Arquitectura de Referencia Funcional para Nubes Privadas con soporte a la categoría de Infraestructura como Servicio

La Arquitectura de Referencia Funcional (ARF) de la Computación de la Nube (CN) define y describe la distribución de los Requerimientos Funcionales (RF) necesarios, y sus dependencias, para poder construir un Centro de Datos (CD) bajo el paradigma de la CN, y el soporte de sus servicios [1], [2]. La Figura 1 muestra la ARF restringida a Nubes Privadas (NP) de tipo on-premises[1] con soporte a la categoría de servicio de Infraestructura como Servicio (IaaS[2]), propuesta por la autora de la presente investigación. A continuación, se describe cada capa.

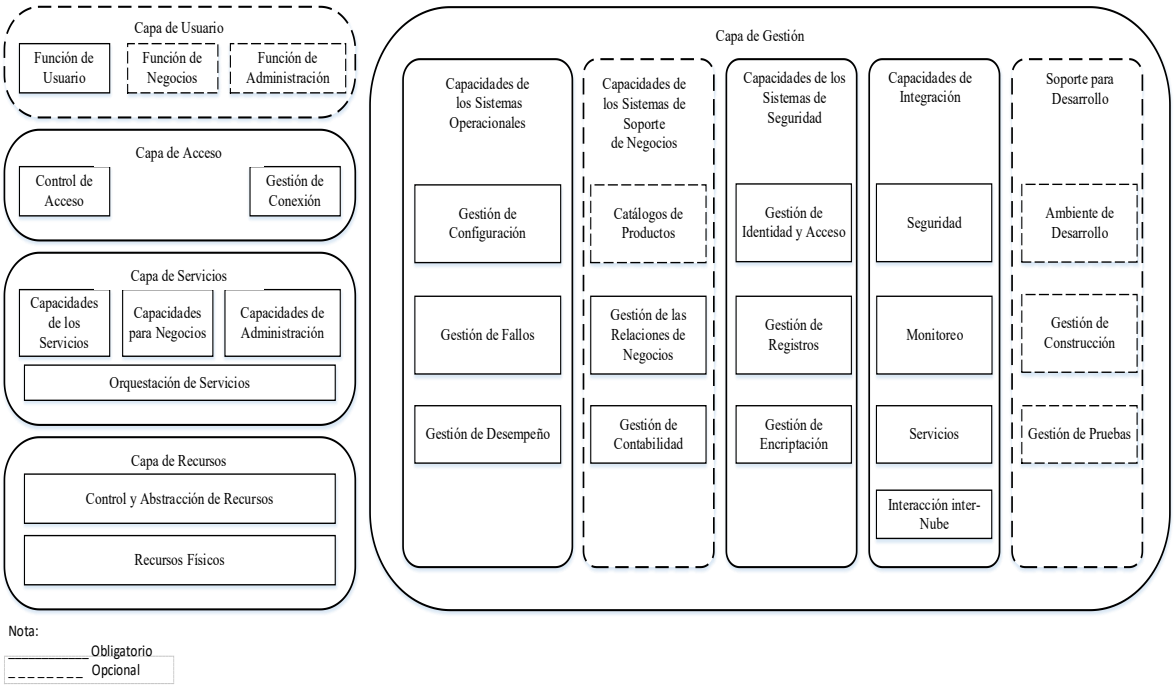

Figura 1. ARF para NP con soporte a la categoría de IaaS

[1] NP de tipo on-premises: la NP le pertenece a la entidad, se encuentra localizada físicamente dentro de las instalaciones de la entidad. A su vez, es operada, administrada y mantenida por personal de la entidad.
[2] Siglas correspondientes al término en inglés: Infrastructure as a Service.

Capa de Usuario

La Capa de Usuario representa la interfaz a través del cual el Usuario del Servicio de la Nube (CSU[3]) interactúa con el Proveedor del Servicio de la Nube (CSP[4]) y los servicios de la Nube, ejecuta acciones de administración y monitoriza los servicios. [3], [4] Se considera opcional, dada que solo es necesaria si realmente se va a aprovisionar a usuarios y clientes IaaS con autoservicio y bajo demanda.

Esta capa posee tres Agrupaciones Funcionales (AF): Función de Usuario, Función de Gestión y Función de Negocios, como muestra la Figura 1. De existir esta capa la Función de Usuario es obligatoria. Las Funciones de Gestión y de Negocios son opcionales. La Función de Administración es necesaria si se delega la gestión y administración de recursos de cómputo a una subentidad, mientras que la Función de Negocios es necesaria si los servicios de la Nube aprovisionados fuesen a ser tarificados.

Las tres AF, además de contener sus propios Componentes Funcionales (CF), poseen los CF de “Interfaces y Terminales de Usuario” y “Controles de Seguridad”, cuyos RF son comunes para las tres AF, por ello son desarrolladas a continuación en las Tablas 1 y 2 respectivamente. Los RF son clasificados en Obligatorios, Recomendables y Opcionales atendiendo a:

- Obligatorios:
    - RF mínimos necesarios para brindar IaaS bajo demanda.

[3] Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Service User.
[4] Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Service Provider.

- RF que constituyen controles de seguridad para garantizar la privacidad, la confidencialidad, la integridad, la disponibilidad y el no repudio, en los servicios aprovisionados y en la infraestructura subyacente.
- RF mínimos indispensables que se necesitan en la infraestructura del CD para poder brindar adecuados niveles de adaptabilidad, seguridad, desempeño y disponibilidad. La mayor responsabilidad ante estos Requerimientos no Funcionales (RNF), en especial desempeño y disponibilidad, recaen en el diseño lógico y configuración de las aplicaciones/servicios a desplegar por los usuarios en la IaaS adquirida.

- Recomendables:
  - RF que permiten aumentar la adaptabilidad, la disponibilidad y el desempeño de las aplicaciones/servicios, mediante el aumento del protagonismo de la infraestructura ante estos RNF, restándole responsabilidad a la configuración y diseño lógico de las aplicaciones/servicios ante estos.
- Opcionales:
  - RF que tributan a aumentar la facilidad de uso de los servicios aprovisionados, incluyendo su Operación, Administración y Mantenimiento (OAM).

Tabla 1. RF del CF obligatorio "Interfaces y Terminales de Usuario"

Requerimiento Funcional	**Especificidades**	**Clasificación**		
		Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Portales de autoservicio	Interfaces web.	*		

bajo demanda (Obligatoria):	Interfaces de Línea de Comandos (CLI[5]).			*
Interfaces de Programación de Aplicaciones (API[6]) (Recomendable)	API de Transferencia de Estado Representacional (REST[7])		*	
	API de Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)		*	
	API del Lenguaje de Etiquetado Extensible (XML[8]) - Llamada a Procedimiento Remoto (RPC[9]) (XML-RPC)		*	
	API de la Arquitectura de Control Abierta (OCA[10]) (API OCA)		*	

Tabla 2. RF del CF obligatorio "Controles de Seguridad"

Requerimiento Funcional	**Clasificación**		
	Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Autenticación y autorización.	*		
Control de Acceso Basado en Roles (RBAC[11]).	*		
Control de Acceso Basado en Atributos (ABAC[12])		*	
Registro de las acciones realizadas por los usuarios.	*		

Función de Usuario

La AF de "Función de Usuario" permite el acceso y el uso de los servicios de la nube a los usuarios finales. De brindarse IaaS a los usuarios finales, es decir, que la Capa de Usuario exista, esta AF es obligatoria. Posee cuatro CF como muestra la Figura 2. Las Tablas 1, 2, 3 y 4 detallan sus CF y RF.

[5] Siglas correspondientes al término en inglés: Command Line Interface.
[6] Siglas correspondientes al término en inglés: Application Programming Interface.
[7] Siglas correspondientes al término en inglés: Representational State Transfer.
[8] Siglas correspondientes al término en inglés: Extensible Markup Languajes.
[9] Siglas correspondientes al término en inglés: Remote Procedure Call.
[10] Siglas correspondientes al término en inglés: Open Control Architecture
[11] Siglas correspondientes al término en inglés: Role Base Access Control.
[12] Siglas correspondientes al término en inglés: Attribute-Based Access Control.

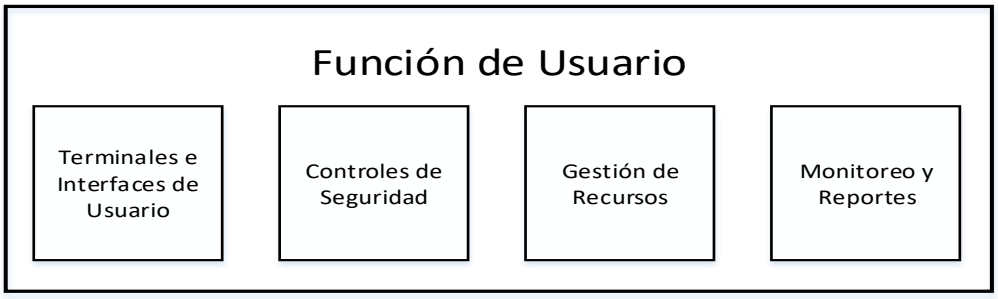

Figura 2. CF de la Función de Usuario.

Tabla 3. CF de "Gestión de Recursos"

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Tipos de recursos de cómputo a aprovisionar (Obligatorio):	Máquinas Virtuales (MV)	*		
	Contenedores	*		
	Servidores BM			*
Solicitud y (re)configuración de recursos[13] (Obligatorio):	Solicitud y (re) configuración de recursos[14]:	*		
	- Procesamiento	*		
	- Memoria de Acceso Aleatorio (RAM[15])	*		
	- Almacenamiento: ○ Soporte de diferentes tipos de discos: qcow2, vmfs, ceph, lvm, fslvm, raw, dev, vhd, vmdk, vdi ○ Capacidad de almacenamiento[16] ○ Operaciones de Entrada/Salida por Segundo (IOPS[17])	* *	* *	
	- Red: ○ Ancho de banda (BW[18]) de Transmisión/Recepción (TX/RX[19]) ○ Múltiples direcciones del Protocolo de Internet (IP[20])[21] ○ Soporte para IPv4 y/o IPv6	*	* *	

[13] Mediante: plantillas, imágenes y/o conjunto de recursos de cómputo.
[14] Mediante: plantillas, imágenes y/o conjunto de recursos de cómputo.
[15] Siglas correspondientes al término en inglés: Random Access Memory.
[16] Tanto permanente como temporal.
[17] Siglas correspondientes al término en inglés: Input/Output Operations Per Second.
[18] Siglas correspondientes al término en inglés: Bandwidth.
[19] Incluyendo la asimetría entre el BW de subida y de bajada.
[20] Siglas correspondientes al término en inglés: Internet Protocol.
[21] Conjunto de direcciones IP públicas y/o segmentos de direcciones IP privadas.

	- Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU[22])			*
	Operaciones sobre los recursos asignados:	*		
	Almacenamiento: - Basado en bloques: o Solicitar/liberar volúmenes o Crear/eliminar volúmenes o Adjuntar/des adjuntar volúmenes o Crear volúmenes desde snapshots o Aumentar la capacidad de volúmenes o Clonar volúmenes		* 	 * * * * *
	Red: - Crear Tarjetas de Interfaces de Red (NIC[23]) - Eliminar NIC - Asignar/liberar direcciones IP - Crear/elimina redes - Crear/elimina subredes			 * * * * *
	Instancias Virtuales (IV)[24]: - Solicitar - Asignar - Liberar - Modificar - Crear[25] - Iniciar[26] - Apagar - Hibernar - Suspender - Restaurar - Clonar - Snapshot - Importar/exportar	 * * * * * * *		 * * * * * *
Calidad de Servicio (QoS[27]) (Obligatorio):	Planificación en tiempo del des/aprovisionamiento:	*		
	Aprovisionamiento:			

[22] Siglas correspondientes al término en inglés: Graphics Processing Unit.
[23] Siglas correspondientes al término en inglés: Network Interface Card.
[24] IV: se refiere tanto a MV como a contenedores.
[25] Incluso desde volúmenes.
[26] Iniciar desde una snapshot.
[27] Siglas correspondientes al término en inglés: Quality of Service.

	- Con mejor esfuerzo - De forma inmediata - De forma planificada bajo un calendario y horario	*	* *	
	Fecha de expiración de recursos			*
	Elasticidad[28]: - Horizontal - Vertical:		* *	
	Mecanismos de Alta Disponibilidad (HA[29]):		*	
	Salvas a nivel de: - Bloques - IV - Ficheros - Objetos	* *	* *	
	Snapshots a nivel de: o Bloques o IV o Ficheros o Objetos	*	* * *	
	Ejecución de snapshots y salvas: - Automática - Manual	*	*	
	Gestión de snapshots: - Salvar - Crear/eliminar - Listar		*	
Gestión de plantillas (Opcional):	Operaciones sobre las plantillas: - Definir - Publicar - Compartir - Actualizar - Eliminar		*	
	Soporte de formatos: Formato de Virtualización Abierto (OVF[30]) y Open Virtual Appliance (OVA)		*	
Gestión de imágenes (Opcional):	Operaciones sobre la gestión de imágenes: - Añadir/eliminar - Exportar/importar		*	

[28] Desde la perspectiva del CSU la elasticidad es la capacidad de un sistema de aumentar/decrementar automáticamente los recursos aprovisionados en función de la demanda. [5], [6]

[29] Siglas correspondientes al término en inglés: High Availability.

[30] Siglas correspondientes al término en inglés: Open Virtualization Format.

	- Almacenar - Registrar/retirar - Actualizar - Crear imágenes desde snapshots. - Compartir - Contextualizar			
	Soporte de diferentes formatos de imágenes.		*	
	Soporte de un repositorio de imágenes.		*	

Tabla 4. CF de "Reportes"

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Dashboards de monitoreo (Obligatorio):	Desempeño:			
	- Índices de utilización de recursos, contabilidad.	*		
	Fallos			*
	Seguridad			*
	Configuración:			*
	- Inventario de recursos.			*
Reportes (Opcional):	Contabilidad:			*
	- Recursos disponibles			
	- Recursos en uso			
	Desempeño:			*
	- Reportes del estado de las cargas de trabajo.			
	- Consumo de recursos.			
	- A nivel de:			
	o IV			*
	o Subsistemas de la IV: Unidad Central de Procesamiento (CPU[31]), RAM, almacenamiento y red.			*
	Fallos:			*
	- Envío de reportes por partes de los usuarios.			
	- Actualización del estado de los fallos			
	- Notificación por parte del proveedor acerca de fallas y periodos de mantenimiento.			
	Seguridad			*

[31] Siglas correspondientes al término en inglés: Central Processing Unit.

Alertas (Opcional):	Soporte para configuración de políticas.			*
	Soporte para diferentes vías de comunicación.			*

Función de Negocios

La AF de "Función de Negocios" permite la selección y compra por parte de un cliente, de los servicios de la nube; así como la gestión contable y financiera relacionada con el uso de los servicios de la NP [3], [4]. Se considera obligatoria solo si se fuese a arrendar con fines comerciales capacidades de IaaS a clientes o subentidades de la NP [7]. Posee cinco CF como muestra la Figura 3. Las Tablas 1, 2, 5, 6 y 7 detallan sus RF.

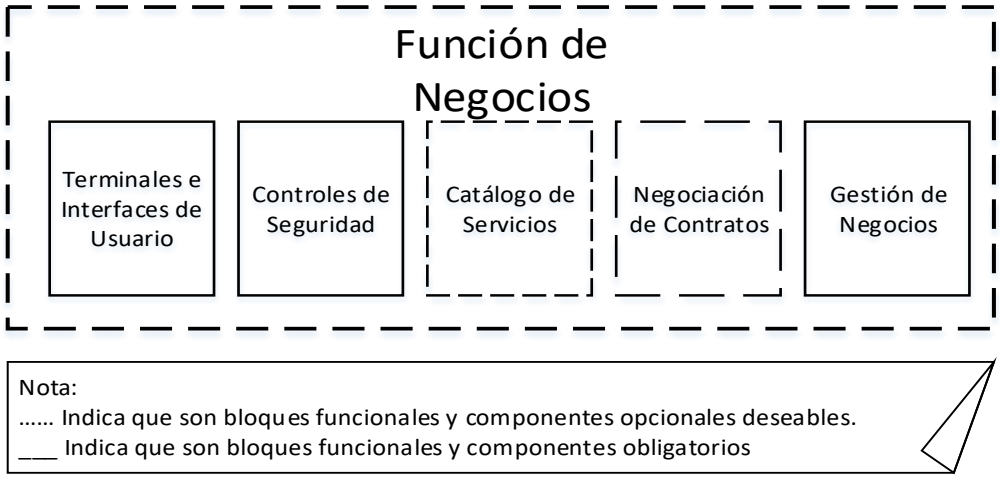

Figura 3. CF de la Función de Negocios

Tabla 5. CF de "Catálogo de Servicios"

CF	RF	Clasificación		
		Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Soportar un catálogo de servicios con su documentación	Servicios[32]		*	
	Especificidades técnicas		*	
	Acuerdos de Nivel de Servicios (SLA[33])		*	

[32] Incluye los catálogos de las plantillas de los diferentes recursos, junto a las políticas de tarificación y/o costos.
[33] Siglas correspondientes al término en inglés: Service Level Agreement.

técnica y comercial (Recomendable):	Modelos de tarificación: - Tarificación basada en consumo.		*	
	Integración con herramientas financieras de terceros.		*	

Tabla 6. CF de "Negociación de Contratos"

CF	RF	Clasificación		
		Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Soportar las capacidades para las negociaciones de los términos del servicio de la NP (Opcional):	SLA			*
	Políticas de tarificación			*
	Registro de contratos de servicios.			*
	Integración con herramientas financieras de terceros.			*

Tabla 7. CF de "Gestión de Negocios"

CF	RF	Clasificación		
		Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Contabilizar el uso de los servicios a nivel de (Obligatorio):	- usuarios	*		
	- grupos	*		
	- cuentas	*		
Contabilizar los costos de los servicios a nivel de (Obligatorio):	- usuario	*		
	- grupos	*		
	- cuentas	*		
Gestionar el envío y recibo de facturas.				*
Pronosticar los costos a los clientes/usuarios.				*
Gestionar la solicitud, el envío y recepción de reportes y alertas (Recomendable):	- uso de los servicios		*	
	- facturación		*	
	- información auditable		*	
	- cumplimiento del SLA		*	

	Integración con herramientas financieras de terceros.		*	

Función de Administración

La AF de “Función de Administración” le permite al role del CSU “Administrador del Servicio”, la gestión y administración de los servicios y recursos de computación de la nube, que le son delegados a la subentidad a la que se encuentra subordinado; así como los usuarios finales. Se considera obligatoria solo si se fuese a delegar la administración de un conjunto de recursos de cómputo aprovisionados a una subentidad o individuo [7]. La Figura 4 muestra los CF, mientras que las Tablas 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 muestran los RF.

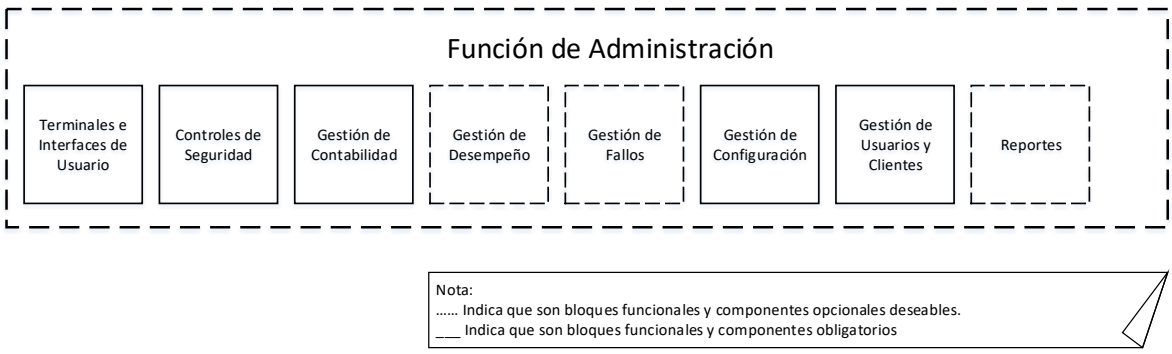

Figura 4. CF de la AF de “Función de Administración”

Tabla 8. CF de “Gestión de Fallos”

Requerimiento Funcional	Clasificación		
	Obligatorio	Recomendable	Opcional
Identificación		*	
Aislamiento		*	
Resolución		*	
Gestión de reportes[34].			*

Tabla 9. CF de “Gestión de Configuración”

	Clasificación

[34] Incluye desde la notificación del fallo hasta su resolución.

Requerimiento Funcional	Obligatorio	Recomendable	Opcional
Registro de las acciones realizadas con permisos administrativos.	*		
Gestión de inventario[35].	*		
Gestión de políticas de configuración.		*	
Gestión de cambios.	*		

Tabla 10. CF de "Gestión de Contabilidad"

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Contabilidad del uso de los recursos a nivel de:		*[36]		
	- usuarios			
	- grupos			
	- clientes			
Recursos a monitorizar:				
	- CPU	*		
	- RAM	*		
	- Red	*		
	- Almacenamiento	*		

Tabla 11. CF de "Gestión de Desempeño"

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Gestión del desempeño a nivel de:				
	- IV		*	
	- Subsistemas de la IV: o CPU o RAM o Almacenamiento o Red	*	*	

Tabla 12. CF de "Reportes"

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soportar los tipos de reportes:				

[35] Incluye la identificación y/o descubrimiento de recursos asignados.

[36] Obligatorio como mínimo uno de los niveles de granularidad.

	- fallos			*
	- desempeño			*
	- contabilidad			*
Emitir los reportes a nivel de:	- usuario	*[37]		
	- grupos			
	- clientes			
Emitir los reportes:	- Configurable en el tiempo de forma periódica.	*		
	- A solicitud del usuario			*
	- A consideración del CSP.		*	
Soporte de diferentes tipos de formatos:	- Formato de Documento Portátil (PDF[38])			*
	- Word			

Tabla 13. CF de "Gestión de Usuarios y Clientes"

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Crear, modificar, eliminar y controlar las cuentas de (obligatorio):	- usuarios	*		
	- grupos	*		
	- clientes		*	
Asignar, modificar y eliminar cuotas de recursos (Recomendable):	- A nivel de:			
	o usuarios	*		
	o grupos	*		
	o clientes		*	
	- Parámetros a limitar:			
	o CPU virtuales (vCPU[39])	*		
	o RAM	*		
	o # de IV			*
	o Almacenamiento	*		
	o # de snapshots		*	
	o # de IP		*	
	o IOPS		*	

[37] Obligatorio como mínimo uno de los niveles de granularidad.
[38] Siglas correspondientes al término en inglés: Portable Document Format.
[39] Siglas correspondientes al término en inglés: virtual CPU.

	○ BW de red	*		
Soportar la gestión de identidad de usuarios (Obligatorio):	Gestión de políticas de la Gestión de identidad y Acceso (IAM[40])	*		
	RBAC	*		
	Soporte de Active Directory		*	
	Autenticación multi factor			*
	Soporte del Protocolo Ligero de Acceso a Directorios (LDAP[41])	*		

Capa de Acceso

Brinda las capacidades necesarias para permitir el acceso de forma segura y con la QoS requerida a los servicios y recursos de la NP. Interconecta la red intra-nube con la Red de Área Local (LAN[42]) de la entidad y con las redes externas. Consta de dos AF: “Control de Acceso” y “Gestión de Conexión” como muestra la Figura 5.

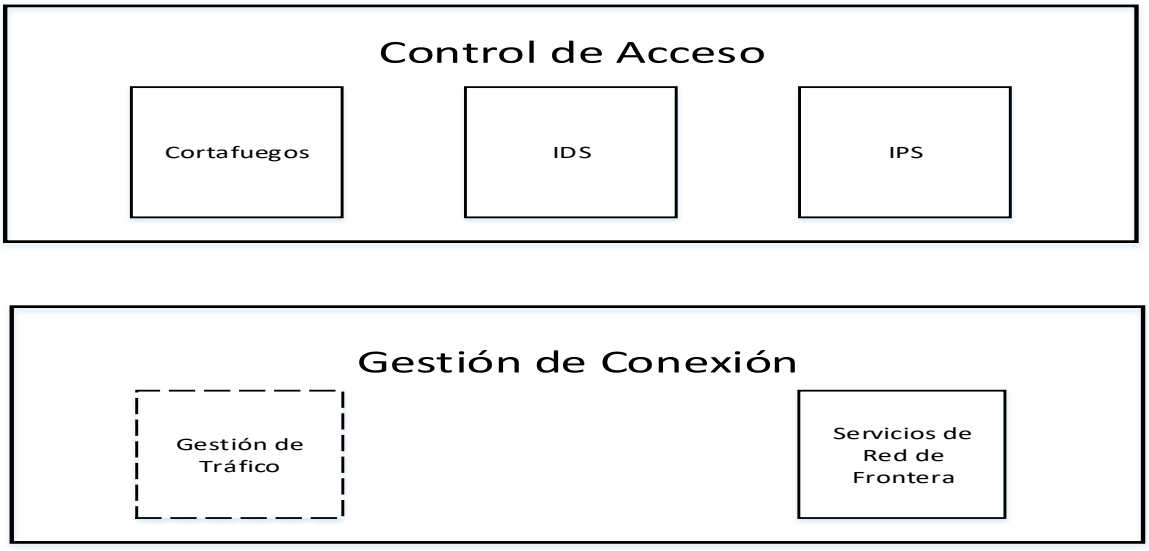

Figura 5. AF y CF de la Capa de Acceso

[40] Siglas correspondientes al término en inglés: Identity and Access Management.
[41] Siglas correspondientes al término en inglés: Lightweight Directory Access Protocol.
[42] Siglas correspondientes al término en inglés: Local Area Network.

AF – Control de Acceso

Soporta los RF necesarios, funciones de red, para autenticar a los usuarios, y autorizar pertinentemente su acceso a las diferentes capacidades de la Nube, haciendo uso de las credenciales presentadas. Los entornos de red y las IV deben estar diseñados y configurados para restringir y monitorear el tráfico entre conexiones fiables y no fiables, definiendo y documentando los servicios, protocolos y puertos permitidos, así como aquellos considerados inseguros. Los diagramas de arquitectura de red deben identificar claramente los entornos de alto riesgo y los flujos de datos que pueden tener impacto en el cumplimiento legal y reglamentario. Esto incluye además la seguridad inalámbrica, habilitando capacidades para detectar la presencia de Puntos de Acceso (AP[43]) no autorizados. [8]

Se deben establecer zonas con diferentes niveles de confianza, habilitando el aislamiento lógico de las mismas según se requiera, y monitorear el tráfico de entrada y salida de las fronteras de dichas zonas. Es necesario disponer de capacidades para inspeccionar los flujos, incluyendo las conexiones entre IV de un mismo nodo, que permita la detección y el control de ataques y/o tráficos anómalos o indebidos, incluyendo la Inspección Profunda de Paquetes (DPI[44]) y la detección y prevención de intrusiones.

Además de las funciones de red virtualizadas que puedan estar integradas al gestor del CD/Plataforma de Gestión de Nube (CMP[45]), pueden ser empleadas las soluciones: Snort, Suricata [9] y Kismet para redes inalámbricas [10].

[43] Siglas correspondientes al término en inglés: Access Point.
[44] Siglas correspondientes al término en inglés: Deep Packet Inspection.
[45] Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Management Platform.

AF – Gestión de Conexión

Soporta los CF que permiten la interconexión de la red intra-nube con la LAN de la entidad y sus redes externas, así como el acceso a los servicios y recursos de la NP con la QoS requerida, mediante la aplicación de políticas de tráfico. La Tabla 14 muestra los CF y RF de esta AF mínimos propuestos. Los RF fueron clasificados en obligatorios, recomendables y opcionales atendiendo a:

- Obligatorios:
    - RF mínimo necesario para brindar IaaS bajo demanda.
    - RF que constituyen controles de seguridad para garantizar la privacidad, la confidencialidad, la integridad, la disponibilidad y el no repudio, en los servicios aprovisionados y en la infraestructura subyacente.
    - RF mínimo indispensable que se necesita de la infraestructura del CD para poder brindar adecuados niveles de adaptabilidad, seguridad, desempeño y disponibilidad. La mayor responsabilidad ante estos RNF, en especial desempeño y disponibilidad, recaen en el diseño lógico y configuración de las aplicaciones/servicios a desplegar por los clientes/usuarios en la IaaS adquirida.
- Recomendables:
    - RF que permite aumentar la adaptabilidad, la disponibilidad y el desempeño de las aplicaciones/servicios, mediante el aumento del protagonismo de la infraestructura ante estos RNF, restándole responsabilidad a la configuración y diseño lógico de las aplicaciones/servicios ante estos.
- Opcionales:

- RF que tributa a aumentar la facilidad de uso de los servicios aprovisionados, incluyendo su OAM.

Tabla 14. RF de la AF – Gestión de interconexión

CF	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Servicios de red de frontera:	Sistema de Nombres de Dominio (DNS[46])	*		
	Intercambiadores de correo			
	Concentradores de Redes Privadas Virtuales (VPN[47])			
	Servicio del Protocolo de Configuración Dinámica de Nodos (DHCP[48])			
Gestión de tráfico:	Balanceadores de carga		* *[49]	

Capa de Servicios

La Capa de Servicios contiene la implementación de los servicios de la NP que son brindados a los CSU, y coordina cómo ofrecer los servicios a través de la Capa de Acceso. La Figura 6 muestra las AF y los CF de esta capa. Los RF fueron clasificados en obligatorios, recomendables y opcionales atendiendo a:

- Obligatorios:
    - RF mínimo indispensable que se necesita de la infraestructura del CD para poder brindar adecuados niveles de adaptabilidad, seguridad, desempeño y disponibilidad. La mayor responsabilidad ante estos RNF, en especial

[46] Siglas correspondientes al término en inglés: Domain Name System.
[47] Siglas correspondientes al término en inglés: Virtual Private Network.
[48] Siglas correspondientes al término en inglés: Dynamic Host Configuration Protocol.
[49] En función de la demanda.

desempeño y disponibilidad, recaen en el diseño lógico y configuración de las aplicaciones/servicios a desplegar por los clientes/usuarios en la IaaS adquirida.

- Recomendables:
  - RF que permite aumentar la adaptabilidad, la disponibilidad y el desempeño de las aplicaciones/servicios, mediante el aumento del protagonismo de la infraestructura ante estos RNF, restándole responsabilidad a la configuración y diseño lógico de las aplicaciones/servicios ante estos.
- Opcionales:
  - RF que tributa a aumentar la facilidad de uso de los servicios aprovisionados, incluyendo su OAM.

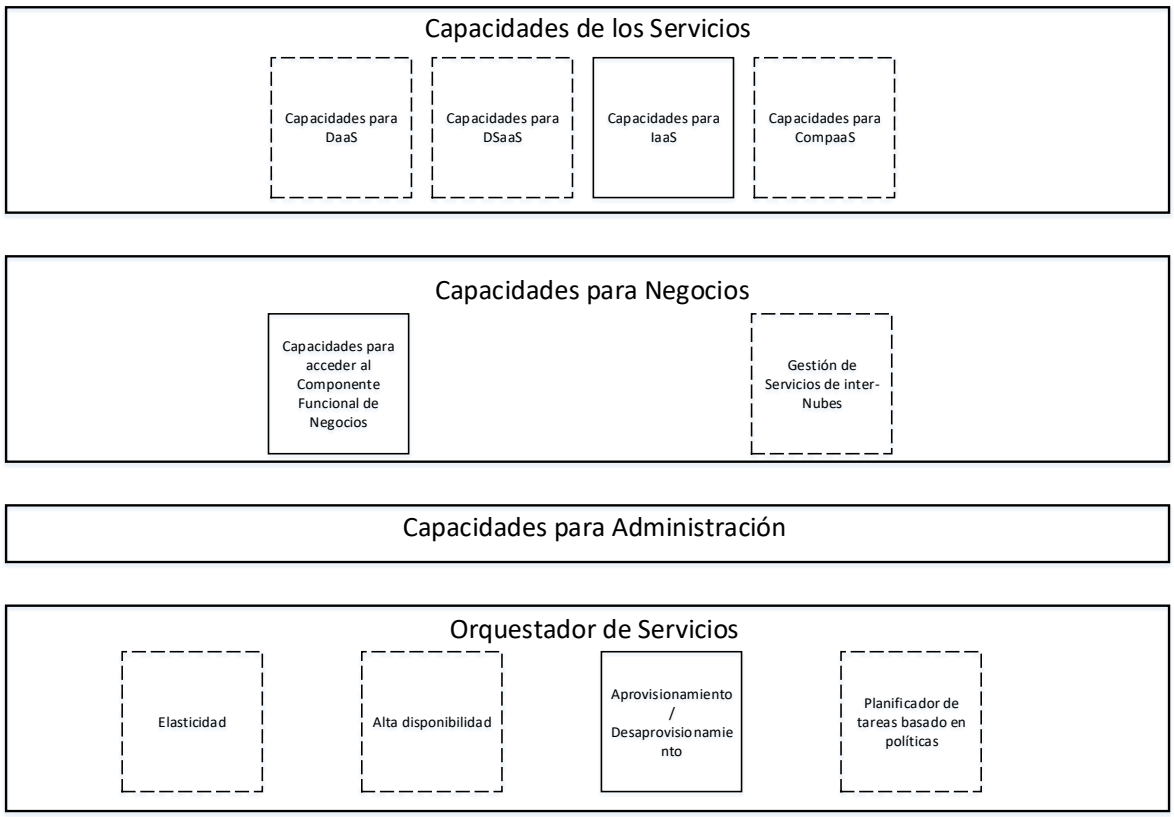

Figura 6. AF y CF de la Capa de Servicios

AF- Capacidades de los Servicios

Contiene los Softwares (SW) necesarios para la implementación de los servicios de la NP ofrecidos a los CSU.

AF – Capacidades para los Negocios

Proporciona el conjunto de capacidades para acceder a la Función del Negocio relacionada con el aprovisionamiento de los servicios de la NP.

AF – Capacidades para la Administración

Proporciona el conjunto de capacidades para acceder a la Función de Administración relacionada con el aprovisionamiento de los servicios de la NP.

AF – Orquestación de Servicios

Proporciona coordinación, agregación y composición de múltiples componentes de servicios con el fin de entregar los servicios de la Nube [11], [3], [4]. La Tabla 15 muestra los CF y RF de esta AF.

Tabla 15. CF y RF de la AF de "Orquestación de Servicios"

CF	RF	Clasificación		
		Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Soporte de elasticidad[50] (Recomendable):	- Horizontal - Vertical: ○ vCPU ○ RAM virtual (vRAM[51]) ○ Almacenamiento ○ NIC		* *	
Soporte de HA de IV ante fallos de la infraestructura	- Protección ante fallos en:			
	○ Nodos		*	
	○ Sistema de almacenamiento (SA)		*	
	○ Red física		*	

[50] Basada en políticas [12].

[51] Siglas correspondientes al término en inglés: virtual RAM.

subyacente[52] (Recomendable):	- Configuración de reglas para soportar:			
	○ prioridad[53]		*	
	○ afinidad		*	
Planificación en tiempo del des/aprovisionamiento (Obligatorio):	- Aprovisionamiento con mejor esfuerzo.	*		
	- Aprovisionamiento de forma inmediata.			*
	- De forma planificada bajo un calendario y horario.			*
	- Fecha de expiración de recursos			*
Planificador de tareas y eventos basado en políticas (Recomendable).			*	

Capa de Recursos

La Capa de Recursos contiene los SW, herramientas, y recursos virtuales y físicos que soportan los servicios de usuarios y soporte [3], [4], incluyendo a los recursos facilitadores. Posee dos AF: “Control y orquestación de recursos” y “Recursos Físicos”, como muestra la Figura 7. Los RF fueron clasificados en obligatorios, recomendables y opcionales atendiendo a:

- Obligatorios: son los RF mínimos indispensables que se necesitan de la infraestructura del CD para poder brindar adecuados niveles de adaptabilidad, seguridad, desempeño y disponibilidad. La mayor responsabilidad ante estos RNF, en especial desempeño y disponibilidad, recaen en el diseño lógico y configuración de las aplicaciones/servicios.
- Recomendables: son RF que permiten aumentar la disponibilidad y el desempeño de las aplicaciones/servicios, mediante el aumento del protagonismo de la infraestructura ante estos RNF, restándole responsabilidad

[52] Recuperación de IV, en caso de fallos en los nodos, sistema de almacenamiento y red física, mediante el reinicio de estas en nodos alternativos (downtime = tiempo de reinicio de la IV).
[53] Capacidad de establecer prioridades para el reinicio automático de IV.

a la configuración y diseño lógico de las aplicaciones/servicios ante estos. Se consideran importantes en el caso de brindar capacidades de IaaS.

- Opcionales: son RF que tributan a aumentar la eficiencia de la infraestructura, su automatización y las facilidades de OAM.

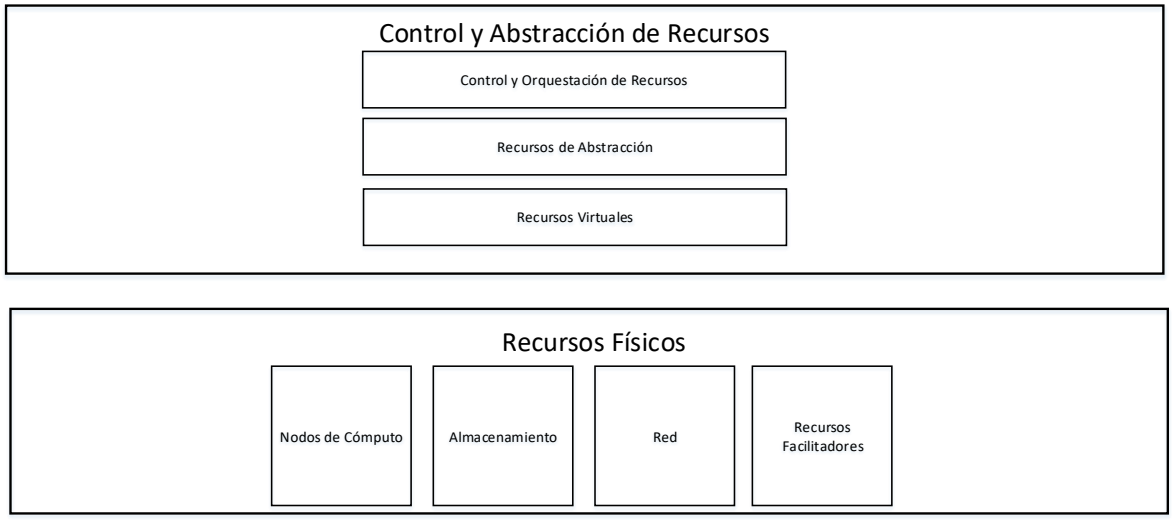

Figura 7. AF y CF de la Capa de Recursos

AF - Control y Abstracción de Recursos

La AF de "Control y Abstracción de Recursos" proporciona el acceso a los recursos de cómputo físicos a través de la abstracción de SW. Habilita la funcionalidad de control, permitiendo la monitorización y capacidades de gestión implementadas en el CF de Sistemas de Soporte de Operaciones (OSS[54]). Controla además las interacciones entre el conjunto de recursos y los servicios de la nube. [11], [4], [13]

La autora del presente trabajo propone que esta AF sea dividida en los CF:

- Control y orquestación de recursos.
- Recursos de abstracción.

[54] Siglas correspondientes al término en inglés: Operations Support System.

- Recursos virtuales.

CF – Control y Orquestación de Recursos

Habilita la gestión de las prestaciones de los recursos físicos y de abstracción. Controla y coordina la planificación, creación, modificación y liberación de los recursos virtualizados y físicos, su ubicación y reorganización. Todo de forma manual o automática, transparente o estática.[55] [14] [4] [7], [15] Posee los Bloques Funcionales (BF) de:

- Control y orquestación de IV, considerado Obligatorio. La Tabla 16 muestra los RF que debe soportar este BF en una entidad.
- Orquestación de contenedores Docker, Container Orchestration Engine (COE), considerado Recomendable. La Tabla 17 muestra los RF generales que debe soportar este BF en una entidad.[56]
- Controlador de Redes Definidas por Software (SDN[57]), considerado Recomendable. La Tabla 18 muestra el controlador recomendable por ser el de mayor penetración de tipo Software Libre y Código Abierto (SLCA).[58]
- Gestión y orquestación (MANO[59]) de la Virtualización de Funciones de Red (NFV[60]), considerado Opcional.

Tabla 16. RF correspondientes al BF de “Control y orquestación de IV”

Categoría:	**RF:**		**Clasificación**		
			Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**

[55] Por ejemplo, el controlador puede decidir qué CPU y/o rack soportará determinados tipos de IV de acuerdo a las cargas de trabajo que soportan, cómo se interconectan las diferentes unidades de procesamiento, y cuándo reasignar las cargas de trabajo en función de la demanda. [4]
[56] No se encuentra en el alcance de la presente propuesta el análisis de los RF de una plataforma de gestión de Docker.
[57] Siglas correspondientes al término en inglés: Software-Defined Networking.
[58] No se encuentra en el alcance de la presente propuesta el análisis de los RF de una plataforma de gestión de Docker.
[59] Siglas correspondientes al término en inglés: Management and Orchestration.
[60] Siglas correspondientes al término en inglés: Network Functions Virtualization.

Soporte a las soluciones de virtualización (Obligatorio):	Hipervisores:[61]	Kernel-based Virtual Machine (KVM)	*		
	Soluciones para la orquestación de la Virtualización a Nivel de Sistema Operativo (OSLV[62]):	Contenedores Linux (LXC[63])	*		
		LXD/LXC			*
Mecanismos de consolidación (Recomendables):	Toma de decisiones en el tiempo:	estática		*	
		dinámica			*
		dinámica basada en la predicción de la carga a soportar			*
	Parámetros a tomar en cuenta:	índices de utilización del hardware (HW)		*	
		desempeño de los servicios			*
		impactos negativos en el desempeño durante la migración			*
		tráfico en la red del CD			*
		sistemas de enfriamiento			*
		disponibilidad			*
		Seguridad			*
	Método empleado:	exactos			*
		heurísticos	*		
		meta-heurísticos			*
	Política perseguida:	eficiencia energética.		*	
		desempeño de los servicios.			*
		maximizar la confiabilidad.			*
		seguridad			*

[61] Se presenta el hipervisor SLCA que es adoptado por efecto en las soluciones de CMP de tipo SLCA, deben incorporarse aquellas que se requieran.

[62] Siglas correspondientes al término en inglés: Operating System Level Virtualization.

[63] Siglas correspondientes al término en inglés: Linux Container.

		balance de carga[64]		*	
		tipos de uso de IV[65]			*
Mecanismos de ubicación inicial de IV (Obligatorio):	Configurar la ubicación de IV sobre nodos con soporte al Acceso a Memoria no Uniforme (NUMA[66])[67]				*
	Configurar políticas para fijar vCPU de MV a CPU físicos.[68]				*
	Manual:	Indicación de los nodos mejores candidatos.	*	*	
	Automática			*	
Mecanismos de migración de IV (Opcional):	Manual:			*	
		Indicar los nodos mejores candidatos.			*
	Automática				*
	Estática			*	
	Transparente				*
	Forzar la culminación de la migración en caliente.[69]				*
	Necesidad de almacenamiento:	compartido	*		
		no compartido			*
	Compatibilidad de HW en la migración de IV.			*	
	Soporte de migración de múltiples IV:				*
		Número simultáneo de IV a migrar.			*
		Soporte de establecer			*

[64] Debe permitir seleccionar los niveles de prioridad de los recursos de los nodos, almacenamiento y red a ser tomados en cuenta para distribuir las IV.

[65] Desarrollo, producción pruebas.

[66] Siglas correspondientes al término en inglés: Non-Uniform Memory Access.

[67] Para IV con altos requerimientos de desempeño: tiempo de respuestas y throughput, como servicios NFV.

[68] Para MV con altos requerimientos de desempeño: tiempo de respuestas y throughput, como servicios NFV.

[69] Una vez que se soporte y se emplee la migración transparente.

		prioridades entre las IV a migrar.			
Elasticidad (Opcional):	Horizontal				*
	Vertical				*

Tabla 17. RF correspondientes al BF de “Orquestación de contenedores Docker”

RF		Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soporte de COE (Recomendable):	Kubernetes		*	
	Docker Swarm		*	
	Mesos			*
	Rancher			*

Tabla 18. RF correspondientes a los BF de “Control de SDN” y “MANO NFV”

RF		Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soporte de controladores SDN: (Recomendable):	OpenDaylight		*	
Soporte para la capa MANO de NFV				*

CF – Recursos de Abstracción

Contiene los elementos de SW necesarios para la virtualización de los diferentes recursos físicos. [16] La autora del presente trabajo considera que este CF debe ser dividido en los siguientes BF para ganar en organización:

- Virtualización de servidores
- Virtualización de almacenamiento
- Virtualización de redes

BF – Virtualización de Servidores

Define los RF que debe soportar la solución de virtualización de la infraestructura, independientemente de la tecnología de virtualización empleada. La Tabla 19 muestra los RF que debe soportar este BF en una entidad.

Tabla 19. RF de la virtualización de servidores

Categorías	RF		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soluciones de virtualización a soportar (Obligatorio):	Hipervisores[70]:	KVM	* *		
	Soluciones de OSLV (obligatorio):	LXC	*		
		Docker:		*	
		- Sobre IV	*		
		- Sobre BM			*
Planificadores de recursos (Obligatorio):	Tipos:	Fair Queuing		*	
		Round-robin	*		
		Otros			*
Virtualización del CPU (Obligatorio):	Over-Commit CPU			*	
Virtualización de la RAM (Obligatorio):	Over-Commit Dinámico[71]			*	
	Compartimentación de Páginas de Memoria (Memory Page Sharing)[72]			*	
	Páginas grandes en la RAM (Large Pages)[73]			*	
	Traslación de RAM asistido por HW (Obligatorio):[74]	Advanced Micro Dynamics virtualization (AMD-V) con soporte a Rapid Virtualization Indexing (RVI)	*		
		Intel Virtualization Technology (VT) Nested/Extended Page Tables (EPT)	*		
Sistema de Almacenamien		- Almacenamiento de Conexión	*		

[70] Se presenta el hipervisor SLCA que es adoptado por defecto en las soluciones de CMP de tipo SLCA, deben incorporarse aquellas que se requieran.

[71] Capacidad de presentarle a la IV más RAM de la que físicamente se encuentra disponible. Se realiza mediante la reasignación de la capacidad de RAM de la IV en función de la demanda.

[72] Permite compartir páginas idénticas de RAM entre IV.

[73] Reduce la gestión de la RAM y por tanto mejora el desempeño del hipervisor y las aplicaciones/servicios.

[74] Capacidad que permite la reducción de la sobrecarga provocada por la virtualización asociada a la virtualización de las tablas de memoria. Reduce el overhead asociado al procesamiento de la RAM.

to (SA) (Obligatorio):	Tipos de almacenamiento soportados:	Directa (DAS[75])			
		- Almacenamiento Basado en Ficheros (NAS[76])	*		
		- Almacenamiento Basado en Bloques (SAN[77]):	*		
		- Almacenamiento basado en objetos.			*
	Soporte de multi trayectorias hacia la SAN[78].			*	
	Soporte de diferentes formatos de Discos Virtuales (vhd[79]):[80]	- vhd basados en ficheros.	*		
		- vhd basados en bloques[81].	*		
		- raw disks.	*		
	Soporte para Imágenes enlazadas.[82]				*
	Soporte de clasificación de almacenamiento (Tiered Storage)[83]			*	
	Thin Disk Provisioning[84]			*	
	Trim storage[85]				*
	Soporte de Node Port ID Virtualization (NPIV)[86]				*
	Soporte para asignar un mismo				*

[75] Siglas correspondientes al término en inglés: Direct Attached Storage.
[76] Siglas correspondientes al término en inglés: Network Attached Storage.
[77] Siglas correspondientes al término en inglés: Storage Area Network.
[78] Capacidad de interconectar el almacenamiento compartido a través de múltiples enlaces.
[79] Siglas correspondientes al término en inglés: virtual hard disk.
[80] Formatos para los HDD virtuales soportados por el hipervisor.
[81] Empleando Logical Volume Management (LVM) or raw Logical Unit Number (LUN).
[82] Capacidad de que múltiples MV corran de una sola imagen base. Sus propósitos pueden ser: rápida clonación, o ahorro de espacio. Se lleva a cabo mediante snapshots y/o tecnologías brindadas por la plataforma de virtualización.
[83] Automáticamente sitúa los datos de uso frecuente a discos con altas velocidades de I/O (Discos de Estado Sólido, Solid-State Drive (SSD)), y los datos menos utilizados en discos de menor velocidad (Hard Disk Drive, HDD).
[84] Capacidad de brindar más espacio de almacenamiento del que realmente existe, mediante el dimensionamiento dinámico de los discos virtuales en función de la demanda, en vez de aprovisionar de forma total la capacidad solicitada.
[85] Capacidad de des aprovisionar el espacio de almacenamiento que no está siendo explotado. Requiere soporte del HW.
[86] Capacidad de un puerto Fiber Channel (FC) de actuar como múltiples puertos virtuales, los que son asignados a las MV. Permite brindar QoS hacia el acceso al almacenamiento a las diferentes MV. Requiere soporte del HW: Host Bus Adapters (HBA) y conmutadores.

	volumen de datos a múltiples IV				
	Soporte de caché para:[87]	- I/O del SA compartido al local:			*
		o RAM			*
		o SSD			*
		- MV local[88]			*
	Soporte para brindar QoS en el acceso al SA (Recomendable): [89]	- Mínimo IOPS		*	
		- Máximo IOPS		*	
		- Basado en prioridades en función de las demoras			*
		- Completely Fair Queue (CFQ)		*	
	Soporte de replicación del almacenamiento. [90]		*		
	Capacidad para integrar SA de terceros.				*
Red:	Soporte de la configuración centralizada de la red virtual (Opcional): [91]	Soporte de Open vSwitch – vSwitch Controller			*
		Soporte para conmutador distribuido			*
		Soporte para conmutadores distribuidos de terceros.			*
	Soporte para tecnologías de agrupación de NIC (NIC teaming) (Obligatorio):[92]	En modo independiente del conmutador.		*	
		En modo dependiente del conmutador:	*		
		- Static teaming (IEEE 802. 1ax)	*		
		- Dynamic teaming (IEEE 802.1ax)	*		

[87] Capacidad de brindar cache local. Típicamente la caché se ubica en la RAM o en un SSD.
[88] Permite almacenar de manera local la cache de la IV en ejecución incrementando con esto el rendimiento.
[89] Capacidad de controlar la QoS de las IV en la E/S al SA.
[90] Replicación de los discos virtuales en diferentes SA.
[91] Alternativa ante la gestión de los conmutadores virtuales de forma individual por nodo. Típicamente incluye funcionalidades de red avanzadas y opciones extensibles a soluciones de terceros.
[92] Capacidad de agrupar NIC con políticas de balance de carga y tolerancia a fallos.

	Soporte de los protocolos:	LAN virtual (VLAN[93]) (IEEE 802.1q)	*		
		IPv6	*		
		VLAN privadas (PVLAN[94])[95]		*	
	I/O Pass-Through:[96]	Virtualización de Entrada / Salida de Raíz Única (SR-IOV[97])		*	
	Soporte de tramas Jumbo[98]			*	
	Soporte del Offload:[99]	Transport Control Protocol (TCP) Segmentation Offload (TSO)			*
		Ipsec Task Offload			*
	Soporte de QoS (Recomendable:[100]	Límites de TX/RX a nivel de IV		*	
		A nivel de conmutadores virtuales			*
		Control de la I/O a la red basado en prioridades			*
		Planificación basada en la política First In – First Out (FIFO)	*		
HPC:	Emulación completa del dispositivo en SW[101]				*
	GPU pass-through[102] (Opcional):	- NVIDIA			*
		- AMD			*
		- Intel GPU			*
		- AMD			*
		- NVIDIA-GRID			*

[93] Siglas correspondientes al término en inglés: virtual LAN.
[94] Siglas correspondientes al término en inglés: Private VLAN.
[95] Permite particionar una VLAN mediante la restricción de que un puerto solo se comunique con un enlace de subida evitando las comunicaciones extremo-extremo, es decir, aislar IV de una misma VLAN.
[96] Capacidad de presentar los dispositivos de I/O directamente a las IV. En [17] se plantea que este RF es necesario para el trabajo de la Computación de Alto Rendimiento (High performance Computing, HPC) con los GPU.
[97] Siglas correspondientes al término en inglés: Single-Root Input/Output Virtualization.
[98] Soporte de tramas Ethernet con un tamaño superior a los 1500B de carga útil.
[99] Descarga del procesamiento de I/O a la NIC.
[100] Capacidad de brindar QoS a las IV en la E/S a la red.
[101] Generalmente con índices de desempeño inaceptables. Consiste en asignarle GPU virtuales (vitual GPU, vGPU) a las MV.
[102] La MV tiene acceso directo al GPU a través del Peripheral Component Interconnect Express (PCIe) pass-through.

	SR-IOV[103] (Opcional):	- Intel GVT-gTM			*
Seguridad:	Seguridad y endurecimiento del hipervisor		*		
	Intro inspección de IV[104]		*		
	Protección de datos sensibles. Criptografía (Recomendable):	Encriptación de volúmenes		*	
		Encriptación del tráfico de gestión		*	
	Protección de los datos en las migraciones:	Estado de la memoria de la IV asegurado durante la migración en caliente.[105]		*	
	Chequeo de integridad de los archivos de configuración.[106]		*		
	Protección del acceso al almacenamiento.[107]			*	
	Monitoreo y registros de auditoría.		*		

BF – Virtualización de Almacenamiento

Define los RF que debe soportar la solución de almacenamiento de la infraestructura, independientemente del tipo de infraestructura desplegada: no convergente, convergente y/o Almacenamiento Definido por Software (SDS[108]). La Tabla 20 muestra los RF que debe soportar este CF en una entidad, clasificados en los niveles de prioridades ya definidos: Requerido, Recomendado y Opcional.

[103] Habilita la virtualización del GPU asistida por hardware, permitiendo que varias IV simultáneamente accedan al GPU, alcanza niveles de desempeño similares al nativo.
[104] Para detectar malware en IV.
[105] Posibilidad de mantener la integridad y seguridad de los datos existentes en la memoria RAM virtual durante el proceso de migración.
[106] Controles integrados para el chequeo de la integridad de los datos almacenados y los archivos de configuración.
[107] Integración con el almacenamiento a través de controles de protección.
[108] Siglas correspondientes al término en inglés: Software-Defined Storage.

Tabla 20. RF de las soluciones de almacenamiento

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Tipo de procesamiento de datos soportado[109] (Obligatorio):	- Bloques	*		
	- Ficheros		*	
	- Objetos			*
Soporte de la localización de los datos (Obligatorio):	- Distribuidos en los nodos de almacenamiento	*		
	- Locales en los nodos de cómputo		*	
Soporte para interoperar con las tecnologías de virtualización:	- Virtualización completa	*		
	- OSLV	*		
Soporte para interoperar con diferentes gestores de CD/ CMP[110] (Obligatorio):	- OpenStack	*		
	- CloudStack	*		
	- OpenNebula	*		
	- Proxmox	*		
Soporte para interoperar con plataformas COE (Recomendado):	- Kubernetes			*
	- Docker Swarm			*
Soporte de protocolos para presentarle el almacenamiento a la plataforma de virtualización (Obligatorio):	- Internet Small Computer Systems Interface (iSCSI)	*		
	- FC			*
Soporte para interoperar con servidores físicos, BM (Obligatorio).		*		
Soporte de protocolos para presentarle el almacenamiento al nodo BM (Obligatorio):	- iSCSI	*		
	- FC			*
	- FC sobre Ethernet (FCoE[111])			*
Soporte para interoperar con Nubes Públicas.			*	
Soporte para la encriptación de	Estado de los datos:	*		
	- en reposo	*		

[109] Se considera debe estar en función de los servicios de los tipos de aplicaciones/servicios.
[110] Se encuentra en función del CMP que se desplegará en la NP.
[111] Siglas correspondientes al término en inglés: Fibre Channel over Ethernet.

datos a nivel de SW (Obligatorio):	- en tránsito		*	
Protección a nivel de disco/nodos (Obligatorio):	- Conjunto Redundante de Discos Independientes (RAID[112]) a nivel de SW (SW RAID)	*		*
	- Réplicas	*		
	- Erasure code		*	
Chequeo de la integridad de los datos (Obligatorio):	- Identificación de errores	*		
	- Recuperación de errores	*		
Soporte para snapshots.			*	
Soporte para salvas.			*	
Recuperación ante desastres.			*	
Soporte de la de duplicación[113].			*	
Soporte de la compresión de datos.		*		
Thin provisioning[114]		*		
Delta snapshot[115]		*		
Soporte para trim[116] provisioning				*
Soporte de rebalanceo de datos[117] (Obligatorio):	- manual	*		
	- automático		*	
Mecanismos de QoS (Opcional):	- Cuotas de IOPS o Mbps			*
	- Garantizar un valor mínimo, máximo y de ráfaga de IOPS y Mbps.			*
Mecanismos de QoS aplicados a (Opcional):	- nodos			*
	- discos virtuales			*
	- grupos de discos virtuales			*

[112] Siglas correspondientes al término en inglés: Redundant Array of Independent Disks.

[113] Es un método que permite reducir el espacio de almacenamiento usado mediante la eliminación de datos redundantes. Reduce, por ende, espacio de almacenamiento y BW de la red para la transferencia de datos. [13]

[114] Aprovisiona el espacio de almacenamiento solicitado, pero realmente utiliza el espacio de almacenamiento en función de la demanda real, lo que contribuye a la escalabilidad del SA. [18]

[115] Almacena el estado de los datos en un determinado instante de tiempo, pero guardando los cambios realizados respecto a una salva completa de los datos. [19]

[116] Capacidad de des aprovisionar el espacio de almacenamiento que no está siendo explotado. [18]

[117] Ante la agregación y desagregación de un nodo.

Eliminación segura.		*		

BF – Virtualización de redes

Define las tecnologías y protocolos de virtualización de redes que debe soportar la solución de la red intra-nube o Red del CD (DCN[118]) ya sea de HW y/o de SW. La Tabla 21 muestra las tecnologías y protocolos que debe soportar este BF en una entidad, clasificados en los niveles de prioridades ya definidos: Requerido, Recomendado y Opcional.

Tabla 21. Protocolos de virtualización de redes

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soporte de diferentes protocolos para la virtualización de redes:	- VLAN	*		
	- PVLAN			*
	- VPN	*		
Tecnologías "overlay":	- Virtual Extensible Local Area Network (VXLAN)		*	
	- Virtualización de Red mediante Encapsulación de Enrutamiento Genérico (NVGRE[119])		*	
	- Stateless Transport Tunneling (STT)			*
	- Shortest Path Bridging (SPB)			*
	- Protocolo Interconexión Transparente de Múltiples Enlaces (TRILL[120])			*

[118] Siglas correspondientes al término en inglés: Data Center Network.
[119] Siglas correspondientes al término en inglés: Network Virtualization using Generic Routing Encapsulation.
[120] Siglas correspondientes al término en inglés: Transparent Interconnection of Lots of Links.

CF – Recursos virtuales

Contiene identificado el conjunto de recursos virtuales divididos en BF según su tipo: aplicaciones, servidores, redes y almacenamiento.

AF – Recursos Físicos

La AF de "Recursos Físicos" contiene la infraestructura de recursos físicos subyacente que soporta los servicios de usuario y soporte. [3], [4] Posee los CF de: nodos de cómputo, nodos de almacenamiento, red, y recursos facilitadores. [16]

CF – Nodos de cómputo

Los nodos de cómputo brindan los recursos de: CPU, RAM, capacidad de almacenamiento, E/S al disco y E/S a la red, para el soporte de los servicios de usuario, soporte y de valor agregado. La Tabla 22 muestra los RF necesarios a considerar durante el proceso de selección, así como los requerimientos obligatorios y opcionales[121] que deben cumplir los nodos físicos.

Tabla 22. RF del CF "Nodos de Cómputo".

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación	
		Obligatorio	Opcional
CPU (obligatorio):	# de sockets.	*	
	# de núcleos por socket.	*	
	Soporte de tecnología hyperthreading.	*	
	Turbo Boost.	*	
	Capacidad de la caché.		*
	MHz por núcleo	*	

[121] Pero deseables.

	Funcionalidades específicas para la virtualización:		
	- Virtualización Asistida por Hardware (HVM[122])[123]	*	
	- Intel FlexMigration / AMD-V Extended Migration	*	
	Mecanismos para el soporte de la virtualización anidada:		
	- Intel Virtual Machine Control Structure (Intel VMCS) Shadowing (VMCS shadowing)[124]		*
RAM (obligatorio):	Capacidad:	*	
	- RAM requerida por el hipervisor[125].	*	
	- Overhead promedio para administrar las IV[126].	*	
	- RAM para las IV.	*	
	# de ranuras		*
	NUMA		*
	Funcionalidades específicas para la virtualización:		
	- RVI/EPT	*	
	Mecanismos para el soporte de la virtualización anidada:		
	- EPT anidada.		*
Red (obligatorio):	Capacidad general: # * NIC de [valor]Gbps[127]	*	
	Aislamiento de redes[128]:	*	
	- Red de gestión Fuera de Banda (OOB[129]):		*
	○ Compatible con estándares como: Interfaz de Administración de Plataforma Inteligente (IPMI[130]), Interfaz de Gestión de Centro de	*[133]	

[122] Siglas correspondientes al término en inglés: Hardware Virtual Machine.

[123] Ya sea: *VT-x* para chips de Intel o *AMD-v* para chips AMD.

[124] Funcionalidad que permite a un hipervisor anidado acceder a las extensiones de virtualización del procesador directamente, lo cual mejora el desempeño de las MV anidadas. [20]

[125] Debe consultarse las recomendaciones de la solución de virtualización.

[126] Debe consultarse las recomendaciones de la solución de virtualización.

[127] En post de alcanzar un buen nivel de disponibilidad y evitar la competencia entre los distintos tipos de tráfico se propone: 1) Como máximo emplear un número de seis NIC a 1Gbps. Deben ser dedicadas dos NIC a cada uno de los tráficos: el de las instancias virtuales, el de gestión y el de almacenamiento. Las dos NIC dedicadas a cada tipo de tráfico deben ser agrupadas en un mismo enlace lógico. [16] 2) En caso de requerir un número menor de NIC a 1Gbps se pueden emplear tecnologías de agregación de enlaces y VLAN para aislar los diferentes tipos de tráfico. 3) Como mínimo emplear 2 NIC x 1Gbps agrupadas en un mismo enlace lógico, y VLAN para el aislamiento de tráfico [16]. 4) Emplear NIC a 10Gbps si se requiere por nodo más de 6 NIC x 1Gbps.

[128] Ya sea con NIC dedicadas o aislamiento mediante VLAN.

[129] Siglas correspondientes al término en inglés: Out of Band.

[130] Siglas correspondientes al término en inglés: Intelligent Platform Management Interface.

[133] De ser considerada la OOB en el diseño.

	Datos (DCMI[131]) y Systems Management Architecture for Server Hardware (SMASH) del Grupo de Trabajo de Administración Distribuida (DMTF[132]) (SMASH-DTMF).		
	○ Soporte para la integración con herramientas de gestión de redes.		*
	○ Soporte para la integración con el gestor del CD/CMP.		*
	- Red interna o de gestión.	*	
	- Red de almacenamiento.	*	
	- Red para la migración de IV.		*
	- Redes de los clientes de IaaS.		*
	- Redes externas o públicas.		*
	Funcionalidades a soportar:		
	- Tramas Jumbo		*
	- Internet Protocol security (IPsec) Task Offload[134]		*
	- Stateless offload		*
	- TCP Offload Engine (TOE)[135]		*
	Funcionalidades específicas para la virtualización:		
	- Remote Direct Memory Access (RDMA):		*
	○ RDMA sobre Ethernet Convergente (RoCE[136])		*
	○ InfiniBand		*
	○ iWARP		*
	- I/O Pass-Through:		*
	○ SR-IOV		*
	- Receive-Side Scaling (RSS)[137]		*
	- Transmit-Side Scaling (TSS)		
Almacenamiento (obligatorio)	Capacidad[138]	*	
	# de discos	*	

[131] Siglas correspondientes al término en inglés: Data Center Manageability Interface.

[132] Siglas correspondientes al término en inglés: Distributed Management Task Force.

[134] IPsec protege la red mediante la autenticación y encriptación de todos o determinados paquetes. IPsec Task Offload utiliza las capacidades de HW de las NIC de los servidores para descargar el procesamiento generado por el IPsec. Esto reduce el overhead del CPU generado por la encriptación/desencriptación del Ipsec. [18]

[135] TCP Chimney descarga el procesamiento de la transferencia de datos del protocolo TCP a las NIC. [18]

[136] Siglas correspondientes al término en inglés: RDMA over Converged Ethernet.

[137] Receive-Side Scaling (RSS) distribuye las interrupciones sobre los diferentes procesadores, por lo que un solo procesador no tiene que manejar todas las interrupciones de E/S. [18]

[138] La capacidad se encuentra en función del tipo de almacenamiento seleccionado. La tendencia es que posean poca capacidad dado el empleo de sistemas de almacenamiento compartido.

	Tipo de discos:[139]	*	
	- HDD	*	
	o Sector de 512B	*	
	o Sector de 4kB[140]		*
	- SSD		*
	- Discos híbridos.		*
	Velocidad Rotacional del Disco (RPM[141]) [142].		
	o 10k RPM	*	
	o 15k RPM		*
	Interfaces de E/S:	*	
	- Storage Device Interface (SDI):		*
	o Infiniband		*
	o Ethernet	*[143]	
	- Convergentes:	*	
	o iSCSI	*	
	o FCoE		*
	- No convergentes:		
	o FC:		*
	▪ Soporte de N_Port ID Virtualization (NPIV)		*
	Arquitectura de controladores de discos:		
	- Serial Advanced Technology Attachment (SATA) III HBA	*	
	- Serial Attached SCSI (SAS) HBA	*	
	- PCIe/SAS HBA		*
	- PCIe RAID/Clúster RAID		*
	- FC HBA		*
	Arquitectura de la interfaz*:*		
	- SAS	*	
	- SATA	*	

CF – Nodos de almacenamiento

Los nodos de almacenamiento brindan la capacidad de almacenamiento a los servicios de usuario, soporte y de valor agregado. La Tabla 23 muestra los RF

[139] Tiene que ser especificado el tipo de disco. Los considerados obligatorios son los básicos, pueden ser sustituidos por los opcionales, pero son más costosos.

[140] Mejor capacidad de corrección de errores y por tanto mejor razón de señal/ruido.

[141] Siglas correspondientes al término en inglés: Rotational Speed of the Drive.

[142] Tiene que ser especificado el RPM. Los considerados obligatorios son los básicos, pueden ser sustituidos por los opcionales, pero son más costosos.

[143] De existir una SDI, preferiblemente la E/S al SA debe ser con tecnología Ethernet, Infiniband es muy costosa.

necesarios a considerar durante el proceso de selección, así como los requerimientos obligatorios y opcionales[144] que deben cumplir los nodos físicos.

Tabla 23. RF del CF “Nodos de Cómputo”

Requerimiento Funcional	Especificidades	Clasificación	
		Obligatorio	Opcional
CPU (obligatorio):	# de sockets.	*	
	# de núcleos por socket.	*	
	Capacidad de la caché.		*
	MHz por núcleo	*	
RAM (obligatorio):	Capacidad:	*	
	# de ranuras	*	
	Bus	*	
Red (obligatorio):	Capacidad general: # * NIC de [valor]Gbps[145]	*	
	Aislamiento de redes[146]:	*	
	- Red de gestión Fuera de Banda (OOB[147]):		*
	○ Compatible con estándares como: IPMI, DCMI y SMASH-DTMF.	*[148]	
	○ Soporte para la integración con herramientas de gestión de redes.		*
	○ Soporte para la integración con gestores de CD/CMP.		*
	Funcionalidades a soportar:		
	- Tramas Jumbo		*
Almacenamiento (obligatorio)	Capacidad[149]	*	
	# de discos	*	
	Tipo de discos:	*	
	- HDD	*	
	- SSD	*	

[144] Pero deseables.

[145] En post de alcanzar un buen nivel de disponibilidad y evitar la competencia entre los distintos tipos de tráfico se propone: 1) Como máximo emplear un número de seis NIC a 1Gbps. Deben ser dedicadas dos NIC a cada uno de los tráficos: el de las instancias virtuales, el de gestión y el de almacenamiento. Las dos NIC dedicadas a cada tipo de tráfico deben ser agrupadas en un mismo enlace lógico. [16] 2) En caso de requerir un número menor de NIC a 1Gbps se pueden emplear tecnologías de agregación de enlaces y VLAN para aislar los diferentes tipos de tráfico. 3) Como mínimo emplear 2 NIC x 1Gbps agrupadas en un mismo enlace lógico, y VLAN para el aislamiento de tráfico [16]. 4) Emplear NIC a 10Gbps si se requiere por nodo más de 6 NIC x 1Gbps.

[146] Ya sea con NIC dedicadas o aislamiento mediante VLAN.

[147] Siglas correspondientes al término en inglés: Out of Band.

[148] De ser considerada la OOB en el diseño.

[149] La capacidad se encuentra en función del tipo de almacenamiento seleccionado.

	- Non-Volatile Memory express (NVMe) SSD.		*
	RPM [150]:	*[151]	
	o 10k RPM		
	o 15k RPM		
	Formato:	*[152]	
	- 2,5"/		
	- 3,5"		

CF – Conmutadores de Paquetes (HW y/o SW)

Los conmutadores de paquetes son los responsables del transporte de los datos, así como son los que ejecutan las políticas de QoS y de seguridad que son dictadas por el plano de control de la red. La Tabla 24 muestra los principales protocolos a considerar durante el proceso de selección de dispositivos de interconexión, clasificados en obligatorios, recomendados y opcionales.

Tabla 24. Protocolos a soportar por los conmutadores de paquetes

RF	**Clasificación**		
	Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
Soporte de SDN:			
OpenFlow	x		
VMware API para NSX		x[153]	
Protocolos para la Capa de Red[154]:			
IPv4	x		
IPv6	x		
Border Gateway Protocol (BGP)	x		
Multiprotocol Extensions for BGP (MP-BGP)	x		
Open Shortest Path First (OSPF) v2/v3	x		
Internet Group Management Protocol (IGMP) v2/v3	x		
Multicast Source Discovery Protocol (MSDP)	x		

[150] Tiene que ser especificado el RPM. Los considerados obligatorios son los básicos, pueden ser sustituidos por los opcionales, pero son más costosos.
[151] En función del servicio a soportar y los costos.
[152] En función del servicio a soportar y los costos.
[153] En caso de tener una infraestructura legada VMware.
[154] En los conmutadores de paquetes que trabajen a nivel de red.

Protocol Independent Multicast - Sparse-Mode (PIM-SM) / PIM Source-Specific Multicast (PIM-SSM) / Bidirectional PIM (PIM-BIDIR)	x		
Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)	x		
Protocolo de Resolución de Direcciones Virtual (VARP[155])			x
Equal Cost Multipath Routing (ECMP)		x	
Protocolos para la Capa de Enlace:			
Generic VLAN Registration Protocol (GVRP)	x		
IEEE 802.1ad Provider bridges (VLAN stacking, Q-in-Q)	x		
IEEE 802.1Q VLAN bridges	x		
IEEE 802.1v VLAN classification by protocol and port	x		
IEEE 802.3ac VLAN tagging	x		
802.3ad Link Aggregation/ Link Aggregation Control Protocol (LACP)	x		
Stack[156]	x		
Multi-Chassis Link Aggregation (MC-LAG)	x		
Tramas Jumbo		x	
IGMP v1/v2/v3 snooping	x		
Tecnologías "overlay":			
VXLAN		x	
RF para el soporte de QoS: [21]			
Marcado de tráfico		x	
Clasificación de tráfico		x	
Políticas de cola para tráfico diferenciado		x	
Gestión activa de colas		x	
Conformación de tráfico		x	
RF en post de la seguridad:			

[155] Siglas correspondientes al término en inglés: Virtual Address Resolution Protocol.

[156] Se recomienda cualquiera de las dos: Stack o MC-LAG.

Lista de Control de Acceso (ACL[157])	x		
Remote Authentication Dial-In User Service (RADIUS)	x		
Terminal Access Controller Access-Control System Plus (TACACS+)		x	
LDAP		x	
IPv4 / IPv6 Ingress & Egress ACLs using L2, L3, L4 fields	x		
Gestión:			
Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP[158])	x		

CF – Recursos facilitadores[159]

Los recursos facilitadores abarcan la infraestructura subyacente que no es de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC): suministro eléctrico, subsistemas de control ambiental de la instalación: Control de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC[160]), sistemas contra incendios, agua, vapor y sistemas de gas. [16], [22]

Capa de gestión

Contiene las capacidades para integrar, gestionar, operar, administrar y mantener la infraestructura del CD, los servicios, las interacciones inter-nube, y las relaciones de negocios. Las AF y CF son mostrados en la Figura 8. La Tabla 25 muestra RF comunes a todas las AF presentadas.

[157] Siglas correspondientes al término en inglés: Access control List.
[158] Siglas correspondientes al término en inglés: Simple Network Management Protocol.
[159] Se encuentra fuera del alcance de la presente investigación.
[160] Siglas correspondientes al término en inglés: Heat, Ventilation, and Air Conditioning.

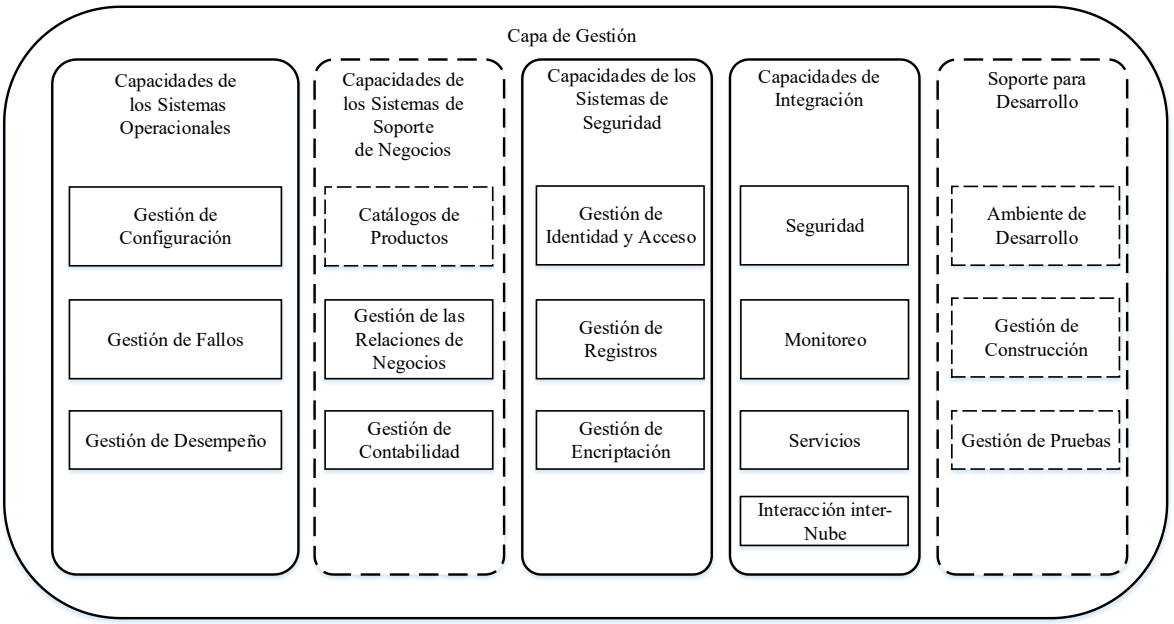

Figura 8. Capa de gestión de la NP

Tabla 25. RF generales de la "Capa de gestión"

Categorías	RF		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
RF que aplican a todos los subsistemas de la NP					
Interfaces de gestión (Obligatorio):	CLI		*		
	Web		*		
	Interfaces Gráficas de Usuario (GUI[161])				*
	API abiertas		*		
Gestión (Obligatorio):	Centralizada[162]		*		
	De la infraestructura virtual y física de unificada.[163]		*		
Protocolos, recomendaciones y estándares (Recomendable):	SNMP		*		
	Modelo de información Común (CIM)[164]			*	
	Gestión de Virtualización (VMAN[165])			*	
	Librerías				*

[161] Siglas correspondientes al término en inglés: Graphic User Interface.

[162] Soporte para una gestión centralizada desde un punto único para toda la infraestructura. Capacidad de gestionar los diferentes nodos de cómputo y de almacenamiento del CD.

[163] Habilidad para utilizar la herramienta de gestión que provee el fabricante para gestionar la infraestructura virtual y física indistintamente.

[164] Siglas correspondientes al término en inglés: Common Information Model.

[165] Siglas correspondientes al término en inglés: Virtualization Management.

Automatización e integración con soluciones de terceros (Opcional):	plugins				*
	addons				*
	API				*
	CIM				*
	Software Development Kits (SDK)				*
RF propios de la virtualización de servidores					
Tecnologías y soluciones de virtualización (Obligatorio):	Gestión multi-plataforma[166]:	Tecnologías HVM	*		
		Tecnologías OSLV	*		
		BM	*		
Gestión:	De aplicaciones/servicios.[167]				*
Capacidades para integrarse con CMP y/o Nubes Públicas.				*	
RF propios de la virtualización de almacenamiento					
Interfaces de gestión (Obligatorio):	Interfaz de Gestión de Datos en la Nube (CDMI[168])		*		
	Especificación de la Iniciativa de Gestión de Almacenamiento (SMI-S[169])		*		
RF propios de la infraestructura de red					
Utilizar el protocolo Secure Shell (SSH).			*		
Integración con CMP				*	
Integración con plataformas de virtualización.				*	
Soporte de API abiertas.				*	
Gestión de desempeño de la red (Obligatorio):	Análisis de tráfico.		*		
	Gestión de la capacidad.			*	
Gestión de la seguridad (Obligatorio):	Autenticación y gestión de identidad		*		
	Gestión de políticas de seguridad		*		
	Soporte de ACL		*		

[166] Habilidad de gestionar entornos virtualizados de diferentes proveedores.
[167] Capacidad de gestionar y monitorear aplicaciones soportadas en la plataforma de virtualización.
[168] Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Data Management Interface.
[169] Siglas correspondientes al término en inglés: Storage Management Initiative Specification.

	Utilizar el protocolo SSH		*		
	Utilizar el protocolo Secure Sockets Layer (SSL)		*		
	Utilizar el protocolo Transport Layer Security (TLS)		*		
	Filtrado de paquetes		*		
	DIP			*	

AF - Sistema de Soporte de Operaciones (OSS)

Contiene el conjunto de capacidades de gestión de operaciones que se requieren para la gestión y control de los servicios de usuario y soporte, así como de la infraestructura física y virtual subyacente: servidores, SA, red y recursos facilitadores. [11], [14] [4] [7] Posee los CF: [11] gestión de configuración, gestión de fallos y gestión de desempeño.

CF - Gestión de Configuración

Posee las capacidades para identificar, operar, controlar, colectar y almacenar información técnica de los componentes de HW y SW de la NP. Posee ocho BF, los que a continuación se relacionan:

BF - Catálogo de Servicios, opcional

Contiene una lista de todos los servicios existentes en la NP, así como los datos técnicos[170] necesarios para su correcto despliegue, puesta en marcha y aprovisionamiento. [11] [23], [14] [4] [7] [24]

[170] O referencias a estos.

BF - Aprovisionamiento de los Servicios de Usuario, obligatorio

Proporciona las capacidades para el aprovisionamiento de los servicios, sus implementaciones, su acceso, así como asegura que los elementos requeridos sean aprovisionados en la secuencia correcta. [11], [14] [4]

BF - Gestión de mantenimiento y actualización, recomendable

Proporciona las capacidades para realizar el mantenimiento y actualización de los servicios de usuario y soporte, así como de la infraestructura física y virtual subyacente: servidores, SA, red y recursos facilitadores. [7] En el caso de los nodos de cómputo físico se recomienda el soporte del modo de mantenimiento.[171]

BF - Gestión de políticas de servicios, recomendable

Proporciona las capacidades para definir, almacenar y obtener las políticas a aplicar en los servicios de usuario y soporte de la NP. [11], [14], [4]

BF – Automatización, obligatorio

Proporciona capacidades para automatizar los procesos de gestión de los servicios de usuario y soporte, así como de la infraestructura física y virtual subyacente: servidores, SA, red y recursos facilitadores de la NP. Se recomienda el empleo de herramientas de automatización de configuración, en especial Ansible, estándar por defecto en la rama.

[171] Capacidad de poner el nodo en modo de mantenimiento, el que migrará en caliente todas sus IV hacia otros nodos disponibles y evita el inicio de nuevas IV, para que el nodo en cuestión pueda ser apagado de forma segura.

BF - Configuración de los servicios e infraestructura subyacente, obligatorio

Proporciona las capacidades para configurar y gestionar los cambios de configuración de los servicios y de la infraestructura física y virtual subyacente: servidores, SA, red y recursos facilitadores de la NP. Se deben aplicar controles de seguridad a la gestión de la configuración de los componentes críticos de la plataforma de nube y de la infraestructura de virtualización. Las Tablas 26-29 muestran los RF correspondientes a los subsistemas de recursos de cómputo, SA y red. [8]

Resulta necesario disponer de capacidades para la detección de alteraciones indebidas de las configuraciones a nivel de la infraestructura física y virtual, así como a nivel de servicios y aplicaciones [8]. Además de las herramientas que soporte el gestor del CD/CMP, en caso necesario se puede complementar con las soluciones: [8] Puppet [25] o Ansible [26] la para gestión de configuraciones y la solución Open Source HIDS[172] SECurity (OSSEC) para el chequeo de integridad en ficheros de configuración [27].

Tabla 26. RF correspondientes a la gestión de las IV

Categorías	RF		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Operaciones sobre las IV (Obligatorio):	Crear		*		
	Reconstruir[173]			*	
	Reiniciar			*	
	Iniciar/apagar		*		
	Pausar[174]/restaurar		*		
	Suspender[175]/restaurar			*	
	Eliminar		*		

[172] Host-based Intrusion Detection System.
[173] Ante la necesidad de agregarle nuevos atributos a la IV.
[174] El estado de la IV es guardado en la RAM.
[175] El estado de la IV es guardado en disco. Constituye un reto para las soluciones basadas en la OSLV.

	Rescatar IV[176]			*	
Configuraciones de la IV (Obligatorio):	vCPU:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		o máx vCPU / IV		*	
	RAM:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		o máx RAM / IV		*	
		- Soporte de NUMA en la IV			*
	Almacenamiento:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		o tamaño de HDD / VM	*		
		o I/O al almacenamiento		*	
		- Tipo de almacenamiento:	*		
		o efímero[177]	*		
		o persistente	*		
	Red:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		o I/O a la red		*	
	GPU	- Soporte de HPC en la IV			*
	Otros:	- Soporte de puertos series en la IV[178]			*
		- Soporte de dispositivos de tipo Bus Universal en Serie (USB[179]) en la IV			*
	Contraseñas:	- Cambiar contraseñas de la IV	*		
		- Establecer las contraseñas en la IV	*		

[176] Permitir la configuración de un nuevo disco de inicio (boot) a una IV para poder arreglar errores en la configuración de la partición de inicio o; permite iniciar la IV en una configuración especial, en la que la IV inicia desde una imagen de disco raíz especial para recuperar el estado de una IV corrompida.

[177] Algunas aplicaciones, como Hadoop o determinadas bases de datos NoSQL, se benefician de almacenamiento efímero directamente conectado, ya que no se precisa de la persistencia de estos datos más allá de la duración de una instancia. Las instancias de informática en la nube deben ofrecer almacenamiento efímero para escenarios como estos.

[178] Conexión a puertos físicos del nodo.

[179] Siglas correspondientes al término en inglés: Universal Serial Bus.

Reasignación de recursos a las IV en caliente (Recomendable):	Adjuntar/eliminar NIC virtuales (vNIC[180])			*	
	Adjuntar/eliminar vCPU				*
	Aumentar/disminuir la capacidad de RAM				*
	Almacenamiento:	- Aumentar el tamaño de los discos virtuales		*	
		- Adjuntar/eliminar discos virtuales		*	
Despliegue de IV (Obligatorio):	Soporte de plantillas de (Recomendable):[181]	- IV[182]		*	
		- servicios[183]			*
	Soporte para convertir de servicios Físicos a Virtuales (P2V[184]) / formatos de IV (V2V[185])[186]				*
	Exportar/importar IV[187] (Recomendable):	- Soporte de OVF[188]		*	
	Configuración y gestión de grupos de recursos[189].				*
	Reserva en el tiempo del despliegue de las IV especificadas.			*	
Gestión de imágenes (Obligatorio):	Crear imágenes de una IV.		*		
	Seguridad y endurecimiento de	- Validar imágenes con			*

[180] Siglas correspondientes al término en inglés: vitual NIC.

[181] Utilizar plantillas hace que las implementaciones sean más sencillas, más ordenadas y predecibles, en lugar de implementar cada elemento de forma independiente y manual. Ya sea para aumentar o reducir el aprovisionamiento de la infraestructura, para actualizarla o para implementar la IV o aplicación en otras ubicaciones, las plantillas permiten que el proceso resulte más sencillo y predecible.

[182] Capacidades para crear y almacenar imágenes maestras y desplegar IV de estas.

[183] Capacidad de desplegar una aplicación multi-tier desde una plantilla.

[184] Siglas correspondientes al término en inglés: Physical to Virtual.

[185] Siglas correspondientes al término en inglés: Virtual to Virtual.

[186] Capacidad de convertir IV a partir de nodos físicos / conversión de formatos de IV.

[187] En lugar de tener que volver a crear IV on-premise que ya se hayan creado, la posibilidad de poder importarlas a la Nube con facilidad, o bien exportarlas, permite beneficiarse de inversiones que ya se hayan realizado, facilitando así la implementación de cargas de trabajo en toda la infraestructura de TI.

[188] Soporte de OVF como estándar para el empaquetado y distribución de aplicaciones virtuales.

[189] Capacidad de sub-particionar y priorizar recursos de cómputo en una agrupación de Recursos de Cómputo (ARC) y jerárquicamente asociarlos con grupos de IV. Por ejemplo, dividir y priorizar recursos para las IV en producción antes que aquellas que son para desarrollo y pruebas.

	las imágenes de IV (Obligatorio):	certificados confiables			
	Crear imágenes de un volumen.			*	
	Repositorio de imágenes		*		
Información de configuración y estado de las IV (Obligatorio):	encendida		*		
	apagada		*		
	suspendida		*		
	pausada		*		
Gestión de clústeres virtuales.					*
Soporte de mecanismos de verificación de integridad de las IV y ficheros de configuración (Recomendable):	Generar alertas ante cambios no autorizados.		*		

Tabla 27. RF correspondientes al SA

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Gestión del almacenamiento en bloques[190] (Obligatorio):	Acciones sobre los volúmenes:			
	- Crear	*		
	- Eliminar	*		
	- Adjuntar/desadjuntar	*		
	- Expandir la capacidad	*		
	- Revisar sus métricas	*		
	- Crear volumen de un snapshot		*	
	- Crear un volumen de un volumen (clonar)	*		
	- Crear imagen de un volumen		*	
Crear conjuntos (pools) de almacenamientos.		*		
Gestión del almacenamiento en ficheros.		*		

[190] Los dispositivos de almacenamiento en bloques, representado por volúmenes, brindan su capacidad a aplicaciones externas a través de protocolos basados en bloques. API estándares empleadas para la gestión de recursos brindan acceso al almacenamiento en bloques.

Gestión del almacenamiento en objetos.				*[191]
Soporte de mecanismos de verificación de los ficheros de configuración (Recomendable):	Generar alertas ante cambios no autorizados.		*	

Tabla 28. RF correspondientes a los nodos de cómputo.

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Información de configuración y estado de los nodos.		*		
Despliegue de nodos de cómputo de forma automatizada (Recomendable):[192]	Soporte para crear perfiles de nodos de cómputo.[193]			*
Soporte de mecanismos de verificación de los ficheros de configuración (Recomendable):	Generar alertas ante cambios no autorizados.		*	

Tabla 29. RF correspondientes a la infraestructura de red

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Descubrimiento automático de la topología de la red.			*	
Aprovisionamiento sin Contacto (ZTP[194])[195]			*	
Soporte de herramientas para la automatización:			*	
	Ansible		*	

[191] De existir el almacenamiento basado en objetos en la infraestructura de la NP.

[192] Capacidad de habilitar nodos de cómputo a través de una funcionalidad de despliegue automatizada de la plataforma de gestión. De lo contrario la instalación del hipervisor se realiza de forma local en el nodo.

[193] Capacidad de captar parámetros de configuración de nodos de cómputo como: seguridad, red y almacenamiento, y construir plantillas maestras para aplicarlas en los nodos. Ya sea con propósitos de instalación y configuración del nodo, o para chequear su configuración.

[194] Siglas correspondientes al término en inglés: Zero Touch Provisioning.

[195] El aprovisionamiento sin contacto es una característica que permite que los dispositivos de interconexión se configuren automáticamente, sin necesidad de intervención humana manual. se logra mediante el uso de sistemas automáticos de aprovisionamiento y configuración dentro del diseño del dispositivo y tiene como objetivo reducir la carga de trabajo y el esfuerzo que normalmente se requiere cuando se instalan y configuran nuevos dispositivos.

	Puppet			*
	Salt			*
	Chef			*
Herramientas para la confección de scripts:	Python		* *	
	C++			*
	Go			*
Soporte de mecanismos de verificación de los ficheros de configuración (Recomendable):	Generar alertas ante cambios no autorizados.		*	

BF - Gestión de inventario, recomendable

Proporciona la capacidad de identificar de forma automática los recursos de HW y SW de la NP. Los activos distribuidos de cómputo físico y virtual deben clasificarse en función de la criticidad del negocio, las expectativas de nivel de servicio, y los requisitos de continuidad operacional.

Es necesario mantener un inventario completo, automatizado y actualizado en tiempo real, de los bienes esenciales en uso por la organización (físicos y virtuales), ubicados en todos los sitios y/o situaciones geográficas. A cada activo se le asignará una propiedad, a partir de los roles y responsabilidades definidas, incluyendo aquellos gestionados por parte de los clientes (arrendatarios). [8] Las herramientas a emplear, además de las del gestor del CD/CMP pueden ser: Open Computer and Software Inventory Next Generation (OCS Inventory NG) [28], Open-AudIT [29] y Network Mapper (NMAP) [30].

BF - Gestión de la monitorización, reglas, eventos y reportes, obligatorio

Proporciona las capacidades para gestionar los sistemas de monitorización y de gestión de reglas, eventos y reportes de las áreas de gestión de Fallos,

Configuración, Contabilidad, Desempeño y Seguridad (FCAPS[196]) de los componentes de HW y SW de la NP, así como de los servicios.

Monitoreo, obligatorio

Proporciona las capacidades para configurar la monitorización como: frecuencia de la monitorización, agentes a emplear, métricas y componentes de HW y SW, así como de servicios, a monitorizar.

Gestión de eventos, obligatorio

Recibe los eventos generados por la(s) herramienta(s) de gestión que monitorea(n) los servicios y los recursos físicos y virtuales de la infraestructura. Analiza el árbol completo de las fuentes de los eventos y filtra los eventos duplicados y otros eventos superfluos. Los datos de los eventos, junto al número de incidencias y el grupo de tickets, son almacenados en la base de datos de eventos para su reporte y análisis. Cada evento, después de ser filtrado es transformado en un incidente. [31] Proporciona las capacidades para configurar las fuentes de eventos, su procesamiento, almacenamiento y flujo de operaciones.

Gestión de reglas, obligatorio

Soporta la definición de reglas/reportes que generan alertas en función de los eventos que se suceden. [31]

[196] Siglas correspondientes al término en inglés: Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security.

Gestión de reportes, obligatorio

Proporciona las capacidades para configurar los tipos de reportes, la planificación en el tiempo, el almacenamiento, los formatos y vías de notificación.[197]

BF - Gestión de interacciones inter-nube, recomendable

Proporciona las capacidades para la conexión del OSS y del Sistema de Soporte del Negocio (BSS[198]) de un CSP a los sistemas OSS y BSS de otro CSP, para el uso de servicios de la nube del CSP extremo. Este bloque funcional es responsable de establecer los caminos de comunicación requeridos y de brindar las identidades y las credenciales solicitadas por el CSP extremo. [11], [4], [32]

CF - Gestión de Fallos

Proporciona las capacidades para identificar, aislar y corregir fallos en los servicios y recursos virtuales y físicos de servidores, SA, red y recursos facilitadores de la NP; así como para la gestión de problemas e incidentes. Se proponen los BF de: “Fallos – Servicios de usuario y soporte”, “Fallos – Recursos facilitadores”, “Fallos - CMP”, “Fallos – virtualización de servidores y nodos de cómputo”, “Fallos – sistema de almacenamiento”, y “Fallos – red”. El presente trabajo se centra en la infraestructura TIC, por lo que propone los RF de los cuatro últimos BF en las Tablas 30, 31, 32 y 33 respectivamente.

Se deberán establecer mecanismos para la gestión automatizada de salvas, y la

[197] Proporciona reportes acerca del comportamiento del sistema del CSP, los cuales pueden tomar forma de alertas, o pueden tomar forma de bases de datos con datos históricos respecto al comportamiento y uso del sistema. [11]

[198] Siglas correspondientes al término en inglés: Business Support System.

restauración en caso de ser necesario. Las salvas deberán ser protegidas de accesos no autorizados y comprobada su integridad de manera periódica. Esto contribuye a garantizar la continuidad del negocio. El CMP, en integración con el SA, debe presentar las herramientas para la gestión de salvas. En caso necesario puede complementarse con soluciones de salvas.

Tabla 30. RF correspondientes al BF de "Fallos – virtualización de servidores y nodos de cómputo"

Categoría:	RF:		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Detección de fallos:			*		
	Detección de fallos parciales en los nodos.[199]			*	
Monitoreo de métricas de disponibilidad:					
	up-time del nodo[200]				*
Soporte de HA de IV ante fallos de la infraestructura subyacente[201]:				*	
	Protección ante fallos en:	- nodos		*	
		- SA			*
		- red física			*
	Configuración de reglas para soportar:	- prioridad			*
		- afinidad			*
HA a nivel de Sistema Operativo (SO) y/o aplicación / servicio[202]:					*

[199] Capacidad para detectar fallas en los diferentes subsistemas del anfitrión.

[200] Indica el tiempo de servicio activo del nodo desde que fue encendido.

[201] Recuperación de IV en caso de fallos en los nodos, SA y red física, mediante el reinicio de estas en nodos alternativos (downtime = tiempo de reinicio de la IV).

[202] Capacidad de monitorear los SO y aplicaciones/servicios que corren en las IV y reiniciar/solucionar cuando un problema es detectado. Contribuye por ejemplo a la rápida recuperación de fallos del SO invitado.

	Reinicio automático de IV.[203]			*	
Ejecución de instantáneas de IV en caliente:				*	
	Operaciones:	- tomar		*	
		- eliminar		*	
		- revertir		*	
		- crear imágenes de la instantánea		*	
		- crear volúmenes de instantáneas		*	
Sistema de salvas:	Capacidades para su planificación en el tiempo.			* *	
	Salvas a niveles de:	- imágenes	*		
		- aplicaciones			*
		- discos virtuales		*	
		- snapshots	*		
		- ficheros de configuración		*	
	Capacidades para integrar sistemas de salvas de 3^{eros}.				*
	Tipos de salvas soportadas:	- Completa	*		
		- Incremental		*	
		- Diferencial		*	
	Funcionalidades:	- Encriptación de datos		*	
		- De duplicación		*	
		- Verificación de integridad	*		
Replicación de CD / tolerancia a fallos a nivel de CD.[204]				*	

[203] Reinicio individual automático de IV, servicios y/o aplicaciones específicas si no responden ante solicitudes y/o fallas. Contribuye por ejemplo a la rápida recuperación de fallos del SO invitado.

[204] Habilidad para establecer réplicas del sitio en una locación geográficamente distinta, que permita la continuidad del servicio ante fallas de gran magnitud.

Tabla 31. RF correspondientes al BF de "Fallos - SA"

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soporte para snapshots:	Acciones:	*	*	
	- Crear			
	- Eliminar			
	- Crear volumen de un snapshot			
	Alcance:			
	- Local	*		
	- remoto		*	
	Planificación periódica del snapshot.		*	
	Granularidad del snapshot:			
	- disco virtual		*	
Soporte para salvas:	Alcance:		*	
	- Local	*		
	- remoto		*	
	- Nubes públicas			*
	Planificación periódica de las salvas.		*	
	Nivel de recuperación de las salvas:			
	- Volumen de datos (snapshot)		*	
	- IV		*	
Recuperación ante desastres:	Alcance:		*	
	- remoto	*		
	- Nubes públicas		*	
	Topologías de replicación soportadas:			*
	1 a 1	*		
	1 a muchos			*
	- Muchos a 1			*
	Soporte para la planificación en tiempo de las réplicas.		*	
	Nivel de la réplica:			
	- IV	*		
	- Volumen virtual		*	

	- Snapshot	*		

Tabla 32. RF correspondientes al BF de "Fallos – red"

Categoría:	RF:	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Detección de fallos:	Detección de fallos a nivel de enlaces.		* *	
	Detección de fallos a nivel de equipo.		*	
Aislamiento de fallos.		*		
Recuperación de fallos.		*		
Capacidad para establecer umbrales y alarmas.			*	

Tabla 33. RF correspondientes al BF de "Fallos – Gestor del CD/CMP"

Categoría:	RF:	Clasificación		
		Obligatorio	Recomendable	Opcional
Tolerancia ante fallos de los servicios de gestión de la infraestructura.		*		
Capacidades para integrar herramientas de terceros:	Herramientas para HA			* *
	Herramientas para la Recuperación de Desastres (DR[205])			*

CF - Gestión de Desempeño

Proporciona las capacidades para medir y evaluar el desempeño de los servicios y la infraestructura TIC y de recursos facilitadores subyacente de la NP.

BF - Atributo de utilización

Se considera un requisito indispensable sean medidas las métricas que indican las Tablas 34, 35, 36 y 37.

[205] Siglas correspondientes al inglés: Disaster Recovery.

Tabla 34. Métricas de utilización de conexiones de usuarios a la NP.

Métrica	Significado
máx_usuarios	Número máximo de usuarios que soporta la infraestructura de NP.
máx_usuarios_logged	Número máximo de usuarios autenticados.
máx_conexiones	Número máximo de conexiones simultáneas, específicamente usuarios creando MV.

Tabla 35. Índices de utilización de los recursos de cómputo, almacenamiento y red por ARC

ARC	CPU				RAM (MB)				Almacenamiento														Red BW (Mbps)							
									Capacidad (GB)		Throughput												TX				RX			
											IOPS				Throughput (Mbps)															
	Capacidad (pCPU),	u-prom (%)	u-máx (%)	P95	Capacidad (GB)	u-prom	u-máx	P95	Capacidad (GB)	uso	Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom		u-máx		P95		Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom	u-máx	P95
																L	E	L	E	L	E								

Tabla 36. Índices de utilización por nodos

nodo	CPU				RAM (MB)				Almacenamiento														Red BW (Mbps)							
									Capacidad (GB)		Throughput												TX				RX			
											IOPS				Throughput (Mbps)															
	Capacidad (pCPU),	u-prom (%)	u-máx (%)	P95	Capacidad (GB)	u-prom	u-máx	P95	Capacidad (GB)	uso	Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom		u-máx		P95		Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom	u-máx	P95
																L	E	L	E	L	E								

Tabla 37. Índices de utilización por IV

nodo	CPU				RAM (MB)				Almacenamiento				Red BW (Mbps)	
									Capacidad (GB)		Throughput		TX	RX
	Capa	u-	u-	P95	Cap	u-	u-	P95	Cap	uso	IOPS	Throughput (Mbps)		

											Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom		u-máx		P95		Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom	u-máx	P95
																L	E	L	E	L	E								

BF – Gestión y planificación de la capacidad de la NP

Se recomienda el empleo de un instrumento y/o herramienta que permita gestionar y planificar la capacidad de la NP en función de los índices de utilización históricos y la predicción de la demanda. Se propone el empleo del instrumento "Estimación de recursos de cómputo", si se carece de una solución SLCA profesional.

AF - Sistema de Soporte de Negocios (BSS)

Abarca el conjunto de capacidades de gestión de negocios relacionadas con el trato de los clientes y los procesos de soporte. [3], [11], [4]

CF - Catálogo de productos, recomendable

CF recomendable que proporciona las capacidades para que los clientes busquen una lista de ofertas de servicios disponibles que pueden comprar, más un conjunto de capacidades para la gestión del contenido del catálogo que están disponibles para el personal del CSP. Las entradas del catálogo de productos consisten en información técnica sobre cada una de las ofertas de servicios, capacidades proporcionadas por el servicio, definiciones de la interfaz para el servicio, incluyendo las operaciones del servicio disponibles, e información de seguridad, más los relacionados con la información de negocios, como las tarificaciones y precios. [11], [4], [3]

CF - Gestión de las Relaciones de Negocios (BRM[206]), obligatorio

CF obligatorio de brindarse IaaS que proporciona las capacidades para gestionar las relaciones de negocios de CSU, incluye: [11], [23]

- Gestión de contratos.
- Gestión de subscripción.
- Gestión de cuentas.

BF - Gestión de subscripción, opcional

Maneja las suscripciones de los CSU a los servicios de la NP, con el objetivo de registrar información de suscripciones nuevas o modificadas de los clientes y garantizar la entrega del (los) servicio(s) suscrito(s) a los clientes. [11], [4], [3]

BF - Gestión de contratos, opcional

Posee las capacidades relacionadas con las funciones generales de contabilidad, incluyendo cuentas por cobrar y cuentas por pagar. [11]

BF - Gestión de cuentas de los CSC, obligatorio

Gestiona la creación, actualización y eliminación de las cuentas de los CSU, junto a los SLA y costos acordados. [11], [4], [3]

CF - Gestión de Contabilidad, obligatorio

CF obligatorio de brindarse IaaS. Proporciona las capacidades para medir el uso de los servicios y recursos de la NP, tarificar y facturar el consumo de los servicios aprovisionados. Posee tres BF: “Medición del uso de servicios y recursos de la NP”, obligatorio de brindarse IaaS; “Tarificación de los servicios aprovisionados”,

[206] Siglas correspondientes al término en inglés: Bussines Relationship Management.

obligatorio de rentarse los servicios de IaaS; y “Facturación de los servicios aprovisionados”, recomendable.

BF - Medición del uso de servicios y recursos de la NP

BF obligatorio de brindarse IaaS. Proporciona las capacidades para medir el uso de los servicios y recursos de la NP, y el consumo de los servicios por cada uno de los CSU. [11], [4], [3]

BF - Tarificación de los servicios aprovisionados

BF obligatorio de rentarse los servicios de IaaS. Proporciona las capacidades para aplicar los esquemas de precios/modelos de costos a los datos correspondientes al uso de los servicios por CSU. [11], [4], [3]

BF - Facturación de los servicios aprovisionados

BF recomendable. Proporciona las capacidades para generar y enviar las facturas basadas en los cargos por el uso de los servicios. [11], [4], [3]

AF – Seguridad

La AF de Seguridad contiene las capacidades de seguridad para el soporte de los servicios y recursos de la Nube. Posee como BF a: “Gestión de identidad y acceso (IAM)”, “Gestión de encriptación”, “Gestión de registros (logs/auditing)”, “Gestión de vulnerabilidades y amenazas” y “Gestión de incidentes de seguridad”. Sus RF mínimos se muestran en la Tabla 38. En [35] y [36] se pueden encontrar propuestas acerca de los controles de seguridad a aplicar en una NP y cómo llevar a cabo la gestión de riesgos respectivamente.

En el caso de la gestión de los registros de auditorías, estos deben ser conservados según las regulaciones establecidas, ya que pueden ser necesarios ante una

investigación de un evento de seguridad, o requeridos por las autoridades competentes, en Cuba la Oficina de Seguridad para las Redes Informáticas (OSRI). La solución Elastic Stack [37] puede ser empleada para implementar estas funciones, o cualquier otra de las soluciones SLCA disponibles. [8]

Tabla 38. CF y RF de la Seguridad

CF	RF		Clasificación		
			Obligatorio	**Recomendable**	**Opcional**
IAM:			*		
	Fuentes de datos primarios:	Microsoft Active Directory		*	
		OpenLDAP		*	
		Gestión de identidad local.	*		
	Soporte para el protocolo LDAP.		*		
	Soporte de Kerberos.			*	
	Soporte para single-sign-on.				*
	Certificados X509			*	
	SSH		*		
	Autenticación multi factor		*		
	RBAC		*		
	ABAC			*	
	Soporte de permisos a niveles de:	Grupos	*		
		Usuarios	*		
		Clientes		*	
		Proyectos			*
	Soporte de Identidad Federada[207]:	Security Assertion Markup Language (SAML)[208]			*

[207] La gestión de Identidad Federada es el proceso de reafirmar una identidad a través de diferentes sistemas u organizaciones. Se ha vuelto popular con el crecimiento de las arquitecturas orientadas a servicios y es frecuente su empleo en los entornos de CN.

[208] SAML, desarrollado por la Organización para el Avance de Estándares de Información Estructurada (Organization for the Advancement of Structured Information Standards, OASIS). Actualmente en la versión 2.0. Es ampliamente soportado por herramientas empresariales y CSP. Mediante XML realiza la aserción entre el proveedor de identidad y el proveedor de servicio. El XML puede contener declaraciones de autenticación, de atributos y de decisiones de autorización.

		OpenID[209]		*	
		OAuth[210]		*	
Gestión de encriptación:			*		
	Encriptación de datos en reposo[211]:	Advanced Encryption Standard (AES)		*	
		Rivest Shamir Adleman (RSA)		*	
		Secure Hash Algorithm (SHA)-256 o superior		*	
	Encriptación de datos en tránsito[212]:	TLS/SSL		*	
		IPsec		*	
		SSH		*	
	Gestión de llaves.			*	
Gestión de registros de eventos (logs/auditing) (Obligatorio):	Monitoreo de métricas y umbrales.		*		
	Habilitación de alarmas en tiempo real.		*		
	Colección, almacenamiento y procesamiento de los registros de eventos.		*		
	Análisis de registros y correlación de eventos.		*		
Gestión de vulnerabilidades y amenazas:			*		
	Control de SW malicioso:	ClamAV	*	*	
		Cuckoo Sandbox		*	
	Gestión de parches, vulnerabilidades y amenazas:		*		

[209] Es una estándar para autenticación federada que es ampliamente soportado por servicios web. Está basado sobre el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (Hypertext Transfer Protocol, HTTP) con Localizadores de Recursos Uniformes (Uniform Resource Locator, URL) usadas para identificar el proveedor de identidad y la identidad de usuario.

[210] Es un estándar del Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force, IETF) para la autorización que es utilizado fundamentalmente en servicios web. Es designado para trabajar sobre HTTP. Es mayormente empleado para delegar la autorización y el control de accesos entre servicios.

[211] Al menos un mecanismo de encriptación debe ser soportado.

[212] Al menos un mecanismo debe ser soportado.

		WSUS[213]	*		
		OpenVAS[214]		*	
		OpenSCAP[215]		*	
		Loki[216]		*	
Gestión de incidentes de seguridad:	Open Source Security Information Management (OSSIM)		*	*	
	Security Onion			*	

AF - Capacidades de Integración

Las capacidades de integración son responsables de conectar los CF en la arquitectura para crear una arquitectura unificada. Los CF de integración proporcionan enrutamiento de mensajes y mecanismos de intercambio de mensajes dentro de la arquitectura de la nube y sus componentes funcionales, así como con los componentes funcionales externos. Los CF de integración, todos considerados obligatorios, incluyen: [11], [4], [3] “Integración de seguridad”, “Integración de monitorización”, “Integración de servicios” e “Integración de interacciones inter-nube”.

CF - Integración de seguridad

El CF de integración de seguridad permite la integración de las capacidades de la seguridad, incluida la autenticación, autorización, encriptación, verificación de integridad y las políticas de seguridad. [11], [4], [3]

[213] Para la actualización de SO Microsoft Windows.
[214] Para chequear la existencia de vulnerabilidades.
[215] Para escanear vulnerabilidades o configuraciones y evaluar el cumplimiento mediante el estándar Security Content Automation Protocol (SCAP) del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology, NIST).
[216] Para el escaneo de Indicadores de Compromiso.

CF - Integración del sistema de monitoreo

El CF de integración del sistema de monitoreo conecta a los CF de las capas de acceso, servicios y recursos, a las capacidades de monitoreo, reportes y alertas del OSS. [11], [4], [3]

CF - Integración de servicios

El CF de integración de servicios permite las conexiones a los servicios que se ejecutan en la NP. [11], [4], [3]

CF - Integración de interacciones inter-nube

El CF de integración de servicios inter-nube permite la conexión a servicios de terceros proveedores de nube de forma controlada, manteniendo la contabilidad y la seguridad de los servicios y los usuarios. [11], [4], [3]

AF - Capacidades del Sistema de Soporte de Desarrollo

Soporta las actividades de la computación en la nube del desarrollador de servicios en la nube. Esto incluye el soporte del desarrollo y/o la composición de las implementaciones del servicio, la gestión de compilación y la gestión de pruebas. [11], [4], [3] Se consideran recomendables.

CF - Ambiente de desarrollo

Proporciona las capacidades para soportar el desarrollo del software de la implementación del servicio. Soporta el uso de las capacidades provistas por el entorno del CSP, incluyendo la conexión a los recursos y las redes, integración con otros servicios, integración con el monitoreo y la gestión de capacidades, y la integración con capacidades de seguridad. Soporta además la creación de metadatos de configuración relacionados a los servicios que están siendo

desarrollados, así como la creación de scripts y otros elementos que son utilizados por el OSS del CSP para aprovisionar y configurar el servicio. [11], [4], [3]

CF - Gestión de compilación

Soporta la compilación de un paquete de SW listo para desplegar. El paquete de SW abarca la implementación del SW del servicio, la configuración de los metadatos y de los scripts. [11], [4], [3]

CF - Gestión de pruebas

Soporta la ejecución de pruebas de nuevos servicios. Incluye el reporte de los resultados obtenidos y la documentación de la implementación del servicio. [217] [11], [4], [3]

Referencias

[1] «Information technology — Cloud computing — Reference architecture», ISO copyright office, Switzerland, ISO/IEC 17789:2014(E), oct. 2014.

[2] ITU-T, «Information technology – Cloud computing – Reference architecture», International Telecommunication Union, Switzerland Geneva, Recomendation Y.3502, ago. 2014.

[3] «Cloud computing – Framework and high-level requirements», ITU-T, Switzerland Geneva, ITU-T Y-SERIES RECOMMENDATIONS Recommendation ITU-T Y.3501, jun. 2016.

[4] «Information technology – Cloud computing – Reference architecture», ISO copyright office, Switzerland, ISO/IEC 17789:2014 (E), 10 2014.

[5] NTT Comunications, «White Paper: An Evaluation Framework for Selecting an Enterprise Cloud Provider», p. 19, 2018.

[6] G. Galante, L. C. E. D. Bona, A. R. Mury, B. Schulze, y R. da R. Righi, «An Analysis of Public Clouds Elasticity in the Execution of Scientific Applications: a Survey», *J. Grid Comput.*, vol. 14, n.º 2, pp. 193-216, jun. 2016, doi: 10.1007/s10723-016-9361-3.

[7] L. R. García Perellada y A. A. Garófalo Hernández, «Arquitectura de Referencia para el diseño y despliegue de Nubes Privadas», *Rev. Ing. Electrónica Automática Comun. RIELAC*, vol. XXXVI, n.º 1/2015, pp. 33-38, Enero - Abril 2015.

[217] Es típico que las pruebas se hagan en un entorno de pruebas especializado, el que se aproxima al entorno de producción sin interferir con el mismo. Para la computación en la Nube, el entorno de pruebas puede estar disponible solamente para el CSP.

[8] A. F. Bezanilla, L. R. G. Perellada, y A. A. G. Hernández, «Propuesta de controles de seguridad para nubes privadas y centros de datos virtualizados.», *Rev. Telemtica*, vol. 17, n.º 1, pp. 56-72, nov. 2018.
[9] «Suricata», *Suricata*. https://suricata-ids.org/ (accedido may 31, 2020).
[10] «Kismet», *Kismet*. https://www.kismetwireless.net// (accedido may 31, 2020).
[11] «Information technology – Cloud computing – Reference architecture», ITU-T, Switzerland Geneva, RECOMMENDATION ITU-T Y.3502, ago. 2014.
[12] «Cloud computing – Functional requirements of Infrastructure as a Service», ITU-T, Switzerland Geneva, Recommendation ITU-T Y.3513 Y.3513, ago. 2014.
[13] «Cloud computing infrastructure requirements», ITU-T, Switzerland Geneva, Recommendation ITU-T Y.3510 ITU-T Y.3510, 2014.
[14] «Cloud computing framework and high-level requirements», ITU-T, Switzerland Geneva, Recommendation ITU-T Y.3501 Y.3501, may 2013.
[15] A. Vogel, D. Griebler, C. A. F. Maron, C. Schepke, y L. G. Fernandes, «Private IaaS Clouds: A Comparative Analysis of OpenNebula, CloudStack and OpenStack», en *2016 24th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing (PDP)*, Heraklion, Crete, Greece, feb. 2016, pp. 672-679, doi: 10.1109/PDP.2016.75.
[16] L. R. G. García Perellada y A. A. Garófalo Hernández, «Arquitectura de Referencia para el diseño y despliegue de Nubes Privadas», *Rev. Ing. Electrónica Automética Comun. RIELAC*, vol. Vol.XXXVI, n.º 1, p. 16, ene. 2015.
[17] J. Breitbart, S. Pickartz, J. Weidendorfer, y A. Monti, «Viability of Virtual Machines in HPC», en *Euro-Par 2016: Parallel Processing Workshops*, ago. 2016, pp. 721-733, doi: 10.1007/978-3-319-58943-5_58.
[18] Microsoft, «Infrastructure-as-a-Service Product Line Architecture». 2016.
[19] S. G. S. Twg, «SNIA Emerald™ Power Efficiency Measurement Specification», p. 85, oct. 2018.
[20] K. Razavi *et al.*, «Kangaroo: A Tenant-Centric Software-Defined Cloud Infrastructure», en *2015 IEEE*, 2015, p. 10, doi: 10.1109/IC2E.2015.19.
[21] ITU Telecommunication Standardization, «Cloud computing – Functional requirements of Infrastructure as a Service," ITU-T, Switzerland Geneva, Recommendation ITU-T Y.3513 Y.3513, Aug. 2014.», *ITU-T Recomm.*, 2014, Accedido: ene. 26, 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3513-201408-I.
[22] «Classification of Data Center Management Software Tools - AST-0120937_Classification_of_Data_Center_Infrastructure_Management_DCIM_Tools.pdf». Accedido: abr. 04, 2016. [En línea]. Disponible en: http://resources.idgenterprise.com/original/AST-0120937_Classification_of_Data_Center_Infrastructure_Management_DCIM_Tools.pdf.
[23] A. Kaiser, *Become ITIL Foundation Certified in 7 Days - Learning ITIL | Abhinav Kaiser | Springer*, 1.ª ed. Apress, 2017.
[24] Microsoft, «Microsoft. Infrastructure-as-a-Service Product Line Architecture». 2014.
[25] «Powerful infrastructure automation and delivery | Puppet». https://puppet.com/ (accedido may 31, 2020).
[26] A. Hat Red, «Ansible is Simple IT Automation». https://www.ansible.com (accedido may 31, 2020).
[27] «OSSEC - World's Most Widely Used Host Intrusion Detection System - HIDS», *OSSEC*. https://www.ossec.net/ (accedido may 31, 2020).
[28] «OCS Inventory Professionnel». https://ocsinventory-ng.org/?lang=en (accedido may 31, 2020).

[29] «Open-AudIT - The network inventory, audit, documentation and management tool.» https://www.open-audit.org/ (accedido may 31, 2020).
[30] «Nmap: the Network Mapper - Free Security Scanner». https://nmap.org/ (accedido may 31, 2020).
[31] R. Mahindru, R. Sarkar, y M. Viswanathan, «Software defined unified monitoring and management of clouds», *IBM J RES DEV*, vol. 58, n.º 2/3, p. 12, 05 2014.
[32] «Cloud computing framework and high-level requirements», TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, Switzerland Geneva, Recommendation Recommendation ITU-T Y.3501, 2014.
[33] «The best free enterprise open source backup software for Linux», *Bacula*. https://www.bacula.org/ (accedido may 31, 2020).
[34] «Amanda Network Backup: Open Source Backup for Linux, Windows, UNIX and OS X». http://www.amanda.org/ (accedido may 31, 2020).
[35] A. F. Bezanilla, L. R. G. Perellada, y A. A. G. Hernández, «Propuesta de controles de seguridad para nubes privadas y centros de datos virtualizados.», *Rev. Telemática*, vol. 17, n.º 1, pp. 56-72, nov. 2018.
[36] A. Fernández Bezanilla, L. R. García Perellada, y A. A. Garófalo, «Gestión de riesgos técnicos en nubes privadas con soporte a la categoría de servicio IaaS», *Tono*, vol. 14, n.º 1, pp. 30-40, jul. 2018.
[37] «Búsqueda y análisis de código abierto · Elasticsearch | Elastic». https://www.elastic.co/es/ (accedido may 31, 2020).