DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS MÍNIMOS Y SIMULACIÓN DE COSTOS PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE COMPUTACIÓN EN NUBE EN EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA

(Trabajo de Grado)

ING. GUSTAVO ALBERTO ANGULO JUSTINICO

Director:

ING. ERNESTO CADENA MUÑOZ, Msc

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES Y REGULACIÓN TIC
BOGOTÁ, 2023

Con amor y gratitud, dedico este trabajo de grado a
mi esposa, mis hijos y mis padres,
cuyo apoyo inquebrantable
ha sido fundamental en este logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a mi director de tesis, el Ing. Ernesto Cadena Muñoz, Msc, por su orientación y apoyo durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y compromiso fueron esenciales para la culminación exitosa de este trabajo.

También deseo expresar mi reconocimiento a la Universidad Santo Tomás y a la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones por brindarme la oportunidad de cursar la Maestría en Telecomunicaciones y Regulación TIC (Tecnologías de la Información y Comunicaciones).

Agradezco a mis compañeros de estudios por las discusiones enriquecedoras y el apoyo mutuo a lo largo de este programa académico.

Finalmente, quiero extender mi gratitud a quienes contribuyeron a realizar este proyecto. Sus consejos, conocimientos y ánimo fueron invaluables en este viaje académico.

TABLA CONTENIDO

ACRÓNIMOS ..... *vii*

RESUMEN ..... *x*

INTRODUCCIÓN ..... *xi*

1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO *1*

1.1 OBJETIVOS **2**

1.2 ALCANCE **2**

1.3 METODOLOGÍA **4**

1.3.1 Definición marco de referencia 5

1.3.2 Documentación y descubrimiento 5

1.3.3 Aplicación marco de referencia 5

1.3.4 Simulación de costos 5

1.3.5 Entrega de resultados 6

2 CONTEXTO TEORICO DEL PROYECTO *6*

2.1 CLOUD COMPUTING **7**

2.1.1 Definición 7

2.1.1.1 Características esencial servicio Cloud Computing 8

2.1.1.2 Modelos de servicio Cloud Computing 9

2.1.1.3 Arquitectura de referencia Cloud Computing 12

2.1.1.4 Modelos de implementación 14

2.1.1.5 Economía y Cloud Computing 15

2.2 METODOLOGÍAS DE MIGRACIÓN DE SERVICIOS Y APLICACIONES A CLOUD COMPUTING 18

2.2.1 Estrategias de migración On-Premise – Cloud 18

2.2.1.1 Re-Hosting (Realojamiento) 20

2.2.1.2 Replatforming (Replataformar) 21
2.2.1.3 Repurchasing (Recompra) 21
2.2.1.4 Refactoring / Re-architecting (Refactorización / Rearquitectura) 22
2.2.1.5 Retire (Retirar) 23
2.2.1.6 Retain (Retener) 23
2.3 MARCO JURÍDICO COLOMBIANO CLOUD COMPUTING. 24
2.3.1 CONPES 3072 de 2000, Agenda de conectividad 26
2.3.2 Decreto 1151 de 2008, Estrategia de gobierno en línea 26
2.3.3 Ley 1341 de 2009 27
2.3.4 LEY 1273 DE 2009 28
2.3.5 CONPES 3650 de 2010. Importancia estratégica de la estrategia de gobierno en línea 29
2.3.6 Decreto 1008 de 2018, Lineamientos generales de la política de gobierno digital 29
2.3.7 CONPES 3920 de 2018, política nacional de explotación de datos (Big Data) 30
2.3.8 Ley 1978 de 2019 30
2.3.9 CONPES 3975 de 2019, Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial en Colombia 32
2.3.10 DIRECTIVA PRESIDENCIAL 03 DE 2021, lineamientos para el uso de servicios en la nube, inteligencia artificial, seguridad digital y gestión de datos 33
2.4 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA 33
2.5 ACUERDO MARCO NUBE PUBLICA IV 34
3 DEFINICIÓN MARCO DE REFERENCIA PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN EN NUBE 36
3.1 CONCEPTUALIZACIÓN CONCEPTO MARCO DE REFERENCIA PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN EN NUBE 36
3.2 EXPLORACIÓN MARCOS DE REFERENCIA PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN EN NUBE PÚBLICA 37
3.2.1 Microsoft Cloud Adoption Framework 37
3.2.1.1 Fase 1. Definición Estrategia 38
3.2.1.2 Fase 2. Planificación 39
3.2.1.3 Inicio de la adopción – Creación zona de aterrizaje 40
3.2.1.4 Adopción de la nube 42

3.2.1.5 Gobernanza en Microsoft Cloud Adoption Framework para Azure 44
3.2.1.6 Administración de la nube en Cloud Adoption Framework 45
3.2.1.7 Seguridad en Microsoft Cloud Adoption Framework para Azure 47
3.2.1.8 Administración de la alineación de la organización 47
3.2.1.9 Herramientas y plantillas 48
3.2.2 AWS Cloud Adoption Framework (AWS CAF) 49
3.2.2.1 Perspectiva Comercial 51
3.2.2.2 Perspectiva Personas 59
3.2.2.3 Perspectiva Gobernanza 68
3.2.2.4 Perspectiva Plataforma 77
3.2.2.5 Perspectiva Seguridad 79
3.2.2.6 Perspectiva de Operaciones 81
3.2.3 The Google Cloud Adoption Framework 82
3.2.3.1 Migra a Google Cloud: comienza ahora 85
3.2.3.2 Migra a Google Cloud: evalúa y descubre sus cargas de trabajo 87
3.2.3.3 Migración a Google Cloud: Elige una herramienta de evaluación 88
3.2.3.4 Migra a Google Cloud: construye tu base 90
3.2.3.5 Migración a Google Cloud: transfiere sus conjuntos de datos grande 91
3.2.3.6 Migración a Google Cloud: Implementa sus cargas de trabajo 92
3.2.3.7 Migración a Google Cloud: Migración de implementaciones manuales a implementaciones automatizadas en contenedores 94
3.2.3.8 Migración a Google Cloud: optimiza tu entorno 97
3.2.3.9 Migración a Google Cloud: prácticas recomendadas para validar un plan de migración 98
3.3 SELECCIÓN MARCO DE REFERENCIA 100
3.3.1 Consideraciones especiales 105
4 APLICACIÓN MARCO DE REFERENCIA PARA EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA 106
4.1 ESTABLECIMIENTO ESCENARIO DE MIGRACIÓN 106
4.2 ESTRATEGIA 106
4.2.1 Evaluación estrategia de adopción 107
4.2.1.1 Presentación resultados evaluación 107
4.2.2 Motivadores 109
4.2.3 Resultados empresariales 110

4.2.4 Consideraciones financieras 113
4.2.5 Consideraciones Técnicas 114
4.2.6 Resultado Fase: Migración 115
4.3 PLAN 116
4.3.1 Planteamiento del patrimonio digital de la organización 117
4.3.1.1 Caso de negocio - Descripción Patrimonio digital 118
4.3.2 Evaluación del patrimonio digital 122
4.3.2.1 Arquitectura Actual 124
4.3.2.2 Selección herramienta evaluación patrimonio digital 125
4.3.2.3 Despliegue, configuración y obtención de datos en Azure Migrate Collector VM 127
4.3.2.4 Presentación elementos identificados 130
4.3.2.5 Evaluación Grupos de servidores Aplicación 134
4.3.2.6 Evaluación Grupos de servidores Bases de Datos 136
4.3.2.7 Racionalización del patrimonio digital 141
4.3.3 Plan de preparación de Aptitudes y alineación organizacional 143
4.3.4 Plan de adopción de la nube 147
4.3.4.1 Escala de tiempo plan de adopción 159
5 CONDICIONES JURÍDICAS Y REGULATORIAS APLICABLES AL PROCESO DE ADOPCIÓN DE NUBE PUBLICA EN COLOMBIA 161
5.1 CONTEXTO LOCAL CONDICIONES JURIDICAS Y REGULATORIAS 161
5.2 CONTEXTO INTERNACIONAL CONDICIONES JURÍDICAS Y REGULATORIAS 165
5.3 ANÁLISIS FINAL DE CONDICIONES 168
6 PROYECCIÓN DE COSTOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN DE CARGAS DE TRABAJO EN INFRAESTRUCTURA CLOUD 170
6.1 DEFINICIÓN MINIMOS REQUERIDOS 170
6.1.1 Personal requerido proceso de migración, administración y gobernanza de la nube 170
6.1.2 Proyección de costos para la ejecución de cargas de trabajo en la nube de Microsoft Azure 171
6.1.3 Simulación de costos Acuerdo Marco Nube Publica IV 173
6.1.4 Entrega de Resultados 174
7 CONCLUSIONES 177

ANEXO A. Descripción de los resultados de SMART 180

ANEXO B. BUSINESS OUTCOME..... 181

ANEXO C. Cloud Adoption Framework Strategy and Plan 186

REFERENCIAS..... 219

LISTA DE IMÁGENES 226

LISTA DE TABLAS 228

ACRÓNIMOS

ANS: Acuerdo de Nivel de Servicio (Service Level Agreement - SLA en inglés)

API: Interfaz de Programación de Aplicaciones (Application Programming Interface en inglés)

APP: Aplicación (a menudo se refiere a una aplicación de software o móvil)

ARANDA: Sistema de gestión de Incidentes y requerimientos Mesa de ayuda.

ARM: Advanced RISC Machine (anteriormente Acorn RISC Machine)

AWS: Amazon Web Services

BI: Inteligencia de Negocios (Business Intelligence en inglés)

CI: Integración Continua (Continuous Integration en inglés)

CIO: Director de Información (Chief Information Officer en inglés) COM: Modelo de Objeto de Componente (Component Object Model en inglés)

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social en Colombia.

DNP: Departamento Nacional de Planeación

DNS: Sistema de Nombres de Dominio (Domain Name System en inglés)

IA: Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence en inglés)

IAM: Gestión de Identidad y Acceso (Identity and Access Management en inglés)

IDC: International Data Corporation (empresa de análisis del mercado tecnológico)

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IIS: Servicios de Información de Internet (Internet Information Services en inglés)

INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos

ITSM: Gestión de Servicios de TI (IT Service Management en inglés)

KPI: Indicador Clave de Rendimiento (Key Performance Indicator en inglés)

MFA: Autenticación de Factor Múltiple (Multi-Factor Authentication en inglés)

MINENERGIA: Ministerio de Minas y Energía

MINTIC: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

ML: Aprendizaje Automático (Machine Learning en inglés)

MVP: Producto Mínimo Viable (Minimum Viable Product en inglés)

NEON: Sistema de gestión de recursos físicos y contratación

NFS: Sistema de Archivos de Red (Network File System en inglés)

NIST: Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology en inglés)

OKR: Objetivos y Resultados Clave (Objectives and Key Results en inglés)

OPEX: Gastos Operativos (Operating Expense en inglés)

PETI: Plan Estratégico de Tecnologías de Información

ROI: Retorno de la Inversión (Return on Investment en inglés)

SARA: Sistema de administración del talento humano

SIGAME: Sistema integral de gestión activa del Minenergía

SITH: Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos

SMART: Es un acrónimo que se refiere a objetivos que son Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevants y Temporales (en inglés, Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound).

SQL: Lenguaje de Consulta Estructurado (Structured Query Language en inglés)

TCO: Costo Total de Propiedad (Total Cost of Ownership en inglés) TI: Tecnologías de la Información

TIC: Tecnologías de la Información y Comunicación

UI: Interfaz de Usuario (User Interfaz en inglés)

USD: Se refiere a Dólar Estadounidense.

VM: Máquina Virtual (Virtual Machine en inglés)

RESUMEN

Este trabajo de investigación se centra en la identificación de los requerimientos mínimos y la simulación de costos para la adopción del modelo de computación en nube en el Ministerio de Minas y Energía de Colombia. La metodología empleada comprendió la selección de un marco de referencia, la documentación y descubrimiento del patrimonio digital y las cargas de trabajo asociadas a aplicaciones de negocio, la aplicación del marco de referencia, la simulación de costos y la entrega de resultados. Se identificaron los requerimientos mínimos para la migración de servicios a la nube pública y se evaluó el costo de su implementación desde la perspectiva de capacidades técnicas y financieras. Los resultados esperados incluyen una mayor agilidad empresarial y la disminución de costos en la vertical de TI.

Palabras clave: adopción de la nube; eficiencia; reducción de costos; sector energético.

ABSTRACT

This research work focuses on identifying the minimum requirements and cost simulation for the adoption of the cloud computing model at the Ministry of Mines and Energy of Colombia. The methodology employed included the selection of a reference framework, documentation and discovery of digital assets and associated workloads for business applications, application of the reference framework, cost simulation, and result delivery. Minimum requirements for migrating services to the public cloud were identified, and the cost of implementation was evaluated from both technical and financial capabilities perspectives. Expected results encompass increased business agility and cost reduction in the IT vertical.

Keywords: cloud adoption; efficiency; cost reduction; energy sector.

INTRODUCCIÓN

En la era actual, caracterizada por la digitalización y la interconexión global, las entidades gubernamentales enfrentan el desafío de adaptarse a las demandas tecnológicas para ofrecer servicios más eficientes y efectivos a los ciudadanos. Colombia, en su búsqueda de consolidarse como una nación digital, ha emprendido diversas estrategias para promover la transformación digital, logrando avances significativos en eficiencia administrativa y en la habilitación de servicios electrónicos para la ciudadanía. Sin embargo, la constante evolución tecnológica exige una adaptación y actualización continua.

Este trabajo se centra en la definición de los requerimientos mínimos y la simulación de los costos asociados a la adopción del modelo de computación en nube en el Ministerio de Minas y Energía de Colombia conforme a las condiciones jurídicas y regulatorias el estado colombiano y las disposiciones a nivel de TI definidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC).

A través de un enfoque metodológico estructurado, este trabajo propone una serie de etapas que abarcan desde la selección del marco de referencia adecuado para este proceso, pasando por la documentación y descubrimiento de la plataforma actual, hasta la simulación de costos y la definición de la estrategia de migración o racionalización de las cargas de trabajo. El objetivo principal es establecer los requerimientos mínimos en términos de procesos, personas y tecnología para una adopción exitosa del modelo de computación en la nube.

Una conclusión clave de esta investigación es identificar las consideraciones financieras y técnicas a considerar para garantizar una transición sin contratiempos, al margen de un plan de migración que reconoce la estrategia y la planeación como elemento central del proceso.

El documento ofrece una guía detallada, respaldada por un análisis exhaustivo, que servirá como referencia para otras entidades gubernamentales y organizaciones que buscan embarcarse en el viaje de la transformación digital a través de la nube, bajo un enfoque estratégico que responda a los objetivos y motivaciones del negocio. El marco jurídico nacional e internacional es un elemento clava en el desarrollo de este trabajo, entregando

la visibilidad suficiente sobre los aplacadores y puntos críticos que toda organización deberá considerar durante la adopción de la nube.

En resumen, este trabajo aporta una visión estratégica y práctica que contribuye significativamente en la toma de decisión frente a los mínimos requeridos en el camino de la adopción de la nube en el sector público colombiano.

1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO

Durante años, el Gobierno Nacional ha promovido la implementación de diversas estrategias que promueven la transformación digital de nuestra nación, obteniendo avances significativos en materia de eficiencia administrativa, participación y habilitación de servicios ciudadanos por medios electrónicos. No obstante, la evolución constante de la sociedad y el avance del país hacia una economía digital caracterizada por factores como el conocimiento, la digitalización de la información, la interconexión y la innovación, hacen necesario el desarrollo de procesos de transformación digital al interior del Estado. Todo esto con el claro objetivo de contar con entidades públicas más proactivas e innovadoras para garantizar mejores condiciones de vida a los ciudadanos, así como satisfacer necesidades y problemáticas a través del aprovechamiento de las TIC [1].

En tal sentido, la habilitación de herramientas tecnológicas alineadas con las necesidades de la nación se convierte en una de las principales tareas de las áreas de TI, quienes deben adoptar nuevas y mejores herramientas tecnológicas como vehículo de transformación digital, promoviendo plataformas escalables, agiles, flexibles y de mejor costo eficiencia [2].

Un claro ejemplo del esfuerzo a nivel nación, son las disposiciones gubernamentales a través del Artículo 230 de la ley 1450 de 2011 (Gobierno Digital como Política de Gestión y Desempeño Institucional), modificada por el Articulo 147 de la ley 1955 de 2019 (Transformación Digital Pública), donde se dicta que las entidades estatales del orden nacional deberán incorporar en sus respectivos planes de acción el componente de transformación digital, siguiendo los estándares que para este propósito defina el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Además, que en todos los escenarios de transformación digital se deberá incorporar los componentes asociados a tecnologías emergentes, definidos como aquellos de la Cuarta Revolución Industrial, entre otros [3].

Esta realidad no es ajena al Ministerio de Minas y Energía quien a través del formato GT-C-01 del 19 de septiembre de 2019 define la caracterización del proceso de gestión TIC, con el objetivo de apoyar el cumplimiento de la misión institucional desde el componente tecnológico alineados con las directrices del gobierno nacional. Además, y como resultado de este proceso, se definió el plan Estratégico de tecnologías de Información y Comunicación PETI 2020-2023, en el cual se define la iniciativa IT006 “Diseño e implementación del ambiente de nube para MINENERGIA”, la cual se sustenta en que, el avance de la Entidad ha sido mínimo en cuanto a la implementación de servicios en la nube. Por lo anterior, es importante enfocar el desarrollo de este proyecto al diseño y simulación de un escenario de migración que permita responder: ¿qué requerimientos debe cumplir el Ministerio de Minas y Energía para adoptar un modelo de operación en nube, según las disposiciones definidas para ello por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones?

1.1 OBJETIVOS

Establecer cuáles son los requerimientos que el Ministerio de Minas y Energía debe cumplir en cuanto a procesos, personas y tecnología para la adopción del modelo de computación en nube, conforme a las disposiciones del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

- Definir y aplicar el marco de referencia que será utilizado para el análisis metodológico de migración a nube.
- Diseñar un escenario de migración que incluya los mínimos requeridos para el proceso de adopción de computación en nube, acorde con el análisis obtenido tras la aplicación del marco de referencia adoptado.
- Adelantar la simulación de costos a través del acuerdo marco de nube publica o nube privada dispuestos en la tienda virtual del estado colombiano

1.2 ALCANCE

El establecimiento de los mínimos requeridos en el proceso de adopción de nube en el Ministerio de Minas y Energía, conforme a las disposiciones generadas por el MinTic, requiere la ejecución de las actividades listadas a continuación:

- Diversas compañías de nube pública han dispuesto marcos de referencia para la migración o adopción de servicios cloud, por eso, es importante revisar y seleccionar el marco de referencia que mejor se adapte al proyecto, siendo esto fundamental para el establecimiento de los aspectos multidimensionales que deberá contemplar la Entidad ante una eventual migración. Sin embargo, la adopción o adaptación del modelo dependerá de la pertinencia de este, frente a la infraestructura de TI del Ministerio.
- Colombia tiene un marco regulatorio robusto que busca fortalecer la consolidación de la transformación digital en el territorio nacional, pero hay que identificar, si existe, las barreras regulatorias que evitarían o pondrían en riesgo la adopción de un modelo de operación en nube pública.
- Para simular costos asociados a la operación en nube, referente a la plataforma de TI requerida contemplando aspectos técnicos y de gestión, mediante los simuladores de costos del acuerdo marco de nube en la tienda virtual del estado colombiano, Colombia compra eficiente según el modelo de operación pública o privado seleccionado.
- El análisis de migración se limitará a por lo menos uno de los proveedores de nube pública inmersos en el acuerdo marco de precio establecidos por Colombia Compra Eficiente [4], y a mínimo tres (3) aplicaciones de negocio.
- Definición de los beneficios conseguidos por el Ministerio de Minas y Energía ante una eventual migración a la nube, en cuanto a aspectos técnicos y financieros se refiere.

Como resultado de este trabajo se entregará un documento donde se soportarán los siguientes elementos:

- Escenario de migración de prueba para la evaluación del proceso de migración.
- Establecimiento de los mínimos requeridos a nivel de personas, procesos y tecnología que el Ministerio debería considerar ante una eventual migración de servicio.
- Proyección de los costos que la Entidad deberá tener en cuenta para la migración de servicios a la nube.

- Definición de estrategia de migración para los servicios evaluados dentro de este proyecto.
- Comparación de costos frente a diversas opciones de migración, para la adecuada toma de decisiones.

1.3 METODOLOGÍA

Entendiendo la necesidad del Ministerio de Minas y Energía de establecer los mínimos requeridos para la migración de servicios en nube, y propiciando la adecuada toma de decisiones frente a la adopción de este paradigma conforme a las disposiciones del MinTic, se plantea la siguiente metodología de cinco (5) etapas, las cuales cubren las etapas de planeación, descubrimiento, aplicación y entrega de resultados.

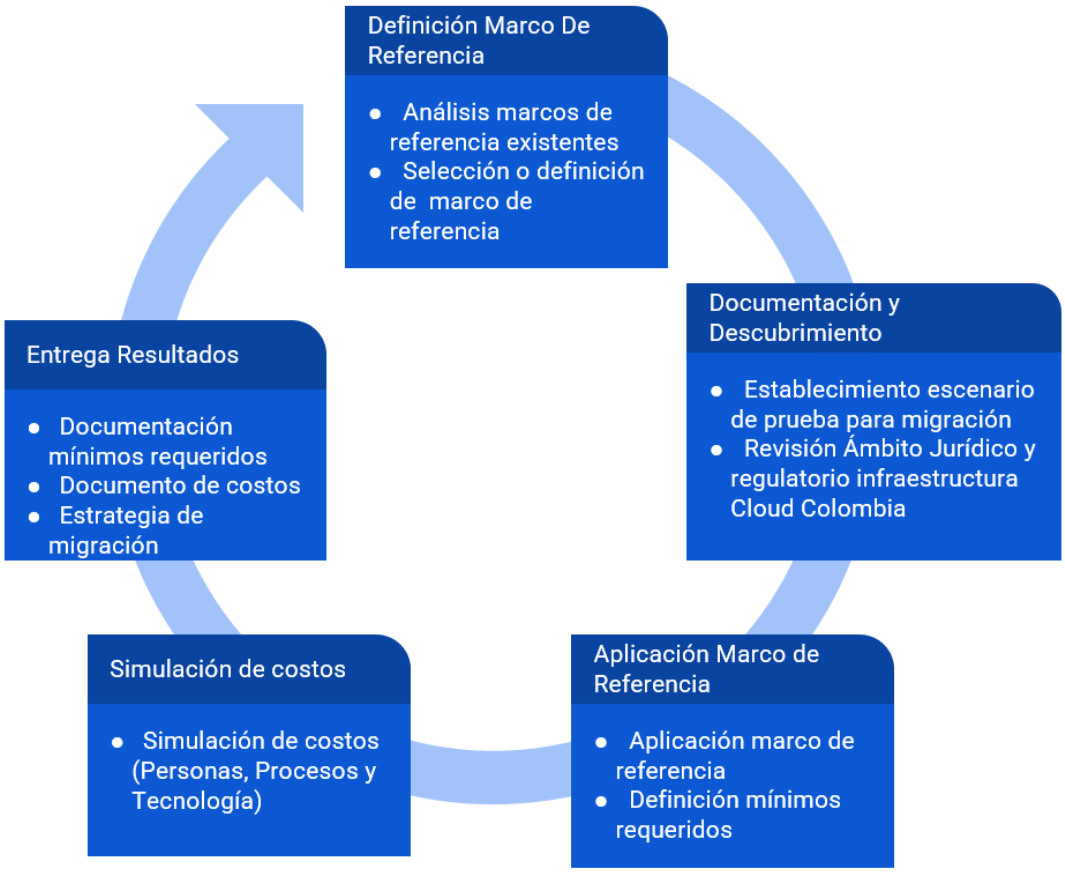


Imagen 1 Metodología

Fuente: Elaboración propia

De manera general y para mayor entendimiento, a continuación, se describe brevemente cada una de las etapas:

1.3.1 Definición marco de referencia

En esta etapa se deberá realizar la elección, adaptación y/o definición del marco de referencia para la adopción del modelo de operación en nube, enfocando los esfuerzos en la selección del modelo que más se adapte al alcance del proyecto.

1.3.2 Documentación y descubrimiento

Esta etapa se divide en dos ámbitos de trabajo Plataforma y ámbito jurídico:

- El primero ámbito se enfoca en el entendimiento y documentación de la actual plataforma de TI del Minenergía sobre la cual se pretende evaluar la viabilidad de migración y sobre la cual se generará en análisis de mínimos requeridos.
- El segundo se centra en la revisión de condiciones jurídicas y regulatorias aplicables al proceso de adopción de nube publica en Colombia para entidades del orden Nacional y en específico para el Ministerio de Minas y Energía.

1.3.3 Aplicación marco de referencia

Esta es la parte central del desarrollo metodológico del proyecto, ya que acá se conseguirán los insumos necesarios para la simulación y construcción de resultados. Se divide en dos paquetes de trabajo:

- Aplicación marco de referencia para la migración y/o adopción de servicios Cloud, acorde con el instrumento seleccionado en la etapa uno (1) de esta metodología.
- Acorde con los resultados obtenidos y el escenario de pruebas, se definirán los mínimos requeridos para el proceso de adopción.

1.3.4 Simulación de costos

En esta fase se realizará la simulación de costos asociados a la operación en nube y sus requerimientos mínimos a nivel de personas, procesos y tecnología a través de los

simuladores de costos dispuestos en el acuerdo marco de nube publica III [4], siendo uno de los elementos más importantes dentro del análisis propuesto.

1.3.5 Entrega de resultados

Esta etapa de la metodología se centra en la documentación y entrega de resultados. Para este caso específico, los esfuerzos se centrarán en los siguientes entregables:

- Documento de mínimos requeridos para tener en cuenta en el proceso de migración de servicios al modelo de nube pública.
- Documento de presentación de costos asociados a la operación en nube publica, acorde a los elementos seleccionados en el proceso de comparación de costos de las diversas opciones de migración.
- Definición básica de la estrategia de migración para los servicios evaluados dentro de este proyecto.

2 CONTEXTO TEORICO DEL PROYECTO

En este capítulo se expone el contexto sobre el cual se desarrolla este proyecto. Partiendo de la definición del modelo de computación en nube o cloud computing, paradigma que nace de la necesidad de utilizar la “informática como servicio” [5], su arquitectura y la presentación de las diversas metodologías o prácticas que la Industria de TI utiliza hoy por hoy para la migración de servicios On-Premise a la nube; Así mismo, se abordarán temas jurídicos y de reglamentación local como marco legal del uso de servicios Cloud en Colombia.

También y de acuerdo con el enfoque de este proyecto, se abordará la contextualización del Ministerio de Minas y Energía, una entidad del orden nacional la cual, pretende adoptar un modelo de operación en nube, de acuerdo con las disposiciones definidas para tal fin por el gobierno nacional.

Al finalizar este capítulo, se entregará la descripción del acuerdo marco de precios Nube Publica IV, establecido por Colombia Compra Eficiente, disponible en la tienda virtual del estado colombiano [4].

2.1 CLOUD COMPUTING

En la última década hemos tenido una evolución significativa de cientos de paradigmas informáticos. Donde el más conocido y consolidado es seguramente el Cloud Computing, paradigma que nace de la necesidad de utilizar la "informática como servicio" [5], Este anglicismo que surge de los términos Cloud (Palabra que se usa generalmente para representar a Internet) y Computing (computación en español, que se refiere a los sistemas informáticos) [5] ha sido un tema de investigación extremadamente popular, utilizado por primera vez por Google y Amazon en 2006. Eric Schmidt, director ejecutivo de Google, lo mencionó en la conferencia Search Engine Strategies (SES), mientras que Amazon se refirió a la nube como un producto comercial. Después, en 2008, aparecieron artículos científicos sobre computación en la nube, y desde allí su investigación, uso y apropiación ha mantenido un ritmo de crecimiento consolidando este paradigma informático de la última década [6].[6]

2.1.1 Definición

Para obtener una aproximación a la definición formal del Cloud Computing, es necesario definir y describir desde el ámbito local la computación en nube, para ello se hará uso del modelo conceptual apropiado y aceptado por MinTIC, quien conforme al documento de trabajo "G.ST.02 Guía de Computación en la nube" [7], acogió la definición emitida por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology - NIST).

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), es uno de los laboratorios más antiguos de ciencias físicas de los Estados Unidos, cuyo objetivo se centra en promover la innovación y la competitividad industrial de los Estados Unidos mediante el avance de la ciencia, los estándares y la tecnología de medición. En tal sentido, conforme a la guía el instituto fue designado para el desarrollo de los estándares y arquitectura de referencia del modelo de computación en nube, a través del cual el gobierno de los Estados Unidos pretende reemplazar los modelos tradiciones de computación bajo un enfoque de

seguridad, integridad e interoperabilidad [8]. El desarrollo del NIST fue presentado en el documento NIST-SP500-292, el cual se dividió en 2 secciones fundamentales:

- descripción general arquitectura de referencia de computación en la nube, en la cual se listan los principales actores y sus interacciones.
- Detalles de los componentes arquitectónicos y modelo de referencia.

Adicionalmente, en dicho documento se presenta la taxonomía asociada a la computación en nube conformando así una guía solida en cuanto a la definición técnica de este paradigma informático.

Por lo anterior y conforme al enfoque local de este proyecto, y conforme a la existencia de diversas definiciones del Cloud Computing se acoge la definición dictada por el NIST: “Un modelo que permite el acceso de red bajo pedido, conveniente y ubicuo a un grupo compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar y lanzar con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios” [9].

2.1.1.1 Características esencial servicio Cloud Computing

Conforme a la publicación especial NIST 800-145 [9], se definen cinco características fundamentales que caracterizan, diferencian y que debe poseer todo servicio de Cloud Computing son:

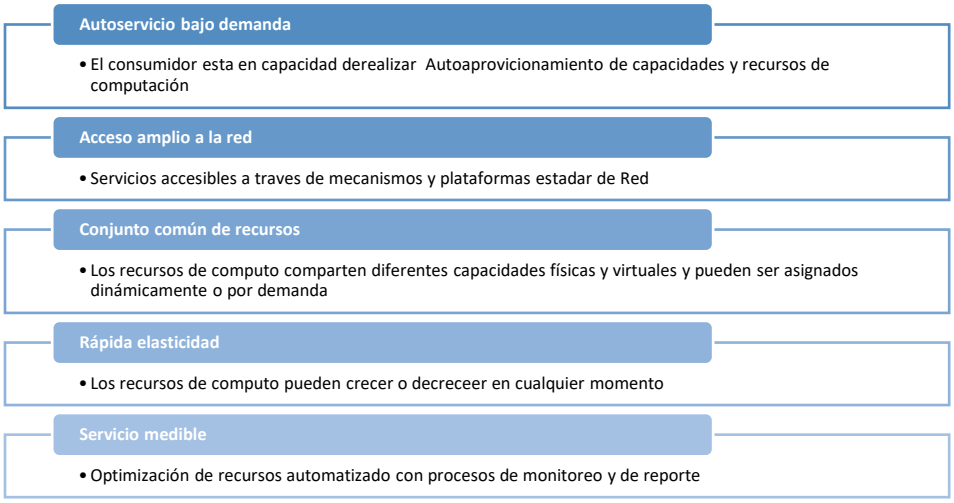


Imagen 2 Características esenciales
Fuente: Elaboración propia

2.1.1.2 Modelos de servicio Cloud Computing

En la industria de computación en nube existen tres modelos fundamentales para la entrega de servicios a través de infraestructuras en nube[1]. De manera general, los modelos de servicio disponibles pueden ser descritos y agrupados como se presenta a continuación:

- SaaS: El software está disponible como servicio; usted usa el software, pero no es el propietario.
- PaaS: Plataforma disponible como servicio; usted tiene a disposición hardware y software y software como servicios virtualizados.
- IaaS: Infraestructura como servicio; usted usa y con Imagen el hardware [10].

Como se puede observar la separación de los diferentes modelos se da en razón a infraestructura, plataforma y aplicaciones. A continuación, se detalla cada uno de los modelos de servicio:

- Software como servicio (SaaS):

La capacidad proporcionada al consumidor consiste en utilizar las aplicaciones ofertadas por el proveedor las cuales se ejecutan en una infraestructura en la nube. Las aplicaciones

[1] Capacidades de hardware y software que habilita la prestación de servicios en nube y el cumplimiento de las cinco características esenciales de los servicios Cloud Computing.

son accesibles desde varios dispositivos cliente a través de una interfaz de cliente ligero, como un navegador web (por ejemplo, correo electrónico basado en la web), o una interfaz de la aplicación o programa. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente que incluye servicios de red, servidores, sistemas operativos, almacenamiento o incluso capacidades de aplicaciones individuales, en ocasiones con la excepción de ajustes de aplicación específicos para el usuario[9]

- Plataforma como servicio (PaaS):

La capacidad proporcionada al consumidor consiste en brindar la posibilidad de implementar en la infraestructura en nube aplicaciones creadas o adquiridas por el consumidor, las cuales utilizan lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas compatibles con el proveedor de nube. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de la nube subyacente, no incluye la red, los servidores, sistemas operativos o almacenamiento, sin embargo, mantiene control sobre las aplicaciones implementadas y en algunos casos puede configurar el entorno de alojamiento de las aplicaciones [9].

- Infraestructura como servicio (IaaS):

La capacidad proporcionada al consumidor consiste en los recursos disponibles de procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales donde el consumidor puede implementar y ejecutar software de manera arbitraria y puede incluir operación de sistemas y aplicaciones. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de nube subyacente, pero tiene control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones implementadas; mantiene posiblemente control limitado de componentes de red selectos (por ejemplo, servidores de seguridad de host) [[9].

Como se pudo observar, los diferentes modelos de servicio dispuestos en la nube demuestran una clara limitación en cuento a gestión, operación y administración de las diferentes capas de infraestructura en nube. Esto puede ser más claro al explorar la imagen No. [11] presentada a continuación.

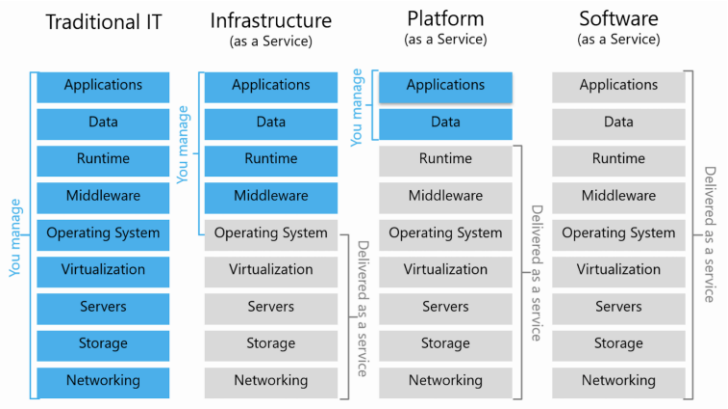


Imagen 3 Modelos de servicio Cloud
Fuente: [11]

Así mismo, es posible describir los ámbitos de control (Roles y responsabilidades) de la infraestructura Cloud y algunos ejemplos de las actividades a cargo en la Imagen 5 y tabla 1 respectivamente:

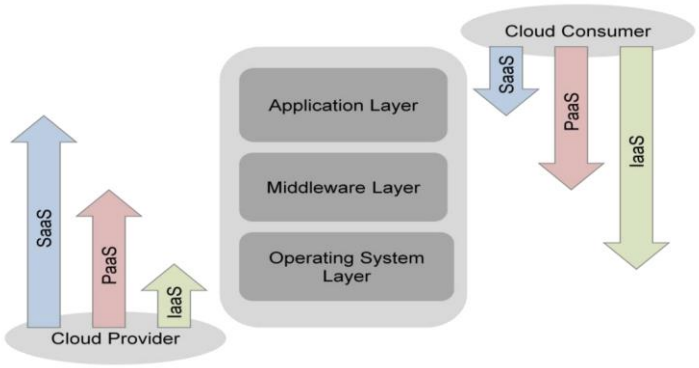


Imagen 4 Ámbitos de control
Fuente:[8]

A continuación e listan las actividades a cargo de cada modelo de servicio.

Tabla 1 Modelos de servicio computación en la nube

MODELOS DE SERVICIO	ACTIVIDADES DEL CONSUMIDOR	ACTIVIDADES DEL PROVEEDOR
SaaS (Software como servicio)	Usa la aplicación o los servicios para soportar	Instala, administra, mantiene y soporta la aplicación de software en una infraestructura de nube.

	procesos de negocio.	
PaaS (Plataforma como servicio)	Desarrolla, prueba (testing), despliega y administra aplicaciones alojadas en un sistema de nube (Cloud).	Gestiona la infraestructura de cómputo de la plataforma y ejecuta el software de nube que proporciona los componentes de la plataforma como las bases de datos y otros componentes de capa media para el intercambio de información (middleware).
IaaS (Infraestructura como servicio)	Crea/instala, administra y monitorea lo servicios operacionales de la infraestructura de TI.	Ejecuta el software de la nube necesario para que los recursos informáticos estén disponibles para el consumidor de nube IaaS a través de un conjunto de interfaces de servicios y abstracciones de recursos de cómputo, como máquinas virtuales e interfaces de red virtual. El proveedor de nube IaaS tiene control sobre el software de nube que controla el hardware que hace posible el aprovisionamiento de estos servicios de infraestructura a los consumidores de nube.

Fuente: [9]

2.1.1.3 Arquitectura de referencia Cloud Computing

La arquitectura de referencia para la computación en nube se muestra en la Imagen 2, que da una descripción general de alto nivel e identifica a los principales actores y su papel en la computación en la nube. [8] Cada actor es una entidad, una persona u organización, que participa en una transacción/proceso o realiza tareas en la computación en nube.[8]

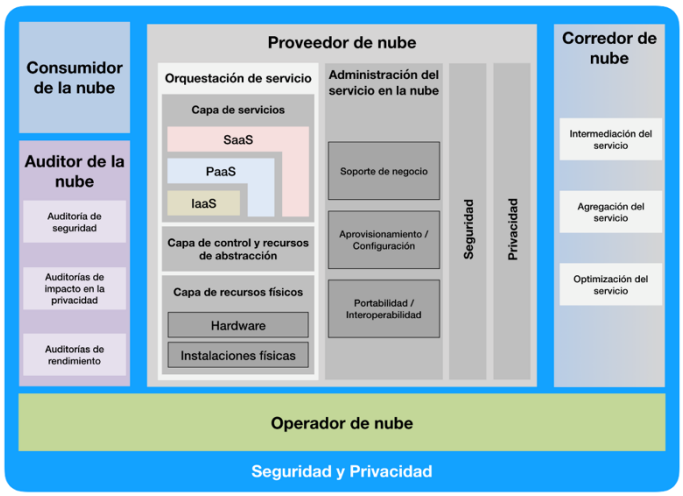


Imagen 5 Arquitectura Cloud Computing,

Fuente: [7]

Según NIST existen 5 actores principales en una arquitectura de Nube.

Tabla 2 Actores de computación en la nube

ACTOR	DEFINICIÓN
Consumidor de nube	Es el principal actor del servicio de computación en la nube. Un consumidor de nube representa a una persona u organización que mantiene una relación comercial y utiliza el servicio de un Proveedor de nube. El consumidor de nube consulta el catálogo de servicios de un proveedor de nube, solicita el servicio adecuado, establece contratos de nivel de servicio (ANS) con el proveedor de nube y utiliza el servicio. Puede elegir libremente un proveedor de nube con mejores precios y términos más favorables.
Proveedor de nube	Es el responsable de poner un servicio a disposición de las partes interesadas. Un proveedor de nube adquiere y gestiona la infraestructura informática necesaria para proporcionar los servicios, ejecuta el software en la nube que proporciona los servicios y hace lo necesario para entregar los servicios en la nube a los Consumidores de nube a través del acceso a la red.
Auditor de nube	Este actor puede realizar una evaluación independiente de los servicios en la nube, las operaciones del sistema de información, el rendimiento y la seguridad de la implementación de la nube.
Corredor o agente de nube	Un corredor o agente de la nube gestiona el uso, el rendimiento y la prestación de servicios en la nube y negocia las relaciones entre los proveedores de nube y los consumidores de nube.
Operador de nube	Un operador de nube proporciona conectividad y transporte de servicios en la nube tanto a proveedores de nube como también podría hacerlo a los consumidores de nube.

Fuente: [9]

Ahora bien, apoyados en la arquitectura de alto nivel presentada anteriormente, es preciso definir los modelos básicos de servicio cloud, sobre los cuales se ejecutan la mayoría de los procesos de nube.

Ahora, y a fin de explicar de una manera más concreta este paradigma, a continuación, se presenta una imagen que permite entender los beneficios del cloud computing y sus interacciones.

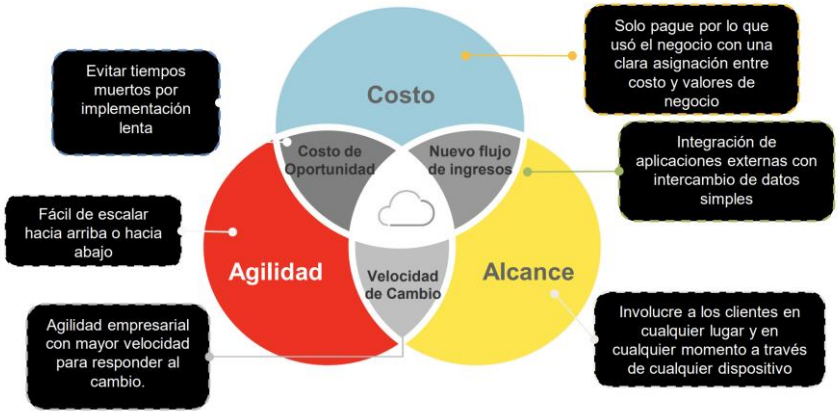


Imagen 6 Resumen Cloud Computing,
Fuente: [3]

2.1.1.4 Modelos de implementación

Los modelos de implementación hacen referencia al modo, tipo de acceso y servicio que prestara la nube. Conforme a lo estipulado por el NIST [9] existen cuatro (4) modelos descritos de la siguiente manera:

Nube Privada: Es una infraestructura en la nube que se reserva exclusivamente para el uso de una organización en particular, que puede incluir varias unidades de negocio. Esta nube puede ser administrada y operada por la propia organización, un tercero o una combinación de ambos, y puede estar ubicada en las instalaciones de la organización o fuera de ellas.

Nube Comunitaria: Se trata de una infraestructura en la nube diseñada para ser utilizada exclusivamente por una comunidad específica de consumidores, pertenecientes a organizaciones que comparten preocupaciones u objetivos en común y que además aceptan y deben dar cumplimiento a los requisitos de seguridad, las políticas y las consideraciones específicas del servicio. Este tipo de nubes pueden ser de naturaleza privada y suele ser administrada y operada por una o varias organizaciones de la comunidad, un tercero o una combinación de ellos. Su ubicación no se restringe a las ubicaciones del propietario o comunidad.

Nube Pública: La infraestructura de esta nube está disponible para el uso público en general. Puede ser de propiedad de un prestador de servicio público o privado. Este tipo

de nubes suelen ser operadas, gestionadas y administradas por una empresa, una institución académica, un organismo gubernamental o una combinación de ellos.

Nube Híbrida: Este modelo de nube es una combinación de dos o más infraestructuras de nube diferentes (privada, comunitaria o pública), que siguen siendo entidades separadas, pero están interconectadas mediante tecnologías estandarizadas o propietarias. Esto, permite la portabilidad de datos y aplicaciones entre las diferentes nubes, por ejemplo, utilizando la función de "cloud bursting" [12] para equilibrar la carga de trabajo entre ellas.

2.1.1.5 Economía y Cloud Computing

En el ámbito económico, el Cloud Computing, se considera un modelo comercial dominante para la entrega de servicios y recursos de TI, que habilita a personas y organizaciones para acceder a recursos de TI, impulsando tendencias digitales claves como la computación móvil, Internet de las cosas, Big Data e inteligencia artificial, acelerando la dinámica de la industria, interrumpiendo los modelos comerciales existentes e impulsando la transformación digital [13].[13] Muestra de ello es el crecimiento de este modelo informático en la industria tecnológica, sobre el cual, según Gartner Inc, para el 2023 se prevé un aumento de inversión en el segmento de usuario final en nube publica del 20,7% para un total de inversión total de 591.8 millones de dólares, frente a los 490.3 millones de dólares invertidos en 2022. Demostrando el grado de impacto de este modelo computacional a nivel global y su nivel de expansión.

Tabla 3 Pronóstico del gasto del usuario final de los servicios de nube pública en todo el mundo (millones de dólares estadounidenses)

	2021	2022	2023
Servicios de procesos empresariales en la nube (BPaaS)	54,952	60,127	65,145
Servicios de infraestructura de aplicaciones en la nube (PaaS)	89,91	110,677	136,408
Servicios de aplicaciones en la nube (SaaS)	146,326	167,107	195,208
Gestión de la nube y servicios de seguridad	28,489	34,143	41,675
Servicios de infraestructura del sistema en la nube (IaaS)	90,894	115,74	150,254
Escritorio como servicio (DaaS)	2,059	2,539	3,104
Mercado Total	412,632	490,333	591,794

Fuente: [14]

Explicaciones para la expansión de este mercado existen diversas, sin embargo, es importante citar las afirmaciones generadas por Sid Nag, Vicepresidente analista de la firma consultora internacional Gartner Inc. afirma que “La computación en la nube seguirá siendo un bastión de seguridad e innovación, respaldando el crecimiento de los negocios durante tiempos inciertos debido a su naturaleza ágil, elástica y escalable”, además, en el mismo artículo el Sid Nag, deja en claro que es un fenómeno apenas natural, ya que este tipo de implementaciones minimiza los riesgo y optimiza los costos de operación gracias a los diversos modelos de suscripción y/o servicios dispuestos hasta hoy [14].

Tabla 4 Modelos de pago en nube pública y privada

Modelo	Definición	Proveedores
Pago por uso	Los usuarios pagan solo por los recursos y servicios en la nube que consumen. Los costos se basan en el tiempo de uso, almacenamiento utilizado, transferencia de datos u otros medidores de consumo.	Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform
Suscripción	Los usuarios pagan una tarifa periódica fija para acceder a los servicios en la nube durante un período determinado.	Microsoft Azure, Google Cloud Platform, Salesforce
Modelos de precios por capas	Los proveedores ofrecen diferentes niveles de servicios y recursos con precios escalonados según el nivel de rendimiento, capacidad o características adicionales.	Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform
Modelo de oferta gratuita	Los proveedores ofrecen una capa gratuita con acceso	Amazon Web Services (AWS), Google Cloud

	limitado a servicios durante un período determinado.	Platform, IBM Cloud, Oracle Cloud, Alibaba Cloud, DigitalOcean, Heroku, Azure Free Services

Fuente: Elaboración propia

De otra parte es necesario enfatizar en las principales tendencias en segmentos de TI presentadas recientemente por el IDC en el evento virtual “IDC Roadmap Forum Latin America 2023”, donde IDC abordó las perspectivas macroeconómicas y su impacto en la industria TIC, los desafíos futuros que enfrenta el cambio constante en el sector TI, la era Digital-First, el impacto de la conectividad en las estrategias de las organizaciones y el papel de dispositivos de hardware en las empresas en los próximos años [15], donde es posible evidenciar el impacto económico de la TI y muy en especial del Cloud Computing, como se describe a continuación:

- El artículo menciona que el mercado de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en América Latina ha demostrado ser resiliente a los desafíos económicos, sociopolíticos y geopolíticos de la región en los últimos años. Según IDC Latinoamérica, se espera que las inversiones en tecnologías centradas en los negocios aumenten un 12.6% en 2023 y un 15.5% en 2026, a pesar de un crecimiento económico relativamente bajo.
- El mercado de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en Latinoamérica es pieza fundamental en el proceso de transformación digital. Se espera que los proyectos de nube hibrida sean los más resilientes y que la nube híbrida se equipare a la nube pública en términos de inversión para 2026.
- La era "Digital First" implica priorizar el uso de servicios digitales, y se identifican cuatro impulsores clave para el mercado de TI: la creación de modelos de negocios resilientes y competitivos, la inversión en aplicaciones y software, el crecimiento de los modelos "As a Service" y la inversión en seguridad digital, cuyo elemento común resulta el modelo de computación al reducir los costos de infraestructura, mejorar la eficiencia operativa y brindar flexibilidad y agilidad a las organizaciones. Estos beneficios han llevado a una mayor rentabilidad y a una mejor posición competitiva para las empresas que han adoptado esta tecnología y en especial a las organizaciones que se han aventurado en procesos de transformación digital.

- En 2023, se estima que aproximadamente el 30.4% de las empresas latinoamericanas invertirán en la nube pública, mientras que el 25.2% optará por la nube híbrida y el 11.7% por la nube privada. Sin embargo, para 2026, se prevé que las inversiones en la nube pública disminuyan al 29%, mientras que las inversiones en la nube híbrida aumenten al 28.8%, acercándose casi a un equilibrio. En cuanto a la nube privada, se espera un ligero crecimiento del 12.2% para 2026.

2.2 METODOLOGÍAS DE MIGRACIÓN DE SERVICIOS Y APLICACIONES A CLOUD COMPUTING

La migración a la nube es el proceso de trasladar aplicaciones, datos y recursos de TI de una infraestructura local a la nube y sus servicios subyacentes, cuya transición puede ofrecer beneficios significativos, como mayor flexibilidad, escalabilidad y reducción de costos como ya hemos visto.

Toda metodología de migración desencadena el desarrollo de una estrategia consistente para el traslado de las aplicaciones, datos y/o recursos de TI en un nuevo entorno de nube. En un contexto global, múltiples compañías han definido la existencia de 5 o 6 estrategias, que, bajo el concepto propio del autor, resultan más profunda y exactitud la definición aportada por Amazon, que se describirá en los siguientes apartados.

2.2.1 Estrategias de migración On-Premise – Cloud

Dentro del proceso de migración a un entorno Cloud presenta retos y desafíos, donde uno de los más relevantes se enfoca en la estrategia que asumirá la organización en su ruta de traslado. Es importante tener en mente que existen casos de uso de migración simples, donde no se requiere la modificación de las aplicaciones ni servicios que soportan la misma en su camino a la nube, pero, que por otro lado también existen casos de uso donde se requiere generar la migración de una aplicación cuya arquitectura fue desarrollada bajo el concepto monolítico basado en múltiples lenguajes de programación o servicios no estándar que no encajan en ninguna de la soluciones tradicionales de Cloud (IaaS, PaaS, SaaS) requiriendo un proceso que demanda mayor esfuerzo, costo y tiempo. Bajo esta premisa, múltiples fabricantes y/o prestadores de servicio han definido los llamados modelos de las 5, 6 o incluso 7R`s donde se describen las metodologías tradicionales que

los usuarios pueden emplear como estrategia de migración a la nube, aunque todas ellas utilizan como base la definición entregada por Gartner [16].

La descripción lógica del proceso definido por Amazon AWS, seleccionado como el de mayor profundidad, se puede evidenciar en la siguiente imagen:

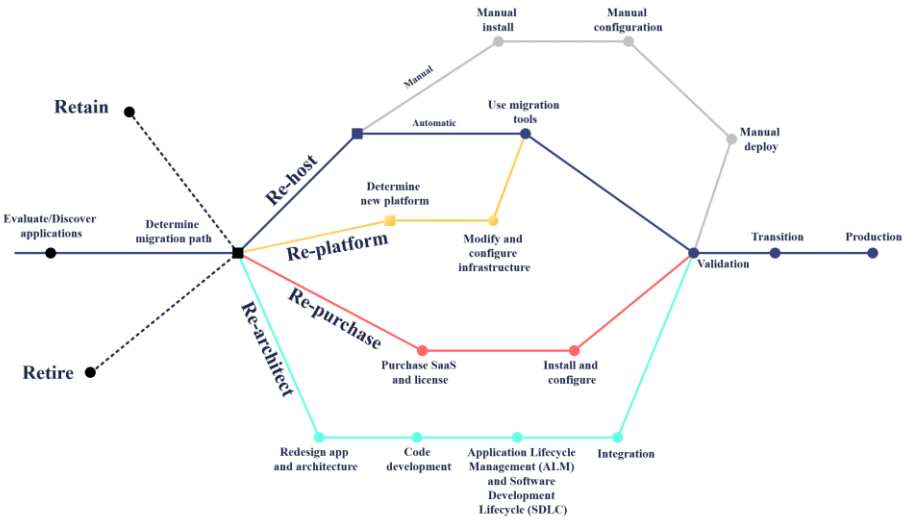


Imagen 7 AWS 6 R`s Migration Strategy,

Fuente: [17]

De otra parte, antes de abordar la definición de las 6 estrategias planteadas para la migración de servicios, hay que informar que difieren en su complejidad y en las oportunidades para optimizar los recursos migrados y el esfuerzo en términos de dinero y tiempo, lo que se puede evidenciar en la siguiente imagen.

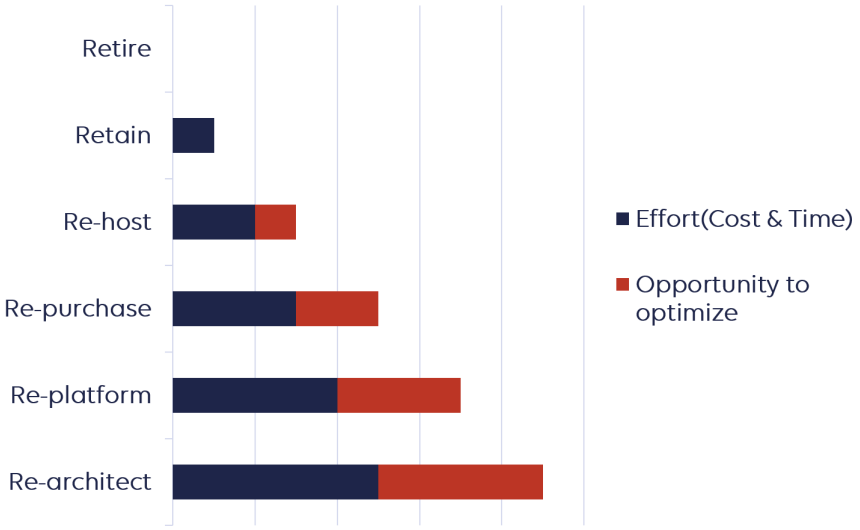


Imagen 8 Comparación 6 R`s Migration Strategy,

Fuente: [17]

2.2.1.1 Re-Hosting (Realojamiento)

El realojamiento, también conocido como "lift-and-shift" en inglés, es un término utilizado en el ámbito de la tecnología de la información y se refiere a la migración de una aplicación o sistema existente desde su entorno actual a otro sin realizar cambios significativos en la arquitectura o funcionalidad.

En el contexto de la informática en la nube, el realojamiento se utiliza comúnmente para describir el proceso de trasladar una aplicación o infraestructura desde un entorno local o de centro de datos a la nube, manteniendo la configuración y la estructura básica intactas. Básicamente, implica "levantar" la aplicación o sistema de su ubicación actual y "desplazarlo" a la nube.

Este enfoque se suele utilizar cuando las organizaciones desean aprovechar los beneficios de la nube, como escalabilidad, flexibilidad y disponibilidad, pero no desean cambios significativos en la aplicación o en su arquitectura existente. El objetivo principal del realojamiento es trasladar rápidamente una aplicación a la nube sin tener que realizar modificaciones importantes en el código o en la configuración.

Es importante considerar que el realojamiento puede no ser la estrategia óptima en todos los casos. Aunque puede proporcionar una migración más rápida y sencilla, puede limitar

las oportunidades de aprovechar las ventajas y funcionalidades específicas de la nube. En algunos casos, puede ser más beneficioso realizar una refactorización o replanteamiento de la arquitectura para optimizar el rendimiento y la eficiencia en la nube [18].

2.2.1.2 Replatforming (Replataformar)

Se refiere al proceso de migrar una aplicación o sistema a una nueva plataforma o pila de tecnología, al mismo tiempo que se realizan modificaciones o mejoras significativas en su arquitectura o funcionalidad, se conoce como la estrategia de “lift-tinker-and-shift.”

El objetivo de esta estrategia no es simplemente levantar la aplicación o sistema existente y migrarlo a un nuevo entorno, sino también modificar sus componentes, configuraciones o tecnologías subyacentes para optimizar el rendimiento, la escalabilidad u otros aspectos. Este proceso a menudo implica repensar la arquitectura, rediseñar ciertos módulos o reemplazar componentes obsoletos por alternativas más modernas.

Esta alternativa puede ser una decisión estratégica tomada para abordar diversas preocupaciones, como mejorar el rendimiento, modernizar sistemas heredados, aprovechar nuevas capacidades o alinearse con estándares de la industria. Permite a las organizaciones aprovechar los beneficios ofrecidos por una nueva plataforma, al mismo tiempo que se retienen características o funcionalidades esenciales del sistema existente [18].

2.2.1.3 Repurchasing (Recompra)

Se refiere a la decisión de abandonar un sistema existente y adquirir una solución completamente nueva de un proveedor externo o una nueva solución in-house. Este proceso implica la evaluación y comparación de las opciones disponibles en el mercado para determinar si es más ventajoso adquirir una nueva solución en lugar de continuar con el sistema actual. Esta decisión se basa en factores como el rendimiento, la funcionalidad, el costo, la escalabilidad y los requisitos comerciales actuales y futuros.

La recompra puede implicar la adquisición de una solución de software lista para usar, el uso de servicios en la nube o incluso la contratación de una empresa externa para desarrollar una solución personalizada. La idea principal es abandonar el sistema existente

y buscar una alternativa que se considere más adecuada para satisfacer las necesidades y objetivos de la organización y que esta se amolde a una arquitectura Cloud.

Al tomar la decisión de repurchasing, las organizaciones deben considerar cuidadosamente los costos asociados, tanto directos como indirectos, como los gastos de adquisición, implementación, formación y posible interrupción de las operaciones comerciales durante la transición. También es esencial evaluar las capacidades y limitaciones de las soluciones disponibles en el mercado para garantizar una elección acertada.

Esta puede ser una estrategia viable cuando el sistema existente no cumple con los requisitos comerciales, presenta limitaciones significativas o se encuentra en desuso. Sin embargo, también implica riesgos y desafíos, por lo que es importante realizar un análisis exhaustivo y considerar todas las implicaciones antes de tomar esta ruta de migración [18].

2.2.1.4 Refactoring / Re-architecting (Refactorización / Rearquitectura)

Estos enfoques permiten optimizar una aplicación o sistema existente para aprovechar al máximo los beneficios y las características de la nube. Cuando se trata de migrar una aplicación a la nube, la refactorización implica realizar cambios en el código y la estructura interna de la aplicación para que sea más compatible con los servicios y las características de la nube. Esto puede incluir la separación de componentes monolíticos en microservicios, la adopción de servicios gestionados de la nube para tareas específicas, la optimización de la escalabilidad horizontal o la reescritura de ciertas secciones de código para aprovechar mejor los recursos de la nube.

La re-arquitectura, por su parte, implica un cambio más sustancial en la estructura y el diseño del sistema para adaptarse a un entorno en la nube. Puede implicar la adopción de una arquitectura orientada a microservicios, el uso de servicios gestionados de la nube para componentes clave, la implementación de prácticas de escalabilidad automática o la introducción de nuevas tecnologías y paradigmas de desarrollo.

Estas estrategias tienen como objetivo mejorar la eficiencia, el rendimiento, la escalabilidad y la disponibilidad del sistema en el entorno de la nube. También permiten aprovechar las características específicas de la nube, como el almacenamiento escalable, el procesamiento distribuido, la tolerancia a fallos y la fácil integración con otros servicios.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que tanto la refactorización como la re-arquitectura requieren un análisis cuidadoso de los costos, el tiempo y los recursos involucrados. Estos enfoques pueden implicar cambios significativos en el código y la estructura existente, lo que puede llevar a desafíos adicionales en términos de planificación, pruebas y garantía de calidad [18].

2.2.1.5 Retire (Retirar)

Esta estrategia de migración a la nube implica el cese o la eliminación de una aplicación o sistema existente y la adopción de una nueva solución basada en la nube para satisfacer las necesidades de la organización. Esta estrategia se utiliza cuando el sistema existente ya no cumple con los requisitos comerciales, es obsoleto o presenta limitaciones significativas que dificultan su funcionamiento eficiente. En lugar de invertir en la actualización o modernización del sistema existente, se opta por retirarlo por completo y reemplazarlo con una nueva solución basada en la nube.

Esta estrategia ofrece beneficios como la capacidad de aprovechar las ventajas de la nube, como la escalabilidad, la flexibilidad y la disponibilidad. También puede proporcionar una oportunidad para adoptar nuevas tecnologías y enfoques arquitectónicos que pueden mejorar el rendimiento y la eficiencia. Sin embargo, es importante considerar que puede ser una decisión compleja y requiere un análisis cuidadoso de los costos, los riesgos y los beneficios asociados. También implica la planificación y ejecución de una transición suave para minimizar cualquier interrupción en las operaciones de la compañía.

Al considerar la estrategia de retirada, es esencial evaluar las necesidades actuales y futuras de la organización, así como la disponibilidad de soluciones basadas en la nube que se ajusten a esos requisitos. Además, es recomendable realizar una evaluación detallada de los costos y beneficios, incluyendo la migración de datos, la formación del personal y la gestión del cambio [18].

2.2.1.6 Retain (Retener)

Esta estrategia implica mantener ciertas partes o aspectos de una aplicación o sistema existente en su estado actual, en lugar de migrarlos completamente a la nube. Esta

estrategia se utiliza cuando ciertos componentes o funcionalidades del sistema actual no se benefician de la migración a la nube o no son adecuados para su traslado.

Al utilizar la estrategia de retener, se selecciona y conserva una parte del sistema existente en su entorno actual, mientras que otras partes se migran a la nube. Esto permite aprovechar los beneficios de la nube para los componentes migrados, como escalabilidad, elasticidad y disponibilidad, al tiempo que se mantienen intactas las funcionalidades o sistemas que no se benefician de la migración o son difíciles de adaptar a la nube.

Esta estrategia permite una migración gradual y controlada, evitando riesgos o desafíos asociados con la migración completa de todas las partes del sistema. Sin embargo, es esencial tener en cuenta los posibles efectos en la integración, la compatibilidad y la continuidad del sistema en su conjunto [18].

2.3 MARCO JURÍDICO COLOMBIANO CLOUD COMPUTING.

En este apartado es preciso revisar los avances generados por el gobierno nacional quien ha promovido durante los últimos años la transformación digital de nuestra nación, obteniendo avances significativos en materia de eficiencia administrativa, participación y habilitación de servicios ciudadanos por medios electrónicos, impulsados por nuevas herramientas tecnológicas, entre ellas la incorporación del modelo Cloud Computing, Big Data y tantos otros recursos de 4IR [19].

Además, es necesario destacar que el estado colombiano a través del documento “Guía con lineamientos generales para el uso de tecnologías emergentes” ha enfatizado la importancia de adoptar el modelo de computación en nube como se muestra a continuación: “La computación en nube puede mejorar y racionalizar los "servicios de administración electrónica" para satisfacer las demandas y expectativas de los ciudadanos, que están adoptando cada vez más las tecnologías digitales y móviles. También permite que los servicios gubernamentales aborden el aumento de las necesidades informáticas y de datos de forma flexible, escalable, integrada, rentable y segura” [3].

En tal sentido, el gobierno nacional tiene la misión de promover y fortalecer el gobierno digital para tener una relación eficiente entre el Estado y el ciudadano, que lo acerque y le solucione sus necesidades, a través del uso de datos y de tecnologías digitales, destacando

las siguientes actividades, conforme a lo dispuesto en el plan nacional de desarrollo, Colombia potencia mundial de la vida, Ley No. 2294, del 19 de mayo de 2023

- Impulsar el uso de software libre, código abierto y tecnologías digitales emergentes.
- Promover lo consolidación de una sociedad digital paro que todos los ciudadanos tengan las herramientas necesarias para hacer del Internet y de las tecnologías digitales un instrumento de transformación social.

Lo cual llega a complementar los alcances generados por el plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 (el cual proponía en su artículo 147 la necesidad de enfocarse hacia la transformación digital pública, priorizando los servicios en la nube), la ley de modernización de las TIC, el CONPES de transformación digital e inteligencia artificial, el Plan TIC, entre otros, los cuales se presentan y describen a continuación y que para el autor resultan de especial interés en el contexto local al respecto del Cloud Computing. Por temas de visualización se define dividir dos periodos de tiempo:

1995-2016

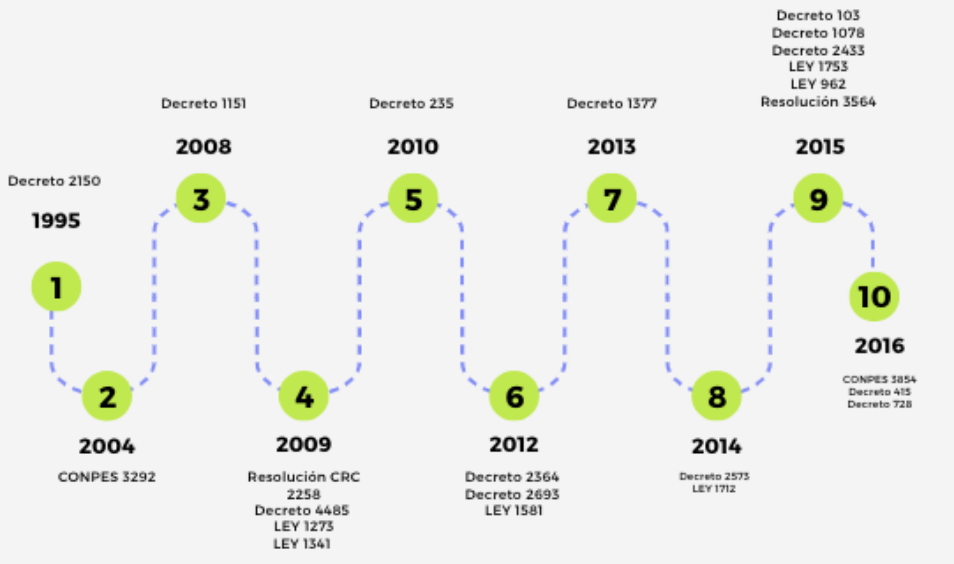


Imagen 9 Línea de tiempo normatividad sector TIC en Colombia 1995-2016
Fuente: Elaboración propia

2017-2023

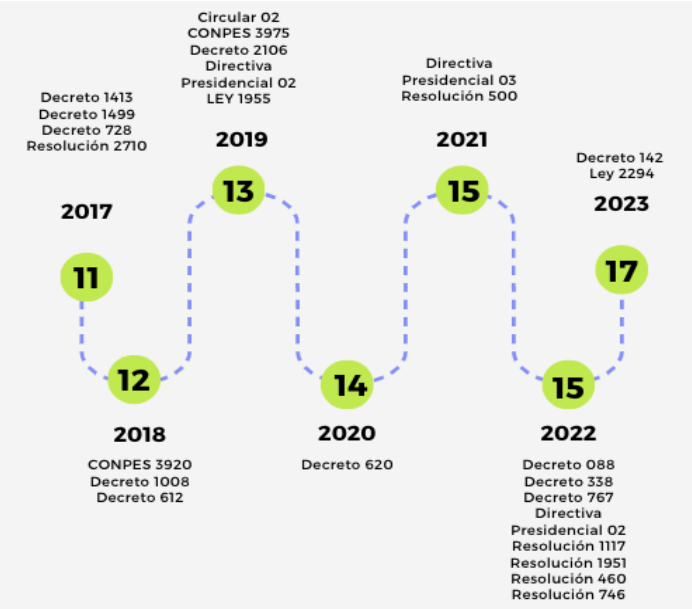


Imagen 10 Línea de tiempo normatividad sector TIC en Colombia 2017-2023
Fuente: Elaboración propia

2.3.1 CONPES 3072 de 2000, Agenda de conectividad

El documento presenta la propuesta generada por el MINTIC-DNP para masificar el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el país, con el objetivo de aumentar la competitividad del sector productivo, modernizar las instituciones públicas y de gobierno, y socializar el acceso a la información. El documento destaca la importancia de las TIC para el desarrollo económico, político, social y cultural de los países en vía de desarrollo, y en especial del Internet como herramienta al alcance de toda la comunidad. Se presentan lineamientos de política para la implementación de la Agenda de Conectividad, y se abordan aspectos como la infraestructura de telecomunicaciones, la promoción del uso de tecnologías de la información, la reglamentación de leyes existentes, la formación de recursos humanos, entre otros.

2.3.2 Decreto 1151 de 2008, Estrategia de gobierno en línea

Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en Línea de la República de Colombia, se reglamenta parcialmente la Ley 962 de 2005, y se dictan otras disposiciones. Este documento establece los lineamientos generales para la implementación de servicios en línea por parte de las entidades públicas. A través de este

documento, se establecen lineamientos para garantizar la seguridad de los datos personales de los ciudadanos, se regula la participación ciudadana en la implementación de la Estrategia de Gobierno en Línea. Además, la Estrategia de Gobierno en Línea fomenta la transparencia y la rendición de cuentas, al facilitar el acceso a la información pública de manera rápida y sencilla. Se establecen además condiciones para que los ciudadanos pueden acceder a documentos, informes y datos relevantes a través de los portales en línea de las entidades públicas.

En resumen, el Decreto 1151 de 2008 impulsa la modernización de los servicios públicos en Colombia, promoviendo la eficiencia, la transparencia y la participación ciudadana en la gestión gubernamental [20].

2.3.3 Ley 1341 de 2009

Es una ley que establece los principios y conceptos fundamentales para la organización y desarrollo de este sector en el país. Busca promover el acceso universal a las TIC, fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico, y garantizar la protección de los derechos de los usuarios.

La ley establece un marco general para la formulación de políticas públicas en el sector de las TIC, y establece la creación de un Fondo Único de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para financiar proyectos y programas relacionados con el sector.

En relación con la protección al usuario y la calidad del servicio, la ley establece disposiciones para garantizar la privacidad y seguridad de la información, la protección de los derechos de autor y la propiedad intelectual, y la calidad de los servicios de telecomunicaciones. También se establecen medidas para promover la competencia en el mercado de las TIC y para garantizar la accesibilidad de los servicios a personas con discapacidades y en zonas rurales y apartadas.

La Ley 1341 de 2009 es quizá una de las leyes más importante para el sector de las TIC en Colombia, ya que establece los principios y conceptos fundamentales para la organización y el desarrollo de este sector en el país, esta ley busca promover el acceso universal a las TIC, fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico, y garantizar la protección de los derechos de los usuarios [21].

2.3.4 LEY 1273 DE 2009

Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado -denominado “de la protección de la información y de los datos”- y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otras disposiciones. La Ley 1273 de 2009, conocida como la Ley de Delitos Informáticos en Colombia, establece disposiciones legales para prevenir, investigar y sancionar los delitos cometidos a través de medios informáticos y electrónicos. Los aspectos claves de esta ley se pueden resumir como:

- Objetivo: La ley tiene como objetivo proteger la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los sistemas y datos informáticos, así como prevenir y sancionar conductas delictivas relacionadas con el uso indebido de las tecnologías de la información y las comunicaciones.
- Delitos informáticos: La ley tipifica una serie de conductas ilícitas, entre las cuales se incluyen el acceso abusivo a sistemas informáticos, la interferencia en el funcionamiento de sistemas, la interceptación de datos informáticos, el daño informático, el uso de software malicioso, la violación de datos personales y otras acciones relacionadas.
- Responsabilidad: La ley establece que tanto las personas físicas como las jurídicas pueden ser responsables de cometer delitos informáticos. Las empresas pueden ser sancionadas por las conductas ilícitas realizadas por sus empleados en el ámbito de sus funciones.
- Investigación y sanciones: La ley establece los procedimientos para la investigación de los delitos informáticos, así como las sanciones correspondientes. Las penas varían dependiendo de la gravedad de la conducta, e incluyen multas y penas de prisión.
- Cooperación internacional: La ley promueve la cooperación y la asistencia judicial internacional en casos de delitos informáticos que involucren a más de un país. Facilita la colaboración entre autoridades nacionales e internacionales para la investigación y persecución de estos delitos.
- Prevención y concientización: La ley también establece la promoción de programas de prevención, concientización y capacitación en materia de delitos informáticos,

con el objetivo de fomentar el uso responsable y seguro de las tecnologías de la información [22].

2.3.5 CONPES 3650 de 2010. Importancia estratégica de la estrategia de gobierno en línea

El documento describe la estrategia de Gobierno en Línea en Colombia, que tiene como objetivo mejorar la eficiencia y transparencia del gobierno a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación. El informe incluye una descripción detallada de los servicios de Gobierno en Línea que se ofrecen en el país, como la plataforma de interoperabilidad, el Registro Sanitario Electrónico del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), el Registro Único de Afiliados a la Protección Social (RUAF) del Ministerio de la Protección Social y el Certificado Judicial en línea del Departamento Administrativo de Seguridad (DAS), entre otros.

También se describe la financiación del programa, que se realiza a través del Fondo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones e incluye recomendaciones del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Departamento Nacional de Planeación para mejorar la implementación y sostenibilidad de la estrategia de Gobierno en Línea en Colombia. En general, el informe es una fuente valiosa de información para comprender la estrategia de Gobierno en Línea en Colombia y su impacto en la eficiencia y transparencia del gobierno [23].

2.3.6 Decreto 1008 de 2018, Lineamientos generales de la política de gobierno digital

Establece los lineamientos generales para la implementación de la política de Gobierno Digital en Colombia. La política pretende garantizar la eficiencia en la prestación de servicios a los ciudadanos mediante la tecnología.

El documento busca lograr procesos internos seguros y eficientes en las entidades de la Administración Pública, promoviendo la adopción de tecnologías de la información y comunicación (TIC) para mejorar la gestión y la calidad de los servicios públicos. Además, se busca fomentar la toma de decisiones basadas en datos, promoviendo la generación, aprovechamiento y compartición de información pública.

La política de Gobierno Digital también busca empoderar a los ciudadanos, promoviendo su participación en la toma de decisiones y en el diseño de políticas y normas. Se busca facilitar el acceso a la información pública y promover la transparencia en la gestión pública. Además, el Decreto 1008 de 2018 establece la importancia de promover el desarrollo de territorios y ciudades inteligentes, impulsando la implementación de soluciones tecnológicas que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos y promuevan el desarrollo sostenible [24]

2.3.7 CONPES 3920 de 2018, política nacional de explotación de datos (Big Data)

La Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data) de Colombia es un documento aprobado por el Consejo Nacional de Política Económica y Social que busca establecer lineamientos para el uso ético y responsable de los datos en el país.

El documento contiene el marco jurídico aplicable, los antecedentes, referentes internacionales y la justificación de la presente política, el documento también presenta el marco conceptual con los conceptos básicos de la generación de valor por medio de datos, presentando también las cuatro situaciones principales a superar para aumentar la explotación de datos.

Este documento también define los objetivos de la política, las acciones para alcanzarlos y los responsables de cada una de ellas. Adicionalmente, incluye el esquema de seguimiento de la política y su financiamiento.

Entre los objetivos de la política se encuentran: fomentar la generación de valor a través de la explotación de datos, promover la innovación y el desarrollo tecnológico, mejorar la eficiencia y eficacia de la gestión pública, y garantizar la protección de los derechos de los ciudadanos en el uso de datos [25].

2.3.8 Ley 1978 de 2019

Por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones, La Ley 1978 de 2019 tiene como objetivo principal alinear los incentivos de los agentes y autoridades del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Colombia. Busca aumentar la certidumbre jurídica, simplificar y

modernizar el marco institucional del sector, así como focalizar las inversiones para cerrar efectivamente la brecha digital.

La ley también busca potenciar la vinculación del sector privado en el desarrollo de proyectos asociados, reconociendo su importancia en el avance y desarrollo de las TIC en el país. Se busca aumentar la eficiencia en el pago de las contraprestaciones y cargas económicas de los agentes del sector, promoviendo así un entorno favorable para la inversión y el crecimiento.

Además, la ley establece el derecho de todo colombiano al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, con el fin de garantizar el ejercicio pleno de derechos fundamentales como la libertad de expresión, el libre desarrollo de la personalidad, el acceso a la información veraz e imparcial, la educación y el acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y los valores culturales.

La ley establece la necesidad de programas que permitan el acceso y uso de plataformas de comunicación, especialmente Internet, para la población pobre y vulnerable, incluyendo a la población de 45 años y a la rural. Se promueve la creación de servicios TIC comunitarios que contribuyan al cierre de la brecha digital, la remoción de barreras a los usos innovadores y la promoción de contenidos de interés público y educación integral.

En cuanto a la regulación, la ley busca promover la inversión, la protección de los usuarios y la calidad de los servicios de comunicaciones, incluyendo los servicios de televisión abierta radiodifundida y de radiodifusión sonora. Se busca una regulación que sea económicamente eficiente, refleje altos niveles de calidad y promueva la simplificación regulatoria y la neutralidad de la red. Además, se busca incentivar la construcción de un mercado competitivo que desarrolle los principios orientadores de la libre competencia y la protección de los derechos de los usuarios.

En resumen, la Ley 1978 de 2019 busca modernizar y simplificar el marco institucional del sector de las TIC en Colombia, promoviendo la inversión, la protección de los usuarios y la calidad de los servicios de comunicaciones. Se busca cerrar la brecha digital y potenciar la vinculación del sector privado en el desarrollo de proyectos asociados, así como garantizar

el acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas para todos los colombianos [26].

2.3.9 CONPES 3975 de 2019, Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial en Colombia

Este documento presenta una visión clara y detallada sobre la transformación digital y el uso de la inteligencia artificial en el país.

El propósito central de esta política es aumentar el aprovechamiento de datos en Colombia, mediante el desarrollo de condiciones para que estos sean gestionados como activos generadores de valor social y económico en el país. La política tiene como objetivo potenciar la generación de valor social y económico en el país a través del uso estratégico de tecnologías digitales en el sector público y el sector privado, para impulsar la productividad y favorecer el bienestar de los ciudadanos, así como generar los habilitadores transversales para la transformación digital sectorial, de manera que Colombia pueda aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la Cuarta Revolución Industrial (4RI).

El documento CONPES establece objetivos específicos para la transformación digital en Colombia, como la promoción de la inclusión digital, la mejora de la eficiencia y transparencia del sector público, la innovación y el emprendimiento digital, la formación de talento humano en tecnología e inteligencia artificial, y la ciberseguridad y la protección de datos.

Además, el documento CONPES establece una serie de estrategias y acciones para lograr estos objetivos, incluyendo la creación de un marco legal y regulatorio para la transformación digital, la promoción de la inversión en tecnología y la innovación, la mejora de la infraestructura digital y la conectividad, la formación de talento humano en tecnología y la inteligencia artificial, y la promoción de la colaboración entre el sector público y privado [27].

2.3.10 DIRECTIVA PRESIDENCIAL 03 DE 2021, lineamientos para el uso de servicios en la nube, inteligencia artificial, seguridad digital y gestión de datos

Contiene directrices para el uso de servicios en la nube, inteligencia artificial, seguridad digital y gestión de datos en entidades públicas de la rama ejecutiva del orden nacional en Colombia. El objetivo es disminuir costos, acelerar la innovación y mejorar los procedimientos y servicios. Las directrices incluyen recomendaciones para la seguridad de la información, el uso de sistemas de IA, la evaluación y optimización de la gestión de recursos públicos, y el uso de tecnologías agnósticas y tecnológicamente neutrales. Las entidades de orden nacional destinatarias deben cumplir con las normas de la política de gobierno digital y elaborar un plan de implementación para el uso de servicios de nube [28].

2.4 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Es preciso mencionar que el Ministerio de Minas y Energía, se trata de una entidad del orden nacional creada mediante Decreto 968 del 18 de mayo de 1940 el cual estableció el Ministerio de Minas y Petróleos, reestructurado mediante el Decreto 0464 de 1951, el Decreto 0481 de 1952, el Decreto 636 del 10 de abril de 1974 con los cuales se modifica el nombre del Ministerio de Minas y Petróleos por el de Ministerio de Minas y Energía, obligada al cumplimiento de las directrices generadas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, según lo dispuesto en la Ley 1341 o Ley de TIC, donde se definen que este último será el encargado de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones bajo un modelo sostenible que genere desarrollo en todo el país.

En materia tecnológica el Ministerio de Minas y Energía definió a través del formato GT-C-01 del 19 de septiembre de 2019 la caracterización del proceso de gestión TIC, con el objetivo de apoyar el cumplimiento de la misión institucional desde el componente tecnológico alineados con las directrices del gobierno nacional. Además, y como resultado de este proceso, se definió el plan Estratégico de tecnologías de Información y Comunicación PETI 2020-2023, en el cual, entre otras, se define la iniciativa IT006 “Diseño e implementación del ambiente de nube para MINENERGIA”, la cual se sustenta en que, aunque la entidad ha avanzado en materia de transformación cultural y digital, no es posible definir con certeza la posibilidad o no de adoptar un modelo de operación cloud, motivo por

el cual no es posible adoptar el paradigma informático de computación en la nube, relegando sus procesos tecnológicos a un modelo de computación tradicional On-Premise con el subsecuente desconocimiento de políticas de orden nacional.

2.5 ACUERDO MARCO NUBE PUBLICA IV

El Acuerdo Marco de Precios para la contratación de Servicios de Nube Pública IV en Colombia es un acuerdo que busca establecer un marco de referencia para la adquisición de servicios de nube pública por parte de las entidades compradoras. Este acuerdo marco se celebra entre Colombia Compra Eficiente y los proveedores de servicios de nube pública, y tiene como objetivo principal garantizar la transparencia, la eficiencia y la calidad en la contratación de estos servicios.

El catálogo de servicios incluye diferentes opciones de almacenamiento, procesamiento y gestión de datos en la nube, lo que permite a las entidades compradoras seleccionar la opción que mejor se adapte a sus necesidades. Los precios se establecen de acuerdo con las características de los servicios y se actualizan periódicamente, lo que garantiza que los precios sean justos y competitivos.

Los proveedores de servicios de nube pública tienen ciertas obligaciones, como garantizar la seguridad y privacidad de los datos, proporcionar soporte técnico y cumplir con los requisitos legales y regulatorios. Además, deben proporcionar información sobre la sostenibilidad de las tecnologías de la información utilizadas y verificar la vinculación de personas con primer empleo y empleo joven.

Las entidades compradoras también tienen obligaciones, como realizar una evaluación previa de los proveedores, cumplir con los términos del acuerdo y pagar los servicios en los plazos establecidos. Además, deben cumplir con ciertos requisitos técnicos y de seguridad para poder utilizar los servicios de nube pública.

El acuerdo marco incluye cláusulas sobre solución de controversias, notificaciones, interpretación, disponibilidad presupuestal, lugar de ejecución y domicilio contractual, liquidación y firma. Estas cláusulas son importantes porque establecen los procedimientos y las condiciones para la ejecución del acuerdo marco.

Este acuerdo marco incluye información detallada sobre el objeto del acuerdo, el catálogo de servicios, los precios, las obligaciones de los proveedores y las entidades compradoras, entre otros aspectos importantes. Además, el acuerdo marco busca garantizar la transparencia, la eficiencia y la calidad en la contratación de servicios de nube pública en Colombia [4].

3 DEFINICIÓN MARCO DE REFERENCIA PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN EN NUBE

En esta etapa se presenta el desarrollo de la fase de establecimiento del marco de referencia que soportará el desarrollo del escenario de prueba para la definición de los mínimos que el Ministerio de Minas y Energía deberá contemplar para un eventual proceso de migración a nube pública.

3.1 CONCEPTUALIZACIÓN CONCEPTO MARCO DE REFERENCIA PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN EN NUBE

Antes de abordar el concepto de marco de referencia es necesario definir el concepto de adopción de la nube. Conforme la traducción del concepto generado por [29] la adopción de la nube (Cloud Adoption) se refiere un componente fundamental de la transformación digital, mediante el cual las organizaciones se ven abocadas a alinear la tecnología moderna y los modelos económicos actuales con la estrategia empresarial, sin perder de vista que el proceso de transformación requiere un enfoque que equilibre las opciones de costos y tecnología con la dirección de la empresa y los modelos de consumo derivados.

Visto esto, se puede definir que un marco de referencia para adoptar el modelo de operación en nube es un enfoque integral diseñado para facilitar la implementación y migración estratégica y estructurada, que debe considerar mejores prácticas, pautas y directrices que buscan acelerar la adopción de la nube y maximizar sus beneficios mientras se minimizan los riesgos asociados. Un marco consiste en etapas, actividades y recomendaciones que guían a las organizaciones mediante el proceso de adopción de la nube de manera organizada y coherente.

Analizando el trabajo de [30] referente al desarrollo de un marco de referencia para la adopción de la nube y conforme a la experiencia propia del autor, se definen los siguientes componentes clave que, en su conjunto, permiten la adopción exitosa del modelo de operación en nube publica:

- **Estrategia y Planificación:** En esta etapa inicial, las organizaciones definen su visión y objetivos en la nube, identifican las cargas de trabajo adecuadas para migrar y establecen un plan de acción detallado.
- **Preparación:** Aquí se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de la infraestructura existente y de la preparación de la organización para la adopción de la nube. Se abordan aspectos como la seguridad, la gobernanza y la capacitación del personal.
- **Adopción y Migración:** En esta etapa, se implementa la infraestructura y se lleva a cabo la migración de las aplicaciones y los datos a la nube, siguiendo un enfoque gradual y controlado.
- **Operación y Gobernanza:** Una vez que la adopción de la nube está en marcha, esta fase se enfoca en la optimización continua de las operaciones y la gobernanza de los recursos en la nube.
- **Gestión del Cambio y Optimización:** La última etapa se centra en la gestión del cambio organizacional y la optimización continua para asegurar la sostenibilidad y el éxito a largo plazo en la nube.

3.2 EXPLORACIÓN MARCOS DE REFERENCIA PARA LA ADOPCIÓN DEL MODELO DE OPERACIÓN EN NUBE PÚBLICA

Como se convino en secciones anteriores el CAF "Cloud Adoption Framework" es un enfoque integral diseñado para facilitar la implementación y migración a la nube de manera estratégica y estructurada, el cual, desde una perspectiva comercial resulta de interés para múltiples fabricantes y en general para los proveedores de servicio en la nube, quienes, bajo su propio enfoque han desarrollado diversos CAF. A continuación, presentaremos los CAF más relevantes conforme a la exploración generada por el autor.

3.2.1 Microsoft Cloud Adoption Framework

El Cloud Adoption Framework de Microsoft Azure proporciona una guía completa para facilitar la adopción de servicios en la nube de Microsoft. Esta metodología abarca diversos puntos, que se describen levemente en la siguiente imagen y que serán detallados secciones más adelante:

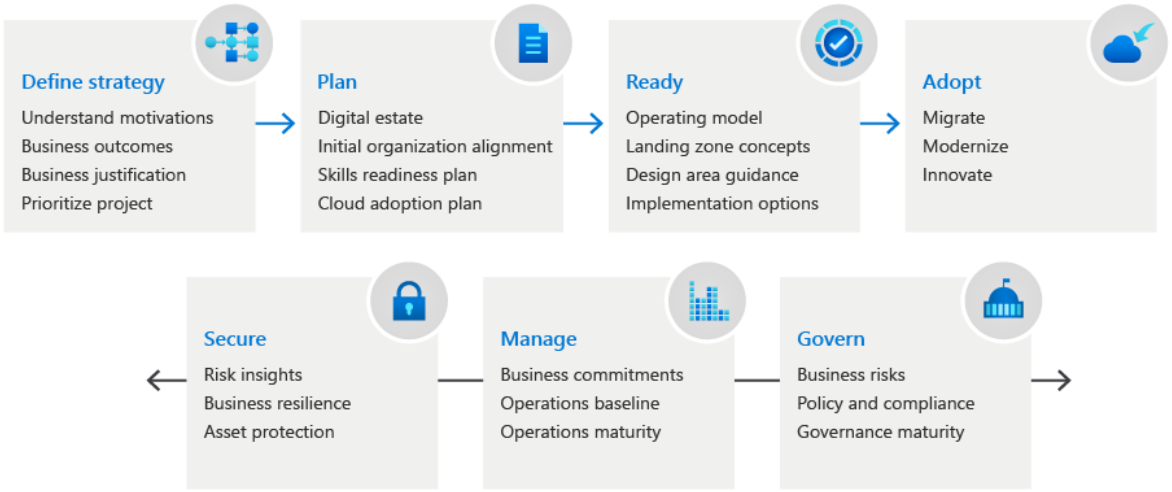


Imagen 11 Microsoft Cloud Adoption Framework (CAF)
Fuente: [31]

3.2.1.1 Fase 1. Definición Estrategia

Acorde con Microsoft, desarrollar una estrategia de adopción de la nube es un paso crucial para aprovechar al máximo las ventajas tecnológicas y los beneficios comerciales que ofrece la nube. En esta fase de se sugiere desarrollar los siguientes pasos:

- Definición y documentación de las motivaciones:

En esta etapa, es importante reunirse con las partes interesadas clave y la dirección de la empresa para identificar y documentar las razones detrás de la adopción de la nube. Estas motivaciones pueden incluir aumentar la agilidad empresarial, reducir costos, acelerar el tiempo de comercialización y expandirse a nuevos mercados. Es fundamental comprender claramente las necesidades y expectativas comerciales para asegurar que la estrategia de adopción de la nube esté alineada con los objetivos de la empresa.

- Documentación de los resultados empresariales:

En esta fase, se sugiere involucrar a las partes interesadas y a los ejecutivos a fin de documentar los resultados empresariales concretos que esperan lograr con la adopción de la nube. Estos resultados deben ser específicos, medibles y realistas, y pueden estar relacionados con eficiencias operativas, reducción de costos, crecimiento de ingresos, entre otros.

- Evaluación de consideraciones financieras:

En este paso, se analizará cómo la adopción de la nube puede aumentar la flexibilidad de la estructura de costos de TI. Es importante crear un caso empresarial sólido que muestre cómo la nube puede generar ahorros de costos, optimizar la utilización de recursos y permitir una mayor eficiencia en la gestión de la infraestructura. Este caso empresarial ayudará a respaldar la toma de decisiones y obtener el respaldo financiero necesario para la adopción de la nube.

- Descripción de las consideraciones técnicas:

En esta etapa, es fundamental explorar las capacidades técnicas y las ventajas que la nube ofrece para crear oportunidades de negocio. Esto implica identificar cómo la adopción de la nube puede mejorar la flexibilidad, la escalabilidad y la eficiencia en la entrega de servicios y aplicaciones. La comprensión de las capacidades técnicas de la nube ayudará a definir las estrategias y enfoques adecuados para la migración y el desarrollo de nuevas soluciones en la nube [32].

3.2.1.2 Fase 2. Planificación

Conforme a lo indicado en el CAF de Azure, el desarrollo de un plan de adopción de la nube es fundamental para convertir los objetivos comerciales en un enfoque práctico y viable para implementar la estrategia de adopción de la nube en una organización. El marco menciona una serie de ejercicios que pueden ser útiles para documentar y guiar este proceso. A continuación, se describen los ejercicios propuestos:

- Patrimonio digital:

En este ejercicio, se sugiere realizar un inventario y una racionalización del patrimonio digital de la organización. Esto implica identificar y evaluar los activos de TI actuales, aplicaciones, sistemas y datos que se encuentran en el entorno empresarial. El objetivo es alinear este patrimonio digital con las motivaciones y resultados empresariales previamente definidos. Esto permitirá identificar qué activos pueden migrarse o modernizarse en la nube, y cuáles podrían requerir ajustes o cambios para aprovechar los beneficios de la adopción de la nube.

- Alineación inicial de la organización:

En este ejercicio, se propone establecer un plan para lograr la alineación inicial de toda la organización con la estrategia de adopción de la nube. Esto implica comunicar los objetivos y beneficios de la adopción de la nube a todas las partes interesadas y crear conciencia sobre los cambios y oportunidades que conlleva la transición a la nube. La alineación adecuada es esencial para garantizar el apoyo y la cooperación de todos los equipos y departamentos involucrados.

- Plan de preparación de las aptitudes:

En esta fase, se sugiere desarrollar un plan para abordar cualquier carencia en las habilidades y capacidades técnicas necesarias para la adopción de la nube. La capacitación y el desarrollo de habilidades son esenciales para garantizar que el personal de TI tenga las competencias necesarias para trabajar en entornos en la nube y aprovechar al máximo las tecnologías y servicios ofrecidos. El plan de preparación de aptitudes puede incluir capacitaciones, certificaciones y recursos de aprendizaje para el equipo de TI.

- Plan de adopción de la nube:

Este ejercicio se centra en el desarrollo de un plan detallado para la adopción de la nube en la organización. El plan debe abordar los cambios necesarios en el patrimonio digital, las habilidades y la organización en su conjunto para asegurar una transición exitosa a la nube. Debe incluir un cronograma, roles y responsabilidades, así como indicadores clave de rendimiento (KPI) para evaluar el progreso y el éxito de la adopción de la nube.

3.2.1.3 Inicio de la adopción – Creación zona de aterrizaje

Conforme a lo indicado por Microsoft, la creación de una zona de aterrizaje es un paso crucial para iniciar la adopción de la nube de manera estructurada y organizada. Esta zona de aterrizaje servirá como el entorno inicial donde se hospedarán las cargas de trabajo que se integrarán o migrarán a la nube. El framework menciona una serie de ejercicios que pueden guiar el proceso de creación de esta zona de aterrizaje. A continuación, se describen los pasos mencionados:

- Modelo operativo en la nube:

En este paso, se debe explorar y definir el modelo operativo adecuado que respaldará la adopción de la nube. Esto implica definir cómo se administrarán y operarán los recursos en la nube, incluyendo aspectos como la gestión de identidad y acceso, monitoreo, seguridad y gobierno. El modelo operativo debe alinearse con las prácticas y estándares de la organización y establecer roles y responsabilidades claras para el equipo de operaciones en la nube.

- Zonas de aterrizaje de Azure:

En este ejercicio, se debe obtener información sobre la arquitectura conceptual de la zona de aterrizaje de Azure y el acelerador de la zona de aterrizaje de Azure. La zona de aterrizaje de Azure es una arquitectura recomendada que ayuda a implementar un entorno de aterrizaje inicial en Azure de manera rápida y segura. El acelerador de la zona de aterrizaje de Azure proporciona plantillas y herramientas predefinidas para implementar esta arquitectura.

- Recorrido a la arquitectura de destino:

En esta fase, se debe validar el punto de partida para la implementación de la zona de aterrizaje en la nube. Esto implica considerar tres conceptos básicos: inicio, alineación y mejora. "Inicio" se refiere a la identificación del punto de partida actual en términos de infraestructura y cargas de trabajo. "Alineación" implica asegurarse de que la arquitectura de destino esté alineada con los objetivos comerciales y técnicos de la organización. Y "mejora" significa identificar oportunidades para optimizar y mejorar la infraestructura y las aplicaciones en la nube.

- Áreas de diseño de la zona de aterrizaje de Azure:

Este ejercicio se centra en el proceso y las instrucciones para diseñar la zona de aterrizaje de Azure. El diseño de la zona de aterrizaje debe tener en cuenta aspectos como la seguridad, el rendimiento, la disponibilidad y la escalabilidad de la infraestructura en la nube. Se deben seguir las mejores prácticas y recomendaciones de Azure para garantizar un diseño sólido y eficiente [33].

3.2.1.4 Adopción de la nube

En esta sección se describe la metodología de adopción de la nube en Azure, que se centra en cuatro procesos principales: migrar, modernizar, innovar y reubicar cargas de trabajo en la nube. Cada proceso se alinea con diferentes fases en el recorrido de adopción de la nube, y cada uno tiene objetivos, soluciones y ventajas distintas. A continuación, se proporciona una descripción general de cada uno de los procesos:

- Migrar:

La migración implica cambiar las cargas de trabajo existentes a la nube de Azure. Existen diferentes tipos de migración, y la guía de migración ayuda a elegir la estrategia de migración más adecuada según los objetivos de la organización.

  - **Metas:** Satisfacer las demandas empresariales, abandonar el entorno local y alinearse con los principios del Well-Architected Framework de Azure.
  - **Soluciones:** Adoptar soluciones en la nube que satisfagan las necesidades empresariales específicas.
  - **Ventajas clave:** Mejorar la seguridad, la confiabilidad, el rendimiento y las operaciones mediante el uso de soluciones administradas. Integre fácilmente nuevas soluciones y patrones de diseño sin la necesidad de adquirir, administrar y proteger hardware.

- Modernización:

La modernización implica según Microsoft, mejorar las cargas de trabajo existentes para mejorar las operaciones, aumentar la eficiencia, acelerar el desarrollo y reducir el costo total de propiedad. La modernización tiende a moverse hacia soluciones de plataforma como servicio (PaaS) para mejorar el negocio a gran escala.

  - **Objetivos:** Reducir la deuda técnica y modernizar tanto las aplicaciones como las plataformas de datos.
  - **Soluciones:** Integrar otros servicios y modificar el código para cumplir con los objetivos empresariales.

- **Ventajas clave:** Optimizar el costo, la seguridad, la confiabilidad, el rendimiento y las operaciones para aumentar la productividad. No es necesario mantener la infraestructura subyacente, lo que permite centrarse en el negocio principal.

- Innovación:

El enfoque de innovación implica adoptar tecnologías nativas de la nube para crear soluciones centradas en el cliente que transforman rápidamente los resultados empresariales.

- **Objetivos:** Cambiar la posición de un negocio o de las soluciones técnicas y encontrar reproducciones innovadoras de los datos.
- **Soluciones:** Adoptar funcionalidades de datos y aplicaciones para empoderar la adopción y crear herramientas predictivas.
- **Ventajas clave:** Mejorar el análisis predictivo, el rendimiento y la capacidad de adaptación para lograr resultados empresariales transformadores.

- Reubicar:

La reubicación se refiere a mover una carga de trabajo de una región de Azure a otra. Se afirma que es posible reubicar una carga de trabajo en cualquier momento después de la migración inicial. Las evaluaciones de reubicación deben ser una parte normal del ciclo de vida de la carga de trabajo para asegurar que evolucione según las necesidades empresariales.

- **Objetivos:** Responder a los cambios empresariales, expandir la presencia global, cumplir con los requisitos de soberanía y residencia de datos, y proporcionar una menor latencia a los usuarios finales.
- **Soluciones:** Adoptar la ubicación, los servicios y las funcionalidades de una nueva región de Azure.
- **Ventajas clave:** Responder a los cambios empresariales, expandir la presencia global, cumplir con los requisitos de soberanía y residencia de

datos, y proporcionar una menor latencia a los usuarios finales al mover la carga de trabajo a otra región de Azure.

Según se informa, estos procesos y enfoques ayudan a las organizaciones a adoptar la nube de manera efectiva y estratégica, permitiendo que aprovechen al máximo los beneficios y capacidades que ofrece Azure para sus necesidades comerciales [34].

3.2.1.5 Gobernanza en Microsoft Cloud Adoption Framework para Azure

El artículo destaca la importancia de la gobernanza en la adopción de la nube y cómo los nuevos paradigmas tecnológicos que surgen al adoptar la nube cambian la forma en que se adoptan, administran y gobiernan las tecnologías de una organización. La gobernanza de la nube es un proceso iterativo y debe complementar las directivas corporativas existentes que rigen los entornos de TI locales.

Para ayudar a las organizaciones a crear una base sólida de gobernanza en la nube, se proporcionan una serie de ejercicios y guías prácticas, las cuales se describen a continuación:

- Establecer una metodología:

Se sugiere establecer un conocimiento básico de la metodología que promueve la gobernanza en la nube, como la proporcionada por el Cloud Adoption Framework. Ya que esta metodología ayudará a pensar en la solución de estado final y cómo implementar adecuadamente la gobernanza en la nube.

- Usar la herramienta de banco de pruebas de la gobernanza:

Se recomienda evaluar tanto el estado actual como el futuro para establecer una visión clara del panorama de aplicación del marco de gobernanza. Esta herramienta puede proporcionar una comprensión completa de cómo la gobernanza de la nube se integrará y evolucionará con el tiempo.

- Establecer una base de gobernanza inicial (MVP):

Comience el recorrido de la gobernanza de la nube con un pequeño conjunto de herramientas de gobernanza de fácil implementación, que se denomina Mínimo Producto

Viable (MVP). Esto permitirá comenzar de manera gradual y efectiva con la gobernanza de la nube.

- Mejorar la base de gobernanza inicial:

Conforme se implementa el plan de adopción de la nube, se deben agregar controles de gobernanza iterativos para abordar riesgos tangibles según la organización avanza hacia el estado final de gobernanza en la nube.

Según Microsoft, el contenido de la guía de gobernanza se presenta con dos propósitos: proporcionar ejemplos prácticos de guías de gobernanza que representan experiencias comunes que los clientes encuentran a menudo, y ayudar a crear soluciones de gobernanza personalizadas que cubran diversas necesidades empresariales.

El contenido de la guía de gobernanza afecta a múltiples áreas y equipos en la organización, como seguridad de TI, gobernanza de TI, finanzas, responsables de línea de negocio, redes, identidad y adopción de la nube. Los arquitectos de la nube juegan un papel clave como líderes de pensamiento y facilitadores para reunir a estas audiencias y tomar decisiones adecuadas para la transformación empresarial que impulsa la nube [35].

3.2.1.6 Administración de la nube en Cloud Adoption Framework

La fase de operaciones en la adopción de la nube es crucial para mantener el funcionamiento continuo y exitoso de los recursos digitales en la nube, lo que resulta en resultados empresariales tangibles. Para prepararse y desarrollar una estrategia solida de administración de la nube, el Cloud Adoption Framework sugiere esta serie de ejercicios:

- Definición de los compromisos empresariales:

Documentar las cargas de trabajo admitidas y establecer los compromisos operativos con la empresa. Se deben acordar las inversiones en administración de la nube para cada carga de trabajo en función de sus necesidades y requisitos específicos.

- Establecimiento de una base de referencia de administración:

Es necesario bajo este proceso que se definan los grados de importancia de las cargas de trabajo y las herramientas de administración de la nube necesarias para proporcionar el

nivel mínimo de compromiso con la administración de operaciones. Esta base de referencia servirá como punto de partida para garantizar una administración efectiva.

- Expansión de la base de referencia de administración:

Busca que el cliente aproveche los procedimientos recomendados para implementar las herramientas de administración de la nube necesarias en función de los compromisos empresariales y las decisiones operativas. Esto permitirá optimizar y mejorar la administración de las cargas de trabajo en la nube.

- Operaciones avanzadas y principios de diseño:

En el caso de plataformas o cargas de trabajo que requieran un mayor nivel de compromiso empresarial, es posible que se necesite una revisión más profunda de la arquitectura para cumplir con los compromisos de resistencia y confiabilidad. Esto implica aplicar principios de diseño avanzados para garantizar un funcionamiento óptimo.

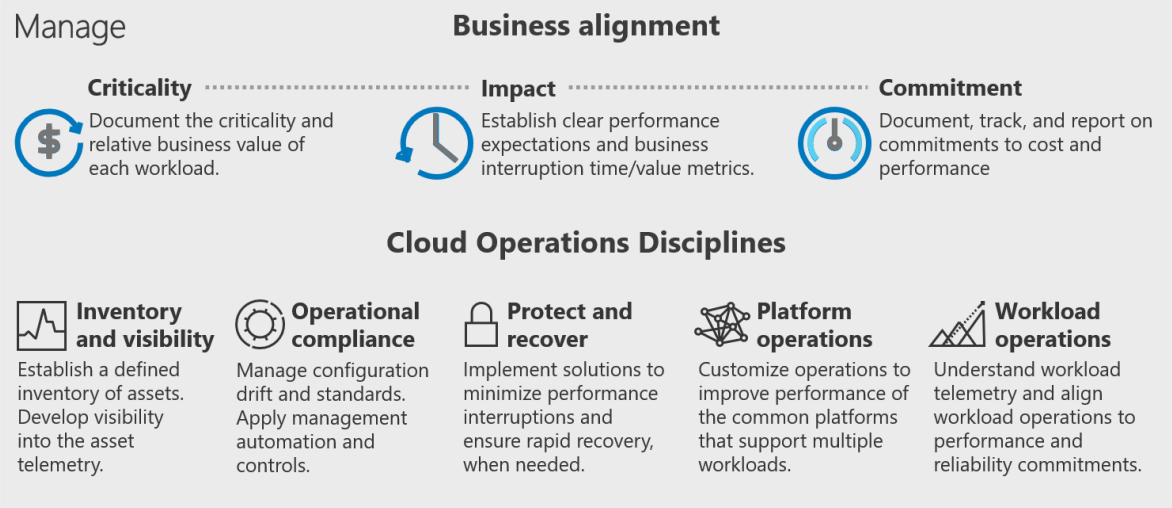


Imagen 12 Enfoque de administración y operación Microsoft Cloud Adoption Framework (CAF)
Fuente: [36]

La metodología de administración del Cloud Adoption Framework reconoce que no todas las cargas de trabajo son igualmente críticas, y, por lo tanto, se deben adaptar los enfoques de administración en función de las necesidades empresariales de cada una. Además, se proporcionan ejemplos prácticos y soluciones personalizadas para ayudar a los equipos de operaciones en la nube a implementar una administración efectiva [36].

3.2.1.7 Seguridad en Microsoft Cloud Adoption Framework para Azure

La seguridad en la nube es un proceso continuo de progreso y madurez incremental, no un destino estático. La seguridad en la nube debe ser un recorrido en el que se busca mejorar y madurar constantemente, no considerarse un objetivo final.

Para guiar este recorrido de seguridad, la metodología de seguridad proporciona una visión del estado final completo, lo que ayuda a mejorar el programa de seguridad a lo largo del tiempo. El objeto visual presentado en la metodología muestra cómo la seguridad se integra con la organización en general y destaca las diferentes áreas temáticas de la seguridad.

El Cloud Adoption Framework (CAF) se utiliza como guía para aportar claridad a los procesos, procedimientos recomendados, modelos y experiencias en el recorrido de seguridad. Las instrucciones y recomendaciones de CAF están basadas en lecciones aprendidas, experiencias reales de clientes y el trabajo conjunto con organizaciones relevantes como NIST, The Open Group y Center for Internet Security (CIS) [37].

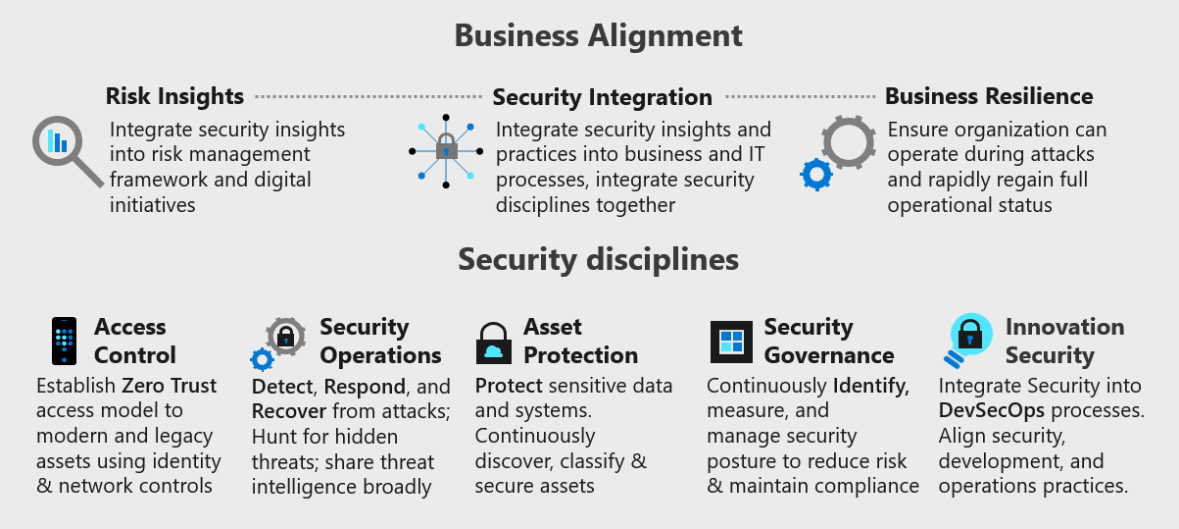


Imagen 13 Modelo seguridad Microsoft Cloud Adoption Framework (CAF)
Fuente: [37]

3.2.1.8 Administración de la alineación de la organización

Esta fase trata sobre la administración de la alineación organizativa en el contexto de la adopción de la nube. Se menciona que, para llevar a cabo la adopción de la nube de manera exitosa, es necesario tener una estructura organizativa adecuada y personas con las

habilidades y roles adecuados. El artículo presenta un enfoque en cuatro pasos para establecer y mantener las estructuras organizativas adecuadas:

- Tipo de estructura: Define el tipo de estructura organizativa que mejor se adapte al modelo operativo de la empresa. Esto puede incluir estructuras jerárquicas tradicionales o equipos virtuales ágiles, o una combinación de ambos para lograr los objetivos de transformación.
- Funciones de la nube: Comprende la funcionalidad específica de la nube que se necesita para adoptarla y trabajar en ella. Enumera una serie de funciones necesarias para la adopción de la nube, como la estrategia de la nube, adopción de la nube, gobernanza de la nube, operaciones en la nube, seguridad en la nube, entre otras.
- Estructuras de equipo maduras: Define los equipos que pueden proporcionar las diversas funciones necesarias para la adopción de la nube. Esto implica identificar los equipos existentes o crear nuevos equipos virtuales para abordar estas funciones.

La estrategia también menciona el ciclo de madurez de la organización, que indica que a medida que aumentan las necesidades de adopción de la nube, es necesario equilibrar y estructurar adecuadamente los equipos para satisfacer esas necesidades. La madurez de las estructuras organizativas puede evolucionar con el tiempo y puede seguir un proceso de madurez que se detalla en otro artículo [38].

3.2.1.9 Herramientas y plantillas

De manera general el Cloud Adoption Framework (CAF) de Azure proporciona una variedad de herramientas y recursos para ayudar a las organizaciones en su proceso de adopción de la nube, cubriendo las etapas descritas anteriormente. A continuación, se presenta una lista de algunos de los recursos y herramientas disponibles que bajo el concepto del autor resultan más interesantes:

- Plantillas de arquitectura: Azure ofrece una amplia variedad de plantillas de arquitectura que ayudan a diseñar soluciones en la nube según las mejores prácticas recomendadas.

- Herramientas de migración: Azure proporciona herramientas para facilitar la migración de cargas de trabajo existentes a la nube. Ejemplos de estas herramientas son Azure Migrate, Azure Site Recovery y Azure Database Migration Service.
- Herramientas de gestión: Azure ofrece una serie de herramientas de gestión para monitorear, optimizar y administrar recursos en la nube, como Azure Monitor, Azure Advisor y Azure Cost Management.
- Blueprints de Azure Policy: Los blueprints de Azure Policy ayudan a implementar y auditar la adopción de las políticas y estándares de gobierno en la nube.
- Plantillas de ARM (Azure Resource Manager): Azure Resource Manager permite definir la infraestructura como código y desplegar recursos en la nube de manera predecible y repetible.
- Azure Landing Zones: Son plantillas predefinidas y personalizables que proporcionan arquitecturas de referencia para entornos comunes de la nube, lo que acelera el proceso de creación de nuevos entornos.
- Documentación y guías técnicas: Microsoft ofrece una extensa documentación y guías técnicas sobre el Cloud Adoption Framework y las mejores prácticas para cada fase del proceso de adopción de la nube.
- Azure Policy: Permite definir y aplicar políticas de gobernanza en la nube para asegurar que los recursos cumplan con los estándares y requerimientos establecidos.
- Microsoft Learn: Plataforma de aprendizaje que ofrece módulos y cursos específicos sobre el Cloud Adoption Framework y otras tecnologías de Azure.
- Microsoft Cloud Adoption Framework for Azure GitHub repository: Repositorio en GitHub que contiene documentación, ejemplos, plantillas y recursos adicionales relacionados con el CAF de Azure.

El listado completo de herramientas y planillas disponibles puede ser consultado en el sitio de Microsoft Learn [39].

3.2.2 AWS Cloud Adoption Framework (AWS CAF)

El AWS Cloud Adoption Framework (AWS CAF) es un marco desarrollado por Amazon Web Services (AWS) para guiar a las organizaciones en su proceso de adopción de la nube de

manera eficiente y exitosa. Este marco se basa en la experiencia y las prácticas recomendadas de AWS y se centra en impulsar la transformación digital y la obtención de resultados empresariales mediante el uso innovador de la plataforma AWS.

El AWS CAF se enfoca en identificar las capacidades organizativas fundamentales para lograr una exitosa transformación en la nube. Estas capacidades son agrupadas en seis perspectivas:

- **Comercial:** Esta perspectiva se concentra en identificar oportunidades de transformación que impulsen el valor empresarial y mejoren la eficiencia y la rentabilidad a través de la nube.
- **Personas:** En esta perspectiva, se considera la importancia de la preparación del equipo y la cultura organizativa para gestionar y aprovechar adecuadamente los recursos de la nube.
- **Gobernanza:** Se enfoca en establecer un marco de gobierno que garantice la adopción segura y eficiente de la nube, así como la gestión adecuada de los recursos y costos.
- **Plataforma:** Esta perspectiva abarca el diseño y la implementación de la infraestructura en la nube, asegurando que la arquitectura sea adecuada para las necesidades de la organización.
- **Seguridad:** Se concentra en garantizar la protección de los datos y activos de la organización en la nube, implementando medidas de seguridad adecuadas.
- **Operaciones:** En esta perspectiva, se aborda la gestión y operación de los servicios en la nube, asegurando la continuidad del negocio y el rendimiento óptimo.

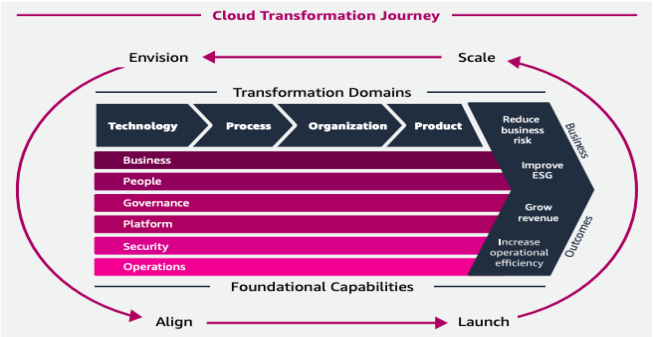


Imagen 14 AWS Cloud Adoption Framework (CAF)
Fuente: [40]

Según AWS, al utilizar el AWS CAF, las organizaciones pueden identificar y priorizar las oportunidades de transformación, evaluar y mejorar su preparación para la nube y evolucionar de manera iterativa su plan de desarrollo. El marco proporciona una guía integral que ayuda a las partes interesadas funcionales a trabajar juntas para lograr una exitosa adopción de la nube y obtener los máximos beneficios de las soluciones de AWS.

Durante el resto del capítulo, se analizarán las recomendaciones generadas por AWS por cada perspectiva a analizar.

3.2.2.1 Perspectiva Comercial

La perspectiva comercial o de negocio, busca garantizar que las inversiones en la nube impulsen las ambiciones de transformación digital y los resultados empresariales alineados. Esta perspectiva comprende ocho capacidades, y sus interesados comunes incluyen CEO, CFO, COO, CIO, CMO, CPO y CTO [41].

Imagen 15 AWS perspectiva comercial
Fuente:[41]

A continuación, se describe la comprensión y acciones sugeridas por AWS al respecto de estas 8 capacidades:

- **Strategy management**

Se enfoca en el desarrollo y la implementación de una estrategia para aprovechar la nube y lograr ventajas competitivas en un entorno empresarial en constante cambio, mediante el desarrollo de las siguientes etapas:

Inicio: Se sugiere identificar metas y valores a largo plazo que estén enraizados en una comprensión profunda del entorno externo y una evaluación detallada de las capacidades y recursos de la organización. Se destaca la importancia de evaluar el entorno externo, incluyendo desarrollos tecnológicos, expectativas cambiantes de los clientes, cambios regulatorios y comportamiento de proveedores y competidores. La estrategia debe articular cómo la organización utilizará sus capacidades para desplegar sus recursos en el entorno externo para alcanzar sus metas a largo plazo.

Avance: Una vez que se ha desarrollado una estrategia y se ha incorporado la tecnología en el modelo de negocio actual, se sugiere explorar cómo utilizar la tecnología para reimaginar la estrategia empresarial y dar forma al modelo operativo. Se destaca la importancia de considerar oportunidades de asociaciones estratégicas y colaboración para crear valor. Además, se menciona el desarrollo de una estrategia de investigación y desarrollo (I+D) para acelerar la innovación.

Excelencia: Se enfatiza en el uso de la tecnología para definir la estrategia corporativa y crear nuevos negocios digitales. También se anima a anticipar las necesidades de los clientes y explorar cómo los productos y servicios habilitados por la tecnología pueden ayudar a entrar en nuevos segmentos de mercado e industrias. Se sugiere considerar el lanzamiento de nuevos negocios o participar en ecosistemas empresariales existentes. Se resalta la importancia de tener una estrategia clara de transformación digital que describa el camino para alcanzar el estado deseado y secuenciar las iniciativas estratégicas con el objetivo de obtener retornos rápidos.

Seguimiento y Comunicación: Para asegurar el éxito de la estrategia, se recomienda hacer un seguimiento de su progreso y rendimiento contra los objetivos cuantitativos establecidos. Se sugiere utilizar un marco integrado, como el "balanced scorecard", para armonizar objetivos financieros y no financieros. Además, se destaca la importancia de

comunicar de manera continua la estrategia, las iniciativas y los objetivos a todos los empleados para promover el entendimiento y la alineación en toda la organización.

- **Portfolio management**

AWS proporciona información sobre la gestión de portafolios desde una perspectiva Cloud, destacando cómo priorizar productos e iniciativas en línea con la intención estratégica, la eficiencia operativa y la capacidad para entregar resultados. El desarrollo de esta gestión se describe a continuación:

Inicio: La gestión de portafolios comienza con un análisis del portafolio de productos y servicios de la organización. Este análisis ayuda a categorizar los productos en diferentes secciones e implementar la acción adecuada. Se debe evaluar si los productos o servicios se alinean con los objetivos a corto y largo plazo de la organización. También se debe evaluar el ciclo de vida de cada producto para priorizar y tomar decisiones adecuadas.

Avance: A medida que se avanza en la gestión de portafolio, se deben considerar oportunidades de innovación estratégica, modernización y migración utilizando la nube. Se debe crear una hoja de ruta para el portafolio de tecnología considerando resultados a corto y largo plazo, así como oportunidades de bajo riesgo (probadas) y alto riesgo (experimentales). También se destaca la importancia de una organización impulsada por productos que tenga la cultura, capacidades y estructuras necesarias para mantener un portafolio de productos que entregue valor al cliente y genere ingresos de manera rentable.

Excelencia: Para lograr la excelencia en la gestión de portafolio, se deben escalar e impulsar la innovación de productos de manera sostenible. Se recomienda implementar un programa de innovación abierto que incluya etapas de ideación, piloto, escalamiento y sostenibilidad. Además, se enfatiza en la realización de beneficios y el seguimiento de iniciativas priorizadas para asegurar que realmente agreguen valor a la empresa. La toma de decisiones basadas en datos es fundamental para el éxito de la estrategia de cartera, y se debe establecer y supervisar metas y prioridades de negocios a nivel ejecutivo. La excelencia en la entrega estratégica se logra mediante fuertes capacidades de implementación, cambios organizacionales exitosos y enfoque constante en la innovación.

- **Innovation Management**

El recurso aborda la gestión de la innovación, resaltando la importancia de la capacidad de innovar para el éxito a largo plazo de las organizaciones. Se enfatiza en la necesidad de construir una cultura, estructura y capacidades organizacionales que fomenten la innovación desde todos los rincones de la organización y que permitan utilizar la tecnología para resolver los problemas de los clientes. Los principales puntos que se abordan son:

Inicio: Se debe identificar por qué se quiere transformar la organización en una más innovadora. Es fundamental establecer el apoyo de nivel ejecutivo desde el principio y buscar líderes influyentes que puedan patrocinar los esfuerzos de innovación. Se sugiere realizar una auditoría de las capacidades de innovación actuales de la organización y comprender cómo se lleva a cabo la innovación en diferentes partes de la organización. A través de la recopilación de datos e información, se identifican obstáculos a la innovación y se crea una hoja de ruta para las próximas acciones.

Avance: Para avanzar en el programa de gestión de la innovación, se recomienda identificar oportunidades clave y grandes ideas para implementar mecanismos de innovación y llevar productos o ideas al mercado. Se enfatiza en el enfoque centrado en el cliente, donde se identifican desafíos clave de los clientes y se desarrollan los mínimos productos viables (MVP). Se sugiere invertir en la formación de equipos multidisciplinarios para escalar los mecanismos de innovación y fomentar la colaboración con el entorno externo de la organización para obtener nuevas ideas.

Excelencia: El objetivo final es incorporar una cultura de innovación en la organización para impulsar la innovación a gran escala. Se destaca la importancia de la paciencia, ya que la transformación a esta escala toma tiempo y suele requerir cambios técnicos y organizativos significativos. Se sugiere revisar la estructura organizativa, los sistemas de recompensa y los mecanismos para asegurarse de que respalden la agenda de innovación. También se alienta a identificar internamente a los innovadores y agentes de cambio para que se conviertan en defensores del programa de innovación y se les capacite para facilitar la formación a gran escala.

- **Product Management**

En esta sección se aborda la gestión de productos y presenta una serie de principios que ayudan a construir una capacidad madura de gestión de productos centrada en el cliente. Los principios se dividen en tres categorías: inicio, avance y excelencia.

Inicio: se resalta la importancia de trabajar hacia atrás desde el cliente para maximizar el valor, identificando problemas reales de los clientes y utilizando datos para validar hipótesis y encontrar soluciones. También se enfatiza en centrarse en resolver problemas de los clientes y mantener un backlog de características priorizadas en función del valor que aportan.

Avance: se destaca la importancia de organizar equipos en torno a productos y formar equipos autónomos y multifuncionales (2-Pizza Teams) que tengan todas las habilidades necesarias para entregar un producto. Estos equipos deben ser lo suficientemente pequeños para minimizar las dependencias y fomentar la comunicación efectiva. Se sugiere reducir el riesgo a través de la iteración, entregando productos en lotes más pequeños y midiendo el valor entregado para justificar la financiación futura.

Excelencia: se presentan dos prácticas clave para gestionar productos a un nivel más alto. La primera es llevar el trabajo a los equipos, en lugar de seguir un enfoque basado en proyectos, lo que aumenta la productividad y la eficiencia. La segunda es permitir que los equipos sean dueños de todo el ciclo de vida del producto, desde la ideación hasta la operación, lo que aumenta la calidad y la capacidad de respuesta.

- **Strategic partnership**

En este apartado se discute el concepto de una alianza estratégica, que es una relación entre dos o más entidades con objetivos comerciales compartidos y una estrategia conjunta para lograr esos resultados. Las alianzas estratégicas pueden ayudar a las empresas a ampliar su valor, extender su impacto y acelerar la innovación en el mercado.

El texto enfatiza la importancia de identificar posibles socios dentro de un dominio comercial compartido, una comunidad y un ecosistema. Un dominio comercial incluye términos, procesos y roles específicos de un segmento de la industria, mientras que una comunidad

consiste en personas y servicios dentro de ese dominio. Un ecosistema se extiende más allá de la comunidad e incluye todo el entorno comercial afectado por el dominio y la comunidad.

Se destacan los beneficios de una alianza estratégica con un proveedor de servicios en la nube, como AWS. Unirse a la red de socios del proveedor de servicios en la nube puede ofrecer oportunidades, beneficios y recursos únicos. A medida que las empresas avanzan en su trayectoria de asociación, pueden utilizar los beneficios de financiamiento, oportunidades de co-venta y el canal del mercado del proveedor de servicios en la nube para expandir su alcance y madurar productos y servicios basados en la nube.

En una etapa avanzada, las empresas pueden utilizar las fortalezas de su red de asociados para profundizar las relaciones existentes o explorar nuevas asociaciones, especialmente en áreas donde existen superposiciones en los modelos operativos. Las alianzas estratégicas pueden conducir a beneficios mutuos, incluido un mejor rendimiento en ventas, operaciones e innovación.

En el nivel más alto de una alianza estratégica, es fundamental tener un plan bien definido con una hoja de ruta de iniciativas estratégicas. Es posible que se requiera un compromiso a largo plazo y una inversión significativa de recursos por parte de ambos socios. Objetivos claros, indicadores clave de rendimiento (KPI) y métricas son esenciales para la alineación organizativa y para medir el éxito. La alianza estratégica también puede proporcionar oportunidades de transformación en diversos ámbitos, incluyendo tecnología, procesos, organización y producto.

- **Data monetization**

En esta sección se describe la monetización de datos como la práctica y los procesos asociados para generar un valor comercial medible a partir de datos e información. Existen dos enfoques principales para generar valor comercial a partir de datos e información: la monetización de datos y la comercialización de datos.

La monetización de datos se enfoca en generar valor interno para la empresa a través de casos de uso específicos y de beneficios tanto implícitos como capturados. Los beneficios implícitos son los difíciles de medir en términos económicos directos e incluyen mejoras en

la toma de decisiones, satisfacción del empleado, retención y eficiencia empresarial general. Los beneficios capturados, por otro lado, son más fáciles de medir en términos económicos y pueden incluir optimización de precios, reducción de costos, retención de clientes y personalización de productos.

Por otro lado, la comercialización de datos se enfoca en intercambiar datos o información directamente a través de ofertas de datos, productos mejorados por datos o intercambio de información. Este enfoque es más fácil de medir en términos de resultados económicos directos y puede incluir la venta o licencia de datos, el uso de datos como método de pago o la adición de datos e información como características para mejorar la comercialización de un producto.

El proceso de monetización de datos requiere una estrategia sólida y el apoyo de los ejecutivos de la empresa. Se debe realizar una evaluación centrada en los casos de uso de datos y el potencial de ingresos para identificar áreas donde el uso de datos pueda generar un valor adicional para el negocio. También es importante abordar los problemas de filtración de datos y detener cualquier uso ineficiente de datos.

Según AWS, el proceso de monetización de datos se desarrolla en tres etapas:

Inicio: En esta etapa, se enfoca en mejorar las operaciones internas de la empresa, identificar eficiencias y desarrollar métodos para recopilar información adicional para mejorar procesos específicos. Se fomenta la toma de decisiones basada en datos y se fortalecen las habilidades y capacidades técnicas necesarias.

Comunidad: En esta etapa, se extienden las prácticas y la infraestructura de datos a las entidades que forman parte de la cadena de valor del negocio, como proveedores, distribuidores, instituciones financieras, etc. Se desarrollan modelos predictivos y se toman decisiones más informadas.

Ecosistema: En esta etapa, se reconoce que factores externos, como otras empresas en diferentes industrias, pueden influir en el rendimiento del negocio. Se utiliza una amplia variedad de datos e información para mejorar la toma de decisiones y participar activamente en mercados de datos e información.

- **Business insights**

Analizando esta sección es posible concluir que el objetivo de obtener información sobre el negocio (business insights) es utilizar análisis de datos para generar conocimientos y respuestas a preguntas críticas sobre la empresa. Esto implica producir ideas y conclusiones valiosas a partir de los datos en el momento adecuado para medir el rendimiento del negocio, mejorar la toma de decisiones, optimizar las operaciones y permitir una innovación continua.

Para obtener resultados significativos en el análisis de datos, se deben seguir ciertos pasos y enfoques:

Inicio: En esta etapa inicial, se identifican decisiones comerciales críticas que podrían beneficiarse del uso de información valiosa. Se establece la necesidad de datos relevantes y se definen los productos de datos necesarios para respaldar estas decisiones. Se busca implicar a los altos directivos para fomentar el uso de datos en la toma de decisiones y se enfoca en comprender comportamientos y relaciones a través del análisis de datos.

Avance: Se amplía el enfoque hacia nuevas iniciativas de datos que incluyen métodos analíticos avanzados, como el aprendizaje automático, para abordar desafíos comerciales de manera innovadora. Se sigue involucrando a los altos directivos para respaldar el análisis y se promueve el desarrollo de habilidades en visualización de datos y acceso de autoservicio a datos curados. Se busca integrar datos en las decisiones diarias y automatizar el seguimiento de KPI para medir el impacto.

Excelencia: En esta etapa final, se demuestra el valor comercial de una estrategia de datos sólida y se incorporan inversiones en datos y análisis en la planificación estratégica del negocio. Se busca desarrollar nuevos mercados y productos innovadores utilizando conocimientos analíticos. Se alinean los equipos de productos de datos con el negocio y se les permite desarrollar, probar e implementar conocimientos utilizando datos empresariales curados y metodologías estandarizadas de DevOps. Se establecen procesos para identificar ideas analíticas con alto potencial de impacto comercial y se democratizan los datos para garantizar el acceso a información relevante en toda la organización. Se

promueve la colaboración y el intercambio de datos entre equipos comerciales para fomentar la innovación y mejorar la toma de decisiones.

- **Data Science**

Data science es el campo que utiliza experimentación, análisis avanzado y aprendizaje automático (ML) para resolver problemas complejos en el ámbito empresarial tal como describe AWS en este enfoque. El uso de la inteligencia artificial (IA) y el ML está creciendo rápidamente en muchas industrias y sectores, con un 56% de las organizaciones informando en una encuesta global de McKinsey en 2021 que tienen al menos un caso de uso funcionando en su organización [[41]. Estas organizaciones utilizan IA/ML para una amplia gama de objetivos, como mejorar los productos con IA para ofrecer mejores experiencias al cliente, crear nuevas fuentes de ingresos a través de lanzamientos de nuevos productos, reducir costos mediante la identificación de optimizaciones de procesos y muchos otros. La optimización según AWS se logra desarrollando las siguientes etapas o fases:

Inicio: En esta etapa, el enfoque se centra en identificar problemas empresariales que pueden abordarse mediante el uso de Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (ML). Se definen claramente los objetivos y el valor que se espera obtener de la solución.

Avance: En esta etapa, se busca ampliar el enfoque de IA/ML en toda la organización. Se enfatiza la importancia de definir el valor desde una perspectiva empresarial y se establecen métricas financieras para medir el impacto de las mejoras y automatizaciones.

Excelencia:

En esta etapa avanzada, la gobernanza se convierte en un elemento crucial para el éxito continuo de los proyectos de ML. Se implementa una estrategia de gobernanza que abarca desde la infraestructura central hasta los equipos de datos y ML Ops.

3.2.2.2 Perspectiva Personas

Esta sección se enfoca en la adopción de Amazon Web Services (AWS) desde la perspectiva de las personas y cómo este framework puede ayudar a las organizaciones a

transformarse digitalmente para enfrentar las cambiantes condiciones comerciales y las necesidades de los clientes en evolución.

La perspectiva de las Personas se considera un puente entre la tecnología y el negocio, y tiene como objetivo acelerar el viaje hacia la nube para que las organizaciones evolucionen rápidamente hacia una cultura de crecimiento continuo, aprendizaje y cambio constante en el que la innovación y el cambio son aspectos normales del negocio. Esto se logra al centrarse en aspectos como cultura, estructura organizacional, liderazgo y fuerza laboral.

Esta perspectiva abarca 7 dimensiones las cuales serán descritas más adelante y son de especial interés para los siguientes perfiles o roles CIOs, COOs, CTOs, CHROs [42].

Imagen 16 AWS perspectiva personas
Fuente:[42]

- **Culture evolution**

En cuanto a la evolución cultural, se presenta una guía sobre cómo evaluar, evolucionar de manera incremental y codificar la cultura organizacional con aspiraciones de transformación digital, y las mejores prácticas para agilidad, autonomía, claridad y escalabilidad.

La cultura se refiere a la forma de realizar las actividades en una organización. Para triunfar en la transformación digital, hay que mantener la herencia y los valores fundamentales de la organización, mientras se incorporan comportamientos y mentalidades que atraigan, retengan y empoderen a una fuerza laboral comprometida con la mejora continua y la innovación en beneficio de los clientes.

Se reconoce ampliamente, que la cultura de una organización es un determinante poderoso del éxito en la transformación. La influencia de la cultura se magnifica aún más en la transformación a la nube, donde la capacidad extraordinaria de la nube solo está limitada por cómo las personas interactúan con esas capacidades. A menudo, los desafíos culturales y de comportamiento se citan como la barrera más significativa para la efectividad digital.

El proceso se divide en tres etapas:

Inicio: Comienza evaluando la cultura actual y los sistemas de medición. Pregunta sobre las características culturales valoradas por la organización, cómo se miden y cómo se demuestran a través de comunicaciones, incentivos, recompensas, reconocimientos, contrataciones y promociones. También identifica las características culturales que tendrán el mayor impacto en la transformación a la nube y analiza posibles barreras en comparación con el estado actual.

Avance: Implementa un plan de aceleración del cambio y prioriza las características culturales que más impactarán en la adopción de la nube. Evalúa cada característica cultural priorizada considerando cómo se demuestran a través de comportamientos específicos, cuáles tendrían el mayor impacto y cómo medir esos comportamientos. Inicia una campaña de comunicación y capacitación para aumentar la conciencia sobre la importancia de la cultura y la adopción de la nube, estableciendo expectativas para medir y proporcionar retroalimentación sobre los nuevos comportamientos.

Excelencia: Mientras se implementa el plan de aceleración del cambio, alinea los sistemas de gestión del talento (adquisición, incorporación, aprendizaje y desarrollo, recompensa y gestión del desempeño) para incorporar los nuevos comportamientos. Debe asegurar que los nuevos comportamientos se comuniquen claramente durante la vinculación, se evalúen

en la selección/contratación, se comuniquen durante la incorporación, se incluyan en programas de capacitación y se reflejen en sistemas de recompensas y compensaciones. Además, el sistema de gestión del desempeño debe incluir características culturales y comportamientos relacionados con los nuevos comportamientos.

La evolución de la cultura requiere sistemas de medición y retroalimentación sensibles que permitan responder preguntas clave, como si los comportamientos cambian en la dirección correcta y si son coherentes con las características culturales deseadas. A medida que los nuevos comportamientos se demuestran de manera consistente y los sistemas de gestión del talento se alinean, la cultura se convertirá en algo auto sostenible.

- **Transformational leadership**

Esta sección aborda el tema del liderazgo transformacional y se divide en tres fases:

Inicio: La etapa inicial destaca la importancia de combinar el enfoque en las personas con la tecnología para lograr una transformación exitosa en la era digital. Se menciona que la transformación organizacional no solo se trata de invertir en tecnología, sino también de cambiar la cultura y adoptar un liderazgo transformacional. Se resalta que el liderazgo es clave para medir la preparación de la organización para la adopción de la nube y la transformación.

Avance: En la etapa de avance, se recomienda establecer una Oficina de Liderazgo Transformacional (TLO) que incluye a varios ejecutivos de alto nivel. Esta oficina se encarga de cambiar la mentalidad y el comportamiento de las personas en la organización, alineando la cultura con la estrategia. Se enfatiza la importancia de involucrar a los ejecutivos y equipos de negocio en la adopción de la nube y se menciona un proceso estructurado para guiar la transición de los empleados hacia el soporte de la adopción de la nube.

Se hace referencia al marco de aceleración del cambio de 6 puntos de AWS [18] y la herramienta de gestión del cambio organizacional para lograr los resultados deseados de la adopción de la nube. También se reconoce el papel importante de los gerentes intermedios en la comunicación del cambio y se identifican obstáculos comunes en la gestión del cambio.

Excelencia: En la etapa de excelencia, se destaca el papel de la Oficina de Liderazgo Transformacional en la alineación, dirección y desarrollo de equipos en toda la organización. Se menciona la importancia de alinear a los stakeholders internos, establecer dirección para la transición y crear oportunidades para la transformación de la fuerza laboral a medida que se adoptan nuevas tecnologías.

Se enfatiza la planificación de la capacitación para desarrollar las habilidades necesarias y se recomienda establecer un equipo central de expertos en la nube (CCOE) para impulsar la competencia en la nube en toda la organización. El CCOE se describe como un motor de cambio que acelera la forma en que la organización piensa, se comporta y toma decisiones en relación con la nube.

Finalmente, se destaca la importancia de cambiar el comportamiento y desarrollar a los empleados, líderes y equipos para fomentar una cultura de aprendizaje continuo, con un fuerte compromiso de los líderes senior en el desarrollo de los empleados.

- **Cloud fluency**

Se enfoca en la importancia de desarrollar competencia en la nube, también conocida como "cloud fluency", para acelerar los resultados empresariales en la era digital. El proceso se divide en tres etapas.

Inicio: En la etapa inicial, se destaca que el desafío más grande en la era digital no es la tecnología en sí, sino la capacidad de formar y mantener un equipo talentoso, con conocimientos y competente. Esto es esencial para utilizar la tecnología de manera efectiva y alcanzar los objetivos comerciales. Se menciona la necesidad de evaluar las capacidades actuales a través de una Evaluación de Preparación para la Migración (MRA) y de incorporar el aprendizaje relacionado con la nube en la estrategia de capacitación existente. Se enfatiza que el aprendizaje debe estar vinculado a cómo la nube generará valor comercial.

Avance: En la etapa de avance, la organización habrá adquirido conocimientos sobre la nube y estará lista para tomar decisiones informadas sobre cómo lograr valor empresarial a través de la nube. Se sugiere realizar un Análisis de Necesidades de Aprendizaje más

formal, específico para la nube y las personas involucradas. Esto se basará en la transformación de la fuerza laboral y el diseño organizacional.

Excelencia: En la etapa de excelencia, se destaca la necesidad de iterar y mantener el impulso en el desarrollo de la competencia en la nube. Se sugiere implementar un "skills guild" o gremio de habilidades para mantener la emoción y el impulso en el proceso de transformación continua.

- **Workforce transformation**

Esta sección hace referencia a la importancia de la transformación de la fuerza laboral en un entorno impulsado por la tecnología en la nube. Hace énfasis en que, en la era digital, el éxito empresarial no solo depende de la tecnología en sí, sino de la capacidad de formar y retener un equipo altamente competente en tecnología en la nube. Este enfoque estratégico se conoce como "transformación de la fuerza laboral" y es fundamental para impulsar la innovación y la competitividad en el mercado actual. Las etapas que se destacan son:

Inicio: Se resalta la importancia de crear un equipo de trabajo inclusivo y diverso con una mezcla adecuada de habilidades técnicas y no técnicas. Se menciona el concepto de equipos ágiles, conocidos como "equipos de dos pizzas", que promueven la colaboración efectiva en proyectos ágiles y velozmente cambiantes. Además, se destaca la necesidad de evaluar las habilidades actuales de la fuerza laboral mediante una "Evaluación de Preparación para la Migración" (MRA, por sus siglas en inglés) y de iniciar la capacitación en la nube.

Avance: En la etapa de avance, se profundiza en estrategias específicas para aumentar y diversificar el conjunto de habilidades en tecnología en la nube. Se sugiere motivar a los empleados para que adquieran habilidades en dominios tecnológicos en la nube y se menciona la importancia de la retención del talento. También se destaca que, a medida que las organizaciones adoptan prácticas de DevSecOps como parte de su transformación a la nube, la transformación de la fuerza laboral se convierte en un factor vital para el éxito.

Excelencia: En la etapa de excelencia, se aboga por un análisis proactivo de la oferta y la demanda de la fuerza laboral para desarrollar las capacidades necesarias y alcanzar los

objetivos empresariales. Se menciona la importancia de promover la compañía, tanto interna como externamente, para atraer talento en tecnología en la nube. Además, se plantea la idea de un modelo de trabajo distribuido, que permite a los empleados trabajar desde diversas ubicaciones, brindando flexibilidad y un equilibrio entre trabajo y vida personal.

- **Change acceleration**

El texto aborda la aceleración del cambio hacia la nube, destacando la importancia de no centrarse solo en la tecnología, sino también en comprender y gestionar los impactos organizativos de la transformación en la cultura, roles, habilidades y estructura de la organización. Se menciona la aplicación de un marco de aceleración del cambio programático para lograr una mayor tasa de éxito en la adopción de nuevas formas de trabajo y la realización del valor de la transformación.

Inicio: En esta etapa inicial, se recomienda comenzar con la recopilación de datos sobre el estado actual de la organización en relación con el cambio. Se lleva a cabo una evaluación de los interesados mediante entrevistas con líderes de diversas áreas, lo que permite identificar áreas de apoyo y resistencia al cambio. Se plantean preguntas clave para comprender la percepción y el conocimiento de los líderes sobre la transformación hacia la nube. Luego, se propone articular una visión del futuro y alinear a los líderes en función de los hallazgos obtenidos.

Avance: En esta etapa, se invita a imaginar el futuro evaluando la preparación de la organización para la nube a través de evaluaciones de impacto. Se identifican grupos de interesados clave, dependencias entre áreas y barreras para la transformación. Se realiza un mapeo de impacto del cambio para comprender cómo diferentes grupos serán afectados de manera positiva o negativa. La preparación para el cambio se evalúa mediante encuestas a los usuarios afectados por la transformación. Se sugiere crear métricas clave de desempeño (KPIs) y considerar resultados compartidos para líderes a través de OKRs compartidos.

Excelencia: En esta etapa final, se destaca la importancia de aplicar la ciencia del comportamiento para acelerar aún más los resultados deseados. Se menciona que el

comportamiento de los gerentes y líderes tiene un impacto directo en el comportamiento de toda la organización. Cambiar el comportamiento de los gerentes y líderes alrededor de prioridades estratégicas puede impactar rápidamente los resultados. Se enfatiza la necesidad de reforzar, reconocer y recompensar los comportamientos deseados y de ajustar las consecuencias cuando sea necesario. También se resalta que el proceso de aceleración del cambio nunca está completo y que la capacidad de adaptarse continuamente al cambio será un diferenciador clave en un mercado competitivo.

- **Organization design**

En esta fase se destaca que a medida que las estrategias y prioridades cambian, las estructuras organizativas también pueden necesitar cambios para mejorar los resultados comerciales. El diseño organizativo se considera uno de los mecanismos formales para mejorar los resultados comerciales y se mencionan otros factores formales interrelacionados.

Inicio: En esta etapa inicial, se sugiere comenzar evaluando el diseño organizativo actual y su capacidad para respaldar la estrategia de la nube. La evaluación debe incluir características clave relacionadas con la transformación digital, como la innovación, el enfoque en el cliente, la experimentación, la autonomía y la colaboración. También se menciona la importancia de la representación cruzada en los equipos de la nube y se recomienda formar equipos multidisciplinarios que puedan ofrecer soluciones de nube sin necesidad de flujo de trabajo entre unidades organizativas.

Avance: En esta etapa, se promueve la experimentación con equipos de productos en un enfoque más deliberado. Se describe un equipo de productos como una estructura organizativa con líneas de reporte formales o informales compuestas por individuos con habilidades que representan el ciclo de vida de un producto digital. Se enfatiza la necesidad de seguir mejores prácticas, como tener un líder con un enfoque centrado en resultados comerciales, responsabilidad y empoderamiento.

Se menciona la importancia de realizar una evaluación del Modelo Operativo en la Nube (COM) al prepararse para expandir la transformación hacia la nube. Esta evaluación implica revisar el estado actual del modelo operativo, comprenderlo y determinar lo necesario para

alcanzar los resultados comerciales deseados. La adaptación de los modelos operativos es esencial para respaldar los diferentes equipos y cargas de trabajo a lo largo del viaje hacia la nube.

Excelencia: En esta etapa final, se resalta la importancia de monitorear y obtener retroalimentación continua sobre los puntos de fricción relacionados con el diseño organizativo. Se promueve la iteración y la mejora constante del modelo operativo de la nube a través de verificaciones trimestrales. Se enfatiza que, a medida que cambien el entorno externo y las estrategias comerciales, se debe continuar evaluando y ajustando el diseño organizativo. Se menciona que no existe un diseño organizativo perfecto y que los cambios deben comunicarse de manera convincente utilizando un marco de aceleración del cambio.

Se discuten cinco componentes clave del diseño organizativo, que incluyen tamaño, forma, gasto, espacio y habilidades. Se enfatiza que el diseño debe adaptarse a las tendencias cambiantes de la fuerza laboral y abordar estas cinco áreas para lograr resultados exitosos.

Además, se menciona la posibilidad de utilizar los Servicios Gestionados de AWS (AMS) como una solución para agilizar la adopción de AWS y mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en el contexto de la nube.

- **Organizational alignment**

La sección de alineación organizacional destaca la importancia de establecer asociaciones continuas entre las estructuras organizativas, las operaciones comerciales, los procesos, el talento y la cultura para permitir que una empresa se adapte rápidamente a las condiciones del mercado y aproveche nuevas oportunidades. La alineación organizacional actúa como un puente entre la tecnología y la estrategia comercial, asegurando que los cambios tecnológicos sean liderados o abrazados por las unidades comerciales que generan resultados comerciales.

Inicio: La etapa inicial del proceso se enfoca en la preparación para la transformación hacia la nube. Esto implica la necesidad de comunicar claramente la estrategia en la nube, los resultados comerciales deseados y los objetivos específicos. La comunicación efectiva es esencial para establecer la necesidad de cambio y crear asociaciones entre todas las

entidades organizativas relevantes. Además, se enfatiza la importancia de garantizar que el diseño organizacional respalde los planes de migración y modernización en la nube, lo que puede requerir la transición de equipos centralizados a equipos descentralizados.

Avance: La etapa de avance se centra en la articulación y alineación de los objetivos relacionados con la nube. Estos objetivos deben abordar una amplia gama de factores, desde la agilidad empresarial hasta el ahorro de costos. La integración completa de estos objetivos en los objetivos comerciales existentes es esencial para maximizar los resultados comerciales a través de la adopción de la nube. También se destaca la importancia de abordar factores ocultos de desalineación, como conflictos entre prioridades comerciales y de TI, resistencia individual a la nube y metas funcionales aisladas.

Excelencia: La etapa de excelencia se refiere a la implementación de métodos sistemáticos y automatizados para desarrollar, armonizar y comunicar objetivos relacionados con la nube en toda la organización. Esto debe incluir la planificación y alineación de sistemas de incentivos que abarcan desde bonificaciones hasta reconocimientos formales e informales. Además, se enfatiza la importancia de monitorear continuamente y obtener retroalimentación para detectar áreas potenciales de desalineación a medida que cambian las condiciones del mercado o surgen nuevas oportunidades.

3.2.2.3 Perspectiva Gobernanza

La perspectiva de gobernanza se centra en ayudar a orquestar las iniciativas en la nube mientras se maximizan los beneficios organizativos y se minimizan los riesgos relacionados con la transformación. Esta perspectiva incluye siete capacidades que abordan aspectos críticos de la gobernanza en la adopción de la nube. Los interesados comunes en esta perspectiva incluyen el director de transformación, el director de información (CIO), el director de tecnología (CTO), el director financiero (CFO), el director de datos (CDO) y el director de riesgos (CRO).

La transformación digital impulsada por la nube es un esfuerzo continúo respaldado por numerosas iniciativas interfuncionales que deben orquestarse cuidadosamente y gestionarse como un programa cohesivo a largo plazo. La gobernanza efectiva ayuda a las organizaciones a identificar y eliminar obstáculos, lograr alineación en objetivos, progreso y logros, y, en última instancia, acelerar el cambio organizativo.

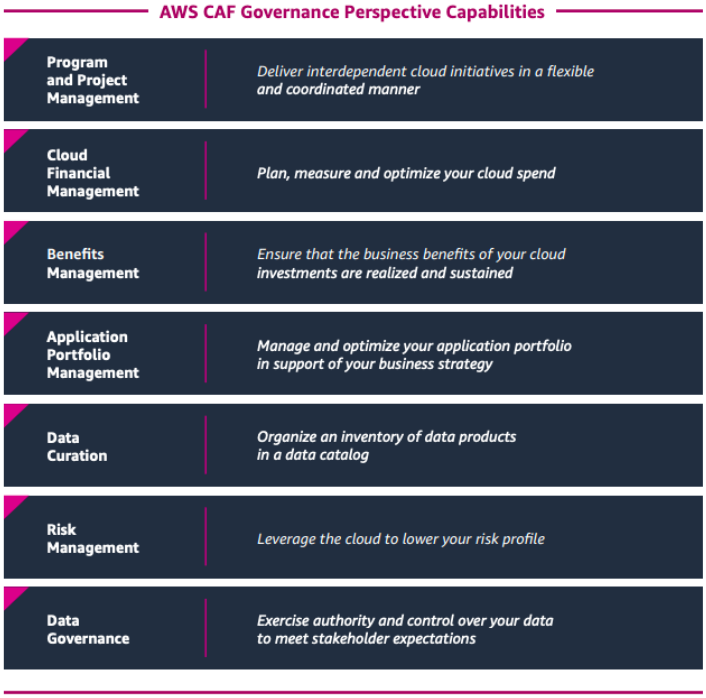


Imagen 17 AWS perspectiva gobernanza
Fuente:[43]

- **Program and project management**

Esta revisión se enfoca en la perspectiva de gobernanza del AWS CAF y cómo las organizaciones pueden entregar iniciativas interdependientes en la nube de manera flexible y coordinada.

Inicio: La gestión de programas y proyectos desempeña un papel crítico para las empresas que adoptan la nube. Las iniciativas de transformación en la nube, especialmente en organizaciones con estructuras más tradicionales, requieren una coordinación cuidadosa debido a su naturaleza interfuncional y compleja. La gestión de programas es especialmente importante, ya que muchas de estas interdependencias solo se hacen evidentes durante la entrega.

La evolución de la gestión de programas y proyectos debe abordarse de manera iterativa para abordar los cambios necesarios en la organización y los procesos durante la transformación. Los gerentes de programas deben elevar su papel para supervisar iniciativas interfuncionales, desarrollar procesos para gestionar interdependencias

identificadas durante la entrega y crear procesos para solicitudes de características y gestión de la lista de pendientes. Los gerentes de proyectos deben cambiar su enfoque basándose en los nuevos procesos para entregar características de manera iterativa.

Avance: El uso de la tecnología para gestionar proyectos está en aumento debido a la digitalización y la adopción de la nube. Los equipos de proyectos deben ser multifuncionales para lograr sus objetivos comerciales y de proyecto. La transformación hacia una organización de proyectos ágil representa una oportunidad para reaccionar rápidamente a nuevos requisitos a través de la entrega iterativa. La priorización de la colaboración entre negocios y tecnología es esencial para una entrega más rápida de un mayor número de características en comparación con enfoques tradicionales.

Excelencia: Durante esta fase el papel de la gestión de proyectos y programas está evolucionando y se está moviendo a niveles más bajos de la organización. La mayoría de la organización se mueve hacia equipos autónomos que tienen dependencias mínimas a través de aplicaciones nativas de la nube impulsadas por API.

Se produce un cambio de una organización centrada en proyectos a una centrada en productos. Se fomenta la experimentación para impulsar la innovación, y los equipos de productos adoptan una mentalidad de Producto Mínimo Amable (MLP) para realizar cambios rápidos a través de la retroalimentación frecuente de los usuarios finales.

- **Benefits management**

La gestión de beneficios se centra en garantizar que los beneficios comerciales asociados con las inversiones en la nube se realicen y se mantengan. Según las organizaciones adoptan la nube, los beneficios de esta adopción ya no se centran en la elasticidad y la eficacia de costos, sino que se han expandido para incluir unos amplios resultados comerciales que impulsan el crecimiento de los ingresos y mejoran la eficiencia operativa.

Inicio: La gestión de beneficios comienza con la definición de los resultados comerciales deseados de manera estructurada y holística. Estos resultados pueden incluir la reducción del riesgo comercial, la mejora del desempeño ambiental, social y de gobernanza (ESG), el aumento de los ingresos y la mejora de la eficiencia operativa. Identificar estos resultados y alinearlos con métricas y KPIs (indicadores clave de rendimiento) comerciales es esencial.

Para reducir el riesgo comercial, se busca mejorar la fiabilidad, la continuidad empresarial, el rendimiento y la seguridad. Para mejorar el desempeño ESG, se utilizan ideas para mejorar la sostenibilidad y la transparencia corporativa. Para crear nuevos flujos de ingresos, se desarrollan nuevos productos y servicios y se llega a nuevos clientes. Para aumentar la eficiencia operativa, se reducen los costos operativos, se aumenta la productividad y se mejora la experiencia del empleado y del cliente.

Avance: La gestión de beneficios implica habilitar herramientas apropiadas para capturar métricas en tiempo real durante el proceso de entrega y realizar un seguimiento de la realización esperada de resultados cuantitativos y cualitativos después de la entrega. Herramientas como el registro de beneficios, la hoja de ruta de realización de beneficios y las estructuras de desglose de beneficios ayudan a establecer procesos para monitorear y controlar el progreso.

La toma de decisiones basada en datos es fundamental, y los objetivos y prioridades comerciales deben establecerse y supervisarse a nivel ejecutivo. Los KPIs se dividen en aquellos que miden los logros de resultados comerciales (métricas rezagadas) y aquellos que indican el progreso hacia esos logros (métricas líderes). Las métricas líderes permiten identificar problemas de manera oportuna para permitir correcciones de curso.

Excelencia: La gestión de beneficios se convierte en una herramienta esencial para la comunicación transparente sobre el progreso de los beneficios comerciales. Además, se utiliza como parte de la gestión de la demanda para futuras innovaciones, experimentos, productos y características. Su uso constante permite a la dirección comparar oportunidades en un terreno común y centrar los compromisos en las tareas más importantes que generan el mayor valor e impacto comercial.

- **Risk management**

El ciclo de gestión de riesgos se completa cíclicamente con evaluaciones para identificar riesgos, tratamientos mediante estrategias de mitigación de riesgos y gestión mediante un monitoreo continuo. Al trasladar cargas de trabajo a la nube, se pueden reducir significativamente los esfuerzos y recursos necesarios para realizar estas actividades, lo que permite a la empresa innovar más rápido y operar de manera más eficiente.

Inicio: Para comenzar, es fundamental desarrollar o identificar un marco líder en la gestión de riesgos de la industria. Esto implica crear un inventario de activos de alto valor, que incluyen personas, procesos, tecnología y datos. La organización debe identificar, categorizar, evaluar y cuantificar los riesgos operativos relacionados con la disponibilidad, confiabilidad, rendimiento y seguridad de la infraestructura, así como los riesgos comerciales relacionados con la reputación, la continuidad del negocio y la capacidad de respuesta rápida a las condiciones cambiantes del mercado. También deben identificarse los riesgos de cumplimiento para las empresas obligadas a cumplir con leyes, regulaciones o normativas asociadas con las industrias en las que participan, como el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) 800-53, el Estándar de Seguridad de Datos de la Industria de Tarjetas de Pago (PCI DSS), la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico de 1996 (HIPAA) y otros.

A continuación, se desarrolla el perfil de riesgo y se determina la tolerancia al riesgo organizativo en función del impacto de cada evento identificado en el negocio y la probabilidad aceptable de que ocurra. Se identifican áreas propicias para reducir el riesgo y se crea un conjunto inicial de historias y un plan para reducir el perfil de riesgo en la nube.

Es importante considerar el uso de la nube para reducir los riesgos relacionados con las operaciones e interrupciones de infraestructura. Esto implica eliminar la necesidad de realizar grandes gastos iniciales en infraestructura y reducir el riesgo de adquirir activos que ya no sean necesarios. Dependiendo de las necesidades de los usuarios, la nube permite mitigar los riesgos relacionados con los plazos de adquisición al proporcionar recursos de manera instantánea.

Avance: Mantener una postura sólida en términos de riesgo en la nube implica no tener que definir, construir y mantener cientos de controles. Se elimina la carga de definir, hacer cumplir y demostrar las configuraciones y controles necesarios para garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de activos de alto valor.

Para mantener esta postura de riesgo en la nube, las organizaciones deben considerar evaluaciones continuas de riesgos para comprender y priorizar los servicios de AWS de manera ágil. También es importante adoptar un enfoque de "shift left" en el desarrollo seguro para identificar y gestionar los riesgos lo antes posible.

Se deben implementar servicios de AWS necesarios para la gestión de riesgos y el cumplimiento, como AWS Control Tower, AWS Organizations, Service Catalog, AWS Config, AWS Security Hub, AWS CloudTrail, Amazon CloudWatch, AWS Identity and Access Management (IAM), Amazon GuardDuty, Amazon Inspector, AWS CodePipeline, AWS CodeCommit, AWS Audit Manager y más. Además, es fundamental realizar un monitoreo continuo, inventariar y etiquetar los activos de alto valor de AWS de la empresa de manera adecuada.

Excelencia: La automatización y la orquestación son esenciales para garantizar el cumplimiento consistente de los procesos de gestión de riesgos mediante el uso de políticas como código (PaC) de manera programática y a gran escala. Esto implica adoptar un enfoque de confianza cero con controles de privilegios mínimos y controles de acceso basados en riesgos a través de la automatización de casos de uso y patrones de diseño utilizando DevSecOps.

La automatización de procesos y flujos de trabajo minimiza los errores humanos al incorporar controles y pruebas automatizadas en las tuberías de DevSecOps. Esto también evita cuellos de botella y permite entregar capacidades más rápido al automatizar las tareas y las aprobaciones que no requieren intervención humana.

Para que el proceso de automatización de riesgos sea exitoso, es fundamental involucrar a las partes interesadas adecuadas, como el negocio, los riesgos, la seguridad, el gobierno y los equipos de operaciones, tanto en las actividades iniciales como en las relacionadas con las tuberías de desarrollo.

- **Cloud financial management**

Esta sección se centra en la importancia de la gestión financiera en la nube (CFM) como parte fundamental de las transformaciones empresariales basadas en la nube. Destaca la necesidad de ajustar el modelo operativo para involucrar tanto a los equipos de tecnología como a los stakeholders financieros y comerciales en la gestión eficiente de los costos en la nube.

Inicio: En esta etapa, se resalta la importancia de la capacitación en economía de la nube para todos los involucrados en el proceso. Se menciona la planificación de costos y cómo

calcular los costos de migraciones y nuevas cargas de trabajo basadas en la nube. Se destaca el uso de herramientas como el AWS Pricing Calculator y el establecimiento de presupuestos en función del gasto histórico y pronósticos.

Avance: En esta etapa, se enfatiza la necesidad de implementar un esquema de etiquetado y estructuras de cuentas para medir y asignar costos de manera efectiva. Se menciona la optimización del gasto en la nube mediante el uso de planes de ahorro y recomendaciones de compromiso de AWS Cost Explorer. Se subraya que las mejores prácticas de CFM se aplican de manera descentralizada, lo que puede conducir a la falta de uniformidad en la gestión de costos.

Excelencia: En esta etapa, se promueve el perfeccionamiento de la CFM a través de la capacitación continua y la colaboración con expertos y pares de la industria. Se destaca la importancia de cuantificar tanto los ahorros de costos como la creación de valor adicional más allá de los ahorros. Se resalta la necesidad de una planificación financiera colaborativa entre los equipos de finanzas y tecnología, así como la implementación de modelos de atribución de costos y métricas para medir la eficiencia en la nube.

- **Application portfolio management**

El texto aborda la gestión y optimización del portafolio de aplicaciones en apoyo a la estrategia empresarial. Se destaca la importancia de tener una visión coherente y completa de cómo la tecnología respalda las capacidades empresariales y cómo esto influye en las decisiones de transformación a la nube.

Inicio: Se subraya la necesidad de definir las capacidades empresariales fundamentales de la organización y cómo las aplicaciones las respaldan.

Se menciona la estrategia de alojamiento coherente para las aplicaciones que respaldan una capacidad empresarial, lo que puede facilitar la gestión en situaciones de adquisiciones o desinversiones.

Se destaca la importancia de asignar metadatos relacionados con la empresa y datos a las aplicaciones.

Avance: En esta etapa, se insta a evaluar regularmente el estado del portafolio de aplicaciones para maximizar su valor y considerar cómo las aplicaciones basadas en la nube pueden generar ingresos. Se proponen preguntas clave para evaluar las aplicaciones, como su importancia estratégica, estado de migración a la nube, costos de infraestructura y oportunidades de consolidación.

Se enfatiza la importancia de mantenerse alineado con la estrategia de transformación a la nube y buscar oportunidades para reducir costos y mejorar la competitividad.

Excelencia: Se hace hincapié en la integración efectiva de servicios compartidos y bases de datos al migrar a la nube y en la necesidad de planificarla con anticipación, a la par que se sugiere automatizar la gestión del portafolio de aplicaciones utilizando herramientas como Service Catalog AppRegistry y herramientas de ITSM existentes.

Se resalta que esta automatización permite a las partes interesadas obtener información para tomar decisiones estratégicas y tácticas sobre recursos en la nube.

- **Data governance**

La gestión del portafolio de aplicaciones y la importancia de esta práctica para respaldar la estrategia empresarial se destaca cómo una gestión eficaz del portafolio de aplicaciones puede reducir la duplicación y mejora de datos, mejorar la calidad de los datos y la toma de decisiones, impulsar la eficiencia organizativa y acelerar los resultados comerciales en el camino hacia convertirse en una organización orientada a los datos.

Inicio: Se resalta la importancia de definir roles y responsabilidades clave en la gobernanza de datos, como propietarios de datos, custodios y gestores. Se hace hincapié en la necesidad de asignar estos roles de manera adecuada dentro de la organización y alinear los objetivos individuales con los objetivos de gobernanza de datos. Además, se menciona la importancia de establecer estándares, políticas y procesos para gestionar y proteger los datos.

Avance: En esta sección, se sugiere avanzar hacia la implementación de estándares y prácticas de gobernanza de datos comunes. Se plantea la idea de establecer comités de gobernanza de datos para asegurar que se cumplan los principios clave de gobernanza de

datos. También se menciona la importancia de definir políticas para el ciclo de vida de los datos, incluyendo la clasificación, retención y protección de datos. La medición del valor empresarial asociado a la estrategia de gobernanza de datos y la identificación de las habilidades necesarias para implementarla son aspectos resaltados en esta etapa.

Excelencia: En la fase de excelencia, el texto destaca la necesidad de documentar y automatizar todos los procesos de gestión de datos. Se enfatiza la importancia de definir umbrales de calidad de datos y realizar evaluaciones continuas. Además, se promueve el uso de herramientas y metodologías comunes de calidad de datos en toda la organización. Se resalta la importancia de implementar controles automáticos para identificar y remediar violaciones de datos.

- **Data curation**

Esta sección aborda el tema de la curación de datos y su importancia en la gestión de datos. Se enfatiza la necesidad de un catálogo de datos organizado que contenga metadatos técnicos y comerciales, y cómo esto facilita la localización de activos de datos relevantes y su comprensión.

Inicio: La curación de datos comienza con la definición de requisitos previos, que incluyen dominios de datos, una taxonomía de datos y conectores para ingresar metadatos. Los dominios de datos definen las categorías principales de datos, como cliente, producto o paciente. La taxonomía de datos organiza la terminología empresarial en una jerarquía y establece relaciones entre los términos relacionados. Los conectores permiten la ingestión automática de datos desde diversas fuentes, como bases de datos y herramientas ETL.

Avance: A medida que el catálogo de datos crece, su función se expande para incluir características de curación avanzada, como comentarios sobre conjuntos de datos, calificaciones por parte de analistas y etiquetado para políticas corporativas y procedimientos. El catálogo también comienza a desempeñar un papel crucial en el cumplimiento normativo, etiquetando los datos según el marco de cumplimiento al que pertenecen. Se menciona la aplicación de inteligencia artificial para sugerir etiquetas de cumplimiento automáticamente.

La experiencia del usuario al navegar por el catálogo es un aspecto importante para considerar, ya que se espera que diferentes roles, como analistas de datos y desarrolladores de ETL, utilicen el catálogo para diversos propósitos.

Excelencia: A medida que la colección de datos en el catálogo se vuelve más valiosa, se destaca la importancia de que el equipo de gobernanza de datos participe en el mantenimiento de la plataforma del catálogo. El catálogo puede servir como plataforma para gestionar políticas de gobernanza de datos, procedimientos y estándares relacionados. También se sugiere incorporar otros tipos de metadatos, como algoritmos de ciencia de datos, en el catálogo.

La sección concluye mencionando que la organización de datos de manera consistente y comprensible permite que la empresa se enfoque en generar valor a partir de sus datos de manera más efectiva.

3.2.2.4 Perspectiva Plataforma

Esta sección presenta la perspectiva de plataforma dentro del contexto de la nube y se centra en acelerar la entrega de cargas de trabajo en la nube a través de un entorno de nube híbrida escalable de calidad empresarial. Se describen siete capacidades clave relacionadas con esta perspectiva y se mencionan los actores comunes involucrados, como CTO, líderes tecnológicos, arquitectos e ingenieros [43].

Las capacidades presentadas son las siguientes:

- **Arquitectura de Plataforma:**

Establecer y mantener pautas, principios, patrones y límites para el entorno de nube. Una arquitectura bien diseñada acelera la implementación, reduce el riesgo y fomenta la adopción de la nube. Se enfatiza la importancia de definir estándares empresariales que impulsen la adopción de la nube y se mencionan elementos como autenticación, seguridad, redes y registro y monitoreo.

- **Arquitectura de Datos**

Diseñar una arquitectura de datos y análisis adecuada que reduzca la complejidad y el costo, permitiendo obtener información útil a partir de grandes volúmenes de datos. Se recomienda adoptar una arquitectura modular y en capas, junto con la selección de tecnologías adecuadas para cada capa.

- **Ingeniería de Plataforma**

Construir un entorno de nube Multi-Cuenta. Esto incluye la creación de productos en la nube reutilizables que cumplan con las políticas organizacionales, junto con la automatización de flujos de trabajo para la provisión de cuentas y la integración con sistemas existentes.

- **Ingeniería de Datos:**

Automatizar y orquestar flujos de datos en toda la organización, formando equipos de ingeniería de datos interfuncionales. Se enfatiza el uso de metadatos y la automatización de pipelines para procesamiento de datos.

- **Aprovisionamiento y Orquestación**

Crear, gestionar y distribuir catálogos de productos en la nube aprobados para usuarios finales, manteniendo la consistencia en la infraestructura provisionada. Se destaca la importancia de diseñar un portal de autoservicio para publicar y consumir productos en la nube aprobados.

- **Desarrollo de Aplicaciones Modernas**

Construir aplicaciones nativas de la nube bien diseñadas, utilizando tecnologías como contenedores y serverless. Se menciona la importancia de la seguridad en todas las capas y etapas del ciclo de vida del desarrollo de aplicaciones.

- **Integración Continua y Entrega Continua (CI/CD)**

Evolucionar y mejorar aplicaciones y servicios a un ritmo más rápido que las organizaciones que utilizan procesos tradicionales. Se alienta a adoptar prácticas de DevOps con pipelines

de CI/CD para innovar más rápido y adaptarse a los cambios en el mercado de manera más eficiente.

3.2.2.5 Perspectiva Seguridad

La sección de la perspectiva de seguridad dentro del AWS Cloud Adoption Framework (CAF), tiene como objetivo garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos y las cargas de trabajo en la nube. Se describen nueve capacidades clave relacionadas con esta perspectiva y se mencionan los actores comunes involucrados, como CISO, CCO, líderes de auditoría interna y arquitectos e ingenieros de seguridad [40].

Capacidades de la perspectiva de seguridad AWS CAF:

- **Gobierno de Seguridad:**

Desarrollar, mantener y comunicar de manera efectiva roles, responsabilidades, políticas, procesos y procedimientos de seguridad. Se enfatiza la importancia de comprender los activos, riesgos de seguridad y requisitos de cumplimiento que se aplican a su industria y/u organización.

- **Aseguramiento de Seguridad:**

Monitorizar, evaluar, gestionar y mejorar continuamente la efectividad de los programas de seguridad y privacidad. Documentar controles en un marco integral y establecer controles de seguridad y privacidad demostrables que cumplan con los objetivos establecidos.

- **Gestión de Identidad y Acceso:**

Gestionar identidades y permisos a gran escala, permitiendo que las personas y máquinas adecuadas tengan acceso a los recursos correctos en las condiciones adecuadas. Se mencionan prácticas como el uso de un proveedor de identidad centralizado y la autenticación de múltiples factores (MFA).

- **Detección de Amenazas:**

Comprender y detectar posibles configuraciones de seguridad incorrectas, amenazas o comportamientos inesperados. La detección efectiva de amenazas permite una respuesta más rápida y un aprendizaje de los eventos de seguridad.

- **Gestión de Vulnerabilidades:**

Identificar, clasificar, remediar y mitigar continuamente vulnerabilidades de seguridad. Se menciona la importancia de realizar escaneos regulares de vulnerabilidades y emplear tecnologías como escáneres de vulnerabilidades y agentes de punto final.

- **Protección de Infraestructura:**

Validar que los sistemas y servicios estén protegidos contra accesos no deseados o no autorizados y vulnerabilidades potenciales. Esto incluye la creación de capas de seguridad, la protección de redes y la aplicación de Zero Trust.

- **Protección de Datos:**

Mantener la visibilidad y el control sobre los datos y cómo se acceden y utilizan en la organización. Se destaca la importancia de clasificar los datos según su criticidad y sensibilidad y aplicar controles de cifrado.

- **Seguridad de Aplicaciones:**

Detectar y abordar vulnerabilidades de seguridad durante el proceso de desarrollo de software. Se menciona la importancia de escanear y parchear las vulnerabilidades en el código y las dependencias.

- **Respuesta a Incidentes:**

Reducir el daño potencial al responder eficazmente a incidentes de seguridad. Se destaca la necesidad de educar a los equipos de operaciones de seguridad e incidentes, desarrollar manuales de respuesta a incidentes y realizar simulaciones de eventos de seguridad.

3.2.2.6 Perspectiva de Operaciones

La perspectiva de operaciones dentro del AWS Cloud Adoption Framework (CAF) se centra en garantizar que los servicios en la nube se entreguen a un nivel acordado con las partes interesadas del negocio. Automatizar y optimizar las operaciones permite escalar de manera efectiva mientras se mejora la confiabilidad de las cargas de trabajo. Esta perspectiva comprende nueve capacidades clave y menciona a los interesados comunes, como líderes de infraestructura y operaciones, ingenieros de confiabilidad de sitios y gerentes de servicios de tecnología de la información [43].

- **Observabilidad:**

Obtener información accionable de los datos de infraestructura y aplicaciones para identificar problemas antes de que afecten la experiencia del cliente. Esto implica desarrollar la telemetría necesaria para comprender el estado y la salud interna de las cargas de trabajo, monitorear los puntos finales de las aplicaciones y crear alertas cuando las mediciones superen umbrales establecidos.

- **Gestión de Eventos (AIOps):**

Detectar eventos, evaluar su impacto potencial y determinar la acción de control adecuada. Esto incluye la automatización de la correlación de eventos, detección de anomalías y determinación de causalidad mediante el uso de aprendizaje automático (AIOps).

- **Gestión de Incidentes y Problemas:**

Restaurar rápidamente las operaciones de servicio y minimizar el impacto adverso en el negocio. Se enfatiza la automatización para lograr un mayor tiempo de actividad del servicio.

- **Gestión de Cambios y Lanzamientos:**

Introducir y modificar cargas de trabajo minimizando el riesgo para los entornos de producción. Se menciona la adopción de técnicas de Integración Continua/Entrega Continua (CI/CD) para gestionar cambios y lanzamientos de manera más rápida y segura.

- **Gestión de Rendimiento y Capacidad:**

Monitorizar el rendimiento de las cargas de trabajo y asegurarse de que la capacidad satisfaga las demandas actuales y futuras. Esto incluye el monitoreo del uso de recursos y la evaluación de nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento.

- **Gestión de Configuración:**

Mantener un registro preciso y completo de todas las cargas de trabajo en la nube, sus relaciones y cambios de configuración a lo largo del tiempo.

- **Gestión de Parches:**

Distribuir y aplicar actualizaciones de software de manera sistemática. Esto es fundamental para abordar vulnerabilidades de seguridad y mantener la disponibilidad del entorno de producción.

- **Gestión de Disponibilidad y Continuidad:**

Asegurar la disponibilidad de información, aplicaciones y servicios críticos para el negocio, incluida la planificación de la recuperación de desastres y la continuidad del negocio.

- **Gestión de Aplicaciones:**

Investigar y remediar problemas de aplicaciones en una única consola de administración, simplificando la supervisión y acelerando la resolución de problemas de aplicaciones.

3.2.3 The Google Cloud Adoption Framework

El documento Google Cloud Adoption Framework [44] es una guía completa para ayudar a las empresas a migrar a la nube de manera efectiva. El documento se divide en dos partes principales: un resumen ejecutivo y una sección técnica detallada.

La sección del resumen ejecutivo comienza con una introducción que describe la importancia de la nube y cómo puede ayudar a las empresas a ser más eficientes y escalables. Luego, se presentan los cuatro temas principales que según Google se deben considerar al adoptar la nube: aprendizaje continuo, liderazgo efectivo, escalabilidad

eficiente y seguridad integral. Cada tema se divide en tres fases: madurez táctica, madurez estratégica y madurez transformacional. Además, se presenta una escala de madurez en la nube que se divide en cuatro niveles: aprender, liderar, escalar y asegurar. Finalmente, se describen los "epics", que son objetivos de alto nivel que se pueden utilizar para guiar la adopción de la nube.

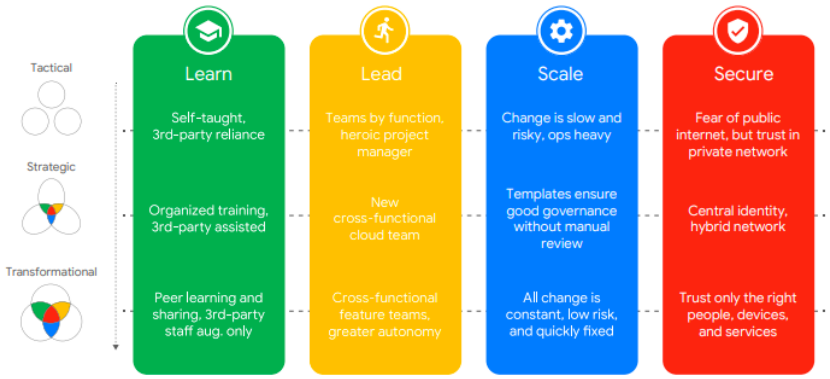


Imagen 18 3.2.3 The Google Cloud Adoption Framework
Fuente:[44]

La sección técnica detallada comienza con la descripción de tres fases de madurez en la nube: madurez táctica, madurez estratégica y madurez transformacional. Luego, se presenta la escala de madurez en la nube, que se divide en cuatro niveles: aprender, liderar, escalar y asegurar. Se describen los objetivos y las prácticas recomendadas para cada nivel de madurez. También se presentan los "epics" y se describen cómo se pueden utilizar para guiar la adopción de la nube. Finalmente, se proporcionan detalles sobre cómo comenzar con la adopción de la nube, incluyendo cómo evaluar la madurez actual en la nube y cómo presentar los cuatro temas principales a los interesados.

Imagen 19 The Google Cloud Adoption Framework
Fuente:[44]

Este documento se complementa con la seria denominada “Migra a Google Cloud: elige tu ruta de migración” [45], donde es posible identificar que la migración a la nube se ha convertido en un paso crucial para muchas organizaciones en la actualidad, por lo cual Google Cloud ofrece un conjunto de soluciones y herramientas poderosas para facilitar este proceso. En este documento, se explora en detalle las diferentes opciones y estrategias disponibles para migrar recursos tecnológicos especialmente a la plataforma de Google Cloud.

Estas opciones incluyen la migración de máquinas virtuales (VM), contenedores, bases de datos y almacenamiento desde una variedad de entornos, ya sea localmente, desde un hosting privado o incluso desde otros proveedores de servicios en la nube hacia Google Cloud. Además, se considera cómo estas rutas de migración pueden adaptarse a las necesidades específicas de las organizaciones y su infraestructura, incluyendo la posibilidad de migrar hacia un entorno de nube híbrida.

El documento guía a través de un framework de migración sólido, que consta de cuatro fases esenciales: evaluación y descubrimiento de cargas de trabajo, planificación y establecimiento de una base sólida, implementación de cargas de trabajo en la nube, y finalmente, la optimización continua del entorno y las cargas de trabajo para garantizar su máximo rendimiento y eficiencia.

Lo destacado de esta serie es que no se limita solo a Google Cloud, sino que ofrece una visión de las mejores prácticas y estrategias necesarias para migrar con éxito en cualquier entorno, sin importar si son aplicaciones, VM o contenedores. Además, se explora cómo estos conceptos se aplican a través de una serie de documentos específicos para casos de uso y entornos particulares, como la migración desde Kubernetes, OpenShift y otros.

3.2.3.1 Migra a Google Cloud: comienza ahora

Este documento se describe como elemento fundamental de la serie que guía a las organizaciones en la migración hacia Google Cloud. La migración de aplicaciones y cargas de trabajo de un entorno a otro puede ser una tarea compleja, incluso para equipos experimentados, por lo que es crucial una planificación y ejecución precisas.

En esta serie de documentos, se abordan varios aspectos esenciales de la migración, y este artículo se centra en los primeros pasos para iniciar el proceso de migración. Aquí se brinda una descripción general de los contenidos disponibles en la serie, permitiendo a los lectores acceder a información más detallada sobre aspectos específicos de la migración.

En particular, este artículo se enfoca en ayudar a los equipos a definir sus entornos de origen y destino, lo cual es fundamental para establecer una estrategia de migración efectiva. Los entornos pueden variar desde locales hasta hosting privado o incluso otros proveedores de servicios en la nube, y cada uno presenta sus propios desafíos y consideraciones.

Tabla 5 Definición entornos de migración

Recursos	Entorno local	Entorno de hosting privado	Entorno de nube pública
Seguridad física y otros tipos de seguridad	Tú	Proveedor de servicios	Proveedor de servicios
Cables de red y de almacenamiento	Tú	Proveedor de servicios	Proveedor de servicios
Hardware (excluido el mantenimiento)	Tú	Depende del proveedor de servicios	Proveedor de servicios
Plataforma de virtualización	Tú	Tú	Proveedor de servicios
Recursos de la app	Tú	Tú	Tú (con el tiempo, aprovecharás los servicios

			completamente administrados)

Fuente: [45]

Además, se destacan tres tipos principales de migraciones que las organizaciones según Google pueden emprender:

- **Lift-and-shift:** Esta migración implica mover cargas de trabajo sin realizar modificaciones significativas en ellas. Es una opción más rápida, pero las cargas de trabajo no aprovechan completamente las capacidades nativas de la nube.
- **Mejorar y mover:** En esta estrategia, las cargas de trabajo se mejoran y modernizan mientras se migran. Esto permite aprovechar las ventajas de la nube y es especialmente útil cuando se necesita una actualización significativa.
- **Quitar y reemplazar:** En este enfoque, las aplicaciones existentes se reescriben desde cero como aplicaciones nativas de la nube. Aunque es más laborioso, permite aprovechar al máximo las características de Google Cloud.

El artículo también introduce el "Marco de trabajo para la adopción de Google Cloud," que ayuda a las organizaciones a evaluar su preparación para la adopción de tecnologías en la nube y establecer metas para el futuro.

La serie proporciona una guía completa para las fases de evaluación, planificación, implementación y optimización de la migración, lo que permite a las organizaciones comprender y ejecutar eficazmente sus proyectos de migración.

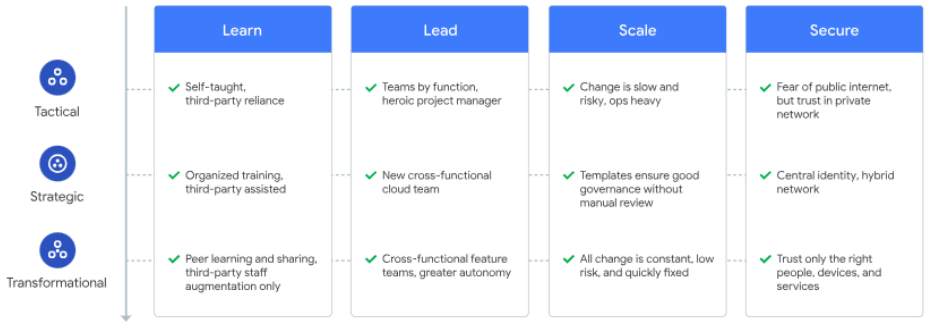


Imagen 20 Proceso Migración Google Cloud CAF
Fuente:[45]

Además, se mencionan recursos de autoservicio, herramientas, socios de tecnología y servicios profesionales de Google Cloud disponibles para ayudar en el proceso de migración, mediante la siguiente ruta, descrita como la “Ruta de viaje”

Imagen 21 Ruta de viaje Google Cloud Adoption
Fuente: [45]

3.2.3.2 Migra a Google Cloud: evalúa y descubre sus cargas de trabajo

Este documento se enfoca en la fase inicial del ejercicio de migración a Google Cloud, la cual es la evaluación y el descubrimiento de las cargas de trabajo. El éxito de cualquier migración a la nube radica en una comprensión completa de las aplicaciones y servicios existentes, así como en la identificación de sus dependencias y requisitos. En esta etapa, es esencial establecer una base sólida que permita una planificación y ejecución efectiva de la migración.

- **Proceso de Evaluación**

El proceso de evaluación consta de varios pasos cruciales que deben llevarse a cabo con precisión:

Creación de un Inventario Completo de Aplicaciones: Determinar el alcance de la migración comienza con la recopilación de un inventario completo de todas las aplicaciones y dispositivos de hardware presentes en el entorno actual. Esto incluye no solo las aplicaciones en sí, sino también todas sus dependencias, como bases de datos, agentes de mensajes y sistemas de almacenamiento de configuración. Además, se deben identificar los servicios que respaldan la infraestructura de las aplicaciones, como repositorios de origen y herramientas de integración continua.

Catalogación de Aplicaciones: Las aplicaciones deben ser catalogadas y categorizadas en función de sus propiedades y dependencias. Esto implica clasificar las aplicaciones en grupos según criterios como su importancia para la empresa, la presencia de dependencias y el tiempo de inactividad máximo permitido.

Capacitación del Personal: La migración exitosa a Google Cloud requiere que los equipos de TI estén debidamente capacitados en las tecnologías y servicios de Google Cloud. Es fundamental ofrecer oportunidades de capacitación y fomentar la adquisición de conocimientos por parte del personal.

Diseño y Ejecución de Experimentos: La realización de pruebas de concepto en Google Cloud es esencial para validar la idoneidad de la plataforma. Estos experimentos deben abordar una variedad de casos de uso y requisitos para determinar cómo se comportarán las aplicaciones en el entorno de destino.

Cálculo del Costo Total de Propiedad (TCO): El cálculo del TCO del entorno de destino en Google Cloud es un paso crítico. Este análisis debe considerar no solo los costos de hardware y software, sino también los costos operativos, como energía, enfriamiento y mantenimiento. La escalabilidad elástica de los recursos de Google Cloud debe tenerse en cuenta al evaluar los costos.

Selección de Cargas de Trabajo Iniciales: Finalmente, se debe determinar el orden en el que se migrarán las cargas de trabajo. La elección de las aplicaciones iniciales debe basarse en criterios como su importancia empresarial, su independencia de otras aplicaciones, la disposición de los equipos responsables y la complejidad de migración.

3.2.3.3 Migración a Google Cloud: Elige una herramienta de evaluación

El proceso de migración de cargas de trabajo y aplicaciones a la nube es una tarea crítica y compleja que requiere una planificación meticulosa y una evaluación exhaustiva del entorno de origen. En este contexto, dos herramientas clave proporcionadas por Google Cloud para facilitar este proceso son la "Herramienta de Evaluación de Idoneidad" y el "Centro de Migraciones". En esta sección se realiza una evaluación comparativa de ambas herramientas, considerando diversos criterios como el entorno de origen y destino, el modo de adquisición de datos, la facilidad de uso y la integridad, seguridad y usabilidad de los datos recopilados.

a) **Herramienta de Evaluación de Idoneidad:**

Entorno de Origen y Destino: La herramienta de evaluación de idoneidad admite una amplia gama de entornos de destino, incluyendo Compute Engine, Google Cloud VMware Engine, Anthos, GKE, Cloud Run y más. Puede ser adecuada si estás considerando una variedad de destinos para sus cargas de trabajo.

Modo de Adquisición de Datos: Ofrece flexibilidad en la recopilación de datos, pero puede requerir configuración manual adicional en ciertos casos, especialmente en entornos de Windows que no están en VMware vSphere.

Facilidad de Uso: Puede requerir más configuración y trabajo manual, especialmente en comparación con el Centro de migraciones. El tiempo de ejecución está vinculado a la ejecución de secuencias de comandos y la agregación de resultados.

Integridad, Seguridad y Usabilidad de los Datos Recopilados: Proporciona recomendaciones detalladas para diferentes entornos de destino y ofrece opciones para exportar informes en varios formatos. Los datos se manejan localmente, lo que brinda un mayor control sobre ellos.

b) **Centro de Migraciones:**

Entorno de Origen y Destino: Está integrado con VMware vSphere y es especialmente útil si estás migrando desde entornos basados en VMware. También proporciona recomendaciones para Google Cloud.

Modo de Adquisición de Datos: Ofrece una interfaz centralizada para la recopilación automática de datos en el entorno de origen. Puede ser más fácil de configurar y usar en comparación con la herramienta de evaluación de idoneidad.

Facilidad de Uso: Proporciona resultados más rápidos, lo que puede ser beneficioso para proyectos de migración más grandes. Es especialmente útil para el descubrimiento y análisis de redes.

Integridad, Seguridad y Usabilidad de los Datos Recopilados: Puede analizar bases de datos y proporcionar recomendaciones específicas para migrarlas. Los datos recopilados se almacenan en la región de Google Cloud us-west1.

En última instancia, la elección entre ambas herramientas dependerá de las necesidades específicas y del entorno de migración. También se pueden usar ambas herramientas para obtener una evaluación más completa de tu entorno de origen antes de tomar decisiones críticas de migración.

3.2.3.4 Migra a Google Cloud: construye tu base

Este documento se centra en ayudar a planificar cómo la infraestructura de Google Cloud respalda las aplicaciones y cómo abordar aspectos clave como la identidad y el acceso, la facturación, la conectividad de red y la seguridad.

Algunos de los temas clave abordados en esta sección son:

- **Responsabilidad Compartida:** Se destaca la importancia de comprender el modelo de responsabilidad compartida entre tu organización y Google Cloud. Esto implica comprender quién es responsable de qué aspectos de la seguridad y el cumplimiento.
- **Cumplimiento y Seguridad:** Se menciona que muchas organizaciones tienen requisitos de cumplimiento y seguridad específicos que deben abordarse durante y después de la migración a Google Cloud. Se hace hincapié en la necesidad de comprender cómo se manejarán estos requisitos.
- **Jerarquía de Recursos:** Se discute la importancia de planificar la jerarquía de recursos en Google Cloud, que incluye organizaciones, carpetas y proyectos. La forma en que se estructuran estos recursos puede afectar la facturación y la administración de recursos.
- **Identity and Access Management (IAM):** La gestión de identidades y accesos es fundamental en la nube. Se plantean preguntas sobre cómo se administrará el acceso a los recursos de Google Cloud y cómo cambiarán las políticas existentes.

- **Facturación:** Se menciona la importancia de entender cómo funciona la facturación en Google Cloud y cómo se aplican los costos, especialmente en relación con la jerarquía de recursos.
- **Conectividad y Herramientas de Red:** La conectividad es un aspecto clave cuando se migra a la nube, y se recomienda considerar cómo afectará la disponibilidad de la solución de conectividad al éxito de la migración.
- **Supervisión, Alertas y Registros:** Se destaca la necesidad de configurar sistemas de supervisión, alertas y registros para mantener un control adecuado sobre los recursos y la seguridad.
- **Administración:** La administración eficaz es crucial para garantizar la confiabilidad, la seguridad y el mantenimiento de los recursos en Google Cloud. Esto incluye la gestión de etiquetas, marcas de seguridad, rótulos identificadores y políticas.

3.2.3.5 Migración a Google Cloud: transfiere sus conjuntos de datos grande

En esta sección se presenta el Servicio de Transferencia de Almacenamiento para Datos Locales, una herramienta poderosa que permite transferir datos desde sistemas locales según Google, enfocándose en sistemas de archivos de red (NFS), a Google Cloud Storage. Está diseñado para manejar transferencias a gran escala, incluso de petabytes de datos y miles de millones de archivos. Aquí hay algunas de sus características clave:

- **Interfaz de usuario fácil de usar:** Incluso los usuarios sin experiencia técnica pueden utilizar esta herramienta después de la configuración inicial.
- **Transferencias completas o incrementales:** Puedes optar por copiar todos sus datos o solo aquellos que han cambiado desde la última transferencia.
- **Tolerancia a errores:** El Servicio de Transferencia de Almacenamiento vuelve a intentar automáticamente las transferencias en caso de errores temporales.
- **Informes sólidos:** Genera registros de errores y un registro completo de todos los archivos transferidos.
- **Configuración de agentes:** Se configura mediante la instalación de agentes en las computadoras de tu centro de datos. Estos agentes se ejecutan en contenedores Docker para facilitar la administración y la escalabilidad a través de Kubernetes.

- **Aspectos de seguridad:** Los datos se envían a través de HTTPS y se encriptan en tránsito y en reposo. Los permisos de IAM se utilizan para el acceso a los depósitos de Cloud Storage.

En esta sección se describe también el enfoque de Migración de Datos, detallando que existen varios enfoques para la migración de datos, y la elección depende de las necesidades y restricciones propias del cliente:

- **Mantenimiento Programado:** Este enfoque es adecuado si puedes permitir un período planificado de migración. Incluye la copia de datos, detención de cargas de trabajo, sincronización de cambios y refactorización de aplicaciones.
- **Replicación Continua:** Similar al mantenimiento programado, pero con una capa adicional de replicación continua para reducir el tiempo de inactividad.
- **Escritura y Lectura:** Ideal para cargas de trabajo que requieren alta disponibilidad y no pueden permitirse un tiempo de inactividad significativo. Las aplicaciones escriben y leen datos tanto en el sistema heredado como en el nuevo durante la migración.
- **Microservicio de Acceso a Datos:** Similar al enfoque Y, pero centraliza las operaciones de lectura y escritura a través de un microservicio escalable para reducir la refactorización necesaria.

En esta sección se menciona también que es fundamental planificar cuidadosamente la migración de datos considerando la cantidad de datos, la frecuencia de cambios, el tiempo de inactividad permitido y el modelo de coherencia de datos actual.

Además, que es necesario asegurar la integridad de los datos durante la transferencia mediante prácticas como habilitar el control de versiones y realizar validaciones de datos antes de eliminar datos del origen.

3.2.3.6 Migración a Google Cloud: Implementa sus cargas de trabajo

Este documento hace parte de una serie que se centra en la migración a Google Cloud y la fase de implementación. Antes de llegar a esta etapa, se evalúa el entorno actual, planeado la migración y construido una base en Google Cloud, con lo que se pueden abordar la implementación de cargas de trabajo.

En esta etapa, se presentan varios enfoques para la implementación de cargas de trabajo, cada uno con su nivel de flexibilidad, automatización y complejidad. A continuación, resumiré estos enfoques:

- **Implementación completamente manual**: Este enfoque implica realizar cada paso del proceso de implementación de forma manual y no automatizada. Se usa cuando se necesita una implementación rápida en un entorno de prueba o cuando no se pueden aprovechar las API de administración. A pesar de su simplicidad, es propenso a errores humanos y no es escalable.
- **Implementación con herramientas de administración de configuración (CM**): Las herramientas de CM, como Ansible, Chef, Puppet y SaltStack, te permiten configurar y gestionar entornos de manera repetitiva y controlada. Aunque son más automatizadas que la implementación manual, pueden requerir esfuerzo adicional para configurar y mantener.
- **Implementación mediante herramientas de organización de contenedores:** Si sus cargas de trabajo están en contenedores o pueden estarlo en el futuro, puedes usar herramientas de organización de contenedores como Kubernetes o Google Kubernetes Engine (GKE). Estas herramientas simplifican la administración de entornos en contenedores y ofrecen escalabilidad.
- **Implementación automática:** Este enfoque implica un proceso de implementación completamente automatizado, desde la revisión de código hasta la integración continua (CI) y la implementación continua (CD). Minimiza los errores humanos y es adecuado para cargas de trabajo que requieren procesos estructurados y controlados.
- **Implementación mediante la aplicación de la infraestructura como código:** Aquí, administras la infraestructura como si fuera código fuente, lo que permite un aprovisionamiento y configuración repetibles y automatizados. Utilizas herramientas como Terraform o Deployment Manager para administrar la infraestructura.

Google menciona que la elección del enfoque depende de las necesidades y restricciones específicas. Es importante considerar factores como la complejidad de las cargas de trabajo, la inversión en herramientas existentes y la capacidad del equipo. Además, se

menciona que la automatización es valiosa, pero puede requerir experiencia y esfuerzo adicionales y que no existe un enfoque único que sea el mejor en todos los casos ya que se debe evaluar cuidadosamente las necesidades y seleccionar la opción que mejor se adapte a la situación.

3.2.3.7 Migración a Google Cloud: Migración de implementaciones manuales a implementaciones automatizadas en contenedores

Esta sección se centra en proporcionar una guía detallada sobre el proceso de migración a Google Cloud y las mejores prácticas para optimizar y gestionar el entorno después de la migración, además, entrega un diagrama de decisión que se presenta a continuación al ser considerado relevante dentro del proceso:

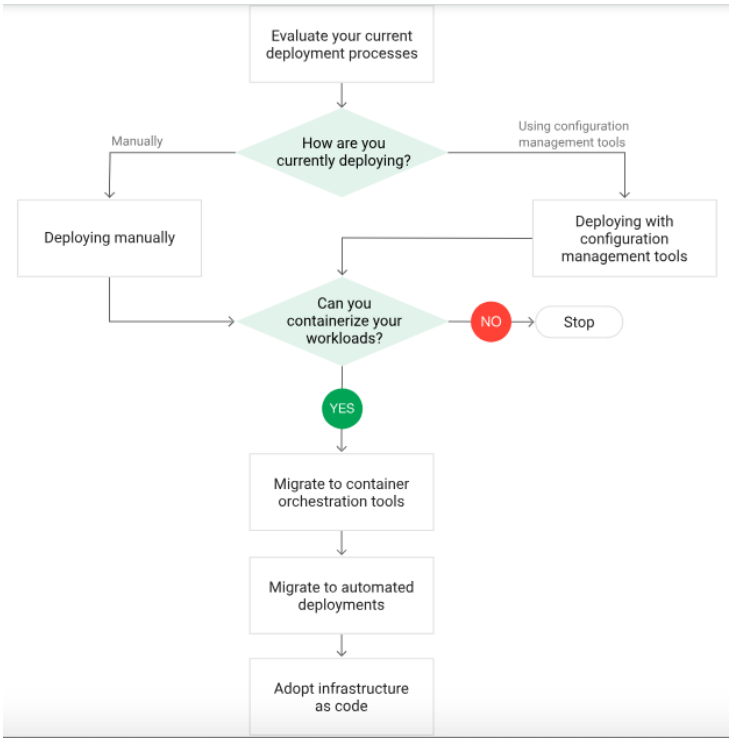


Imagen 22 Diagrama decisión migración manual – automatizada
Fuente: [45]

Los puntos clave de esta sección se describen a continuación:

- **Evaluación y Descubrimiento de Cargas de Trabajo:** Antes de comenzar la migración, es crucial evaluar el alcance y el estado de los procesos de

implementación actuales. Esto incluye compilar un inventario de las aplicaciones y artefactos existentes y evaluar la cobertura de prueba actual.

- **Planificación y Creación de la Base:** Se recomienda aprovisionar y configurar la infraestructura y los servicios de Google Cloud necesarios para admitir los procesos de implementación. Esto incluye la configuración de registros para almacenar imágenes de contenedor y la creación de clústeres de Kubernetes si es necesario.
- **Implementación de Contenedores:** El recurso destaca la importancia de crear contenedores para las cargas de trabajo y de implementar procedimientos de implementación para manejar estas cargas de trabajo en contenedores utilizando herramientas de organización de contenedores como Kubernetes.
- **Optimización del Entorno:** Después de la implementación, se enfatiza la optimización continua del entorno. Esto implica extender la supervisión, aumentar la cobertura de las pruebas y mejorar la seguridad, como configurar la autorización binaria y analizar imágenes de contenedor en busca de vulnerabilidades.
- **Automatización de Implementaciones:** Finalmente, el recurso aborda la migración hacia la automatización completa de implementaciones. Se menciona la posibilidad de admitir pasos manuales en los procedimientos de implementación y la importancia de evaluar la frecuencia de las implementaciones y los factores que las desencadenan.
- **Planificación y Configuración de Infraestructura:**

  Definir Entornos de Ejecución: Momento de decidir el uso de infraestructuras separadas para cada entorno (desarrollo, control de calidad, preproducción, producción) o una sola infraestructura compartida. La elección depende de la flexibilidad requerida frente a la complejidad de gestión.

  Aislamiento de Cuentas de Servicio: Se sugiere la creación cuentas de servicio dedicadas para cada entorno, evitando compartir responsabilidades entre ellos, evitando la reutilización de las mismas cuentas de servicio para diferentes entornos.
- **Implementación Automatizada de Artefactos:**

  Configurar Procedimientos de Implementación Automatizados: Se sugiere el uso de herramientas como Spinnaker para automatizar la implementación de artefactos en los entornos, además de asegurarse que estos procedimientos

ejecuten tareas como implementación, inyección de configuración y secretos, pruebas de cumplimiento y cambio al entorno de producción. Es necesario también habilitar interfaces para activar nuevas implementaciones.

Revisión de Código: Generar las revisiones de código para garantizar la calidad y la seguridad de los cambios implementados en los entornos. Esto es esencial por la automatización de los procedimientos de implementación.

- **Optimización del Entorno:**

Ampliar la Supervisión: Extender el sistema de supervisión para abarcar la infraestructura que respalda los procedimientos de implementación automatizada. Configurar alertas para identificar problemas como cuellos de botella, vulnerabilidades o accesos no autorizados.

Patrones de Implementación Avanzados: Implementar patrones de implementación más avanzados, como versiones Canary o implementaciones azul-verde, para mejorar la confiabilidad y reducir el impacto de problemas en los usuarios.

Procedimiento de Emergencia: Diseñar e implementar un procedimiento de emergencia que permita interactuar con los entornos de ejecución en situaciones excepcionales. Esto debe ser aprobado por miembros sénior del equipo y se usa solo en circunstancias críticas.

- **Adopción de Infraestructura como Código (IaC):**

Evaluación de la Infraestructura Actual: Obtener un conocimiento profundo de la infraestructura existente, incluyendo recursos de Google Cloud, procesos de administración de cambios y miembros con derechos de modificación.

Elección de Herramientas IaC: Decidir qué herramienta de IaC se utilizará, como Deployment Manager, Terraform, Chef, Puppet o Ansible.

Aprovisionamiento de Recursos con IaC: Describir los recursos existentes utilizando código y aprovisiona nuevos recursos utilizando IaC. Puede necesitar importar recursos existentes en la herramienta de IaC.

Optimización de IaC: Ampliar la supervisión a la infraestructura gestionada por IaC, extiende los conjuntos de pruebas para incluir la infraestructura y automatiza el aprovisionamiento y la configuración.

Procedimiento de Emergencia para IaC: Diseñar un procedimiento de emergencia para la infraestructura gestionada por IaC, que permita revertir cambios críticos si es necesario.

3.2.3.8 Migración a Google Cloud: optimiza tu entorno

En esta sección se detalla el enfoque de optimización que sigue un proceso iterativo. A continuación, se resumen los pasos principales que se describen en el documento:

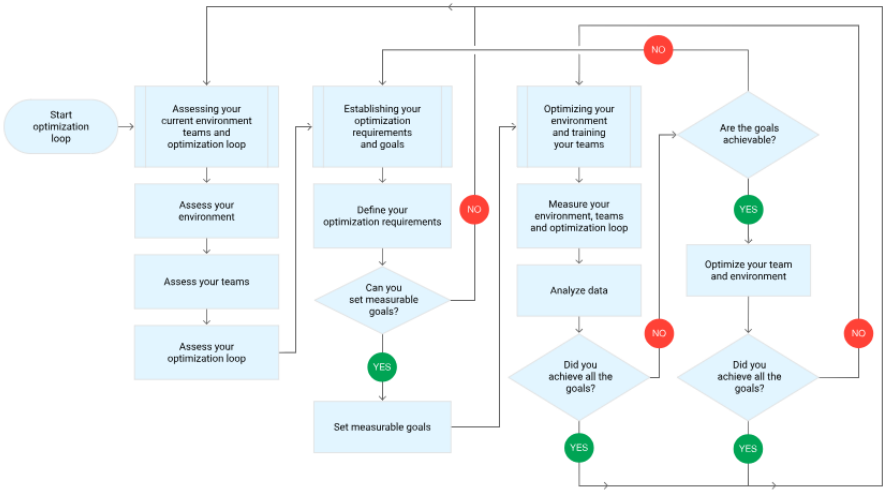


Imagen 23 Diagrama decisión optimización de entorno
Fuente: [45]

- **Evaluar el entorno, los equipos y el bucle de optimización:**
  - Comprender el entorno actual y evaluar las áreas que necesitan mejoras.
  - Evaluar las habilidades de los equipos para determinar si tienen las capacidades necesarias para la optimización.
  - Evaluar el proceso de optimización en sí para identificar posibles mejoras.
- **Establecer requisitos y objetivos de optimización:**
  - Definir los requisitos para la fase de optimización, expresando las áreas que necesitan mejoras.
  - Establecer objetivos cuantificables que estén alineados con los requisitos de optimización.
- **Optimizar el entorno y capacitar a los equipos:**

- Ampliar el sistema de supervisión para recopilar datos relevantes sobre el comportamiento del entorno y los equipos.
- Automatizar tareas para eliminar el trabajo manual y repetitivo, lo que ahorra recursos y tiempo.
- Adoptar un enfoque nativo de la nube, utilizando tecnologías como contenedores, microservicios y API declarativas.
- Administrar los costos mediante la configuración de presupuestos, alertas y descuentos por compromiso de uso si es necesario.

➢ **Ajustar el bucle de optimización:**

- Realizar una nueva valoración y análisis para verificar si has cumplido con los objetivos de optimización.
- Si se cumplen los objetivos, puede pasar a nuevas iteraciones de optimización.
- Si no se cumplen, volver a evaluar y ajusta los objetivos o las estrategias de optimización según los recursos disponibles.

Dentro del texto es posible identificar que la optimización es un proceso continuo que implica evaluar, establecer objetivos, realizar mejoras en el entorno y en los equipos, y luego analizar los resultados para ajustar y repetir el proceso.

3.2.3.9 Migración a Google Cloud: prácticas recomendadas para validar un plan de migración

Finalmente, el documento describe que validar un plan de migración es una parte crítica del proceso para garantizar el éxito de la migración y minimizar los riesgos. Las prácticas recomendadas que conforme a los siguientes puntos que se describen a continuación:

➢ **Realiza una evaluación completa:**

- Asegurarse de que el inventario de las cargas de trabajo que se migrarán esté actualizado y que hayas completado la evaluación.
- Evaluar los tiempos de inactividad tolerables y la redundancia necesaria.
- Considerar cómo se pueden agrupar en clústeres y redundancia las cargas de trabajo para simplificar la migración.
- Evaluar cómo actualizarás la configuración de las cargas de trabajo durante la migración.

- **Evaluar los modos de falla:**
  - Comprender cómo las cargas de trabajo se comportan en circunstancias excepcionales y qué modos de falla necesitan tu intervención.
  - Realiza pruebas de simulación de fallas para validar la recuperación automática de las cargas de trabajo.

- **Evalúa las canalizaciones de procesamiento de datos:**
  - Asegurarse de que los recursos tengan el tamaño adecuado.
  - Calcular el tiempo necesario para migrar los datos y asegúrate de que el entorno de destino pueda manejar el volumen de datos.
  - Monitorear el comportamiento de las cargas de trabajo en respuesta a aumentos repentinos de la demanda.

- **Asegurar la capacidad de actualizar e implementar cargas de trabajo:**
  - Verificar que puedas aplicar cambios y actualizaciones a las cargas de trabajo que migrarás.
  - Refactorizar el plan de migración si hay cargas de trabajo en las que no puedes aplicar cambios.

- **Evaluar la infraestructura de red:**
  - Evaluar cómo la infraestructura de red admitirá la migración.
  - Considerar el comportamiento de balanceadores de carga y servidores DNS durante la migración.

- **Planificación de la migración:**
  - Desarrollar estrategias de reversión para cada paso del plan de migración.
  - Planificar implementaciones y lanzamientos graduales para reducir riesgos.
  - Avisar a los equipos de operaciones y desarrollo sobre la migración y establece procesos de comunicación efectivos.
  - Limpiar los recursos de prueba de concepto del entorno de producción de destino.

- **Definir criterios para retirar de forma segura el entorno de origen:**
  - Establecer condiciones claras para determinar cuándo se puede retirar de forma segura el entorno de origen.

- **Supervisar sus entornos:**
  - Configurar sistemas de supervisión, registro y alertas para monitorear el comportamiento de sus entornos antes, durante y después de la migración.

- **Administrar la migración:**
  - Registrar el rendimiento de la migración y analiza la información recopilada para identificar áreas de mejora.
  - Asegurarse de que se sigan los plazos y se resuelvan los problemas de manera oportuna durante la migración.

La validación constante y la adaptación del plan a medida que se avanza son esenciales para garantizar una migración exitosa.

3.3 SELECCIÓN MARCO DE REFERENCIA

Al respecto de los Cloud Adoption Frameworks presentados podemos convenir en que todos responden a propuestas metodológicas que buscan ofrecer una guía basada en buenas prácticas y experiencias reales para facilitar la transición de las empresas hacia la nube y que la idea central de estos marcos es la de proporcionar un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios que sirvan como referencia para abordar la adopción de esta tecnología.

De otra parte, se pudo evidenciar que ellos enfatizan en la importancia de tener una estrategia bien definida. Antes de embarcarse en la adopción de la nube, ya que es crucial entender qué se quiere lograr y cuál es la motivación detrás de esta decisión. Una estrategia clara actúa como un faro, guiando todas las decisiones y alineando a todos los participantes.

Otro punto para destacar es que se reconoce que cada organización es única, y entender la situación actual es fundamental. Por tanto, los CAF se enfocan en ayudar a las empresas

a identificar sus fortalezas, debilidades y necesidades específicas, permitiendo una transición más fluida y eficiente hacia la nube.

Además, que el uso de ellos redunda en mejorar la experiencia de usuario en la transición y adopción de la nube, aplicando buenas prácticas, lo que reduce los riesgos y optimiza el proceso de adopción.

Ahora bien, aunque el objetivo general de estas CAF se centra en proporcionan una hoja de ruta clara, basada en la experiencia y las mejores prácticas, garantizando una transición más eficiente, segura y alineada con los objetivos empresariales, las metodologías y enfoques pueden diferir un poco y es allí donde la selección del Marco de referencia apropiado para la organización u objetivo en mente cobra verdadera relevancia.

A continuación, se presenta el resumen de los CAF analizados, destacando puntos débiles y fortalezas identificadas.

Tabla 6 Resumen CAF, debilidades y fortalezas

Categoría	AWS CAF	Azure CAF	GCP CAF
Estructura	Negocios, Personas, Proceso, Plataforma, Seguridad, Operaciones	Definición de estrategia, Planificación, Preparación, Adopción, Gobierno, Gestión	Evaluación, Planificación, Implementación, Optimización
Enfoque	Centrado en entender cómo la adopción de la nube afecta a toda la empresa	Enfatiza la visión y estrategia antes de la implementación. Destaca la importancia del gobierno y gestión	Se centra en entender la preparación para la nube, planificar, implementar y optimizar a lo largo del tiempo
Herramientas y Recursos	Ofrece herramientas, plantillas y guías específicas para cada perspectiva	Ofrece herramientas, guías, plantillas integradas con los servicios de Azure	Proporciona herramientas, guías y recursos optimizados para GCP
Puntos Fuertes	Amplia cobertura de perspectivas empresariales. Fuerte énfasis en la seguridad y	Enfoque integral en la planificación y estrategia antes de la ejecución. Amplias herramientas y recursos	Enfoque simplificado y directo. Integración estrecha con las herramientas nativas de GCP. Rápida

	operaciones. Amplio conjunto de herramientas y recursos	relacionados con el gobierno y gestión	iteración y respuesta a feedback del usuario
Puntos Débiles	Puede ser percibido como complejo por algunas organizaciones debido a su enfoque multi-perspectiva. Requiere una profunda integración organizacional para aprovechar al máximo	Puede ser percibido como demasiado centrado en la gobernanza para algunas implementaciones. Algunas herramientas pueden ser menos intuitivas para los usuarios nuevos o aquellos menos familiarizados con Azure	Menos estructurado en comparación con AWS y Azure, lo que puede requerir interpretación adicional. Puede no cubrir algunas áreas específicas tan en profundidad como AWS o Azure

Fuente: Elaboración propia

Conforme a esto y como se revisó en secciones anteriores, los CAF de AWS, Azure y GCP son marcos de referencia que proporcionan orientación para la adopción exitosa de la nube en sus respectivas plataformas de servicios. Cada uno tiene sus propias características y enfoques distintivos.

En cuanto al CAF de AWS se destaca su amplia cobertura de perspectivas empresariales y su fuerte énfasis en la seguridad y las operaciones. Además, este CAF ofrece un conjunto completo de herramientas y recursos específicos para cada perspectiva, lo que puede ser beneficioso para organizaciones que buscan una adopción de nube holística. Sin embargo, su enfoque multi-perspectiva puede percibirse como complejo y requerir una integración organizacional profunda.

Ahora, al revisar el CAF de Azure encontramos un enfoque en la definición de estrategia y planificación antes de la implementación, marcando, además, un fuerte énfasis en el gobierno y la gestión. Este Framework ofrece herramientas, guías y plantillas integradas con los servicios de Azure, lo que facilita la implementación en la plataforma. Sin embargo, algunas organizaciones pueden encontrar que se centra demasiado en la gobernanza y que algunas herramientas pueden ser menos intuitivas para usuarios nuevos en Azure.

El CAF de GCP se caracteriza por su enfoque simplificado y directo, con integración estrecha con las herramientas nativas de GCP. Ofrece una rápida iteración y respuesta al feedback del usuario. Sin embargo, puede percibirse como menos estructurado en comparación con AWS y Azure, lo que puede requerir interpretación adicional. Además, puede no cubrir algunas áreas específicas tan en profundidad como AWS o Azure.

En resumen, el AWS CAF ofrece una cobertura completa, el Azure CAF se enfoca en la estrategia y la gobernanza, y el GCP CAF se centra en la simplicidad y la integración nativa.

Ahora bien, conforme a la necesidad de lograr una selección objetiva del marco de referencia a utilizar, se establecieron diferentes dimensiones de evaluación, cuyo resultado se tabula en la siguiente tabla:

Tabla 7 Evaluación marcos de referencia

CRITERIO	AWS CAF	Azure CAF	GCP CAF
Enfoque en la visión estratégica	3	5	4
Gobernanza y gestión	4	5	3
Integración con servicios de la nube	4	5	4
Amplia disponibilidad de recursos y guías	4	5	4
Herramientas de evaluación	3	5	3
Soporte y comunidad	4	5	4
Flexibilidad para diferentes organizaciones	4	5	4
Seguridad y cumplimiento	4	5	4
Facilidad de uso y adopción	3	3	3
Cobertura de perspectivas empresariales	4	4	3
Total	**37**	**47**	**36**

Fuente: Elaboración propia

Tras este resultado, se estableció y seleccionó el CAF propuesto por Microsoft Azure para realizar la definición de requerimientos mínimos para la adopción del modelo de computación en nube en el Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Esta elección se soporta en los siguientes elementos:

- **Enfoque Integral:** Azure CAF pone un fuerte énfasis en la visión y estrategia incluso antes de pensar en la implementación. Esto garantiza que antes de que se tomen decisiones técnicas, hay una comprensión clara de los objetivos empresariales y

cómo la adopción de la nube puede facilitar esos objetivos otorgando así una visión 360º de la organización.

- **Gobernanza y Gestión:** La adopción de la nube no termina con la implementación. La gestión y la gobernanza son cruciales para garantizar que los recursos de la nube se utilicen de manera eficiente y segura. El Azure CAF destaca la importancia del gobierno y la gestión, lo que significa disponibilidad de guías claras sobre cómo mantener y optimizar la infraestructura en la nube a lo largo del tiempo.
- **Integración con Herramientas Azure:** Si ya estás considerando usar Azure como proveedor de servicios en la nube, el Azure CAF ofrece herramientas, guías y plantillas que están directamente integradas con los servicios de Azure. Esto facilita la implementación y optimización de los recursos de Azure.
- **Recursos Amplios:** La biblioteca de recursos que ofrece Azure CAF es muy amplia. Esto significa que, independientemente del escenario o desafío específico que se enfrente durante la adopción de la nube, es probable encontrar una guía o herramienta dentro del framework que pueda ayudar.
- **Herramientas de evaluación:** Cuenta con un amplio número de herramientas propietarias y de terceros que apoyan el proceso de adopción, se destaca evaluaciones SMART, Azure Migrate, entre otros.
- **Soporte Continuo y amplia red de socios de negocio:** Microsoft, la empresa detrás de Azure, es conocida por ofrecer un amplio soporte a sus usuarios. Al adoptar Azure CAF, se espera recibir actualizaciones regulares, acceso a una comunidad activa y soporte técnico de calidad.
- **Flexibilidad para Organizaciones Grandes y Pequeñas:** Aunque el framework es lo suficientemente robusto para satisfacer las necesidades de las grandes corporaciones, también es lo suficientemente flexible para ser adoptado por pequeñas y medianas empresas. Las guías y herramientas pueden ser adaptadas según las necesidades y el tamaño de la organización.
- **Seguridad:** Al estar integrado con Azure, el CAF de Azure está alineado con las prácticas y políticas de seguridad de Microsoft, una de las empresas líderes en seguridad en la nube.
- **Flexibilidad:** Es un proceso iterativo que no debe realizarse solo una vez, sino repetidamente posibilitando la integración del CAF en cualquiera de las fases y estados de adopción.

3.3.1 Consideraciones especiales

Ante el objetivo de este trabajo de investigación de establecer cuáles son los requerimientos que el Ministerio de Minas y Energía debe cumplir en cuanto a procesos, personas y tecnología para la adopción del modelo de computación en nube, conforme a las disposiciones del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y conforme al análisis de todas las fases propuestas por Microsoft en su CAF, se define solo adelantar las fases de estrategia y planeación, las cuales resultan suficientes para tal fin.

La fase de estrategia centra su alcance en la definición de objetivos comerciales y motivaciones para la adopción de la nube, la identificación de los beneficios esperados de la misma y la evaluación de la preparación actual de la organización para su transformación.

En cuanto a la fase de planeación, se centra en desarrollar un plan detallado para la migración o innovación en la nube, identificar las cargas de trabajo digitales que se migrarán o desarrollarán, evaluar las capacidades actuales (recursos, habilidades, procesos) y las brechas a abordar y establecer criterios para preparar y triunfar la adopción.

En conjunto, las fases de "Estrategia" y "Plan" del CAF de Azure permiten a las organizaciones establecer una base sólida para su viaje a la nube, garantizando que se tomen decisiones informadas y alineadas con los objetivos empresariales y las capacidades actuales.

4 APLICACIÓN MARCO DE REFERENCIA PARA EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Conforme a lo revisado con antelación y con el objetivo claro de establecer cuáles son los requerimientos que el Ministerio de Minas y Energía debe cumplir en cuanto a procesos, personas y tecnología para la adopción del modelo de computación en nube, en este capítulo se presentará el resultado de la aplicación del marco de referencia seleccionado.

4.1 ESTABLECIMIENTO ESCENARIO DE MIGRACIÓN

Antes de iniciar el desarrollo formal de los pasos y/o actividades sugeridas por el framework de migración seleccionado, es necesario establecer con claridad cual será el escenario de migración de prueba. Para lo cual y soportado en lo definido por el Grupo de tecnologías de la información y las comunicaciones del MME, se establecen como objetivo de este de análisis los recursos asociados a las siguientes aplicaciones y/o servicios:

ARANDA: Sistema de gestión de Incidentes y requerimientos Mesa de ayuda.

SITH: Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos

SARA: Sistema de administración del talento humano

SIGAME: Sistema integral de gestión activa del Minenergía

NEON: Sistema de gestión de recursos físicos y contratación

La información relevante para el análisis de migración referente a estas aplicaciones será presentada en secciones posteriores.

4.2 ESTRATEGIA

Acorde con el Framework de migración de Microsoft, antes de iniciar un ejercicio formal de migración es necesario definir la estrategia de adopción de la nube, lo cual ayudará a las organizaciones a crear un caso empresarial para habilitar el recorrido en la nube. Adicionalmente, esto permitirá entre otras definir los motivadores de este proceso,

resultados empresariales esperados y las consideraciones financieras y técnicas del proyecto.

4.2.1 Evaluación estrategia de adopción

Durante la fase de estrategia es importante comprender que la adopción de la nube es un proceso complejo que implica una serie de decisiones estratégicas, técnicas y financieras. Por ello el Evaluador de Estrategias de Adopción de la Nube [46], resulta ser una herramienta útil para guiar a las organizaciones en este proceso conforme a las dimensiones allí evaluadas y que se describen a continuación:

- **Identificación de las motivaciones:** La primera etapa en cualquier estrategia de adopción de la nube debe ser entender las razones subyacentes para hacer el cambio. Esto podría incluir factores como la eficiencia operativa, la escalabilidad, la agilidad empresarial o incluso la transformación digital completa de la organización.
- **Documentación de los resultados empresariales esperados:** Una vez identificadas las motivaciones, es esencial documentar qué resultados específicos se esperan. Esto podría incluir ahorro de costos, mejora en el rendimiento de la aplicación, tiempo de comercialización más rápido, entre otros.
- **Evaluación de las consideraciones financieras:** La adopción de la nube requiere una inversión inicial y costos operativos continuos. Es fundamental realizar un análisis detallado del retorno de la inversión (ROI), así como entender cómo la adopción de la nube afectará el flujo de caja y el presupuesto a largo plazo.
- **Consideraciones técnicas para crear un caso empresarial:** Los aspectos técnicos, como la elección del modelo de servicio en la nube (IaaS, PaaS, SaaS), la arquitectura de la solución y los requisitos de seguridad, son críticos para construir un caso empresarial sólido para la adopción de la nube.

4.2.1.1 Presentación resultados evaluación

Los resultados de la evaluación SMART para la migración a la nube señalan varias áreas críticas que necesitan atención inmediata. La puntuación global de 2/10 y las evaluaciones

individuales en cada categoría muestran que hay varias brechas en la estrategia de adopción de la nube que deben abordarse por parte del Ministerio.

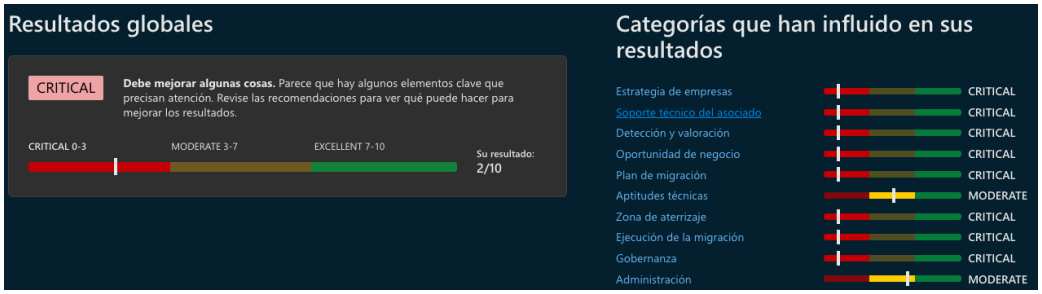


Imagen 24 Resultados Evaluación Smart

De otra parte, la herramienta describe las áreas en las que podría enfocar los esfuerzos de mejora, tal como se presenta a continuación:

Tabla 8 Áreas de evaluación Vs Acciones recomendadas

ÁREA	ACCIONES RECOMENDADAS
Estrategia de Empresas	Identificar los controladores de migración de la organización.
	Identifique los resultados empresariales deseados para que las partes interesadas se alineen y comprometan.
	Identifique los resultados empresariales deseados para que las partes interesadas se alineen y comprometan.
Soporte Técnico del Asociado	Exploración de asociados de migración y modernización de Azure.
	Cree un plan para la alineación y el soporte técnico de los asociados.
Detección y Valoración	Uso de Azure Migrate para detectar y evaluar el entorno.
	Obtenga más información sobre la herramienta de detección y evaluación de Azure Migrate.
	Use esta guía para aprender a usar Azure Migrate.
	Identificación del ámbito de migración.
	Obtención de la alineación del propietario de la aplicación.
Oportunidad de Negocio	Obtenga información sobre las consideraciones para crear un caso empresarial.
	Use la calculadora de costo total de propiedad (TCO) de Azure para crear el análisis.
Plan de Migración	Aprenda a establecer estructuras de equipo.
	Obtenga información sobre cómo compilar el plan del proyecto de migración.
Aptitudes Técnicas	Exploración del entrenamiento autodirigido gratuito en Microsoft Learn.
	Realice el curso aspectos básicos de Azure.
	Exploración de las certificaciones de Azure.

Zona de Aterrizaje	Inicio del planeamiento de la zona de aterrizaje de Azure.
	Exploración de las opciones de implementación de la zona de aterrizaje.

Fuente: Elaboración propia

El detalle de la evaluación puede ser consultado en el ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS DE SMART.

4.2.2 Motivadores

Conforme a las actividades descritas en el marco de referencia de migración, entender por qué una empresa decide migrar a la nube es crucial tanto para los stakeholders empresariales como para los técnicos. Durante esta exploración, se identificó que tal como menciona Microsoft, las necesidades del negocio van desde la necesidad de salir de un centro de datos físico, pasando por la reducción de gastos de capital, hasta llegar a metas más estratégicas como el aumento de la agilidad empresarial y la mejora de la experiencia del cliente. Cada motivación tiene su propio impacto y prioridad, y a menudo, varias de ellas coexisten en el mismo proyecto de migración, tal como se identificó en el Ministerio en conjunto de las áreas de tecnología y presupuesto. Como herramienta de interacción se utilizó los ejemplos descritos en la sección de motivaciones del CAF [31].

Tabla 9 Motivaciones Ministerio de Minas y Energía

EVENTO CRÍTICO	MIGRACIÓN	INNOVACIÓN
· Salida del centro de datos · Reducción de gastos de capital · Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas · Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo · Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración · Democratización y/o entornos de autoservicio · Aumento de agilidad empresarial	· Actualización de sistemas obsoletos · Consolidación de bases de datos · Automatización de procesos administrativos · Digitalización de servicios públicos · Estandarización de sistemas · Formación en nuevas tecnologías · Migración a plataformas con soporte continuado · Nuevos métodos de recolección de datos	· Apps para informar y educar al público · Desarrollo de nuevas políticas y regulaciones · Desarrollo de soluciones internas · Herramientas de participación ciudadana · Implementación de IA para toma de decisiones · Implementación de sistemas energéticamente eficientes

	· Optimización del consumo de energía · Plataformas de acceso público a datos · Resiliencia en infraestructura	

Fuente: Elaboración propia

Conforme a los resultados obtenidos, y entendiendo que la migración es la prioridad más alta, aspectos como la estrategia y la planificación se convierten en fundamentales desde las primeras etapas del proceso que se pretende abordar. También, es posible identificar que las motivaciones de una posible migración a la nube obedecen a causas sustanciales y no ha decisiones impulsadas por el C-Level o un tomador de decisión.

4.2.3 Resultados empresariales

La siguiente etapa de esta fase es la identificación de los resultados empresariales deseados, los cuales están estrechamente relacionados con los procesos de transformación de las compañías. Este se abordó guiando a los equipos de trabajo mediante las indicaciones registradas en el CAF, donde se sugería revisar los resultados financieros desde las siguientes perspectivas:

- **Optimización de la inversión en la nube:** Uno de los resultados clave de la transformación digital es la optimización de la inversión en tecnología, como la nube. Esto implica maximizar el retorno de la inversión (ROI) al migrar sistemas y aplicaciones a la nube y gestionar eficazmente los costos operativos.
- **Rentabilidad y rendimiento financiero:** La transformación digital a menudo busca mejorar el rendimiento financiero de la empresa. Esto puede incluir el aumento de la rentabilidad, la reducción de costos, la mejora de los márgenes de beneficio y la gestión eficiente de los recursos financieros.
- **Agilidad empresarial:** La capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en el mercado es un resultado clave de la transformación. Esto puede incluir la

capacidad de lanzar nuevos productos o servicios rápidamente, ajustar las estrategias comerciales según sea necesario y responder a las demandas cambiantes de los clientes.

- **Cobertura global:** Para muchas empresas, la expansión global es un objetivo importante de la transformación. Esto implica la capacidad de brindar soporte técnico y servicios a clientes y usuarios en todo el mundo.
- **Involucración del usuario:** En la era digital, la satisfacción y la involucración del usuario son fundamentales. Los resultados empresariales pueden incluir la mejora de la experiencia del cliente, la retención de clientes existentes y la adquisición de nuevos clientes a través de una mayor participación y satisfacción.
- **Rendimiento y confiabilidad:** La confiabilidad y el rendimiento de los sistemas y servicios digitales son esenciales para mantener la reputación de la empresa. La transformación busca mejorar la eficiencia y la confiabilidad de los sistemas tecnológicos.
- **Sostenibilidad:** Cada vez más, las empresas están considerando los resultados de sostenibilidad como parte de su transformación. Esto puede incluir la adopción de prácticas comerciales sostenibles, la reducción del impacto ambiental y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad.

Bajo este enfoque se consolidaron los resultados del ejercicio en el anexo B. Business Outcome, del cual se extraen a continuación los elementos que soportarían una eventual migración sobre el escenario de migración definido para este trabajo.

Tabla 10 Resultados empresariales

BUSINESS DRIVERS	KPI	CAPABILITIES
Modernización de la infraestructura TI	% de ROI en la nube	Migración a Azure; Economía de la nube; Servicios de analítica de datos
Formalización de la minería artesanal	Tiempo de respuesta a cambios	Sistemas ágiles y adaptativos; Integración con servicios geográficos
Seguimiento Implementación proyectos	Número de proyectos monitoreados	Uso de herramientas de BI y análisis en Azure; Implementación de modelos de Machine Learning

Impacto ambiental de la empresa	% de reducción del consumo	Migración a Azure; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis
Necesidad de formación en nuevas tecnologías	Retención del 95% del personal técnico	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías; Uso de herramientas de BI en Azure
Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Reducción costo mensual servicios energía eléctrica; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis financiero
Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo	% cumplimiento normativo	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics
Necesidad de administrar lagos de datos	Eficiencia en la administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Optimización inteligente; Protección automática de datos
Conectar diversos orígenes y tipos de datos	Eficiencia en la integración	Uso de Azure Synapse Analytics; Entorno sin código
Necesidad de análisis avanzado de datos	Modelos creados y desplegados	Uso de Azure Synapse Analytics; Lenguajes como T-SQL, Python, Scala, .NET o Spark SQL
Proteger y administrar datos	Nivel de seguridad y administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Control de acceso; Enmascaramiento de datos dinámico
Cambios rápidos en el mercado	Medida de contribución de TI a la empresa	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa
Mejorar la capacidad de inversión en TI	Disminución CAPEX – Aumento Opex	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, conforme a los resultados empresariales identificados, se generaron OKR`s de seguimiento, los cuales podrá emplear la Entidad en el desarrollo del plan de migración ya que como sugiere Microsoft las operaciones modernas requieren un enfoque moderno para medir los resultados empresariales, constituyendo los objetivos y los resultados clave (OKR) en un marco eficaz para definir objetivos empresariales y realizar un seguimiento de sus resultados.

Tabla 11 Objetivos y resultados clave (OKR)

OBJETIVO	KPI	CAPACIDADES
Modernización de la infraestructura TI	ROI del 15% en inversión en la nube al final del trimestre.	Migración a Azure
	Migración del 80% de sistemas heredados a Azure.	Economía de la nube
Capacitación y retención de empleados	Tasa de retención del 95% del personal técnico a través de programas de capacitación.	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías
	Uso de herramientas de BI en Azure para mejora de formación y seguimiento del personal técnico.	Uso de herramientas de BI en Azure
Optimización de costos operativos	Reducción del 20% de los gastos operativos.	Reducción costo servicios energía eléctrica
Contribución de TI a la eficiencia operativa	Medición y demostración de la contribución de TI a la eficiencia operativa e innovación.	Migración a la nube
		Innovación
		Eficiencia operativa

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Consideraciones financieras

A la par de una transformación digital, es necesario impulsar transformaciones financieras, las cuales, conforme al descubrimiento actual de motivadores, resultados financieros y OKR´s propuestos, se destacan las siguientes consideraciones que hacen parte de este análisis.

- **Evaluación de la Migración a la Nube:** Analizar los beneficios financieros de migrar a la nube, como el cambio de CAPEX a OPEX, la reducción de costos operativos y la flexibilidad en la asignación de presupuesto.
- **Análisis de Costos:** Evaluar los costos actuales de la infraestructura de TI y compararlos con los costos proyectados en la nube, teniendo en cuenta los KPI de reducción de costos operativos.
- **Identificación de Áreas de Optimización de Costos:** Identificar áreas específicas donde se pueden optimizar los costos operativos, como la reducción del costo de servicios de energía eléctrica.

- **Plan de Migración a la Nube:** Desarrollar un plan detallado para la migración a la nube, incluyendo la migración de sistemas heredados a la plataforma Azure y la implementación de servicios de análisis de datos en la nube.
- **Capacitación y Retención de Empleados:** Implementar programas de capacitación en Azure y otras tecnologías para el personal técnico, como se estableció en los objetivos. Utilizar herramientas de BI en Azure para mejorar la formación y seguimiento del personal técnico.
- **Medición de Impacto en la Eficiencia Operativa:** Establecer métricas para medir el impacto de la migración a la nube en la eficiencia operativa y la innovación, como se menciona en los objetivos.
- **Sostenibilidad:** Considerar los beneficios de sostenibilidad al migrar a la nube, incluyendo la reducción de la huella de carbono y la optimización del gasto de OPEX como una forma de mejorar la eficiencia del carbono.
- **Seguimiento y Evaluación Continua:** Implementar un sistema de seguimiento y evaluación continua para asegurarse de que los objetivos y KPI se estén cumpliendo y realizar ajustes según sea necesario.
- **Consultar Términos Financieros Comunes**: Antes de tomar decisiones finales, consultar los términos financieros comunes y asegurarse de comprender completamente los aspectos financieros de la migración a la nube.
- **Comunicación y Aprobación:** Comunicar de manera efectiva los planes de migración a la nube a todas las partes interesadas y obtener la aprobación necesaria antes de proceder.
- **Monitoreo de Progreso:** Establecer un sistema de seguimiento continuo para supervisar el progreso hacia los objetivos y realizar ajustes según sea necesario para garantizar el éxito de la migración a la nube.

4.2.5 Consideraciones Técnicas

El desarrollo de la estrategia de migración a la nube es la oportunidad para identificar los beneficios propios de las arquitecturas cloud y el beneficio de estas para el negocio. Microsoft, describe los beneficios de la siguiente manera:

- **Escalabilidad:** La nube permite adaptar los recursos en tiempo real según la demanda, resultando en ahorros y eficiencia.

- **Disponibilidad:** Los proveedores de nube garantizan la disponibilidad mediante redundancia y replicación de datos, a un costo menor que los centros de datos propios.
- **Seguridad y Cumplimiento:** Microsoft y otros proveedores invierten constantemente en fortalecer la seguridad y ofrecer herramientas para mantenerse al día con las amenazas globales.
- **Optimización de la Capacidad:** En la nube, solo pagas por lo que usas, lo que permite una gestión más eficiente y dinámica de los recursos.
- **Infraestructura de TI Sostenible:** Migrar a la nube favorece la sostenibilidad, reduciendo la huella de carbono. Aunque no siempre sea el factor principal de decisión, es una ventaja adicional significativa para empresas con estrategias ecológicas.

Estos elementos deben considerarse durante la definición del caso de negocio como establecer una estrategia para alinear con asociados, clave si el camino de adopción de la nube posee múltiples faces con apoyo especializado para asegurar una transición sin problemas.

Dentro del marco se describe que existen numerosas opciones para apoyar esta transición las cuales ser resumen a continuación, pero que pueden ser consultadas más extensamente en el CAF de Microsoft [34].

- **Proveedores de Soluciones de Azure:** Estos son asociados certificados que ofrecen soluciones basadas en las tecnologías de Microsoft.
- **FastTrack for Azure:** Un programa que acelera el proceso de migración a Azure.
- **Migración y Modernización de Azure:** Proporciona asistencia para acelerar y respaldar la migración.
- **Evaluaciones de Soluciones:** Ofrece insights detallados sobre las oportunidades disponibles en sus entornos.

4.2.6 Resultado Fase: Migración

Conforme al desarrollo de esta etapa, se ha elaborado el Anexo C titulado "Cloud Adoption Framework Strategy and Plan", específicamente en la sección "Migración". Este documento

destaca las razones y beneficios que motivan al Ministerio de Minas y Energía a adoptar la nube pública como herramienta esencial para alcanzar diversos objetivos. Entre estos, se resaltan un retorno de inversión (ROI) del 15%, una disminución del 20% en gastos operativos y una tasa de retención del 95% del personal técnico, lograda a través de programas de formación en tecnologías actuales.

El informe también detalla los proyectos esenciales que el Ministerio planea llevar a cabo, entre los que se incluyen: la formulación de la estrategia de migración, la transición de sistemas esenciales a Azure, la optimización de costos y la capacitación y retención del talento humano. A través de este análisis, se reconoce que la transición hacia la nube no debe basarse únicamente en aspectos tecnológicos, sino que debe estar respaldada por objetivos y motivaciones empresariales claros. Además, se subraya la relevancia de establecer alianzas empresariales que respalden este tipo de iniciativas.

Un hallazgo notable de esta sección es el enfoque en el caso de negocio propuesto, que, utilizando la Calculadora del Costo Total de Propiedad (TCO) de Azure —una herramienta en línea ofrecida por Microsoft—, estima ahorros significativos (aproximadamente $175,000 USD) en un período de cinco años para las cuatro aplicaciones evaluadas.

El TCO representa la suma de los costos, tanto directos como indirectos, asociados con la adquisición, implementación, operación y mantenimiento de una solución o equipo a lo largo de su ciclo de vida. Al contemplar una migración a la nube, es crucial considerar no solo los gastos directos (como hardware y licencias) sino también los indirectos (como refrigeración, electricidad y soporte técnico). Se anota que esta simulación es una aproximación y que durante la fase de planeación se enfocó en el análisis de costos de cuatro aplicaciones clave de la organización (SITH, ARGO, SISEG y SIGAME) proyectados a cinco años, con un ahorro estimado de más de $175.000.

4.3 PLAN

Antes de iniciar las acciones descritas en el marco, es preciso entender que la fase de planeación es esencial para transformar los objetivos empresariales en acciones concretas que aprovechen las ventajas de la computación en la nube mediante la ejecución de las siguientes actividades:

- **Definición del patrimonio digital:** Realizar un inventario de los activos digitales definidos por la organización y racionalizarlos para alinearlos con los objetivos y resultados empresariales.
- **Alineación Inicial de la Organización:** Establecer un plan que garantice que toda la organización esté alineada y apoye el proceso de adopción de la nube. Esto podría incluir la creación de un comité o grupo de trabajo.
- **Plan de Preparación de Aptitudes:** Identificar las brechas en las habilidades y conocimientos dentro de la organización en relación con la adopción de la nube y desarrollar un plan para abordar esas deficiencias. Esto podría incluir capacitación, certificaciones y contratación de personal con experiencia en la nube.

Plan de Adopción de la Nube: Desarrollar un plan completo para gestionar la transición del patrimonio digital de la organización a la nube. Este plan debe abordar los cambios necesarios en la infraestructura, las aplicaciones, los procesos y la seguridad, así como la gestión de datos en la nube.

Es importante destacar que tal como indica Microsoft, el plan de adopción de la nube se debe alinear con la estrategia de la organización y se debe traducir en métricas y objetivos claros.

En esta fase se hace uso de la platilla plantilla de estrategia y planeamiento utilizada en la fase anterior y tener un acercamiento inicial a la metodología de racionalización de la nube "cinco Rs de la racionalización de la nube" (Refactorizar, Rehospedar, Reemplazar, Revisar y Retener) [33].

En este ejercicio inicial y según las recomendaciones descritas en la fase de racionalización se opta por un enfoque incremental anticipando una fase de entendimiento profundo que requiere de un esfuerzo de racionalización básico para lograr resultados sólidos.

4.3.1 Planteamiento del patrimonio digital de la organización

El patrimonio digital consiste en la colección o agrupación de recursos digitales que respaldan las operaciones comerciales de una organización. Dentro de este término es

común encontrar las máquinas virtuales, servidores, aplicaciones, datos y otros activos relacionados con la tecnología de la información.

El Marco de referencia indica la existencia de tres tipos de enfoques para lograr el planteamiento del patrimonio digital de la organización: Basado en la carga de trabajo, en los recursos y un enfoque incremental. La elección del enfoque depende en gran medida del tiempo disponible para la ejecución de la estrategia y plan de migración, junto a la disponibilidad del negocio para el desarrollo de las actividades de levantamiento de información. Dicho esto, se establece un enfoque basado en los recursos que, aunque no sea el modelo optimo (Incremental), permite calcular costos iniciales de todo el patrimonio digital bajo el peor escenario posible para su optimización.

Como paso inicial y conforme a los recursos disponibles en el marco de referencia se selecciona y adopta la herramienta Azure Migrate. Esta herramienta permite realizar el inventario del patrimonio digital, una racionalización limitada y los cálculos de costos en una herramienta.

El CAF de Microsoft ofrece material de apoyo y una profunda descripción de esta herramienta [47]. La cual entre otras habilito la realización del inventario del patrimonio digital en línea y la generación de un caso de negocio que permite evidenciar bajo un enfoque de recursos los costos operativos que soportan el análisis de migración y adopción del modelo de computación en nube.

4.3.1.1 Caso de negocio - Descripción Patrimonio digital

Conforme al descubrimiento generado sobre la infraestructura de TI del Ministerio de Minas y Energía, fue posible constatar la existencia de 391 servidores alojados sobre una plataforma de virtualización basada en la solución VMware vSphere. Dentro de esta plataforma se ejecutan más de 25 instancias de bases de datos y múltiples cargas de trabajo.

El despliegue de la plataforma Azure Migrate permitió además de la recolección del inventario de servidores el diseño de un caso de negocio enfocado en una estrategia de minimización de costos, el cual se presenta a continuación.

El desarrollo del caso de negocio se centra en el inventario de activos digitales de la organización y algunas suposiciones a nivel de nube e infraestructuras On-Premise. Desde el punto de vista de nube, se destacan los siguientes elementos:

- Se elije como destino de migración la región central de estados unidos
- Se toma como referencia el rendimiento de un mes de los elementos de la plataforma virtual
- Se asume la reserva de instancias por 3 años
- Se asume una migración escalonada a 3 años (20, 50, 100%) y un crecimiento de 5% anual
- Un costo de operación del 75% para arquitecturas IaaS y del 60% para SaaS.

En cuanto a las suposiciones de arquitecturas On-Premise se destaca:

- Se asumen valores por defecto de licenciamiento Microsoft
- Se establecen costos de almacenamiento por GB mensual y un 10% de valor de mantenimiento anual
- Se establecen costos de seguridad, redes y almacenamiento conforme a los establecido por defecto por Microsoft
- Se establece el límite de 100 servidores virtuales por administrador

Estos costos representan el peor escenario de precios posible y da lugar a optimizaciones.

- **Potenciales ahorros:**

El caso de uso destaca que es posible lograr un ahorro potencial anual del 49.5% en función de la estrategia de migración elegida y las suposiciones registradas. Esto incluye ahorros de un año del costo de proceso, almacenamiento, red, mano de obra e instalaciones.

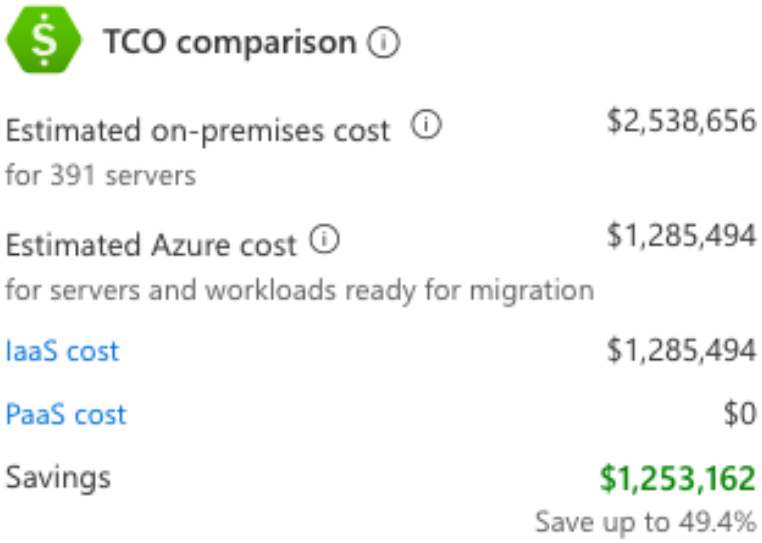


Imagen 25 Potencial ahorro
Fuente: Microsoft Migrate

- **Costo estimado actual frente al futuro del estado**

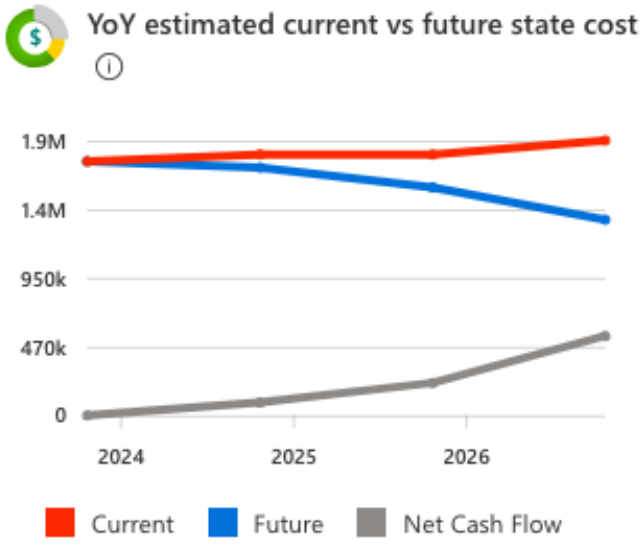


Imagen 26 Potencial ahorro
Fuente: Costo estimado

Esta grafica describe el comportamiento en cuanto a flujo de caja comparando los modelos de operación conforme a los porcentajes de migración por año: 0 % en el año actual, el 20 % en el año 1, el 50 % en el año 2 y el 100 % en el año 3

Al final del proceso de migración, sumando el 5 % de crecimiento anual, se pueden reducir costos cercanos a los 500M USD con tendencia a la baja. De otra parte, es posible evidenciar una descripción rápida del patrimonio digital de la organización.

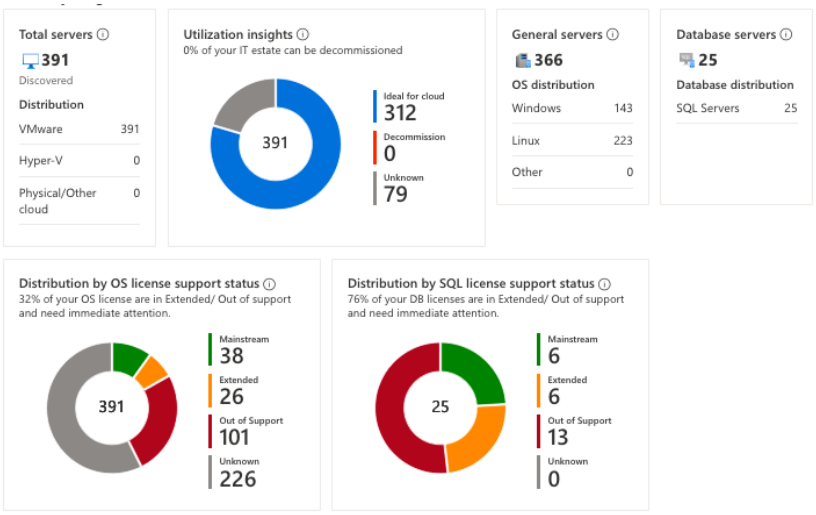


Imagen 27 Descripción patrimonio digital
Fuente: Microsoft Migrate

Se destaca:

- Se identificó 366 servidores bajo arquitectura Microsoft Windows y Linux.
- Mas del 50% de las instancias de base de datos están fuera de soporte.
- Cerca del 30 de servidores Windows están por fuera de soporte y 10% en extensión de este.

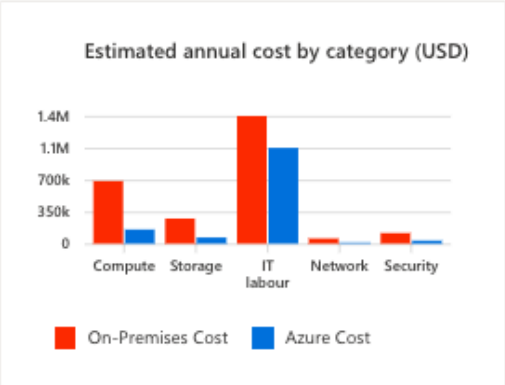


Imagen 28 Costo estimado anual
Fuente: Microsoft Migrate

De forma paralela, es posible detallar algunos elementos adicionales, como que los costos de operación, y computo representan gran parte de los gastos de operación en infraestructura onpremise, costos que son reducidos especialmente bajo un modelo de operación en nube.

En resumen, es posible establecer que a Entidad hoy cuenta con un patrimonio digital basado en recursos cercano a los 2.5 Millones de USD, distribuidos en múltiples aplicaciones y cargas de trabajo.

4.3.2 Evaluación del patrimonio digital

Al plantearse la necesidad de ejecutar actividades que permitiesen la definición de requerimientos mínimos y la simulación de costos para la adopción del modelo de computación en nube en el Ministerio De Minas y Energía de Colombia, también se definió que dicho ejercicio estaría enfocado en mínimo tres (3) aplicaciones de negocio, por lo cual, la evaluación del patrimonio digital se limita al análisis de las aplicaciones de negocio definidas con antelación.

Según la aplicación del marco de referencia seleccionado, se realizó la valoración técnica y financiera para determinar las cargas de trabajo que soportan las aplicaciones seleccionadas, comprobar la compatibilidad con la nube de Azure y calcular las capacidades y costos asociados a los nuevos recursos Azure.

Antes de iniciar el ejercicio, y durante el desarrollo de sesiones de trabajo con el GTIC, se logró la identificación de los siguientes datos que soportaran la evaluación.

Tabla 12 Información base cargas de trabajo

NOMBRE DE LA APLICACIÓN	PLATAFORMA	CAPAS DE APLICACIÓN	DETALLES
ARANDA: Sistema de gestión de Incidentes y requerimientos Mesa de ayuda.	Se ejecuta en plataforma Microsoft Windows, posee una base de datos Microsoft SQL Server	Servidor Web: IIS 10.0 Lenguaje de programación: Microsoft ASP .NET 4.0.30319 Librerías JavaScript: jQuery 3.3.1	Las máquinas virtuales están alojadas en la plataforma hiperconvergente de la Entidad, se centran en una versión de Vmware vSphere 7 El código fuente es del

		UI Frameworks: Bootstrap 3.3.7	fabricante, no se tiene acceso a el
SITH: Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos	Se ejecuta en un ambiente Linux CentOS, posee una base de datos Microsoft SQL y carga distribuida en varios servidores	Servidor Web: Apache Tomcat Lenguaje de programación: Java Librerías JavaScript: jQuery 2.1.1 UI Frameworks: Bootstrap 3.2.0	Las máquinas virtuales están alojadas en la plataforma hiperconvergente de la Entidad, se centran en una versión de Vmware vSphere 7 Código fuente en repositorio GitHub de la Entidad No se cuenta con equipo de desarrollo
SARA: Sistema de administración del talento humano	Se ejecuta en plataforma Microsoft Windows, posee una base de datos Microsoft SQL Server	Servidor Web: Jboss Liferay 4.0 Lenguaje de programación: Java Librerías JavaScript: jQuery 3.5.1 UI Frameworks: Bootstrap 2.1.0	Las máquinas virtuales están alojadas en la plataforma hiperconvergente de la Entidad, se centran en una versión de Vmware vSphere 7 El código fuente es del fabricante, no se tiene acceso a el
SIGAME: Sistema integral de gestión activa del Minenergía	Se ejecuta en plataforma Microsoft Windows, posee una base de datos Microsoft SQL Server	Servidor Web: IIS 10.0 Lenguaje de programación: Microsoft ASP .NET 4.0.30319 Librerías JavaScript: jQuery 3.3.1 UI Frameworks: Bootstrap 3.3.7	Las máquinas virtuales están alojadas en la plataforma hiperconvergente de la Entidad, se centran en una versión de Vmware vSphere 7 Código fuente en repositorio GitHub de la Entidad La capacidad de desarrollo es mínima, cualquier cambio entre en un Backlog bastante nutrido
NEON: Sistema de gestión de recursos físicos y contratación	Se ejecuta en un ambiente Linux CentOS, posee una base de datos Microsoft SQL	Servidor Web: Jboss Liferay 6.0 Lenguaje de programación: Java Librerías JavaScript Select2, Moment.js	Las máquinas virtuales están alojadas en la plataforma hiperconvergente de la Entidad, se centran en una versión de Vmware vSphere 7 El código fuente es del

		2.17.1, SweetAlert, jQuery 3.1.1 UI Frameworks: Bootstrap 3.3.7	fabricante, no se tiene acceso a el

Fuente: Elaboración propia

Para esta evaluación es necesario tener en cuenta que el proceso de racionalización de la nube implica evaluar los recursos y decidir cómo se gestionarán en el entorno de la nube. Tradicionalmente, este proceso se asemeja a un árbol de decisiones complejo, donde cada recurso del patrimonio digital se evalúa con respecto a las "cinco R" de la racionalización: Rehospedar, Retirar, Reemplazar, Refactorizar o Retener. Sin embargo, este enfoque puede ser ineficiente para patrimonios digitales extensos. En el CAF de Microsoft se presenta una alternativa conocida como "racionalización incremental", que simplifica el proceso en tres etapas:

- **Inventario Reducido:** Se comienza con un inventario de recursos simplificado para acelerar la toma de decisiones iniciales. A menudo, se utiliza una solución sin agentes para la detección inicial, reduciendo así la carga sobre los departamentos de seguridad y operaciones.
- **Análisis Cuantitativo Optimizado:** Se reduce la cantidad de decisiones iniciales y suposiciones al limitar las opciones a dos decisiones concisas basadas en factores cuantitativos, como la reubicación o la retirada de recursos.
- **Análisis Cualitativo Simplificado:** Se plantean menos preguntas cualitativas iniciales, lo que facilita la toma de decisiones en esta fase temprana. Más análisis cualitativo se realiza a medida que se migra cada carga de trabajo.

Bajo este análisis, tanto al análisis cuantitativo como el cualitativo se reducen a la definición de rehospedar o retirar las cargas de trabajo asociadas a las aplicaciones elegidas.

4.3.2.1 Arquitectura Actual

El Ministerio de Minas y Energía cuenta con un datacenter principal ubicado en la ciudad de Bogotá D.C Colombia, cuya topología de red es de conocimiento interno del GTIC, la cual por disposiciones de seguridad y privacidad de la información no será compartida dentro de esta investigación.

A continuación, se presenta un diagrama de red que ilustra la arquitectura actual al nivel de datos requeridos para el análisis a adelantar.

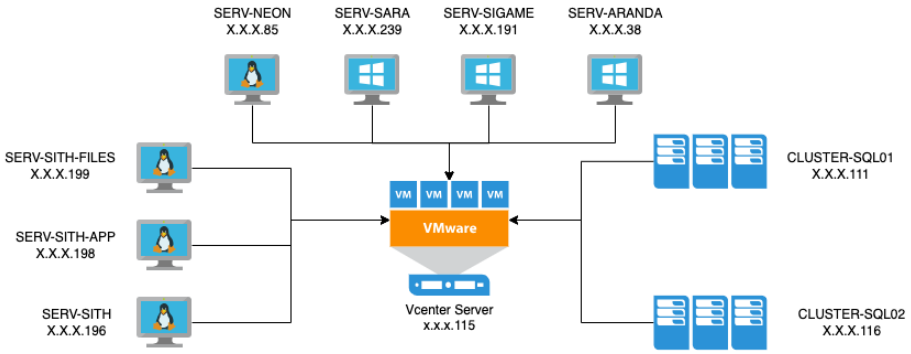


Imagen 29 Diagrama de red
Fuente: Elaboración propia

Aquí es posible observar que las cargas de trabajo se alojan dentro de una plataforma de virtualización común y ejecutadas bajo arquitecturas Microsoft Windows y Linux, además que para efectos de esta evaluación se cuenta también con dos cluster de bases de datos.

Como información adicional, se logró identificar que la gestión de identidades se encuentra alojada en el servicio de Active Directory Services de Microsoft Windows en servidores físicos y virtuales y que las identidades ya se encuentran replicadas en el servicio de directorio activo de Microsoft Azure al servicio de los servicios de mensajería (Office 365).

4.3.2.2 Selección herramienta evaluación patrimonio digital

La metodología seleccionada en su fase de planeación sugiere la necesidad de alinear los modelos de costos con el patrimonio digital al utilizar servicios en la nube. Con este objetivo en mente, se sugieren diversas herramientas que facilitan este proceso:

- **Azure Migrate:** Esta herramienta permite realizar un inventario del patrimonio digital, realizar una racionalización limitada y calcular los costos asociados. Se considera un enfoque rentable para la alineación de modelos de costos.
- **Calculadora del Costo Total de Propiedad (TCO):** Permite estimar el ahorro de costos al migrar cargas de trabajo de aplicación a Azure, reduciendo el costo total de propiedad de la infraestructura local. Proporcionando una breve descripción del entorno local, se puede obtener un informe instantáneo.

- **Calculadora de Precios de Azure:** Esta herramienta ayuda a estimar la factura mensual prevista, permitiendo un seguimiento del uso y la facturación reales en cualquier momento a través del portal de facturación. Además, se pueden configurar alertas automáticas por correo electrónico para recibir notificaciones en caso de gastos excesivos.
- **Azure Cost Management y Facturación:** Esta solución de administración de costos proporciona una visión unificada del consumo de recursos y costos en la nube, independientemente de la plataforma utilizada (Azure, Amazon Web Services, Google Cloud Platform). Permite supervisar constantemente el consumo de recursos, tendencias de costos, realizar un seguimiento del gasto en la nube en comparación con el presupuesto y detectar anomalías y deficiencias en el uso. Además, utiliza datos históricos para mejorar la precisión de las previsiones de uso de recursos en la nube y gastos asociados.

Conforme a la revisión generada de las diversas herramientas, su alcance, los motivadores, objetivos y alcance de esta evaluación se realizó la selección de la herramienta Azure Migrate y junto a esta decisión se definió también la arquitectura de valoración y el flujo de acción para el desarrollo de la evaluación.

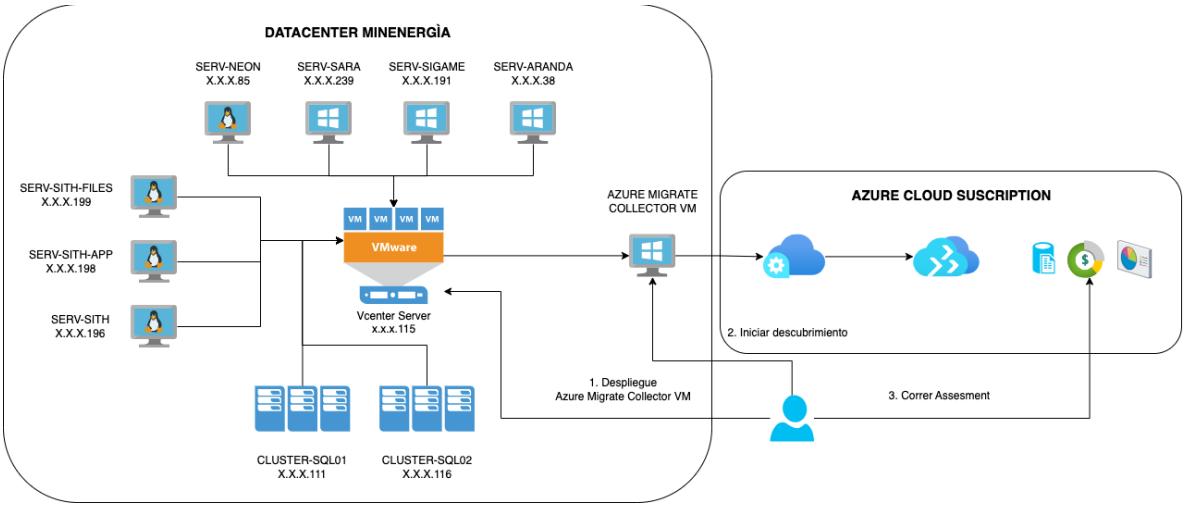


Imagen 30 Arquitectura evaluación
Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3 Despliegue, configuración y obtención de datos en Azure Migrate Collector VM

Conforme a la arquitectura de valoración propuesta para el desarrollo de esta evaluación, se requería inicialmente el despliegue de la máquina virtual o de la aplicación conforme a las indicaciones del fabricante [47].

En general el proceso desarrollado para la implementación de esta herramienta fue el siguiente:

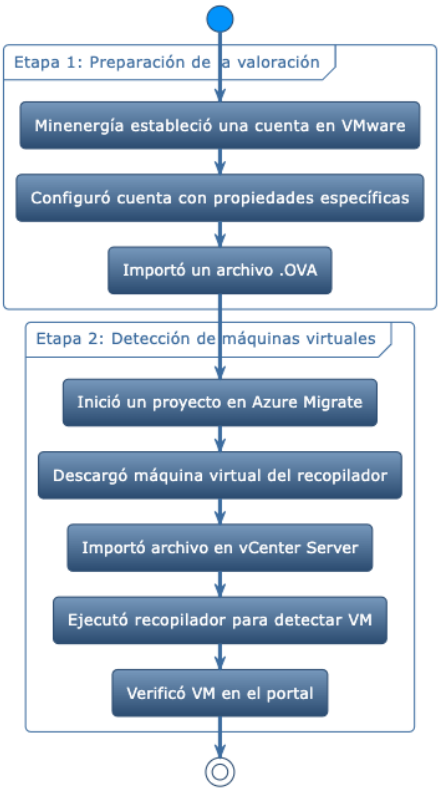


Imagen 31 Proceso implementación Azure Migrate
Fuente: Elaboración propia

Etapa 1: Preparación de la valoración

- **Creación de una cuenta de VMware:** Minenergía estableció una cuenta en VMware que fue utilizada por Azure Migrate para detectar automáticamente las máquinas virtuales que se valoraron.
- **Configuración de la cuenta de VMware:** Esta cuenta tuvo propiedades específicas, como ser de tipo "solo lectura", tener permisos para propagar a

objetos secundarios y estar asignada al nivel del centro de datos con acceso a todos sus objetos.

- **Importación de un archivo .OVA:** Minenergía verificó que tenía los permisos necesarios para crear una máquina virtual importando un archivo en formato .OVA.

Etapa 2: Detección de máquinas virtuales

- **Creación de un proyecto de Azure Migrate:** Minenergía inició un nuevo proyecto en Azure Migrate para gestionar el proceso de detección y migración.
- **Descarga de la máquina virtual del recopilador:** Una vez creado el proyecto, Minenergía descargó una máquina virtual especial llamada "Azure Migrate Collector".
- **Verificación del archivo OVA:** Antes de implementar la máquina virtual, Minenergía verificó que el archivo OVA descargado fuera seguro, comparando su código hash con valores conocidos.
- **Creación del dispositivo recopilador:** Minenergía importó el archivo OVA descargado en su instancia de vCenter Server, aprovisionando así la máquina virtual del recopilador.
- **Ejecución del recopilador para detectar VM:** Con todo en su lugar, Minenergía ejecutó el recopilador, que detectó las máquinas virtuales en el ambiente local.
- **Verificación en el portal:** Una vez que el recopilador terminó su tarea, Minenergía verificó en el portal de Azure Migrate que las máquinas virtuales detectadas se mostraban correctamente.

Esta fase finalizó con el despliegue de la VM en el ambiente del MME.

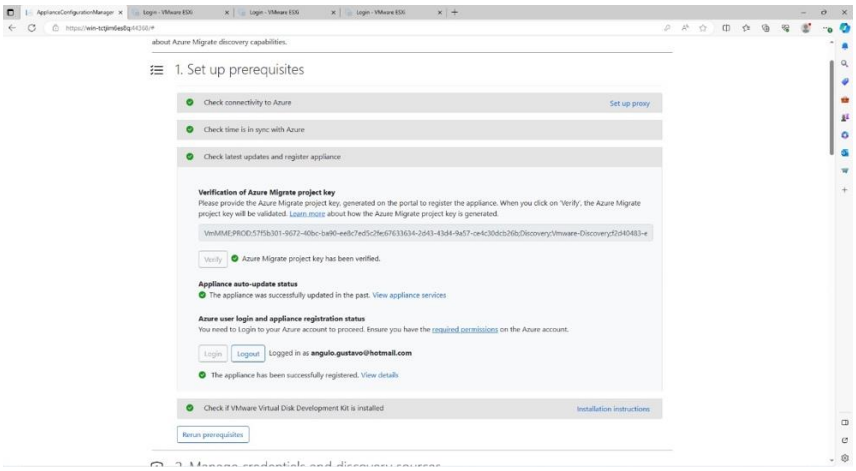


Imagen 32 Proceso implementación Azure Migrate
Fuente: Elaboración propia

Finalizado este proceso inicia la Etapa No. 3

Imagen 33 Proceso implementación Azure Migrate etapa 2
Fuente: Elaboración propia

Etapa 3: Configuración Azure Migrate análisis VM`s

- **Identificación máquinas virtuales:** Se realizó la identificación de las máquinas virtuales por tipo de aplicación (DB y APP).

- **Activación análisis de dependencias sin agente:** Se activó la característica de análisis de dependencias sin agentes.
- **Activación Inventario de software:** Se agregaron credenciales de usuario dentro del colector.
- **Creación de grupos:** Mediante el panel de administración de Azure Migrate se realizó la creación de los grupos de evaluación.

Etapa 4: Validación de resultados y análisis de dependencias

- **Comprobación VM´s:** El equipo de proyecto comprobó que los datos requeridos estuviesen presentes en la plataforma Azure
- **Análisis de dependencias:** Se generó informe de dependencias a fin de identificar posibles maquinas o recursos no contemplados en el listado inicial
- **Validación de resultado:** Se da visto bueno a los resultados obtenidos para iniciar el desarrollo de las evaluaciones correspondientes.

Esta fase finalizó con la identificación de los datos requeridos en la plataforma

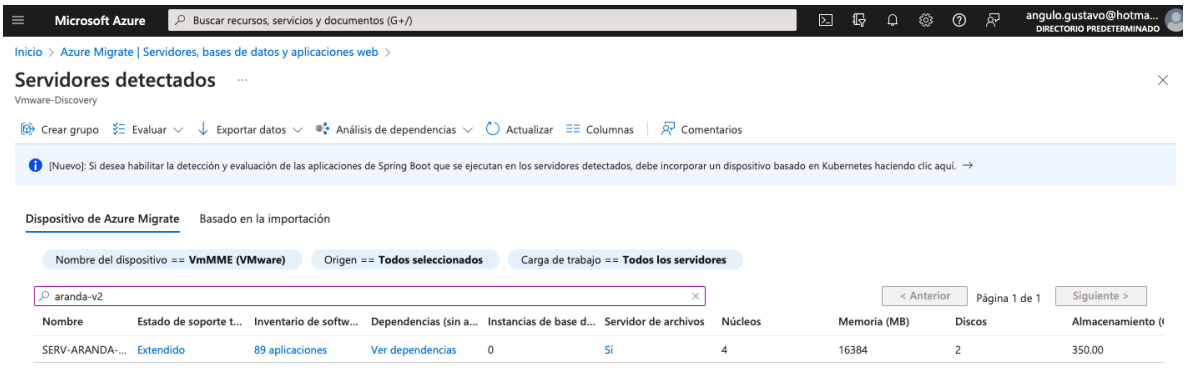


Imagen 34 Captura datos recolectados
Fuente: Azure Migrate

4.3.2.4 Presentación elementos identificados

Conforme al desarrollo de las fases descritas en el punto anterior, se destacan los siguientes datos:

- **Resumen elementos identificados:**

Azure Migrate representa los elementos identificados en el siguiente panel:

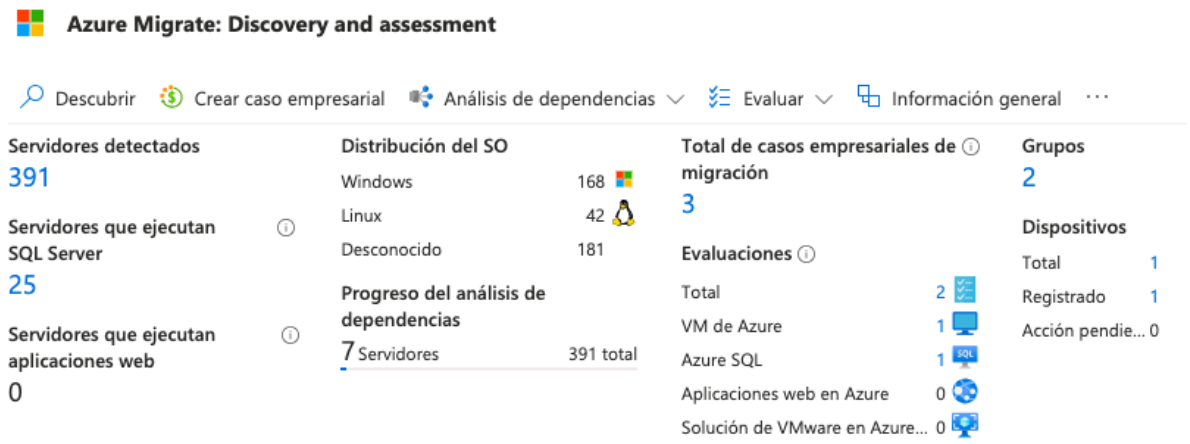


Imagen 35 Resumen elementos identificados
Fuente: Azure Migrate

- **Grupos creados:**

Los grupos creados se visualizan y gestionan así:

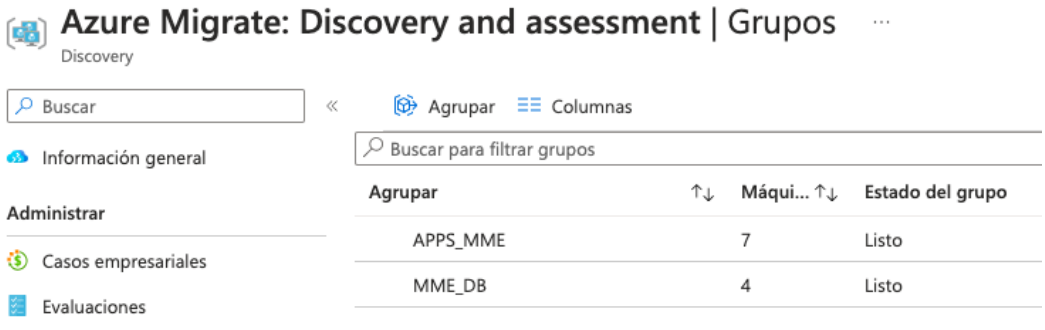


Imagen 36 Grupos creados
Fuente: Azure Migrate

- **Elementos seleccionados:**

La siguiente tabla describe el detalle de las máquinas virtuales seleccionadas para el ejercicio de análisis.

Tabla 13 Descripción Máquinas virtuales

NOMBRE	NÚCLEOS	MEMORIA (MB)	DISCOS	ALMACENAMIENTO (GB)	ADAPTADOR DE RED	SISTEMA OPERATIVO
SERV-SARA	4	16384	1	70	1	Microsoft Windows Server 2012 R2 Datacenter
SERV-NEON	4	12288	1	40	1	CentOS 7 (64-bit)
SERV-SITH-FILES	4	16384	1	1024	1	CentOS Linux
SERV-SITH-APP	4	32768	1	300	1	CentOS Linux
SERV-SITH-BAL	4	20480	1	50	1	CentOS Linux
SERV-SIGAME	4	10240	2	220	1	Microsoft Windows Server 2022 Datacenter
SERV-ARANDA	4	16384	2	350	1	Microsoft Windows Server 2016 Datacenter
CLUSTER-SQL1_1	8	32768	8	2389	2	Microsoft Windows Server 2019 Standard
CLUSTER-SQL2_1	8	16384	8	1810	2	Microsoft Windows Server 2016 Datacenter
CLUSTER-SQL1_2	8	32768	8	2389	2	Microsoft Windows Server 2019 Standard
CLUSTER-SQL2_2	8	16384	8	1810	2	Microsoft Windows Server 2016 Datacenter

Fuente: Elaboración propia

Por temas de seguridad y privacidad de la información la Entidad solicitó no publicar información sensible de la infraestructura tecnológica. Por eso se presentan datos anónimos.

En la siguiente tabla se presenta algunas de las dependencias identificadas sobre la carga de trabajo SIGAME.

Tabla 14 Listado dependencias

CAMPO	VALOR
Time slot	10/24/2023 12:00-18:00
Source server name	SERV-SIGAME
Source IP	X.X.X.191
Source application	Internet Information Services
Source process	w3wp.exe
Destination server name	CLUSTER-SQL01
Destination IP	X.X.X.111
Destination application	Microsoft SQL Server
Destination process	sqlservr.exe
Destination port	1433

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, se presenta una muestra del inventario de software generada por la plataforma, donde se pueden ver versiones y nombre de las aplicaciones instaladas en el servidor.

Tabla 15 Descripción Máquinas virtuales Inventario de software

ATRIBUTO	VALOR
MachineName	SERV-ARANDA
Application	Microsoft Office Professional Plus 2016
Version	16.0.4266.1001
Provider	Microsoft Corporation

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las instancias o motores de bases de datos, es posible extraer los siguientes elementos.

Tabla 16 Descripción Máquinas virtuales SQL

Atributo	Valor
MachineName	CLUSTER-SQL01
Instance Name	MSSQLSERVER
Edition	Standard Edition
Service Pack	XX
Version	XX.XX.XX20.0
Port	XXXX

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la descripción de los roles de las máquinas virtuales, Azure Migrate ofrece la siguiente información.

Tabla 17 Descripción Máquinas virtuales Roles

Atributo	Valor
MachineName	SERV-ARANDA
Feature	Storage-Services
Type	Role Service
Parent	File AndStorage-Services

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.5 Evaluación Grupos de servidores Aplicación

Durante esta fase y una vez cumplido el propósito de establecer la herramienta de evaluación y valoración de capacidades, es momento de establecer los elementos necesarios para alinear los modelos de costos con el patrimonio digital en su operación cloud, siendo este el propósito de la evaluación, cuyo resultado se presenta a continuación:

Después de ejecutar la valoración, es posible identificar de manera precisa información sobre la compatibilidad del entorno local con Azure, una sugerencia para el tamaño correcto de la máquina virtual de Azure y los costos mensuales estimados de Azure.

- **Preparación para Azure:** El proceso de cálculo de la preparación determina la idoneidad de los servidores locales para su ejecución en Azure. Tras una evaluación, cada servidor se categoriza en: "Preparada para Azure", "Condicionalmente preparada para Azure", "No está preparado para Azure" o "Preparación desconocida". Esta categorización se basa en propiedades específicas del servidor, como tipo de arranque, núcleos, RAM, almacenamiento y redes. Además, se examina el sistema operativo del servidor para determinar su compatibilidad con Azure. La evaluación también considera la preparación de seguridad, determinando la idoneidad del servidor para Microsoft Defender.

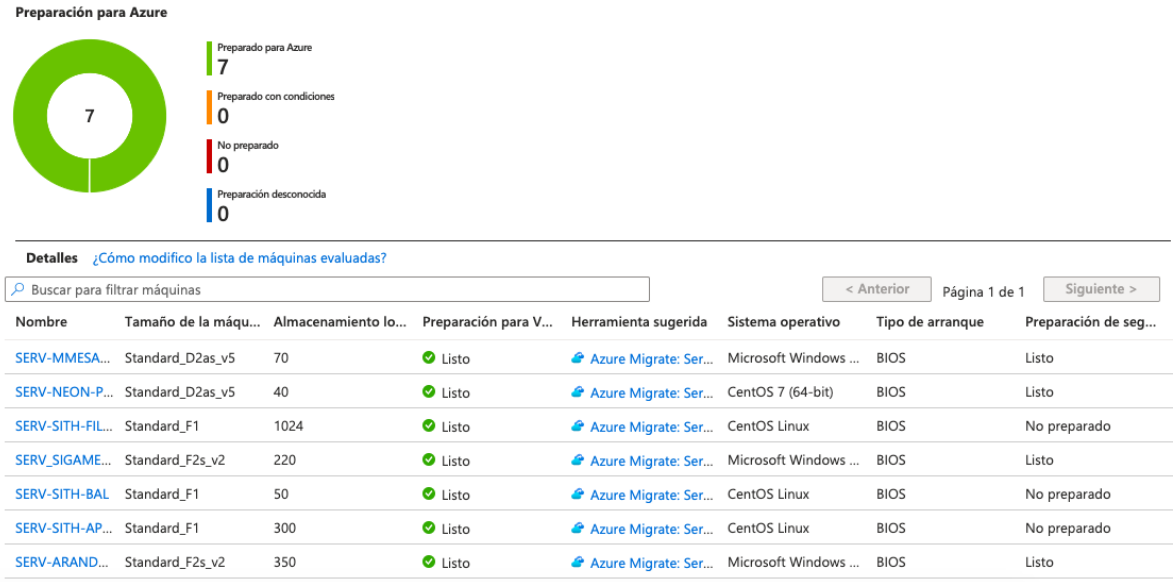
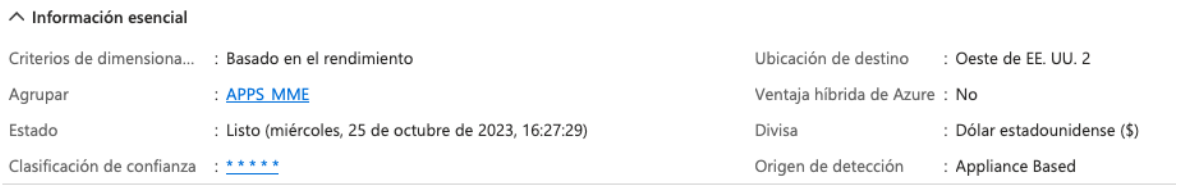


Imagen 37 Preparación Azure
Fuente: Azure Migrate

- **Detalle de costes:** El proceso de cálculo de costos mensuales para máquinas virtuales en Azure se inicia tras finalizar las recomendaciones de dimensionamiento. Azure Migrate determina estos costos considerando el tamaño recomendado de la máquina virtual y diversos factores como el sistema operativo, el tiempo de actividad de la VM y la configuración de moneda. El costo de almacenamiento se basa en el tipo y tamaño de los discos conectados al servidor, diferenciando entre discos Estándar, Premium y Ultra. Además, para servidores que soportan Defender for Server, se añade un costo de seguridad. Todos estos costos se presentan en la moneda definida en la configuración de evaluación.



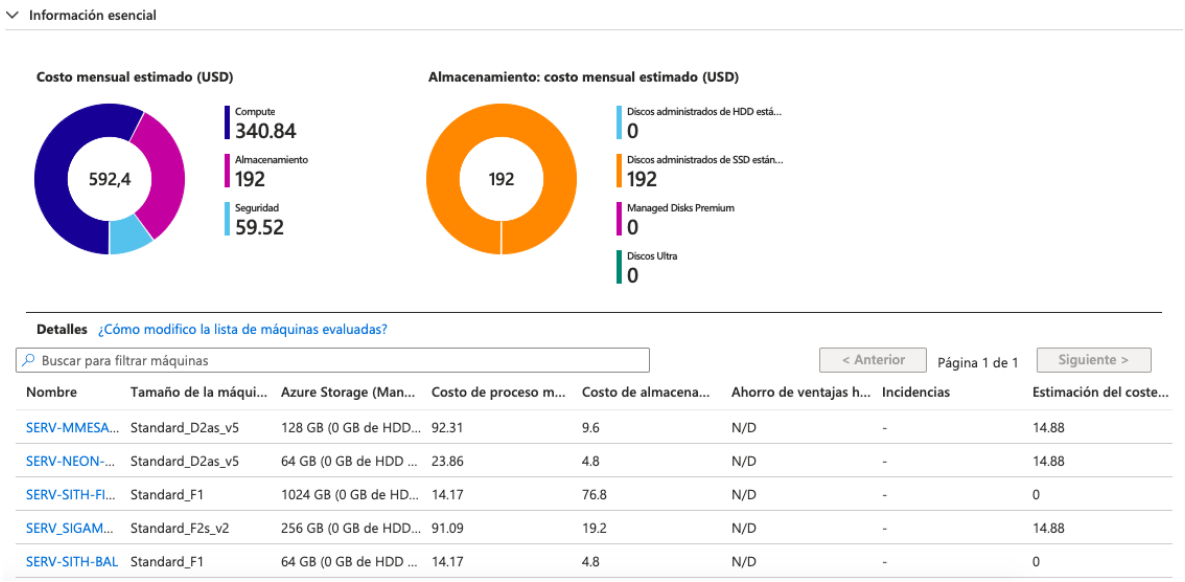


Imagen 38 Detalle de costos
Fuente: Azure Migrate

4.3.2.6 Evaluación Grupos de servidores Bases de Datos

El formato de evaluación de los servidores de base de datos obedece a un proceso de medición más extendido con el desarrollo de 5 fases:

- **Recopilación de Puntos de Ejemplo:** El dispositivo se encarga de recopilar datos en tiempo real. En el contexto de servidores SQL Server, se toma un punto de ejemplo cada 30 segundos.
- **Agregación de Datos:** Cada 30 segundos, los puntos de datos recopilados se agrupan en un conjunto más grande. Para formar este conjunto de datos, el dispositivo elige los valores máximos de cada muestra recopilada. Posteriormente, envía tres valores clave a Azure: el valor máximo, el promedio y la varianza de cada contador.
- **Almacenamiento en Azure Migrate:** Azure Migrate mantiene una base de datos de estos puntos de datos, que se almacenan en bloques de 10 minutos. Estos bloques se conservan durante el último mes, proporcionando un registro histórico de rendimiento.
- **Evaluación en Azure Migrate:** Al generar una evaluación, Azure Migrate tiene la tarea de seleccionar el punto de datos más relevante para determinar la

configuración óptima. Esta selección depende en gran medida de los percentiles del historial de rendimiento y uso. Por ejemplo, si se está evaluando sobre un historial de rendimiento de una semana y se establece el uso en el percentil 95: Azure Migrate ordenará todos los puntos de muestra de 10 minutos de esa semana. Se clasificarán de menor a mayor y se seleccionará el valor en el percentil 95 para determinar la configuración adecuada.

  - La elección del percentil 95 tiene como objetivo excluir valores extremos o atípicos. Si se deseara incluir estos valores atípicos, sería más apropiado seleccionar el percentil 99.

- **Factor de Confort:** Una vez que se tiene el valor del percentil seleccionado, este se ajusta con un "factor de confort". Esta multiplicación resulta en datos de rendimiento más representativos y ajustados para métricas específicas. Estas métricas incluyen:
  - Uso de la CPU en porcentaje.
  - Uso de memoria en porcentaje.
  - E/S de lectura y escritura, diferenciando entre archivos de datos y de registro.
  - Velocidades de lectura y escritura en MB/s.
  - Latencia en las operaciones de E/S [47].

Este proceso, para el análisis especifico que ocupa este trabajo permitió evidenciar las dos instancias de base de datos y analizarlas bajo diversos enfoques de migración.

- **Implementación recomendada:** Se elige el tipo de implementación de Azure SQL más compatible y rentable para la instancia de SQL en cuestión. Si se está listo para SQL Server en Azure VM, Azure SQL Managed Instance y Azure SQL Database, se recomienda el destino con menos problemas de preparación y coste. Los informes permiten revisar la preparación de SQL Server para los destinos recomendados y las estimaciones de costos.
- **Migrar todas las instancias a Azure SQL MI:** Estrategia centrada en migrar todas las instancias de SQL Server a Azure SQL Managed Instance. Permite revisar la preparación y las estimaciones de costos para esta migración específica.

- **Migrar todas las instancias a SQL Server en máquinas virtuales de Azure:** Se concentra en trasladar todas las instancias de SQL Server a Azure VM. Ofrece la oportunidad de verificar la preparación y estimar los costos asociados.
- **Migración de todos los servidores a SQL Server en máquinas virtuales de Azure:** Enfocada en reubicar los servidores que ejecutan SQL Server a Azure VM. Incluso si las credenciales de SQL Server no están disponibles, se brindan recomendaciones lift-and-shift. La lógica de preparación y dimensionamiento es similar a la evaluación de Azure VM.
- **Migrar todas las bases de datos SQL a Azure SQL Database:** Esta estrategia destaca la migración de bases de datos individuales hacia Azure SQL Database. También permite una revisión de la preparación y las estimaciones de costos relacionadas.

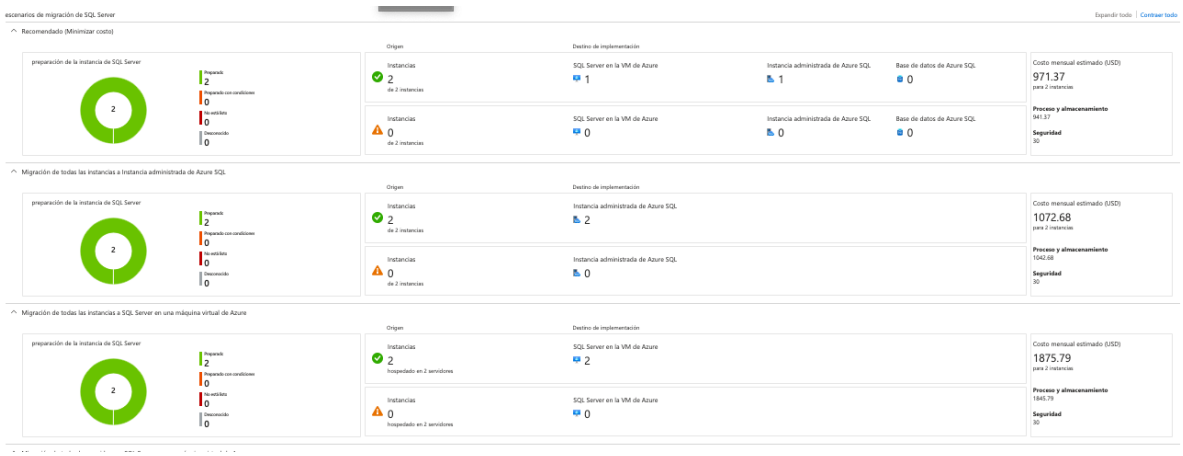


Imagen 39 Detalle SQL Servers
Fuente: Azure Migrate

De otra parte, la plataforma Azure Migrate ofrece una visión detallada de la preparación para la migración hacia los servicios de Azure SQL listados con antelación.

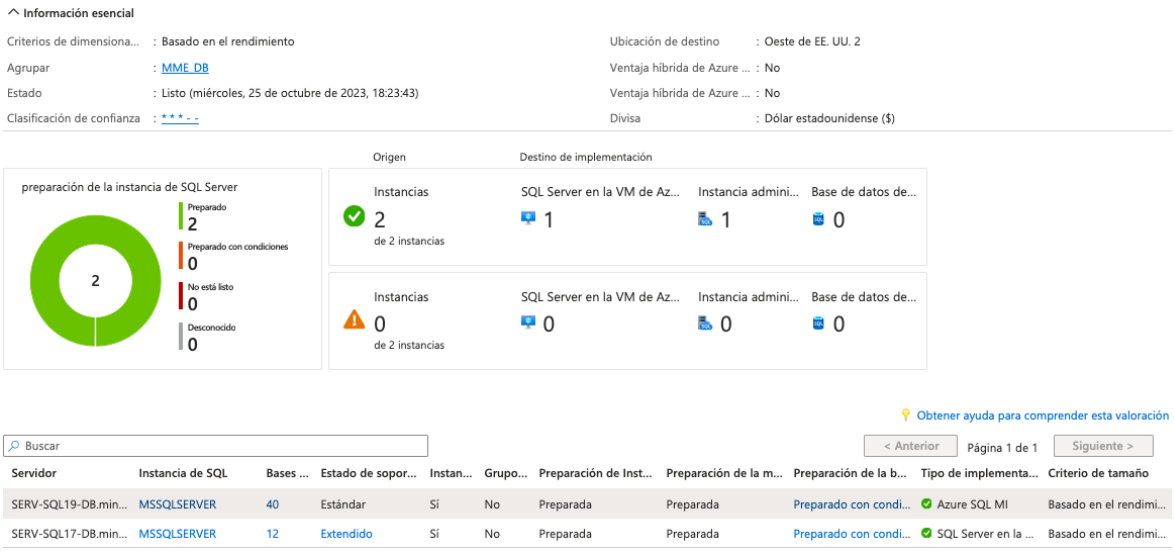


Imagen 40 Visión detallada
Fuente: Azure Migrate

- **Revisión de Informes:** La plataforma ofrece informes detallados basados en diferentes estrategias de migración. El usuario puede seleccionar el informe de "Preparación" de cualquier estrategia para examinar más a fondo.
- **Columnas de Preparación:** Estas columnas proporcionan una visión rápida del nivel de preparación de una instancia o servidor SQL para diferentes destinos de implementación en Azure.
- **Estados de Preparación:** Los informes categorizan las instancias o servidores SQL en varios estados de preparación: "Preparado", "Preparado con advertencias", "Preparado con condiciones", "No preparado" y "Desconocido". Estas categorías ayudan al usuario a identificar rápidamente la aptitud y las posibles barreras para la migración.
- **Problemas y Soluciones:** Si se detecta un problema con una instancia o servidor, el informe proporciona instrucciones de corrección recomendadas. Si el estado es "Desconocido", se aconseja al usuario que busque soluciones en la hoja de notificaciones y, si el problema persiste, que se comunique con el soporte técnico de Microsoft.
- **Implicaciones de Implementación:** La elección de la estrategia de migración y el nivel de preparación de la instancia o servidor determinará el proceso de

migración. Por ejemplo, si una instancia no está preparada, puede no ser adecuada para la migración hasta que se aborden ciertos problemas.

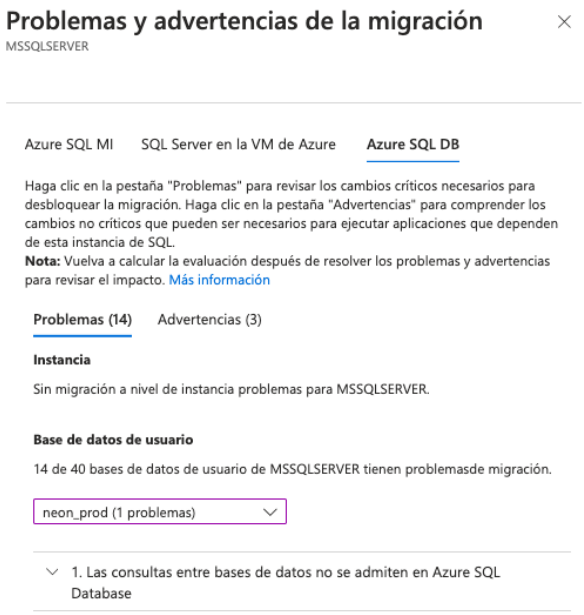


Imagen 41 Problemas y advertencias
Fuente: Azure Migrate

Por último y no menos importante se presenta la estimación de costos, que tal como se explicó en la sección anterior, obedece a un análisis por cada estrategia de migración. Las secciones y datos allí presentados pueden ser resumidos como:

- **Resumen de Evaluación:** Azure ofrece un resumen de la evaluación que muestra los costos mensuales estimados para procesamiento y almacenamiento en las configuraciones recomendadas de Azure SQL.
- **Desglose de Costos:** Se detallan los costos totales mensuales, que se calculan sumando los costos de todas las instancias de SQL que se han evaluado.
- **Base para Estimaciones:** Las estimaciones de costos se derivan de la configuración recomendada de Azure SQL para una instancia, servidor o base de datos en particular.
- **Detalles Específicos:** Los usuarios tienen la opción de ver los detalles hasta el nivel de instancia individual o base de datos para obtener una comprensión más profunda de las estimaciones de costos.

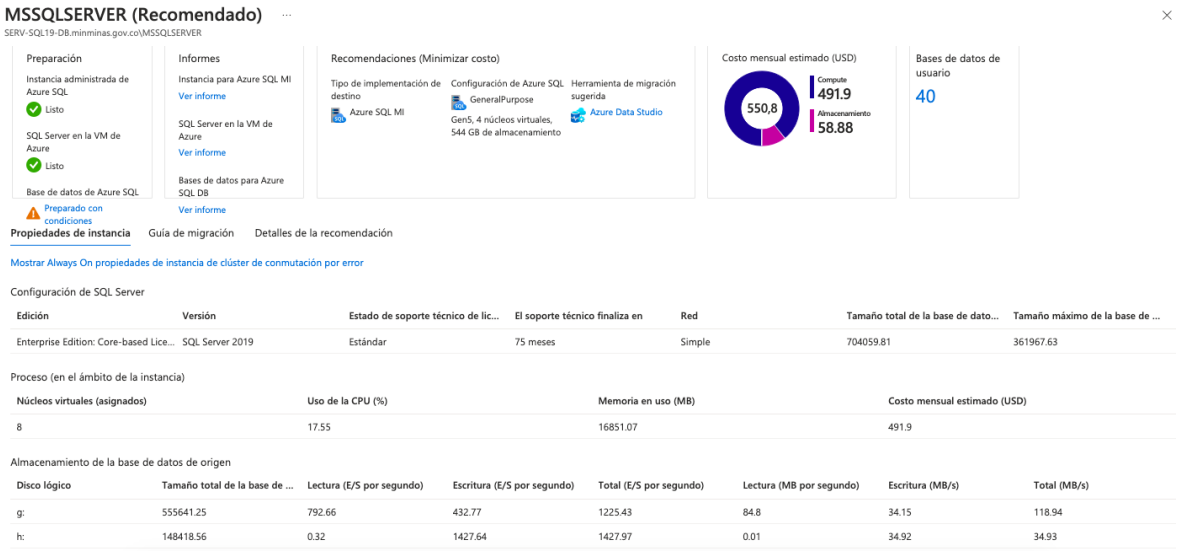


Imagen 42 Estimación de costos
Fuente: Azure Migrate

En esta sección se pueden identificar las recomendaciones de migración, información que se presenta como muestra en la siguiente imagen.

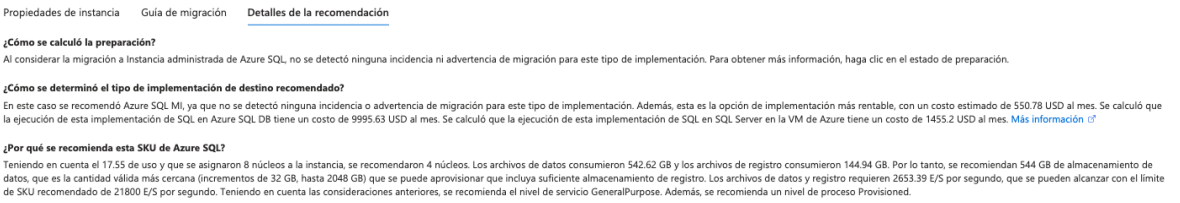


Imagen 43 Detalle recomendación
Fuente: Azure Migrate

4.3.2.7 Racionalización del patrimonio digital

Aunque la metodología insta a definir el enfoque de racionalización de manera anticipada, durante el desarrollo del análisis esta actividad se postergo hasta después de generar la evaluación de las cargas de trabajo, esto bajo el conocimiento que en lo que respecta a Bases de Datos, la aplicación Azure Migrate puede generar recomendaciones diferentes a la de realojamiento, lo cual, para este caso específico no sucedió. Ahora bien, el supuesto con el que inicio el desarrollo de este análisis es que el proceso de racionalización de la nube implica evaluar los recursos y decidir cómo se gestionarán en el entorno de la nube. Tradicionalmente, este proceso se asemeja a un árbol de decisiones complejo, donde cada

recurso del patrimonio digital se evalúa con respecto a las "cinco R" de la racionalización: Rehospedar, Retirar, Reemplazar, Refactorizar o Retener. Sin embargo, este enfoque puede ser ineficiente para patrimonios digitales extensos. En el CAF de Microsoft se presenta una alternativa conocida como "racionalización incremental", que simplifica el proceso en tres etapas:

- **Inventario Reducido:** Se comienza con un inventario de recursos simplificado para acelerar la toma de decisiones iniciales. A menudo, se utiliza una solución sin agentes para la detección inicial, reduciendo así la carga sobre los departamentos de seguridad y operaciones.
- **Análisis Cuantitativo Optimizado:** Se reduce la cantidad de decisiones iniciales y suposiciones al limitar las opciones a dos decisiones concisas basadas en factores cuantitativos, como la reubicación o la retirada de recursos.
- **Análisis Cualitativo Simplificado:** Se plantean menos preguntas cualitativas iniciales, lo que facilita la toma de decisiones en esta fase temprana. Más análisis cualitativo se realiza a medida que se migra cada carga de trabajo.

Para este caso específico tanto al análisis cuantitativo como el cualitativo se reducen a la definición de rehospedar o retirar las cargas de trabajo asociadas a las aplicaciones elegidas. Ante esta situación y luego de la confirmación generada por el GTIC del MME, se determina el siguiente enfoque:

Tabla 18 Enfoque racionalización

CARGA DE TRABAJO	BUSINESS UNIT	PROPOSED RATIONALIZATION
ARANDA: Sistema de gestión de Incidentes y requerimientos Mesa de ayuda.	Grupo de tecnologías de la information y las comunicaciones (TICs)	Rehospedar
SITH: Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos	Dirección de Hidrocarburos (DH)	Rehospedar
SARA: Sistema de administración del talento humano	Subdirección de Talento Humano (STH)	Rehospedar

SIGAME: Sistema integral de gestión activa del Minenergía	Oficina de Planeación y gestion internacional (OPGI)	Rehospedar
NEON: Sistema de gestión de recursos físicos y contratación	Subdirección administrative y financiera (SAF)	Rehospedar

Fuente: Elaboración propia

Es necesario documentar que esta decisión no solo obedece a la necesidad de realizar una racionalización escalonada, sino, por el contrario, la estrategia de racionalización denominada Rehospedaje atiende la estrategia definida, los motivadores y resultados esperados por la organización. Es necesario precisar que la reducción de gastos, la liberación de recursos y espacio en centros de datos o conseguir una rápida rentabilidad son los motivadores para tener en cuenta bajo la perspectiva de una racionalización centrada en el rehospedaje [48].

4.3.3 Plan de preparación de Aptitudes y alineación organizacional

La fase de planeación insta a la definición de un plan de preparación y/o adaptación de los roles, habilidades y procesos en el sector de TI a medida que las organizaciones transitan hacia la nube. Resalta cómo los roles han evolucionado a lo largo del tiempo con cambios tecnológicos y cómo la nube impulsa nuevos cambios en estos roles. Subraya la importancia de identificar y abordar las preocupaciones del personal sobre la adopción de la nube, la detección de brechas en habilidades o roles necesarios y la colaboración entre equipos para abordar estos cambios.

Bajo un contexto hibrido, como resultaría la operación en nube para el Ministerio de Minas y Energía, quien hoy en su equipo de TI solo cuenta con un administrador de plataforma, un administrador de seguridad y un administrador de base de datos más unos cuantos ingenieros de desarrollo las recomendaciones de preparación se enfocan en:

- **Cambios de Rol en Operación Híbrida:** La operación híbrida implica gestionar tanto la infraestructura local como la nube. Esto podría significar que, en lugar de eliminar completamente algunos roles, el Ministerio podría necesitar adaptarlos. Por ejemplo, un especialista en centros de datos podría necesitar ampliar su papel para incluir responsabilidades de administración de la nube.

- **Detección de Preocupaciones:** Es crucial que el Ministerio preste atención a las preocupaciones de su personal. La adopción híbrida podría tener su propio conjunto de desafíos y preocupaciones. Es esencial identificar y abordar estos temores temprano para asegurar una transición exitosa.
- **Identificación de Brechas:** La operación híbrida podría requerir un conjunto de habilidades ligeramente diferente al de una solución puramente basada en la nube. El Ministerio deberá identificar qué roles y habilidades son esenciales para su modelo híbrido y abordar cualquier brecha identificada, ya sea a través de formación o contratación.
- **Trabajo entre Equipos:** Dado que la operación híbrida implica gestionar tanto la infraestructura local como la nube, es probable que haya una mayor interacción y dependencia entre diferentes equipos. Establecer procesos claros y herramientas para facilitar esta colaboración será esencial.
- **Transformación Digital y Roles Híbridos:** A medida que el Ministerio avanza en su transformación digital con un enfoque híbrido, es crucial que adapte sus roles y responsabilidades actuales para reflejar esta dualidad. Esto podría incluir la creación de roles híbridos que aborden tanto la gestión de la nube como la infraestructura local.

Es necesario precisar que, aunque el Ministerio de Minas y Energía, tiene un equipo relativamente pequeño para afrontar una transición completa hacia una operación híbrida, con una planificación y ejecución adecuada, la transición puede llevarse a cabo de manera efectiva. Se proponen las siguientes actividades:

- **Evaluación Inicial y Formación:** Evaluación de habilidades: Realizar una evaluación detallada de las habilidades y capacidades del actual equipo de TI. Identificar áreas de fortaleza y áreas que requieran formación o refuerzo.
- **Formación:** Dada la pequeña estructura del equipo, invertir en formación es crucial. Puede incluir cursos en administración de la nube, seguridad en la nube y best practices en operaciones híbridas.

En general y conforme a las aptitudes y destrezas referenciadas por Microsoft en el desarrollo del plan de migración a la nube, hasta la fase de preparación se requeriría lo siguiente:

Tabla 19 Roles y certificaciones adopción nube

ACTIVIDAD	ROLES INVOLUCRADOS	CURSOS/CERTIFICACIONES RECOMENDADAS
Creación de una cuenta de Azure & Portal de Azure	Administradores de plataforma, Administrador de seguridad	Microsoft Certified: Azure Fundamentals (AZ-900), Cursos introductorios de Azure en Microsoft Learn
Introducción a Azure & Creación de una máquina virtual	Administradores de plataforma, Ingenieros de desarrollo	Microsoft Certified: Azure Administrator Associate (AZ-104), Microsoft Certified: Azure Developer Associate (AZ-204)
Introducción a la seguridad en Azure & RBAC de Azure	Administrador de seguridad, Administradores de plataforma	Microsoft Certified: Azure Security Engineer Associate (AZ-500), Cursos sobre seguridad en Azure en Microsoft Learn
Administración de recursos en Azure	Administradores de plataforma, Ingenieros de desarrollo	Microsoft Certified: Azure Administrator Associate (AZ-104), Cursos avanzados de administración de recursos de Azure en Microsoft Learn
Redes de Azure	Administradores de plataforma, Administrador de seguridad	Microsoft Certified: Azure Network Engineer, Cursos sobre redes de Azure en Microsoft Learn
Opciones de proceso de Azure	Ingenieros de desarrollo, Administradores de plataforma	Microsoft Certified: Azure Solutions Architect Expert (AZ-303 y AZ-304), Cursos sobre opciones de proceso de Azure en Microsoft Learn
Opciones de almacenamiento de datos	Administrador de base de datos, Ingenieros de desarrollo	Microsoft Certified: Azure Data Engineer Associate (DP-200 y DP-201), Cursos sobre almacenamiento de datos en Azure en Microsoft Learn

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, conforme a lo descrito en la metodología seleccionada, la alineación organizacional es un factor de continua evolución conforme al desarrollo y necesidades de cada fase. En general se recomienda iniciar con una alineación donde la gobernanza y la adopción de la nube logren los objetivos de cada fase.

Con esto en mente, junto al coordinador del Grupo Tics se exploró la capacidad actual del equipo e TI para enfrentar el piloto de migración identificando insuficiencia de conocimientos internos obligando así a estimar la participación de un equipo externo que apoye este proceso. Este proceso es menor y bajo una mirada de eficiencia operacional se debe considerar en estas primeras fases por lo menos los siguientes perfiles con sus

subsecuentes actividades al margen de la migración, en quienes estarán distribuidos los roles de gobernanza y migración.

Tabla 20 Roles plataforma Cloud

ROL	RESPONSABILIDADES	CERTIFICACIONES RECOMENDADAS
Administrador de Plataforma	Creación y gestión de la cuenta de Azure y el Portal de Azure. - Administración de recursos en Azure. - Gestión de redes en Azure. - Supervisión y gestión de los procesos en Azure. - Coordinación y supervisión y ejecución de las tareas de migración.	Microsoft Certified: Azure Fundamentals (AZ-900). - Microsoft Certified: Azure Administrator Associate (AZ-104).
Administrador de Seguridad	Implementación y gestión de la seguridad en Azure. - Gestión del Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) en Azure. - Supervisión de la seguridad de la red en Azure. - Definición e implementación de políticas y controles de gobernanza.	Microsoft Certified: Azure Security Engineer Associate (AZ-500).
Ingeniero de Desarrollo	Creación y gestión de máquinas virtuales en Azure. - Desarrollo y despliegue de aplicaciones y servicios. - Diseño y gestión de opciones de almacenamiento de datos en Azure. - Participación activa en las tareas de migración.	Microsoft Certified: Azure Developer Associate (AZ-204). - Microsoft Certified: Azure Data Engineer Associate (DP-200 y DP-201).
Arquitecto de Soluciones	Diseño de la arquitectura de la solución en Azure. - Asegurar la eficiencia y sostenibilidad del entorno de Azure. - Supervisar la integración y compatibilidad de las aplicaciones y datos. - Liderazgo en la planificación y ejecución de la migración y establecimiento del Landing Zone	Microsoft Certified: Azure Solutions Architect Expert (AZ-303 y AZ-304).
Administrador de Base de Datos	Diseño, implementación y gestión de bases de datos en Azure. - Asegurar la integridad, disponibilidad y seguridad de los datos. - Coordinación y ejecución en la migración de bases de datos.	Microsoft Certified: Azure Data Engineer Associate (DP-200 y DP-201).

Fuente: Elaboración propia

Esta definición obedece a los resultados y recomendaciones obtenidos mediante el desarrollo de la evaluación Smart presentada en la sección de estrategia.

4.3.4 Plan de adopción de la nube

Tras cumplir la etapa de análisis descrita en las secciones anteriores, definir formalmente el plan de adopción de la nube según las indicaciones generadas en el modelo metodológico desarrollado por Microsoft.

Las fases anteriores se denominan requisitos previos para definir el plan de adopción de la nube, lo cual resulta lógico si observamos que en estas fases se definió claramente los motivadores, resultados esperados y objetivos de negocio (Entradas Estratégicas). Luego de ello, se definió la racionalización de las cargas de trabajo, la alineación de la organización y el plan de preparación de aptitudes denominadas las entradas tácticas.

La definición de este plan inicia con la priorización y clasificación de las cargas de trabajo, para ello se necesitó una revisión técnica y de negocio tal como se muestra a continuación por cada carga de trabajo.

- **Aranda**

Tabla 21 Descripción técnica y de negocio aplicación Aranda

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Aplicación Mesa de ayuda
Descripción De La Carga De Trabajo	Front Aplicación Mesa de ayuda
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Grupo TIC
Impacto Empresarial	Bajo - Prestación soporte técnico
Impacto De La Aplicación	Esta aplicación es el punto de contacto de más de 700 usuarios. Se brinda soporte técnico a todas las aplicaciones de negocio
Impacto De Los Datos	Permite tomar decisiones frente a problemas y/o decisiones sobre las capacidades de negocio

Unidad De Negocio	Grupo TIC
Procesos Empresariales	Mantenimiento, operación y mantenimiento
Equipos Empresariales	Todos los equipos
Partes Interesadas Del Negocio	Coordinador GTIC
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Grupo TIC
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Juan José Cedeño
SLA	90%
Grado De Importancia	Bajo
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediate, Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	2
Orígenes De Datos	Aplicación Aranda
Dependencias	2. - Cluster-SQL02 - SERV_ARANDA
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

La carga de trabajo en cuestión es la "Aplicación Mesa de ayuda", que actúa como el punto de contacto para más de 700 usuarios, brindando soporte técnico a todas las aplicaciones de negocio. Su motivación para la adopción incluye la salida del centro de datos, la reducción de gastos de capital, la finalización del soporte técnico de tecnologías críticas, la respuesta a cambios en el cumplimiento normativo, la mejora de las experiencias de los ciudadanos, la democratización y/o entornos de autoservicio, así como el aumento de la agilidad empresarial.

El patrocinador principal de esta carga de trabajo es el "Grupo TIC", y su impacto empresarial se considera bajo, ya que se relaciona principalmente con la prestación de soporte técnico. La unidad de negocio responsable es también el "Grupo TIC", y los procesos empresariales asociados son el mantenimiento y la operación. Todos los equipos empresariales están involucrados, y el coordinador del Grupo TIC es una de las partes interesadas del negocio.

Los resultados empresariales se centran en la migración y operación de la carga de trabajo, y se mide a través del número de máquinas virtuales migradas. La aplicación en sí es propiedad del "Grupo TIC", y opera durante el horario laboral de lunes a viernes de 8 am a 7 pm, en la zona geográfica de los Estados Unidos.

En términos de datos, se clasifican como "sensibles", y las máquinas virtuales tienen como origen de datos la "Aplicación Aranda". Además, existen dos dependencias y el tráfico de usuario se limita a Colombia. El responsable de operaciones de la aplicación es Juan José Cedeño, y el nivel de servicio acordado (SLA) es del 90%, con un grado de importancia considerado bajo. Las zonas geográficas en funcionamiento se limitan a los Estados Unidos, y se menciona que por razones de seguridad no se incluyen detalles adicionales sobre las aplicaciones.

- **SITH**

Tabla 22 Descripción técnica y de negocio aplicación SITH

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos
Descripción De La Carga De Trabajo	Pool servidores front Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Dirección de Hidrocarburos

Impacto Empresarial	Alto, limitación en la ejecución de actividades en transporte de hidrocarburos
Impacto De La Aplicación	Registro, pago y liquidación de regalías atribuibles a hidrocarburos
Impacto De Los Datos	Alto, liquidación y autorización
Unidad De Negocio	Dirección de Hidrocarburos
Procesos Empresariales	Liquidación, registro y autorización
Equipos Empresariales	Dirección de Hidrocarburos
Partes Interesadas Del Negocio	Dirección de Hidrocarburos - Transportadores
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Dirección de Hidrocarburos
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Dirección de Hidrocarburos
SLA	99.999%
Grado De Importancia	Alto
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediate, Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	6
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	4 - Cluster-SQL02, SERV-SITH, SERV-SITH-BAL, SERV-SITH-FILES
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

La carga de trabajo en cuestión es el "Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos", que se basa en un pool de servidores frontales. Sus motivaciones para la adopción incluyen

la salida del centro de datos, la reducción de gastos de capital, la finalización del soporte técnico de tecnologías críticas, la respuesta a los cambios en el cumplimiento normativo, la mejora de las experiencias de los ciudadanos, la democratización y/o entornos de autoservicio, así como el aumento de la agilidad empresarial.

El patrocinador principal de esta carga de trabajo es la "Dirección de Hidrocarburos", y su impacto empresarial se considera alto, con limitaciones en la ejecución de actividades relacionadas con el transporte de hidrocarburos. La unidad de negocio responsable es también la "Dirección de Hidrocarburos", y los procesos empresariales asociados son la liquidación, el registro y la autorización. Todos los equipos empresariales involucrados también pertenecen a la "Dirección de Hidrocarburos", y las partes interesadas del negocio incluyen a la "Dirección de Hidrocarburos" y los "Transportadores".

Los resultados empresariales se centran en la migración y operación de la carga de trabajo, y se miden a través del número de máquinas virtuales migradas. La aplicación se clasifica como de alto impacto de datos, ya que está relacionada con la liquidación y autorización de regalías atribuibles a hidrocarburos. Los propietarios de la aplicación son la "Dirección de Hidrocarburos", y opera durante el horario laboral de lunes a viernes de 8 am a 7 pm, en la zona geográfica de los Estados Unidos.

En términos de datos, se clasifican como "sensibles", y las máquinas virtuales tienen como origen de datos la "Front Aplicación". Además, existen cuatro dependencias y el tráfico de usuario se limita a Colombia. El responsable de operaciones de la aplicación es la "Dirección de Hidrocarburos", y el nivel de servicio acordado (SLA) es excepcionalmente alto, con un valor de 9999,99 y un grado de importancia también considerado alto. Las zonas geográficas en funcionamiento se limitan a los Estados Unidos, y se menciona que

por razones de seguridad no se incluyen detalles adicionales sobre las aplicaciones. El enfoque de la adopción es la migración.

- **SARA**

Tabla 23 Descripción técnica y de negocio aplicación SARA

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema de administración del talento humano
Descripción De La Carga De Trabajo	Sistema de administración del talento humano del Minenergía
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Subdirección de Talento Humano (STH)
Impacto Empresarial	Media - Liquidación nómina y gestión de datos
Impacto De La Aplicación	Se utiliza para liquidación de nómina y gestión del talento humano respuesta a derechos de petición
Impacto De Los Datos	Escalas salariales, hoja de vida y datos de empleados
Unidad De Negocio	Subdirección de Talento Humano (STH)
Procesos Empresariales	Nomina, Talento humano y prestaciones
Equipos Empresariales	Todos los equipos
Partes Interesadas Del Negocio	Subdirección de Talento Humano (STH)
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Subdirección de Talento Humano (STH)
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A

Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Subdirección de Talento Humano (STH)
SLA	90%
Grado De Importancia	Medio
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediate, Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	2
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	2. - Cluster-SQL02 - SERV-SARA
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

La carga de trabajo en cuestión es el "Sistema de administración del talento humano" del Minenergía. Este sistema se utiliza para liquidar nómina, gestionar el talento humano y responder a derechos de petición. Sus motivaciones para la adopción incluyen la salida del centro de datos, la reducción de gastos de capital, la finalización del soporte técnico de tecnologías críticas, la respuesta a cambios en el cumplimiento normativo, la mejora de las experiencias de los ciudadanos, la democratización y/o entornos de autoservicio, así como el aumento de la agilidad empresarial.

El patrocinador principal de esta carga de trabajo es la "Subdirección de Talento Humano (STH)", y su impacto empresarial se considera medio, ya que se relaciona con la liquidación de nómina y la gestión de datos del talento humano. La unidad de negocio responsable es también la "Subdirección de Talento Humano (STH)", y los procesos empresariales asociados incluyen la nómina, el talento humano y las prestaciones. Todos los equipos empresariales están involucrados, y las partes interesadas del negocio son la "Subdirección de Talento Humano (STH)".

Los resultados empresariales se centran en la migración y operación de la carga de trabajo, y se miden a través del número de máquinas virtuales migradas. La aplicación maneja datos

sensibles, como escalas salariales, hojas de vida y datos de empleados. Los propietarios de la aplicación también son la "Subdirección de Talento Humano (STH)", y opera durante el horario laboral de lunes a viernes de 8 am a 7 pm, en la zona geográfica de los Estados Unidos.

En términos de datos, se clasifican como "sensibles", y las máquinas virtuales tienen como origen de datos la "Front Aplicación". Además, existen dos dependencias y el tráfico de usuario se limita a Colombia. El responsable de operaciones de la aplicación es la "Subdirección de Talento Humano (STH)", y el nivel de servicio acordado (SLA) es del 90%, con un grado de importancia considerado medio. Las zonas geográficas en funcionamiento se limitan a los Estados Unidos, y se menciona que por razones de seguridad no se incluyen detalles adicionales sobre las aplicaciones. El enfoque de la adopción es la migración.

- **SIGAME**

Tabla 24 Descripción técnica y de negocio aplicación SIGAME

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema integral de gestión activa del Minenergía
Descripción De La Carga De Trabajo	Sistema integral de gestión activa del Minenergía
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Impacto Empresarial	Baja - acceso a formatos y documentos del sistema integrado de gestión
Impacto De La Aplicación	Gestión integral del sistema integrado de gestión de calidad
Impacto De Los Datos	Formatos, políticas y procedimientos
Unidad De Negocio	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Procesos Empresariales	Todos los procesos
Equipos Empresariales	Todos los equipos

Partes Interesadas Del Negocio	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
SLA	90%
Grado De Importancia	Bajo
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediate, Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	2
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	2. - Cluster-SQL01 - SERV-SIGAME
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

La carga de trabajo en cuestión es el "Sistema integral de gestión activa del Minenergía". Este sistema se utiliza para la gestión integral del sistema integrado de gestión de calidad del Minenergía. Las motivaciones para la adopción incluyen la salida del centro de datos, la reducción de gastos de capital, la finalización del soporte técnico de tecnologías críticas, la respuesta a cambios en el cumplimiento normativo, la mejora de las experiencias de los

ciudadanos, la democratización y/o entornos de autoservicio, así como el aumento de la agilidad empresarial.

El patrocinador principal de esta carga de trabajo es la "Oficina de Planeación y Gestión Internacional (OPGI)", y su impacto empresarial se considera bajo, sobre todo con el acceso a formatos y documentos del sistema integrado de gestión. La unidad de negocio responsable es también la "Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)", y esta aplicación afecta a todos los procesos y equipos empresariales en la organización. Las partes interesadas del negocio son la "Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)".

Los resultados empresariales se centran en la migración y operación de la carga de trabajo, y se miden a través del número de máquinas virtuales migradas. La aplicación maneja datos sensibles, como formatos, políticas y procedimientos. Los propietarios de la aplicación también son la "Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)", y opera durante el horario laboral de lunes a viernes de 8 am a 7 pm, en la zona geográfica de los Estados Unidos.

En términos de datos, se clasifican como "sensibles", y las máquinas virtuales tienen como origen de datos la "Front Aplicación". Además, existen dos dependencias y el tráfico de usuario se limita a Colombia. El responsable de operaciones de la aplicación es la "Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)", y el nivel de servicio acordado (SLA) es del 90%, con un grado de importancia considerado bajo. Las zonas geográficas en funcionamiento se limitan a los Estados Unidos, y se menciona que por razones de seguridad no se incluyen detalles adicionales sobre las aplicaciones. El enfoque de la adopción es la migración.

- **NEON**

Tabla 25 Descripción técnica y de negocio aplicación NEON

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema de gestión de recursos físicos y contratación
Descripción De La Carga De Trabajo	Sistema de gestión de recursos físicos y contratación

Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Impacto Empresarial	Alto, limitación en la ejecución de actividades de contratación, pagos y gestión de recursos físicos
Impacto De La Aplicación	Gestión de activos, contratación y gestión financiera
Impacto De Los Datos	Alto, gestión financiera y contable
Unidad De Negocio	Dirección de Hidrocarburos
Procesos Empresariales	Gestión de activos, contratación y gestión financiera
Equipos Empresariales	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Partes Interesadas Del Negocio	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Subdirección administrative y financiera (SAF)
SLA	99.999%
Grado De Importancia	Alto
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediate, Azure Migrate se obtuvieron datos

Máquinas Virtuales	6
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	2 - Cluster-SQL02, SERV-NEON
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

La carga de trabajo en cuestión es el "Sistema de gestión de recursos físicos y contratación", que se utiliza para la gestión de activos, contratación y gestión financiera. Sus motivaciones para la adopción incluyen la salida del centro de datos, la reducción de gastos de capital, la finalización del soporte técnico de tecnologías críticas, la respuesta a cambios en el cumplimiento normativo, la mejora de las experiencias de los ciudadanos, la democratización y/o entornos de autoservicio, así como el aumento de la agilidad empresarial.

El patrocinador principal de esta carga de trabajo es la "Subdirección administrativa y financiera (SAF)", y su impacto empresarial se considera alto, ya que afecta la ejecución de actividades relacionadas con contratación, pagos y gestión de recursos físicos. La unidad de negocio responsable es la "Dirección de Hidrocarburos", y los procesos empresariales asociados incluyen la gestión de activos, contratación y gestión financiera. La "Subdirección administrativa y financiera (SAF)" es el equipo empresarial involucrado, y las partes interesadas del negocio también son la "Subdirección administrativa y financiera (SAF)".

Los resultados empresariales se centran en la migración y operación de la carga de trabajo, y se miden a través del número de máquinas virtuales migradas. La aplicación maneja datos sensibles, especialmente en el ámbito de la gestión financiera y contable. Los propietarios de la aplicación son la "Subdirección administrativa y financiera (SAF)", y opera durante el horario laboral de lunes a viernes de 8 am a 7 pm, en la zona geográfica de los Estados Unidos.

En términos de datos, se clasifican como "sensibles", y las máquinas virtuales tienen como origen de datos la "Front Aplicación". Además, existen dos dependencias y el tráfico de usuario se limita a Colombia. El responsable de operaciones de la aplicación es la "Subdirección administrativa y financiera (SAF)", y el nivel de servicio acordado (SLA) es

excepcionalmente alto, con un valor del 99.999% y un grado de importancia considerado alto. Las zonas geográficas en funcionamiento se limitan a los Estados Unidos, y se menciona que por razones de seguridad no se incluyen detalles adicionales sobre las aplicaciones. El enfoque de la adopción es la migración.

Con esta información se constituye la tabla de prioridades de migración, conforme a la criticidad y dependencias de la carga de trabajo.

Tabla 26 Priorización migración

NOMBRE	PRIORIDAD	CLASIFICACIÓN
SERV-SARA	5	Front Aplicación
SERV-NEON	8	Front Aplicación
SERV-SITH-FILES	7	Front Aplicación
SERV-SITH-APP	7	Front Aplicación
SERV-SITH-BAL	7	Front Aplicación
SERV-SIGAME	6	Front Aplicación
SERV-ARANDA	4	Front Aplicación
CLUSTER-SQL1_1	9	Instancia DB
CLUSTER-SQL2_1	9	Instancia DB
CLUSTER-SQL1_2	10	Instancia DB
CLUSTER-SQL2_2	10	Instancia DB

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.1 Escala de tiempo plan de adopción

Como se describió en la sección de alineación de la organización el Ministerio no cuenta con capacidad suficiente para el desarrollo de esta actividad, por tanto, se incluye dentro del plan no solo la secuencia de migración, si no, la fase de contratación de capacidades.

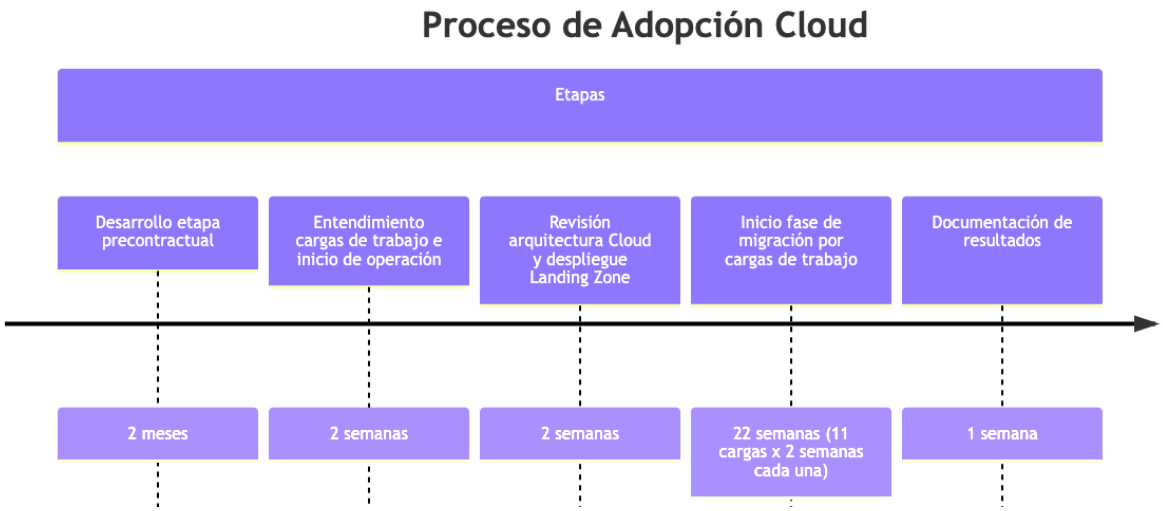


Imagen 44 Proceso de adopción
Fuente: Elaboración propia

El proceso tomaría unos 9 meses, pero, al utilizar los beneficios del desarrollo de un proyecto ágil, se puede reducir el tiempo a 6 meses. Sin embargo, dentro de la estimación de costos se incluirá un tiempo de operación de 9 meses.

5 CONDICIONES JURÍDICAS Y REGULATORIAS APLICABLES AL PROCESO DE ADOPCIÓN DE NUBE PUBLICA EN COLOMBIA

Durante el desarrollo del capítulo 2 sección 2.3, se presentó las directivas leyes y disposiciones que tienen una vinculación directa con la tecnología de Cloud Computing, sin embargo, el marco jurídico, legal y regulatorio en Colombia es mucho más amplio por eso se dedicará una sección específica para su revisión.

5.1 CONTEXTO LOCAL CONDICIONES JURIDICAS Y REGULATORIAS

A continuación, se presenta el resumen obtenido de la revisión de las condiciones jurídicas y regulatorias aplicables al paradigma de la computación en nube.

Tabla 27 Marco Normativo Colombiano

AÑO	MARCO NORMATIVO	DESCRIPCIÓN
1995	Decreto 2150 de 1995	Por el cual se suprimen y reforman regulaciones, procedimientos o trámites innecesarios existentes en la Administración Pública.
2004	CONPES 3292 de 2004	Establecer una estrategia nacional para el desarrollo de la sociedad de la información en Colombia.
2008	Decreto 1151 de 2008	Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Comunicaciones, que establece las normas y regulaciones relacionadas con las comunicaciones en el país. El objetivo de este decreto es regular y promover el desarrollo de las telecomunicaciones, la radiodifusión y las tecnologías de la información en Colombia. El Decreto 1151 de 2008 abarca diversos aspectos del sector de las comunicaciones, incluyendo la infraestructura de telecomunicaciones, los servicios de radiodifusión, los servicios de valor agregado, la administración del espectro radioeléctrico, la promoción de la industria de las TIC, entre otros. Este decreto tiene como propósito garantizar la eficiencia, la calidad y la competitividad en el sector de las comunicaciones en Colombia.
	Ley 1266 de 2008	Esta ley norma el manejo de información crediticia y financiera en Colombia y las obligaciones de las empresas que manejan esta información, incluidos los proveedores de servicios en la nube
2009	Resolución CRC 2258 de 2009	Por medio de esta Resolución, se incluyeron definiciones de términos asociados a la ciberseguridad en el Artículo 1.8 de la Resolución CRT 1740 de 2007. Por otra parte, se modificó la redacción del Artículo 2.4 de la Resolución CRT 1740 de 2007, incluyendo la necesidad por parte de los proveedores de redes y/o servicios de telecomunicaciones que ofrezcan acceso a Internet que deben utilizar los recursos técnicos y logísticos que garanticen la seguridad de la red y la integridad del servicio [49].

	Decreto 4485 de 2009	Por la que se adopta la actualización de la Norma Técnica de Calidad en la Gestión Pública.
	LEY 1273 de 2009	Conocida como la "Ley de Delitos Informáticos". Esta ley tiene como objetivo principal establecer normas y disposiciones para prevenir, investigar y sancionar los delitos informáticos en el país
	LEY 1341 de 2009	Ley de TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) pretende establecer el marco normativo para desarrollar, usar y aprovechar las TIC en el país.
2010	Decreto 235 de 2010	Por el cual se regula el intercambio de información entre entidades para el cumplimiento de funciones públicas
2012	Decreto 2364 de 2012	Por medio del cual se reglamenta el artículo 7° de la Ley 527 de 1999, sobre la firma electrónica y se dictan otras disposiciones.
	Decreto 2693 de 2012	Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en Línea de la República de Colombia, se reglamentan parcialmente las Leyes 1341 de 2009 y 1450 de 2011, y se dictan otras disposiciones.
	LEY 1581 de 2012	La Ley de Protección de Datos Personales pretende regular el tratamiento de los datos personales de entidades públicas y privadas del país.
2013	Decreto 1377 de 2013	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012, Derogado Parcialmente por el Decreto 1081 de 2015.
2014	Decreto 2573 de 2014	Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en línea, se reglamenta parcialmente la Ley 1341 de 2009 y se dictan otras disposiciones
	LEY 1712 de 2014	Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública, establece los principios, procedimientos y mecanismos para garantizar el derecho de acceso a la información pública y promover la transparencia en la gestión pública.
2015	Decreto 103 de 2015	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1712 de 2014 y se dictan otras disposiciones
	Decreto 1078 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
	Decreto 2433 de 2015	Por el cual se reglamenta el registro de TIC y se subroga el título 1 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1078 de 2015, Decreto Único Reglamentario del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
	LEY 1753 de 2015	Ley de Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, establece las políticas, programas y proyectos para el desarrollo económico, social y ambiental del país durante ese período
	LEY 962 de 2015	Ley de Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018", establece las políticas, programas y proyectos para el desarrollo económico, social y ambiental del país durante ese período
	Resolución 3564 de 2015	Por la cual se reglamentan aspectos relacionados con la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
2016	CONPES 3854 de 2016	Política nacional de seguridad digital
	Decreto 415 de 2016	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del sector de la Función Pública, Decreto Numero 1083 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para el fortalecimiento

		institucional en materia de tecnologías de la información y las Comunicaciones
	Decreto 728 de 2016	Por el cual se adiciona el capítulo 2 al título 9 de la parte 2 del libro 2 del Decreto Único Reglamentario del sector TIC, Decreto 1078 de 2015, para fortalecer el modelo de Gobierno Digital en las entidades del orden nacional del Estado colombiano, a través de la implementación de zonas de acceso público a Internet inalámbrico
2017	Decreto 1413 de 2017	Por el cual se adiciona el título 17 a la parte 2 del libro 2 del Decreto Único Reglamentario del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Decreto 1078 de 2015, para reglamentarse parcialmente el capítulo IV del título III de la Ley 1437 de 2011 y el artículo 45 de la Ley 1753 de 2015, estableciendo lineamientos generales en el uso y operación de los servicios ciudadanos digitales"
	Decreto 1499 de 2017	Por medio del cual se modifica el Decreto 1083 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Función Pública, en lo relacionado con el Sistema de Gestión establecido en el artículo 133 de la Ley 1753 de 2015
	Decreto 728 de 2017	Por el cual se adiciona el capítulo 2 al título 9 de la parte 2 del libro 2 del Decreto Único Reglamentario del sector TIC, Decreto 1078 de 2015, para fortalecer el modelo de Gobierno Digital en las entidades del orden nacional del Estado colombiano, a través de la implementación de zonas de acceso público a Internet inalámbrico
	Resolución 2710 de 2017	Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción del protocolo ipv6
2018	CONPES 3920 de 2018	Aumentar el aprovechamiento de datos, mediante el desarrollo de las condiciones para que sean gestionados como activos para generar valor social y económico
	Decreto 1008 de 2018	Por el cual se establecen los lineamientos generales de la política de Gobierno Digital y se subroga el capítulo 1 del título 9 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1078 de 2015, Decreto Único Reglamentario del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
	Decreto 612 de 2018	Por el que se fijan directrices para integrar los planes institucionales y estratégicos al Plan de Acción de las entidades del Estado.
2019	Circular 02 de 2019	Con el propósito de avanzar en la transformación digital del Estado e impactar positivamente la calidad de vida de los ciudadanos generando valor público en cada una de las interacciones digitales entre ciudadano y Estado y mejorar la provisión de servicios digitales de confianza y calidad.
	CONPES 3975 de 2019	Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial
	Decreto 2106 de 2019	Por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública
	Directiva Presidencial 02 de 2019	Moderniza el sector de las TIC, se distribuyen competencias, se crea un regulador único y se dictan otras disposiciones
	LEY 1955 de 2019	Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2018-2022 pacto por Colombia, pacto por la equidad
2020	Decreto 620 de 2020	Por el cual se subroga el título 17 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1078 de 2015, para reglamentarse parcialmente los artículos 53, 54,

		60, 61 y 64 de la Ley 1437 de 2011. Los literales e. J y literal a del parágrafo 2 del artículo 45 de la Ley 1753 de 2015, el numeral 3 del artículo 147 de la Ley 1955 de 2019, y el artículo 9 del Decreto 2106 de 2019, estableciendo los lineamientos generales en el uso y operación de los servicios ciudadanos digitales
	Decreto 620 de 2020	Por el cual se subroga el título 17 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1078 de 2015, para reglamentarse parcialmente los artículos 53, 54, 60, 61 Y 64 de la Ley 1437 de 2011, los literales e, j y literal a del parágrafo 2 del artículo 45 de la Ley 1753 de 2015, el numeral 3 del artículo 147 de la Ley 1955 de 2019, y el artículo 9 del Decreto 2106 de 2019, estableciendo los lineamientos generales en el uso y operación de los servicios ciudadanos digitales
2021	Directiva Presidencial 03 de 2021	Lineamientos para el uso de servicios en la nube, inteligencia artificial, seguridad digital y gestión de datos
	Resolución 500 de 2021	Por la cual se establecen los lineamientos y estándares para la estrategia de seguridad digital y se adopta el modelo de seguridad y privacidad como habilitador de la política de Gobierno Digital"
2022	Decreto 088 de 2022	Por el cual se adiciona el Título 20 a la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Decreto 1078 de 2015, para reglamentar los articulas 3, 5 Y 6 de la Ley 2052 de 2020, estableciendo los conceptos, lineamientos, plazos y condiciones para la digitalización y automatización de trámites y su realización en línea
	Decreto 338 de 2022	Por el cual se adiciona el Titulo 21 a la parte 2 del Libro 2 del Decreto Único 1078 de 2015, Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, con el fin de establecer los lineamientos generales para fortalecer la gobernanza de la seguridad digital, se crea el Modelo y las instancias de Gobernanza de Seguridad Digital y se dictan otras disposiciones
	Decreto 767 de 2022	Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Política de Gobiernos Digital y se subroga el Capítulo 1 del Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1078 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
	Directiva Presidencial 02 de 2022	Reiteración de la política pública en materia de seguridad digital
	Resolución 1117 de 2022	Por medio del cual se reglamenta el artículo 7° de la Ley 527 de 1999, sobre la firma electrónica y se dictan otras disposiciones.
	Resolución 1951 de 2022	Por medio del cual se modifica el Decreto 1083 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Función Pública, en lo relacionado con el Sistema de Gestión establecido en el artículo 133 de la Ley 1753 de 2015
	Resolución 460 de 2022	El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic) expidió el Plan Nacional de Infraestructura de Datos (PNID) y su Hoja de Ruta, con el fin de impulsar la transformación digital del Estado y el desarrollo de una economía basada en los datos.
	Resolución 746 de 2022	Por el cual se fortalece el Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información y se definen los lineamientos adicionales a los establecidos en la Resolución 500 de 2021

2023	Decreto 142 de 2023	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto número 1082 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional para promover el acceso al sistema de Compras Públicas de las Mipymes, las Cooperativas y demás entidades de la economía solidaria, se incorporan criterios sociales y ambientales en los Procesos de Contratación de las Entidades Estatales, se incluye el Título de emprendimiento comunal y se dictan otras disposiciones
	LEY 2294 de 2023	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida".

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, más allá de las disposiciones legales y el alto compromiso del gobierno nacional para la adopción de nuevas y mejores tecnologías, es preciso que las entidades además de lograr identificar sus necesidades y la forma en la que la nube puede ayudar a lograr sus objetivos [50], reconozca el marco regulatorio colombiano como guía en la adopción de estos mecanismos informáticos y un aliado en la destrucción de las posibles barreras identificadas. Es necesario reconocer tal como se validó en la tabla anterior, que el Ministerio de las TIC ha generado esfuerzos importantes para el desarrollo de guías y lineamientos para la adopción de las denominadas tecnologías emergentes e incluso la política nacional parala transformación digital e inteligencia artificial [27].

5.2 CONTEXTO INTERNACIONAL CONDICIONES JURÍDICAS Y REGULATORIAS

Al optar por utilizar Microsoft Azure o cualquier prestador de servicios cloud y alojar cargas de trabajo y datos en los EE. UU., una entidad debe considerar las leyes y regulaciones tanto a nivel nacional como internacional, es por ello por lo que a continuación, se presenta los puntos más relevantes identificados durante una breve exploración del marco regulatorio estadounidense dispuesto en el CAF de Microsoft y seleccionado para este fin [51].

Tabla 28 Marco Normativo Internacional

AÑO	MARCO NORMATIVO	DESCRIPCIÓN
1996	Ley de Privacidad de las Comunicaciones Electrónicas (ECPA)	Regula la interceptación de comunicaciones electrónicas y el acceso a datos almacenados.
2002	Ley Sarbanes-Oxley (SOX)	Establece requisitos para la presentación de informes financieros y la gestión de registros.
2003	Ley de Protección de la Infraestructura Crítica (CIPA)	Requiere medidas de seguridad cibernética para empresas que prestan servicios críticos.
2005	Ley de Transparencia en el Acceso a la Red (Net Neutrality)	Establece principios de neutralidad en la red para proveedores de servicios de Internet.

2008	Ley de Protección de Datos Biométricos de Illinois	Regula la recopilación y el almacenamiento de datos biométricos, como huellas dactilares.
2008	Ley de Equidad Crediticia y de Informes de la Industria (FACTA)	Establece normas para la protección de la información crediticia del consumidor.
2010	Ley Dodd-Frank	Regula el sector financiero y requiere la protección de datos financieros del consumidor.
2013	Ley de Protección de Información de Salud Electrónica (HITECH)	Refuerza las disposiciones de HIPAA para proteger la información de salud en la nube.
2018	Ley de Privacidad del Consumidor de California (CCPA)	Concede a los residentes de California derechos sobre sus datos personales y su privacidad.
2020	Reglamento de Privacidad del Consumidor de California (CPRA)	Amplía las regulaciones de la CCPA y agrega requisitos de privacidad adicionales.
2020	Ley de Protección de Datos de California para Niños (CPRA)	Establece restricciones adicionales sobre la recopilación y el uso de datos de menores.

Fuente: Elaboración propia

Es claro que el marco normativo estadounidense puede resultar amplio, por lo cual Microsoft Azure en su enfoque de apoyo a la adopción de esta tecnología ha dispuestos múltiples recursos como la base de cumplimiento de Azure, la cual ayuda a los clientes a cumplir con obligaciones de cumplimiento en varias industrias y mercados regulados globalmente, agrupando las ofertas de cumplimiento en segmentos como Global, Gobierno de EE. UU., Sector y Regional [52].

De otra parte, se ha generado todo un debate en torno a la Ley Clarifying Lawful Overseas Use of Data (CLOUD Act) fue promulgada en 2018 en Estados Unidos para abordar las cuestiones legales relacionadas con el acceso a datos almacenados en el extranjero por parte de las autoridades estadounidenses. Esta ley permite que las autoridades estadounidenses accedan a datos almacenados en el extranjero por proveedores de servicios en la nube mediante órdenes judiciales estadounidenses. Pero se deben gestar acuerdos ejecutivos bilaterales entre EE. UU. y otros países para el acceso mutuo a datos con fines de aplicación de la ley, respetando las leyes de privacidad de cada país.

De otra parte, es necesario precisar que en dicha ley se especifica que los proveedores de servicios en la nube pueden responder a solicitudes legales de datos de gobiernos extranjeros si existen acuerdos ejecutivos bilaterales y si el país extranjero respeta ciertos estándares de derechos humanos y de privacidad y que además, estos, los proveedores de servicios en la nube tienen el derecho de impugnar o buscar la modificación de las órdenes judiciales si creen que el acceso a los datos viola las leyes de privacidad del país extranjero donde están almacenados los datos.

Esto quiere decir que si bien es cierto el gobierno de los estados unidos tiene oportunidad para acceder a los datos alojados en sus proveedores de nube en otros países, se requiere el cumplimiento de ciertos para poder acceder a ellos.

Se debe tener en cuenta además que, los acuerdos bajo esta ley deben respetar los estándares de privacidad y derechos humanos, y los países que hagan acuerdos con los EE. UU. deben tener leyes sustantivas y procedimentales de privacidad y derechos humanos.

Esto puede resultar alarmante para ciertos sectores de la industria por lo que Microsoft publica el informe "US National Security Orders Report" que explora las Órdenes de la Ley de Vigilancia de Inteligencia Extranjera (FISA, por sus siglas en inglés) y los informes de Cartas de Seguridad Nacional que datan de 2011. Antes de 2014, a los proveedores de tecnología en los EE. UU. no se les permitía informar sobre ninguna solicitud relacionada con la seguridad nacional. Sin embargo, a raíz de una litigación que Microsoft y otras compañías tecnológicas presentaron contra el gobierno de los EE. UU. en 2014, se permitió por primera vez a las compañías tecnológicas publicar datos sobre las órdenes de FISA. Aunque aún existen algunas restricciones sobre lo que se puede publicar, este informe proporciona el panorama más completo permitido legalmente sobre los tipos de solicitudes que reciben de parte del gobierno de los EE. UU. con respecto a las autoridades de seguridad nacional. Se informa sobre el número de órdenes recibidas, sin embargo, la recepción de una orden no significa que Microsoft haya divulgado alguna información. Microsoft ha desafiado exitosamente las solicitudes en los tribunales, y continuará haciéndolo, cuando crean que hay motivos razonables para un desafío. Microsoft aplica los mismos principios a cualquier demanda gubernamental de datos, independientemente de si la demanda pertenece a una investigación criminal o de seguridad nacional.

El informe detalla el número de órdenes recibidas según la FISA y el rango de cuentas afectadas durante el período más reciente de seis meses que la ley permite informar. Esta información agregada de FISA cubre períodos de seis meses, pero solo puede ser publicada seis meses después del fin de un período de informe.

Adicionalmente, Microsoft libera informes bianuales de confianza digital en el Microsoft Reports Hub, los cuales incluyen el "US National Security Orders Report", el "Law

Enforcement Requests Report", el "Content Removal Requests Report" y el "Digital Safety Content Report".

5.3 ANÁLISIS FINAL DE CONDICIONES

La adopción de servicios en la nube, como Microsoft Azure, implica no solo una transición tecnológica, sino también un compromiso con el cumplimiento de las regulaciones y leyes tanto locales como internacionales. El marco normativo de Estados Unidos es extenso y cada ley tiene sus particularidades que requieren una comprensión detallada para garantizar el cumplimiento y mitigar los riesgos asociados. La Ley CLOUD tal como se presentó, por ejemplo, ha generado un debate significativo en cuanto al acceso a datos almacenados fuera de los EE.UU., lo que evidencia la importancia de la transparencia y la colaboración entre países para garantizar la privacidad y la seguridad de los datos.

También es posible observar que las grandes compañías cloud como Microsoft, consciente de la necesidad de cumplir con las regulaciones y mantener la confianza de sus clientes, proporciona recursos como la base de cumplimiento de Azure, y publica informes que detallan las solicitudes de datos por parte de las autoridades gubernamentales. Estos esfuerzos muestran una responsabilidad corporativa hacia la protección de la privacidad y la seguridad de los datos, lo que es crucial en un mundo cada vez más digitalizado.

En este contexto global, las entidades en Colombia que opten por adoptar la nube deben evaluar cuidadosamente las regulaciones aplicables, local e internacionalmente, asegurar una implementación que cumpla con las leyes y promueva un uso ético y seguro de la tecnología en la nube. Esto incluye entender las implicancias de leyes extranjeras como la CLOUD, y cómo los proveedores de servicios en la nube como Microsoft manejan las solicitudes de datos por parte de las autoridades gubernamentales.

La transformación digital ofrece ventajas en eficiencia, innovación y competitividad, pero también requiere una consideración seria de las implicancias legales y éticas. La colaboración entre entidades, gobiernos y proveedores de servicios en la nube es esencial para navegar este camino de manera responsable y segura, promoviendo un futuro digital que respete los derechos y libertades fundamentales de los individuos.

En general es posible afirmar que el Cloud Computing en Colombia está sujeto a diversas normativas que establecen las pautas para salvaguardar la privacidad y la seguridad de los datos almacenados en la nube, es por ello por lo que en un proceso de implementación segura del Cloud Computing es fundamental considerar aspectos como la seguridad de datos, la elección de proveedores confiables, el monitoreo y auditoría regular, y la disponibilidad de planes de respaldo y recuperación de datos.

Conforme a la exploración del marco jurídico en cuanto a la adopción de nuevas tecnologías de TI y en especial de los servicios de nube, se puede afirmar que el Ministerio de Minas y Energía adoptar un modelo de operación tecnológica basada en la nube es posible, siempre que su adopción, operación y gestión se realice considerando cuidadosamente todas las regulaciones nacionales e internacionales.

Es importante entender que una adopción exitosa de servicios en la nube por parte del Ministerio de Minas y Energía de Colombia, y en general para cualquier entidad, debe ser un proceso informado y estratégicamente alineado con las normativas y mejores prácticas del sector. La adopción de la nube es una transformación tecnológica y una oportunidad para mejorar la eficiencia operativa y la prestación de servicios, si se manejen los riesgos y se respetan los marcos regulatorios aplicables. Las recomendaciones aquí presentadas buscan proporcionar una hoja de ruta para la adopción de servicios en la nube que sea segura, eficiente y conforme a la ley.

6 PROYECCIÓN DE COSTOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN DE CARGAS DE TRABAJO EN INFRAESTRUCTURA CLOUD

Tras finalizar la etapa de descubrimiento planteando la estrategia y plan de adopción de la nube en el Ministerio de Minas y Energía, podemos afirmar que tenemos todos los insumos necesarios para proyectar costos asociados a esta operación.

6.1 DEFINICIÓN MINIMOS REQUERIDOS

Conforme al alcance definido en este trabajo de investigación se hace necesario la definición de los mínimos requeridos en el proceso de adopción de nube en el Ministerio de Minas y Energía en las dimensiones de personas, procesos y tecnología.

6.1.1 Personal requerido proceso de migración, administración y gobernanza de la nube

Mediante la definición del plan de adopción fue posible el establecimiento de los roles y perfiles requeridos tanto a nivel del proceso migración y gobierno en el marco del desarrollo del plan de adopción de la nube, sin embargo, en procura de claridad a continuación se listan los perfiles requeridos para la ejecución de esta fase inicial de adopción y migración de las primeras cargas de trabajo a la nube de Microsoft Azure y los roles equivalentes identificados en el acuerdo marco de servicios de nube publica IV.

Tabla 29 Personal Mínimo Requerido

ROL	RESPONSABILIDADES	SERVICIO EQUIVALENTE ACUERDO MARCO SERVICIOS DE NUBE PÚBLICA IV
Administrador de Plataforma	Creación y gestión de la cuenta de Azure y el Portal de Azure. - Administración de recursos en Azure. - Gestión de redes en Azure. - Supervisión y gestión de los procesos en Azure. - Coordinación y supervisión y ejecución de las tareas de migración.	CO-EX-26 Experto Senior en Aplicaciones Empresariales
Administrador de Seguridad	Implementación y gestión de la seguridad en Azure. - Gestión del Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) en Azure. - Supervisión de la seguridad de la red en	CO-EX-06 Experto Senior en Seguridad en la Nube

	Azure. - Definición e implementación de políticas y controles de gobernanza.	
Ingeniero de Desarrollo	Creación y gestión de máquinas virtuales en Azure. - Desarrollo y despliegue de aplicaciones y servicios. - Diseño y gestión de opciones de almacenamiento de datos en Azure. - Participación activa en las tareas de migración.	CO-EX-48 Experto en Desarrollo de Aplicaciones Senior
Arquitecto de Soluciones	Diseño de la arquitectura de la solución en Azure. - Asegurar la eficiencia y sostenibilidad del entorno de Azure. - Supervisar la integración y compatibilidad de las aplicaciones y datos. - Liderazgo en la planificación y ejecución de la migración y establecimiento del Landing Zone	CO-EX-10 Arquitecto Senior en Nube Hibrida
Administrador de Base de Datos	Diseño, implementación y gestión de bases de datos en Azure. - Asegurar la integridad, disponibilidad y seguridad de los datos. - Coordinación y ejecución en la migración de bases de datos.	CO-EX-12 Experto Senior en Bases de Datos

Fuente: Elaboración propia

Este equipo mínimo que requerido a fin de desarrollar las fases de Landing Zone, Adopción y gobernanza de la nube.

6.1.2 Proyección de costos para la ejecución de cargas de trabajo en la nube de Microsoft Azure

El desarrollo de la fase de planeación y en específico de la subsección de evaluación del patrimonio digital permitió la identificación de los artefactos asociados a las primeras cargas de trabajo. Para efectos prácticos a continuación se presenta la descripción de las cargas de trabajo y los recursos Azure asociados a estos.

Tabla 30 Configuración cargas de trabajo

Nombre	Tipo de recurso	Configuración Proceso	Configuración almacenamiento	Costo mensual estimado
SERV-SARA	Azure VM	Standard_D2as_v5	128 GB (0 GB de HDD estándar, 128 GB de	156,91

			SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra)	
SERV-NEON	Azure VM	Standard_D2as_v5	64 GB (0 GB de HDD estándar, 64 GB de SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra)	83,66
SERV-SITH-FILES	Azure VM	Standard_F1	1024 GB (0 GB de HDD estándar, 1024 GB de SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra	91,68
SERV-SITH-APP	Azure VM	Standard_F1	512 GB (0 GB de HDD estándar, 512 GB de SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra)	53,28
SERV-SITH-BAL	Azure VM	Standard_F1	64 GB (0 GB de HDD estándar, 64 GB de SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra)	19,68
SERV-SIGAME	Azure VM	Standard_F2s_v2	256 GB (0 GB de HDD estándar, 256 GB de SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra)	155,35
SERV-ARANDA	Azure VM	Standard_F2s_v2	512 GB (0 GB de HDD estándar, 512 GB de SSD estándar, 0 GB de Premium, 0 GB de Ultra)	174,55
CLUSTER-SQL1_1	SQL Server on Azure VM	2x Standard_D2as_v4	544 GB de almacenamiento	824,38
CLUSTER-SQL2_1				
CLUSTER-SQL1_2	Azure SQL Managed Instance	GeneralPurpose, Provisioned, Gen5, 4 núcleos virtuales	1 Premium_P2_LRS, 1 Premium_P3_LRS (disco compartido)	456,25
CLUSTER-SQL2_2				

Fuente: Elaboración propia

Conforme al resultado obtenido el costo mínimo de operación para las cargas de trabajo seleccionadas será de 2015,74 USD, sin embargo, adicional a estos costos se deberán sumar los costos adicionales definidos por el equipo de arquitectura de nube frente a los costos de conectividad de red, licencias de software, costos de cumplimiento y seguridad y administración y gestión, bajo el concepto experto del investigador se sugiere agregar un presupuesto mensual adicional de 500 USD dentro de la estimación inicial para soportar

este tipo de costos, sumado a posibles elasticidades requeridas durante el tiempo de revisión. Es importante mencionar que estos costos son precios de lista y no consideran ningún tipo de descuento, lo que significa que este costo de operación mensual podría reducirse con el uso de reserva anticipada de capacidades o el uso de contratos personalizados del tipo acuerdo empresarial.

6.1.3 Simulación de costos Acuerdo Marco Nube Publica IV

El acuerdo marco de precios de nube publica IV en la tienda virtual del estado colombiano dispone las condiciones para la prestación de Servicios de Nube Pública por parte de los Proveedores, las condiciones en las cuales las Entidades Compradoras se vinculan al Acuerdo Marco y adquieren los Servicios de Nube Pública y las condiciones para el pago de los Servicios de Nube Pública por parte de las Entidades Compradoras. Este acuerdo se enfoca en ofrecer servicios de nube que incluyen Infraestructura como Servicio (IaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) y Software como Servicio (SaaS), con el objetivo de garantizar la continuidad de los servicios informáticos gubernamentales y mejorar la eficiencia en la gestión pública a través de diversos proveedores del segmento de nube pública tales como Microsoft Azure.

El resultado de la simulación de expertos y créditos requeridos para el plan propuesto se presenta a continuación.

Tabla 31 Simulación de costos

Referencia producto	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Subtotal
CO-GE-01	Tasa de intermediación para servicios autogestionados	1,181,180.00	1	1,181,180.00
CO-GE-03	Tasa de descuento ofrecido por el proponente sobre el precio de los servicios de computación en la nube	-1,610,700.00	1	-1,610,700.00
CO-GE-04	Valor servicio créditos Azure	10,738,000.00	1	10,738,000.00
CO-EX-26-02	Experto Senior en Aplicaciones Empresariales 1	100,275.71	1440	144,397,018.41
CO-EX-06-02	Experto Senior en Seguridad en la Nube 1	141,463.11	1440	203,706,876.57
CO-EX-48-02	Experto Senior en Desarrollo de Aplicaciones 1	191,484.77	1440	275,738,072.33

CO-EX-10-02	Arquitecto Senior en Nube Hibrida 1	141,463.11	1440	203,706,876.57
CO-EX-12-02	Experto Senior en Bases de Datos 1	101,105.64	1440	145,592,114.45

Fuente: Elaboración propia

El valor total de los servicios simulados es de 1.101.567.438 pesos M/C, considerando los créditos proyectos para una operación de 12 meses y 9 meses de servicio del equipo técnico que liderará la adopción de la nube. Es necesario aclarar que este es el peor escenario de precios y dependerá de la estructura que aplique la entidad el nivel de ahorro que se pueda lograr.

Otro factor importante es que el pago de los servicios aquí descritos en lo que a expertos se refiere se realiza por horas de servicio efectivamente prestados, por tanto, el número de horas podría reducirse drásticamente si se contempla que la participación de estos especialistas sería por demanda.

El dato clave es que el valor de operación de los servicios a 12 meses es de solo $128.856.000 y que gran parte de los recursos se invierten en el equipo extendido de migración, por lo cual resultaría necesario validar la opción de capacitar al equipo interno y/o buscar mecanismos de contratación que reduzcan estos costos.

El valor estimado de operación de las capacidades cloud no contempla descuentos por parte de los proveedores registrados en el acuerdo marco, por lo cual se esperaría lograr durante la fase precontractual descuentos significativos.

6.1.4 Entrega de Resultados

Tras concluir la fase de estrategia, planeación y estimación de costos mediante el acuerdo marco de nube publica IV, definiendo los mínimos requeridos en el proceso de adopción de nube en el Ministerio de Minas y Energía, hay que informar que el resultado se entregó al Ministerio de Minas y Energía para su revisión y consideración. El documento de trabajo entregado a la entidad se encuentra contenido como el ANEXO C. CLOUD ADOPTION FRAMEWORK STRATEGY AND PLAN.

La culminación de la fase de estrategia y la planificación detallada para la adopción de servicios de nube en el Ministerio de Minas y Energía ha sido un proceso exhaustivo que

ha resultado en una proyección de costos bien fundada y basada en evaluaciones meticulosas. A través de este capítulo, hemos definido los requerimientos mínimos en términos de personal, procesos y tecnología, identificado claramente los perfiles y roles esenciales, y proporcionado una estimación de costos para la ejecución de las cargas de trabajo en la infraestructura de la nube de Microsoft Azure.

Hemos considerado los costos iniciales directos y los gastos adicionales que pueden surgir por la conectividad de red, las licencias de software, el cumplimiento de normativas y la seguridad, así como la administración y la gestión general del sistema. Se ha sugerido un presupuesto adicional para abordar estos costos contingentes y asegurar la resiliencia y adaptabilidad del sistema.

La simulación de costos basada en el Acuerdo Marco de Nube Pública IV ha proporcionado una estructura detallada de costos, destacando la viabilidad de la operación y optimizar los costos mediante descuentos negociados y una gestión de recursos más eficiente. Esta simulación ha sido esencial para comprender el panorama financiero completo de la adopción de la nube y para establecer expectativas realistas para el Ministerio.

Finalmente, el trabajo entregado al Ministerio de Minas y Energía representa un compendio completo de la estrategia y el plan de adopción de la nube, incluido el marco de adopción y la proyección de costos. Este documento proporciona una base sólida para la toma de decisiones informada y la implementación estratégica, asegurando que el Ministerio esté bien equipado para avanzar en su transformación digital de manera coste-efectiva y alineada con sus objetivos estratégicos y operacionales.

El camino hacia la digitalización y la adopción de la nube en el Ministerio de Minas y Energía, por lo tanto, está pavimentado con una planificación cuidadosa y un análisis financiero exhaustivo. La transición hacia soluciones de nube pública es un paso significativo hacia la mejora de la eficiencia, la innovación y la capacidad de respuesta del Ministerio en la prestación de sus servicios, con el beneficio adicional de una proyección de costos transparente y optimizada.

Se destaca que la selección de un Framework de migración que se alinease a los requerimientos de la organización, el objetivo de este trabajo resultó fundamental para el desarrollo de este ejercicio.

7 CONCLUSIONES

- El desarrollo de este trabajo de investigación permitió el establecimiento de los requerimientos mínimos que el Ministerio de Minas y Energía debe considerar en cuanto a procesos, personas y tecnología para la adopción del modelo de computación en nube, conforme a las disposiciones legales y regulatorias del estado colombiano.
- El análisis exhaustivo de múltiples modelos de adopción de la nube permitió la ejecución de una estrategia plenamente alineada a las necesidades de la organización y de la investigación, además de proporcionar una estructura clara y coherente en la planificación estratégica del proceso de migración, asegurando el cubrimiento de todos los aspectos críticos en esta labor.
- A partir del análisis realizado mediante la aplicación del marco de referencia seleccionado, se logró el diseñó un escenario de migración que incluye los requerimientos mínimos para la adopción de la computación en nube. Este escenario proporciona una hoja de ruta clara para el Ministerio, destacando las etapas clave y las consideraciones necesarias para una transición exitosa, destacando los elementos de financieros y técnicos requeridos.
- El desarrollo de la simulación de costos mediante el acuerdo de nube publica IV dispuesto en la tienda virtual del estado colombiano proporcionó una visión clara de las implicaciones financieras de la migración, permitiendo al Ministerio tomar decisiones informadas sobre la viabilidad y el retorno de la inversión ante una eventual adopción de la nube.
- El valor de operación de los servicios a 12 meses comprende solo el 12% del valor total de la inversión, esto permite evidenciar que gran parte de los recursos se invierten en el equipo extendido de migración, por lo cual resultaría necesario validar la opción de capacitar al equipo interno y/o buscar mecanismos de contratación que reduzcan estos costos y permitan mantener una operación continua.
- La transformación digital de las compañías implica una revisión detallada de los resultados financieros desde múltiples perspectivas, se debe reconocer que una

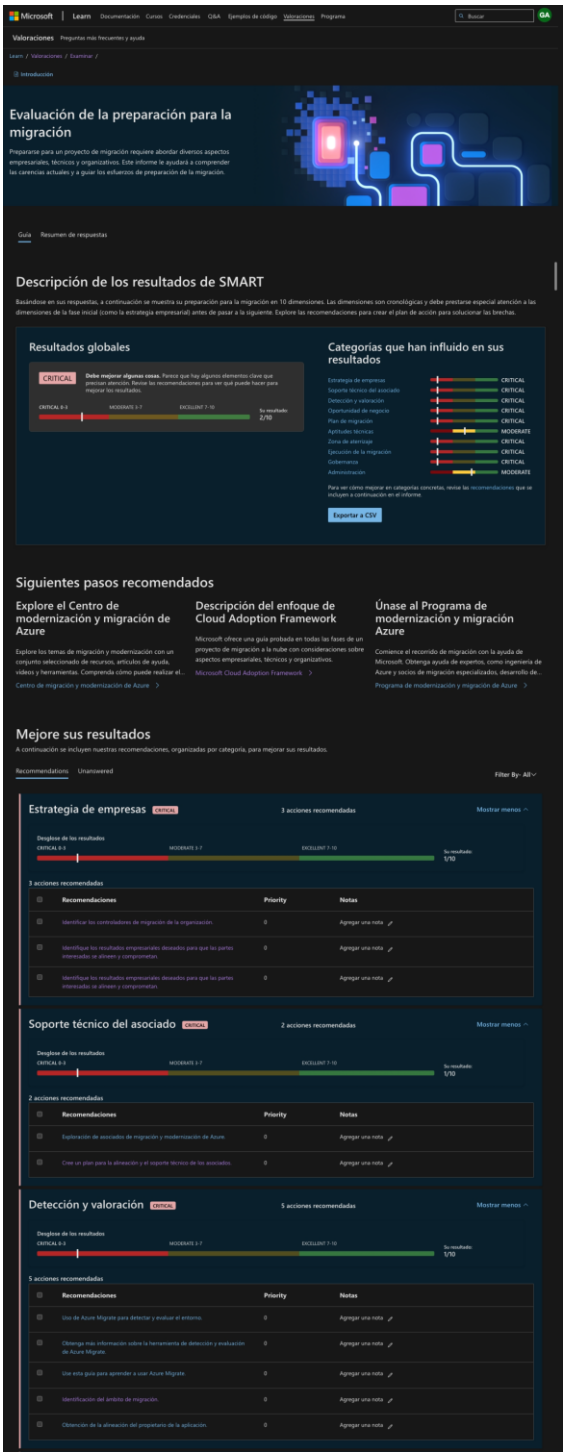
de las metas primordiales de este tipo de procesos es la optimización de la inversión en la vertical de TI.

- Durante el desarrollo de este tipo de proyectos de debe buscar mecanismos que permitan maximizar el retorno de la inversión (ROI), garantizando una gestión eficiente de los costos operativos. Para ello la alineación estrategia, negocio y objetivos resulta un tema fundamental.
- La identificación de los objetivos de negocio o Bussiness Outcomes, son el elemento fundamental que respaldaría la creación de un proyecto para una eventual migración. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos resultados se basan en un escenario de migración específico y detallado para este estudio.
- Los resultados de la evaluación SMART revela áreas críticas que requieren atención inmediata en la estrategia de adopción de la nube por parte del Ministerio de Minas y Energía. Con una puntuación global de 2/10, es evidente que existen brechas significativas esta Entidad debe enfrentar antes de poner en marcha el plan de migración.
- Es esencial involucrar a las partes interesadas y a los ejecutivos en el proceso de documentación de los resultados empresariales esperados con la adopción de la nube. Esta colaboración garantizará que los objetivos y expectativas estén alineados con la visión general de la organización y se convierta esto en un objetico organizacional.
- El desarrollo de un enfoque de racionalización escalonado resulta ser la mejor estrategia posible en el viaje de adopción de la nube, toda vez que permite el desarrollo de una estrategia rápida de adopción sin descuidar elementos fundamentales como la seguridad y el gobierno.
- El marco jurídico y regulatorio colombiano para la computación en nube es robusto, con múltiples leyes, decretos y directivas que buscan fortalecer y guiar la transformación digital en el país. Estas regulaciones, establecen un camino claro para las entidades públicas que desean embarcarse en esta transformación.
- Resulta esencial que el Ministerio no solo considere las regulaciones locales, sino también las internacionales, especialmente si se contempla el almacenamiento o procesamiento de datos fuera de Colombia. Además, las

barreras regulatorias potenciales deben ser identificadas y abordadas para garantizar una transición sin problemas hacia un modelo de operación en nube.

- La adopción de la computación en nube en el Ministerio de Minas y Energía es una iniciativa estratégica que, si se aborda correctamente, puede llevar a la entidad a nuevos horizontes de eficiencia y servicio. Sin embargo, es necesario ajustar la realidad financiera actual de la organización ya que esto transformaría substancialmente el modo de operación de la Entidad en general en materia de TI.
-

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS DE SMART



ANEXO B. BUSINESS OUTCOME

STAKEHOLDER	BUSINESS UNIT	BUSINESS OUTCOME	BUSINESS DRIVERS	KPIS	TECHNICAL CAPABILITY
Asesor Ministro	Oficina del Ministro	Optimización de la inversión en la nube	Modernización de la infraestructura TI	% de ROI en la nube	Migración a Azure; Economía de la nube; Servicios de analítica de datos
Asesor Vice	Viceministro de Minas	Agilidad en la formalización minera	Formalización de la minería artesanal	Tiempo de respuesta a cambios	Sistemas ágiles y adaptativos; Integración con servicios geográficos
Asesor Vice	Viceministro de Energía	Expansión de proyectos energéticos	Seguimiento Implementación proyectos	Número de proyectos monitoreados	Uso de herramientas de BI y análisis en Azure; Implementación de modelos de Machine Learning
Coordinador cumplimiento	Director de Control Interno	Democratización de los datos	Experiencias de los ciudadanos mejoradas	Nivel de satisfacción del usuario	Uso de Azure Data Factory; Integración con Azure Data Share
Líder Piggme	Director de Asuntos Ambientales y Sociales	Implementación de sistemas energéticamente eficientes	Impacto ambiental de la empresa	% de reducción del consumo	Migración a Azure; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis
Asesor Secretaría General	Secretario General	Automatización de procesos internos	Procesos manuales y lentos	Tiempo de procesamiento reducido	Automatización de flujos de trabajo; Implementación de RPA; Uso de Azure Data Factory
Líder talento humano y selección	Director de Talento Humano	Capacitación y retención de empleados	Necesidad de formación en nuevas tecnologías	Retención del 95% del personal técnico	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías; Uso de herramientas de BI en Azure
Financiero	Director de Administrativa y Financiera	Optimización de costos operativos	Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Reducción costo mensual servicios energía eléctrica; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis financiero

Coordinadora GSA	Director de Administrativa y Financiera	Optimización de costos operativos	Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Implementación de herramientas de análisis financiero en la nube; Uso de Azure Data Factory
Coordinador GTICs	Grupo Infraestructura tecnológica	Reducción gastos operativos Plataforma TI	Migración a plataformas con soporte continuado	Reducción del 30% en gastos operativos	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics
Coordinador GTICs	Grupo Infraestructura tecnológica	Talento humano calificado	Formación en nuevas tecnologías	Numero de colaboradores capacitados	Microsoft Learn, universidad nueva energía; Uso de herramientas de análisis y BI en Azure
Coordinador GTICs	Grupo Infraestructura tecnológica	Cumplimiento normativo Mintic	Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo	% cumplimiento normativo	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics
Líder Seguridad	Grupo Infraestructura tecnológica	Confiabilidad	Garantizar la continuidad empresarial	Tasa de recuperación ante desastres	Implementación de Azure Backup y Azure Site Recovery para respaldo y recuperación.
Administrador de Bases de Datos	Grupo Infraestructura tecnológica	Administración eficiente de datos	Necesidad de administrar lagos de datos	Eficiencia en la administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Optimización inteligente; Protección automática de datos
Ingeniero de Datos	Grupo Infraestructura tecnológica	Integración eficiente de datos	Conectar diversos orígenes y tipos de datos	Eficiencia en la integración	Uso de Azure Synapse Analytics; Entorno sin código
Científico de Datos	Grupo Infraestructura tecnológica	Creación de modelos de Machine Learning	Necesidad de análisis avanzado de datos	Modelos creados y desplegados	Uso de Azure Synapse Analytics; Lenguajes como T-SQL, Python, Scala, .NET o Spark SQL
Profesional de TI	Grupo Infraestructura tecnológica	Administración y seguridad de datos	Proteger y administrar datos	Nivel de seguridad y administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Control de acceso; Enmascaramiento de datos dinámico

Líder data sectorial	Unidad de resultados	Acceso y análisis de datos	Generar informes y paneles	Informes y paneles generados	Uso de Azure Synapse Analytics; Creación de paneles con Microsoft Power BI
Coordinador GTICs	Grupo Infraestructura tecnológica	Agilidad empresarial	Cambios rápidos en el mercado	Medida de contribución de TI a la empresa	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa
Líder de Innovación	Grupo Infraestructura tecnológica	Reducción del tiempo de comercialización	Necesidad de lanzar productos rápidamente	Tiempo hasta el lanzamiento del mercado	Uso de Azure y Visual Studio; Estrategias de DevOps
Líder Servicio al ciudadano	Grupo Infraestructura tecnológica	Transformación de servicios en línea	Mejorar la experiencia digital del usuario	Satisfacción del usuario	Migración a Azure; Innovación continua
Administrador TI	Grupo Infraestructura tecnológica	Tiempo de aprovisionamiento reducido	Cambios en demandas operativas	Tiempo hasta el aprovisionamiento	Aprovisionamiento de autoservicio en la nube; Escalabilidad
Arquitecto de desarrollo	Grupo Infraestructura tecnológica	Reducción del tiempo de ciclo	Mejorar la involucración de los clientes	Duración desde solicitud hasta lanzamiento	Uso de Azure DevOps; Modelos de aplicaciones nativas en la nube
Coordinador GTICs	Grupo Infraestructura tecnológica	Rendimiento	Mejorar el rendimiento de las aplicaciones	Aumento del rendimiento de aplicaciones	Implementación de herramientas de administración del rendimiento de Azure.
Financiero	Director de Administrativa y Financiera	Mayor acceso a recursos TI sin inversiones a gran escala	Mejorar la capacidad de inversión en TI	Disminución CAPEX – Aumento Opex	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa

La tabla resume la interacción de diferentes partes interesadas dentro del Ministerio de Minas y Energía con sus unidades de negocio correspondientes, enfocándose en resultados empresariales específicos impulsados por factores clave. Los Asesores del Ministro y Vice, junto

con los directores de diversas unidades, buscan optimizar la inversión en la nube y agilizar procesos internos y externos, con la modernización de la infraestructura de TI y la formalización de la minería artesanal como principales impulsores. Las métricas clave de rendimiento (KPIs) tales como el porcentaje de retorno de inversión (ROI) en la nube, tiempo de respuesta, y satisfacción del usuario guían estas iniciativas. Las capacidades técnicas requeridas para alcanzar estos objetivos incluyen la migración a Azure y el uso de servicios analíticos y de inteligencia empresarial (BI).

Por otro lado, los coordinadores y líderes de las unidades de infraestructura tecnológica y otras áreas clave se centran en la eficiencia administrativa, la capacitación de talento humano, la optimización de costos operativos, y la agilidad empresarial. Están impulsados por la necesidad de formación en nuevas tecnologías, gastos operativos elevados, y la respuesta rápida a cambios en el mercado, apuntando a reducir significativamente los costos y mejorar el rendimiento operativo. Para ello, se hace uso de Azure Synapse Analytics para análisis, Microsoft Learn para capacitaciones, y Azure Data Factory para la integración de datos, entre otras tecnologías de Microsoft Azure.

BUSINESS DRIVERS	KPI	CAPABILITIES
Modernización de la infraestructura TI	% de ROI en la nube	Migración a Azure; Economía de la nube; Servicios de analítica de datos
Impacto ambiental de la empresa	% de reducción del consumo	Migración a Azure; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis
Procesos manuales y lentos	Tiempo de procesamiento reducido	Automatización de flujos de trabajo; Implementación de RPA; Uso de Azure Data Factory
Necesidad de formación en nuevas tecnologías	Retención del 95% del personal técnico	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías; Uso de herramientas de BI en Azure
Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Reducción costo mensual servicios energía eléctrica; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis financiero
Migración a plataformas con soporte continuado	Reducción del 30% en gastos operativos	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics
Formación en nuevas tecnologías	Numero de colaboradores capacitados	Microsoft Learn, universidad nueva energía; Uso de herramientas de análisis y BI en Azure
Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo	% cumplimiento normativo	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics

Garantizar la continuidad empresarial	Tasa de recuperación ante desastres	Implementación de Azure Backup y Azure Site Recovery para respaldo y recuperación.
Proteger y administrar datos	Nivel de seguridad y administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Control de acceso; Enmascaramiento de datos dinámico
Cambios rápidos en el mercado	Medida de contribución de TI a la empresa	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa
Necesidad de lanzar productos rápidamente	Tiempo hasta el lanzamiento del mercado	Uso de Azure y Visual Studio; Estrategias de DevOps
Mejorar la experiencia digital del usuario	Satisfacción del usuario	Migración a Azure; Innovación continua
Cambios en demandas operativas	Tiempo hasta el aprovisionamiento	Aprovisionamiento de autoservicio en la nube; Escalabilidad
Mejorar el rendimiento de las aplicaciones	Aumento del rendimiento de aplicaciones	Implementación de herramientas de administración del rendimiento de Azure.

La modernización tecnológica y la eficiencia operativa son las piedras angulares de la estrategia del Ministerio, con un enfoque en la migración a Azure para impulsar el retorno de inversión y reducir los gastos operativos. Se enfatiza la automatización y la capacitación en tecnología para mejorar los tiempos de procesamiento y retener el talento técnico. Las medidas de rendimiento incluyen la reducción del consumo energético, la agilidad en la respuesta al mercado y la satisfacción del usuario, todas respaldadas por herramientas avanzadas de Azure que ofrecen análisis, automatización, y seguridad de datos. La estrategia busca no solo cumplir con los estándares normativos y mejorar la recuperación ante desastres sino también fomentar la innovación rápida y un servicio al cliente transformado digitalmente.

ANEXO C. CLOUD ADOPTION FRAMEWORK STRATEGY AND PLAN

Ministerio de Minas y Energía

Microsoft Cloud Adoption Plan

30-10-2023

Resumen Ejecutivo

En el proceso de transformación y adaptación a las demandas tecnológicas modernas, El Ministerio de Minas y Energía ha identificado la migración a la nube como una prioridad fundamental. Esta decisión está respaldada por motivadores concretos, que van desde la necesidad de salir de un centro de datos físico, la reducción de gastos de capital, hasta objetivos más estratégicos como mejorar la agilidad empresarial y enriquecer la experiencia del cliente.

Con la migración a la nube como la principal prioridad y entendiendo el rol público gubernamental de esta Entidad, se hace necesario realizar una exploración inicial de las dimensiones, procesos, personas y tecnología que se requiere para adelantar este proceso de migración, soportando así la decisión de iniciar o no el proceso de migración.

Una vez establecida la viabilidad de este ejercicio se planea iniciar el proceso 6 meses después alcanzando en 12 meses el objetivo de haber migrado el 80% de los sistemas heredados a Azure. Además, se espera ver un ROI del 15% al finalizar dicho ejercicio, junto con una reducción del 20% en gastos operativos y una tasa de retención del 95% del personal técnico a través de programas de capacitación en tecnologías modernas.

Esto lleva a la Entidad a priorizar los siguientes proyectos:

1. **Definición inicio estrategia de migración:** Conforme al resultado de la etapa exploratoria (4 aplicaciones de negocio), establecer la posibilidad de cambiar el modelo operativo del ministerio y la adopción de plataforma Cloud.

2. **Migración de Sistemas Críticos a Azure:** Este proyecto busca llevar los sistemas más importantes y sensibles al ambiente de Azure, aprovechando su infraestructura y herramientas analíticas.
3. **Optimización de Costos Operativos:** A través de la adopción de soluciones energéticamente eficientes y la implementación de análisis avanzados de datos con Azure Synapse Analytics.
4. **Capacitación y Retención de Empleados:** Establecer programas de capacitación en Azure y otras tecnologías emergentes para mantener a nuestro equipo al frente de las tendencias tecnológicas y garantizar la retención del talento.

Los proyectos, iniciativas y/o acciones que se emprendan deben alinearse con al menos uno de los motivadores identificados, garantizar un impacto significativo en nuestros KPIs principales, y ser viables en términos de costo, tiempo y recursos disponibles. Además, cada proyecto debe estar en armonía con nuestra misión global de mejora en la experiencia del cliente, agilidad empresarial y sostenibilidad.

Definición de la Estrategia

Motivaciones y habilitadores

Para definir una estrategia de adopción de la nube, es fundamental comprender y describir la situación empresarial en detalle. Es esencial reflexionar sobre las implicaciones, ventajas y posibles desafíos que la adopción de la nube puede traer para la organización.

El mundo empresarial está en constante evolución, y las organizaciones deben adaptarse rápidamente a estos cambios para mantenerse competitivas. La adopción de tecnologías emergentes, como la nube, puede ofrecer una serie de beneficios, desde la mejora en la eficiencia operativa hasta la capacidad de innovar con mayor rapidez. También puede presentar desafíos en seguridad, gestión de datos y costos.

La adopción de la nube no debe ser una decisión impulsada únicamente por la tecnología; debe estar arraigada en objetivos y motivaciones empresariales claros. Estas motivaciones pueden incluir la reducción de costos operativos, el deseo de innovar a un ritmo más rápido, la necesidad

de cumplir con regulaciones específicas, o la aspiración de ofrecer mejores servicios y experiencias a los clientes.

Bajo esta perspectiva se identificaron los siguientes motivadores:

Evento Crítico	Migración	Innovación
• Salida del centro de datos • Reducción de gastos de capital • Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas • Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo • Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración • Democratización y/o entornos de autoservicio • Aumento de agilidad empresarial	• Actualización de sistemas obsoletos • Consolidación de bases de datos • Automatización de procesos administrativos • Digitalización de servicios públicos • Estandarización de sistemas • Formación en nuevas tecnologías • Migración a plataformas con soporte continuado • Nuevos métodos de recolección de datos • Optimización del consumo de energía • Plataformas de acceso público a datos • Resiliencia en infraestructura	• Apps para informar y educar al público • Desarrollo de nuevas políticas y regulaciones • Desarrollo de soluciones internas • Herramientas de participación ciudadana • Implementación de IA para toma de decisiones • Implementación de sistemas energéticamente eficientes

Resultados de negocio

Los resultados empresariales identificados y definidos para el Minenergía si listan a continuación:

Prioridad Alta

Stakeholder: Asesor Ministro **Outcome:** Optimización de la inversión en la nube

Business Drivers	KPI	Capabilities
Modernización de la infraestructura TI	% de ROI en la nube	Migración a Azure; Economía de la nube; Servicios de analítica de datos

Stakeholder: Asesor Vice **Outcome:** Agilidad en la formalización minera

Business Drivers	KPI	Capabilities
Formalización de la minería artesanal	Tiempo de respuesta a cambios	Sistemas ágiles y adaptativos; Integración con servicios geográficos

Stakeholder: Asesor Vice **Outcome:** Expansión de proyectos energéticos

Business Drivers	KPI	Capabilities
Seguimiento Implementación proyectos	Número de proyectos monitoreados	Uso de herramientas de BI y análisis en Azure; Implementación de modelos de Machine Learning

Stakeholder: Líder Piggme **Outcome:** Implementación de sistemas energéticamente eficientes

Business Drivers	KPI	Capabilities

Impacto ambiental de la empresa	% de reducción del consumo	Migración a Azure; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis

Stakeholder: Líder talento humano y selección **Outcome:** Capacitación y retención de empleados

Business Drivers	KPI	Capabilities
Necesidad de formación en nuevas tecnologías	Retención del 95% del personal técnico	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías; Uso de herramientas de BI en Azure

Stakeholder: Coordinadora GSA **Outcome:** Optimización de costos operativos

Business Drivers	KPI	Capabilities
Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Implementación de herramientas de análisis financiero en la nube; Uso de Azure Data Factory

Stakeholder: Coordinador GTICs **Outcome:** Cumplimiento normativo Mintic

Business Drivers	KPI	Capabilities
Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo	% cumplimiento normativo	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics

Stakeholder: Administrador de Bases de Datos **Outcome:** Administración eficiente de datos

Business Drivers	KPI	Capabilities
Necesidad de administrar lagos de datos	Eficiencia en la administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Optimización inteligente; Protección automática de datos

Stakeholder: Ingeniero de Datos **Outcome:** Integración eficiente de datos

Business Drivers	KPI	Capabilities
Conectar diversos orígenes y tipos de datos	Eficiencia en la integración	Uso de Azure Synapse Analytics; Entorno sin código

Stakeholder: Científico de Datos **Outcome:** Creación de modelos de Machine Learning

Business Drivers	KPI	Capabilities
Necesidad de análisis avanzado de datos	Modelos creados y desplegados	Uso de Azure Synapse Analytics; Lenguajes como T-SQL, Python, Scala, .NET o Spark SQL

Stakeholder: Profesional de TI **Outcome:** Administración y seguridad de datos

Business Drivers	KPI	Capabilities
Proteger y administrar datos	Nivel de seguridad y administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Control de acceso; Enmascaramiento de datos dinámico

Stakeholder: Coordinador GTICs **Outcome:** Agilidad empresarial

Business Drivers	KPI	Capabilities
Cambios rápidos en el mercado	Medida de contribución de TI a la empresa	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa

Stakeholder: Financiero **Outcome:** Mayor acceso a recursos TI sin inversiones a gran escala

Business Drivers	KPI	Capabilities
Mejorar la capacidad de inversión en TI	Disminución CAPEX – Aumento Opex	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa

Stakeholder: Coordinador GTICs **Outcome:** Talento humano calificado

Business Drivers	KPI	Capabilities
Formación en nuevas tecnologías	Número de colaboradores capacitados	Microsoft Learn, universidad nueva energía; Uso de herramientas de análisis y BI en Azure

Prioridad Media

Stakeholder: Financiero **Outcome:** Optimización de costos operativos

Business Drivers	KPI	Capabilities

Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Reducción costo mensual servicios energía eléctrica; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis financiero

Stakeholder: Coordinador GTICs **Outcome:** Reducción gastos operativos Plataforma TI

Business Drivers	KPI	Capabilities
Migración a plataformas con soporte continuado	Reducción del 30% en gastos operativos	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics

Stakeholder: Líder Servicio al ciudadano **Outcome:** Transformación de servicios en línea

Business Drivers	KPI	Capabilities
Mejorar la experiencia digital del usuario	Satisfacción del usuario	Migración a Azure; Innovación continua

Stakeholder: Administrador TI **Outcome:** Tiempo de aprovisionamiento reducido

Business Drivers	KPI	Capabilities
Cambios en demandas operativas	Tiempo hasta el aprovisionamiento	Aprovisionamiento de autoservicio en la nube; Escalabilidad

Stakeholder: Arquitecto de desarrollo **Outcome:** Reducción del tiempo de ciclo

Business Drivers	KPI	Capabilities

Mejorar la involucración de los clientes	Duración desde solicitud hasta lanzamiento	Uso de Azure DevOps; Modelos de aplicaciones nativas en la nube

Stakeholder: Coordinador GTICs **Outcome:** Rendimiento

Business Drivers	KPI	Capabilities
Mejorar el rendimiento de las aplicaciones	Aumento del rendimiento de aplicaciones	Implementación de herramientas de administración del rendimiento de Azure.

Prioridad Baja

Stakeholder: Coordinador cumplimiento **Outcome:** Democratización de los datos

Business Drivers	**KPI**	**Capabilities**
Experiencias de los ciudadanos mejoradas	Nivel de satisfacción del usuario	Uso de Azure Data Factory; Integración con Azure Data Share

Stakeholder: Asesor Secretaría General **Outcome:** Automatización de procesos internos

Business Drivers	KPI	Capabilities

Procesos manuales y lentos	Tiempo de procesamiento reducido	Automatización de flujos de trabajo; Implementación de RPA; Uso de Azure Data Factory

Stakeholder: Líder Seguridad **Outcome:** Confiabilidad

Business Drivers	KPI	Capabilities
Garantizar la continuidad empresarial	Tasa de recuperación ante desastres	Implementación de Azure Backup y Azure Site Recovery para respaldo y recuperación.

Stakeholder: Líder data sectorial **Outcome:** Acceso y análisis de datos

Business Drivers	KPI	Capabilities
Generar informes y paneles	Informes y paneles generados	Uso de Azure Synapse Analytics; Creación de paneles con Microsoft Power BI

Stakeholder: Líder de Innovación **Outcome:** Reducción del tiempo de comercialización

Business Drivers	KPI	Capabilities

Necesidad de lanzar productos rápidamente	Tiempo hasta el lanzamiento del mercado	Uso de Azure y Visual Studio; Estrategias de DevOps

Justificación de negocio

Teniendo en cuenta los motivadores, resultados de negocio y OKR identificados, la justificación para emprender la migración a la nube se traduce como:

1. Motivadores Primordiales:

- **Infraestructura Moderna:** El deseo de salir del centro de datos tradicional y adoptar una infraestructura más ágil y moderna es uno de los principales catalizadores. Al migrar a la nube, las organizaciones pueden beneficiarse de la última tecnología sin grandes inversiones iniciales en hardware y software.
- **Eficiencia Económica:** La reducción de gastos de capital y la posibilidad de convertir esos gastos en costos operativos más predecibles es una gran ventaja. Además, la nube permite adaptar el consumo de recursos según la demanda, evitando gastos innecesarios.
- **Agilidad Empresarial:** La nube facilita la innovación, permitiendo a las organizaciones responder rápidamente a los cambios del mercado y desplegar soluciones en tiempo récord.
- **Mejora de la Experiencia del Usuario:** Con la creciente necesidad de digitalización y la demanda de experiencias de usuario de alta calidad, la nube proporciona las herramientas y la infraestructura necesarias para cumplir y superar estas expectativas.

2. Resultados Empresariales Esperados:

Business Drivers	KPI	Capabilities
Modernización de la infraestructura TI	% de ROI en la nube	Migración a Azure; Economía de la nube; Servicios de analítica de datos
Formalización de la minería artesanal	Tiempo de respuesta a cambios	Sistemas ágiles y adaptativos; Integración con servicios geográficos

Seguimiento Implementación proyectos	Número de proyectos monitoreados	Uso de herramientas de BI y análisis en Azure; Implementación de modelos de Machine Learning
Impacto ambiental de la empresa	% de reducción del consumo	Migración a Azure; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis
Necesidad de formación en nuevas tecnologías	Retención del 95% del personal técnico	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías; Uso de herramientas de BI en Azure
Gastos operativos elevados	Reducción del 20% en gastos operativos	Reducción costo mensual servicios energía eléctrica; Uso de Azure Synapse Analytics para análisis financiero
Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo	% cumplimiento normativo	Migración a Azure; Modernización de sistemas; Uso de Azure Synapse Analytics
Necesidad de administrar lagos de datos	Eficiencia en la administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Optimización inteligente; Protección automática de datos
Conectar diversos orígenes y tipos de datos	Eficiencia en la integración	Uso de Azure Synapse Analytics; Entorno sin código
Necesidad de análisis avanzado de datos	Modelos creados y desplegados	Uso de Azure Synapse Analytics; Lenguajes como T-SQL, Python, Scala, .NET o Spark SQL
Proteger y administrar datos	Nivel de seguridad y administración	Uso de Azure Synapse Analytics; Control de acceso; Enmascaramiento de datos dinámico
Cambios rápidos en el mercado	Medida de contribución de TI a la empresa	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa
Mejorar la capacidad de inversión en TI	Disminución CAPEX – Aumento Opex	Migración a la nube; Innovación; Eficiencia operativa

3. Objetivos y Resultados Clave (OKR):

Objetivo	KPI	Capacidades
Modernización de la infraestructura TI	ROI del 15% en inversión en la nube al final del trimestre.	Migración a Azure
	Migración del 80% de sistemas heredados a Azure.	Economía de la nube

Capacitación y retención de empleados	Tasa de retención del 95% del personal técnico a través de programas de capacitación.	Programas de capacitación en Azure y otras tecnologías
	Uso de herramientas de BI en Azure para mejora de formación y seguimiento del personal técnico.	Uso de herramientas de BI en Azure
Optimización de costos operativos	Reducción del 20% de los gastos operativos.	Reducción costo servicios energía eléctrica
Contribución de TI a la eficiencia operativa	Medición y demostración de la contribución de TI a la eficiencia operativa e innovación.	- Migración a la nube
		- Innovación
		- Eficiencia operativa

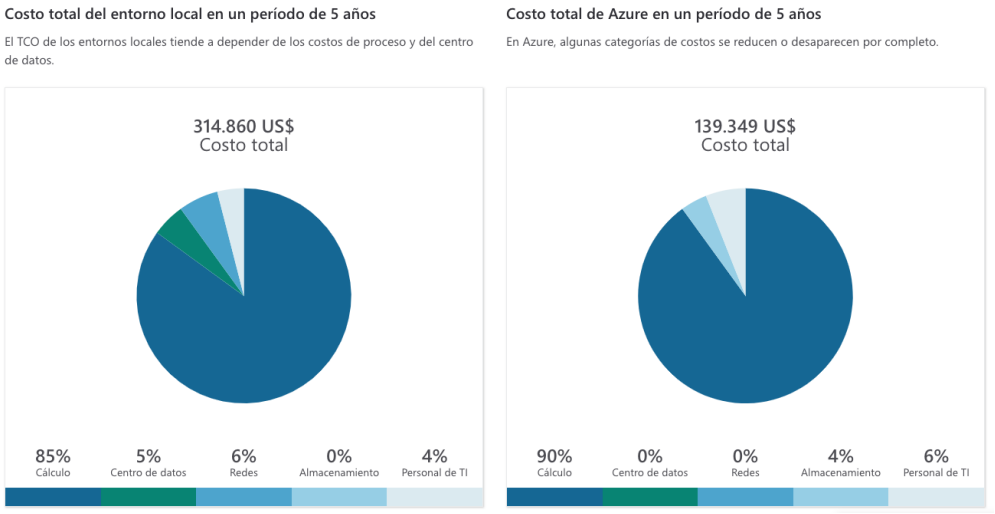
De manera general conforme a los resultados de negocio esperados, los motivadores registrados y los OKR planteados, es posible constituir un caso de negocio, el cual se presenta a continuación:

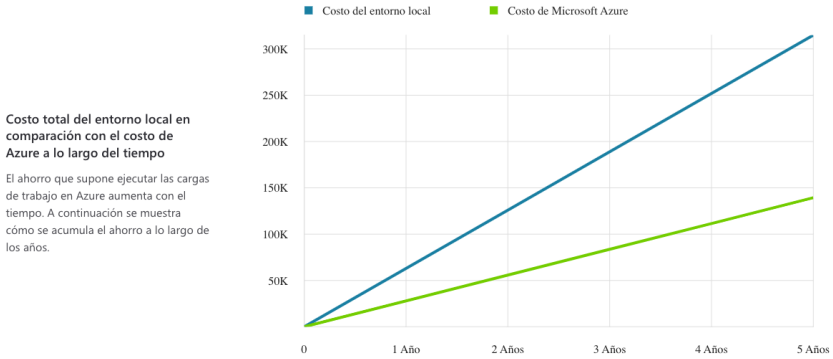
El Ministerio de Minas y Energía considera migrar sus sistemas y aplicaciones al cloud de Microsoft Azure. Esta decisión obedece y soporta en cuanto a los motivadores de orden migración que fueron identificados por el MME y la necesidad de reducir el costo operativo de la plataforma de TI de la Entidad a la par de mejorar la eficiencia en costos y flujo de caja.

Como base de este análisis se utilizó la Calculadora del Costo Total de Propiedad (TCO) de Azure que es una herramienta en línea proporcionada por Microsoft que ayuda a las empresas a estimar los ahorros de costos que podrían lograr al migrar sus cargas de trabajo a Azure en lugar de mantenerlas en sus propios centros de datos.

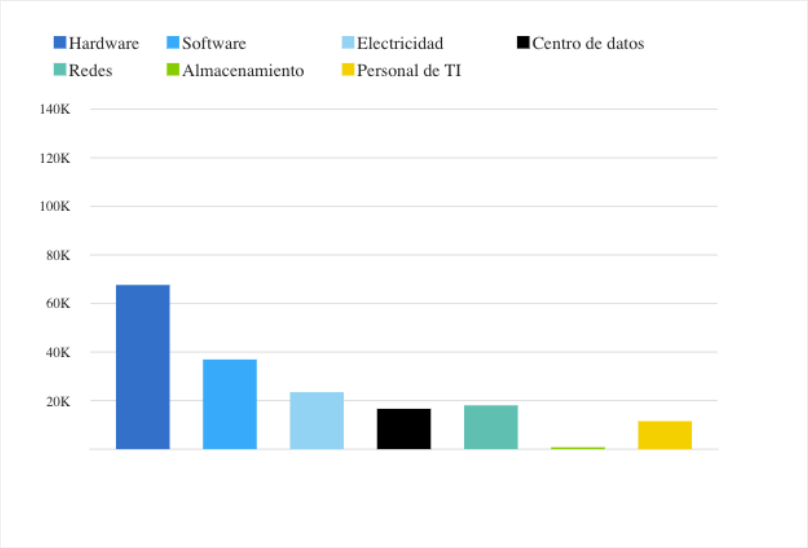
El TCO (Total Cost of Ownership) se refiere a la suma total de los costos directos e indirectos involucrados en la adquisición, despliegue, operación y mantenimiento de una solución o equipo durante su vida útil. Al considerar una migración a la nube, es esencial tener en cuenta no solo los costos directos (como hardware y licencias) sino también otros costos indirectos (como refrigeración, electricidad, mantenimiento, soporte técnico, entre otros).

El ejercicio de simulación se centró en el análisis de cotos de cuatro (4) aplicaciones de la Organización (SITH, ARGO, SISEG y SIGAME) en una proyección de costos a cinco años, con un ahorro estimado de poco más de 175.000 USD, como se muestra a continuación.





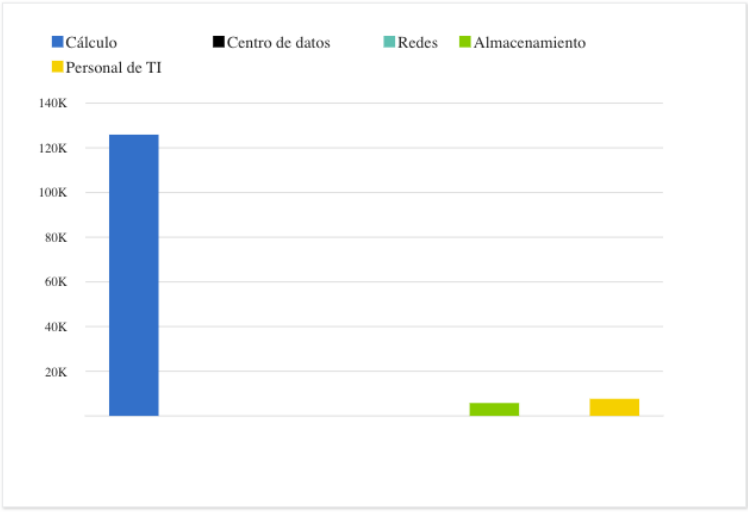
Según el ejercicio de simulación, los costos de operación local se distribuyen en 7 ítems, como se presenta a continuación.



314.860 US$

Costo en un período de 5 años

Esto nos permite analizar que el nivel de riesgo, capacidad técnica requerida y otros costos como el de redes se trasladan a la nube logrando el ahorro ya presentado y que se evidencia de manera individual en la siguiente gráfica.



139.349 US$

Costo en un período de 5 años

Resumen desglosado del costo del entorno local	
Categoría	**Costo**
Cálculo	267.917,60 US$
Hardware	67.616,00 US$
Software	36.930,00 US$
Electricidad	23.468,40 US$
Virtualización	20.959,20 US$
Base de datos	118.944,00 US$
Centro de datos	16.624,85 US$
Redes	18.043,18 US$
Almacenamiento	774,40 US$
Personal de TI	11.500,00 US$
Total	**314.860,00 US$**

Resumen desglosado del costo de Azure	
Categoría	**Costo**
Cálculo	125.912,28 US$
Centro de datos	0,00 US$
Redes	0,00 US$
Almacenamiento	5769,46 US$
Personal de TI	7667,05 US$
Total	**139.349,00 US$**

Adjunto a este documento se entrega el documento "Calculadora del costo total de propiedad (TCO) _ Microsoft Azure.pdf", donde se podrá analizar de manera detallada cada una de las categorías, los valores de mercado utilizados en la comparación y las nuevas capacidades implementadas en la nube.

Dicho esto, se puede concluir que la transición al entorno de Microsoft Azure promete un ahorro considerable en costos en 5 años y que además es vital considerar otros factores más allá de los costos, como la seguridad, la escalabilidad y la disponibilidad de este servicio Cloud. Dada la eficiencia y los ahorros potenciales, recomendamos considerar seriamente la migración al cloud de Microsoft Azure. Además, se pueden explorar posibles incentivos, descuentos o acuerdos que Microsoft pueda ofrecer al Ministerio, lo que podría mejorar aún más la propuesta económica.

Primer Proyecto de adopción

Project:	POC Migración APP`s	Outcome:	Modernización de la infraestructura TI
Stakeholder:	Coordinador GTICs	Business Unit:	Grupo Infraestructura tecnológica

Partes claves

Name	Business Unit/Role	Business Outcome Owner (Y/N)	Cloud Strategy Team (Y/N)
Juan José Cedeño	Coordinador GTICs / GTIC	Y	Y
Carlos David Flórez	Administrador Plataforma TI / GTIC	Y	Y
Diego Ferney Martínez	Administrador APPS / GTIC	Y	Y

Plan

Estado Digital

El patrimonio digital consiste en la colección o agrupación de recursos digitales que respaldan las operaciones comerciales de una organización. Dentro de este término es común encontrar las máquinas virtuales, servidores, aplicaciones, datos y otros activos relacionados con la tecnología de la información.

El Marco de referencia indica la existencia de tres tipos de enfoques para lograr el planteamiento del patrimonio digital de la organización: Basado en la carga de trabajo, en los recursos y un enfoque incremental. La elección del enfoque depende en gran medida del tiempo disponible para la ejecución de la estrategia y plan de migración, junto a la disponibilidad del negocio para el desarrollo de las actividades de levantamiento de información. Dicho esto, se establece un enfoque basado en los recursos que, aunque no sea el modelo optimo (Incremental), permite

calcular costos iniciales de todo el patrimonio digital bajo el peor escenario posible para su optimización.

Como paso inicial y conforme a los recursos disponibles en el marco de referencia se selecciona y adopta la herramienta Azure Migrate. Esta herramienta permite realizar el inventario del patrimonio digital, una racionalización limitada y los cálculos de costos en una herramienta.

El CAF de Microsoft ofrece material de apoyo y una profunda descripción de esta herramienta [47]. La cual entre otras habilito la realización del inventario del patrimonio digital en línea y la generación de un caso de negocio que permite evidenciar bajo un enfoque de recursos los costos operativos que soportan el análisis de migración y adopción del modelo de computación en nube.

Conforme al descubrimiento generado sobre la infraestructura de TI del Ministerio de Minas y Energía, fue posible constatar la existencia de 391 servidores alojados sobre una plataforma de virtualización basada en la solución VMware vSphere. Dentro de esta plataforma se ejecutan más de 25 instancias de bases de datos y múltiples cargas de trabajo.

El despliegue de la plataforma Azure Migrate permitió además de la recolección del inventario de servidores el diseño de un caso de negocio enfocado en una estrategia de minimización de costos, el cual se presenta a continuación.

El desarrollo del caso de negocio se centra en el inventario de activos digitales de la organización y algunas suposiciones a nivel de nube e infraestructuras On-Premise. Desde el punto de vista de nube, se destacan los siguientes elementos:

- Se elije como destino de migración la región central de estados unidos
- Se toma como referencia el rendimiento de un mes de los elementos de la plataforma virtual
- Se asume la reserva de instancias por 3 años
- Se asume una migración escalonada a 3 años (20, 50, 100%) y un crecimiento de 5% anual
- Un costo de operación del 75% para arquitecturas IaaS y del 60% para SaaS.

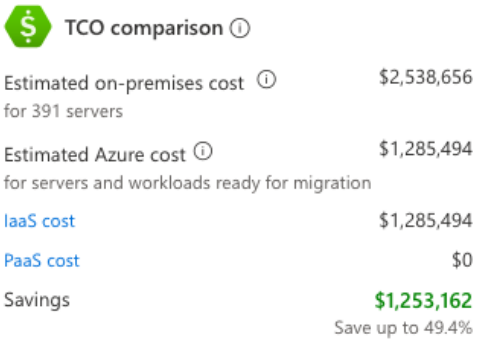
En cuanto a las suposiciones de arquitecturas On-Premise se destaca:

- Se asumen valores por defecto de licenciamiento Microsoft
- Se establecen costos de almacenamiento por GB mensual y un 10% de valor de mantenimiento anual
- Se establecen costos de seguridad, redes y almacenamiento conforme a los establecido por defecto por Microsoft
- Se establece el límite de 100 servidores virtuales por administrador

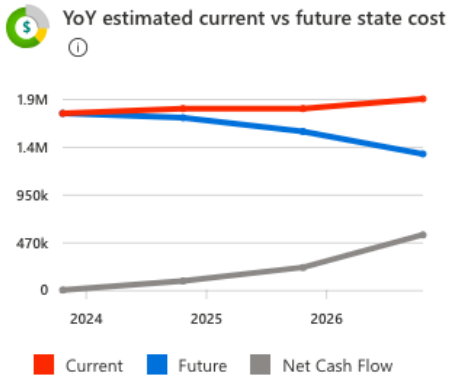
Estos costos representan el peor escenario de precios posible y da lugar a optimizaciones.

- **Potenciales ahorros:**

El caso de uso destaca que es posible lograr un ahorro potencial anual del 49.5% en función de la estrategia de migración elegida y las suposiciones registradas. Esto incluye ahorros de un año del costo de proceso, almacenamiento, red, mano de obra e instalaciones.



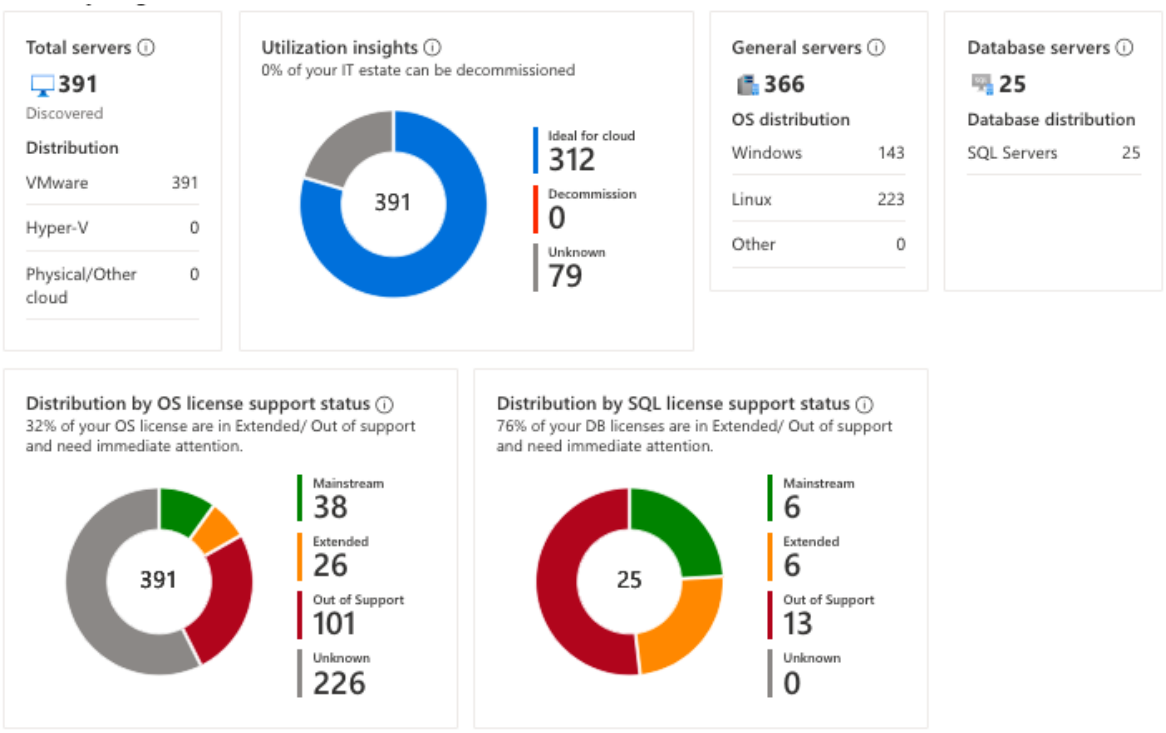
- **Costo estimado actual frente al futuro del estado**



Esta grafica describe el comportamiento en cuanto a flujo de caja comparando los modelos de operación conforme a los porcentajes de migración por año: 0 % en el año actual, el 20 % en el año 1, el 50 % en el año 2 y el 100 % en el año 3

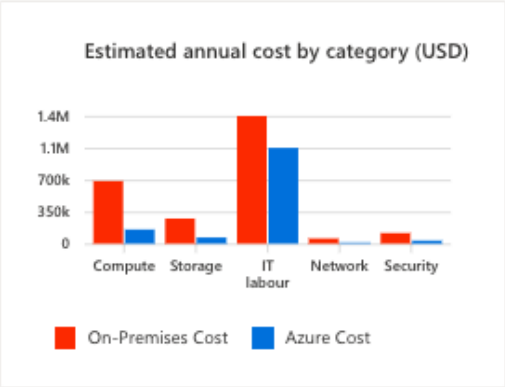
Al final del proceso de migración, sumando el 5 % de crecimiento anual, se pueden reducir costos cercanos a los 500M USD con tendencia a la baja.

De otra parte, es posible evidenciar una descripción rápida del patrimonio digital de la organización.



Se destaca:

- Se identificó 366 servidores bajo arquitectura Microsoft Windows y Linux.
- Mas del 50% de las instancias de base de datos están fuera de soporte.
- Cerca del 30 de servidores Windows están por fuera de soporte y 10% en extensión de este.



De forma paralela, es posible detallar algunos elementos adicionales, como que los costos de operación, y computo representan gran parte de los gastos de operación en infraestructura onpremise, costos que son reducidos especialmente bajo un modelo de operación en nube.

En resumen, es posible establecer que a Entidad hoy cuenta con un patrimonio digital basado en recursos cercano a los 2.5 Millones de USD, distribuidos en múltiples aplicaciones y cargas de trabajo.

Bajo el enfoque de las primeras cargas de trabajo a migrar se presenta la siguiente tabla:

Application/Workload	Business Unit	Business Priority (high, mid, low)	Proposed Rationalization
ARANDA: Sistema de gestión de Incidentes y requerimientos Mesa de ayuda.	Grupo de tecnologías de la information y las comunicaciones (TICs)	Low	Rehospedar
SITH: Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos	Dirección de Hidrocarburos (DH)	High	Rehospedar

SARA: Sistema de administración del talento humano	Subdirección de Talento Humano (STH)	Medium	Rehospedar
SIGAME: Sistema integral de gestión activa del Minenergía	Oficina de Planeación y gestion internacional (OPGI)	Medium	Rehospedar
NEON: Sistema de gestión de recursos físicos y contratación	Subdirección administrative y financiera (SAF)	High	Rehospedar

Alineación Organizacional

La alineación organizacional es un factor de continua evolución conforme al desarrollo y necesidades de cada fase. En general se recomienda iniciar con una alineación donde la gobernanza y la adopción de la nube logren los objetivos de cada fase.

Name of people responsible for...	
Delivering technical tasks	Implementing cloud governance
Administrador de Plataforma - Arquitecto de Soluciones Creación y gestión de la cuenta de Azure y el Portal de Azure. - Administración de recursos en Azure. - Gestión de redes en Azure. - Supervisión y gestión de los procesos en Azure. - Coordinación y supervisión y ejecución de las tareas de migración.	Administrador de Seguridad - Arquitecto de Soluciones Implementación y gestión de la seguridad en Azure. - Gestión del Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) en Azure. - Supervisión de la seguridad de la red en Azure. - Definición e implementación de políticas y controles de gobernanza.

Plan de preparación de capacidades

La fase de planeación insta a la definición de un plan de preparación y/o adaptación de los roles, habilidades y procesos en el sector de TI a medida que las organizaciones transitan hacia la nube. Resalta cómo los roles han evolucionado a lo largo del tiempo con cambios tecnológicos y cómo la nube impulsa nuevos cambios en estos roles. Subraya la importancia de identificar y abordar las preocupaciones del personal sobre la adopción de la nube, la detección de brechas en habilidades o roles necesarios y la colaboración entre equipos para abordar estos cambios.

Actividad	Roles Involucrados	Cursos/Certificaciones Recomendadas
Creación de una cuenta de Azure & Portal de Azure	Administradores de plataforma, Administrador de seguridad	Microsoft Certified: Azure Fundamentals (AZ-900), Cursos introductorios de Azure en Microsoft Learn
Introducción a Azure & Creación de una máquina virtual	Administradores de plataforma, Ingenieros de desarrollo	Microsoft Certified: Azure Administrator Associate (AZ-104), Microsoft Certified: Azure Developer Associate (AZ-204)
Introducción a la seguridad en Azure & RBAC de Azure	Administrador de seguridad, Administradores de plataforma	Microsoft Certified: Azure Security Engineer Associate (AZ-500), Cursos sobre seguridad en Azure en Microsoft Learn
Administración de recursos en Azure	Administradores de plataforma, Ingenieros de desarrollo	Microsoft Certified: Azure Administrator Associate (AZ-104), Cursos avanzados de administración de recursos de Azure en Microsoft Learn
Redes de Azure	Administradores de plataforma, Administrador de seguridad	Microsoft Certified: Azure Network Engineer, Cursos sobre redes de Azure en Microsoft Learn
Opciones de proceso de Azure	Ingenieros de desarrollo, Administradores de plataforma	Microsoft Certified: Azure Solutions Architect Expert (AZ-303 y AZ-304), Cursos sobre opciones de proceso de Azure en Microsoft Learn
Opciones de almacenamiento de datos	Administrador de base de datos, Ingenieros de desarrollo	Microsoft Certified: Azure Data Engineer Associate (DP-200 y DP-201), Cursos sobre almacenamiento de datos en Azure en Microsoft Learn

Plan de adopción de la nube

Tras cumplir la etapa de análisis descrita en las secciones anteriores, definir formalmente el plan de adopción de la nube según las indicaciones generadas en el modelo metodológico desarrollado por Microsoft.

Las fases anteriores se denominan requisitos previos para definir el plan de adopción de la nube, lo cual resulta lógico si observamos que en estas fases se definió claramente los motivadores, resultados esperados y objetivos de negocio (Entradas Estratégicas). Luego de ello, se definió la racionalización de las cargas de trabajo, la alineación de la organización y el plan de preparación de aptitudes denominadas las entradas tácticas.

La definición de este plan inicia con la priorización y clasificación de las cargas de trabajo, para ello se necesitó una revisión técnica y de negocio tal como se muestra a continuación por cada carga de trabajo.

- Aranda

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Aplicación Mesa de ayuda
Descripción De La Carga De Trabajo	Front Aplicación Mesa de ayuda
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Grupo TIC
Impacto Empresarial	Bajo - Prestación soporte técnico
Impacto De La Aplicación	Esta aplicación es el punto de contacto de más de 700 usuarios. Se brinda soporte técnico a todas las aplicaciones de negocio
Impacto De Los Datos	Permite tomar decisiones frente a problemas y/o decisiones sobre las capacidades de negocio
Unidad De Negocio	Grupo TIC
Procesos Empresariales	Mantenimiento, operación y mantenimiento
Equipos Empresariales	Todos los equipos
Partes Interesadas Del Negocio	Coordinador GTIC
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo

Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Grupo TIC
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Juan José Cedeño
SLA	90%
Grado De Importancia	Bajo
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediante Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	2
Orígenes De Datos	Aplicación Aranda
Dependencias	2. - Cluster-SQL02 - SERV_ARANDA
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

- SITH

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos
Descripción De La Carga De Trabajo	Pool servidores front Sistema Integrado de transporte de hidrocarburos
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Dirección de Hidrocarburos

Impacto Empresarial	Alto, limitación en la ejecución de actividades en transporte de hidrocarburos
Impacto De La Aplicación	Registro, pago y liquidación de regalías atribuibles a hidrocarburos
Impacto De Los Datos	Alto, liquidación y autorización
Unidad De Negocio	Dirección de Hidrocarburos
Procesos Empresariales	Liquidación, registro y autorización
Equipos Empresariales	Dirección de Hidrocarburos
Partes Interesadas Del Negocio	Dirección de Hidrocarburos - Transportadores
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Dirección de Hidrocarburos
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Dirección de Hidrocarburos
SLA	99.999%
Grado De Importancia	Alto
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediante Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	6
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	4 - Cluster-SQL02, SERV-SITH, SERV-SITH-BAL, SERV-SITH-FILES
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

- SARA

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema de administración del talento humano
Descripción De La Carga De Trabajo	Sistema de administración del talento humano del Minenergía
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Subdirección de Talento Humano (STH)
Impacto Empresarial	Media - Liquidación nómina y gestión de datos
Impacto De La Aplicación	Se utiliza para liquidación de nómina y gestión del talento humano respuesta a derechos de petición
Impacto De Los Datos	Escalas salariales, hoja de vida y datos de empleados
Unidad De Negocio	Subdirección de Talento Humano (STH)
Procesos Empresariales	Nomina, Talento humano y prestaciones
Equipos Empresariales	Todos los equipos
Partes Interesadas Del Negocio	Subdirección de Talento Humano (STH)
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Subdirección de Talento Humano (STH)
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración

Responsable De Operaciones De La Aplicación	Subdirección de Talento Humano (STH)
SLA	90%
Grado De Importancia	Medio
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediante Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	2
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	2. - Cluster-SQL02 - SERV-SARA
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

- SIGAME

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema integral de gestión activa del Minenergía
Descripción De La Carga De Trabajo	Sistema integral de gestión activa del Minenergía
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Impacto Empresarial	Baja - acceso a formatos y documentos del sistema integrado de gestión
Impacto De La Aplicación	Gestión integral del sistema integrado de gestión de calidad
Impacto De Los Datos	Formatos, políticas y procedimientos
Unidad De Negocio	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)

Procesos Empresariales	Todos los procesos
Equipos Empresariales	Todos los equipos
Partes Interesadas Del Negocio	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Oficina de Planeación y gestión internacional (OPGI)
SLA	90%
Grado De Importancia	Bajo
Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediante Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	2
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	2. - Cluster-SQL01 - SERV-SIGAME
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

- NEON

PUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN

Nombre De La Carga De Trabajo	Sistema de gestión de recursos físicos y contratación
Descripción De La Carga De Trabajo	Sistema de gestión de recursos físicos y contratación
Motivaciones Para La Adopción	• Salida del centro de datos
	• Reducción de gastos de capital
	• Finalización del soporte técnico de tecnologías críticas
	• Respuesta a los cambios de cumplimiento normativo
	• Experiencias de los ciudadanos mejoradas e involucración
	• Democratización y/o entornos de autoservicio
	• Aumento de agilidad empresarial
Patrocinador Principal	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Impacto Empresarial	Alto, limitación en la ejecución de actividades de contratación, pagos y gestión de recursos físicos
Impacto De La Aplicación	Gestión de activos, contratación y gestión financiera
Impacto De Los Datos	Alto, gestión financiera y contable
Unidad De Negocio	Dirección de Hidrocarburos
Procesos Empresariales	Gestión de activos, contratación y gestión financiera
Equipos Empresariales	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Partes Interesadas Del Negocio	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Resultados Empresariales	Migración y operación de la carga de trabajo
Métricas	Numero de máquinas virtuales migradas
Cumplimiento Normativo	N/A
Propietarios De La Aplicación	Subdirección administrative y financiera (SAF)
Períodos De Inmovilización Empresarial	Horario laboral lunes a viernes de 8 am a 7 pm
Zonas Geográficas	N/A
Sostenibilidad	N/A
Enfoque De La Adopción	Migración
Responsable De Operaciones De La Aplicación	Subdirección administrative y financiera (SAF)
SLA	99.999%
Grado De Importancia	Alto

Clasificación De Datos	Sensibles
Zonas Geográficas En Funcionamiento	USA
Aplicaciones	Por temas de seguridad no se incluyen estos datos. Se aclara que mediante Azure Migrate se obtuvieron datos
Máquinas Virtuales	6
Orígenes De Datos	Front Aplicación
Dependencias	2 - Cluster-SQL02, SERV-NEON
Zonas Geográficas De Tráfico De Usuario	Colombia

Fuente: Elaboración propia

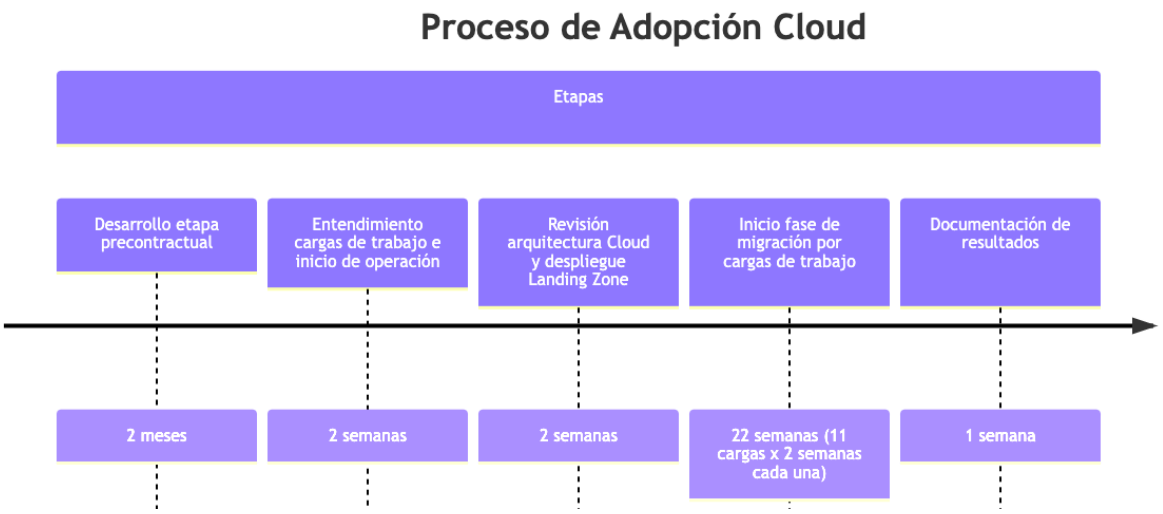
Con esta información se constituye la tabla de prioridades de migración, conforme a la criticidad y dependencias de la carga de trabajo.

Nombre	Prioridad	Clasificación
SERV-SARA	5	Front Aplicación
SERV-NEON	8	Front Aplicación
SERV-SITH-FILES	7	Front Aplicación
SERV-SITH-APP	7	Front Aplicación
SERV-SITH-BAL	7	Front Aplicación
SERV-SIGAME	6	Front Aplicación
SERV-ARANDA	4	Front Aplicación
CLUSTER-SQL1_1	9	Instancia DB
CLUSTER-SQL2_1	9	Instancia DB
CLUSTER-SQL1_2	10	Instancia DB
CLUSTER-SQL2_2	10	Instancia DB

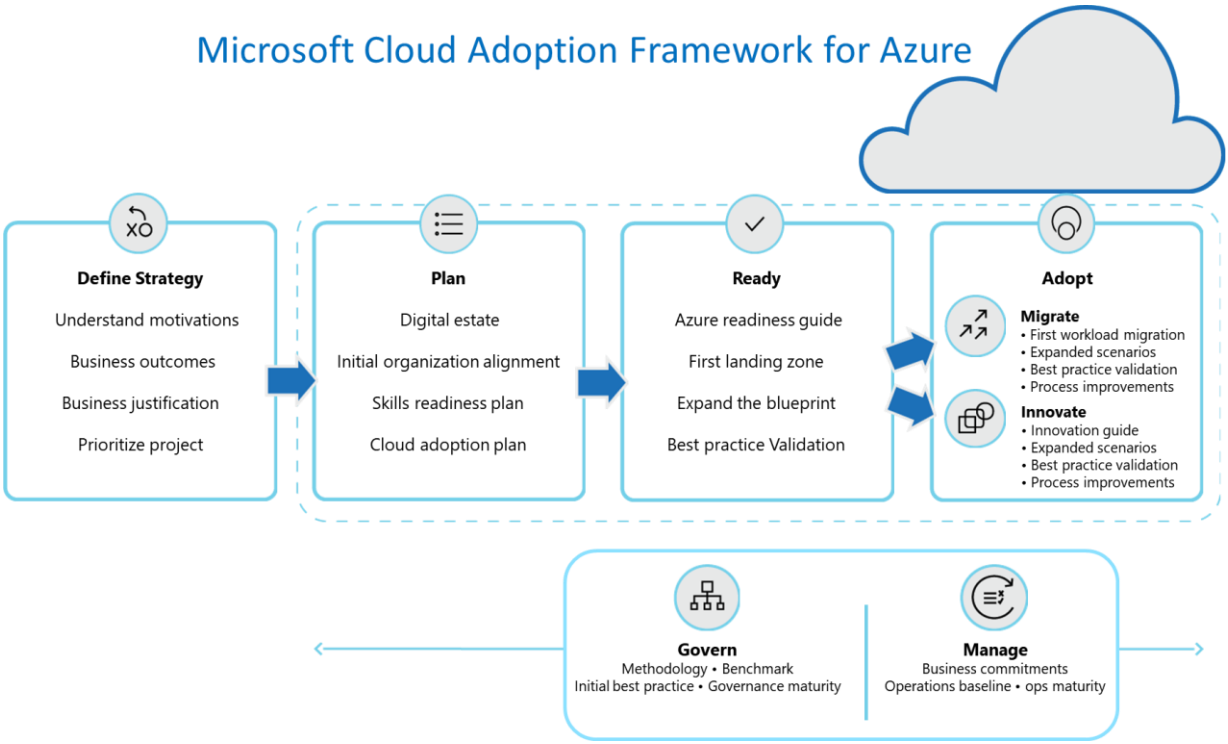
Fuente: Elaboración propia

Escala de tiempo plan de adopción

Como se describió en la sección de alineación de la organización el Ministerio no cuenta con capacidad suficiente para el desarrollo de esta actividad, por tanto, se incluye dentro del plan no solo la secuencia de migración, si no, la fase de contratación de capacidades.



El proceso tomaría unos 9 meses, pero, al utilizar los beneficios del desarrollo de un proyecto ágil, se puede reducir el tiempo a 6 meses. Sin embargo, dentro de la estimación de costos se incluirá un tiempo de operación de 9 meses.



https://aka.ms/cloudadoptionframework

REFERENCIAS

[1] S. C. Constaín Rengifo, “Manual de gobierno digital ,” 2020. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: https://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-81473_recurso_1.pdf

[2] J. C. Vendríes Ramírez, “Computación en la nube :diseño de una guía de adopción aplicando elementos de gestión y gobierno de TI,” 2017, Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/10584/8080

[3] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, “Guía con lineamientos generales para el uso de tecnologías emergentes,” 2020. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: https://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-149178_recurso_5.pdf

[4] N. Camargo and A. Mancipe, “Acuerdo Marco de Precios para la contratación de Servicios de Nube Pública IV, celebrado entre Colombia Compra Eficiente y [Nombre de los Proveedores],” 2021. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: https://www.colombiacompra.gov.co/sites/cce_public/files/cce_tienda_virtual/93._minuta_que_contiene_adenda_2.pdf

[5] Armbrust *et al.*, “Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing,” Jan. 2009.

[6] M. de Donno, K. Tange, and N. Dragoni, “Foundations and Evolution of Modern Computing Paradigms: Cloud, IoT, Edge, and Fog,” *IEEE Access*, vol. 7, p. 1, Oct. 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2947652.

[7] J. S. Rozo Rengifo, “G.ST.02 Guía de Computación en la nube - Arquitectura TI,” 2019. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/articles-75554_recurso_pdf.zip

[8] F. Liu *et al.*, “NIST cloud computing reference architecture,” Gaithersburg, MD, 2011. doi: 10.6028/NIST.SP.500-292.

[9] P. Mell and T. Grance, “The NIST definition of cloud computing,” 2011.

[10] R. Chopra, *Cloud Computing : An Introduction*. Bloomfield, UNITED STATES: Mercury Learning & Information, 2017. [Online]. Available: http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecausta-ebooks/detail.action?docID=4895092

[11] V. K. Damera, A. Nagesh, and M. Nagaratna, “Trust Evaluation Models For Cloud Computing,” *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 9, p. 2, 2020, Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: www.ijstr.org

[12] L. M. Vaquero, L. Rodero-Merino, J. Caceres, and M. Lindner, “A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition,” *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 39, no. 1, pp. 50–55, Dec. 2009, doi: 10.1145/1496091.1496100.

[13] A. Sunyaev, “Cloud Computing,” in *Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies*, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 195–236. doi: 10.1007/978-3-030-34957-8_7.

[14] C. STAMFORD, “Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Reach Nearly $600 Billion in 2023.” Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-10-31-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-reach-nearly-600-billion-in-2023

[15] International Data Corporation (IDC), “IDC Latin America presentó las principales tendencias de los segmentos de TI y Telecom y las oportunidades para el mercado regional.” Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prLA50472023

[16] W. Richard, “Migrating Applications to the Cloud: Rehost, Refactor, Revise, Rebuild, or Replace?,” Dec. 03, 2010. Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: https://www.gartner.com/en/documents/1485116

[17] “The 6 R’s: AWS Migration Strategies | StormIT.” Accessed: Jun. 02, 2022. [Online]. Available: https://www.stormit.cloud/post/6-rs-aws-migration-strategies

[18] S. Orban, “6 Strategies for Migrating Applications to the Cloud.” Accessed: Jul. 04, 2023. [Online]. Available: https://aws.amazon.com/es/blogs/enterprise-strategy/6-strategies-for-migrating-applications-to-the-cloud/

[19] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, “Ìndice de Gobierno Digital .” Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: https://gobiernodigital.mintic.gov.co/portal/Mediciones/

[20] Función Pública, “Decreto 1151 de 2008 - Lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en Línea de la República de Colombia.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=29774

[21] Congreso de la Republica, “Ley 1341 de 2009 - Ley TIC.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913

[22] Congreso de la republica, “LEY 1273 DE 2009, Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado ‘de la protección de la información y de los datos’- y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otras disposiciones,” Jan. 2009. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=34492

[23] Departamento Administrativo de la Función Pública, “CONPES 3650 de 2010, Importancia estratégica de la estrategia de gobierno en línea,” Colombia, Mar. 2010.

[24] Presidencia de la Republica, “Decreto 1008 de 2018 - Lineamientos generales de la política de gobierno digital.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86902

[25] Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, and Superintendencia de Industria y Comercio, “CONPES 3920, POLÍTICA NACIONAL DE EXPLOTACIÓN DE DATOS (BIG DATA),” Apr. 2018.

[26] Departamento Administrativo de la Función Pública, “Ley 1978 de 2019, Por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones,” 2019. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=98210

[27] Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, and Departamento Administrativo de la Presidencia de la República, “CONPES 3975, POLÍTICA NACIONAL PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL E INTELIGENCIA ARTIFICIAL,” Nov. 2019. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf

[28] Presidencia de la Republica, “DIRECTIVA PRESIDENCIAL 03 DE 2021, lineamientos para el uso de servicios en la nube, inteligencia artificial, seguridad digital y gestión de datos,” 2021. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=160326

[29] K. L. Jackson and S. Goessling, *Architecting Cloud Computing Solutions: Build cloud strategies that align technology and economics while effectively managing risk*. Packt Publishing Ltd, 2018.

[30] M. Zbořil and V. Svatá, “Cloud Adoption Framework,” *Procedia Comput Sci*, vol. 207, pp. 483–493, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.103.

[31] Microsoft Learn, “Plataforma de adopción de la nube de Microsoft para Azure - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/

[32] Microsoft Learn, “Uso de la economía de la nube para desarrollar una estrategia de adopción - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/strategy/

[33] Microsoft Learn, “Definición de un plan de adopción de la nube - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/plan/

[34] Microsoft Learn, “Preparación para la adopción de la nube - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/ready/

[35] Microsoft Learn, “Gobernanza en Microsoft Cloud Adoption Framework para Azure - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/govern/

[36] Microsoft Learn, “Administración de la nube - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/manage/

[37] Microsoft Learn, “Seguridad en Microsoft Cloud Adoption Framework para Azure - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/secure/

[38] Microsoft Learn, “Administración de la alineación de la organización - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/organize/

[39] Microsoft Learn, “Herramientas y plantillas - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Jul. 30, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/resources/tools-templates

[40] AWS, “AWS Cloud Adoption Framework,” Nov. 2021. Accessed: Aug. 02, 2023. [Online]. Available: https://d1.awsstatic.com/whitepapers/aws-caf-ebook.pdf

[41] AWS, “AWS Cloud Adoption Framework: Business Perspective.” Accessed: Aug. 02, 2023. [Online]. Available: AWS Cloud Adoption Framework: Business Perspective

[42] AWS, “AWS Cloud Adoption Framework: People Perspective.” Aug. 2023. Accessed: Aug. 02, 2023. [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/es_es/whitepapers/latest/aws-caf-people-perspective/aws-caf-people-perspective.html

[43] AWS, “AWS Cloud Adoption Framework: eBook.” Sep. 2023. Accessed: Sep. 04, 2023. [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/es_es/whitepapers/latest/aws-caf-people-perspective/aws-caf-people-perspective.html

[44] Google Cloud, “The Google Cloud Adoption Framework,” *Google Cloud*, 2023.

[45] Google Cloud, “Migra a Google Cloud: elige tu ruta de migración | Cloud Architecture Center,” 2023. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: https://cloud.google.com/architecture/migration?hl=es-419

[46] Microsoft Learn, “Herramienta de evaluación y preparación para la migración estratégica,” 2023. Accessed: Sep. 18, 2023. [Online]. Available:

https://learn.microsoft.com/es-es/assessments/Strategic-Migration-Assessment/

[47] Microsoft Learn, “Acerca de Azure Migrate - Azure Migrate | Microsoft Learn.” Accessed: Oct. 22, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/migrate/migrate-services-overview

[48] Microsoft Learn, “Racionalización del patrimonio digital - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Oct. 23, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/digital-estate/rationalize

[49] MESA SECTORIAL CLOUD COMPUTING, “CLOUD COMPUTING UNA PERSPECTIVA PARA COLOMBIA,” Apr. 2010. Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: https://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/16.clud_computing_Cloud-Computing-Mesa-sectorial.pdf

[50] A. Ceballos Lopez, “Recomendaciones para el avance de la política pública de Nube Primero en Colombia,” 2020.

[51] “Introducción al cumplimiento normativo - Cloud Adoption Framework | Microsoft Learn.” Accessed: Oct. 27, 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/govern/policy-compliance/regulatory-compliance

[52] “Administración de cumplimiento en la nube.” Accessed: Oct. 27, 2023. [Online]. Available: https://www.microsoft.com/es-co/trust-center/compliance/compliance-overview

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Metodología 4
Imagen 2 Características esenciales 9
Imagen 3 Modelos de servicio Cloud 11
Imagen 4 Ámbitos de control 11
Imagen 5 Arquitectura Cloud Computing, ... 12
Imagen 6 Resumen Cloud Computing, ... 14
Imagen 7 AWS 6 R`s Migration Strategy,..... 19
Imagen 8 Comparación 6 R`s Migration Strategy,..... 20
Imagen 9 Línea de tiempo normatividad sector TIC en Colombia 1995-2016 25
Imagen 10 Línea de tiempo normatividad sector TIC en Colombia 2017-2023 26
Imagen 11 Microsoft Cloud Adoption Framework (CAF) 38
Imagen 12 Enfoque de administración y operación Microsoft Cloud Adoption Framework (CAF)..... 46
Imagen 13 Modelo seguridad Microsoft Cloud Adoption Framework (CAF) 47
Imagen 14 AWS Cloud Adoption Framework (CAF) 50
Imagen 15 AWS perspectiva comercial..... 51
Imagen 16 AWS perspectiva personas 60
Imagen 17 AWS perspectiva gobernanza 69
Imagen 18 3.2.3 The Google Cloud Adoption Framework 83
Imagen 19 The Google Cloud Adoption Framework..... 84
Imagen 20 Proceso Migración Google Cloud CAF..... 86
Imagen 21 Ruta de viaje Google Cloud Adoption..... 87
Imagen 22 Diagrama decisión migración manual – automatizada 94
Imagen 23 Diagrama decisión optimización de entorno 97
Imagen 24 Resultados Evaluación Smart 108
Imagen 25 Potencial ahorro..... 120
Imagen 26 Potencial ahorro..... 120
Imagen 27 Descripción patrimonio digital..... 121
Imagen 28 Costo estimado anual 121

Imagen 29 Diagrama de red 125
Imagen 30 Arquitectura evaluación 126
Imagen 31 Proceso implementación Azure Migrate 127
Imagen 32 Proceso implementación Azure Migrate 129
Imagen 33 Proceso implementación Azure Migrate etapa 2 129
Imagen 34 Captura datos recolectados 130
Imagen 35 Resumen elementos identificados 131
Imagen 36 Grupos creados 131
Imagen 37 Preparación Azure 135
Imagen 38 Detalle de costos 136
Imagen 39 Detalle SQL Servers 138
Imagen 40 Visión detallada 139
Imagen 41 Problemas y advertencias 140
Imagen 42 Estimación de costos 141
Imagen 43 Detalle recomendación 141
Imagen 44 Proceso de adopción 160

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Modelos de servicio computación en la nube 11
Tabla 2 Actores de computación en la nube 13
Tabla 3 Pronóstico del gasto del usuario final de los servicios de nube pública en todo el mundo (millones de dólares estadounidenses) 15
Tabla 4 Modelos de pago en nube pública y privada 16
Tabla 5 Definición entornos de migración 85
Tabla 6 Resumen CAF, debilidades y fortalezas 101
Tabla 7 Evaluación marcos de referencia 103
Tabla 8 Áreas de evaluación Vs Acciones recomendadas 108
Tabla 9 Motivaciones Ministerio de Minas y Energía 109
Tabla 10 Resultados empresariales 111
Tabla 11 Objetivos y resultados clave (OKR) 113
Tabla 12 Información base cargas de trabajo 122
Tabla 13 Descripción Máquinas virtuales 132
Tabla 14 Listado dependencias 133
Tabla 15 Descripción Máquinas virtuales Inventario de software 133
Tabla 16 Descripción Máquinas virtuales SQL 133
Tabla 17 Descripción Máquinas virtuales Roles 134
Tabla 18 Enfoque racionalización 142
Tabla 19 Roles y certificaciones adopción nube 145
Tabla 20 Roles plataforma Cloud 146
Tabla 21 Descripción técnica y de negocio aplicación Aranda 147
Tabla 22 Descripción técnica y de negocio aplicación SITH 149
Tabla 23 Descripción técnica y de negocio aplicación SARA 152
Tabla 24 Descripción técnica y de negocio aplicación SIGAME 154
Tabla 25 Descripción técnica y de negocio aplicación NEON 156
Tabla 26 Priorización migración 159
Tabla 27 Marco Normativo Colombiano 161
Tabla 28 Marco Normativo Internacional 165

Tabla 29 Personal Mínimo Requerido 170
Tabla 30 Configuración cargas de trabajo 171
Tabla 31 Simulación de costos 173