.....	35

4.6. Metodologías.....	36
4.7. Frontera del conocimiento y tendencias	38
5 Estado del arte.....	40
5.1 Revisión de literatura	40
5.1.1. Metodología de búsqueda.....	40
5.1.2 Hallazgos en literatura sobre los tipos de estudios.....	42
5.1.3 Distribución de artículos.....	45
5.1.4 Hallazgos en literatura sobre estrategias identificadas y su impacto.....	45
5.1.5 Hallazgos en literatura sobre desafíos clave y las experiencias exitosas.	48
Nota: Realización propia	50
5.1.6 Hallazgos en literatura sobre métricas claves.....	50
5.1.7 Nube de palabras claves	52
6 Metodología	56
7 Resultados	58
7.1 Estudio de campo.....	58
7.1.1. Unidad de análisis.....	58
7.1.2. Entrevistas temáticas como herramienta de exploración.....	58
7.1.3. Ventajas y limitaciones del enfoque basado en entrevistas	59
7.1.4. Limitaciones del enfoque basado en entrevistas.....	60
7.2 Selección de entrevistas.	60
7.2.1 Criterios generales:	60
7.2.2. Enfoque.....	60
7.2.3 Muestra.	61
7.3 Trabajo de campo.....	62
7.3.1 Planeación.....	62

7.3.2	Objetivos de la metodología	62
7.3.3	Roles:	62
7.3.4	Preguntas:	63
7.3.5	Ejecución:	64
7.3.6.	Control	65
7.3.7	Cierre	65
7.4	Anotaciones.....	65
7.5	Análisis estadístico.....	74
7.5.1	Análisis estadístico descriptivo	75
7.5.2	Análisis cualitativo de patrones y tendencias	77
7.5.3	Identificación de relaciones significativas entre categorías	80
7.5.4.	Estimación de cargas migradas a la nube por las compañías entrevistadas:	80
7.5.5	Cambio de mentalidad, capacitación y modelo operativo en la adopción de la nube ...	90
7.5.6	Métricas de éxito usadas por las empresas entrevistadas para la migración de a la nube:	92
7.5.7	Nube de palabras	94
7.6	Estrategias para abordar los desafíos culturales en la adopción de una nube híbrida.....	97
7.6.1	Capacitación y desarrollo de habilidades	98
7.6.2	Comunicación efectiva sobre los beneficios de la nube híbrida.....	98
7.6.3	Estrategias para superar la resistencia al cambio.....	99
7.6.4	Definición clara de roles y responsabilidades	99
7.7	Marco de referencia de migración a la nube híbrida.....	100
8	Discusión.....	116
9	Conclusiones	119
10	Limitaciones y futuras investigaciones.....	121
10.1	Integración de sistemas legado en arquitecturas de nube	121

10.2 Evaluación de sostenibilidad y eficiencia energética en entornos de nube híbrida	121
10.3 Metodologías de cambio cultural para facilitación de migraciones.....	122
10.4 Enfoque longitudinal para estudio de estrategias y resultados de migración	122
10.5 Impacto de la inteligencia artificial y automatización en la migración a la nube híbrida	123
10.6 Análisis de costos y beneficios de estrategias de migración a la nube	123
10.7 Seguridad y cumplimiento normativo en entornos de nube híbrida	124
10.8 Implicaciones éticas de la migración a la nube.....	124
Referencias.....	126

Lista de tablas

Tabla 1	Filtros realizados durante la búsqueda.....	41
Tabla 2	Publicaciones sobre migración de aplicaciones en nube híbrida.....	42
Tabla 3	Resultados de los artículos analizados.....	46
Tabla 4	Resultados desafíos clave y las experiencias exitosas.....	49
Tabla 5	Resultados métricos claves.....	50
Tabla 6	Empresas entrevistadas.....	61
Tabla 7	Empresas que faltaron por entrevistar.....	61
Tabla 8	Preguntas entrevista.....	63
Tabla 9	Anotación de entrevistas.....	66
Tabla 10	Frecuencia de apariciones.....	75
Tabla 11	Cálculo de proporción.....	76
Tabla 12	Cálculo de proporción.....	81
Tabla 13	Marco de referencia de migración a la nube híbrida.....	100

Lista de figuras

Figura 1	Grafica nube híbrida	27
Figura 2	Análisis de resultados de la ecuación de búsqueda	42
Figura 3	Distribución de artículos por país.....	45
Figura 4	Nube palabras de artículos analizados.....	53
Figura 5	Resultado peso relativo	77
Figura 6	Métricas de éxito	92
Figura 7	Nube palabras de entrevistas analizadas.	95

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
CNN	Actor Critic Neural Network
API	Application Programming Interface
APA	American Psychological Association
AWS	Amazon Web Services
BIA	Business Impact Analysis
CDN	Content Delivery Network
CI/CD	Continuous Integration/Continuous Deployment
Cms.	Centímetros
DDoS	Distributed Denial of Service
DNS	Domain Name System
DR	Disaster Recovery
EaaS	Everything as a Service
ERIC	Education Resources Information Center
Esp.	Especialista
ETL	Extract, Transform, Load
FaaS	Function as a Service
GCP	Google Cloud Platform
IA	Inteligencia Artificial
IAM	Identity and Access Management
IaaS	Infrastructure as a Service
IDP	Identity Provider
IT	Information Technology
JSON	JavaScript Object Notation
K8s	Kubernetes
KPI	Key Performance Indicator
MQ	Message Queuing
MP	Magistrado Ponente
MSc	Magister Scientiae
Párr.	Párrafo
P-Taylor MRFO	Pelican Taylor Manta Ray Foraging Optimization
PaaS	Platform as a Service
PBQ-SF	Personality Belief Questionnaire Short Form
PhD	Philosophiae Doctor
PostDoc	PostDoctor
PSO	Particle Swarm Optimization
QoS	Quality of Service
RBAC	Role-Based Access Control
ROI	Return on Investment
RPO	Recovery Point Objective
RTO	Recovery Time Objective
SaaS	Software as a Service
SLAs	Service Level Agreements
SRE	Site Reliability Engineering
TCO	Total Cost of Ownership

TI	Tecnologías de la Información
UPB	Universidad Pontificia Bolivariana
VM	Virtual Machine
VPN	Virtual Private Network
YAML	Yet Another Markup Language

Resumen

La computación en nube es ampliamente utilizada en la industria debido a sus beneficios como: la escalabilidad, la virtualización y el acceso bajo demanda. Sin embargo, los departamentos de Tecnologías de la Información (TI) en un amplio conjunto de organizaciones —especialmente aquellas de mediano y gran tamaño que buscan optimizar sus capacidades computacionales— enfrentan una creciente brecha competitiva al comparar sus servicios internos con las prestaciones ofrecidas por proveedores de nube pública. Esta situación suele derivar en la adopción de entornos de nube híbrida, en un intento por equilibrar la autonomía interna con la eficiencia y flexibilidad que caracterizan a las soluciones externas.

Este trabajo de grado se centra en la interoperabilidad de servicios en una nube híbrida durante la migración de aplicaciones y explora las tecnologías utilizadas para un traslado efectivo en este entorno, teniendo como objetivo final encontrar las estrategias más efectivas y los desafíos clave que enfrentan los departamentos de TI en diversas organizaciones, independientemente de su ubicación o sector específico. Para ello, se analizaron las técnicas de consolidación y distribución de datos empleadas con el fin de optimizar el proceso de migración, garantizando así un desempeño óptimo de las aplicaciones migradas.

Estas consideraciones se validarán a través del juicio experto de un panel especializado, buscando con ello determinar la estrategia que mejor se ajuste a las demandas y problemáticas del entorno empresarial contemporáneo, así como a la dinámica del mercado global de servicios en la nube.

Finalmente, se plantea como objetivo investigativo esperado la obtención de un documento que proporcione información valiosa sobre las estrategias de migración de datos en la nube híbrida, permitiendo a las organizaciones tomar decisiones informadas y maximizando los beneficios de la aplicación de este modelo de nube.

Palabras clave: Computación en la nube, nube híbrida, interoperabilidad, migraciones de aplicaciones, estrategias de migración a la nube pública, sistemas legados.

Abstract

Cloud computing is widely utilized in industry due to benefits such as scalability, virtualization, and on-demand access. However, Information Technology (IT) departments in a broad range of organizations—especially medium and large enterprises seeking to optimize their computational capabilities—face a growing competitive gap when comparing their internal services with those offered by public cloud providers. This situation often leads to the adoption of hybrid cloud environments, in an effort to balance internal autonomy with the efficiency and flexibility characteristic of external solutions.

This graduate research focuses on service interoperability in a hybrid cloud during the application migration phase and explores the technologies employed for effective transfers in such environments. Its ultimate objective is to identify the most effective strategies and the key challenges that IT departments face in various organizations, regardless of their geographic location or specific industry sector. To achieve this, the study analyzed data consolidation and distribution techniques designed to optimize the migration process, thereby ensuring optimal performance of the migrated applications.

These considerations will be validated through expert judgment by a specialized panel, aiming to determine the strategy that best aligns with the demands and challenges of the contemporary business environment, as well as with the dynamics of the global cloud services market.

Finally, the intended research outcome is the creation of a document that provides valuable information on data migration strategies in hybrid cloud environments. This resource will enable organizations to make informed decisions and maximize the benefits of adopting this cloud model.

Keywords: Cloud computing, hybrid cloud, interoperability, application migrations, migration strategies to the public cloud, legacy systems.

Introducción

En el contexto empresarial contemporáneo, la adopción de soluciones de computación en la nube se ha convertido en una estrategia fundamental para las organizaciones que buscan optimizar sus operaciones, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y adaptarse a un entorno cada vez más competitivo y globalizado. La nube híbrida, al combinar las ventajas de la nube pública con las garantías de seguridad y control de la nube privada, ha emergido como una opción atractiva para satisfacer las necesidades cambiantes de las empresas. Sin embargo, la migración de aplicaciones a entornos de nube híbrida no está exenta de desafíos. Los departamentos de Tecnologías de la Información (TI) enfrentan obstáculos significativos, especialmente en términos de interoperabilidad, lo cual es crucial para asegurar la integración fluida de sistemas, aplicaciones y datos en múltiples entornos de nube. Este trabajo tiene como propósito evaluar estrategias de migración que faciliten la interoperabilidad en la nube híbrida, proporcionando un marco de referencia que permita superar los desafíos inherentes a este tipo de entornos.

La problemática principal radica en la complejidad de gestionar y migrar aplicaciones en un contexto de nube híbrida. Como mencionan diversos estudios, este proceso se ve condicionado por factores como la dependencia de sistemas heredados y la falta de estrategias robustas de migración, lo cual puede afectar negativamente tanto la eficiencia operativa como la ciberseguridad y el control de costos (S. M. Barhate & Dhore, 2023; Garg et al., 2019). A medida que aumenta la complejidad técnica y organizacional, es evidente la necesidad de enfoques que aborden de manera integral los riesgos y obstáculos que surgen en la migración hacia una infraestructura de nube híbrida. Esto plantea una interrogante fundamental para la investigación: ¿Cuáles son las estrategias más efectivas que los departamentos de TI pueden implementar para enfrentar los desafíos clave en la migración de aplicaciones, facilitando así la interoperabilidad en entornos de nube híbrida?

El objetivo general es desarrollar una estrategia que permita a las organizaciones realizar migraciones de aplicaciones hacia la nube híbrida de manera eficiente y segura, estableciendo condiciones de interoperabilidad entre sistemas y minimizando los riesgos operativos y de seguridad.

La justificación de este estudio no radica en la premisa de una demanda emergente o reciente de entornos de nube híbrida—dado que su adopción, así como la correspondiente normatividad, han estado presentes en el panorama tecnológico desde hace tiempo—, sino más

bien en la necesidad de afianzar la operación y culminar con eficacia el proceso de migración hacia estos modelos. En efecto, las organizaciones suelen contar con componentes tanto en nube pública como privada, enfrentando retos significativos en materia de interoperabilidad, distribución de cargas de trabajo y optimización de recursos.

En este contexto, se vuelve imprescindible identificar y comprender las estrategias más apropiadas para abordar dichos desafíos. A pesar de la existencia de guías y recomendaciones técnicas, la mayoría carece de una visión integral que abarque no solo los aspectos operativos y tecnológicos, sino también las dimensiones estratégicas y de gobernanza. Esta perspectiva holística reviste especial relevancia en sectores críticos—como el financiero, seguros y retail—, donde la seguridad, la confiabilidad y el cumplimiento normativo constituyen pilares centrales. Bajo estas condiciones, el adecuado manejo de la interoperabilidad en entornos de nube híbrida no solo se configura como una ventaja competitiva, sino también como un requisito indispensable para la continuidad y el desempeño óptimo de las organizaciones.

Por consiguiente, esta investigación se propone brindar una contribución significativa al ámbito de la gestión tecnológica en entornos de computación en la nube, mediante el diseño de una estrategia integral de migración que fortalezca la interoperabilidad en escenarios híbridos. Dicha estrategia, aplicable a organizaciones de diversos sectores y dimensiones, busca optimizar el uso de recursos, garantizar el cumplimiento normativo y consolidar una infraestructura tecnológica que responda eficazmente a las demandas de un entorno empresarial global, dinámico y en constante transformación.

1 Planteamiento del problema

En el contexto empresarial actual, los departamentos de Tecnologías de la Información (TI) se enfrentan a desafíos significativos al migrar aplicaciones hacia entornos de nube híbrida. Como señalan (S. Barhate, 2022; Jain & Hazra, 2019), este proceso se ve influenciado por una multiplicidad de factores, tales como las dependencias en sistemas legados y la debilidad en las estrategias de migración hacia la nube, lo cual puede comprometer la interoperabilidad y afectar negativamente la eficiencia operativa. Estos factores se agravan en la medida en que las empresas deben hacer frente a una complejidad creciente, no solo en términos de técnica y arquitectura, sino también en aspectos organizacionales y de gestión.

La consolidación y operación eficaz en entornos de computación en la nube híbrida—donde infraestructuras públicas y privadas coexisten y se complementan—no se limitan exclusivamente a superar complejidades técnicas, sino que también involucran consideraciones económicas relacionadas con los costos de infraestructura y las inversiones inherentes al proceso.

Estudios previos han identificado que la falta de estrategias robustas de migración puede derivar en ineficiencias operativas, brechas de seguridad y sobrecostos (Barhate & Dhore, 2023; Garg et al., 2019). Además, la falta de guías integrales que aborden tanto los aspectos técnicos como los estratégicos exacerba los riesgos asociados a estas transiciones. En sectores como el financiero, los seguros y el retail, donde la confiabilidad y la seguridad son imperativos, estos retos adquieren una relevancia crítica.

El objetivo de esta investigación es evaluar las estrategias existentes para la migración de aplicaciones hacia entornos de nube híbrida, así como desarrollar nuevas propuestas que permitan facilitar la interoperabilidad durante dichas migraciones. Esto implica no solo optimizar el uso de recursos en las nubes públicas y privadas, sino también minimizar los riesgos asociados a la integridad de los datos, la eficiencia operativa y la seguridad cibernética.

1.1 Ventajas de la interoperabilidad en nube híbrida

- **Flexibilidad:** La interoperabilidad en la nube híbrida permite a las organizaciones utilizar recursos de diferentes plataformas de nube de manera más efectiva, adaptándose ágilmente a las necesidades cambiantes del negocio (Laili et al., 2015). Esta capacidad de combinar los beneficios de la nube pública y privada facilita una respuesta más dinámica y adaptativa ante fluctuaciones en la demanda de servicios.

- **Eficiencia de Costos:** La interoperabilidad entre plataformas públicas y privadas puede reducir la duplicación de recursos y aprovechar la escalabilidad de la nube pública, manteniendo datos críticos en servidores privados, más seguros y controlados (Bi et al., 2024). Esto permite una mejor optimización de costos, al evitar gastos innecesarios y asegurar que los recursos se utilicen de manera óptima.
- **Resiliencia y Continuidad del Negocio:** La interoperabilidad mejora la capacidad de la empresa para gestionar fallos y recuperarse rápidamente, ya que distribuye cargas de trabajo entre diferentes entornos de nube, asegurando la continuidad del negocio incluso en escenarios adversos (Elhoseny et al., 2018). Esta resiliencia es fundamental para mantener la operatividad y la calidad de los servicios.

1.2 Desventajas de la interoperabilidad en nube híbrida

- **Complejidad Técnica:** La gestión de múltiples plataformas de nube presenta un grado significativo de complejidad técnica, lo que requiere habilidades especializadas para mantener la infraestructura y evitar problemas de compatibilidad. (Ficco et al., 2017) destaca que esta complejidad puede complicar la arquitectura de TI, incrementando la probabilidad de errores y aumentando la dependencia de expertos en tecnología.
- **Riesgos de Seguridad:** La transferencia de datos entre nubes públicas y privadas implica un aumento en los riesgos de seguridad, especialmente si no se manejan adecuadamente los protocolos y las herramientas de protección de datos (Nathiya & Suseendran, 2019). Estos riesgos son particularmente significativos en sectores donde la privacidad y la integridad de los datos son esenciales, como la salud y los servicios financieros.
- **Desafíos Regulatorios y de Cumplimiento:** La gestión de datos en múltiples jurisdicciones puede complicar el cumplimiento de leyes de protección de datos y normativas de privacidad. (Darwish et al., 2019) enfatizan que, en un entorno de nube híbrida, el cumplimiento de las regulaciones es complejo, ya que los datos pueden residir en infraestructuras con diferentes niveles de seguridad y en países con regulaciones diversas.

Surge entonces un gran interrogante que fundamenta este trabajo: ¿Cuáles son las estrategias apropiadas de los departamentos de TI para enfrentar los desafíos clave asociados a la migración de aplicaciones, facilitando la interoperabilidad en entornos de nube híbrida?

2 Justificación

El análisis de la interoperabilidad en entornos de nube híbrida y el diseño de estrategias para optimizar la migración de aplicaciones entre infraestructuras públicas y privadas surge como respuesta a la creciente complejidad que enfrentan las organizaciones al combinar diversos entornos tecnológicos. La relevancia de esta temática se manifiesta en el contexto actual de transformación digital, donde las empresas buscan optimizar sus operaciones y reducir costos a través del aprovechamiento de tecnologías avanzadas y la configuración de infraestructuras más flexibles.

La nube híbrida representa una solución óptima al combinar la escalabilidad y flexibilidad de la nube pública con el control y la seguridad que ofrece la nube privada. No obstante, su implementación plantea una serie de desafíos complejos, en particular en términos de interoperabilidad y la gestión eficaz de la migración de aplicaciones desde sistemas heredados. Entender estos desafíos y las estrategias que permiten superarlos resulta esencial para que las organizaciones puedan maximizar los beneficios de la nube híbrida sin comprometer la seguridad y funcionalidad de sus aplicaciones y datos.

Este trabajo, titulado "Evaluación de estrategias y desafíos en migraciones de aplicaciones para garantizar la interoperabilidad en entornos de nube híbrida", se fundamenta en la necesidad de abordar integralmente las dificultades asociadas a la consecución de una efectiva interoperabilidad entre entornos de nube pública y privada. Esta necesidad se ve acentuada por la limitada disponibilidad de guías integrales y la escasez de estudios detallados que examinen las dimensiones técnicas y estratégicas de dichas transiciones en los departamentos de TI. Entre las principales fuentes que motivan la formulación de esta propuesta, se incluyen:

- **Integración de recursos de nube pública con sistemas locales y nubes privadas:** La necesidad de las organizaciones de combinar recursos de nubes públicas con sus infraestructuras locales ha sido ampliamente documentada. La investigación de (Gharehpasha et al., 2021) destaca los retos relacionados con la colocación de máquinas virtuales para optimizar el uso de recursos en centros de datos en la nube, lo que refuerza la necesidad de estrategias que mejoren la interoperabilidad. (Sotomayor et al., 2009a) habla sobre necesidad de las organizaciones de integrar recursos de nube pública con sus sistemas locales existentes o nubes privadas.

- **Complejidades en la operación de infraestructuras híbridas:** La investigación de (Lee, 2019), revela las complejidades encontradas al implementar y operar infraestructuras de nube híbrida, subrayando la importancia de una evaluación rigurosa de las capacidades y decisiones de inversión para garantizar el éxito de estas iniciativas.
- **Vacíos en las guías detalladas sobre migración de cargas:** La investigación de (Hiremath & K. S, 2022) evidencia la falta de guías detalladas para gestionar la migración de cargas de trabajo a entornos de nube híbrida, resaltando la necesidad de marcos comprensivos que aborden las complejidades y riesgos inherentes a estas transiciones.
- **Evaluación de costo-beneficio y retorno de inversión:** (Jain & Hazra, 2019) enfatizan la falta de análisis exhaustivos sobre la relación costo-beneficio y el retorno de inversión en opciones de nube pública o híbrida, lo cual es fundamental para la toma de decisiones informada por parte de las organizaciones.
- **Creciente adopción en sectores críticos:** La adopción de nubes híbridas se ha acelerado en sectores como servicios financieros, telecomunicaciones y salud, que requieren alta seguridad, baja latencia y dependencias de sistemas legados. El trabajo de (Elhoseny et al., 2018) destaca el uso de modelos híbridos de IoT y nube para gestionar grandes volúmenes de datos en el ámbito de la salud, lo que refuerza la importancia de la interoperabilidad y la seguridad en estos entornos.

Todo lo anterior, demuestra la importancia de realizar un análisis para comprender mejor los procesos y decisiones técnicas que respaldan una transición exitosa hacia la nube híbrida es fundamental para las organizaciones que buscan aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece este modelo.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer un marco de referencia de gestión de estrategia que permita la migración de aplicaciones hacia entornos de nube híbrida, habilitando condiciones de interoperabilidad de dichas aplicaciones y superando los desafíos inherentes a esta transición.

3.2 Objetivos específicos

Caracterizar los desafíos clave y experiencias exitosas asociados a las migraciones de aplicaciones en nube pública o nube híbrida.

Definir métricas claves para la evaluación de un proceso de migración a la nube híbrida estable.

Diseñar estrategias específicas y recomendaciones prácticas que aborden los desafíos identificados y mejoren la eficiencia de la gestión de las migraciones de aplicaciones hacia una nube híbrida, con un enfoque en la interoperabilidad.

Formular una guía de planeación, ejecución y monitoreo de las migraciones, facilitando una transición segura sin impacto negativo en el negocio.

4 Marco teórico

4.1. Antecedentes

La computación en la nube ha revolucionado la forma en que las organizaciones gestionan sus recursos tecnológicos, ofreciendo flexibilidad y escalabilidad. Pero es importante hablar ¿qué es la computación en la nube? (Plummer, Bittman, Austin, Cearley, & Smith , 2008). lo define como “Capacidades de TI masivamente escalables que se entregan ‘como un servicio’ a los usuarios usando tecnología internet”. Sin embargo, una de las definiciones al respecto más ampliamente aceptadas y una de las primeras que logró entregar un entendimiento global del concepto de Nube son las entregadas por el NIST. (Mell & Grance, 2011) quienes definen al Cloud Computing como: “la computación en la nube ofrece una escalabilidad sin precedentes, permitiendo a las empresas ajustar sus recursos de manera rápida y eficiente para responder a las demandas cambiantes, lo cual es fundamental en el dinámico entorno empresarial actual”. De acuerdo con (Deb & Choudhury, 2021) expone que es un modelo de servicio de TI, que ofrece un conjunto de servicios y recursos informáticos convenientes, bajo demanda y configurables a los clientes a través de una red en forma de autoservicio, independientemente de la interacción del dispositivo y del proveedor de servicios de ubicación.

La computación en la nube tiene tres modelos de despliegue y es importante realizar una breve descripción:

- **Nube privada:** Es esencialmente, la extensión del centro de datos o infraestructura local de una compañía que esta optimizada para facilitar recursos de TI (aplicaciones, cómputo, almacenamiento y redes). La Nube privada se define como *“La infraestructura en la nube está preparada para el uso exclusivo de una sola organización que comprende múltiples consumidores (por ejemplo, unidades de negocio). Puede ser de propiedad, administrado y operado por la organización, un tercero y que puede existir dentro o fuera de las instalaciones.”* (Mell & Grance, 2011) Es posible tener una Nube Privada en un centro de datos de un tercero siempre que los servicios sean única y exclusivamente utilizados por usuarios pertenecientes a la organización.

- **Nube pública:** La nube pública se refiere a servicios y recursos de computación ofrecidos por proveedores externos y accesibles a través de Internet, ejemplo de ello son: Amazon Web Services(AWS), Azure y Google Cloud Platform(GCP). La Nube pública la define (Mell & Grance, 2011) como *“La infraestructura de Nube entregada para un uso abierto por el público general. Podría manejarse, operarse y pertenecer a un negocio, a una institución académica, a una organización gubernamental o alguna combinación de estos. La infraestructura de este tipo de Nube siempre está localizada en la instalación de quien provee los servicios de Nube”*.
- **Nube híbrida:** Es una combinación de nube pública y privada, es la solución perfecta si, por ejemplo, se quiere ampliar la infraestructura de TI para incluir los servicios y aplicaciones donde se puede sacar el máximo rendimiento a la nube. La nube híbrida se define como *“una composición de dos o más distintas infraestructuras de nube (privadas o públicas) que pertenecen a entidades únicas, pero están unidos por la tecnología estandarizada o propietaria que permite la portabilidad de datos y la aplicación”*. (Mell & Grance, 2011) Por ejemplo, Cloud Bursting para equilibrar la carga entre nubes.

La figura 1 muestra un diagrama del funcionamiento de la nube híbrida a alto nivel y como es la integración entre el modelo privado y público. Los nombres de las tecnologías mostradas en la gráfica son un ejemplo para mostrar modelos de entrega como lo es (IaaS¹, PaaS² y SaaS³)

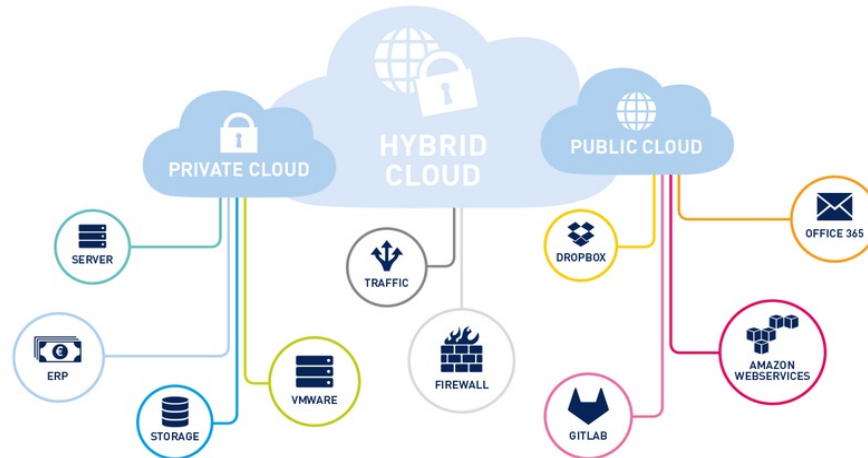
¹ Recursos de infraestructura bajo demanda a las empresas a través de la nube, como la computación, almacenamiento, redes y virtualización. Algunos ejemplos de IaaS son los proveedores de nube pública, como AWS, Microsoft Azure y Google Cloud.

² Proporciona y gestiona todos los recursos de hardware y software para desarrollar aplicaciones a través de la nube. Algunos ejemplos de PaaS son AWS Elastic Beanstalk, Heroku y Red Hat OpenShift.

³ Proporciona toda la pila de aplicaciones para ofrecer una aplicación completa basada en la nube que los clientes pueden utilizar. Algunos ejemplos de SaaS son Dropbox, Salesforce, Google Apps y Red Hat Insights.

Nota: Las anteriores definiciones fueron tomadas del portal de Red Hat, para más detalles revisar el siguiente [enlace](#)

Figura 1
Grafica nube híbrida



Nota. Fuente <https://clud1.webnode.mx/gestion-de-la-nube-hibrida> (*Ghost cloud Gestión de la nube híbrida*)

En este contexto, la migración de aplicaciones a entornos de nube híbrida ha surgido como una práctica común, permitiendo a las empresas aprovechar los beneficios de combinar los recursos de las nubes públicas como de la nube privada. Sin embargo, esta migración no está exenta de desafíos, siendo la interoperabilidad uno de los aspectos más críticos a considerar. En la literatura, varios estudios han abordado esta temática desde diferentes perspectivas.

4.1.1. En el pasado

buscando en la literatura se encuentran recursos como (Sotomayor et al., 2009b) la computación en la nube híbrida como *"un modelo de computación que combina recursos de computación, almacenamiento y red de diferentes proveedores, públicos, privados o locales"*. Así mismo (Laili et al., 2015), introduce la idea de *"combinar la composición de los servicios y la asignación de recursos en un solo proceso de toma de decisiones."*

De otro lado, (Linthicum, 2016), analiza *"los beneficios y desafíos de la computación en la nube híbrida, que combina las ventajas de las nubes públicas y privadas. Explora diferentes patrones arquitectónicos para la nube híbrida y proporciona pasos para implementarla y operarla"*. Por su parte, (Jain & Hazra, 2019), presentan *"la relevancia de la inversión en capacidad en el contexto de la computación en la nube y las estrategias óptimas de inversión en capacidad para un comprador en un entorno de nube híbrida"*.

Los estudios anteriores demuestran el impulso académico alrededor de los temas relacionados con la nube híbrida y la interoperabilidad entre nubes, tanto públicas como privadas. Otro ejemplo de esto es el análisis de (S. Barhate, 2022, P. 188), quien propone que *"cuando los*

centros de datos públicos y privados están agrupados, el tiempo de interoperabilidad se reduce mejorando así el desempeño en la nube híbrida".

4.1.2 En el presente

se busca mejorar las condiciones de operabilidad y desempeño de la nube híbrida, por ejemplo: para mantener una optimización efectiva del servicio dentro del marco de la nube híbrida (Abbes et al., 2022), proponen *"un enfoque basado en un algoritmo para la optimización de enjambre de partículas binarias (BPSO)"*. Mientras que, más adelante, (S. M. Barhate & Dhore, 2023), presentan *"una implementación del algoritmo de agrupamiento de dividir y conquistar para mejorar la interoperabilidad en entornos de nube híbrida"*. Por otro lado, (Garg et al., 2019), proponen *"un modelo híbrido basado en aprendizaje profundo para la detección de anomalías en redes de centros de datos en la nube"*.

Adicional a esto, algunos autores como (S. Barhate, 2022; S. M. Barhate & Dhore, 2023) han desarrollado trabajos sobre *"técnicas de clustering, evaluación de migraciones de datos e implementaciones de bursting de servicios y agendamiento de tareas multiobjetivo aplicados a la nube híbrida"*.

Estos autores han proporcionado una visión integral de la gestión de la nube híbrida desde sus inicios hasta el presente, abordando cuestiones clave como la definición, los algoritmos de optimización y la seguridad de la nube híbrida.

4.2 Conceptos fundamentales

En el contexto de la gestión de la nube híbrida, es fundamental comprender los conceptos clave de acuerdo con la revisión de literatura, los principales conceptos fundamentales que sustentan un proyecto de investigación en computación en la nube híbrida son:

- **Nube híbrida:** se refiere a una infraestructura de TI que combina nubes públicas y privadas. Este concepto es esencial, ya que es el enfoque principal del proyecto y la migración de cargas de trabajo a esta infraestructura es su objetivo central. (Abbes et al., 2022; Deb & Choudhury, 2021) son fuentes relevantes para comprender este concepto.
- **Migración a la nube:** la migración de aplicaciones y cargas de trabajo a la nube es un concepto central en el proyecto. Implica el traslado de sistemas y datos desde servidores locales a una

infraestructura en la nube. Fuentes como (S. M. Barhate & Dhore, 2023; Gharehpasha et al., 2021) ofrecen información sobre este tema.

- **Interoperabilidad:** se refiere a la capacidad de sistemas y aplicaciones para funcionar de manera conjunta y eficiente. Dado que la migración a la nube híbrida a menudo implica la coexistencia de sistemas diversos, la interoperabilidad es fundamental. (Abbes et al., 2022; S. Barhate, 2022; S. M. Barhate & Dhore, 2023) tratan temas relacionados con la interoperabilidad. En resumen, es la habilidad de sistemas y organizaciones para trabajar en conjunto a través de interfaces compatibles como exponen (Hiremath & K. S, 2022)
- **Eficiencia y rendimiento:** la eficiencia y el rendimiento de las aplicaciones en la nube son consideraciones cruciales. El proyecto se centra en encontrar estrategias que optimicen estos aspectos. (Garg et al., 2019; Linthicum, 2016) proporcionan información relevante sobre la eficiencia en la nube.
- **Seguridad en la nube:** la seguridad de datos y aplicaciones en la nube es un concepto fundamental debido a las preocupaciones de privacidad y ciberseguridad. (Deb & Choudhury, 2021; Elhoseny et al., 2018) abordan cuestiones de seguridad en la nube.
- **La transformación digital:** es el proceso de integración de tecnologías digitales en una empresa para optimizar sus procesos, cambiar la forma en que se realizan las operaciones comerciales, interactuar con los clientes, tomar decisiones y brindar productos y servicios. Va más allá de la digitalización al buscar aprovechar las oportunidades que ofrece la tecnología digital para crear ventajas competitivas, mejorar la experiencia del cliente, optimizar la eficiencia operativa y fomentar la innovación. (David Torres, 2023; SAP, 2023)

Estos conceptos fundamentales sustentan el proyecto al proporcionar la base teórica y conceptual necesaria para abordar los desafíos y oportunidades relacionados con la migración de cargas de trabajo a la nube híbrida. Las referencias a las fuentes proporcionadas anteriormente se aplican a las investigaciones que pueden respaldar estos conceptos.

4.3. Contexto

La literatura revisada sobre la gestión de la nube híbrida proporciona una perspectiva integral sobre el contexto espacial, temporal, normativo, económico y cultural en el cual se desarrolla este proyecto.

4.3.1. Contexto espacial

El desarrollo de la nube híbrida se ha observado en entornos empresariales a nivel global, involucrando tanto proveedores de servicios de nube públicos como privados de diversas regiones geográficas. La naturaleza híbrida implica una conexión entre infraestructuras locales y recursos en la nube, creando una red globalizada de servicios computacionales (Linthicum, 2016; Sotomayor et al., 2009).

A pesar de los numerosos beneficios que la nube híbrida aporta a las empresas, es crucial considerar los riesgos asociados con la ubicación de los datos. Dado que la situación geopolítica, las regulaciones y las amenazas cibernéticas son dinámicas y pueden cambiar con el tiempo, se recomienda mantenerse informado sobre el panorama actual y revisar de manera regular las estrategias de mitigación de riesgos. Este enfoque proactivo garantiza una gestión efectiva de los riesgos emergentes en un entorno tecnológico en constante evolución.

4.3.2. Contexto temporal

En términos temporales, el tema ha ganado relevancia en la última década a medida que las tecnologías de la nube han evolucionado y las organizaciones han buscado formas más eficientes de gestionar sus recursos de TI. Pero “a lo largo del tiempo, el concepto de nube híbrida ha evolucionado para adaptarse a las cambiantes demandas tecnológicas. Desde los primeros estudios como los de (Sotomayor et al., 2009) hasta las investigaciones actuales como las de (Abbes et al., 2022), se observa una evolución en los algoritmos y estrategias utilizadas para optimizar los servicios en la nube híbrida.

4.3.3. Contexto normativo

En el ámbito normativo, es importante resaltar que existen regulaciones y estándares específicos que deben tenerse en cuenta al implementar y gestionar una infraestructura de nube híbrida. Por ejemplo: La norma técnica colombiana [NTC-ISO/IEC 27017](#) que fija los requisitos específicos de seguridad para la prestación y el uso de servicios en la nube. Asimismo, el Artículo 15 de la Constitución Política de Colombia (Protección de datos) donde este estipula que todas las

personas tienen derecho a su intimidad personal. [La Circular Externa 005 de 2019](#), publicada por la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC), establece lineamientos claros para la contratación de servicios de computación en la nube en el sector financiero. Además, es crucial considerar el General de Protección de Datos (RGPD) en la Unión Europea como otro marco normativo relevante para tener en cuenta en este contexto. *"El desarrollo de la nube híbrida ha estado influenciado por regulaciones gubernamentales y políticas de privacidad que varían según el país. La gestión de datos y la seguridad cibernética son cuestiones normativas clave que han influido en el diseño y la implementación de soluciones de nube híbrida"* según los autores (Darwish et al., 2019; Gharehpasha et al., 2021).

4.3.4. Contexto cultural

Culturalmente, las actitudes y percepciones hacia la adopción de la nube híbrida pueden variar según las prácticas empresariales y las preferencias de cada país o región. *"La adopción de tecnologías de nube híbrida está vinculada a las prácticas empresariales y la disposición a adoptar nuevas formas de trabajo y colaboración. Las actitudes hacia la tecnología, la innovación y la seguridad de los datos varían culturalmente y pueden afectar la aceptación y la implementación de soluciones de nube híbrida"* según los autores (Garg et al., 2019; Jain & Hazra, 2019). La literatura revisada destaca que el desarrollo de la nube híbrida es un fenómeno global que ha evolucionado para adaptarse a las regulaciones normativas y las actitudes culturales, creando un contexto complejo y dinámico para la implementación de proyectos en este campo.

4.3.5. Contexto técnico.

El proceso de migración de aplicaciones a entornos de nube híbrida es complejo y requiere una cuidadosa consideración de varios factores técnicos, estratégicos y económicos. Para abordar efectivamente este proceso, es crucial entender los marcos teóricos y herramientas ofrecidas por los principales actores del mercado como AWS, Google Cloud Platform (GCP), Microsoft Azure, Gartner y Red Hat. Cada uno de estos proveedores ofrece enfoques, estrategias y herramientas específicas que pueden facilitar la migración y mejorar la interoperabilidad en entornos de nube híbrida.

Una de las estrategias más usadas para la migración surgió de [Gartner](#) (Watson, 2010), una empresa líder en investigación y asesoramiento. Gartner introdujo la estrategia de migración de las 5 R, que proporcionaba un marco para que las organizaciones clasificaran sus aplicaciones en

función de su idoneidad para la migración a la nube, importante anotar que esta estrategia todavía es vigente en el mercado.

Las 5 R, significan:

- **Reubicación (*lift-and-shift*):** este enfoque implica trasladar las aplicaciones a la infraestructura de la nube sin realizar cambios significativos. Es un buen enfoque para las aplicaciones que son altamente compatibles con el entorno de nube de destino y no requieren modificaciones sustanciales.
- **Refactorizar (rediseñar):** la refactorización implica realizar cambios arquitectónicos en la aplicación para optimizarla para el entorno de la nube. Este enfoque permite a las organizaciones aprovechar las funciones y los servicios nativos de la nube, lo que mejora el rendimiento y la escalabilidad de la aplicación.
- **Revisión (cambio de plataforma):** el enfoque de revisión implica realizar modificaciones específicas de la plataforma en la aplicación, manteniendo su funcionalidad principal. Permite a las organizaciones migrar aplicaciones a una plataforma diferente dentro del ecosistema de la nube, optimizando el rendimiento y reduciendo la dependencia de los sistemas heredados.
- **Reconstrucción (redesarrollo):** la reconstrucción de una aplicación implica volver a desarrollarla desde cero utilizando tecnologías y servicios nativos de la nube. Este enfoque permite a las organizaciones modernizar sus aplicaciones y aprovechar al máximo las capacidades de la nube.
- **Reemplazar (eliminar y comprar):** el enfoque de reemplazo implica reemplazar las aplicaciones existentes con soluciones de software basadas en la nube listas para usar. Es adecuado para aplicaciones con requisitos de personalización limitados o aquellas que las ofertas de nube existentes pueden reemplazar fácilmente.

Según (Watson, 2010) *“Si un proyecto de migración a la nube está en el futuro de su empresa, aprovechar [los modelos R] es una decisión inteligente.”*

4.3.6. Contexto Económico.

“La adopción de la nube pública en América Latina generaría 8,6 millones de empleos a 2038 y un impacto en el PIB de US\$ 195 mil millones” afirma (María Paz Infante, 2023). Sin embargo, *“la devaluación de las monedas latinoamericanas frente al dólar ha llevado a un encarecimiento de los precios y costes internos en dólares, lo que puede afectar la competitividad de estos países”* (Ernesto Talvi & Sofía Harguindeguy, 2023). Por ejemplo: entre 2022 y 2023, el peso argentino (ARS) sufrió la peor depreciación entre las divisas latinoamericanas seleccionadas frente al dólar.

En el contexto económico actual, la devaluación de las monedas latinoamericanas puede tener un impacto negativo en la adopción de la nube pública, ya que puede aumentar los costos de implementación y mantenimiento de las soluciones en la nube, especialmente si están vinculadas a precios en dólares. Además, la devaluación puede afectar la competitividad de las empresas latinoamericanas en el mercado global, lo que podría disminuir la demanda de servicios en la nube. Para mitigar estos efectos, las empresas y gobiernos deberían considerar estrategias para reducir la dependencia de las monedas extranjeras, marcos legales favorables y promover la adopción de la nube pública en términos de costos locales. Esto podría incluir la implementación de modelos de precios basados en la nube pública que se ajusten a las condiciones económicas locales y la promoción de la adopción de la nube privada, que puede ser más económica que la nube pública en ciertos casos (nephos it, 2023). No obstante, es importante considerar y abordar algunos riesgos asociados, como los relacionados con los costos de capital (CAPEX) y los costos operativos (OPEX) de los datos, así como los costos por descargar datos de la nube pública o repatriación de las aplicaciones.

A pesar de los desafíos derivados de la devaluación del peso colombiano frente al dólar por factores económicos y políticos, es fundamental considerar estrategias que permitan aprovechar los beneficios de la nube pública en moneda local. En Colombia, existen oportunidades valiosas para aprovechar estas tecnologías, como lo establece el [artículo 187 de la Ley 1819 de 2016](#) que excluye del IVA los servicios informáticos y soporte remoto en la nube. Esta disposición crea un entorno propicio para fomentar la adopción de tecnologías basadas en la nube, acelerando la innovación, el desarrollo económico y promover un ecosistema digital sólido en Colombia.

4.4 Teorías fundamentales

En términos teóricos, la gestión de la nube híbrida se basa en una serie de teorías relacionadas con la gestión de servicios de TI, la virtualización de recursos y la optimización de la infraestructura, las cuales proporcionan un fundamento crítico para la planificación y ejecución de proyectos orientados a la nube híbrida. Algunas de las teorías fundamentales identificadas en la revisión de la literatura que sustentan estos proyectos incluyen:

- **Teorías de optimización:** Estas teorías se enfocan en la búsqueda de la solución óptima dentro de un conjunto de posibles alternativas, con el fin de maximizar o minimizar ciertas variables de interés. Un ejemplo claro es el trabajo de (Abbes et al., 2022) quienes propusieron un enfoque de cloud bursting basado en la Optimización de Enjambres de Partículas Binario (Binary PSO) para la gestión eficiente de los recursos entre entornos de nube pública y privada. Dicho enfoque tiene como objetivo equilibrar cargas de trabajo para mejorar la eficiencia operativa, manteniendo una gestión proactiva de los costos y la escalabilidad.
- **Teorías de algoritmos multiobjetivo:** Estas teorías se fundamentan en la necesidad de optimizar simultáneamente varios objetivos conflictivos, tales como la reducción del tiempo de ejecución de tareas y la maximización del uso eficiente de los recursos de infraestructura. (Abualigah & Diabat, 2021) desarrollaron un Algoritmo Híbrido de Optimización de Hormiga León, que aborda de manera eficiente la programación de tareas en entornos de nube multiobjetivo. Este enfoque permite asignar recursos de manera óptima y balanceada, mejorando el rendimiento general de la infraestructura híbrida.
- **Teoría de grafos:** La teoría de grafos se aplica en el particionamiento y agrupamiento de redes y recursos, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la interoperabilidad entre sistemas distribuidos. (S. Barhate, 2022) implementó una técnica de clustering basada en el método Divide and Conquer, utilizando la teoría de grafos para lograr una segmentación más eficiente de los recursos y la reducción de la latencia en entornos de nube híbrida. Este tipo de enfoques es particularmente útil para facilitar la interoperabilidad entre aplicaciones y servicios distribuidos en múltiples nubes.

4.5 Paradigmas

A partir de la revisión de la literatura, se identifican diversos paradigmas computacionales que subyacen en el desarrollo de proyectos de investigación en computación en la nube híbrida. Estos paradigmas son la base para la innovación y la eficiencia en entornos de nube y permiten a las organizaciones abordar los desafíos de la gestión de infraestructura de forma integral. Los principales paradigmas identificados son:

- **Internet de las cosas (IoT):** Este paradigma se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos para la recolección y el intercambio de datos (Kareem et al., 2022; Mohamed & Ismael, 2023) La generación masiva de datos desde dispositivos IoT presenta un desafío significativo para la gestión de la nube, pero también proporciona una oportunidad para maximizar el uso de la nube híbrida, ya que permite procesar y almacenar los datos de manera distribuida, asegurando que la información crítica se procese cerca de la fuente y los datos menos críticos sean almacenados en la nube pública.
- **Aprendizaje automático (Machine Learning) e Inteligencia Artificial (IA):** Estos paradigmas comprenden sistemas que mejoran sus capacidades mediante la experiencia y el uso de datos. Son aplicados para optimizar la asignación de recursos, mejorar la seguridad y facilitar la toma de decisiones en la nube (Garg et al., 2019; Gharehpasha et al., 2021; Hiremath & K. S, 2022). El aprendizaje automático permite predecir demandas de recursos y ajustar el despliegue en la nube de manera proactiva, mientras que la IA contribuye al monitoreo inteligente de las aplicaciones y la detección de anomalías, mejorando la estabilidad y el rendimiento del entorno híbrido.
- **Contenedores:** El paradigma de contenedores, tal como lo mencionan en (Centofanti et al., 2024; Hiremath & K. S, 2022; Liu et al., 2024; Mohamed & Ismael, 2023) facilita la empaquetación portátil de aplicaciones y servicios, permitiendo su despliegue uniforme en diferentes entornos de nube. La adopción de contenedores es fundamental para las arquitecturas de nube híbrida, ya que mejora la portabilidad de las aplicaciones y asegura que estas se comporten de la misma manera independientemente del entorno en el que se ejecuten. Esto simplifica la integración y el escalado de servicios entre nubes públicas y privadas.

El proyecto se fundamenta en la convergencia de múltiples paradigmas y teorías tecnológicas modernas que potencian y se benefician mutuamente dentro del ecosistema de la computación en la nube híbrida. Esta convergencia permite a las organizaciones aprovechar al máximo las ventajas de la nube, al tiempo que mitigan los riesgos asociados con la interoperabilidad, la seguridad y la optimización de recursos en entornos complejos y distribuidos.

4.6. Metodologías

La revisión de la literatura revela una serie de metodologías que se han utilizado en proyectos similares relacionados con la migración de cargas de trabajo a entornos de nube híbrida. Estas metodologías, basadas en enfoques empíricos y modelos analíticos, permiten abordar los desafíos de la migración desde diferentes perspectivas, asegurando una gestión eficiente y minimizando los riesgos inherentes. A continuación, se mencionan algunas de las metodologías relevantes junto con las referencias correspondientes:

- **Metodología de evaluación de riesgos y beneficios:** Esta metodología se centra en evaluar los riesgos y beneficios asociados con la migración de cargas de trabajo a la nube híbrida. Implica un análisis detallado de los posibles impactos, así como la ponderación de los beneficios frente a los riesgos para tomar decisiones informadas. (S. M. Barhate & Dhore, 2023) emplearon este enfoque para identificar posibles contingencias y determinar la viabilidad de las migraciones, destacando la importancia de una evaluación cuidadosa en la reducción de riesgos.
- **Optimización y algoritmos metaheurísticos:** Los enfoques de optimización y el uso de algoritmos metaheurísticos se han aplicado para identificar las estrategias más efectivas para la migración. (Elhoseny et al., 2018) utilizaron técnicas como la Optimización de Enjambre de Partículas para encontrar soluciones eficientes que maximicen el rendimiento de los recursos en la nube híbrida. Estos métodos son particularmente útiles en la identificación de configuraciones óptimas que minimicen los costos y maximizan el rendimiento.
- **Machine learning y deep learning:** La aplicación de técnicas de Machine Learning y Deep Learning han sido aplicadas para mejorar la detección de anomalías y optimizar el uso de los

recursos en entornos de nube híbrida. (S. Barhate, 2022; Garg et al., 2019) propusieron un modelo basado en aprendizaje profundo para monitorear y mejorar la asignación de recursos, lo cual permite una respuesta adaptativa y proactiva frente a las fluctuaciones de carga y a las posibles fallas en el sistema.

- **Enfoques de clustering y agrupamiento:** Se han aplicado enfoques de clustering y técnicas de agrupamiento para mejorar la interoperabilidad y la eficiencia en entornos de nube híbrida. (S. Barhate, 2022) implementó técnicas de *clustering* para segmentar los recursos y mejorar la eficiencia operativa en la gestión de la nube híbrida, facilitando la interacción entre diferentes plataformas y optimizando la asignación de recursos.
- **Optimización de recursos y capacidad:** En el contexto de la gestión de capacidad en la nube híbrida, (Lee, 2019) empleó metodologías de optimización para evaluar la capacidad y tomar decisiones estratégicas de inversión. Estos enfoques permiten a las organizaciones planificar de manera efectiva el uso de recursos, evitando la subutilización o sobrecarga de los sistemas y garantizando un uso eficiente y sostenible de la infraestructura.
- **Simulación:** La simulación es una metodología utilizada para emular el comportamiento de sistemas de nube híbrida con el fin de analizar y validar diferentes escenarios antes de su implementación real. (Ficco et al., 2017) emplearon la simulación para evaluar la viabilidad de arquitecturas híbridas, proporcionando una visión detallada de cómo los sistemas responderían bajo distintas configuraciones y condiciones de carga.
- **Estudios de caso:** Los estudios de caso representan una metodología cualitativa que permite analizar implementaciones reales de nube híbrida. (Lee, 2019) realizó estudios de caso sobre implementaciones en diferentes industrias para entender mejor las mejores prácticas y los desafíos enfrentados durante la migración. Esta metodología proporciona un contexto empírico valioso que informa las decisiones estratégicas durante el proceso de migración.

Estas metodologías han demostrado ser útiles en proyectos similares y proporcionan una base sólida para abordar la migración efectiva de cargas de trabajo en entornos de nube híbrida.

4.7. Frontera del conocimiento y tendencias

La frontera de conocimiento y las tendencias de trabajo en el tema de migración efectiva de cargas de trabajo a la nube híbrida están en constante evolución debido al rápido desarrollo de la tecnología y las demandas cambiantes de las organizaciones. A continuación, se describen algunas de las tendencias y áreas de investigación más destacadas en este campo:

- **Migración autónoma:** Una tendencia importante es la migración autónoma de cargas de trabajo. Esto implica el uso de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para tomar decisiones de migración en tiempo real sin intervención humana. Los sistemas son capaces de adaptarse a cambios en la demanda y en las condiciones de los recursos de manera autónoma (Hiremath & K. S, 2022).
- **Optimización energética:** La eficiencia energética se ha convertido en una preocupación crítica en la nube. Las investigaciones se centran en métodos para optimizar la asignación de cargas de trabajo en función de la disponibilidad de energía renovable y la eficiencia energética de los centros de datos (Gharehpasha et al., 2021).
- **Seguridad y privacidad:** La seguridad y la privacidad siguen siendo áreas críticas. Se investigan métodos de detección de intrusiones, cifrado y técnicas para garantizar la integridad de los datos en la migración de cargas de trabajo (Kareem et al., 2022).
- **Metodologías de evaluación de riesgos:** La evaluación de riesgos y beneficios en la migración de cargas de trabajo sigue siendo un área activa de investigación para ayudar a las organizaciones a tomar decisiones informadas (S. M. Barhate & Dhore, 2023).
- **Interoperabilidad y estándares:** La interoperabilidad entre nubes públicas y privadas sigue siendo un desafío. Se investiga la adopción de estándares y protocolos para facilitar una migración más fluida (S. Barhate, 2022).

Estas tendencias reflejan la necesidad de abordar desafíos emergentes en la migración de cargas de trabajo a entornos de nube híbrida, como la automatización, la eficiencia energética y la seguridad.

En este marco teórico, se han explorado los antecedentes, conceptos, teorías y paradigmas que respaldan la gestión de la nube híbrida en entornos de computación en la nube, se identificaron estudios relevantes que abordan estrategias, mejores prácticas y desafíos asociados con la implementación de la nube híbrida. También se examinaron las metodologías utilizadas en proyectos similares y las tendencias actuales en el campo. Además, se destacó la importancia del contexto espacial, temporal, normativo, económico y cultural en el desarrollo de la gestión de la nube híbrida. Esta revisión de literatura sirve como marco histórico, conceptual, teórico, legal y contextual para la investigación en curso, proporcionando una visión actualizada de la frontera del conocimiento científico en este campo y justificando la pertinencia y la importancia de dar continuidad a estos temas del conocimiento.

5 Estado del arte

5.1 Revisión de literatura

Para el estado del arte se adoptó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que proporciona un marco estructurado para organizar y analizar de la literatura relevante sobre el tema, permitiendo así una síntesis efectiva y ofreciendo respuestas claras. El objetivo de esta revisión sistemática fue explorar acerca de la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las estrategias apropiadas de las unidades de TI para enfrentar los desafíos clave asociados a la migración de aplicaciones, facilitando la interoperabilidad en entornos de nube híbrida?

5.1.1. Metodología de búsqueda

5.1.1.2. Fundamentos de la metodología.

Al implementar la metodología PRISMA en esta revisión sistemática enfocada en las estrategias de migración de aplicaciones en entornos de nube híbrida, se definen criterios específicos y rigurosos para la selección de estudios relevantes. Este enfoque refuerza la validez, integridad y credibilidad de los hallazgos obtenidos. La revisión sistemática implica una evaluación e interpretación exhaustiva de toda la investigación disponible, un proceso clave para abordar de manera profunda una pregunta de investigación específica o un área de interés particular (Manterola & Otzen H, 2013).

5.1.1.3. Criterios de inclusión y exclusión

La revisión sistemática de literatura científica finalizó en junio del 2024 mediante la selección y análisis en profundidad de la literatura encontrada. Utilizamos la base de datos SCOPUS. Al realizar la búsqueda pudimos encontrar publicaciones de investigación relevantes del campo de nube híbrida que arrojaron resultado que justifican el planteamiento del problema en la gestión de la nube híbrida en entornos de computación en la nube facilitando la interoperabilidad de las aplicaciones. Además, se incluyeron publicaciones en inglés, ya que este idioma es ampliamente reconocido en el ámbito de la tecnología y la ciencia. Por último, los temas abordados en los artículos estaban relacionados con la migración de aplicaciones en la nube híbrida.

5.1.1.4. Proceso de recolección de información

En el proceso de la búsqueda de la literatura, se inició probando diferentes términos de búsqueda. Con base en el objetivo de investigación, primero se definieron los términos

<<Híbrido Clouds>>, << Application migration >>, << interoperability>> y <<Strategy>>. Sin embargo, probar la búsqueda con estos términos más el uso de operadores lógicos como (OR y AND) y parámetro SEARCH WITHIN se produjo una cantidad de resultados de búsqueda equivalente a (>1166), la mayoría de los cuales eran irrelevantes. Al Combinar los términos de búsqueda dio como resultado las siguientes ecuaciones de búsqueda como se observa en la tabla 1.

Tabla 1
Filtros realizados durante la búsqueda

# de filtros	Términos de búsqueda	Resultados
1	(TITLE (hybrid AND clouds) AND ALL ("Application migration" OR "interoperability" OR "Strategy"))	1,166
2	(TITLE (hybrid AND clouds) AND TITLE-ABS-KEY ("Application migration" OR "interoperability" OR "Strategy"))	479
3	(TITLE (hybrid AND clouds) AND TITLE-ABS-KEY ("Application migration" OR "interoperability" OR "Strategy")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025	251
4	(TITLE (hybrid AND clouds) AND KEY ("Application migration" OR "interoperability" OR "Strategy")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")) OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI"))	53
5	(TITLE (hybrid AND clouds) AND KEY ("Application migration" OR "interoperability" OR "Strategy")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")) OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Cloud Computing")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Cloud-computing")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Interoperability") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Hybrid Clouds") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Internet Of Things") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Particle Swarm Optimization (PSO)") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Learning Systems")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Edge Computing") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Edge Clouds") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "War Strategy Optimization (WSO)") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Private Clouds") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Hybrid Cloud") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Hybrid Approach") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Energy Management Systems") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Energy Efficiency") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Energy Consumption") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Containers")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Costs")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Application Migration") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Application Migrations")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Application Programs"))	31

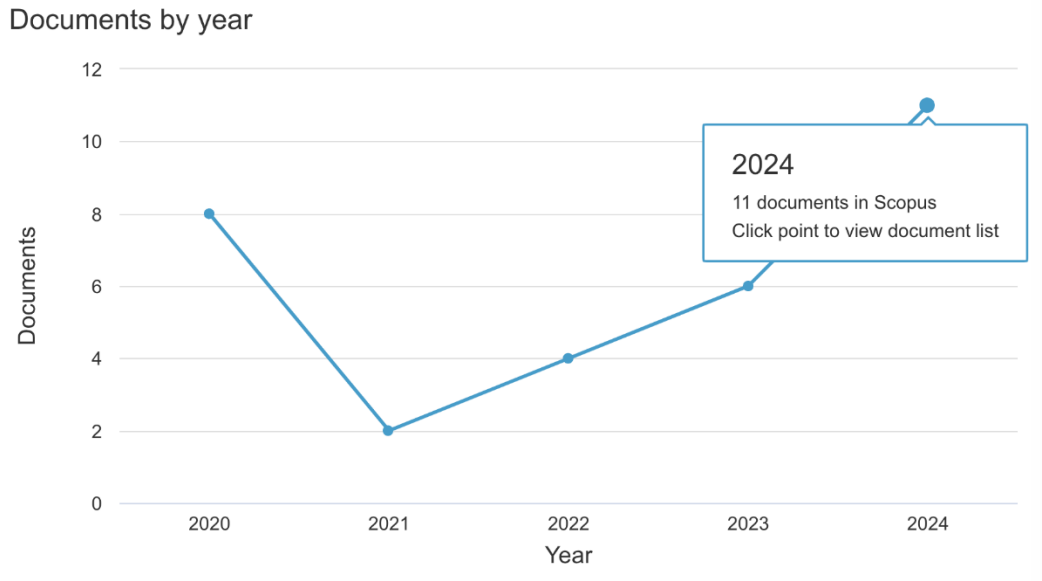
Nota: Realización propia

Es importante aclarar que en este estudio se tienen en cuenta los artículos relacionados con: nube híbrida y el resultado de este proceso arrojó un total de 31 documentos. La figura 1

muestra los resultados de la ecuación de búsqueda donde se observa número de documentos por año y mostrar que el tema ha tomado fuerza nuevamente en los últimos años.

Figura 2

Análisis de resultados de la ecuación de búsqueda



Nota: Se usó la base de datos Scopus para realizar el análisis de los resultados de búsqueda. Fuente de Scopus, jun 2024, <https://www-scopus-com.consultaremota.upb.edu.co/>

5.1.2 Hallazgos en literatura sobre los tipos de estudios.

En la (Tabla 2), se muestra datos claves de los 28 documentos seleccionados como: autor, descripción, tipo de estudio y país de estudio. No todas las fuentes especifican explícitamente el país del estudio, se asignó el país, basados en la ubicación de la institución principal del primer autor o en el contexto del estudio cuando sea posible. Estos datos han proporcionado una visión amplia del alcance y la diversidad de la investigación en arquitecturas de nube híbrida.

Tabla 2

Publicaciones sobre migración de aplicaciones en nube híbrida.

ID	Autores	Nombre Artículo	Tipo de estudio	País de estudio
A1	Abbes et al.	Service Bursting Based on Binary PSO in Hybrid Cloud Environment, Studies in Computational Intelligence (2022)	Investigación experimental	Túnez
A2	Abualigah & Diabat	A novel hybrid antlion optimization algorithm for multi-objective task scheduling, Cluster Computing (2021)	Investigación experimental	Jordania/UAE
A3	Ahmadisakha, S., &	Architecting for sustainability of and in the cloud: A systematic literature review	Investigación Teórica	Países Bajos

	Andrikopoulos, V.			
A4	Alinani, K., Liu, D., Zhou, D., & Wang, G.	Recommender System for Decentralized Cloud Manufacturing (2019)	Investigación experimental	Singapore
A5	Barhate, S.	An Implementation of Divide and Conquer Clustering Technique for Improving the Interoperability in Hybrid Cloud Environment (2022)	Investigación aplicada	India
A6	Barhate & Dhore	Evaluating Data Migrations with Respect to Interoperability in Hybrid Cloud, LNEE (2023)	Investigación experimental	India
A7	Centofanti, C., Santos, J., & Gudepu, V.	Impact of power consumption in containerized clouds: A comprehensive analysis of open-source power measurement tools (2024)	Investigación aplicada	Países Bajos
A8	Darwish et al.	The impact of hybrid IoT and cloud computing on healthcare systems, JAIHC (2019)	Investigación aplicada	Egipto
A9	Deb & Choudhury	Hybrid cloud: A new paradigm in cloud computing, En Machine Learning Techniques and Analytics for Cloud Security (2021)	Investigación Teórica	India
A10	Elhoseny et al.	A hybrid model of Internet of Things and cloud computing to manage big data in health services applications (2018)	Investigación aplicada	Egipto
A11	Ficco et al.	Optimized task allocation on private cloud for hybrid simulation of large-scale critical systems (2017)	Investigación experimental	Italia
A12	Garg et al.	A hybrid deep learning-based model for anomaly detection in cloud datacenter networks (2019)	Investigación experimental	Australia
A13	Gharehpasha et al.	Virtual machine placement in cloud data centers using a hybrid multi-verse optimization algorithm (2021)	In Investigación experimental	Irán
A14	Hiremath & K. S	Optimization enabled deep learning method in container-based architecture of hybrid cloud for portability and interoperability-based application migration (2022)	Investigación experimental	India
A15	Jain & Hazra	Hybrid Cloud Computing Investment Strategies, POM (2019)	Investigación Teórica	India

A16	Kareem et al.	An Effective Feature Selection Model Using Hybrid Metaheuristic Algorithms for IoT Intrusion Detection (2022)	Investigación experimental	Egipto
A17	Laili, Y., Tao, F., & Zhang, L.	A Hybrid RCO for Dual Scheduling of Cloud Service and Computing Resource in Private Cloud	Investigación experimental	Suiza
A18	Lee, I.	An optimization approach to capacity evaluation and investment decision of hybrid cloud (2019)	Investigación Teórica	Corea del Sur
A19	Lezcano, Gil, Geronimo, Dionicio, & Mendoza, De Los Santos	Principales medidas de seguridad para la protección de información y datos en la nube	Investigación Teórica	Perú
A20	Linthicum	Emerging Hybrid Cloud Patterns, (2016)	Investigación Teórica	EE.UU.
A21	Liu et al.	Research and Implementation of Container Based Application Orchestration Service Technology (2024)	Investigación aplicada	China
A22	Merseedi & Zeebaree	Cloud Architectures for Distributed Multi-Cloud Computing: A Review of Hybrid and Federated Cloud Environment (2024)	Investigación Teórica	Indonesia
A23	Mohamed & Ismael	Enhancement of IoT hybrid IDS based on fog-to-cloud computing, Journal of Cloud Computing (2023)	Investigación experimental	Egipto
A24	Nathiya, T., & Suseendran, G.	An Effective Hybrid Intrusion Detection System for Use in Security Monitoring in the Virtual Network Layer of Cloud Computing Technology	Investigación experimental	India
A25	Poobalan A., Shanthakumar P., Robinson J.	Hybrid optimization enabled VM scaling based load distribution and optimal switching strategy in cloud data center	Investigación aplicada	India
A26	Seifert, M., Kuehnel, S., & Sackmann, S.	Hybrid Clouds Arising from Software as a Service Adoption: Challenges, Solutions, and Future Research Directions	Investigación Teórica	Alemania
A27	Viloria et al.	Hybrid Cloud Computing Architecture Based on Open Source Technology, CCIS 2019	Investigación aplicada	Colombia
A28	Yeh, T., & Chen, Y.	Improving the hybrid cloud performance through disk activity-aware data access	Investigación experimental	Taiwán

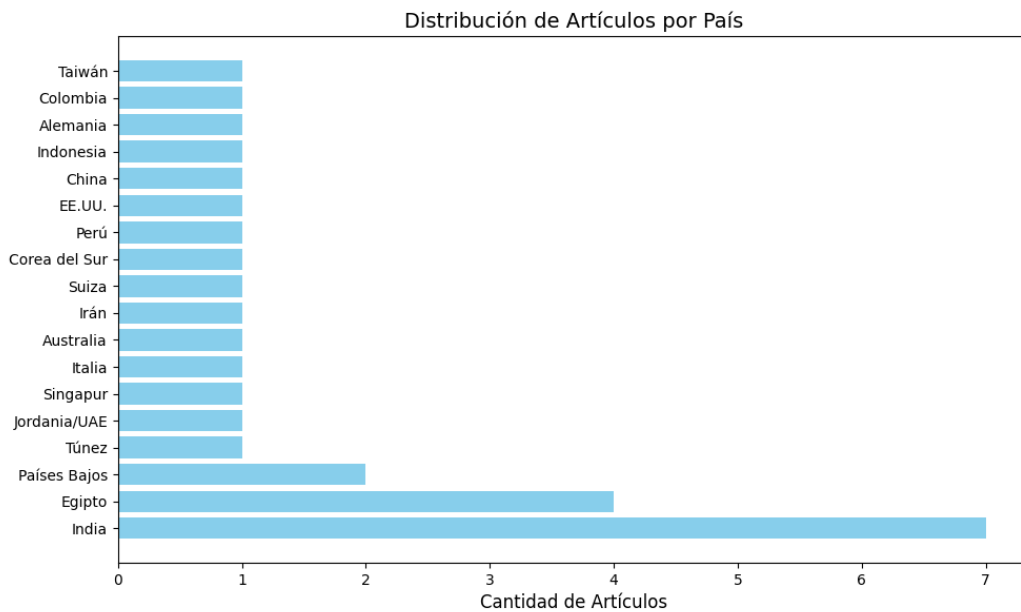
Nota: Realización propia

5.1.3 Distribución de artículos

La Figura 3, que se presenta representa la distribución de artículos por país, resaltando los focos geográficos de origen de la investigación en computación en la nube híbrida. La India destaca con 7 artículos, seguida de Egipto con 4, y los Países Bajos con 2. Esta visualización permite analizar cómo ciertos países se posicionan como líderes en la investigación tecnológica, con un enfoque particular en la optimización y gestión de infraestructuras en la nube.

La India, con un ecosistema de TI robusto y colaboraciones activas entre la academia y la industria, ha generado una significativa cantidad de investigaciones, especialmente en optimización de recursos y algoritmos avanzados. La preeminencia de la India se debe, entre otras razones, a su capacidad para generar soluciones tecnológicas escalables y sostenibles. Otros países, como Egipto y los Países Bajos, también han contribuido significativamente, reflejando el interés global en la adopción de tecnologías de nube híbrida.

Figura 3
Distribución de artículos por país



*Nota: Se usó la librería Matplotlib de Python para realizar la gráfica de distribución de artículos por país.
Fuente Matplotlib ago. 2024*

5.1.4 Hallazgos en literatura sobre estrategias identificadas y su impacto.

En la (Tabla 3) se muestran las principales Estrategias identificadas y el impacto de las estrategias recomendadas por los autores para la migración de cargas en un modelo híbrido.

Tabla 3
Resultados de los artículos analizados.

Autor	Descripción	Tipo de Estrategias Propuestas para Migración	Impacto de las Estrategias
Abualigah, L., & Diabat, A.	Uso del PSO binario en la explosión de servicios en entornos de nube híbrida.	Optimización de recursos con PSO.	Mejora la eficiencia y reduce costos operacionales.
Abualigah & Diabat	Aplicación de algoritmo híbrido de hormigas para programación de tareas en la nube.	Metaheurísticas para programación de tareas.	Mejora de la eficiencia en la asignación de recursos y reducción de tiempos de ejecución.
Barhate, S.	Mejora de la interoperabilidad en nubes híbridas mediante clustering.	Técnicas de clustering para mejorar la gestión de datos.	Facilita la integración de sistemas y mejora la eficiencia de procesamiento de datos.
Barhate & Dhore	Evaluación de la migración de datos respecto a la interoperabilidad en la nube.	Evaluación de la interoperabilidad en migraciones.	Identifica problemas y soluciones para la integración de datos.
Darwish, A., et al.	Impacto de plataformas híbridas IoT y nube en sistemas de salud.	Plataformas híbridas para servicios de salud.	Mejora en la gestión de datos de salud y aumento de la capacidad de respuesta ante emergencias.
Deb, M., & Choudhury, A.	Exploración de nuevos paradigmas en la nube híbrida para seguridad y manejo de cargas de trabajo.	Estrategias de integración y manejo de cargas en nubes públicas y privadas. Uso de AI y técnicas avanzadas de seguridad en la nube híbrida.	Mejoras en seguridad y eficiencia operacional, con adaptabilidad a diversas cargas de trabajo.
Elhoseny, M., et al.	Modelo de IoT y nube para manejo de grandes datos en servicios de salud.	Integración de IoT y nube para análisis de grandes datos.	Incremento en la eficiencia operativa y mejor toma de decisiones en tiempo real en el sector salud.

Ficco, M., et al.	Asignación optimizada de tareas en nube privada para simulación de sistemas críticos.	Optimización de recursos para simulaciones críticas.	Mejora en la precisión y reducción de tiempos de simulación en sistemas críticos.
Garg, S., et al.	Modelo de aprendizaje profundo para detección de anomalías en redes de centros de datos en la nube.	Aprendizaje profundo para seguridad en centros de datos.	Mejora en la detección de anomalías y aumento en la seguridad de las redes de datos.
Gharehpasha, S., et al.	Colocación de VM en centros de datos usando algoritmo híbrido.	Optimización de colocación de máquinas virtuales.	Mejora en la eficiencia energética y utilización de recursos en centros de datos.
Hiremath, T. C. & K. S, R.	Presentan un método de aprendizaje profundo optimizado en arquitectura de nube híbrida para portabilidad e interoperabilidad en la migración de aplicaciones.	1. Uso del algoritmo Lion-SS para optimizar la asignación de recursos. Predicción de carga con Deep LSTM.	Mejora en la eficiencia de la migración y manejo de recursos. Mayor portabilidad e interoperabilidad entre diferentes plataformas de nube.
Jain, T., & Hazra, J.	Estrategias de inversión en nube híbrida para empresas.	Decisiones de inversión basadas en la flexibilidad de la nube híbrida.	Reducción de costos y mejora en la agilidad del negocio.
Kareem, S. S., et al.	Modelo de selección de características usando algoritmos metaheurísticos para detección de intrusiones en IoT.	Metaheurísticas para seguridad en IoT.	Incremento en la efectividad de la detección de intrusiones y mejora en la seguridad de dispositivos IoT.
Lee, I.	Enfoque de optimización para la evaluación de capacidad e inversión en nube híbrida.	Estrategias de scheduling y cloud bursting para manejar demandas pico.	Reducción de costos y riesgos tecnológicos, operación a escala costo óptimo.
Linthicum, D. S.	Patrones emergentes en nubes híbridas y sus aplicaciones prácticas.	Modelos de migración dinámica y administración de identidades en nubes híbridas.	Flexibilidad operativa y adaptación a necesidades empresariales rápidas.

Liu, P. et al.	Orquestación de aplicaciones basada en contenedores en la nube.	Utilización de contenedores para mejorar la portabilidad y gestión en la nube.	Optimización del uso de recursos y mejoras en la portabilidad.
Merseedi, K. J. et al.	Revisión de arquitecturas de nube distribuida y federada, enfoque en entornos híbridos y federados.	Cooperación entre múltiples proveedores de servicios en la nube.	Reducción del bloqueo por proveedor y mejora de la eficiencia de recursos.
Mohamed, D. & Ismael, O.	Mejora de un sistema híbrido de detección de intrusiones IoT basado en computación fog-to-cloud.	Integración de fog y nube para seguridad en IoT.	Mejora la detección de amenazas y la seguridad en IoT.
Poobalan A., Shanthakumar P., Robinson J.	Explora estrategias de escalado VM basadas en la distribución de carga y estrategias óptimas de conmutación en centros de datos en la nube.	Uso de algoritmos de optimización como Pelican Taylor Manta Ray Foraging Optimization (P-Taylor MRFO) y Actor Critic Neural Network (ACNN) para distribución de carga y estrategias de conmutación.	Mejora en la eficiencia energética, reducción de la latencia, y optimización del uso de recursos en centros de datos.
Viloria, A. et al.	Arquitectura de nube híbrida basada en tecnología de código abierto.	Integración de nubes públicas y privadas con gestión común.	Reducción de costos y mayor control de recursos, escalabilidad y personalización de servicios.
Yeh, T., & Chen, Y.	Mejorar el rendimiento de la nube híbrida mediante el acceso a datos teniendo en cuenta la actividad del disco	Acceso a datos basado en la actividad del disco	Reducción en el tiempo de ejecución de tareas y eficiencia mejorada

Nota: La tabla 3 resume de manera estructurada los resultados clave de los estudios revisados, mostrando la diversidad y enfoque de las investigaciones en la arquitectura de la nube híbrida y sus aplicaciones prácticas.

Fuente: Realización propia

5.1.5 Hallazgos en literatura sobre desafíos clave y las experiencias exitosas.

En la (Tabla 4) se muestra los desafíos clave y las experiencias exitosas asociadas a las migraciones de aplicaciones en nube pública o híbrida a partir de la literatura. Los hallazgos proporcionan una visión clara y estructurada de los desafíos que se enfrentan y las mejores prácticas que han demostrado ser exitosas en la migración a entornos de nube híbrida

Tabla 4
Resultados desafíos clave y las experiencias exitosas

Categoría	Descripción	Fuente	Impacto
Desafíos clave	Interoperabilidad y Portabilidad	Hiremath, T. C., & K. S, R. (2022)	Aumenta el tiempo y los costos de migración.
		(S. Barhate, 2022)	la importancia de la adopción de estándares y protocolos para facilitar una migración más fluida.
	Compatibilidad y Configuración de Sistemas	(Darwish et al., 2019)	Un modelo híbrido del Edge y computación en la nube para gestionar grandes datos ha generado desafíos en la portabilidad de aplicaciones.
	Seguridad y Cumplimiento	Lezcano, Gil, Geronimo, Dionicio, Mendoza, De Los Santos. (2023)	Riesgos de violaciones de datos y sanciones regulatorias.
	Optimización de Recursos y Costos	Lee, I. (2019)	Puede resultar en gastos excesivos o subutilización de recursos.
		(Jain & Hazra, 2019)	Falta de estrategias de inversión y gestión de costos en entornos de nube híbrida (FinOps)
	Rendimiento y Latencia	Yeh, T., Chen, Y. (2021)	Afecta la experiencia del usuario y la eficiencia operativa.
	Gestión de la Complejidad y Gobernanza	Linthicum, D. S. (2016)	Puede llevar a la ineficiencia operativa y a problemas de gestión de TI.

Experiencias exitosas	Uso de Algoritmos Híbridos para la Optimización	Poobalan, A., Shanthakumar, P., & M. Robinson, J. (2023)	Mejora en la asignación de recursos y equilibrio de cargas.
	Integración de IoT y Nube para la Gestión de Datos	Elhoseny, M., Abdelaziz, A., Salama, A. S., Riad, A. M., Muhammad, K., & Sangaiah, A. K. (2018)	Mayor eficiencia en la gestión de datos y servicios de salud mejorados.
	Sistemas de Recomendación en la Manufactura en Nube	Alinani, K., Liu, D., Zhou, D., Wang, G. (2019)	Selección óptima de servicios y mejora en la calidad y tiempos de entrega.
	Estrategias de Inversión en nube híbrida	Jain, T., & Hazra, J. (2019)	Decisiones de inversión más informadas y eficientes a través de herramientas de observabilidad.
	Arquitecturas Sostenibles en la Nube	Ahmadisakha, S., Andrikopoulos, V. (2024)	Mayor sostenibilidad y eficiencia en el uso de recursos en la nube.
	Mejoras en la Detección de Intrusiones en IoT	Mohamed, D., & Ismael, O. (2023)	Aumento en la seguridad y protección de datos en dispositivos IoT.

Nota: Realización propia

5.1.6 Hallazgos en literatura sobre métricas claves.

En la (Tabla 5) se muestran las métricas claves propuestas por los autores para la evaluación de un proceso de migración a la nube híbrida. Esta tabla proporciona una visión clara y estructurada de los aspectos críticos a considerar para asegurar una migración exitosa y estable a entornos de nube híbrida

Tabla 5
Resultados métricos claves.

Métrica	Fuente	Descripción	Indicador
Disponibilidad y Tiempo de Inactividad	Poobalan, A., Shanthakumar, P., & M. Robinson, J. (2023)	Medir la disponibilidad de los servicios y el tiempo de inactividad durante y después de la migración.	Tasa de Disponibilidad (%) y Tiempo de Inactividad (minutos)
Rendimiento de las Aplicaciones	Yeh, T., Chen, Y. (2021)	Evaluar el rendimiento de las aplicaciones migradas en términos de tiempo de respuesta y latencia.	Latencia Media (ms) y Tiempo de Respuesta (ms)
Utilización de Recursos	Lee, I. (2019)	Medir la utilización de recursos como CPU, memoria y almacenamiento antes y después de la migración.	Utilización de CPU (%), Utilización de Memoria (%), Utilización de Almacenamiento (%)
Costos de Operación	Linthicum, D. S. (2016)	Comparar los costos operativos antes y después de la migración, incluyendo costos de infraestructura, licencias y mantenimiento. (Capex vs Opex)	Costos Operativos Mensuales (USD)
Seguridad y Cumplimiento	Lezcano, Gil, Geronimo, Dionicio, Mendoza, De Los Santos. (2023)	Evaluar la implementación de medidas de seguridad y el cumplimiento de regulaciones.	Número de Incidentes de Seguridad, Tasa de Cumplimiento (%)
Escalabilidad	Hiremath, T. C., & K. S, R. (2022)	Medir la capacidad del sistema para escalar vertical y horizontalmente en respuesta a la demanda.	Tasa de Escalabilidad Vertical/Horizontal (%)
Tiempo de Migración	Abualigah, L., & Diabat, A. (2021)	Evaluar el tiempo total requerido para completar la migración de todas las aplicaciones y datos.	Tiempo Total de Migración (horas)

Satisfacción del Usuario	Alinani, K., Liu, D., Zhou, D., Wang, G. (2019)	Medir la satisfacción de los usuarios finales con el rendimiento y disponibilidad de las aplicaciones migradas.	Índice de Satisfacción del Usuario (escala de 1 a 10)
Integridad y Consistencia de los Datos	Mohamed, D., & Ismael, O. (2023)	Hay que asegurar que los datos migrados mantienen su integridad y consistencia.	Número de Incidentes de Pérdida de Datos, Tasa de Consistencia de Datos (%)
Eficiencia de la Migración	Ficco, M., Di Martino, B., Pietrantuono, R., & Russo, S. (2017)	Evaluar la eficiencia del proceso de migración en términos de recursos utilizados y tiempo.	Eficiencia de Recursos (%), Tiempo por Aplicación Migrada (horas)

Nota: Realización propia

5.1.7 Nube de palabras claves

En la figura 3 se realizó una nube de palabras desde una perspectiva del tema Evaluación de estrategias para facilitar la interoperabilidad en migraciones de aplicaciones en entornos de nube híbrida y respaldarla con los 28 artículos proporcionados.

5.1.7.2. Optimización y recursos de hardware

(Palabras Clave: "CPU", "container", "hardware", "resource")

Apoyo en artículos: La investigación de (Garg et al., 2019; Seifert et al., 2023) sugiere el uso de modelos híbridos de deep learning para la detección de anomalías en centros de datos en la nube. Este enfoque permite optimizar el uso de recursos como CPU y almacenamiento, asignando contenedores de manera dinámica según la carga de trabajo.

Interpretación: Los recursos de hardware, incluidos CPU y contenedores, son esenciales para el rendimiento y la eficiencia de las infraestructuras en la nube. La capacidad de escalar y asignar recursos con precisión es clave en modelos de nube híbrida, donde los contenedores permiten un aislamiento eficiente de aplicaciones y un mejor aprovechamiento de la infraestructura.

5.1.7.3. Herramientas y monitoreo

(Palabras Clave: "tools", "monitoring", "measurement")

Apoyo en artículos: (Yeh & Chen, 2021) desarrollaron un modelo de acceso a datos que mejora el rendimiento de la nube a través de un sistema de monitoreo de actividad en disco, lo que reduce tiempos de procesamiento hasta en un 80%. Este tipo de optimización es fundamental para la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

Interpretación: La administración en la nube moderna depende de herramientas avanzadas de monitoreo como Kubernetes, grafana, Prometheus, Dnatrace, etc para obtener información precisa sobre el uso de recursos y el rendimiento de aplicaciones. Estas herramientas permiten un ajuste continuo de recursos para satisfacer las necesidades de cargas de trabajo fluctuantes.

5.1.7.4. Sostenibilidad y escalabilidad

(Palabras Clave: "sustainable", "workload", "scalability")

Apoyo en artículos: (Ahmadisakha & Andrikopoulos, 2024; Seifert et al., 2023) realizan una revisión sistemática sobre sostenibilidad en la arquitectura de nubes, enfocándose en prácticas que mejoran la eficiencia energética y reducen el impacto ambiental en infraestructuras de nube. Además, abordan estrategias de escalado de máquinas virtuales en centros de datos en la nube, lo cual permite una distribución de cargas eficiente y reduce costos operativos.

Interpretación: La sostenibilidad es un objetivo prioritario en la gestión de nubes híbridas. La escalabilidad y el ajuste dinámico de cargas de trabajo permiten una asignación

de recursos más sostenible, minimizando el desperdicio y maximizando el retorno de inversión en infraestructuras de nube.

5.1.7.5. Tecnologías emergentes y orquestación

(Palabras Clave: "orchestration", "cloud", "containerized")

Apoyo en artículos: (Liu et al., 2024) investigan tecnologías de orquestación de aplicaciones basadas en contenedores para nubes híbridas, destacando cómo estas herramientas mejoran la escalabilidad y el rendimiento. El estudio de (Viloria et al., 2019) sobre la implementación de arquitecturas de nube híbrida basadas en tecnologías open-source, como OpenStack y Kubernetes que permite una integración flexible y de bajo costo entre nubes privadas y públicas.

Interpretación: La orquestación en entornos de nube híbrida facilita la implementación y gestión de aplicaciones en contenedores, permitiendo a las organizaciones ser ágiles y adaptativas. Esta estrategia es esencial para mejorar la interoperabilidad y reducir el tiempo de inactividad en sistemas críticos.

La nube de palabras y los artículos cargados reflejan temas estratégicos en la gestión tecnológica de nubes híbridas. La eficiencia energética, el monitoreo de recursos, la escalabilidad, y la adopción de tecnologías emergentes como la orquestación de contenedores, son pilares críticos en la optimización de infraestructuras de nube híbrida. Estos aspectos, apoyados en herramientas avanzadas y prácticas sostenibles, permiten a las organizaciones responder de manera flexible y eficaz a las crecientes demandas de procesamiento y almacenamiento en el contexto actual de transformación digital.

Estos documentos ilustran un campo vibrante y en evolución de la tecnología de nube híbrida, destacando la importancia de la investigación continua para superar los desafíos técnicos y operativos en la implementación de soluciones de nube. La optimización del uso de recursos en centros de datos, seguridad, interoperabilidad, sostenibilidad y gestión de datos son temas recurrentes que subrayan las necesidades actuales y futuras en el ámbito de la arquitectura de nube híbrida.

6 Metodología

Para la realización de este análisis, se seleccionaron las diez empresas más importantes de Medellín, las cuales abarcan sectores clave en Colombia como el financiero, el asegurador, el minorista y el de servicios públicos, entre otros. Atendiendo a las características del objeto de estudio, se optó por un enfoque exploratorio y descriptivo con un diseño metodológico mixto, combinando tanto información cuantitativa como cualitativa.

La investigación es exploratoria y descriptiva porque busca dar los primeros pasos hacia el conocimiento profundo de las estrategias y desafíos que enfrentan las empresas en las migraciones de aplicaciones a la nube híbrida. Además, se clasifica como descriptiva porque tiene como objetivo proporcionar un análisis detallado de las experiencias, estrategias y desafíos asociados con la interoperabilidad en la nube híbrida. Según (Hernández Sampieri et al., 2010) este tipo de investigación *"es un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos."*, permitiendo para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

Se optó por un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. Los métodos cualitativos se utilizaron para comprender las experiencias y percepciones de los profesionales involucrados en las migraciones, mientras que los métodos cuantitativos permitieron recopilar datos numéricos sobre rendimiento, eficiencia y otros indicadores clave.

La investigación comenzó con una revisión exhaustiva de la literatura especializada en migraciones de aplicaciones a entornos de nube pública o privada. Dada la limitación de estudios específicos en el contexto local, se incluyeron documentos internacionales que aportan al entendimiento del tema, siempre en relación directa con la pregunta de investigación y los objetivos planteados.

La investigación se desarrolló identificando la unidad de análisis y proponiendo definiciones de mejores prácticas para las migraciones de aplicaciones en entornos de nube pública o híbrida a partir de la literatura consultada. Además, se realizó un trabajo de campo que incluyó encuestas a unidades de TI y entrevistas semiestructuradas en profundidad con expertos y profesionales del sector.

Los resultados fueron sistematizados y analizados de manera integral, permitiendo extraer conclusiones significativas y recomendaciones prácticas. En el capítulo dedicado al estudio de

campo, se presenta de manera detallada el modelo y el diseño de la investigación, así como la metodología empleada. Esto incluye los métodos y técnicas de recolección de datos, el procesamiento y análisis de la información, y las estrategias de validación de los hallazgos.

7 Resultados

7.1 Estudio de campo

7.1.1. *Unidad de análisis*

La selección de los temas de análisis para este estudio de campo se usó la estructura del trabajo de grado (Gallón, 2004) y se basa en los aspectos conceptuales explorados en el marco teórico y los objetivos clave de la investigación, enfocados específicamente en la interoperabilidad de la nube híbrida durante la migración de aplicaciones. La interoperabilidad, entendida como la capacidad de las aplicaciones y datos para operar y moverse fluidamente entre diferentes plataformas de nube (pública y privada), es un elemento crucial en la migración tecnológica moderna.

La unidad de análisis es la empresa como organización donde se está llevando a cabo la migración de aplicaciones a una arquitectura de nube híbrida. Este tipo de organización es ideal para estudiar los desafíos y oportunidades de la interoperabilidad entre diferentes entornos de nube. En este caso, el estudio se enfoca en empresas ubicadas en Medellín y su área metropolitana, con una muestra representativa de diversos sectores industriales de Colombia que han adoptado o están en proceso de adoptar soluciones de nube híbrida.

La unidad de análisis son empresas ubicadas en área metropolitana del valle de aburra en Antioquia, representan una muestra importante de diversos sectores industriales en Colombia. Estas organizaciones se encuentran en diferentes etapas del proceso de adopción de arquitecturas de nube híbrida, lo que permite identificar tanto los desafíos como las oportunidades que surgen al buscar la interoperabilidad entre la nube híbrida.

7.1.2. *Entrevistas temáticas como herramienta de exploración*

El estudio de campo se fundamenta en entrevistas temáticas con especialistas en tecnología involucrados en la toma de decisiones estratégicas sobre la migración a la nube pública o híbrida. Las entrevistas se centran en cuatro temas clave para asegurar una migración eficiente:

- **Interoperabilidad y portabilidad de aplicaciones:** Este principio examina la capacidad de mover y operar aplicaciones sin fricciones entre diferentes plataformas de nube (Públicas y privada). Las organizaciones necesitan adoptar estándares abiertos, APIs, mensajería y tecnologías como contenedores (Docker, Kubernetes) para lograr una verdadera interoperabilidad entre nubes públicas y privadas.

- **Procesos de migración:** Este principio examina la migración de aplicaciones a la nube híbrida como un proceso multifacético que requiere una planificación estratégica y detallada para asegurar que las aplicaciones mantengan su integridad y funcionalidad durante el traslado. los procesos de migración incluyen varias fases clave:
 - Evaluación Inicial.
 - Selección de la Estrategia de Migración.
 - Migración Gradual y Pruebas

- **Desafíos encontrados:** Este principio examina como la migración a una nube híbrida no está exenta de desafíos, especialmente cuando se trata de garantizar la interoperabilidad. Algunos de los desafíos más comunes encontrados incluyen:
 - Compatibilidad entre Plataformas de Nube pública y la infraestructura local.
 - Latencia y Rendimiento.
 - Seguridad y Cumplimiento Normativo.
 - Costos Ocultos.

- **Evaluación de estrategias:** Este principio examina que para asegurar una migración exitosa y minimizar los riesgos, las organizaciones deben realizar una evaluación continua de las estrategias de interoperabilidad y de las aplicaciones migradas. Esta evaluación debe incluir los siguientes aspectos:
 - Monitoreo del Rendimiento Post-Migración.
 - Optimización Continua de Costos.
 - **Reevaluación de la Seguridad.**
 - Revisión del Plan de Recuperación ante Desastres.

7.1.3. Ventajas y limitaciones del enfoque basado en entrevistas

Las entrevistas presentan múltiples ventajas en el estudio de campo sobre la interoperabilidad en la nube híbrida:

- **Obtención de datos prácticos:** Las entrevistas permiten obtener información específica sobre la implementación de estrategias de interoperabilidad directamente de quienes están involucrados en el proceso de migración.

- **Capacidad de cuantificación:** Los datos obtenidos pueden ser cuantificados para evaluar el éxito de las estrategias de interoperabilidad, midiendo aspectos como tiempo de migración, reducción de costos o mejora en el rendimiento de aplicaciones.
- **Validación de Respuestas:** Las respuestas de los expertos en el campo son validadas dentro del contexto específico de sus entornos operativos, lo que refuerza la relevancia de las conclusiones.

7.1.4. Limitaciones del enfoque basado en entrevistas

- **Desajustes entre teoría y práctica:** Pueden surgir incongruencias entre lo que los entrevistados dicen que ocurre durante la migración y lo que realmente sucede en la práctica diaria.
- **Dependencia de la motivación:** La calidad de las respuestas puede depender del interés y compromiso de los entrevistados en compartir detalles completos sobre sus estrategias de interoperabilidad.
- **Confidencialidad de la información:** La sensibilidad de la información relacionada con las arquitecturas de nube puede limitar la disposición de los entrevistados a compartir ciertos detalles.
- **Influencia del entrevistador:** La experiencia y presentación del entrevistador pueden influir en las respuestas de los entrevistados, introduciendo un posible sesgo.

7.2 Selección de entrevistas.

7.2.1 Criterios generales:

- Que estuvieran de acuerdo con el criterio geográfico del alcance de la Investigación.
- Que fueran representativos en el sector particular
- Que tuvieran o hubieran participado un proyecto de migración a la nube pública o migración híbrida.

7.2.2. Enfoque.

El enfoque de las entrevistas fue cualitativo.

7.2.3 Muestra.

En la (Tabla 6) se muestra las empresas entrevistadas, su actividad económica y el perfil del especialista entrevistado. Es importante resaltar que entre las 11 empresas las mayorías son una muestra representativa no solo por su industria, sino que son líderes a nivel país Colombia.

Tabla 6
Empresas entrevistadas

Actividad económica	Empresa	Perfil entrevistado
Financiero	Bancolombia	Gerente de Arquitectura Cloud
		Gerente de Migraciones Cloud.
Energía	XM	Especialista en arquitectura.
Alimentos	Nutresa	Especialista en arquitectura Datos
Utilities	EPM	Especialista en arquitectura empresarial.
Retail	Éxito	Director de Arquitectura
Infraestructura	Argos	Director de Aplicaciones
Pensiones	Protección	Director de Infraestructura
Seguros	Sura	Director de DevOps
		Líder Cloud
Fidelización	Puntos Colombia	Director de Arquitectura
Mensajería	Domina	Director de Arquitectura e Infraestructura
FinTech	Sistecredito	Director de Arquitectura y Director de soluciones

Nota: Realización propia

En la propuesta de trabajo de grado, se contempló inicialmente la participación de 12 empresas. Sin embargo, dos de ellas, incluidas en la Tabla 7, no pudieron ser entrevistadas debido a restricciones de tiempo y limitaciones en la disponibilidad de sus representantes. Ante esta situación, se sostuvo una consulta con el director del trabajo de grado y el Coordinador de la Maestría en Gestión de Tecnologías de la Información (GTI) para evaluar los posibles ajustes en la metodología y el alcance del estudio, asegurando así la coherencia y rigor en los objetivos de la investigación.

Tabla 7
Empresas que faltaron por entrevistar

Sector	
Telecomunicaciones	Tigo

Transporte masivo	Metro de Medellín
-------------------	-------------------

Nota: Realización propia

7.3 Trabajo de campo.

Para la realización de las entrevistas, se siguió una estructura basada en los cuatro pasos clásicos de gestión: planeación, ejecución, control y cierre. Esta metodología permitió asegurar una organización eficiente del proceso, garantizando la coherencia y calidad en la recopilación de la información.

7.3.1 Planeación

La fase de planeación fue crucial para garantizar el éxito de las entrevistas. Durante esta etapa se realizó lo siguiente:

- **Definición de objetivos:** Se establecen los objetivos claros de la entrevista, asegurando que las preguntas estén alineadas con los propósitos de la investigación.
- Selección de los entrevistados: Se identifican y seleccionan a los participantes clave, asegurando que tengan el perfil adecuado y la experiencia necesaria para aportar información relevante.
- Diseño del cuestionario: Se elabora una guía de preguntas, organizadas de manera lógica para facilitar la obtención de información completa y coherente.
- **Preparación logística:** Se programan las entrevistas, coordinando horarios y lugares (presencial o virtual) con los entrevistados. Además, se aseguran los recursos necesarios, como software de transcripción y software de videoconferencia.

7.3.2 Objetivos de la metodología

- Identificar estrategias clave para la interoperabilidad en migraciones de aplicaciones a la nube pública o híbrida.
- Evaluar la efectividad de estas estrategias mediante datos obtenidos de entrevistas con expertos.
- Proporcionar recomendaciones basadas en la combinación de evidencia cualitativa y cuantitativa.

7.3.3 Roles:

Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo intencional y se incluyeron:

- Directores de TI, Líderes de TI o arquitectos cloud con experiencia en migraciones a nube pública o híbrida
- Profesionales de empresas que hayan completado o estén en proceso de migración.
- Expertos en interoperabilidad y gestión de nube pública o híbrida.

7.3.4 Preguntas:

En la (Tabla 8) se agrupan los temas y las preguntas realizadas a cada entrevistado.

Tabla 8

Preguntas entrevista

Principio	Pregunta
procesos de migración.	¿Cómo ha gestionado o esta gestionando la migración de cargas de trabajo entre los servicios de nube pública, la tecnología de nube privada y la infraestructura local?
	¿Cuáles son las principales dependencias en sistemas legados que dificultan la migración de aplicaciones hacia la nube híbrida en su empresa?
	¿Qué metodologías y herramientas específicas se han implementado?
Interoperabilidad	¿Cómo se garantiza la interoperabilidad entre los sistemas locales y los entornos de nube híbrida o nube pública?
	¿Qué estándares y prácticas se siguen para asegurar la compatibilidad?
Desafíos Encontrados	¿Cuáles han sido los principales desafíos enfrentados durante las migraciones (cultura, tecnología y procesos)?
	¿Cómo se han superado estos desafíos?
	¿Qué porcentaje de las cargas tiene migradas a la nube pública?
Evaluación de Estrategias	¿Cómo evaluaron la estrategia de la migración en clave de negocio o sostenibilidad?
	¿Cómo se alinea con la estrategia de la empresa y cómo se preparan los equipos y los empleados para la migración a la nube?
	¿Qué métricas se utilizan para evaluar el éxito de la migración?
	¿Qué se hubiera hecho diferente para llevar aplicaciones de la nube?
	¿siente qué le está sacando provecho a los recursos desplegados en nube y sus tecnologías (IaaS, PaaS y SaaS)?

Nota: Realización propia

7.3.5 Ejecución:

Esta etapa implica la realización de las entrevistas propiamente dichas. Se enfoca en:

- **Conducción de la entrevista:** El entrevistador se encarga de guiar la conversación, asegurándose de que se cubran todos los temas importantes. Se debe mantener un ambiente relajado para que el entrevistado se sienta cómodo y dispuesto a compartir su conocimiento.
- **Consideraciones Éticas:** Al realizar entrevistas en el contexto de un trabajo de investigación, es fundamental tener en cuenta diversas consideraciones éticas para proteger los derechos y la dignidad de los participantes

7.3.5.1. Conducción de entrevistas

- Presentar el propósito de la entrevista.
- Las entrevistas se llevarán a cabo en persona o por videoconferencia, dependiendo de la disponibilidad de los participantes.
- Cada entrevista tendrá una duración aproximada de 45 - 60 minutos y respetando el tiempo de cada entrevistado.
- Se grabarán en Microsoft Teams o Google Meet y se usó la herramienta TACTIQ para transcribir las conversaciones con el consentimiento de los participantes.
- Demostrar interés genuino y habilidades de escucha activa.
- Mantener una actitud natural y auténtica.
- Evitar cualquier muestra de prisa.
- Usar un tono de voz moderado y adecuado.
- Ser honesto y directo.

7.3.5.2. Consideraciones éticas

- Se garantizará la confidencialidad de los participantes de las entrevistas si lo ven necesario.
- Extraer las ideas en anonimato o anonimizar las respuestas si lo ven necesario.
- Se obtendrán consentimientos informados antes de la participación.
- Se respetarán los derechos de autor y se citarán adecuadamente todas las fuentes revisadas.

7.3.6. Control

La fase de control garantiza que la entrevista cumple con los estándares establecidos y que se obtiene la información esperada. Se enfoca en:

- Supervisión de la calidad: Se revisa continuamente la calidad de las entrevistas realizadas para asegurarse de que las respuestas sean claras y útiles para los objetivos de la investigación.
- Evaluación del progreso: Se controla si las entrevistas están proporcionando la información necesaria o si es necesario ajustar el enfoque de las preguntas o el perfil de los entrevistados.
- Corrección de desvíos: Si surgen problemas durante las entrevistas (falta de información, respuestas incompletas), se toman medidas correctivas inmediatas, como reformular preguntas o realizar seguimientos.

7.3.7 Cierre

La etapa de cierre formaliza el proceso y se enfoca en concluir la interacción con el entrevistado de manera adecuada. Incluye:

- Agradecimiento: Se agradece a los entrevistados por su tiempo y contribución, asegurando que se sientan valorados por su participación.
- Revisión final: Se revisan los registros de las entrevistas para confirmar que toda la información relevante ha sido capturada correctamente.
- Entrega de resultados preliminares (si aplica): En algunos casos, se puede compartir un resumen preliminar de los hallazgos con los entrevistados, especialmente si se espera retroalimentación adicional.
- Cierre logístico: Se organiza el material de la entrevista (grabaciones, notas) para su análisis posterior y se archiva de manera segura.

7.4 Anotaciones

En la tabla 9 de anotaciones de las entrevistas, se relacionan ideas de los entrevistados y del autor y a su vez sirve como referencia para la construcción de las conclusiones de la investigación. No se anexan las entrevistas en su totalidad dado el acuerdo de confidencialidad pactado con las empresas entrevistadas.

Tabla 9
Anotación de entrevistas

Principio	Tema	Detalle
Resultados del análisis cualitativo	Migración a la nube: Estrategias y modelos	<p>En general, todas las empresas adoptaron una estrategia híbrida en la transición de sistemas on-premise a la nube, utilizando servicios de proveedores como Azure, AWS, o Google Cloud. Los procesos fueron gestionados a través de arquitecturas híbridas.</p> <p>1. Éxito</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: La migración en Éxito se caracteriza por un enfoque meticuloso en la eficiencia de costos a través de la adopción de prácticas FinOps, priorizando una migración gradual que garantice la continuidad del negocio sin exceder el presupuesto. El proceso se centra en la optimización de recursos, evaluando continuamente el rendimiento y los gastos en la nube. • Desafíos y Estrategias: Uno de los mayores desafíos es la seguridad, especialmente en la transición de datos sensibles. Se han implementado políticas de seguridad estrictas para mitigar riesgos, así como un enfoque en la reducción de incidentes en la infraestructura cloud. <p>2. Protección</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: Protección ha adoptado un enfoque estructurado, integrando procesos CI/CD (Integración y Despliegue Continuo) para facilitar una transición ágil y eficiente. El proceso involucra un avance medido, donde se establece un porcentaje de migración objetivo para asegurar un progreso constante. • Desafíos y Estrategias: La gestión de sistemas legado es crítica, dado que estos sistemas presentan desafíos de compatibilidad con la nube. La organización ha priorizado la migración de aplicaciones x86 mientras se mantiene el AS/400 en on-premise para garantizar estabilidad. <p>3. Sistecredito</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: La migración en Sistecredito se centra en la agilidad en la entrega de soluciones y la disponibilidad de aplicaciones en la nube, facilitando el acceso constante para los usuarios. El proceso se caracteriza por la rápida implementación de herramientas que permiten una migración continua y sin interrupciones. • Desafíos y Estrategias: Se ha priorizado la optimización de recursos y el monitoreo de elasticidad para manejar picos de demanda sin comprometer el rendimiento. Sistecredito también ha abordado la resistencia al cambio cultural a través de capacitaciones internas. <p>4. Nutresa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: Nutresa sigue un enfoque de optimización de recursos, integrando herramientas de monitoreo y administración para maximizar la eficiencia en la nube. La migración es progresiva, con una constante evaluación del uso de los recursos para ajustar la asignación según la demanda. • Desafíos y Estrategias: La empresa ha enfrentado desafíos de interoperabilidad entre aplicaciones en la nube y on-premise. Para

		<p>mitigarlos, han implementado integraciones API y entornos de prueba que permiten verificar la compatibilidad de los sistemas.</p> <p>5. Bancolombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: El proceso de migración de Bancolombia se centra en la adopción en nube y la creación de capacidades internas para reducir la dependencia de proveedores externos. La estrategia incluye la migración de aplicaciones críticas en fases, asegurando que cada etapa cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento. • Desafíos y Estrategias: Uno de los mayores desafíos es la dependencia de sistemas AS/400, lo que complica la interoperabilidad. Para abordar este problema, Bancolombia ha desarrollado soluciones personalizadas y fomenta la capacitación de su equipo en tecnologías de nube. También emplea herramientas de virtualización, Contenedores y desarrolla adaptaciones específicas para resolver problemas de compatibilidad. <p>6. Puntos Colombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: Puntos Colombia enfatiza en la reducción de tareas operacionales a través de la automatización y el uso de herramientas de administración de la nube. La migración se realiza con un enfoque en la disponibilidad y la continuidad del negocio, asegurando que los sistemas críticos se mantengan activos. • Desafíos y Estrategias: La organización ha implementado una estrategia de adopción total en la nube, minimizando los sistemas on-premise. Esto ha requerido una inversión significativa en infraestructura para asegurar la resiliencia y la capacidad de recuperación. <p>7. EPM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: EPM aborda la migración a la nube con un enfoque en la seguridad y la protección de datos. La migración es gradual y se centra en asegurar que cada aplicación cumpla con las normativas de privacidad y seguridad. • Desafíos y Estrategias: La elasticidad de los sistemas ha sido un aspecto crítico, dado que EPM maneja variaciones significativas en el tráfico. La organización ha implementado herramientas de monitoreo que permiten ajustar los recursos según la demanda en tiempo real. <p>8. Argos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: Argos prioriza la velocidad de entrega de soluciones (time to market), adoptando un enfoque ágil para implementar cambios rápidamente y responder a las demandas del mercado. El proceso de migración es iterativo, permitiendo ajustes en cada fase para mejorar la eficiencia. • Desafíos y Estrategias: La interoperabilidad ha sido un desafío constante, especialmente en la integración de sistemas legado con la infraestructura cloud. Argos ha adoptado microservicios y arquitecturas desacopladas para facilitar esta transición. <p>9. Domina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Migración: Domina ha implementado un enfoque centrado en la mejora de la experiencia del usuario, migrando aplicaciones que mejoran el rendimiento y la accesibilidad. La
--	--	---

		<p>disponibilidad de los sistemas es una prioridad, y la migración se ha llevado a cabo asegurando la continuidad del servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> Desafíos y Estrategias: La organización enfrenta desafíos en la reducción de tiempos de respuesta en la nube. Para mitigar estos problemas, ha invertido en tecnologías de monitoreo y optimización de rendimiento. <p>10. Sura</p> <ul style="list-style-type: none"> Proceso de Migración: Sura ha adoptado una estrategia de migración que enfatiza el desacople de aplicaciones para aumentar la flexibilidad y escalabilidad en la nube. La migración se realiza en fases, priorizando aplicaciones y bases de datos que requieren mayor disponibilidad. Desafíos y Estrategias: La interoperabilidad y la velocidad de respuesta han sido desafíos clave. Sura utiliza protocolos API para garantizar la comunicación entre sistemas y reducir la dependencia de la infraestructura on-premise. <p>11. XM</p> <ul style="list-style-type: none"> Proceso de Migración: La migración de XM se enfoca en la eficiencia de costos y en la elasticidad de los sistemas para responder a fluctuaciones de demanda. El proceso es cuidadoso, evaluando los beneficios de cada fase antes de avanzar. Desafíos y Estrategias: Uno de los desafíos es la adaptación de aplicaciones antiguas a la nueva infraestructura. XM ha realizado actualizaciones en sus aplicaciones y ha mejorado la infraestructura para soportar el entorno cloud.
	<p>Interoperabilidad y desafíos tecnológicos</p>	<p>Las soluciones más exitosas incluyen el uso de APIs, arquitecturas desacopladas y plataformas de middleware, que permiten una conectividad eficiente entre sistemas heterogéneos.</p> <p>1. Éxito</p> <ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad: Éxito ha implementado integraciones API REST para garantizar la comunicación entre sistemas on-premise y servicios en la nube. Esto permite un flujo de datos continuo y sin interrupciones. Estrategias: Desarrollo de middleware para facilitar la conexión entre sistemas legado y aplicaciones modernas. Desafíos: La integración de aplicaciones críticas con herramientas de nube pública presentó retos iniciales en cuanto a compatibilidad y velocidad de respuesta. <p>2. Protección</p> <ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad: Protección se ha enfocado en la migración de sistemas x86 a entornos cloud mediante el uso de APIs y soluciones de datos asíncronos, logrando una sincronización efectiva entre plataformas. Estrategias: Uso de herramientas de integración nativas de la nube para reducir las barreras entre entornos heterogéneos. Desafíos: Garantizar la interoperabilidad de sistemas legado, como iSeries, con los nuevos sistemas implementados en la nube pública. <p>3. Sistecredito</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad: Sistecredito asegura la comunicación eficiente entre aplicaciones mediante el uso de contenedores y microservicios, lo que facilita la compatibilidad entre entornos híbridos. • Estrategias: Empleo de plataformas de orquestación como Kubernetes para gestionar la interacción entre servicios. • Desafíos: Resistencia del equipo técnico para adoptar nuevas tecnologías que requieren una curva de aprendizaje significativa. <p>4. Nutresa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad: Nutresa emplea APIs y buses de servicio para garantizar el flujo de datos entre sistemas en la nube y aplicaciones locales. Además, se han desarrollado protocolos personalizados para abordar necesidades específicas de integración. • Estrategias: Uso de pruebas exhaustivas de integración y simulación antes del despliegue en entornos productivos. • Desafíos: Complejidad en la normalización de datos entre sistemas heredados y la nube. <p>5. Bancolombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad: Bancolombia ha invertido significativamente en soluciones de interoperabilidad para integrar sistemas AS/400 con arquitecturas de nube híbrida, manteniendo la estabilidad y el rendimiento. • Estrategias: Implementación de APIs específicas y procesos de transformación de datos para garantizar la compatibilidad entre sistemas. • Desafíos: La migración de sistemas legado con altos niveles de personalización representó un desafío significativo para la conectividad fluida. <p>6. Puntos Colombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad: Puntos Colombia adoptó una estrategia de integración completa en la nube, eliminando dependencias on-premise y simplificando la conectividad entre servicios. • Estrategias: Uso de herramientas de gestión de API y plataformas de middleware para gestionar la interoperabilidad de múltiples servicios cloud. • Desafíos: Asegurar la sincronización de datos entre servicios globales y aplicaciones locales. <p>7. EPM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad: EPM ha priorizado la interoperabilidad mediante la implementación de arquitecturas híbridas, permitiendo la coexistencia de sistemas legado y entornos cloud. • Estrategias: Uso de estándares de comunicación como SOAP y REST para asegurar la integración. • Desafíos: Garantizar la seguridad y la integridad de los datos en un entorno con múltiples puntos de acceso. <p>8. Argos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad: Argos utiliza arquitecturas desacopladas basadas en microservicios, lo que mejora significativamente la interoperabilidad y escalabilidad. • Estrategias: Diseño de APIs personalizadas y sistemas de mensajería asíncrona para facilitar la comunicación.
--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> Desafíos: Adaptación de sistemas antiguos a una arquitectura moderna sin interrumpir operaciones críticas. <p>9. Domina</p> <ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad: Domina ha centrado sus esfuerzos en la interoperabilidad de sus aplicaciones críticas, utilizando protocolos estandarizados y servicios de integración en la nube. Estrategias: Uso de herramientas de gestión de datos para asegurar la sincronización entre servicios. Desafíos: Reducir la latencia en los servicios de integración y asegurar tiempos de respuesta consistentes. <p>10. Sura</p> <ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad: Sura utiliza APIs REST y servicios desacoplados para garantizar la comunicación fluida entre sistemas on-premise y cloud, priorizando la interoperabilidad de aplicaciones críticas. Estrategias: Empleo de herramientas de virtualización y buses de integración para mejorar la conectividad. Desafíos: Escalabilidad de soluciones integradas en la nube frente a un crecimiento continuo de usuarios. <p>11. XM</p> <ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad: XM ha adoptado un enfoque de interoperabilidad basado en APIs y middleware, asegurando la compatibilidad entre sistemas legado y aplicaciones modernas en la nube. Estrategias: Desarrollo de soluciones específicas para integrar herramientas de análisis de datos con entornos cloud. Desafíos: Lograr una transición sin fricciones para aplicaciones críticas que manejan grandes volúmenes de datos.
	<p>Principales desafíos enfrentados en las migraciones a la nube:</p>	<p>En el proceso de migración a la nube, las 11 empresas estudiadas enfrentaron desafíos únicos que reflejan la complejidad inherente a la transformación digital. Este análisis sintetiza los obstáculos más críticos y las soluciones empleadas, destacando la sofisticación y adaptación necesaria en un entorno de constante cambio.</p> <p>1. Éxito</p> <ul style="list-style-type: none"> Desafíos Encontrados: La migración planteó desafíos en la integración de aplicaciones legado con servicios en la nube, además de una alta preocupación por la seguridad de los datos. La estructura legado dificultó la migración fluida de aplicaciones críticas. Estrategias de Mitigación: Implementación de prácticas de observabilidad para monitorear y optimizar el rendimiento, junto con protocolos de seguridad avanzados que garantizan la protección de datos en todas las etapas de la migración. <p>2. Protección</p> <ul style="list-style-type: none"> Desafíos Encontrados: La empresa se enfrentó a la interoperabilidad entre sistemas x86, iSeries y a la necesidad de mantener la disponibilidad constante de aplicaciones en entornos híbridos. Estrategias de Mitigación: Protección ha utilizado integraciones API, mensajería y protocolos de datos asíncronos, lo que permitió una sincronización más eficiente y minimizó la dependencia de sistemas legado AS/400, especialmente en la infraestructura on-premise. <p>3. Sistecredito</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: La coexistencia de sistemas legado con aplicaciones modernas en la nube representa un reto de interoperabilidad. La infraestructura legado de Sistecredito, en algunos casos, no estaba diseñada para interactuar con tecnologías de última generación, lo que generaba incompatibilidades y latencias en el flujo de datos. • Estrategias de Mitigación: Sistecredito ha optado por el uso de microservicios para facilitar la interoperabilidad. A través de plataformas de orquestación, como Kubernetes, y el desarrollo de APIs, la empresa ha logrado reducir las barreras entre los sistemas legado y las aplicaciones en la nube, mejorando la conectividad y la fluidez en el intercambio de información. <p>4. Nutresa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: Nutresa experimentó dificultades con la normalización de datos entre sistemas heredados y la infraestructura en la nube, lo que afectó la interoperabilidad y la compatibilidad de aplicaciones. • Estrategias de Mitigación: Se adoptaron buses de integración y APIs estándar, además de realizar pruebas exhaustivas para garantizar que los datos se integren correctamente, manteniendo la integridad y consistencia en todo el proceso. <p>5. Bancolombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción del Desafío: Uno de los mayores retos para Bancolombia ha sido la dependencia de sistemas legado como AS/400, ampliamente utilizados en operaciones críticas del banco. Estas plataformas, aunque robustas, presentan limitaciones de interoperabilidad y escalabilidad que complican su integración con infraestructuras modernas en la nube. • Estrategias de Mitigación: Bancolombia ha desarrollado soluciones personalizadas que incluyen el uso de APIs, mensajes AMQ para facilitar la comunicación entre AS/400 y los servicios en la nube. Además, se ha invertido en tecnología como Kubenetes y la virtualización tanto en entornos legado y nube para mejorar su compatibilidad con las plataformas modernas. • <p>6. Puntos Colombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: La empresa tuvo que enfrentar desafíos de escalabilidad, particularmente durante picos de demanda, que afectaban la capacidad de respuesta y la disponibilidad de servicios. • Estrategias de Mitigación: Implementación de prácticas de elasticidad para permitir una asignación flexible de recursos y la automatización de tareas, lo que asegura un rendimiento consistente incluso en condiciones de alta carga. <p>7. EPM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: EPM se centró en la seguridad y la protección de datos sensibles, enfrentando dificultades para cumplir con las normativas y estándares de privacidad en un entorno híbrido. • Estrategias de Mitigación: La empresa empleó protocolos de seguridad avanzados y soluciones de encriptación para proteger la información, además de adoptar arquitecturas híbridas que permiten una migración segura y escalable.
--	--	--

		<p>8. Argos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: Argos se enfrentó a problemas de interoperabilidad entre sistemas antiguos y nuevos, lo que complicó la integración en la infraestructura cloud. • Estrategias de Mitigación: Para superar estas barreras, Argos implementó microservicios y arquitecturas desacopladas que permiten mayor flexibilidad y adaptabilidad entre aplicaciones. <p>9. Domina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: Domina enfrentó dificultades en la reducción de tiempos de respuesta y latencia en aplicaciones críticas migradas a la nube. • Estrategias de Mitigación: Uso de herramientas avanzadas de monitoreo y optimización del rendimiento para mejorar los tiempos de respuesta y asegurar la disponibilidad de los servicios. <p>10. Sura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: Sura tuvo problemas con la compatibilidad entre aplicaciones y la infraestructura cloud, lo que afectó la velocidad de respuesta en sistemas críticos. • Estrategias de Mitigación: Sura empleó API REST y mensajería AMQP para garantizar una integración óptima y reducir la dependencia de infraestructuras on-premise, mejorando la interoperabilidad y flexibilidad del sistema. <p>11. XM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desafíos Encontrados: La adaptación de aplicaciones legado a la infraestructura en la nube fue un desafío, ya que estas aplicaciones no estaban diseñadas para entornos cloud. • Estrategias de Mitigación: XM utilizó un enfoque faseado de migración, aplicando prácticas de optimización y actualización en las aplicaciones para adaptarlas progresivamente a las capacidades de la nube.
<p>Tendencias en metodologías y herramientas utilizadas:</p>		<p>1. Éxito</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Éxito emplea metodologías como Gerencia de proyectos, Journey to retail Scrum y DevOps son parte esencial para optimizar la eficiencia operativa y la entrega de valor continuo • Herramientas: Uso de herramientas como Azure devops, API, RPC, webservice, cloud native (FinOps), etc Esta herramienta ha sido clave para gestionar el ciclo de vida de desarrollo de aplicaciones y la migración a la nube. <p>2. Protección</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Protección adopta prácticas de CI/CD, scrum, Safe, para acelerar el despliegue de aplicaciones y garantizar la consistencia en los entornos de desarrollo y producción. • Herramientas: Integración de plataformas como Jenkins y GitLab CI para la automatización de pruebas y despliegues continuos. <p>3. Sistecredito</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: La empresa prioriza la agilidad mediante metodologías como Scrum, permitiendo iteraciones rápidas en el desarrollo y la implementación de aplicaciones.

		<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas: Uso de Kubernetes para la orquestación de contenedores y garantizar la elasticidad de los sistemas, además de herramientas como JIRA para la gestión ágil de proyectos. <p>4. Nutresa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Nutresa sigue una combinación de prácticas de DevOps y enfoques iterativos para mejorar la colaboración entre equipos y optimizar los ciclos de desarrollo. • Herramientas: Uso de Terraform para la infraestructura como código y plataformas de integración continua como Azure DevOps. <p>5. Bancolombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Bancolombia ha adoptado enfoques de Lean IT, buscando eliminar desperdicios en los procesos tecnológicos y maximizar el valor entregado al cliente. Y metodologías ágiles, Scrum. Para que los equipos sea mas cercano (Dev+Ops) • Herramientas: Implementación de soluciones como Blueedge, azure devops, cloudformation, etc.. son los Pilares de Build to Release dentro de la estrategia de migración para tratar de impactar lo menos posible a los equipos de Banco. <p>6. Puntos Colombia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Uso de Metodologías Kanban para la gestión visual del trabajo, y scrum para asegurando una transición fluida en las etapas de migración y mantenimiento de servicios. • Herramientas: Integración de CloudFormation para la creación y gestión de infraestructura en la nube, ElasticSearch para el monitoreo en tiempo real y Azure DevOps para el proceso CI/CD. <p>7. EPM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: EPM emplea metodologías como la madurez de Gartner, <i>Cloud adoption framework</i> (estrategias, <i>journey</i>, ANS, capacidades, seguridad), <i>well Architecture framework</i>. (costos y disponibilidad), Scrum, Greenfield, brownfield, etc. genera valor y como plantear la estrategia de cómo me voy a ir, o Cuáles van a ser los modelos de operación. • Herramientas: Azure DevOps, Kubernetes, FaaS Terraform y Una herramienta israelí para análisis de patrón para llevar el app a la nube. para la gestión el ciclo de vida de las aplicaciones en tierra y en nube. <p>8. Argos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Argos adoptó metodologías como DevOps, DevSecOps, Scrum (personalizado), kanban, La importancia de la fábrica de desarrollo, deuda técnica, documentación que nos permitio traer más madurez de la adopción de la nube. • Herramientas: Uso de Azure, Azure DevOps, Kubernetes, Serverless, Arquitectura de eventos, datafactory, databricks, Change data capture con Kafka, etc <p>9. Domina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: La empresa emplea prácticas de Agile, asegurando que los principios ágiles se extiendan a toda la organización y no solo a equipos individuales.
--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas: Integración de CloudHealth para la gestión y optimización de costos, junto con Grafana para la visualización de datos operativos. <p>10. Sura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: Sura utiliza CAF de AWS, Azure y Oracle, Scrum generico, agile. • Herramientas: de las 6r para determinar como modernizó weblogic a un contenedor otro, azure DevOps para CI/CD, kubernetes, terraform, etc <p>11. XM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías: XM ha adoptado enfoques híbridos que combinan Waterfall para proyectos estructurados y Agile para desarrollos iterativos, también usa el CAF de azure. • Herramientas: al inicio se uso TFS (Infraestructura local), Microsoft Visual SourceSafe y luego se paso a AzureDevOps, Sonarqube, etc y hoy se esta evolucionando a un modelo de pruebas DevSecOps.
	<p>Patrones en resultados finales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Patrones en resultados finales: Éxito basado en observabilidad y control de costos: Las empresas que invierten en herramientas de observabilidad y gestión de costos (FinOps) tienen mejores resultados, como lo mencionan en Bancolombia, Exito, Protección y Puntos Colombia . • Sostenibilidad como un enfoque emergente: Aunque no es un enfoque prioritario en la mayoría de las entrevistas, algunas empresas, como Sura y Protección, están empezando a considerar la sostenibilidad y la eficiencia energética dentro de sus estrategias de nube.

Nota: Realización propia

7.5 Análisis estadístico

Para analizar los datos cualitativos y cuantitativos derivados de las 13 entrevistas sobre los desafíos tecnológicos en migración a la nube, se aplicaron técnicas de análisis estadístico descriptivo y de codificación temática cualitativa. Estos métodos permiten identificar patrones, tendencias y relaciones significativas entre las categorías previamente definidas, tales como interoperabilidad tecnológica, obsolescencia de sistemas legado, resistencia al cambio cultural, y más. Este enfoque garantiza una comprensión completa de los desafíos y estrategias clave en la gestión tecnológica para migraciones exitosas.

7.5.1 Análisis estadístico descriptivo

Paso 1: Frecuencia de aparición por categoría

La **Frecuencia** (F_i) mide el número total de veces que cada categoría es mencionada en todas las entrevistas. Esta frecuencia absoluta se obtiene sumando la cantidad de menciones específicas para cada categoría a lo largo de todas las entrevistas. En la tabla 11 se puede observar la frecuencia de cada categoría.

Tabla 10
Frecuencia de apariciones.

Categoría	Frecuencia
Interoperabilidad Tecnológica	109
Falta de conocimiento interno	70
Metodologías Ágiles	51
Resistencia al Cambio Cultural	48
Obsolescencia de Sistemas Legado	39
Dependencia de Proveedores	35
Stakeholders	35
Observabilidad	32

Nota: Realización propia

$$\sum_{i=1}^8 F_i = 109 + 70 + 51 + 48 + 39 + 35 + 35 + 32 = 386$$

Paso 2: Cálculo de Proporción (p_i)

La **Proporción** (p_i) representa la frecuencia de cada categoría en relación con el total de menciones de todas las categorías. Se calcula como

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^m F_i}$$

donde:

- f_i es la frecuencia de la categoría i

- $\sum_{i=1}^m F_i$ es la suma total de frecuencias (en este caso, 386).

Por ejemplo, para la categoría de **Interoperabilidad Tecnológica**:

$$P_{interoperabilidad} = \frac{109}{386} = 0.28$$

En la tabla 12 se aplicando este cálculo a cada categoría:

Tabla 11
Cálculo de proporción.

Categoría	Frecuencia F_i	Proporción p_i
Interoperabilidad Tecnológica	109	0,28
Falta de conocimiento interno	70	0,18
Metodologías Ágiles	51	0,13
Resistencia al Cambio Cultural	48	0,12
Obsolescencia de Sistemas Legado	39	0,10
Dependencia de Proveedores	35	0,09
Stakeholders	35	0,09
Observabilidad	32	0,08

Nota: Realización propia

Paso 3: Cálculo del Peso Relativo (W_i)

El **Peso Relativo** (W_i) convierte la proporción en un porcentaje para facilitar su interpretación. Se calcula multiplicando la proporción por 100:

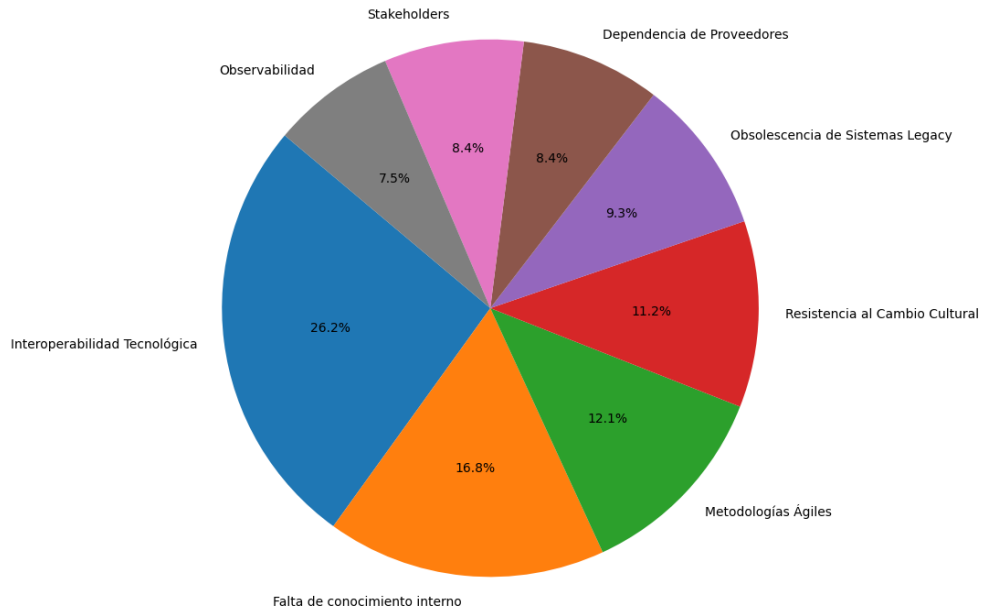
$$W_i = p_i \times 100$$

Por ejemplo, para **Interoperabilidad Tecnológica**:

$$W_{interoperabilidad} = 0.28 \times 100 = 28\%$$

En la imagen 5 se observa los resultados finales de los cálculos del peso relativo:

Figura 5
Resultado peso relativo



*Nota: Se usó la librería Matplotlib de Python para realizar la gráfica de peso relativo.
Fuente: Tomado de Matplotlib ago. 2024*

Interpretación de los Resultados

Los cálculos muestran que Interoperabilidad Tecnológica es la categoría más mencionada, representando el 28% del total, lo que indica que es una preocupación central en las entrevistas. Las categorías Falta de conocimiento interno, Metodologías Ágiles, Resistencia al Cambio Cultural y Obsolescencia de Sistemas Legado también tienen pesos significativos, lo que subraya su importancia en los desafíos y estrategias de migración a la nube.

7.5.2 Análisis cualitativo de patrones y tendencias

7.5.2.1 Codificación temática y detección de patrones

El análisis cualitativo se realizó a través de una codificación manual de los temas emergentes, observando patrones de respuesta en cada categoría. A continuación, se presentan los principales hallazgos por categoría.

- **Interoperabilidad tecnológica:**
 - Las empresas que implementan arquitecturas de microservicios, replicación de datos, mensajería asíncrona, y APIs mencionan menos problemas con la interoperabilidad. Sin embargo, aquellos que aún utilizan sistemas monolíticos destacan la dificultad en la integración.
 - La interoperabilidad es una prioridad en industrias para todas las empresas entrevistadas donde la disponibilidad, la convivencia de la nube híbrida (nube privada y la nube pública) y velocidad de intercambio de datos son esenciales para una experiencia de usuario optimizada.
- **Falta de conocimiento interno:**
 - Las empresas con equipos de TI internos robustos, como Bancolombia, Sura, Éxito, Protección y Argos, muestran una mejor adaptación a los cambios y logran reducir su dependencia de proveedores en algunos casos. La capacitación técnica y el fortalecimiento de habilidades de liderazgo son factores críticos en este aspecto.
- **Metodologías ágiles:**
 - La adopción de metodologías ágiles a la cultura de la empresa se correlaciona con mayores niveles de satisfacción en el proceso de migración. Sin embargo, muchas empresas aún enfrentan barreras en la implementación efectiva de prácticas como Scrum, DevOps, Safe, lo cual se refleja en los comentarios sobre falta de habilidades internas.
- **Resistencia al cambio cultural:**
 - La resistencia al cambio cultural es más evidente en empresas muy tradicionales (Nutresa, XM, EPM y Domina), donde los empleados están acostumbrados a trabajar con metodologías tradicionales. Aunque en algunos de estas compañías el cambio generacional ha aportado su granito de arena porque traen una mentalidad diferente y conocimiento de nuevas tecnologías como contenedores, la nube, API, etc.

Las organizaciones que implementan programas de capacitación y transformación cultural experimentan menos fricciones durante la migración.

- **Obsolescencia de sistemas legado:**

- Las menciones de obsolescencia se concentran en organizaciones con una fuerte dependencia de sistemas heredados como Bancolombia, Sura y Protección, Argos, etc. Lo que afecta su agilidad en la transición total hacia modelos de nube.
- Se observa una tendencia hacia el “lift and shift” como estrategia inicial, aunque genera costos altos y puede no aprovechar las capacidades de la nube en su totalidad.

- **Dependencia de proveedores:**

- La tercerización se asocia con una pérdida de control sobre la infraestructura y el conocimiento técnico. Empresas como Éxito resaltan la dependencia en fábricas de software externas, lo que limita su capacidad para realizar ajustes rápidos. Argos destaca que tenían muy tercerizado el proceso de implementación de soluciones tecnológicas. O sea, prácticamente entregamos los proyectos a los proveedores y volvíamos por la solución.
- Es importante resaltar que el proveedor es un gran aliado para las organizaciones porque es su mano extendida y debido a que ninguna empresa puede darse el lujo de contratar el 100% del personal directas de tecnología. Pero es importante resaltar que las organizaciones deben tener el control y el conocimiento.

- **Observabilidad:**

- La observabilidad es prioritaria en la nube y en sectores con alta carga de transacciones donde el monitoreo en tiempo real permite optimizar costos y reducir tiempos de inactividad. Las organizaciones que implementan equipos de FinOps, soluciones de observabilidad como dashboards en tiempo real y herramientas de monitoreo logran un control más efectivo de sus entornos de nube.

- **Stakeholders:**

- La participación de stakeholders en el proceso de migración se asocia con mayores niveles de éxito en la implementación. Empresas que alinean los intereses de los stakeholders logran una toma de decisiones más informada y evitan resistencias.

7.5.3 Identificación de relaciones significativas entre categorías

7.5.3.1. Interoperabilidad y obsolescencia de sistemas legado:

Existe una correlación entre los desafíos de interoperabilidad y la obsolescencia de sistemas. Las empresas con altos niveles de obsolescencia en sus sistemas reportan problemas más frecuentes en la integración y comunicación de aplicaciones en la nube.

7.5.3.2. Resistencia al cambio cultural y capacidades internas de gestión:

Las empresas que carecen de un equipo de gestión de TI capacitado también muestran mayores niveles de resistencia al cambio. Esto sugiere que la presencia de un equipo de TI interno puede facilitar la adopción de nuevas tecnologías y reducir las barreras culturales.

7.5.3.3. Dependencia de proveedores y capacidades internas:

Las organizaciones que dependen en gran medida de proveedores externos muestran un menor desarrollo de capacidades internas. Esto crea una dependencia estructural que limita la flexibilidad y la capacidad de adaptación.

7.5.4. Estimación de cargas migradas a la nube por las compañías entrevistadas:

La siguiente tabla 13 refleja el estado actual de la migración de cargas hacia la nube en 11 organizaciones entrevistadas, cada una con enfoques y ritmos de adopción distintos. Esta diversidad en el porcentaje de migración indica no solo los diferentes niveles de madurez digital, sino también las prioridades estratégicas y las restricciones técnicas y culturales que cada organización enfrenta en su transición hacia la nube.

Tabla 12
Cálculo de proporción.

Entrevista	Porcentaje
Protección *(x86)	100%
Puntos Colombia	100%
Sistecredito	80%
Bancolombia	75%
Nutresa	60%
XM	60%
Sura	60%
Éxito	40%
EPM	30%
Domina	30%
Argos	30%

Nota: Realización propia

7.6.4.1 Alta adopción de nube (80-100% migración)

- Puntos Colombia La decisión de migrar completamente a la nube sugiere que Puntos Colombia ha implementado una estrategia basada en la nube desde su fundación un esfuerzo concentrado para trasladar toda su infraestructura digital a un entorno nube. Este enfoque puede ser especialmente ventajoso para una empresa de servicios que no tenían una dependencia muy fuerte de aplicaciones legadas o mainframes. Operar exclusivamente en la nube permite a Puntos Colombia centralizar su infraestructura, facilitar el acceso a datos y optimizar la gestión de su plataforma de lealtad. Además, el uso completo de la nube indica que la empresa confía en un modelo multi-nube, aprovechando diferentes servicios y herramientas de varios proveedores para asegurar la continuidad y la optimización de costos.
- Protección** ha alcanzado un avanzado estado de migración hacia la nube, con **el 100% de sus cargas x86 migradas a un entorno nube**, lo cual representa aproximadamente **el 90% de sus cargas totales**. El restante **10% de las cargas**, que corresponden a sistemas en **AS/400**, se mantienen en una

nube privada. Esta infraestructura híbrida permite a Protección maximizar los beneficios de la nube pública para la mayoría de sus aplicaciones, mientras asegura control y seguridad sobre sus sistemas más críticos en un entorno privado. La interoperabilidad entre la infraestructura en la nube pública y la nube privada se logra a través de protocolos avanzados de integración, como **APIs REST**, mensajería MQ, Autenticación SAML, externalización de reglas de negocio y **sincronización de datos asíncrona**. Este enfoque permite que las aplicaciones y servicios de Protección en ambas nubes interactúen de manera eficiente, asegurando que los datos puedan fluir de un entorno a otro sin interrupciones.

- La decisión de migrar el 80% de sus cargas a la nube indica que **Sistecredito** ha adoptado un enfoque prioritario hacia la digitalización de sus operaciones y la modernización de su infraestructura. Al migrar la mayor parte de sus cargas, es probable que Sistecredito esté utilizando la nube para soportar aplicaciones críticas, así como servicios de atención al cliente y sistemas que demandan alta disponibilidad y capacidad de procesamiento en tiempo real. Este porcentaje elevado también sugiere que la empresa ha trabajado en la superación de desafíos comunes, como la interoperabilidad entre sistemas en la nube y on-premise, y la integración de aplicaciones legado. Con el 80% de sus cargas en la nube, Sistecredito se posiciona como una organización que prioriza la innovación y la agilidad, lo que le permite responder rápidamente a las demandas del mercado y ofrecer mejores experiencias a sus clientes.

7.5.4.2 Estrategias de migración avanzadas (40-79% migración)

- La decisión de migrar el 40% de sus cargas a la nube sugiere que **Éxito** ha adoptado una estrategia de migración planificada y gradual, priorizando aquellos servicios y aplicaciones que se benefician de manera más inmediata de las capacidades que ofrece la infraestructura en la nube donde se primero es SaaS luego PaaS y por ultimo IaaS. En particular, este nivel de adopción

permite a Éxito experimentar mejoras en la agilidad operativa, la eficiencia en la administración de recursos, y la reducción de costos asociados a la infraestructura física tradicional.

- Este enfoque selectivo también sugiere una estrategia de mitigación de riesgos, donde la organización mantiene algunas aplicaciones críticas o con alta sensibilidad de datos en entornos controlados. Esto puede ser particularmente relevante para aplicaciones de negocio que requieren cumplimiento con normativas de seguridad y privacidad o que dependen de sistemas legado que aún desempeñan un papel fundamental en la operación.
 - Con el 60% de sus cargas en la nube, Éxito se ha beneficiado de la capacidad de integrar aplicaciones en la nube con sistemas on-premise, utilizando APIs, mensajería de a través de eventos y arquitecturas de microservicios que facilitan la interoperabilidad entre ambos entornos. Este modelo híbrido garantiza la continuidad operativa y asegura que los sistemas puedan comunicarse eficientemente, independientemente de su ubicación.
- Bancolombia se encuentra en una fase avanzada de su proceso de migración a la nube, con aproximadamente 70-75% de sus cargas migradas a entornos nube. Este porcentaje refleja una estrategia híbrida que combina la flexibilidad y escalabilidad de la nube con el control y estabilidad de infraestructuras tradicionales. La organización ha optado por priorizar la migración de aplicaciones que beneficien sus operaciones digitales y de servicio al cliente, dejando en infraestructura on-premise o en entornos controlados aquellos sistemas que requieren niveles específicos de seguridad y resiliencia.
 - Dado que los sistemas AS/400 están profundamente integrados en la infraestructura de Bancolombia, la organización ha adoptado una estrategia mixta que permite mantener estas cargas en un entorno controlado mientras se asegura la interoperabilidad con los sistemas

- en la nube. Esta dependencia plantea desafíos en términos de interoperabilidad y gestión de actualizaciones, dado que las tecnologías legado suelen ser menos compatibles con las soluciones en la nube. Sin embargo, Bancolombia ha abordado esta limitación implementando soluciones de integración, como APIs y arquitecturas de microservicios, que facilitan la conexión entre sistemas AS/400 y aplicaciones en la nube, permitiendo que ambos entornos interactúen de manera eficiente y sin interrupciones.
- Uno de los pilares de la estrategia de Bancolombia en su migración hacia la nube es la **apuesta por el desarrollo de capacidades internas**. A diferencia de muchas organizaciones que dependen extensivamente de proveedores externos para gestionar su infraestructura nube, Bancolombia ha optado por fortalecer su equipo interno, promoviendo una transferencia de conocimientos y la automatización que disminuya su dependencia en terceros y mejore la resiliencia operativa. Este enfoque también permite al banco retener el control sobre su infraestructura, asegurando que su personal pueda gestionar y optimizar sus recursos en la nube de forma autónoma.
 - La decisión de migrar el 60% de sus cargas a la nube sugiere que **Nutresa** ha adoptado una estrategia cuidadosamente balanceada, priorizando la migración de aplicaciones y servicios que se benefician de la flexibilidad y los recursos escalables que ofrece la infraestructura en la nube. En particular, Nutresa ha orientado su migración hacia aplicaciones que soportan operaciones de negocio y servicios al cliente, lo que le permite aprovechar la elasticidad de la nube para satisfacer demandas cambiantes y responder a las necesidades de un mercado cada vez más digitalizado.
 - El 40% de las cargas restantes permanecen en infraestructura local, lo cual indica que la empresa ha identificado ciertos sistemas críticos o aplicaciones sensibles como SAP que requieren un nivel elevado

de seguridad, control directo o compatibilidad con sistemas legado. Esta arquitectura híbrida le permite a Nutresa capitalizar los beneficios de la nube sin comprometer la estabilidad y el cumplimiento regulatorio de sus operaciones.

- **Sura** ha logrado migrar aproximadamente el 60% de sus aplicaciones a la nube, concentrando esta migración en aplicaciones no productivas y nuevas. Este enfoque le permite experimentar los beneficios de la nube en términos de flexibilidad y escalabilidad sin comprometer la estabilidad y el control de sus aplicaciones críticas de producción. El 40% restante de sus aplicaciones, que corresponden a aplicaciones de producción, permanece en infraestructura on-premise; sin embargo, estas aplicaciones cuentan con una estrategia de recuperación ante desastres (Disaster Recovery, DR) en la nube, lo cual asegura resiliencia y continuidad operativa en caso de incidentes. .
 - La estrategia de Sura para migrar aplicaciones no productivas y nuevas aplicaciones hacia la nube es coherente con una arquitectura híbrida que maximiza la flexibilidad sin comprometer la seguridad y estabilidad de las operaciones críticas. Este enfoque permite a Sura utilizar la nube para tareas de prueba y desarrollo, lo que facilita la experimentación y reduce los costos asociados a la infraestructura física debido a que se apagan cuando no se usan. Además, el despliegue de nuevas aplicaciones directamente en la nube permite que la empresa capitalice la escalabilidad y flexibilidad inherente de la infraestructura nube pública, facilitando el lanzamiento de servicios y productos innovadores en un tiempo más reducido.
 - Para las aplicaciones de producción, que representan el 40% de sus cargas totales, Sura ha optado por un enfoque híbrido o de infraestructura local. Esto incluye sistemas core que son fundamentales para sus operaciones y que requieren niveles más

estrictos de seguridad y cumplimiento regulatorio, propios del sector asegurador y financiero. La decisión de mantener estas aplicaciones críticas en un entorno controlado refleja una estrategia de mitigación de riesgos y asegura la continuidad operativa

- **XM** ha adoptado un enfoque híbrido estratégico en su migración a la nube, alcanzando aproximadamente 60% de migración de aplicaciones no productivas y nuevas aplicaciones a entornos nube. Este porcentaje refleja una orientación hacia la nube que permite a XM aprovechar la flexibilidad y escalabilidad de esta infraestructura para tareas de desarrollo, pruebas y despliegue de nuevas aplicaciones. Paralelamente, el 40% de las aplicaciones críticas de producción se mantienen en infraestructura on-premise, pero cuentan con una alternativa de Recuperación ante Desastres (DR) en la nube, lo que asegura la resiliencia y continuidad operativa en caso de contingencias.
 - La decisión de XM de migrar aplicaciones no productivas y nuevas a la nube, al tiempo que mantiene aplicaciones de producción en infraestructura local, evidencia un modelo híbrido cuidadosamente diseñado. Este enfoque permite a XM gestionar eficientemente sus cargas, asignando aplicaciones de menor criticidad a entornos nube para optimizar costos y acelerar el desarrollo, mientras asegura que las aplicaciones productivas estén resguardadas en un entorno controlado. La incorporación de una alternativa de DR en la nube para estas aplicaciones de producción refuerza la continuidad del negocio, un aspecto crucial en el sector energético, donde cualquier interrupción podría tener consecuencias significativas.
 - El despliegue de nuevas aplicaciones en la nube es una estrategia que le permite a XM escalar rápidamente sus recursos y adaptarse a demandas cambiantes, lo cual es clave para una empresa que maneja datos en tiempo real y necesita realizar análisis de alto rendimiento. Al mismo tiempo, la infraestructura on-premise utilizada para sus

aplicaciones críticas asegura el cumplimiento de requisitos de seguridad y control, y garantiza que los sistemas core de XM operen sin interrupciones.

7.5.4.3 Adopción moderada de nube (30% migración)

- **EPM** ha logrado migrar aproximadamente 30% de sus cargas a la nube, adoptando un enfoque híbrido cauteloso que refleja su compromiso con la modernización tecnológica, al tiempo que garantiza la continuidad operativa y la seguridad en un sector con altos requisitos regulatorios y operativos. Esta estrategia le permite a EPM experimentar con las capacidades de la nube en un entorno controlado, enfocando su migración en servicios no críticos o en aplicaciones que se benefician de la escalabilidad y flexibilidad de la nube, mientras mantiene sus sistemas más sensibles y críticos en infraestructura on-premise.
 - La decisión de migrar el 30% de sus cargas a la nube demuestra que EPM ha adoptado una estrategia conservadora, probablemente influenciada por la naturaleza altamente regulada de su sector y las complejidades inherentes de la industria de energía y servicios públicos. Este enfoque gradual permite a la organización evaluar el desempeño de sus aplicaciones en la nube y medir los beneficios en términos de eficiencia operativa y optimización de costos, sin exponer sus sistemas críticos a los riesgos potenciales de una migración completa.
 - En este contexto, la migración se ha centrado en aplicaciones de soporte, sistemas de prueba y desarrollo, y servicios de atención al cliente, donde la nube proporciona ventajas de elasticidad y flexibilidad sin comprometer la seguridad de las operaciones core. Esta estrategia permite a EPM reducir la carga de su infraestructura on-premise y liberar recursos para otras áreas estratégicas, manteniendo una estructura tecnológica que favorece la resiliencia y el control.

- Argos ha migrado aproximadamente el 30% de sus cargas a la nube, adoptando una estrategia cautelosa y gradual que refleja su enfoque en el desarrollo de capacidades internas y la adquisición de conocimiento tecnológico dentro de la organización. Esta aproximación le permite a Argos experimentar con la infraestructura en la nube para aplicaciones específicas, mientras mantiene el control y la seguridad de sus sistemas críticos en un entorno on-premise. Al priorizar la construcción de conocimiento y competencias en la gestión de la nube, Argos se posiciona como una organización que busca reducir la dependencia de proveedores externos y maximizar el valor de su talento interno en el proceso de transformación digital.
 - Estrategia de Migración en Argos
 - La decisión de migrar el 30% de sus cargas sugiere que Argos ha adoptado una estrategia de prueba y aprendizaje, en la cual prioriza aplicaciones y servicios que se benefician de la flexibilidad y escalabilidad de la nube, sin exponer sistemas esenciales y sensibles a riesgos. Este enfoque de bajo riesgo se aplica principalmente a aplicaciones de soporte, sistemas de desarrollo y pruebas, y entornos que requieren un escalamiento temporal, lo que permite a la empresa evaluar el rendimiento y los beneficios de la nube sin comprometer la integridad de sus operaciones core.
 - La estrategia de Argos se distingue por su énfasis en adquirir y retener el conocimiento tecnológico en la organización. A diferencia de muchas empresas que dependen en gran medida de proveedores externos para la gestión de sus entornos en la nube, Argos ha invertido en capacitación y en la creación de un equipo interno con habilidades avanzadas en tecnología nube. Este enfoque no solo fortalece la autonomía de la organización, sino que también facilita la adaptación y gestión de la nube de acuerdo con las necesidades específicas de su industria.

-
- Domina se encuentra en una fase inicial de su proceso de migración a la nube, con aproximadamente 30% de sus cargas trasladadas a entornos nube. Este nivel de adopción refleja una estrategia de transición cautelosa, que permite a la organización evaluar los beneficios de la nube mientras gestiona cuidadosamente los riesgos asociados a la migración de cargas críticas y el cambio en su infraestructura tecnológica.
 - Domina ha optado por migrar principalmente aplicaciones no críticas y procesos de soporte, lo que le permite experimentar con la infraestructura en la nube sin comprometer la operatividad de sus sistemas centrales. Esta elección refleja una preferencia por un modelo híbrido, donde la organización mantiene la mayoría de sus aplicaciones sensibles y críticas en su infraestructura local mientras prueba y valida las capacidades de la nube para mejorar la flexibilidad y eficiencia en operaciones menos sensibles.
 - La migración del 30% de sus cargas es representativa de una organización que, aunque reconoce los beneficios de la nube en términos de escalabilidad y reducción de costos de infraestructura, también identifica riesgos potenciales asociados a la interoperabilidad, la seguridad de los datos y la administración de sistemas legado que aún son esenciales para su operación. Esta estrategia gradual permite a Domina ajustar su arquitectura tecnológica a un modelo híbrido, logrando así una combinación de innovación con una mitigación de riesgos operacionales.
 - Uno de los desafíos centrales para Domina en su migración a la nube es la integración y compatibilidad entre los sistemas legado y la infraestructura en la nube. La coexistencia de aplicaciones en distintos entornos plantea retos significativos en términos de interoperabilidad, ya que las aplicaciones legado pueden no estar diseñadas para comunicarse eficientemente con sistemas nube nativos. Este aspecto de la infraestructura puede generar una fricción técnica, lo que obliga a la organización a implementar soluciones de

integración avanzadas, como APIs, y a trabajar en la compatibilidad de sus sistemas para asegurar que los datos puedan fluir sin interrupciones entre las aplicaciones en la nube y los sistemas on-premise.

7.5.5 Cambio de mentalidad, capacitación y modelo operativo en la adopción de la nube

La transición hacia la nube en las 11 empresas analizadas a través de las 13 entrevistas no solo implica un cambio tecnológico, sino también una transformación fundamental en la mentalidad de los equipos, el modelo operativo, y la capacitación. Este análisis examina cómo algunas de estas empresas han enfrentado los desafíos culturales y operativos inherentes a la migración nube, destacando el enfoque en el "cómo" más que en el "qué".

7.5.5.1 Cambio de mentalidad: El pilar de la transformación digital

La adopción de la nube exige un cambio paradigmático en cómo los equipos perciben su rol dentro de la organización y su interacción con las herramientas tecnológicas.

- **Evolución del pensamiento técnico:** El enfoque tradicional de TI, centrado en la administración de infraestructura física, ha dado paso a un modelo basado en servicios, donde el valor reside en la entrega continua y la optimización de resultados.
 - **Caso Sistecredito:** La resistencia inicial de los equipos técnicos para adoptar herramientas como Kubernetes y Docker fue superada mediante talleres que enfatizaban la agilidad y el impacto positivo en sus funciones.

- **Foco en la Innovación Continua:** En empresas como Bancolombia, el cambio de mentalidad incluyó el entendimiento de que la nube no es el objetivo final, sino una herramienta que permite habilitar procesos más ágiles, seguros y escalables.

7.5.5.2 Capacitación: Habilitando la transformación

La capacitación ha sido identificada como un componente crítico para asegurar el éxito en la adopción de la nube, particularmente en sectores altamente regulados como el financiero y el industrial.

- **Capacitación técnica intensiva:**
 - **Protección:** La empresa implementó un programa de formación técnica orientado a la adopción de prácticas de DevOps y al uso de pipelines CI/CD, lo que permitió reducir los tiempos de implementación en un 40%.
 - **Éxito:** Se desarrollaron talleres específicos para abordar la integración de APIs y herramientas FinOps, optimizando la gestión de costos en la nube pública.
- **Programas de gestión del cambio:**
 - La capacitación no solo abarcó habilidades técnicas, sino también habilidades blandas como liderazgo digital, comunicación efectiva en entornos remotos y colaboración en equipos interdisciplinarios.

7.5.5.3 Modelo operativo: del centro de datos a la arquitectura nativa de nube.

El cambio hacia un modelo operativo centrado en la nube transforma profundamente cómo las empresas gestionan sus recursos y procesos.

- **Arquitecturas desacopladas y microservicios:**
 - Empresas como Bancolombia, Éxito, Protección, Puntos Colombia, Argos y Sura han adoptado arquitecturas desacopladas basadas en microservicios, permitiendo una escalabilidad y flexibilidad superiores.
 - **Impacto:** Este enfoque reduce la dependencia de infraestructuras físicas y habilita un despliegue más rápido de aplicaciones.
- **Automatización y observabilidad:**
 - **Puntos Colombia:** Implementó herramientas de automatización para tareas repetitivas, como la configuración de servidores, liberando a los equipos para enfocarse en iniciativas estratégicas.

- **EPM:** Introdujo plataformas de observabilidad en tiempo real, mejorando significativamente la capacidad de respuesta ante incidentes.

7.5.5.4 Nube como un “Cómo”, No un “Qué”

La nube no debe ser vista como un destino, sino como un habilitador para alcanzar objetivos estratégicos más amplios. Esta perspectiva permite alinear la adopción tecnológica con las metas de negocio, garantizando un impacto duradero.

- **Visión estratégica:**
 - **En Bancolombia,** el enfoque en el “cómo” se refleja en la priorización de proyectos que mejoren la experiencia del cliente y aumenten la resiliencia operativa, utilizando la nube como vehículo para lograrlo.
- **Iteración y mejora continua:**
 - Empresas como Nutresa han integrado la nube en un ciclo iterativo de mejora continua, utilizando métricas de desempeño como disponibilidad, elasticidad y costos para ajustar sus estrategias en tiempo real.

7.5.6 Métricas de éxito usadas por las empresas entrevistadas para la migración de a la nube:

La figura 6 muestra una comparación de las métricas utilizadas por diferentes organizaciones para evaluar el éxito de la migración a la nube, detallando las áreas específicas de enfoque. A continuación se presenta una descripción de las métricas más relevantes que cada organización prioriza para medir el rendimiento y los beneficios de la transición a la nube.

Figura 6
Métricas de éxito

Organización	Eficiencia de Costos	Elasticidad	Velocidad de Entrega	Seguridad	Disponibilidad	Experiencia del Usuario	Progreso de la Migración	Desacople de Aplicaciones	Mejora Continua
XM	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Éxito	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Protección	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Sistecredito	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Nutresa	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Bancolombia	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Puntos Colombia	1	1	0	0	0	0	0	0	0
EPM	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Argos	1	1	1	0	1	0	0	0	1
Domina	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Sura	1	1	0	0	0	0	1	1	0

Nota: Se usó la librería Matplotlib de Python para realizar la gráfica de las métricas de éxito. Fuente: Tomado de Matplotlib ago. 2024

7.5.6.1 Eficiencia de costos

Todas las organizaciones consideran la eficiencia de costos como una métrica esencial en la migración a la nube, reflejando un enfoque en la optimización financiera. Varias empresas, como Éxito, Bancolombia, Puntos Colombia, y Sura, aplican prácticas de FinOps para gestionar costos, mejorando la asignación y el control de gastos en la nube.

7.5.6.2 Elasticidad

La elasticidad es una métrica clave para varias organizaciones, midiendo la capacidad de la infraestructura para escalar en función de la demanda. Esto es importante para asegurar que los recursos se utilicen de manera óptima, especialmente durante picos de uso. Nutresa, Puntos Colombia, y Sistecredito destacan la elasticidad como un factor crítico para la eficiencia operativa en la nube.

7.5.6.3 Velocidad de entrega de soluciones (Time to Market)

La velocidad de entrega de soluciones o time to market es valorada por XM, Sistecredito, Éxito, y Argos. Esta métrica mide la rapidez con la que una organización puede implementar nuevas soluciones en la nube, lo que permite responder de manera ágil a las necesidades del mercado y acelerar la innovación.

7.5.6.4 Seguridad

Protección y EPM se enfocan en la seguridad para garantizar que los datos sensibles estén protegidos en la nube. Esta métrica es fundamental para sectores altamente regulados o con requisitos estrictos de privacidad y cumplimiento. Las organizaciones que priorizan la seguridad buscan minimizar los riesgos de ciberseguridad y proteger la integridad de su infraestructura.

7.5.6.5 Disponibilidad

La disponibilidad es fundamental para organizaciones como EPM, Domina, y Argos, que buscan asegurar un acceso continuo y sin interrupciones a sus aplicaciones en la nube. La disponibilidad es crucial para la continuidad del negocio, permitiendo que las aplicaciones críticas estén siempre accesibles para los usuarios finales.

7.5.6.6 Mejorar la experiencia de los usuarios

Organizaciones como Bancolombia y Domina incluyen la mejora en la experiencia de los usuarios como una métrica clave. Esta métrica se enfoca en medir la satisfacción del usuario final, la facilidad de uso de las aplicaciones, y la efectividad de los servicios en la nube para ofrecer un rendimiento consistente y de alta calidad.

7.5.6.7 Porcentaje de aplicaciones migradas y progreso de la migración

Protección y Sura miden el porcentaje de aplicaciones migradas y la cantidad de aplicaciones y bases de datos migradas para monitorear el avance del proceso de migración. Esta métrica permite a las organizaciones ajustar su estrategia en función del progreso y asegura que la migración avance según lo planeado.

7.5.6.8 Desacople de aplicaciones

Sura emplea el desacople de aplicaciones (APP) como una métrica, lo cual facilita la independencia de los componentes del sistema. Este enfoque es valioso en arquitecturas de microservicios, donde cada componente puede operar y escalar de forma autónoma, mejorando la flexibilidad y la capacidad de mantenimiento.

7.5.6.9 Mejora continua y éxito de la migración

Argos y Bancolombia se enfocan en la mejora continua y el éxito de la migración. Estas métricas son esenciales para evaluar si el proceso de migración está alcanzando los objetivos estratégicos y si existen áreas de oportunidad para optimizar los recursos en la nube de forma constante.

7.5.7 Nube de palabras

Las palabras más prominentes en la imagen ofrecen una visión de los elementos más discutidos en las entrevistas y revelan los enfoques, desafíos y estrategias claves que las organizaciones han adoptado o enfrentado en su transición hacia entornos de nube. A continuación, se detalla una interpretación de los temas más destacados en relación con los cuatro principios de análisis: Proceso de Migración, Interoperabilidad, Desafíos Encontrados, y Evaluación de Estrategias.

7.5.7.2 Interoperabilidad

- La interoperabilidad es un tema crucial y se refleja en términos como “integración”, “arquitectura”, “APIs”, y “tecnología”. Estos términos sugieren que las empresas están invirtiendo en arquitecturas basadas en microservicios y en el desarrollo de APIs para facilitar la conexión entre sistemas legado y aplicaciones en la nube. La palabra “arquitectura” destaca el enfoque en la construcción de infraestructuras flexibles y escalables que soporten la interoperabilidad entre múltiples plataformas, un aspecto esencial para asegurar que los sistemas internos puedan interactuar sin problemas con nuevas soluciones de nube.
- Adicionalmente, la presencia de “componentes” y “elementos” en la nube de palabras indica que las organizaciones están segmentando sus aplicaciones en módulos integrables, lo cual facilita la interoperabilidad y la gestión de dependencias entre sistemas. La integración de “datos” y “información” sugiere también un enfoque en la interoperabilidad a nivel de datos, asegurando que los datos fluyan de manera coherente entre sistemas, independientemente de su ubicación en la nube o en infraestructura local.

7.5.7.3 Desafíos encontrados

- Entre los desafíos destacados, términos como “obsolescencia”, “dependencias”, “cultura”, y “costos” son indicadores de las barreras que las organizaciones enfrentan en su migración a la nube. La palabra “obsolescencia” resalta el desafío de los sistemas legado, donde la falta de soporte y compatibilidad con tecnologías modernas impide una migración ágil y eficaz.
- La “dependencia” de tecnologías y proveedores externos, mencionada en varias entrevistas, es un problema que muchas empresas enfrentan al externalizar sus procesos de migración, lo cual puede resultar en una pérdida de conocimiento interno. “Cultura” y “cambio cultural” reflejan la resistencia del personal al adoptar nuevas tecnologías y la dificultad de implementar un cambio organizacional que soporte la migración. Estos términos indican que la gestión del cambio es tan importante como la gestión tecnológica en sí, ya que el éxito de la migración depende también de la adaptación de los equipos y de su disposición a adoptar nuevas metodologías.
- Los “costos” y la “sostenibilidad” financiera también son desafíos recurrentes en la nube de palabras, subrayando la necesidad de optimizar el gasto en la nube. La gestión

de costos es crítica, ya que muchas empresas reportan incrementos imprevistos en sus presupuestos debido a un uso ineficiente o excesivo de los recursos en la nube, lo que afecta la rentabilidad del proyecto de migración.

7.5.7.4 Evaluación de estrategias

- Para evaluar las estrategias de migración, términos como “estrategia”, “evaluación”, “observabilidad”, y “metodologías” resaltan como prioritarios. La palabra “estrategia” indica que las organizaciones están abordando la migración a la nube mediante un enfoque planificado, con objetivos claros y métricas para evaluar el éxito de cada fase de la transición. La evaluación continua parece ser fundamental para muchas empresas, como lo sugiere la palabra “evaluación”, que refleja la práctica de analizar y ajustar las estrategias para optimizar los resultados en tiempo real.
- La “observabilidad” es otro término clave que indica la importancia de implementar herramientas y prácticas de monitoreo en los entornos de nube. La visibilidad sobre los recursos y el rendimiento de las aplicaciones en la nube permite a las organizaciones tomar decisiones informadas y ajustar los recursos para maximizar la eficiencia y minimizar los costos. “Metodologías” como Scrum y DevOps, que también aparecen en la nube de palabras, son esenciales para la adopción ágil de la nube, permitiendo ciclos de desarrollo rápidos y una entrega continua de valor.
- Por último, el término “capacidades” refleja la necesidad de fortalecer las competencias internas en tecnología de nube y en la gestión del cambio. Las organizaciones reconocen que una migración exitosa depende no solo de la tecnología, sino también de la preparación y habilidades de sus equipos, lo que reduce la dependencia de proveedores externos y fortalece la resiliencia organizacional.

7.6 Estrategias para abordar los desafíos culturales en la adopción de una nube híbrida

La adopción de una nube híbrida representa un cambio disruptivo que no solo afecta los sistemas tecnológicos de las organizaciones, sino también las dinámicas culturales y las competencias de los equipos de TI. Las organizaciones enfrentan desafíos significativos relacionados con la resistencia al cambio y la necesidad de desarrollar nuevas habilidades técnicas. Este análisis aborda cómo las empresas pueden superar estas barreras mediante una gestión estratégica del cambio organizacional.

7.6.1 Capacitación y desarrollo de habilidades

La migración a una nube híbrida exige un conjunto diverso de habilidades técnicas y estratégicas en los equipos de TI. La falta de estas competencias puede generar inseguridad y resistencia, obstaculizando la adopción exitosa.

- **Diseño de programas de capacitación estructurada:**
 - Proveer capacitación técnica enfocada en tecnologías específicas de la nube híbrida, como Kubernetes, Docker, APIs y herramientas de observabilidad.
 - Implementar certificaciones en metodologías ágiles y DevOps para fortalecer la capacidad de entrega continua.
 - Ejemplo: Bancolombia implementó talleres específicos para capacitar a su equipo en la gestión de arquitecturas híbridas, reduciendo la dependencia de proveedores externos.
- **Desarrollo de habilidades blandas:**
 - Fomentar competencias en liderazgo digital, resolución de problemas y trabajo colaborativo en entornos remotos.
 - Recomendación: Incorporar módulos sobre liderazgo transformacional, que permitan a los líderes técnicos motivar y guiar a sus equipos en la transición.

7.6.2 Comunicación efectiva sobre los beneficios de la nube híbrida

Una comunicación clara y transparente sobre los beneficios de la nube híbrida es esencial para alinear a los equipos y reducir la incertidumbre.

- **Articulación del valor estratégico:**
 - Destacar cómo la nube híbrida habilita la innovación, mejora la experiencia del cliente y aumenta la resiliencia organizacional.
 - **Ejemplo:** En Éxito, los líderes comunicaron cómo la implementación de FinOps en la nube híbrida mejoró la eficiencia de costos, aumentando la confianza del equipo en la estrategia.
- **Herramientas de comunicación:**
 - Usar plataformas de colaboración interna para compartir casos de éxito, métricas clave y avances en la implementación de la nube híbrida.

- **Recomendación:** Realizar sesiones regulares de preguntas y respuestas para abordar inquietudes y demostrar compromiso con los empleados.

7.6.3 Estrategias para superar la resistencia al cambio

La resistencia al cambio es una barrera común que debe abordarse de manera proactiva mediante tácticas que fomenten la aceptación y el compromiso.

- **Enfoque participativo:**
 - Involucrar a los equipos en la planificación y ejecución de la migración, permitiéndoles sentir un mayor control sobre el proceso.
 - **Ejemplo:** En Sistecredito, se establecieron grupos de trabajo para identificar las inquietudes de los empleados y diseñar soluciones colaborativas.
- **Reconocimiento y recompensas:**
 - Reconocer públicamente los logros relacionados con la adopción de la nube híbrida, incentivando una actitud positiva hacia el cambio.
 - **Recomendación:** Implementar programas de incentivos basados en hitos alcanzados durante la migración.

7.6.4 Definición clara de roles y responsabilidades

En un entorno híbrido, la ambigüedad en los roles puede generar fricciones y retrasos. Es esencial establecer una estructura organizacional clara que refleje las nuevas dinámicas operativas.

- **Redefinición de roles:**
 - Actualizar las descripciones de roles para incluir competencias relacionadas con la nube, como la gestión de entornos híbridos y la optimización de costos.
 - Ejemplo: En Puntos Colombia y Bancolombia, se creó el rol de "Cloud Architect" para supervisar la interoperabilidad y la seguridad entre entornos locales y la nube pública.
- **Creación de equipos interdisciplinarios:**
 - Formar equipos que combinen expertos en infraestructura tradicional con especialistas en tecnologías nube para garantizar una transición fluida.
 - **Recomendación:** Introducir prácticas de DevSecOps para integrar la seguridad en todas las etapas del desarrollo y operación.

7.7 Marco de referencia de migración a la nube híbrida

Mitigar los riesgos de la migración a la nube requiere un enfoque holístico que abarque una planificación exhaustiva, medidas de seguridad sólidas, gestión de datos eficaz, optimización de aplicaciones, capacitación integral, monitoreo continuo y un plan sólido de recuperación ante desastres. Al implementar estas estrategias y utilizar las herramientas adecuadas, las organizaciones pueden garantizar una transición exitosa y segura a la nube, minimizando las interrupciones y maximizando el valor comercial. Este framework proporciona una guía detallada y estructurada para asegurar una transición segura y eficiente a la nube híbrida, minimizando los riesgos y garantizando un impacto positivo en el negocio.

- La migración a una nube híbrida es un proceso complejo que involucra múltiples dimensiones: estratégica, técnica, operativa y cultural. Este framework está diseñado para guiar a las organizaciones a través de cada etapa, asegurando que se aborden todos los aspectos críticos para una migración exitosa y sostenible.
- La migración a una nube híbrida es un esfuerzo colaborativo que requiere un equipo sólido y multidisciplinario, compuesto por personal interno y externo. La selección cuidadosa de este equipo es esencial para garantizar el éxito del proyecto, ya que cada miembro aportará habilidades y conocimientos especializados que contribuirán a una migración efectiva y alineada con los objetivos estratégicos de la organización.

Tabla 13

Marco de referencia de migración a la nube híbrida .

Fase	Subfase	Descripción	Acciones
1. Estrategia y planificación	1.1 Selección de personal y proveedores	Seleccionar el equipo humano interno como externo encargado del proyecto.	<p>Evaluación de competencias internas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventario de habilidades: Realizar un análisis de las habilidades y experiencias del personal interno en tecnologías de nube, mentalidad abierta, gestión de proyectos y seguridad. • Identificación de líderes clave: Seleccionar individuos con capacidades de liderazgo y experiencia en proyectos similares para roles críticos.

			<p>Determinación de necesidades externas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de brechas de conocimiento: Identificar áreas donde se requiera expertise externo (ej. consultoría especializada, integradores de sistemas). • Definición de Perfiles Externos: Establecer los criterios para seleccionar socios y proveedores externos que complementen al equipo interno. <p>Proceso de selección de personal externo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de proveedores y consultorías: <ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencia y reputación: Revisar el historial y casos de éxito de potenciales socios externos. ○ Competencias técnicas específicas: Asegurar que los proveedores tengan experiencia en las tecnologías y metodologías que se utilizarán. • Alineación cultural y valores: Seleccionar socios que compartan la cultura organizacional y enfoques de trabajo similares. <p>Formación de un equipo multidisciplinario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asignación de roles y responsabilidades: Definir claramente los roles (ej. Arquitecto de Nube, Ingeniero de Seguridad, Gerente de Proyecto) y asignar responsabilidades tanto a personal interno como externo. • Integración del equipo: Establecer dinámicas de trabajo colaborativas y promover la comunicación efectiva entre todos los miembros. <p>Plan de desarrollo y capacitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitación continua: Proporcionar oportunidades de formación para el personal interno en áreas clave relacionadas con la migración. • Transferencia de conocimiento: Asegurar que el personal externo comparta su experiencia con el equipo interno para fortalecer las capacidades organizacionales.
--	--	--	---

	1.2 Definición de objetivos	Establecer objetivos claros, medibles y alineados con la estrategia organizacional para guiar el proceso de migración.	<p>Definición de metas: Establecer objetivos específicos y cuantificables, junto con indicadores clave de desempeño (KPIs).</p>
			<p>Planificación temporal: Diseñar un cronograma detallado que incluya plazos e hitos críticos.</p>
	1.3 Alineación estratégica y análisis de negocio	Asegurar que la migración esté alineada con los objetivos estratégicos y de negocio de la organización	<p>Definición de objetivos empresariales: Identificar cómo la migración soportará objetivos como agilidad, innovación, eficiencia operativa y ventaja competitiva.</p>
			<p>Análisis de ROI y TCO: Realizar análisis detallados del retorno de inversión (ROI) y del costo total de propiedad (TCO) para justificar la migración.</p>
			<p>Compromiso de stakeholders: Involucrar a todas las partes interesadas clave para asegurar el apoyo y alineación durante todo el proceso.</p>
	1.4 Evaluación técnica y diagnóstico	Realizar una evaluación exhaustiva de la infraestructura tecnológica existente, las aplicaciones y los datos, identificando dependencias y requisitos de compatibilidad.	<p>Inventario tecnológico detallado: Catalogar todos los activos de TI, incluyendo hardware, software, aplicaciones y datos.</p>
			<p>Análisis de dependencias: Mapear interdependencias entre aplicaciones y sistemas para anticipar impactos.</p>
			<p>Evaluación de madurez en la nube: Determinar la preparación de la organización para adoptar tecnologías de nube.</p>
	1.5 Selección de proveedores y modelos de servicio	Elegir los proveedores de nube y modelos de servicio (IaaS, PaaS, SaaS) que mejor se adapten a las necesidades.	<p>Evaluación de proveedores: Comparar proveedores en términos de servicios, seguridad, cumplimiento, soporte y costos.</p>
			<p>Análisis de riesgos y beneficios: Evaluar riesgos asociados con cada proveedor y modelo de servicio.</p>

			<p>Negociación de SLAs y contratos: Establecer acuerdos que garanticen niveles de servicio y protección de datos adecuados.</p>
	1.6 Contratación de una consultoría especializada (opcional)	Incorporar a una consultoría experta en migraciones a la nube para obtener asesoramiento estratégico, técnico y operativo durante todo el proceso.	<p>Evaluación de proveedores de consultoría:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experiencia y especialización: Seleccionar consultorías con un historial comprobado en migraciones a la nube híbrida y conocimiento del sector específico. • Referencias y casos de éxito: Revisar testimonios y casos de estudio que demuestren su eficacia. <p>Definición del alcance del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos claros: Establecer metas y expectativas precisas de lo que se espera lograr con la consultoría. • Roles y responsabilidades: Definir claramente las responsabilidades de la consultoría y del equipo interno. <p>Acuerdos contractuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Términos y condiciones: Negociar contratos que incluyan entregables, plazos, costos y cláusulas de confidencialidad. • SLA y KPI: Establecer acuerdos de nivel de servicio e indicadores clave de rendimiento para medir el éxito.
	1.7 Diseño de arquitectura de nube híbrida	Diseñar una arquitectura que integre eficientemente entornos on-premises y en la nube, asegurando interoperabilidad, rendimiento y seguridad.	<p>Diseño de red híbrida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectividad segura y de alto rendimiento: Implementar conexiones seguras y de baja latencia entre entornos on-premises y la nube, como VPNs, conexiones dedicadas (AWS Direct Connect, Azure ExpressRoute) o SD-WAN. • Segmentación de red y control de acceso: Definir políticas claras de segmentación y control de acceso para proteger los datos y aplicaciones en tránsito. <p>Integración de sistemas mediante APIs:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de APIs estándar: Implementar APIs RESTful o SOAP para exponer funcionalidades de aplicaciones y servicios, facilitando la comunicación entre sistemas on-premises y en la nube. • API gateway y gestión de APIs: Utilizar API Gateways (como AWS API Gateway, Azure

			<p>API Management) para centralizar la gestión, seguridad y monitoreo de las APIs.</p>
			<p>Mensajería asíncrona y sistemas de colas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementación de mensajería asíncrona: Utilizar sistemas de mensajería (ej., RabbitMQ, Apache Kafka, AWS SQS, Azure Service Bus) para permitir la comunicación desacoplada entre aplicaciones, mejorando la resiliencia y escalabilidad. • Arquitectura orientada a eventos (Event-Driven Architecture): Adoptar patrones de diseño que respondan a eventos, permitiendo una integración más reactiva y flexible entre sistemas.
			<p>Estrategia de gestión de identidades (IAM):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Federación de Identidades y Single Sign-On (SSO): Implementar soluciones que permitan la gestión unificada de identidades y accesos (ej., Active Directory Federation Services, Azure AD Connect) para proporcionar una experiencia de autenticación coherente. • Autenticación y Autorización Consistentes: Asegurar que las políticas de seguridad y acceso se apliquen de manera uniforme en ambos entornos.
			<p>Definición de patrones arquitectónicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microservicios y contenedores: Adoptar arquitecturas basadas en microservicios y contenedores (Docker, Kubernetes) para facilitar la portabilidad y despliegue en múltiples entornos. • Integración continua y despliegue continuo (CI/CD): Implementar pipelines que soporten despliegues en entornos híbridos, asegurando consistencia y calidad en las entregas.
	<p>1.8 Planificación de seguridad y cumplimiento</p>	<p>Integrar la seguridad y el cumplimiento como componentes fundamentales del plan de migración, considerando las implicaciones de la</p>	<p>Seguridad de las comunicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cifrado de datos en tránsito y en reposo: Utilizar protocolos seguros como TLS/SSL para todas las comunicaciones y asegurar el cifrado de datos almacenados. • Gestión de Certificados y Claves: Implementar procesos robustos para la gestión de certificados digitales y claves criptográficas.

		<p>interoperabilidad, así como el modelo de responsabilidad compartida que aplique según el proveedor y servicio de nube utilizado.</p>	<div data-bbox="802 352 1432 695"> <p>Protección de APIs y servicios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autenticación y autorización robustas: Aplicar mecanismos de seguridad para APIs, como OAuth 2.0, OpenID Connect, y tokens JWT. • Control de acceso basado en roles (RBAC): Definir roles y permisos para restringir el acceso a recursos sensibles. </div> <div data-bbox="802 695 1432 1005"> <p>Cumplimiento normativo y políticas de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo y Auditoría: Establecer sistemas de registro y seguimiento de actividades para cumplir con regulaciones y facilitar auditorías. • Políticas de Seguridad Unificadas: Asegurar que las políticas de seguridad sean consistentes y aplicadas en ambos entornos. </div> <div data-bbox="802 1005 1432 1514"> <p>Análisis de riesgos de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluaciones Profundas: El equipo (interno y externo) puede realizar análisis de amenazas y vulnerabilidades, determinando qué parte de la seguridad gestiona la organización y cuál recae sobre el proveedor de nube. • Mapa de Roles y Responsabilidades: Identificar explícitamente cuáles controles y protecciones debe proveer el proveedor (seguridad física de datacenters, infraestructura básica) y cuáles son responsabilidad de la organización (configuración de entornos, cifrado de datos, control de accesos, etc.) </div> <div data-bbox="802 1514 1432 1892"> <p>Definición de Controles y Políticas de Seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guías de Responsabilidad Compartida: Documentar claramente la división de responsabilidades para servicios IaaS, PaaS o SaaS. • Políticas de Cifrado y Gestión de Claves: Alinear las políticas de cifrado de la organización con las opciones ofrecidas por el proveedor, definiendo quién se encarga de la generación, rotación y custodia de claves. </div>
--	--	--	---

			<p>Cumplimiento Normativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de Certificaciones y Reglamentaciones del Proveedor: Verificar que el proveedor cumpla con regulaciones relevantes (p. ej., ISO 27001, SOC 2, GDPR) y cómo esto interactúa con la responsabilidad de la organización. • Auditorías y Monitoreo: Establecer procedimientos para auditar y monitorizar tanto el cumplimiento de la organización (configuraciones, accesos, etc.) como el cumplimiento del proveedor (tiempo de actividad, disponibilidad, parches de seguridad).
	1.9 Diseño de arquitectura	Concebir una arquitectura de nube híbrida escalable, segura y alineada con las necesidades estratégicas de la organización.	<p>Arquitectura de red y seguridad: Definir la estructura de red y políticas de seguridad para proteger los activos digitales</p> <p>Integración de servicios: Planificar la integración efectiva de servicios y aplicaciones entre entornos locales y en la nube.</p> <p>Gobernanza y Landing Zone: Establecer una zona de aterrizaje que refleje la jerarquía y necesidades específicas de la compañía.</p>
	1.10 Gestión de datos y estrategias de migración	Planificar cómo se gestionarán y migrarán los datos al entorno híbrido.	<p>Clasificación de datos y políticas de retención: Definir qué datos son críticos o sensibles y bajo qué condiciones deben ser protegidos. Precisar si las herramientas de clasificación y cifrado son provistas por el proveedor (y en qué alcance) o si la organización debe encargarse de ello.</p> <p>Estrategias de migración de datos:</p> <p>Acuerdos de nivel de servicio (SLA) y SLO: Revisar los SLAs y SLOs ofrecidos por el proveedor respecto a la integridad y disponibilidad de los datos, distinguiendo responsabilidades (p. ej., backups, replicación, manejo de snapshots).</p> <p>Selección de herramienta: Seleccionar métodos adecuados (bulk transfer, change data capture, sincronización en tiempo real).</p> <p>Gobernanza de datos: Establecer políticas para calidad, integridad y retención de datos.</p>
	1.11 Plan de continuidad del negocio y	Asegurar la resiliencia y disponibilidad	<p>Análisis de impacto en el negocio (BIA): Identificar procesos críticos y establecer prioridades.</p>

	recuperación ante desastres	continua de los servicios.	<p>Diseño de soluciones de alta disponibilidad: Implementar redundancia y failover en la arquitectura.</p> <p>Planes de recuperación ante desastres (DR): Definir procedimientos para recuperación rápida en caso de fallos.</p>
2. Ejecución y migración	2.1 Preparación del entorno de nube	Configurar y preparar el entorno de nube para recibir las cargas de trabajo.	<p>Implementación de la Landing Zone: Crear una base segura con cuentas, redes y políticas predefinidas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles de Seguridad Bajo Responsabilidad Propia: Definir las reglas y políticas de firewall, configuración de subredes y segmentación de la red. • Controles del Proveedor: Comprender y supervisar el cumplimiento de las zonas de aterrizaje que el proveedor configura por defecto (p. ej., logs de auditoría de nivel infraestructura). <p>Configuración de seguridad y cumplimiento: Aplicar políticas de seguridad y controles de acceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajustes de Seguridad en la Nube: Gestionar las configuraciones de seguridad en la capa de aplicaciones y bases de datos (responsabilidad del cliente). • <input type="checkbox"/> Monitoreo de la Infraestructura Subyacente: Conocer los mecanismos que utiliza el proveedor de nube para la seguridad física y lógica de los datacenters. <p>Implementación de herramientas de gestión: Desplegar herramientas para automatización de casos como: Infraestructura como Código, gestión de la configuración y orquestación (Terraform, Ansible).</p>
	2.2 Refactorización y modernización de aplicaciones	Adaptar aplicaciones para maximizar los beneficios de la nube, facilitando la interoperabilidad mediante estándares y tecnologías adecuadas.	<p>Análisis de aplicaciones: Determinar si las aplicaciones serán rehosted, refactored, replatformed , rebuild y replace</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de Servicios Gestionados: Si se emplean servicios PaaS (p. ej., bases de datos gestionadas), entender qué configura el proveedor (parches, backups automáticos) y qué debe configurar la organización (políticas de acceso, creación de tablas, cifrado de campos). <p>Implementación de APIs y servicios web:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exposición de funcionalidades Clave: Identificar y exponer las funcionalidades críticas de las aplicaciones on-premises a través de APIs para permitir su consumo desde la nube. • Adopción de estándares abiertos: Utilizar estándares como REST, GraphQL o gRPC para

			<p>asegurar compatibilidad y facilitar la integración.</p>
			<p>Uso de mensajería asíncrona:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desacoplamiento de componentes: Rediseñar aplicaciones para comunicarse mediante mensajes asíncronos, mejorando la escalabilidad y tolerancia a fallos. • Implementación de patrones de integración empresarial (EIP): Utilizar patrones como pub/sub, colas de mensajes y canales de mensajería para estructurar la comunicación entre sistemas.
			<p>Modernización de aplicaciones legadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wrappers y adaptadores: Crear capas de abstracción que permitan a las aplicaciones legadas interactuar con sistemas modernos a través de APIs y servicios. • Replataformación y refactorización: Evaluar la posibilidad de actualizar o reescribir aplicaciones para que sean más compatibles con entornos híbridos. • Compatibilidad con Herramientas de Seguridad del Proveedor: Validar que las aplicaciones legadas puedan integrarse con las plataformas de seguridad, monitoreo y logging que ofrece el proveedor, según su modelo de responsabilidad.
			<p>Adopción de tecnologías nativas de la nube: Implementar contenedores, microservicios y serverless donde sea apropiado.</p>
			<p>Optimización de código y arquitectura: Mejorar eficiencia y rendimiento de las aplicaciones.</p>
	2.3 Migración de datos y aplicaciones	Transferir datos y aplicaciones al entorno de nube de manera segura y eficiente, asegurando la sincronización y coherencia entre sistemas.	<p>Migración piloto: Realizar migraciones de prueba para validar procesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Validación de Configuraciones de Seguridad: Verificar que los controles de seguridad (cifrado, IAM, permisos) estén bien configurados en cada capa (organizacional vs. proveedor). • Gestión de Credenciales y Secretos: Determinar si se utilizarán servicios de secretos nativos (ej., AWS Secrets Manager) o soluciones propias.

			<p>Sincronización de datos en tiempo real:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de replicación y sincronización: Utilizar soluciones como AWS Database Migration Service, Azure Data Sync o herramientas de terceros para mantener la coherencia de datos entre entornos. • Implementación de Change Data Capture (CDC): Utilizar técnicas de CDC para detectar y replicar cambios en los datos de forma eficiente.
			<p>Integración de aplicaciones y datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Middleware y ESB: Implementar un Bus de Servicios Empresarial (ESB) distribuidos o middleware de integración para facilitar la comunicación y transformación de datos entre sistemas heterogéneos. • ETL y ELT modernos: Utilizar procesos de extracción, transformación y carga adaptados a entornos híbridos, incluyendo herramientas como Apache NiFi o Talend. <p>Transferencia de datos segura: Utilizar canales seguros y cifrados para transferir datos.</p> <p>Validación post-migración: Comprobar integridad y funcionalidad tras la migración.</p>
	<p>2.4 Pruebas y validación</p>	<p>Asegurar que todas las aplicaciones y sistemas funcionen correctamente en el nuevo entorno.</p>	<p>Pruebas de integración y rendimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Métricas de responsabilidad del Proveedor: Confirmar que el proveedor cumpla con los niveles de rendimiento prometidos a nivel infraestructura (tiempo de respuesta, disponibilidad). • Métricas de responsabilidad de la Organización: Asegurar que la configuración de las aplicaciones y bases de datos cumpla con los requisitos funcionales y de seguridad internos. • rendimiento y carga: Evaluar capacidad y escalabilidad bajo diferentes escenarios. • Pruebas de integración: Verificar que las aplicaciones interactúen correctamente. <p>Pruebas de seguridad: Realizar escaneos de vulnerabilidades y pruebas de penetración.</p>

			<ul style="list-style-type: none"> • Validación de roles y accesos: Verificar que la definición de permisos (IAM, RBAC) esté correctamente configurada y alineada con el modelo de responsabilidad compartida. • Pruebas de penetración: Realizar pruebas para identificar vulnerabilidades en la capa que gestiona la organización (aplicaciones, APIs), diferenciándola de la infraestructura.
<p>3. Operaciones y optimización continua</p>	<p>2.5 Implementación y transición</p>	<p>Gestionar el cambio y puesta en producción con mínima interrupción, apoyados por la consultoría.</p>	<p>Plan de comunicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estrategia clara: Informar efectivamente a todos los involucrados.
			<p>Gestión del cambio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adopción suave: La consultoría puede facilitar la transición.
			<p>Monitoreo intensivo post-implementación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respuesta Rápida: Detectar y solucionar problemas rápidamente.
	<p>3.1 Monitoreo y gestión de operaciones</p>	<p>Mantener operaciones eficientes con la guía continua de la consultoría, si es necesario.</p>	<p>Monitoreo de APIs y servicios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de monitoreo distribuido o observabilidad: Implementar soluciones como Prometheus, Grafana, thanos, etc o servicios nativos de la nube para obtener visibilidad de las transacciones entre entornos. • Análisis de rendimiento: Realizar seguimiento de latencia, tasa de errores y rendimiento de las APIs y sistemas de mensajería. • Responsabilidad del Proveedor: SLAs y dashboards para la infraestructura, servicios gestionados y red subyacente. <p>Gestión de logs y trazabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centralización de logs: Utilizar sistemas como ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana) o Splunk para consolidar y analizar registros. <ul style="list-style-type: none"> ○ Nota: Incluir tanto logs de servicios de nube (responsabilidad del proveedor de generarlos) como logs de las aplicaciones y sistemas internos (responsabilidad de la organización de configurarlos y analizarlos). • Trazabilidad de solicitudes: Implementar mecanismos de tracing (ej., OpenTracing, AWS X-Ray) para seguir el flujo de solicitudes a través de múltiples servicios.

			<p>Implementación de herramientas AIOps:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimización continua: Aprovechar inteligencia artificial para mejorar operaciones. <p>Supervisión proactiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alertas tempranas: Monitorizar para prevenir problemas. <p>Automatización de operaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia operativa: Reducir tareas manuales y errores.
	<p>3.2 Seguridad operacional y cumplimiento</p>	<p>Mantener una postura de seguridad sólida con soporte de la consultoría cuando sea necesario.</p>	<p>Seguridad de mensajería y APIs:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Validación de entrada y salida: Implementar controles para validar y sanitizar datos que entran y salen a través de APIs y mensajes. • Protección contra amenazas avanzadas: Utilizar herramientas y servicios que detecten y mitiguen ataques como DDoS, inyección de código y otros. <p>Auditoría y cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registro de eventos de seguridad: Mantener registros detallados de actividades y accesos para facilitar auditorías y cumplir con normativas. • Evaluaciones de cumplimiento regulares: Realizar revisiones periódicas para asegurar que las políticas y controles siguen siendo efectivos. <p>Actualizaciones y gestión de parches:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parches de la Infraestructura: Generalmente responsabilidad del proveedor en servicios PaaS y SaaS. • Parches de Aplicaciones y S.O. (en IaaS): Corresponde a la organización asegurarse de mantener actualizados sus contenedores, sistemas operativos y aplicaciones. • Procesos automatizados: Asegurar que los sistemas estén actualizados a través de procesos automáticos o guiados. <p>Monitoreo de seguridad continuo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidad del proveedor: Monitoreo de la capa física, hypervisores y hardware.

			<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidad de la organización: Vigilancia de configuraciones, logs de aplicaciones, y gestión de incidentes en el nivel superior. • Detección de amenazas: Utilizar herramientas avanzadas para protección.
			<p>Gestión de incidentes y respuesta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protocolos definidos: Establecer procedimientos claros de respuesta.
3.3 Optimización de costos y recursos	Gestionar costos eficientemente, apoyándose en la consultoría para identificar oportunidades de ahorro.		<p>Herramientas de Cost Management:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reportes del proveedor: Revisar informes de consumo y costos que provee la plataforma de nube. • Optimizaciones de la organización: Ajustar los tamaños de instancias, horarios de ejecución y patrones de uso según las recomendaciones del propio equipo.
			<p>Estrategias de reserva y descuentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento máximo: Utilizar modelos de precios beneficiosos como: instancias spot o instancias reservadas.
			<p>Derecho de tamaño (Rightsizing):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso eficiente: Ajustar recursos según necesidades reales.
3.4 Capacitación y cultura organizacional	Fomentar una cultura de mejora continua y adaptación al cambio, facilitada por la consultoría.		<p>Programas de formación continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades: Capacitar al personal en nuevas tecnologías. • Capacitación en servicios y herramientas del proveedor: Entender en qué parte de la seguridad y operación interviene el proveedor. • Políticas internas y procedimientos: Capacitar al personal en las responsabilidades particulares de la organización en la gestión de configuraciones, IAM y desarrollo seguro.
			<p>Promoción de DevOps y DevSecOps:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colaboración efectiva: Integrar equipos para mejorar resultados.
			<p>Gestión del cambio cultural:</p>

	3.5 Innovación y mejora continua	Impulsar la innovación utilizando la flexibilidad de la nube, con ideas y tendencias aportadas por la consultoría.	<ul style="list-style-type: none"> • Adopción de nuevas prácticas: La consultoría puede facilitar talleres y sesiones de coaching. <p>Adopción de tecnologías emergentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exploración guiada: Evaluar nuevas tecnologías con asesoramiento experto. • Entendimiento de modelos de responsabilidad: Al explorar IA, serverless o contenedores, conocer cuál es el alcance del proveedor y cuál es la parte que debe gestionar la organización. <p>Laboratorios de innovación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espacios creativos: Implementar entornos para experimentación. • Pruebas en entornos controlados: Tener en cuenta las implicaciones de seguridad y costo al habilitar nuevos servicios nube, y quién asume la responsabilidad de configurarlos correctamente. <p>Feedback y retroalimentación continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejora constante: Implementar procesos para aprender y evolucionar.
4. Gobernanza y gestión de riesgos	4.1 Marco de gobernanza de la nube	Establecer políticas y controles efectivos, apoyados por la consultoría para asegurar el uso adecuado de la nube.	<p>Políticas de uso y acceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición y comunicación: Crear políticas claras y asegurar que sean entendidas por todos los miembros del equipo. • Definición Clara de Roles: Identificar qué accesos y permisos le corresponden a la organización en su capa, y cuáles gestiona directamente el proveedor. • Automatización de Compliance: Incluir la verificación de la parte de infraestructura que gestiona el proveedor (por ejemplo, comprobando el estatus de parches o la seguridad física) en la medida en que el proveedor lo permita. <p>Políticas de Integración y desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estándares de desarrollo de APIs: Definir guías para el diseño, versionado y ciclo de vida de las APIs. • Repositorio de servicios compartidos: Mantener un catálogo de servicios y APIs disponibles para fomentar la reutilización y evitar duplicidades.

			<p>Automatización y cumplimiento (compliance):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura y políticas como código (IaC y PaC): Utilizar herramientas como Terraform, Ansible o CloudFormation para gestionar configuraciones y asegurar el cumplimiento de políticas. • Validación automatizada de cumplimiento: Implementar controles que verifiquen automáticamente el cumplimiento de estándares y políticas durante el despliegue. <p>Revisión y actualización regular de políticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptabilidad: Ajustar las políticas en respuesta a cambios tecnológicos y en el entorno regulatorio.
4.2 Gestión de riesgos y compliance	Identificar y mitigar riesgos con evaluaciones y planes desarrollados junto a la consultoría.		<p>Evaluaciones de riesgo regulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis profundos: Mantener actualizado el perfil de riesgo. • Responsabilidad del Proveedor: Revisar SLAs y mecanismos de cumplimiento en la capa de infraestructura y servicios gestionados. • Responsabilidad de la Organización: Asegurarse de configurar adecuadamente los servicios y de mantener protegidas las credenciales y los accesos. <p>Análisis de riesgos de interoperabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de puntos críticos: Determinar cuáles integraciones son más vulnerables o tienen mayor impacto en caso de fallar. • Evaluación de Dependencias Externas: Considerar riesgos asociados con servicios de terceros o proveedores externos. <p>Planes de continuidad y resiliencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de recuperación: Implementar estrategias como reintentos automáticos, circuit breakers y patrones de tolerancia a fallos. • Pruebas de Resiliencia: Realizar ejercicios (ej., game days) para probar la respuesta del sistema ante fallos o interrupciones. <p>Planes de mitigación y contingencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación efectiva: Estar listo para responder a riesgos emergentes.

			<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación con el Proveedor: Establecer líneas de comunicación claras para incidentes que ocurran a nivel infraestructura. • Capas de Respuesta Interna: Definir planes de respuesta para incidentes que la organización deba controlar (p. ej., brechas de seguridad en aplicaciones, fallas en configuraciones de redes virtuales).
			<p>Cumplimiento regulatorio continuo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asesoramiento especializado: Asegurar adherencia a regulaciones vigentes.
	<p>4.3 Gestión de proveedores y contratos</p>	<p>Gestionar relaciones con proveedores, apoyándose en la experiencia de la consultoría.</p>	<p>Monitoreo de desempeño de proveedores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluaciones objetivas: Asegurar que los proveedores cumplen con los acuerdos. • SLAs Definidos Según Responsabilidad: Verificar si el proveedor está cumpliendo con sus compromisos de alta disponibilidad, seguridad y parches en la capa que le corresponde. • Indicadores Claves para la Organización: Evaluar la parte de la operación que depende directamente de la configuración y mantenimiento interno. <p>Gestión de contratos y renovaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Negociaciones favorables: Obtener términos beneficiosos. • Cláusulas de Responsabilidad y Resarcimiento: Establecer claramente qué sucede si el proveedor no cumple con su parte (por ejemplo, en seguridad a nivel infraestructura) y cómo la organización se asegura de no incurrir en riesgos legales o financieros. • Cierre de Brechas de Responsabilidad: Identificar las posibles áreas grises entre la responsabilidad de la organización y la del proveedor, y aclararlas explícitamente en los contratos. <p>Diversificación de proveedores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estrategia multi-nube: Reducir riesgos de dependencia.

Nota: Realización propia

8 Discusión

La presente investigación explora y evalúa las estrategias que los departamentos de TI pueden implementar para abordar los desafíos asociados a la migración de aplicaciones hacia entornos de nube híbrida, con un enfoque en facilitar la interoperabilidad. La pregunta de investigación, "¿Cuáles son las estrategias apropiadas de las unidades de TI para enfrentar los desafíos clave asociados a la migración de aplicaciones, facilitando la interoperabilidad en entornos de nube híbrida?", orienta el análisis y contextualiza los resultados obtenidos en relación con la literatura, las entrevistas y las prácticas actuales en el ámbito de la gestión tecnológica.

Los resultados de esta investigación subrayan que la interoperabilidad emerge como un eje central en los procesos de migración hacia la nube híbrida. En entornos híbridos, donde los sistemas on-premise y en la nube deben coexistir y operar de manera coordinada, la interoperabilidad se convierte en un desafío tanto técnico como estratégico. Los hallazgos sugieren que la adopción de tecnologías de contenedores y APIs abiertas es una práctica efectiva para habilitar esta interoperabilidad, ya que estas herramientas permiten una integración más flexible entre los sistemas existentes y los nuevos servicios en la nube. Esta conclusión coincide con estudios previos que destacan la importancia de los contenedores y las APIs para crear entornos heterogéneos y escalables, confirmando que el uso de estas tecnologías facilita la interoperabilidad y optimiza los flujos de datos y procesos en entornos distribuidos.

Además, los resultados revelan que los sistemas legado y la obsolescencia tecnológica representan barreras significativas en el proceso de migración. Este obstáculo limita la capacidad de las organizaciones para adaptar sus infraestructuras y adoptar modelos de nube híbrida de manera eficiente. Las estrategias identificadas en la investigación para superar estas limitaciones incluyen la implementación de metodologías como refactorización parcial y encapsulamiento, que permiten una transición gradual de aplicaciones críticas sin afectar la continuidad operativa. El análisis de estos hallazgos permite inferir que una planificación adaptativa y una selección estratégica de las aplicaciones que deben modernizarse son esenciales para mitigar los efectos de la obsolescencia en la nube híbrida, proporcionando un enfoque balanceado entre innovación y control operativo.

El análisis también muestra que la adopción de metodologías ágiles como Scrum y DevOps tiene un impacto positivo en la eficiencia de la migración, debido a su capacidad para reducir el

tiempo de respuesta ante problemas y optimizar los recursos durante el proceso de integración. La correlación identificada entre las metodologías ágiles y la satisfacción en la migración respalda la idea de que la flexibilidad y la capacidad de adaptación que brindan estos enfoques son cruciales en el contexto de la nube híbrida. No obstante, la investigación detecta que la efectividad de estas metodologías depende de la existencia de una cultura organizacional ágil, orientada a la innovación y con una disposición para el cambio. Este hallazgo pone de manifiesto la importancia de la gestión del cambio cultural como un componente esencial en la implementación de estrategias de migración exitosas.

En términos de gobernanza y autonomía organizacional, el estudio identifica una relación directa entre el desarrollo de competencias internas y la capacidad de una organización para gestionar su entorno de nube híbrida sin depender excesivamente de proveedores externos. Las organizaciones que fortalecen sus capacidades internas para gestionar la migración experimentan un mayor control sobre su infraestructura y reducen la dependencia de terceros, lo que incrementa su capacidad de respuesta y adaptabilidad a largo plazo. Este hallazgo sugiere que, para asegurar una migración sostenible, las organizaciones deben adoptar un enfoque estratégico que equilibre el uso de recursos externos con el fortalecimiento de habilidades y competencias internas.

La observabilidad emerge en la investigación como un componente clave para mantener el rendimiento y la seguridad en los entornos híbridos. La inversión en herramientas de monitoreo y observabilidad permite a las organizaciones optimizar su infraestructura en tiempo real, proporcionando información valiosa sobre el comportamiento de sus aplicaciones y sistemas. La correlación positiva observada entre la inversión en observabilidad y el rendimiento post-migración sugiere que esta práctica no solo ayuda a identificar y resolver problemas de manera proactiva, sino que también facilita la toma de decisiones informadas que pueden prevenir interrupciones y mejorar la eficiencia operativa.

Finalmente, el análisis revela que la gestión de la dependencia de proveedores es un aspecto crítico para mantener la autonomía en la gestión de la nube híbrida. La dependencia excesiva de proveedores externos puede limitar la capacidad de la organización para controlar sus procesos y costos operativos. La investigación sugiere que una estrategia efectiva debe incluir un enfoque equilibrado que combine los recursos externos con el desarrollo de competencias internas, permitiendo a las organizaciones gestionar de manera autónoma sus entornos de nube híbrida y adaptarse a sus necesidades cambiantes sin comprometer su flexibilidad ni su seguridad.

En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia de una estrategia adaptativa en las unidades de TI para abordar los desafíos inherentes a la migración hacia la nube híbrida. La implementación de una estrategia que integre tecnologías de interoperabilidad, metodologías ágiles, capacidades internas y herramientas de observabilidad permite no solo facilitar la migración, sino también asegurar una integración eficiente y sostenible en el largo plazo. Así, los resultados confirman la hipótesis planteada de que una estrategia adaptativa impacta de manera positiva en la eficiencia y agilidad de la migración, al tiempo que fortalece la interoperabilidad en entornos de nube híbrida.

La investigación aporta así una perspectiva integral sobre las estrategias que pueden guiar a las unidades de TI en su transición hacia la nube híbrida, proporcionando un marco de referencia que permite a las organizaciones no solo enfrentar los desafíos tecnológicos actuales, sino también prepararse para un entorno digital en constante evolución. Estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar factores técnicos, organizacionales y culturales en el diseño de estrategias de TI, elementos que resultan esenciales para asegurar la competitividad y la sostenibilidad en un contexto tecnológico en rápida transformación.

9 Conclusiones

La investigación ha permitido identificar y analizar los factores clave que intervienen en la migración de aplicaciones a entornos de nube híbrida, así como las estrategias adaptativas en las unidades de TI que facilitan dicho proceso. En correspondencia con el planteamiento del problema, el estudio abordó los desafíos técnicos y organizacionales que limitan la eficiencia de la migración, tales como la obsolescencia tecnológica, la falta de interoperabilidad y la resistencia al cambio cultural. Los hallazgos obtenidos no solo aportan claridad sobre la naturaleza de estos retos, sino que también confirman la importancia de una estrategia adaptativa como catalizadora de mejoras significativas en la eficiencia y agilidad de los procesos de migración.

Los resultados confirman la hipótesis de que la implementación de una estrategia adaptativa, ajustada a las necesidades específicas de las unidades de TI, impacta positivamente en la eficiencia y agilidad de la migración de aplicaciones hacia la nube híbrida. Asimismo, esta estrategia favorece la interoperabilidad entre sistemas on-premise y entornos en la nube, un aspecto crítico para la continuidad operativa y la integración de servicios. La correlación observada entre el enfoque estratégico adaptativo y el éxito en la migración refuerza la relevancia de diseñar soluciones personalizadas que respondan a las particularidades tecnológicas y culturales de cada organización.

Entre los logros destacados, se encuentra la identificación de metodologías ágiles, como Scrum, Safe y DevOps, que, cuando se implementan de manera efectiva, incrementan la capacidad de las organizaciones para adaptarse rápidamente a los cambios y desafíos que surgen en los procesos de migración. Sin embargo, el éxito de estas metodologías depende en gran medida de una cultura organizacional que fomente la adaptación y la innovación, lo cual fue señalado como una barrera en el 53.8% de las entrevistas. Además, el análisis cuantitativo reveló una correlación positiva entre la inversión en herramientas de observabilidad y el rendimiento post-migración, destacando el papel crucial de la monitorización continua para optimizar los recursos y la seguridad en entornos híbridos.

Los datos también revelan la importancia de abordar la dependencia de proveedores externos, un aspecto mencionado en el 69.2% de los casos, y que puede limitar la autonomía y flexibilidad operativa de las empresas. Las organizaciones que optaron por desarrollar capacidades internas para la gestión de la migración reportaron mayor control y una adaptación más efectiva a los requisitos de la nube híbrida, en comparación con aquellas que tercerizaron componentes

críticos. Este hallazgo sugiere que una estrategia de migración efectiva debe equilibrar el uso de recursos externos con el desarrollo de competencias internas para asegurar la sostenibilidad y el control en el largo plazo.

Finalmente, el estudio confirma que una estrategia adaptativa, construida en función de los desafíos específicos de las unidades de TI, es fundamental para alcanzar una interoperabilidad efectiva en la nube híbrida. La adopción de estándares abiertos y tecnologías de contenedores ha demostrado ser una práctica eficaz para facilitar la comunicación entre plataformas de nube, lo cual es esencial para las operaciones diarias y la escalabilidad del negocio.

la investigación demuestra que las organizaciones que adoptan un enfoque estratégico adaptativo no solo logran migraciones más ágiles y eficientes, sino que también fortalecen su capacidad para integrar sistemas en entornos de nube híbrida. Estas conclusiones refuerzan la importancia de considerar factores técnicos y culturales en el diseño de estrategias de TI, lo cual resulta esencial para mantener la competitividad en un entorno digital en rápida evolución.

10 Limitaciones y futuras investigaciones

Para expandir en las implicaciones para la investigación futura, es crucial considerar las limitaciones y hallazgos de este estudio como puntos de partida para nuevos enfoques y áreas de estudio. Dada la naturaleza dinámica del entorno de nube híbrida y la complejidad de las migraciones tecnológicas, las siguientes áreas de investigación presentan oportunidades significativas para avanzar en el conocimiento y las prácticas de gestión tecnológica.

10.1 Integración de sistemas legado en arquitecturas de nube

Uno de los hallazgos recurrentes en las entrevistas fue la dificultad de integrar sistemas legado en entornos de nube híbrida. Este desafío no solo afecta la interoperabilidad, sino que también impacta en la eficiencia operativa y la seguridad de la infraestructura tecnológica. Las soluciones actuales, como la creación de APIs y el uso de contenedores, representan enfoques parciales que no abordan completamente las limitaciones inherentes de estos sistemas.

Líneas de investigación propuestas:

- Desarrollo de metodologías híbridas que combinen refactorización parcial y encapsulamiento para optimizar el rendimiento de sistemas legado en la nube.
- Evaluación de herramientas emergentes, como plataformas de modernización de aplicaciones y soluciones de virtualización avanzadas, que faciliten la interoperabilidad en arquitecturas de nube.
- Análisis del impacto financiero y técnico de alternativas de migración total versus coexistencia de sistemas legado.

10.2 Evaluación de sostenibilidad y eficiencia energética en entornos de nube híbrida

Con el incremento del uso de la computación en la nube gracias a elementos como la IA, la sostenibilidad y la eficiencia energética se han convertido en preocupaciones críticas para las organizaciones. Sin embargo, este estudio ha revelado que solo algunas empresas, en particular aquellas con políticas ambientales explícitas, han comenzado a incorporar criterios de sostenibilidad en sus estrategias de migración.

Líneas de investigación propuestas:

- Análisis de los modelos de consumo energético en la nube híbrida, comparando arquitecturas on-premise, nube pública y nube híbrida, para identificar oportunidades de optimización.
- Estudios de caso sobre la implementación de prácticas de sostenibilidad en empresas que adoptan modelos de nube híbrida, evaluando los resultados ambientales y económicos.
- Desarrollo de métricas de sostenibilidad específicas para entornos de nube híbrida, como el cálculo de huella de carbono y el ahorro energético, aplicables tanto a procesos de migración como a operaciones continuas.

10.3 Metodologías de cambio cultural para facilitación de migraciones

La resistencia al cambio cultural y la falta de habilidades técnicas internas se mencionaron como barreras importantes para la adopción de metodologías ágiles y nuevas tecnologías en la nube. La investigación futura podría enfocarse en desarrollar enfoques integrados para la gestión del cambio que incluyan formación técnica, sensibilización cultural y estrategias de comunicación.

Líneas de investigación propuestas:

- Diseño de programas de formación que integren habilidades técnicas con competencias de adaptación al cambio, enfocándose en la adopción de metodologías ágiles y prácticas de DevOps.
- Análisis de factores de éxito en proyectos de transformación digital que lograron superar barreras culturales, con el fin de identificar buenas prácticas replicables en otros contextos.
- Evaluación de herramientas de diagnóstico organizacional que permitan medir la preparación cultural y técnica de las organizaciones para la migración a la nube.

10.4 Enfoque longitudinal para estudio de estrategias y resultados de migración

La rapidez con que evoluciona la tecnología en la nube plantea una limitación importante en la validez a largo plazo de los resultados de este estudio. Las estrategias de migración exitosas hoy podrían no ser aplicables en el futuro, debido a nuevas tecnologías, cambios en los modelos de negocio y tendencias de mercado.

Líneas de investigación propuestas:

- Estudios longitudinales que sigan el proceso de migración de múltiples empresas en un periodo extendido de tiempo, para identificar patrones de éxito y factores que afectan la durabilidad de las estrategias implementadas.
- Evaluación de la efectividad de diferentes modelos de nube híbrida (multi-nube, nube federada, etc.) y su impacto a lo largo del tiempo en términos de rendimiento, costos y adaptabilidad.
- Análisis comparativo de estrategias de migración en diferentes industrias, con el fin de determinar qué prácticas son más resilientes y escalables en un entorno de cambio constante.

10.5 Impacto de la inteligencia artificial y automatización en la migración a la nube híbrida

El uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) y automatización en la nube está transformando los enfoques de gestión y migración. Estas tecnologías pueden optimizar procesos de migración, mejorar la seguridad y permitir la personalización de servicios en la nube. Sin embargo, se necesita investigación adicional para comprender cómo estas tecnologías pueden integrarse mejor en estrategias de migración a la nube híbrida.

Líneas de investigación propuestas:

- Estudio del papel de la IA en la optimización de estrategias de migración a la nube, enfocándose en herramientas de machine learning para predecir picos de demanda y ajustar automáticamente los recursos.
- Análisis de herramientas de automatización de migración y su efectividad en la reducción de tiempos y errores durante la transición a la nube híbrida.
- Evaluación de los beneficios y limitaciones de implementar IA en la gestión de entornos de nube híbrida, considerando aspectos como seguridad, costos y adaptabilidad.

10.6 Análisis de costos y beneficios de estrategias de migración a la nube

Dado que uno de los desafíos mencionados en las entrevistas fue el alto costo y la complejidad de las migraciones, futuras investigaciones podrían centrarse en el desarrollo de modelos económicos que permitan evaluar mejor los costos y beneficios de diferentes enfoques de

migración. Esta línea de investigación sería especialmente útil para empresas que buscan maximizar el retorno sobre la inversión (ROI) en su infraestructura en la nube.

Líneas de investigación propuestas:

- Modelos de análisis de costos detallados para la migración a la nube, que incluyan costos directos (infraestructura, herramientas de migración, capacitación) y costos indirectos (cambio cultural, pérdida de productividad temporal).
- Estudios de caso sobre empresas que han optimizado sus gastos en la nube a través de prácticas de FinOps, destacando métricas de éxito y estrategias para la gestión financiera de los recursos en la nube.
- Evaluación comparativa de los beneficios de modelos de “lift and shift” versus enfoques de refactorización o replatforming en términos de ROI y eficiencia a largo plazo.

10.7 Seguridad y cumplimiento normativo en entornos de nube híbrida

La seguridad y el cumplimiento normativo son áreas críticas en entornos de nube híbrida, especialmente para sectores que manejan información sensible o regulada, como el sector financiero y el de la salud. La investigación futura podría enfocarse en el desarrollo de frameworks de seguridad específicos para la nube híbrida, así como en la evaluación de herramientas y prácticas de seguridad efectivas.

Líneas de investigación propuestas:

- Desarrollo de frameworks de seguridad y compliance adaptados a los requisitos únicos de la nube híbrida, considerando la distribución de datos y aplicaciones entre la nube pública y privada.
- Evaluación de herramientas de seguridad, como arquitecturas de zero-trust, segmentación de redes y herramientas de gestión de acceso, en la protección de datos en la nube híbrida.
- Análisis del impacto de regulaciones emergentes (como GDPR y leyes locales de protección de datos) sobre las prácticas de gestión y migración en entornos de nube híbrida.

10.8 Implicaciones éticas de la migración a la nube

El incremento en el uso de la nube también plantea desafíos éticos, particularmente en áreas relacionadas con la privacidad de datos y la autonomía de las organizaciones. La investigación

futura podría centrarse en examinar cómo las organizaciones pueden equilibrar el valor comercial con las consideraciones éticas en la gestión de sus datos en la nube.

Líneas de investigación propuestas:

- Estudio sobre la privacidad y protección de datos en la nube híbrida, evaluando cómo las empresas pueden garantizar que sus políticas de privacidad respeten los derechos de sus clientes y empleados.
- Análisis de la autonomía tecnológica, considerando cómo la dependencia de proveedores de nube pública puede afectar la independencia estratégica de las organizaciones a largo plazo.
- Desarrollo de guías éticas para la migración a la nube, enfocadas en promover la transparencia, la protección de datos y el cumplimiento normativo en el contexto de la computación en la nube.

Referencias

- Abbes, W., Kechaou, Z., Hussain, A., & Alimi, A. M. (2022). Service Bursting Based on Binary PSO in Hybrid Cloud Environment. In *Studies in Computational Intelligence: Vol. 1003 SCI*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90528-6_2
- Abualigah, L., & Diabat, A. (2021). A novel hybrid antlion optimization algorithm for multi-objective task scheduling problems in cloud computing environments. *Cluster Computing*, 24(1). <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03075-5>
- Ahmadisakha, S., & Andrikopoulos, V. (2024). Architecting for sustainability of and in the cloud: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 171, 107459. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2024.107459>
- Barhate, S. (2022). An Implementation of Divide and Conquer Clustering Technique for Improving the Interoperability in Hybrid Cloud Environment. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 10(1). <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v10i1s.5822>
- Barhate, S. M., & Dhore, M. P. (2023). Evaluating Data Migrations with Respect to Interoperability in Hybrid Cloud. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 946. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5868-7_59
- Bi, J., Wang, Z., Yuan, H., Zhang, J., & Zhou, M. (2024). Cost-Minimized Computation Offloading and User Association in Hybrid Cloud and Edge Computing. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(9), 16672–16683. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3354348>
- Centofanti, C., Santos, J., Gudepu, V., & Kondepu, K. (2024). Impact of power consumption in containerized clouds: A comprehensive analysis of open-source power measurement tools. *Computer Networks*, 245, 110371. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2024.110371>
- Darwish, A., Hassanien, A. E., Elhoseny, M., Sangaiah, A. K., & Muhammad, K. (2019). The impact of the hybrid platform of internet of things and cloud computing on healthcare systems: opportunities, challenges, and open problems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(10). <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0659-1>
- David Torres. (2023). *Qué es la transformación digital: características, proceso y ejemplos*. <https://Blog.Hubspot.Es/Sales/Transformacion-Digital>.
- Deb, M., & Choudhury, A. (2021). Hybrid cloud: A new paradigm in cloud computing. In *Machine Learning Techniques and Analytics for Cloud Security*. <https://doi.org/10.1002/9781119764113.ch1>
- Elhoseny, M., Abdelaziz, A., Salama, A. S., Riad, A. M., Muhammad, K., & Sangaiah, A. K. (2018). A hybrid model of Internet of Things and cloud computing to manage big data in health services applications. *Future Generation Computer Systems*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.03.005>
- Ernesto Talvi, & Sofia Harguindeguy. (2023, July 18). *Depreciación global del dólar y pérdida de competitividad en América Latina: ¿un fenómeno temporal o duradero?* <https://www.realinstitutoelcano.org/comentarios/depreciacion-global-del-dolar-y-perdida-de-competitividad-en-america-latina-un-fenomeno-temporal-o-duradero/>.
- Ficco, M., Di Martino, B., Pietrantonio, R., & Russo, S. (2017). Optimized task allocation on private cloud for hybrid simulation of large-scale critical systems. *Future Generation Computer Systems*, 74. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.01.022>
- Gallon, L. (2004). *AUMENTANDO LA INTELIGENCIA DE LA ORGANIZACIÓN MEDIANTE EL DESCUBRIMIENTO DE CONOCIMIENTO EN BASES DE DATOS (DCBD)*.

- Garg, S., Kaur, K., Kumar, N., Kaddoum, G., Zomaya, A. Y., & Ranjan, R. (2019). A hybrid deep learning-based model for anomaly detection in cloud datacenter networks. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 16(3). <https://doi.org/10.1109/TNSM.2019.2927886>
- Gharehpasha, S., Masdari, M., & Jafarian, A. (2021). Virtual machine placement in cloud data centers using a hybrid multi-verse optimization algorithm. *Artificial Intelligence Review*, 54(3). <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09903-9>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación: Vol. Quinta edición* (McGRAW-HILL, Ed.).
- Hiremath, T. C., & K. S, R. (2022). Optimization enabled deep learning method in container-based architecture of hybrid cloud for portability and interoperability-based application migration. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2022.2117421>
- Jain, T., & Hazra, J. (2019). Hybrid Cloud Computing Investment Strategies. *Production and Operations Management*, 28(5). <https://doi.org/10.1111/poms.12991>
- Kareem, S. S., Mostafa, R. R., Hashim, F. A., & El-Bakry, H. M. (2022). An Effective Feature Selection Model Using Hybrid Metaheuristic Algorithms for IoT Intrusion Detection. *Sensors*, 22(4). <https://doi.org/10.3390/s22041396>
- Laili, Y., Tao, F., & Zhang, L. (2015). A Hybrid RCO for Dual Scheduling of Cloud Service and Computing Resource in Private Cloud. In *Springer Series in Advanced Manufacturing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08840-2_9
- Lee, I. (2019). An optimization approach to capacity evaluation and investment decision of hybrid cloud: a corporate customer's perspective. *Journal of Cloud Computing*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-019-0140-0>
- Linthicum, D. S. (2016). Emerging Hybrid Cloud Patterns. *IEEE Cloud Computing*, 3(1). <https://doi.org/10.1109/MCC.2016.22>
- Liu, P., Wang, J., Zhao, W., & Li, X. (2024). Research and Implementation of Container Based Application Orchestration Service Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 2732(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2732/1/012012>
- Manterola, C., & Otzen H, T. (2013). Porqué Investigar y Cómo Conducir una Investigación. *International Journal of Morphology*, 31(4), 1498–1504. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022013000400056>
- María Paz Infante. (2023, November 23). *Adopción de la nube en Latinoamérica generaría 8,6 millones de empleos a 2038 y el impacto en el PIB sería de US\$ 195 mil millones*. <https://Dfsud.Com/America/Adopcion-de-La-Nube-En-El-Mundo-Publico-Latinoamericano-Generaria-8-6>.
- Mell, P. M., & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing*. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>
- Mohamed, D., & Ismael, O. (2023). Enhancement of an IoT hybrid intrusion detection system based on fog-to-cloud computing. *Journal of Cloud Computing*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-023-00420-y>
- Nathiya, T., & Suseendran, G. (2019). An Effective Hybrid Intrusion Detection System for Use in Security Monitoring in the Virtual Network Layer of Cloud Computing Technology. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 839). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1274-8_36
- nephos it. (2023, August 2). *¿Por qué nube privada es mas económica que nube pública?* <https://Www.Nephosit.Com/Nube-Privada-Costar-Menos-Nube-Publica/>.

- SAP. (2023). ¿Qué es la transformación digital? <https://www.sap.com/Latinamerica/Insights/What-Is-Digital-Transformation.html>.
- Seifert, M., Kuehnel, S., & Sackmann, S. (2023). Hybrid Clouds Arising from Software as a Service Adoption: Challenges, Solutions, and Future Research Directions. *ACM Computing Surveys*, 55(11), 1–35. <https://doi.org/10.1145/3570156>
- Sotomayor, B., Montero, S., Llorente, I. M., & Foster, I. (2009). An Open Source Solution for Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds.pdf.tdl. *IEEE Internet Computing*.
- Viloria, A., Palma, H. H., Basto, W. C., Villalobos, A. P., de la Cruz, C. A. U., de la Hoz Hernández, J., & Lezama, O. B. P. (2019). Hybrid Cloud Computing Architecture Based on Open Source Technology. *Communications in Computer and Information Science*, 1123 CCIS. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1304-6_16
- Watson, R. (2010, December 3). *Migrating Applications to the Cloud: Rehost, Refactor, Revise, Rebuild, or Replace?* <https://www.gartner.com/en/documents/1485116>.
- Yeh, T., & Chen, Y. (2021). Improving the hybrid cloud performance through disk activity-aware data access. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102296>