

Prioridades a otorgar a los RNF del sistema de almacenamiento

Las prioridades a otorgar al cumplimiento de los Requerimientos no Funcionales (RNF) del Sistema de Almacenamiento (SA) deben ser heredadas de las prioridades asignadas a los RNF de la Nube Privada (NP)/Centro de Datos Virtualizado (CDV) como un todo y/o especificadas de forma particular para este bloque. Las soluciones a evaluar deben recibir un valor final atendiendo a dos posibles opciones:

- La primera es a través del Indicador de Calidad (α). Esta es la manera más sencilla y rápida de evaluar ya que se otorga igual prioridad a todos los RNF.

[1]

- La segunda requiere un trabajo matemático extra ya que propone otorgar prioridades a los RNF como se propone al inicio del presente escrito. Esta posición se materializa a través del Indicador de Calidad Ponderado (β). [1]

Sean x_1, x_2, \dots, x_n los valores normalizados de los n atributos a medir de un SA, se define como α a la media aritmética de estos n valores, como muestra la Fórmula 1:

[1]

$$\alpha = \frac{1}{n} * (\sum_{i=1}^n x_i) = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Sean x_1, x_2, \dots, x_n los valores normalizados de los n atributos a medir de una plataforma de virtualización, y w_1, w_2, \dots, w_n de los coeficientes ponderados o prioridades de cada uno de los x_i respectivamente, se define como β a la media aritmética ponderada de estos n valores normalizados, como muestra la Fórmula 2:

[1]

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{x_1 * w_1 + x_2 * w_2 + \dots + x_n * w_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (2)$$

Una vez evaluada la solución, se calculan sus indicadores de calidad. Los valores de α y β dan una medida de la calidad de la solución seleccionada en cuestión. Es deseable $\alpha < \beta$ ya que da una medida de que los RNF que interesa priorizar en el diseño han tenido mejor cumplimiento que los que no interesa priorizar. Mientras más grande sea la diferencia entre los dos coeficientes más eficiente habrá sido la elección. Mientras más cercano sea β a la unidad mejor será la solución, es decir, cumple con los RNF propuestos. [1]

A su vez en función de los valores de α y/o β la plataforma debe ser evaluada de:

- Excelente: $0,80 < \alpha \text{ y/o } \beta \leq 1$
- Muy buena: $0,60 < \alpha \text{ y/o } \beta \leq 0,80$
- Buena: $0,40 < \alpha \text{ y/o } \beta \leq 0,60$
- Regular: $0,20 < \alpha \text{ y/o } \beta \leq 0,40$
- Insatisfactoria: $\alpha \text{ y/o } \beta \leq 0,20$

Dimensión de Adaptabilidad

Indica la capacidad del SA de aumentar su capacidad de almacenamiento ante la demanda de recursos, así como el grado de personalización que ofrece para ajustar tecnológicamente la solución, ante las necesidades presentes y futuras de la entidad cliente.

Categoría de Escalabilidad

Es la capacidad que tiene la infraestructura de la NP/CDV de crecer en lo que a recursos de almacenamiento se refiere. Posee dos atributos: la Escalabilidad Vertical (EV) y la Escalabilidad Horizontal (EH).

Atributo de Escalabilidad Vertical

Es la cantidad de recursos de cómputo que se permite aumentar en los nodos de almacenamiento [2], [3]. Por lo general se tienen en cuenta factores como: máxima capacidad de almacenamiento, tomando en cuenta el número y tipo de disco; el número máximo de Tarjetas de Interfaces de Red (NIC¹), Host Bus Adapters (HBA) y/o Adaptadores de Redes Convergentes (CNA²); el número máximo de sockets de Unidad Central de Procesamiento (CPU³) y modelos de CPU; y Memoria de Acceso Aleatorio (RAM⁴) que tienen las placas de los nodos; la facilidad de crecimiento de las prestaciones de hardware (HW); la obsolescencia tecnológica; y los costos de crecimiento [4]–[7]. La autora de la presente investigación aboga por dimensionar físicamente con el 100% de la EV.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

La métrica que se propone para evaluar el cumplimiento de la EV en el subsistema del SA es “EV en los Tier” definida por la Fórmula 3:

$$EVT = \left(\sum_{k=1}^n EVT_k \right) * 100\% \quad (3)$$

En donde:

EVT: EV en los Tiers, se evaluará de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_T \leq 100\%$.

¹ Siglas correspondientes al término en inglés: Network Interface Card.

² Siglas correspondientes al término en inglés: Converged Network Adapter.

³ Siglas correspondientes al término en inglés: Central Processing Unit.

⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Random Access Memory.

- Regular: si $80\% < EV_T \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_T \leq 80\%$.

EVT_k: EV en cada Tier que posea la infraestructura. Como criterio de diseño se considera que en cada Tier del SA los nodos de almacenamiento deben tener las mismas prestaciones. Se define por tanto como indica la Fórmula 4:

$$EVT = \sum EV_{RAM} + EV_{CPU} + EV_{Red} + EV_{HBA} + EV_{CNA} + EV_{Discos} \quad (4)$$

En donde:

EVT: se le asignará a una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_T * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_T * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_T * 100\% \leq 80\%$.

EV_{RAM}: EV del subsistema de RAM en un nodo de almacenamiento, definido por la Fórmula 5:

$$EV_{RAM} = \frac{\# \text{ de ranuras RAM utilizadas}}{\text{Total de ranuras para RAM}} \quad (5)$$

Se le asignará a EV_{RAM} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_{RAM} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_{RAM} * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_{RAM} * 100\% \leq 80\%$.

EV_{CPU}: EV del subsistema de CPU en un nodo de almacenamiento, definido por la
Fórmula 6:

$$EV_{CPU} = \frac{\# \text{ de sockets de CPU utilizados}}{\text{Total de sockets de CPU}} \quad (6)$$

Se le asignará a EV_{CPU} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_{CPU} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_{CPU} * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_{CPU} * 100\% \leq 80\%$.

EV_{NIC}: EV del subsistema de red en un nodo de almacenamiento, definido por la
Fórmula 7:

$$EV_{nic} = \frac{\# \text{ de ranuras para NIC utilizadas}}{\text{Total de ranuras para NIC}} \quad (7)$$

Se le asignará a EV_{NIC} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_{NIC} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_{NIC} * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_{NIC} * 100\% \leq 80\%$.

EV_{HBA}: EV del subsistema de red en un nodo de almacenamiento, definido por la
Fórmula 8:

$$EV_{HBA} = \frac{\# \text{ de ranuras para HBA utilizadas}}{\text{Total de ranuras para HBA}} \quad (8)$$

Se le asignará a EV_{HBA} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_{HBA} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_{HBA} * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_{HBA} * 100\% \leq 80\%$.

EV_{CNA} : EV del subsistema de red en un nodo de almacenamiento, definido por la Fórmula 9:

$$EV_{CNA} = \frac{\# \text{ de ranuras para CNA utilizadas}}{\text{Total de ranuras para CNA}} \quad (9)$$

Se le asignará a EV_{CNA} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_{CNA} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_{CNA} * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $EV_{CNA} * 100\% \leq 80\%$.

EV_{discos} : EV del subsistema de discos en un nodo de almacenamiento, definido por la Fórmula 10:

$$EV_{HBA} = \frac{\# \text{ de ranuras para HBA utilizadas}}{\text{Total de ranuras para HBA}} \quad (10)$$

Se le asignará a EV_{Discos} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < EV_{Discos} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < EV_{Discos} * 100\% \leq 90\%$.

- Mal: si $EV_{\text{Discos}} * 100\% \leq 80\%$.

Atributo de Escalabilidad Horizontal

Indica cuántos nodos de almacenamiento pueden ser agregados al SA cumpliendo con: la disponibilidad y el desempeño de los servicios [2]; el número máximo de nodos permitido por la solución de SA, e incluso la combinación gestor-hipervisor-SA; la Red del CD (DCN⁵) y/o la red dedicada al SA; los estándares de la TIA 942-B 2017 y la ISO/IEC 11801-5:2017 para el cableado; y los presupuestos anuales destinados al pago del consumo de energía eléctrica y mantenimiento, Gastos de Operaciones (OPEX⁶). [3] Se encuentra limitada por el requerimiento, de los mencionados anteriormente, que imponga el menor número de nodos de almacenamiento a agregar.

La autora de la presente investigación se encuentra en concordancia con la definición mencionada, pero considera que la evaluación de la EH de este subsistema no debe ser de forma aislada, sino integrado al resto de los subsistemas y parámetros que restringen la adición de nodos, ya sea de cómputo o de almacenamiento, a la infraestructura como se encuentra plasmado en la definición de la EH de una NP/CDV: los estándares de la TIA 942-B 2017, ISO/IEC 11801-5:2017 y el ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2019, las Inversiones de Capital (CAPEX⁷) y el OPEX anuales dedicados a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la entidad, el consumo de energía eléctrica y los

⁵ Siglas correspondientes al término en inglés: Data Center Network.

⁶ Siglas correspondientes al término en inglés: Operational Expenditures.

⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Capital Expenditure.

requerimientos de Calidad de Servicio (QoS⁸) que imponen los diferentes bloques de la nube. Estos factores abarcan a todos los bloques funcionales de la nube como el SA, la DCN y los recursos facilitadores, razón por la cual debe ser evaluada la EH de la nube como un todo integrado, y no como islas, en donde no se verían los compromisos e interacciones entre los subsistemas.

Categoría de Personalización

La categoría de Personalización indica las capacidades que brinda el SA para adaptar tecnológicamente la infraestructura de la NP/CDV, así como sus servicios de soporte y de usuarios, ante las necesidades presentes y futuras de la entidad cliente. Posee como atributos a la interoperabilidad, la flexibilidad y la compatibilidad.

Atributo de Interoperabilidad & Portabilidad

Indica la capacidad del SA de soportar estándares y tecnologías para la gestión de las cargas de trabajo y la migración de datos en post de la interoperabilidad y portabilidad. Actualmente destacan el soporte de:

- Interfaz Interfaz de Gestión de Datos en la Nube (CDMI⁹), estándar de la Storage Networking Industry Association (SNIA)
- Interfaz Especificación de la Iniciativa de Gestión de Almacenamiento (SMI-S¹⁰), estándar de la SNIA

⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: Quality of Service.

⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Data Management Interface.

¹⁰ Siglas correspondientes al término en inglés: Storage Management Initiative Specification.

- Interfaces de Transferencia de Estado Representacional (REST¹¹), estándar de facto
- Interfaces del Simple Object Access Protocol (SOAP)

Métricas y Procedimiento de Evaluación

Se propone la métrica “Nivel de Interoperabilidad / Portabilidad (NI/P)”. Su valor será cuantitativo y se encontrará en función de cuántas capacidades soporta el SA como indica la Fórmula 11.

$$NI/P = \frac{\text{valor total por capacidades soportadas}}{10} \quad (11)$$

Por cada capacidad soportada debe serle asignada un valor de un punto hasta un máximo de diez puntos. En el caso de aquellas capacidades declaradas por el cliente como obligatorias, y el soporte de estándares como CDMI y SMI-S, se le debe otorgar un valor de dos. Deben aplicarse pruebas de configuración al SA para emitir un criterio ante el soporte o no de los RF.

Se le asignará a NI/P una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < NI/P * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < NI/P * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $NI/P * 100\% \leq 80\%$.

¹¹ Siglas correspondientes al término en inglés: Representational State Transfer.

Atributo de Flexibilidad

Indica las capacidades del SA para personalizar la solución, tanto de HW como de SW, de acuerdo a las necesidades y políticas de uso del Proveedor del Servicio de la Nube (CSP¹²).

Métricas y Procedimiento de Evaluación

Se propone la métrica “Nivel de Flexibilidad (NF)”. Su valor será cuantitativo y se encontrará en función de cuántas capacidades soporta el SA como indica la Fórmula 12.

$$NF = \frac{(Interfaces\ CSU) + (Interfaces\ CSP) + (plugins; addons; librerías) + (automatización) + (HW\ COTS)}{4} \quad (12)$$

Puede ser el promedio clásico como muestra la Fórmula 12, o el ponderado en función de los intereses o prioridades de la entidad.

Métricas secundarias:

La evaluación de la flexibilidad de una NP/CDV que brinde Infraestructura como Servicio (IaaS¹³) estará centrada en el soporte de:

1. Soporte de interfaces para el desarrollo de herramientas para los Usuario del Servicio de la Nube (CSU¹⁴): __ Interfaz de Programación de Aplicaciones (API¹⁵) REST (API REST), __ API de Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) CDMI (CDMI EC2 API), __ SOAP API, Otras: _____.

Por cada uno que soporte obtiene 2 puntos. Las CDMI API poseen un valor de tres puntos, así como aquellas que sean declaradas como necesarias por la entidad

¹² Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Service Provider.

¹³ Siglas correspondientes al término en inglés: Infrastructure as a Service.

¹⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Service User.

¹⁵ Siglas correspondientes al término en inglés: Application Programming Interface.

cliente. Si soporta otras contabilizarán un punto adicional por cada uno hasta obtener un máximo de 10 puntos.

2. Soporte de interfaces para el desarrollo de herramientas para los administradores: __ CDMI API, __ SMIS-S API, __ REST API __ Otras: _____.

Por cada una que soporte obtiene 2 puntos. Las CDMI API y SMIS-S API poseen un valor de tres puntos, así como aquellas que sean declaradas como necesarias por la entidad cliente. Si soporta otras contabilizarán un punto adicional por cada uno hasta obtener un máximo de 10 puntos.

3. Soporte de herramientas como: __ Puppet __ Ansible __ Chef __ Cobler __ Foreman __ Otras: _____.

Por cada una que soporte obtiene un punto. Puppet, Ansible y Chef poseen un valor de tres puntos, así como aquellas que sean declaradas como necesarias por la entidad cliente. Si soporta otras contabilizarán un punto adicional por cada uno hasta obtener un máximo de 10 puntos.

4. Soporte de interfaces de programación para automatizar e integrar soluciones de terceros: __ Modelo de información Común (CIM)¹⁶, __ REST API, __ Software Development Kits (SDK), __ pluggins, __ addons, Otros: _____.

La entidad cliente debe otorgar un valor de dos puntos a cada interfaz soportada. Se propone un valor de tres puntos para CIM y REST API por sus condiciones de recomendación y estándar de facto respectivamente.

¹⁶ Siglas correspondientes al término en inglés: Common Information Model.

5. Indica la capacidad de personalizar los componentes de HW en función de los requerimientos y necesidades [8] [9] [10]. La autora de la presente investigación considera que este atributo se cumple, valor 10, siempre que se diseñe con HW tipo COTS.

Una vez asignados los puntos, se promedian los resultados y el resultado del promedio constituirá la métrica de portabilidad de la NP/CDV. Para integrar la métrica a la métrica general que evalúa a la NP se divide entre 10 el resultado para llevarlo a la escala de 0 a 1.

Se le asignará a NF una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < NF/P * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < NF/P * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $NF/P * 100\% \leq 80\%$.

Atributo de Compatibilidad

Indica el grado de soporte que posee el SA a estándares, recomendaciones, protocolos y/o tecnologías legadas y vigentes. La métrica a evaluar es “Nivel de Compatibilidad (NC)”, y es obtenida en función del nivel de cumplimiento de los RF que indica la Tabla 1. En esta Tabla 1, se le es otorgado el valor de 1 al RF soportado, y 0 en caso contrario. El valor de NC lo indica la Fórmula 13:

$$NC = 1 - \frac{1}{Promedio} \quad (13)$$

En donde **Promedio**, constituye el promedio de los RF que soporta la solución de Almacenamiento Definido por Software (SDS¹⁷).

Se le asignará a NC una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < NC * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < NC * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $NC * 100\% \leq 80\%$.

Tabla 1. RF que tributan a la compatibilidad soportados por el SA

Categorías	RF	1/0
Tipo de procesamiento de datos soportado ¹⁸ :	- Bloques	
	- Ficheros	
	- Objetos	
Soporte para interoperar con las tecnologías de virtualización:	- Virtualización completa:	
	o <u>Kernel-based Virtual Machine (KVM)</u>	
	o Xen	
	- Virtualización a Nivel de Sistema Operativo (OSLV ¹⁹):	
	o Contenedores Linux (LXC ²⁰)	
	o LXD	
	o Docker	
Soporte para interoperar con los gestores:	- OpenStack	
	- CloudStack	
	- OpenNebula	
	- Proxmox	
Soporte de protocolos para presentarle el almacenamiento a las plataformas de virtualización:		

¹⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Software-Defined Storage.

¹⁸ Se considera debe estar en función de los servicios de los tipos de aplicaciones/servicios.

¹⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: Operating System Level Virtualization.

²⁰ Siglas correspondientes al término en inglés: Linux Container.

	- <u>Internet Small Computer Systems Interface (iSCSI)</u>	
	- <u>Fiber Channel (FC)</u>	
	- FC sobre Ethernet (FCoE ²¹)	
Soporte para interoperar con Nubes Públicas.		
Promedio:		

Dimensión de QoS

Categoría de Desempeño

Indica los índices de desempeño capaz de lograr el SA respecto a: capacidad, throughput, tiempo de respuesta y eficiencia.

Atributo de Throughput

Indica la transferencia de datos por unidad de tiempo libre de errores. Para integrar el atributo al sistema general que evalúa al SA se debe emplear la métrica general $Throughput_{SA}$, a través de la Fórmula 14, que permite una escala de 0 a 1.

$$Throughput_{SA} = \frac{Throughput + Stress}{2} \quad (14)$$

Pruebas para evaluar el Throughput de SA

Nombre de la Prueba: Pruebas de throughput del SA.

Tipo de prueba: micro benchmarking

Número de iteraciones: las necesarias para alcanzar el estado estable. Las métricas tienen que ser tomadas en el estado estable. La SNIA establece que deben ser cinco iteraciones. [11], [12]

Objetivo: Evaluar las velocidades de un SA durante la transferencia de datos.

Parámetros a ser medidos:

²¹ Siglas correspondientes al término en inglés: Fibre Channel over Ethernet.

- Throughput de lectura y escritura de los discos duros.
- Operaciones por segundo de los discos duros.
- Throughput de la red.
- Throughput de lectura y escritura del clúster del SA.
- Operaciones por segundo del clúster del SA.

Recursos a emplear:

Deben ser elegidas las herramientas para elegir el throughput y Operaciones de Entrada/Salida por Segundo (IOPS²²) de los discos y el clúster del SA, así como de la red del SA. La autora de la presente investigación propone:

- Fio para realizar las pruebas de throughput e IOPS en los discos y el clúster del SA.
- Iperf para realizar las pruebas de throughput en la red del SA.

Descripción de la prueba (empleando las herramientas Fio e Iperf):

Instalación y configuración:

1. Instalar la herramienta Fio empleando el comando: **aptitude install fio**.
2. Conectarse al SA empleando el protocolo Secure Shell (SSH) y dirigirse hacia el Hard Disk Drive (HDD) a probar empleando el comando **cd /dev/sdx**.
3. Crear en el disco una carpeta de nombre benchmark-fio empleando el comando **mkdir benchmark-fio**.

Ejecución de las pruebas:

4. Para determinar el throughput y los IOPS de las operaciones correspondientes a la escritura aleatoria ejecutar el comando **"fio --name=randwrite --**

²² Siglas correspondientes al término en inglés: Input/Output Operations Per Second.

ioengine=libaio --iodepth=1 --rw=randwrite --bs=(tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=20 --runtime=240 --group_reporting” y el comando **“fio --name=randread --ioengine=libaio --iodepth=16 --rw=randread --bs=(tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=20 --runtime=240 --group_reporting**” para la lectura aleatoria.

5. Para determinar el throughput y los IOPS de las operaciones correspondientes a la escritura secuencial ejecutar el comando **“fio --name=write --ioengine=libaio --iodepth=1 --rw=write --bs= (tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=8 --runtime=240 --group_reporting**” y el comando **“fio --name=read --ioengine=libaio --iodepth=16 --rw=read --bs=(tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=8 --runtime=240 --group_reporting**” para la lectura secuencial.

Los tamaños de bloques a emplear serán 4KB, 64KB, 256KB y 1024KB debido a que se desea comprobar el rendimiento de los discos con diferentes tamaños de bloques puesto que el SA será expuesto a ficheros de tamaño variable.

6. Para determinar el throughput en la red del SA ejecutar primeramente en un nodo del clúster el comando **“iperf -s”**, posteriormente ejecutar en los demás nodos del clúster el comando **“iperf -c (IP del nodo donde se ejecutó iperf -s) -f M -t 300**”. Los resultados se recopilan en forma de salida por pantalla. Este procedimiento debe reiterarse ejecutando el comando **“iperf -s”** en otro nodo del clúster y ejecutando el otro comando en los nodos restantes.
7. Ir a la página oficial de la herramienta FIO para realizar las pruebas descritas anteriormente, pero ahora al clúster del SA. Se hace necesario ir a la

documentación oficial ya que la herramienta tiene formas de configuración específica para probar SA pero que difieren unas de otras.

Limpieza del escenario:

1. Desinstalar las herramientas definidas para la realización de las pruebas.
2. Eliminar los archivos generados y la carpeta benchmark-fio.

Análisis y procesamiento de los resultados:

1. Calcular el promedio de las muestras de las distintas iteraciones.
2. Generar los gráficos empleando los datos de throughput e IOPS de las diferentes operaciones analizadas.
3. Generar las tablas correspondientes al throughput de la red tanto pública como del clúster de almacenamiento respectivamente.
4. Emitir criterios de evaluación: Satisfactorio (=1) o Insatisfactorio (=0).

Pruebas de estrés del SA

Nombre de la prueba: Comprobación de los índices de saturación del SA.

Tipo de prueba: micro benchmarking

Número de iteraciones: las necesarias para alcanzar el estado estable en cada ciclo. Las métricas tienen que ser tomadas en el estado estable. La SNIA establece que deben ser cinco iteraciones como mínimo. [11], [12]

Objetivo: identificar de forma aproximada el número de operaciones concurrentes máximo que puede soportar el SA sin degradar su desempeño.

Parámetros a ser medidos:

- IOPS del clúster del SA
- Throughput del clúster del SA

- Tiempo de respuesta del clúster del SA

Recursos a emplear:

Deben ser elegida la herramienta para medir el throughput, los IOPS y el tiempo de respuesta del clúster del SA. La autora de la presente investigación propone Fio, Bonnie++ o IOZone para el SA y Ping para la red.

Descripción de la prueba:

- 1- Instalar y configurar, tanto en los clientes como en los servidores, las herramientas de pruebas, benchmarks y/o generadores de carga.
- 2- Generar una carga inicial concurrente y sostenida en un intervalo de tiempo no pequeño, con tamaños de bloques de 4KB, 64KB, 256KB o 1024KB. Medir las métricas de throughput, tiempo de respuesta e IOPS del clúster del SA, tomar los valores definitivos una vez alcanzado el estado estable.
- 3- Incrementar la carga²³ y ejecutar las pruebas del paso 2 hasta que se obtengan valores de throughput, tiempo de respuesta e IOPS por debajo del 70% de su valor inicial.

Limpieza del escenario:

1. Desinstalar las herramientas definidas para la realización de las pruebas.
2. Eliminar los archivos generados y la carpeta benchmark-fio, para el ejemplo actual.

Análisis y procesamiento de los resultados:

1. Calcular el promedio de las muestras de las distintas iteraciones.
2. Dibujar una gráfica en donde se evidencie la degradación del desempeño.

²³ A incrementos más pequeños, más detallada la información.

3. Emitir criterios de evaluación: Satisfactorio (=1) o Insatisfactorio (=0).

Atributo de Tiempo de Respuesta

El tiempo de respuesta indica el intervalo de tiempo entre el cual se envía una petición al sistema de almacenamiento y se recibe la respuesta. Un umbral define la demora máxima tolerable al usuario que espera por una respuesta.

Pruebas para evaluar el tiempo de respuesta de SA

Nombre de la Prueba: Pruebas de tiempo de respuesta del SA.

Tipo de prueba: micro benchmarking

Número de iteraciones: las necesarias para alcanzar el estado estable. Las métricas tienen que ser tomadas en el estado estable. La SNIA establece que deben ser cinco iteraciones. [11], [12]

Objetivo: Obtener los tiempos de respuesta para las distintas operaciones realizadas sobre los discos, red de acceso y el SA en general.

Parámetros a ser medidos:

Las métricas a medir son los tiempos de respuesta de los discos y del SA a distintos tamaños de bloques. Además del % de solicitudes demoradas y los valores de demora promedio en responder una solicitud. La SNIA establece que el máximo tiempo requerido para comenzar a recibir los datos de un SA después de haber realizado una solicitud de lectura arbitraria es de 80ms [13], [14].

Recursos a emplear:

Deben ser elegidas las herramientas para medir el tiempo de respuesta de los discos y el clúster del SA, así como para evaluar la red de acceso. La autora de la presente investigación propone Fio para el SA y Ping para la red.

Descripción de la prueba (empleando las herramientas Fio e Iperf):

Instalación y configuración:

1. Instalar la herramienta Fio empleando el comando: **aptitude install fio**.
2. Conectarse al SA empleando ssh y dirigirse hacia el HDD a probar empleando el comando **cd /dev/sdx**.
3. Crear en el disco una carpeta de nombre benchmark-fio empleando el comando **mkdir benchmark-fio**.
4. Instalar Ping en los servidores origen y/o destino.

Ejecución de las pruebas:

4. Para determinar el tiempo de respuesta de las operaciones correspondientes a la escritura aleatoria ejecutar el comando **"fio --name=randwrite --ioengine=libaio --iodepth=1 --rw=randwrite --bs=(tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=20 --runtime=240 --group_reporting"** y el comando **"fio --name=randread --ioengine=libaio --iodepth=16 --rw=randread --bs=(tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=20 --runtime=240 --group_reporting"** para la lectura aleatoria.
5. Para determinar el tiempo de respuesta de las operaciones correspondientes a la escritura secuencial ejecutar el comando **"fio --name=write --ioengine=libaio --iodepth=1 --rw=write --bs= (tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=8 --runtime=240 --group_reporting"** y el comando **"fio --name=read --ioengine=libaio --iodepth=16 --rw=read --bs=(tamaño bloque) --direct=0 --size=256M --numjobs=8 --runtime=240 --group_reporting"** para la lectura secuencial.

Los tamaños de bloques a emplear serán 4KB, 64KB, 256KB y 1024KB debido a que se desea comprobar el rendimiento de los discos con diferentes tamaños de bloques puesto que el SA será expuesto a ficheros de tamaño variable.

6. Para determinar el throughput en la red del SA ejecutar primeramente en un nodo del clúster el comando “**iperf -s**”, posteriormente ejecutar en los demás nodos del clúster el comando “**iperf -c (IP del nodo donde se ejecutó iperf -s) -f M -t 300**”. Los resultados se recopilan en forma de salida por pantalla. Este procedimiento debe reiterarse ejecutando el comando “**iperf -s**” en otro nodo del clúster y ejecutando el otro comando en los nodos restantes.
7. Ejecutar el comando **sudo ping -f -c 100 000 IP-Destino** desde un servidor cliente a cada uno de los nodos de almacenamiento, obteniendo un valor promedio por nodo de almacenamiento. El valor final debe ser el menor de estos tiempos de respuestas.
8. Ir a la página oficial de la herramienta FIO para realizar las pruebas descritas anteriormente, pero ahora al clúster del SA. Se hace necesario ir a la documentación oficial ya que la herramienta tiene formas de configuración específica para probar SA pero que difieren unas de otras.

Limpieza del escenario:

1. Desinstalar las herramientas definidas para la realización de las pruebas.
2. Eliminar los archivos generados y la carpeta benchmark-fio, para el ejemplo actual.

Análisis y procesamiento de los resultados:

1. Calcular el promedio de las muestras de las distintas iteraciones.

2. Generar los gráficos empleando los datos de tiempo de respuesta de las diferentes iteraciones analizadas de los discos, red de acceso y clúster del SA.
3. Emitir criterios de evaluación: Satisfactorio (=1) o Insatisfactorio (=0).

Atributo de Demoras

Indica el tiempo por encima del umbral establecido para el tiempo de respuesta que se toma el SA para servir una solicitud.

Métricas generales:

- % de solicitudes demoradas
 - Valores de demora promedio en responder una solicitud.
4. Este atributo no posee un proyecto de pruebas ya que sus resultados deben ser obtenidos de la prueba de tiempo de respuesta. Se debe emitir criterios de evaluación: Satisfactorio (=1) o Insatisfactorio (=0).

Atributo de capacidad

Indica la capacidad de almacenamiento y de transferencia de datos actual del SA disponible para datos de usuarios²⁴ [14]. Sus métricas son:

- Capacidad del SA (TB)
- Throughput de Lectura/Escritura (L/E) del SA (Gbps)
- IOPS del SA

Constituye el resultado de la sumatoria de las capacidades de cada Tier, las que a su vez son el resultado de la sumatoria de las capacidades de los nodos de almacenamiento que la conforman.

²⁴ No incluye aquella capacidad de almacenamiento dedicada a lograr tolerancia ante fallos como el espacio dedicado a las réplicas y/o a los códigos de identificación y recuperación de errores.

La métrica que se propone para evaluar el atributo de capacidad en un diseño de SA es el “Factor de Precisión del SA (FPSA)”. FPSA indica cuánto se ajusta la capacidad lograda²⁵, a los recursos de cómputos estimados. Su valor constituye el peor valor de precisión de las Tier, como muestra la Fórmula 15.

$$FPSA = \text{valor_máx}\{FP_{Tier0}; \dots FP_{Tier3}\} \quad (15)$$

En donde:

FP_{Tier_n} : Factor de precisión del Tier número n. El factor de precisión de un Tier viene dado por la Fórmula 16.

$$FP_{Tier_n} = \text{valor_máx}\{FP_{capacidad}; FP_{Throughput}; FP_{IOPS}\} \quad (16)$$

En donde $FP_{Capacidad}$, $FP_{Throughput}$ y FP_{IOPS} , son los valores de precisión de cada uno de los subsistemas de capacidad de una Tier. El FP de cada subsistema es el resultado de aplicar la Fórmula 17.

$$FPSA = \text{Capacidad lograda} - \text{Capacidad estimada} \quad (17)$$

Mientras más cercano a cero el resultado, más preciso fue el diseño logrado. De ser negativo el resultado, el diseño debe ser considerado insuficiente, dado un subdimensionamiento, y ha de realizarse un rediseño (Valor 0). De ser positivo, y la diferencia ser menor o igual a:

- el 25% de la capacidad estimada, la evaluación de la precisión debe ser evaluada de Muy buena; (Valor 0,25)

²⁵ O existente, si se fuese a caracterizar un sistema inicial. De ser el caso debe ser evaluado si el HW heredado es suficiente o no en cuanto a la capacidad para el soporte de los servicios a desplegar.

- el 50% de la capacidad estimada, la evaluación de la precisión debe ser evaluada de Aceptable. (Valor 0,5)
- Un valor superior arroja una evaluación de mala precisión, y debe considerarse un rediseño por sobredimensionamiento. (Valor 0)

Atributo de utilización²⁶

Indica el porcentaje de la capacidad en uso. Las métricas a monitorizar se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Métricas de utilización

Almacenamiento											
Capacidad (GB)		Throughput									
Capacidad (GB)	uso	IOPS				Throughput (Mbps)					
		Capacidad	u-prom	u-máx	P95	Capacidad	u-prom		u-máx		P95
							L	E	L	E	

Atributo de Eficiencia

Indica las capacidades del SA para optimizar la explotación del espacio de almacenamiento, y su eficiencia energética. [13], [14]

Métricas y pruebas de evaluación²⁷:

Se proponen para evaluar la eficiencia del SA a las pruebas de eficiencia energética y de comprobación a las técnicas de optimización de la capacidad de almacenamiento que propone la SNIA en [14], tanto para los SA que exportan la información en bloques, como para aquellos que exportan la información en

²⁶ No se incluye en la evaluación y/o caracterización inicial.

²⁷ En el caso de no poderse realizar las pruebas en un proceso de evaluación para reutilizar el HW heredado, e incluso de adquisición de un nuevo HW, debe ser tomada en cuenta la Potencia Nominal que declara el fabricante del equipo.

ficheros. No posee pruebas para la evaluación de la eficiencia energética de SA que exporten la información como objetos, en donde se proponen sean empleadas las pruebas para evaluar la eficiencia de los discos de un SA de un CD propuesta por la SNIA en el mismo documento.

Parámetros a ser medidos:

Métrica principal:

Indicador de Eficiencia del SA (IE_{SA}). Su valor será cualitativo: Mal (M), Regular (R), Bien (B) y Muy Bien (MB), en función de las métricas secundarias obtenidas en las pruebas indicadas de la SNIA:

- Eficiencia de Potencia Periódica (EPP^{28}), definida en [14], en donde se propone que si toma un valor mayor o igual a 0,85 sea evaluado de Bien, de lo contrario Mal.
- Eficiencia de Potencia para el Estado Idle (EP_{RI}^{29}), definida en [14], en donde se propone que si toma un valor mayor o igual a 0,85 sea evaluado de Bien, de lo contrario Mal.
- Eficiencia de los Métodos de Optimización de Capacidad (COM^{30}) (E_{COM}), cuyo valor estará en función de los resultados obtenidos en las pruebas para evaluar la eficiencia de los COM propuestas por la SNIA en [14]. En las pruebas de la SNIA, cada COM evaluada es catalogada de satisfactoria o no, por lo que se traducirá en este documento en 1 o 0, respectivamente, por lo que E_{com} responderá al promedio de los resultados. Será evaluado

²⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: Efficiency Periodic Power.

²⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: Efficiency Power, Ready Idle.

³⁰ Siglas correspondientes al término en inglés: Capacity Optimization Method.

cualitativamente en Pobre (P), R, B y MB, si se obtiene: 0,25, 0,50, 0,75 y 1 respectivamente. Si el SA no posee ninguna COM, E_{COM} será evaluada de M. IE_{SA} será evaluada de MB, B, R, P o M, dadas las combinaciones lógicas: Si, $EPP=B$ AND $EP_{RI}=B$, entonces $IE_{SA}=E_{COM}$, de lo contrario $IE_{SA}=M$. Si se quiere llevar a valores cuantitativos: $M=0$, $P=0,25$, $R=0,50$, $B=0,75$ y $MB=1$.

Recursos a emplear:

- Herramientas de generación de cargas, colectores y procesadores de datos: se propone sean sustituidas las herramientas propietarias que propone la SNIA: SPEC SFS® 2014 Benchmark y los Colectores sFlow, por otras de tipo SLCA, y que se realicen las configuraciones lo más cercanas posible a como lo indica el estándar con esas herramientas propietarias.
- Metros de potencia y temperatura: se deben emplear los especificados en la recomendación. De no ser posible, deben cumplir con las especificaciones indicadas por la SNIA en el documento.

Categoría de Disponibilidad

Indica la capacidad del SA de mantener sus servicios activos, accesibles y operables. Posee los atributos: % de servicio activo, confiabilidad, tolerancia ante fallos y recuperación ante fallos. Para integrar el atributo al sistema general que evalúa al SA se debe emplear la métrica general $Disponibilidad_{SA}$, a través de la Fórmula 18, que permite una escala de 0 a 1.

$Disponibilidad_{SA} =$

$$\frac{\% \text{ Servicio Activo} + \text{Confiabilidad} + \text{Tolerancia a Fallos} + \text{Recuperación ante Fallos}}{4} \quad (18)$$

Atributo de Porcentaje de Servicio Activo³¹

Se adoptó la propuesta de plantilla de métricas para el porcentaje de servicio activo propuesto por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST³²) en [15]. En el documento [RNF pruebas NP/CDV](#) se explica cómo trabajar con las métricas propuestas. Debe ser evaluado de satisfactorio (1) o no (0).

Confiabilidad³³

Indica la capacidad del SA de operar sin fallas bajo condiciones dadas durante un período de tiempo determinado [16], [8], [17], [1], [18]–[20]. Se propone como métrica para su evaluación el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF³⁴). Al igual que el % de servicio activo su valor debe ser obtenido luego de un periodo de observación conveniado. Debe ser evaluado de satisfactorio (1) o no (0).

Tolerancia ante fallos³⁵

Indica la capacidad del SA para continuar operando adecuadamente ante la ocurrencia de fallos planificados o no, en uno o más componentes [16] [8] [1] [21] [22] [23].

Pruebas para evaluar la tolerancia a fallos:

Nombre de la Prueba: Pruebas de tolerancia a fallos.

Tipo de prueba: disponibilidad

³¹ En el caso de la valoración de la reutilización o no del SA legado, debe identificarse si las causas de los downtimes fueron debidos a fallas en los nodos del SA y/o conmutadores, o por fallas del SW.

³² Siglas correspondientes al término en inglés: National Institute of Standards and Technology.

³³ En el caso de la valoración de la reutilización o no del SA legado, debe ser identificado los valores del MTBF para cada tipo de fallas: por SW, por nodos del SA o por conmutadores.

³⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Mean time Between Failures.

³⁵ En el caso de la valoración de la reutilización o no de los nodos del SA legado, debe ser identificado la redundancia de sus componentes, en especial las: fuentes de alimentación, extractores de aire y controladoras RAID de necesarias.

Número de iteraciones: mínimo 5 en las pruebas de cada nivel del SA

Objetivo: Evaluar la tolerancia a fallos del SA.

Parámetros a ser medidos:

Evaluar los índices de protección en post de la tolerancia a fallos en los niveles de discos, nodos de almacenamiento y conectividad de red.

Recursos a emplear: debe identificarse la herramienta de gestión de fallos que alerte la ocurrencia de fallos e indique la disponibilidad del sistema en general.

Descripción de la prueba:

Deben ser provocados fallos intencionales en cada uno de los niveles del SA en que se haya diseñado garantizar tolerancia a fallos en post de garantizar su correcto funcionamiento.

Análisis y procesamiento de los resultados:

Se considera que la tolerancia ante fallos debe ser evaluada en función si el SA posee tolerancia a fallos a nivel de discos, nodos de almacenamiento y conectividad de red. Si:

- La protección es solo a nivel de discos, se considera Pobre (P) (0,25) la tolerancia a fallos.
- La protección es a nivel de discos y redundancia de los componentes de los nodos de almacenamiento, se considera Regular (R) (0,50) la tolerancia a fallos.
- La protección es a nivel de discos, conectividad de red y redundancia de los componentes de los nodos de almacenamiento, se considera Buena (B) (0,75) la tolerancia a fallos.

- La protección es a nivel de discos, nodos de almacenamiento, conectividad de red y redundancia de los componentes de los nodos de almacenamiento, se considera Muy Buena (MB) (1) la tolerancia a fallos.

Recuperación ante fallos³⁶

Indica la capacidad del SA para continuar operando adecuadamente ante la ocurrencia de fallos planificados o no, en uno o más componentes [16] [8] [1] [21] [22] [23]. Posee como métricas:

- Tiempo Promedio para la Restauración del Servicio (MTTSR³⁷)
- Recovery Times Objectives (RTO)
- Recovery Point Objectives (RPO)

Adquirirá una evaluación de:

- Mal (0) de no resultar satisfactoria ninguna de las tres métricas anteriores.
- Regular (0,35) de resultar tan solo una satisfactoria.
- Bien (0,75) de resultar dos satisfactorias.
- Muy Bien (1) de resultar las tres satisfactorias.

Pruebas para evaluar el MTTR:

Nombre de la Prueba: Pruebas de recuperación ante fallos.

Tipo de prueba: disponibilidad

Número de iteraciones: mínimo 5 en cada prueba

Objetivo: Evaluar la el tiempo de recuperación ante fallos promedio del SA.

³⁶ En el caso de la valoración de la reutilización o no del SA legado, debe ser identificado las causas de las demoras en el proceso de recuperación: por deficiencias de los nodos del SA, la red del SA o el SW.

³⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Mean Time to Service Repair.

Parámetros a ser medidos:

Primarias:

La Fórmula 19 muestra el MTTSR:

$$MTTSR = \frac{\sum_{i=1}^n TTSRn}{n} \quad (19)$$

Secundarias:

Tiempo para la restauración del servicio (TTSR), como muestra la Fórmula 20:

Diferencia en tiempo entre el momento de restauración y caída de un servicio [24]:

$$TTSR = \frac{\text{Tiempo de Reacción} + \text{Tiempo de Recuperación}}{n} \quad (20)$$

En donde:

Tiempo de reacción: Demora entre la ocurrencia de un fallo y la primera reacción del sistema de gestión de la disponibilidad [25].

Tiempo de recuperación: tiempo desde la primera reacción hasta que el servicio vuelva a estar activo nuevamente [25].

Recursos a emplear: deben identificarse las herramientas de gestión de fallos que alerten la ocurrencia de fallos e indiquen su resolución. Pueden ser los logs del sistema o herramientas de gestión como Zabbix.

Descripción de la prueba:

Deben ser confeccionadas pruebas que abarquen todos los niveles que conforman el SA, en especial los que se consideren críticos.

Análisis y procesamiento de los resultados:

1. Calcular el promedio de las muestras de las distintas iteraciones.
2. Emitir criterios de evaluación: Satisfactorio (=1) o Insatisfactorio (=0).

Pruebas para evaluar el RPO y RTO:

Nombre de la Prueba: Pruebas de configuración del sistema de salvallas.

Tipo de prueba: disponibilidad

Número de iteraciones: 1

Objetivo: Evaluar la correcta restauración de servicios y datos ante fallos.

Parámetros a ser medidos: RPO y RTO

Recursos a emplear: gestor del CD, sistema de salvallas y herramientas de gestión como Zabbix.

Descripción de la prueba:

Debe confeccionarse una prueba de configuración en el sistema de salvallas, en la que se compruebe que ante un fallo se cumpla el RPO y el RTO conveniado.

Análisis y procesamiento de los resultados:

1. Identificar si se cumplen las métricas de RPO y RTO conveniadas. Emitir criterios de: Satisfactorio (=1) o Insatisfactorio (=0).

Dimensión de Factibilidad

Indica el grado de factibilidad del SA desde las perspectivas de: costos, facilidades de gestión y robustez de la solución.

Categoría de Usabilidad

Indica el grado en que el SA puede ser Operado, Administrado y Mantenido (OAM) para cumplir con los objetivos trazados con efectividad, eficiencia y satisfacción.

Atributo Eficiencia de Uso

Indica los esfuerzos y recursos dedicados al SA para obtener los resultados deseados. Puede ser evaluada numéricamente mediante la métrica “Indicador de la Facilidad de Uso (I_{FU})”, como indica la Fórmula 21:

$$I_{FU} = \frac{\sum_1^n \text{valor asignado al parámetro}_n}{n} \quad (21)$$

En donde los parámetros a evaluar son³⁸:

- Facilidad de aprendizaje: esfuerzos requeridos por los administradores de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para comprender y aprender a usar el SA.
- Facilidad de instalación y puesta a punto: tiempo y esfuerzos requeridos para tener al SA listo para su explotación.
- Facilidad de operación: capacidad de que el SA permita una OAM sencilla e intuitiva de la infraestructura virtualizada y física.
- Preparación de los administradores de TI en relación a las áreas de conocimientos de SA como: Sistemas Operativos (SO) Linux, programación, tipos de procesamiento de datos, topologías de SA, protocolos e interfaces de acceso al SA, tipos de infraestructuras de SA, SDS, y tecnologías de SA.
- Soporte de herramientas de gestión de tipo Software Libre y Código Abierto (SLCA) en los nodos del SA que facilitan la administración a los administradores de TI.

Los parámetros deben ser evaluados en las categorías que a continuación se proponen, las que poseen un valor numérico:

³⁸ Pueden ser incluidos nuevos parámetros a considerar.

Facilidad de aprendizaje:

Muy difícil ____ (0)	Difícil ____ (0,25)	Normal ____ (0,50)	Fácil ____ (0,75)	Muy fácil ____ (1)
-------------------------	------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

Facilidad de instalación y puesta a punto:

Muy Complejo ____ (0)	Complejo ____ (0,25)	Normal ____ (0,50)	Simple ____ (0,75)	Muy simple ____ (1)
-----------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------------

Facilidad de operación:

Muy Complejo ____ (0)	Complejo ____ (0,25)	Normal ____ (0,50)	Simple ____ (0,75)	Muy simple ____ (1)
-----------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------------

Preparación de los administradores de TI:

Altos estudios, certificaciones y experiencia ____ (0)	Altos estudios y certificaciones ____ (0,25)	Estudios superiores y certificaciones ____ (0,50)	Técnico superior ____ (0,75)	Técnico medio ____ (1)
---	--	---	------------------------------------	------------------------------

Soporte de herramientas de gestión SLCA en los nodos del SA que facilitan la administración a los administradores de TI:

Se propone la métrica “Nivel de Facilidades de Gestión con SLCA (NFG_{SLCA})”. Su valor será cuantitativo y se encontrará en función del soporte de las siguientes características y Requerimientos Funcionales (RF)³⁹ por parte del sistema de gestión de los nodos del SA:

- Libre
- Abierto
- OOB

³⁹ Pueden ser agregados nuevos requerimientos en función de los intereses y necesidades del cliente.

- Dentro de banda
- Soporte para la gestión remota
- Con capacidades de integración con herramientas de gestión SLCA.
- Con capacidades para conectarse a gestores de tipo SLCA.

La Fórmula 22 indica la evaluación final del NFG_{SLCA} tomando en cuenta las características de los nodos pertenecientes a cada Tier.

$$NFG_{SLCA} = \min \{NFG_{SLCA_{Tier\ n}}\} \quad (22)$$

En donde:

$NFG_{SLCA_{Tier\ n}}$: es el NFG_{SLCA} de cada Tier. Tomará un valor de:

- Muy alto: si se cumple con el 90% de los requerimientos.
- Alto: si se cumple con el 80% de los requerimientos.
- Normal: si se cumple con el 70% de los requerimientos.
- Bajo: si se cumple con el 60% de los requerimientos.
- Muy bajo: si se cumple con menos del 60% de los requerimientos.

Atributo de Efectividad

Indica el grado de funcionalidad ofrecido por el SA para lograr la ejecución exitosa de las tareas y funciones de los administradores de la infraestructura. Se propone se evalúe mediante la métrica Índice de Soporte de RF Correspondientes al SA (IS_{SA}) expresada matemáticamente como muestra la Fórmula 23:

$$IS_{SA} = \frac{I_{SA}}{I_{totales}} \quad (23)$$

En donde:

IS_{SA}: cantidad total de RF correspondientes que soporta el SA sujeto a evaluación.

Los considerados Obligatorios deben ser sumados con un valor de tres puntos, los recomendados con un valor de dos puntos y los opcionales con un valor de un punto.

I_{totales}: cantidad total de RF que pueden ser soportados por un SA. Los considerados Obligatorios deben ser sumados con un valor de tres puntos, los recomendados con un valor de dos puntos y los opcionales con un valor de un punto. La autora propone sean considerados como referencia los RF especificados en las Tablas 20, 23, 25 (en el acápite de RF generales, y los propios para el SA), 27, 31, 38 del documento que define la [Arquitectura de Referencia Funcional \(ARF\) de la NP/CDV](#). Deben aplicarse pruebas de configuración al SA para emitir un criterio ante el soporte o no de los RF.

De esta forma se obtiene un valor cuantitativo entre 0 y 1, que refleja el nivel de cumplimiento de los RF por el SA.

Se le asignará a IS_{SA} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < NI/P * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < NI/P * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $NI/P * 100\% \leq 80\%$.

Atributo de Satisfacción del Administrador⁴⁰

Indica el Grado de Satisfacción (GS) del administrador con los resultados obtenidos debido al empleo del SA en el CD virtualizado. Debe ser identificado el GS del

⁴⁰ No aplica a comparativas de soluciones.

administrador(es) de TI mediante la encuesta de los siguientes niveles, los que poseen un valor numérico:

Muy bajo ____ (0)	Bajo ____ (0,25)	Normal ____ (0,50)	Alto ____ (0,75)	Muy alto ____ (1)
----------------------	---------------------	-----------------------	---------------------	----------------------

Categoría de Robustez

Indica el índice de consolidación y soporte del SA. Se encuentra compuesta por los atributos: consolidación de las soluciones, y documentación y tipos de soporte técnico.

Atributo - Consolidación de la solución

Indica el grado de aceptación y penetración en el mercado de las soluciones de software (SW) y HW que componen el SA: SDS y nodos de almacenamiento; así como su estabilidad en el soporte en tres años. Puede ser evaluado numéricamente mediante la métrica “Indicador de Consolidación en el Mercado (I_{CM})”, como indica la Fórmula 24:

$$I_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{valor asignado al parámetro}_n}{n} \quad (24)$$

Se le asignará a I_{CM} una evaluación de Excelente (E), Muy Bien (MB), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < I_{CM} * 100\% \leq 100\%$.
- Muy Buena: si $80\% < I_{CM} * 100\% \leq 90\%$.
- Buena: si $70\% < I_{CM} * 100\% \leq 80\%$.
- Regular: si $60\% < I_{CM} * 100\% \leq 70\%$.
- Mal: si $I_{CM} * 100\% \leq 60\%$.

En donde los parámetros a evaluar son⁴¹:

- Penetración del SDS en las infraestructuras de NP/CDV: Pequeña y Mediana Empresa (PyME), centros de investigación, universidades, industrias.
- Evaluar el tamaño y los esfuerzos dedicados de la comunidad SLCA que le brinda soporte al SDS.
- Evaluar el tamaño y los esfuerzos dedicados de la comunidad SLCA que le brinda soporte a la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS.
- Evaluar el roadmap y la proyección de la evolución y soporte para los tres años de ciclo de vida promedio de la NP/CDV del SDS.
- Evaluar el roadmap y la proyección de la evolución y soporte para los tres años de ciclo de vida promedio de la NP/CDV a la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS.
- Evaluar el grado de prestigio y posicionamiento en el mercado del proveedor de los nodos de almacenamiento.

Los parámetros deben ser evaluados en las categorías que a continuación se proponen, las que poseen un valor numérico:

Penetración del SDS en las infraestructuras de NP: PyME, centros de investigación, universidades, industrias:

Muy bajo ____	Bajo ____	Medio ____	Alto ____	Muy alto ____
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Evaluar el tamaño y los esfuerzos dedicados de la comunidad SLCA que le brinda soporte al SDS:

⁴¹ Pueden ser incluidos nuevos parámetros a considerar.

Muy insuficiente	Insuficiente	Suficiente	Grande	Muy grande
—	—	—	—	—
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Evaluar el tamaño y los esfuerzos dedicados de la comunidad SLCA que le brinda soporte a la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS:

Muy insuficiente	Insuficiente	Suficiente	Grande	Muy grande
—	—	—	—	—
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Evaluar el roadmap y la proyección de la evolución y soporte para los cinco años de ciclo de vida promedio de la NP/CDV del SDS:

Malo	Regular	Bien	Muy bien	Excelente
—	—	—	—	—
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Evaluar el roadmap y la proyección de la evolución y soporte para los cinco años de ciclo de vida promedio de la NP/CDV a la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS:

Malo	Regular	Bien	Muy bien	Excelente
—	—	—	—	—
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Evaluar el grado de prestigio y posicionamiento en el mercado del proveedor de los nodos de almacenamiento:

Malo	Regular	Bien	Muy bien	Excelente
—	—	—	—	—
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Para la evaluación deberán ser consultados los datos estadísticos de consultoras internacionales reconocidas en la rama como Gartner, Forrester, International Data Corporation (IDC) y RightScale; los datos estadísticos de Google Trend; así como los sitios de los proyectos SLCA. Se propone además consultar la presencia y

valoración de las diferentes soluciones en artículos de ciencia y técnica pertenecientes a revistas de alto impacto.

Atributo - Documentación y soporte técnico del SA

Brinda una medida de la organización, el respaldo y el soporte que posee el SA. Para evaluar este atributo se propone la métrica “Indicador de Soporte Técnico (I_{ST})”, como indica la Fórmula 25:

$$I_{ST} = \frac{\sum_1^n \text{valor asignado al parámetro}_n}{n} \quad (25)$$

Se le asignará a I_{ST} una evaluación de Excelente (E), Muy Bien (MB), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < I_{ST} * 100\% \leq 100\%$.
- Muy Buena: si $80\% < I_{ST} * 100\% \leq 90\%$.
- Buena: si $70\% < I_{ST} * 100\% \leq 80\%$.
- Regular: si $60\% < I_{ST} * 100\% \leq 70\%$.
- Mal: si $I_{ST} * 100\% \leq 60\%$.

En donde los parámetros a evaluar son⁴²:

- Documentación oficial y tutoriales en cuanto a: diseño, instalación, operación y desarrollo del SDS.
- Documentación oficial y tutoriales en cuanto a: diseño, instalación, operación y desarrollo de la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS.
- Contribución de las wikis y fórums del SDS y de la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS.

⁴² Pueden ser incluidos nuevos parámetros a considerar.

- Certificaciones y/o cursos de entrenamiento del SDS y de la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS.
- El tipo y tiempo de garantía, así como el tipo y tiempo de soporte de los nodos de almacenamiento:

Respecto a la garantía deben ser tomados en cuenta los criterios:

- Tipo de garantía: reposición de piezas, equipo y/o envío de especialistas para reparar el desperfecto?
- Tiempo de garantía.

Respecto al soporte deben ser tomados en cuenta los criterios:

- Documentación oficial disponible.
- Tipos de soporte comercial y sus costos.
- Tiempo de soporte aún disponible por parte del proveedor al equipamiento en cuestión. Se recomienda que el equipamiento se encuentre en sus primeros tres años de soporte.

Los parámetros deben ser evaluados en las categorías que a continuación se proponen, las que poseen un valor numérico:

Documentación oficial y tutoriales en cuanto a: diseño, instalación, operación y desarrollo del SDS:

Mala __	Regular __	Buena __	Muy buena	Excelente __
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Documentación oficial y tutoriales en cuanto a: diseño, instalación, operación y desarrollo de la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS:

Mala __	Regular __	Buena __	Muy buena	Excelente __
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Contribución de las wikis y fórums del SDS y de la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS:

Mala ____	Regular ____	Buena ____	Muy buena	Excelente ____
(0)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Certificaciones y/o cursos de entrenamiento del SDS y de la combinación(es) gestor-hipervisor-SDS:

Muy insuficiente	Insuficiente	Suficiente ____	Abundante ____	Muy abundante ____
____ (0)	____ (0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Tipo y tiempo de garantía, así como el tipo y tiempo de soporte de los nodos de almacenamiento:

Muy insuficiente	Insuficiente	Suficiente ____	Abundante ____	Muy abundante ____
____ (0)	____ (0,25)	(0,50)	(0,75)	(1)

Para la evaluación deberán ser consultados los sitios de las comunidades y proyectos SLCA involucrados, así como los sitios de los proveedores de los nodos de almacenamiento.

Categoría de Factibilidad Económica

Define los costos totales de inversión, directos e indirectos a evaluar ante la selección de una solución. Se consideran indispensables a evaluar el CAPEX el OPEX.

Atributo – CAPEX⁴³

Los costos totales de inversión abarcan todos los costos desde el inicio del proceso de selección del SA, hasta su puesta en marcha. Ejemplos de los gastos a tomar en cuenta son los que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Gastos a tomar en cuenta como parte de la inversión inicial en la selección y puesta en marcha del SA

Gastos:	Especificidades:
Consultoría.	
Costos de adquisición de la solución SDS:	Tipo de solución: SLCA
	Comerciales:
	Tipos de licencias:
	Adquisición de soporte obligatorio.
Compra de los nodos de almacenamiento.	
Capacitación y adiestramiento inicial del personal.	
Pruebas y certificaciones del proyecto.	
Imprevistos.	

Debe serle asignado un valor de 1 a este atributo, si el CAPEX por concepto de selección y puesta en marcha de la plataforma de virtualización, se encuentra dentro del presupuesto designado, de lo contrario será de 0.

Atributo – OPEX⁴⁴

Los costos de producción total anual consideran todos aquellos costos en que es necesario incurrir de forma continua en el proceso productivo para lograr brindar los servicios proyectados con los niveles de QoS esperados. Los directos incluyen los que están directamente vinculados al funcionamiento SA como el soporte, el consumo de energía eléctrica, el mantenimiento a los nodos de almacenamiento,

⁴³ No aplica a una caracterización inicial.

⁴⁴ En el caso de la valoración de la reutilización o no del SA legado, deben ser identificados los costos de producción total anual por concepto de SW y de HW.

los cursos de capacitación y el salario de los especialistas de las TIC. Los indirectos abarcan los gastos de los recursos que no tributan directamente a la producción, pero sí la facilitan. Ejemplos de tipos de soporte a contratar se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipos de soporte a contratar.

Tipos de soporte:	Especificidades:
Producción:	24 horas / día
	7 días / semana
	365 días / año
Básico:	12 horas / día Lunes - viernes / semana

Debe serle asignado un valor de 1 a este atributo, si el OPEX anual por concepto del SA, se encuentra dentro del presupuesto designado, de lo contrario será de 0.

Dimensión de Seguridad

Brinda una medida de los controles de seguridad que pueden ser desplegados en el SA; y por tanto de cuán segura puede configurarse. Se propone se evalúe mediante la métrica Índice de Cumplimiento de los RF de Seguridad (IC_{Seg}) expresada matemáticamente como muestra la Fórmula 26:

$$IC_{Seg} = \frac{I_{plataforma}}{I_{totales}} \quad (26)$$

En donde:

$I_{plataforma}$: cantidad total de indicadores que tributan al RNF de seguridad que pueden ser soportados por el SA. Los considerados Obligatorios deben ser sumados con un valor de tres puntos, los recomendados con un valor de dos puntos y los opcionales con un valor de un punto.

I_{totales} : cantidad total de indicadores que tributan al RNF de seguridad que pueden ser soportados por un SA. Los considerados Obligatorios deben ser sumados con un valor de tres puntos, los recomendados con un valor de dos puntos y los opcionales con un valor de un punto.

De esta forma se obtiene un valor cuantitativo entre 0 y 1, que refleja el nivel de cumplimiento de los RF por SA que impactan directamente en la seguridad de la NP/CDV. Se proponen que sean tomados en cuenta los RF que se especifican en la Tabla 38 del documento que define la [Arquitectura de Referencia Funcional \(ARF\) de la NP/CDV](#). Deben aplicarse pruebas de configuración al SA para emitir un criterio ante el soporte o no de los RF.

Se le asignará a IC_{Seg} una evaluación de Excelente (E), Bien (B) o Mal (M) en función del rango en que se encuentre el resultado:

- Excelente: si $90\% < IC_{\text{Seg}} * 100\% \leq 100\%$.
- Regular: si $80\% < IC_{\text{Seg}} * 100\% \leq 90\%$.
- Mal: si $IC_{\text{Seg}} * 100\% \leq 80\%$.

Referencias

- [1] [F. Tarrau Prendes, L. R. García Perellada, y Garófalo Hernández, «PROPUESTA DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE NUBES PRIVADAS CON SOPORTE PARA INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO», en 18 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura., Palacio de Convenciones de La Habana, 2016, pp. 881-895.](#)
- [2] [F. C. Casmartíño Bondarenko, A. Lara Brito, y L. R. García Perellada, «Comparación de sistemas de ficheros distribuidos», presentado en 17 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Palacio de Convenciones de La Habana, 2014.](#)
- [3] [A. N. Díaz Crespo, L. R. García Perellada, A. A. Garófalo Hernández, y S. Vega Gutiérrez, «PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE](#)

- ALMACENAMIENTO PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS», en *Informática 2018*, Palacio de Convenciones de La Habana, 2018.
- [4] Frank Ernesto Tarrau Prendes, Lilia Rosa García Perellada, y Alain Abel Garófalo Hernández, «PROPUESTA DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE NUBES PRIVADAS CON SOPORTE PARA INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO», presentado en 18 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Palacio de Convenciones de La Habana, 2016, pp. 881-895.
- [5] Martin Hosken, «Architecting a VMware vSphere® Compute Platform for VMware Cloud Providers™», 2018.
- [6] «OpenStack Docs: OpenStack Architecture Design Guide», 2018. [En línea]. Disponible en: <https://docs.openstack.org/arch-design/>. [Accedido: 20-jul-2018].
- [7] K. Hwang, X. Bai, Y. Shi, M. Li, W. G. Chen, y Y. Wu, «Cloud Performance Modeling with Benchmark Evaluation of Elastic Scaling Strategies», *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 27, n.º 1, pp. 130-143, ene. 2016.
- [8] «Microsoft Word - SMI Overview 140701.docx - SMI Overview TwoPointOne1.pdf». .
- [9] «Reference Architecture Red Hat Enterprise Linux OpenStack Platform». Lenovo PRESS, 2015.
- [10] «Challenges of Enterprise Cloud Services1 - Springer», 04-abr-2013. [En línea]. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-90-481-9846-7_4. [Accedido: 04-abr-2013].
- [11] «Real World Storage Workload (RWSW) Performance Test Specification for Datacenter Storage | SNIA». [En línea]. Disponible en: <https://www.snia.org/rsw>. [Accedido: 14-mar-2019].
- [12] «RWSW Spec v1.0.7.pdf». .
- [13] «SNIA Emerald™ Power Efficiency Measurement Specification | SNIA». [En línea]. Disponible en: https://www.snia.org/tech_activities/standards/curr_standards/emerald. [Accedido: 14-mar-2019].
- [14] S. G. S. Twg, «SNIA Emerald™ Power Efficiency Measurement Specification», p. 85.
- [15] J. Durand, T. Rutt, y F. de Vaulx, «Cloud Computing Service Metric Templates Primer», National Institute of Standards and Technology, Special Publication 500-xxx, dic. 2014.
- [16] «CSMIC | Defining globally accepted measures for cloud services», 20-nov-2014. [En línea]. Disponible en: <http://csmic.org/>. [Accedido: 20-nov-2014].
- [17] J. Siegel y J. Perdue, «Cloud Services Measures for Global Use: The Service Measurement Index (SMI)», en *2012 Annual SRII Global Conference*, 2012, pp. 411-415.
- [18] NIST, «NIST-Cloud Computing Synopsis and Recommendations». may-2012.
- [19] L. Badger, T. Grance, R. Patt-Corner, y J. Voas, «DRAFT Cloud Computing Synopsis and Recommendations», National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Special Publication 800-146, may 2011.

- [20] [«Microsoft Word - CloudFrameworkIR.docx - CloudFrameworkIR.PDF».](#)
- [21] [Andrew Mazer, «Private Clouds: Efficiency and Agility in the Next Generation Data Center», may 2010.](#)
- [22] [E. Sousa, F. Lins, E. Tavares, y P. Maciel, «Cloud infrastructure planning considering different redundancy mechanisms», *Computing*, pp. 1-24, 2017.](#)
- [23] [P. Oppenheimer, *Top-Down Network Design*, 3a ed. Indianapolis: Cisco Press, 2011.](#)
- [24] [«Information Technology - Cloud Computing – Service Level Agreement \(SLA\) Framework and Terminology».](#)
- [25] [P. T. Endo, M. Rodrigues, G. E. Gonçalves, J. Kelner, D. H. Sadok, y C. Curescu, «High availability in clouds: systematic review and research challenges», *J Cloud Comp*, vol. 5, n.º 1, p. 16, dic. 2016.](#)