

Prioridades a otorgar a los RNF de la plataforma de virtualización

Las prioridades a otorgar al cumplimiento de los Requerimientos no Funcionales (RNF) de la plataforma de virtualización deben ser heredadas de las prioridades asignadas a los RNF de la Nube Privada (NP) o Centro de Datos Virtualizado (CDV) (NP/CDV) como un todo. 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 una plataforma de virtualización, 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: $\alpha \text{ y/o } \beta \leq 0,20$

Atributo de Flexibilidad

Indica las capacidades que brinda el par gestor/hipervisor para soportar interfaces de programación para automatizar e integrar soluciones de terceros en el área de la virtualización de servidores. Ejemplo de interfaces son: Modelo de información Común (CIM)¹, Interfaz de Programación de Aplicaciones (API²) de Transferencia de Estado Representacional (REST³) (REST API), Software Development Kits (SDK), PowerShell y libvirt.

¹ Siglas correspondientes al término en inglés: Common Information Model.

² Siglas correspondientes al término en inglés: Application Programming Interface.

³ Siglas correspondientes al término en inglés: Representational State Transfer.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

Se propone la métrica “Nivel de Flexibilidad (NF)”. Su valor será cuantitativo y se encontrará en función de cuántas interfaces de programación soporta el par gestor/hipervisor como indica la Fórmula 3.

$$NF = \frac{\text{valor total por interfaces de programación soportadas}}{10} \quad (3)$$

Se debe otorgar un valor de dos puntos a cada interfaz soportada hasta un límite de 10. Se propone un valor de tres puntos para aquellas interfaces declaradas por el cliente como obligatorias, así como para las interfaces CIM y REST API por sus condiciones de recomendación y estándar de facto respectivamente.

Atributo de Portabilidad

Indica la capacidad de la solución gestor/hipervisor de soportar estándares y tecnologías para la migración de cargas de trabajo. Las funcionalidades para lograr una adecuada portabilidad son:

- Soporte de formato de imágenes, discos virtuales y empaquetamiento de servicios con gran penetración en el mercado como: Formato de Virtualización Abierto (OVF⁴) y Open Virtual Appliance (OVA).
- Capacidad de exportar/importar Instancias Virtuales (IV).
- Capacidad para convertir formatos de IV.
- Capacidad de convertir IV a partir de nodos físicos.

⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Open Virtualization Format.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

Se propone la métrica “Nivel de Portabilidad (NP)”. Su valor será cuantitativo y se encontrará en función de cuántas capacidades soporta el par gestor/hipervisor como indica la Fórmula 4.

$$NF = \frac{\text{valor total por capacidades soportadas}}{10} \quad (4)$$

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 formato de imágenes, discos virtuales y empaquetamiento de servicios con gran penetración en el mercado como OVF, se le debe otorgar un valor de dos. Deben aplicarse pruebas de configuración a la plataforma de virtualización para emitir un criterio ante el soporte o no de los Requerimientos Funcionales (RF).

Atributo de Compatibilidad

Indica el grado de soporte que posee la plataforma de virtualización de servidores, combinación gestor/hipervisor, a estándares, recomendaciones, protocolos y/o tecnologías legadas, vigentes y futuras. Los parámetros a evaluar son:

- Certificaciones en hardware (HW) de tipo Cots of the Shell (COTS) (HW COTS) para recursos de cómputo con la combinación gestor/hipervisor. Debe cubrirse la Tabla 1, en donde deben ser listados los tres proveedores de HW de mayor interés para el cliente. Deben ser organizados de mayor a menor prioridad y serles asignados los valores de 3, 2 y 1 respectivamente.

Deben ser promediados los valores de las combinaciones gestor/hipervisor y proveedor.

Tabla 1. Certificaciones de HW COTS

	Gestor-Hipervisor
Proveedor HW 1	
Proveedor HW 2	
Proveedor HW 3	
Σ	

- Soporte a los Sistemas Operativos (SO) a desplegar en los nodos con la combinación gestor/hipervisor. Debe cubrirse la Tabla 2, en donde deben ser listados los tres SO a desplegar en los nodos de mayor interés para el cliente. Deben ser organizados de mayor a menor prioridad y serles asignados los valores de 3, 2 y 1 respectivamente. Deben ser promediados los valores de las combinaciones gestor/hipervisor y SO.

Tabla 2. Soporte a los SO a desplegar en los nodos

	CMP-Hipervisor 1
SO 1	
SO 2	
SO 3	
Σ	

- SO a desplegar en las IV empleando la combinación gestor/hipervisor. Deben ser especificadas las prioridades de la entidad en cuanto a los SO de preferencia. Deben ser otorgados los valores 3, 2 y 1 a los tres SO de mayor prioridad respectivamente:

Linux: (prioridad) SO, () _____, () _____

UNIX: () _____, () _____, () _____

Windows: () _____, () _____, () _____

Android: () _____, () _____, () _____

OS X: () _____, () _____, () _____

Otros: () _____, () _____, () _____

Los valores obtenidos en cada categoría deben ser sumados, y el total dividido entre 18, para así obtener la métrica de “Nivel de Compatibilidad (NC)”.

Atributo de elasticidad

La elasticidad es un RNF propio de la Computación en la Nube (CN). En el escenario de investigación que se aborda, específicamente sería de la NP, y no de la plataforma de virtualización/hipervisor en sí. No obstante, dado que la composición gestor-hipervisor tributa directamente a la elasticidad de la NP, se plantea que en el proceso de selección de la plataforma de virtualización/hipervisor en un diseño de NP debe comprobarse el comportamiento de la elasticidad con la combinación gestor-hipervisor candidata, si este requerimiento constituye una prioridad para la entidad.

Desde la perspectiva del proveedor de infraestructura de la NP indica el grado al cual un sistema es capaz de adaptarse a los cambios de las cargas de trabajo a través del aprovisionamiento y des aprovisionamiento de recursos autónomicamente, de manera que en cada momento de tiempo los recursos disponibles se correspondan tanto como sea posible a la demanda actual [39] [42]. Se entiende como recursos disponibles aquellos recursos que se encuentran encendidos en el centro de datos. Estos se deberán corresponder con los recursos consumidos en función de la demanda permitiendo mantener los índices de desempeño y disponibilidad establecidos.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

La métrica principal es mostrada en la Fórmula 5:

$$Elasticidad = \frac{1}{P * T * Ts * A} \quad (5)$$

En donde las Fórmulas 6, 7 y 8 muestran la Precisión (P), la Velocidad (T) y la Automatización (A):

$$Precisión (P) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Re(tn) - Rc(tn)] \quad (6)$$

n: número total de muestras

Re: recursos físicos encendidos

Rc: recursos físicos consumidos

tn: instante en que se toma la muestra

$$Velocidad (T) = \frac{90\%T_{aprov} + 90\%T_{desaprov} + 90\%T_{migra} + 90\%T_{ncre.} + 90\%T_{decre}}{5} \quad (7)$$

T_{aprov}: tiempo de aprovisionamiento

T_{desaprov}: tiempo de des aprovisionamiento

T_{migra}: tiempo de migración

T_{ncre}: tiempo de incremento de recursos

T_{decre}: tiempo de decremento de recursos

T_s: tiempo de muestreo

$$Automatización (A) = \frac{1}{A_{CMP/Hip} + A_{SA} + A_{Red}} \quad (8)$$

A_{CMP/Hip}: Constituye el número total de RF que cumple la combinación gestor-hipervisor en post de la automatización del uso eficiente de los recursos. Los RF considerados de mayor impacto son:

- Mecanismos de consolidación.
- Ubicación inicial de IV.

- Migración automática de IV.
- Elasticidad horizontal.
- Elasticidad vertical en los subsistemas:
 - Unidad Central de Procesamiento (CPU⁵) virtual (vCPU⁶): Adjuntar/eliminar vCPU
 - Memoria de Acceso Aleatorio (RAM⁷): Aumentar/disminuir la capacidad de RAM
 - Capacidad de almacenamiento: Aumentar el tamaño de los discos virtuales y/o Adjuntar/eliminar discos virtuales.
 - Tarjeta de Interfaz de Red (NIC⁸) virtual (vNIC⁹): Adjuntar/eliminar vNIC.

AsA: Constituye el número total de RF que cumple el Sistema de Almacenamiento (SA), o preferiblemente la combinación gestor-SA, en post de la automatización del uso eficiente de los recursos. Los RF considerados de mayor impacto son los que muestra la Tabla 3:

Tabla 3. RF considerados de impacto en la elasticidad soportados por gestor-hipervisor-SA

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio (Peso 3)	Recomendable (Peso 2)	Opcional (Peso 1)
Soporte de la de duplicación ¹⁰ .			*	
Soporte de la compresión de datos.		*		

⁵ Siglas correspondientes al término en inglés: Central Processing Unit.

⁶ Siglas correspondientes al término en inglés: virtual CPU.

⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Random Access Memory.

⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: Network Interface Card.

⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: virtual NIC.

¹⁰ Es un método que permite reducir el espacio de almacenamiento usado mediante la eliminación de datos redundantes. Reduce, por ende, espacio de almacenamiento y ancho de banda de la red para la transferencia de datos. [7]

Thin provisioning ¹¹		*		
Soporte para trim provisioning ¹²				*
Soporte de rebalanceo de datos ¹³ (Obligatorio):	- manual	*		
	- automático		*	

A_{Red}: Constituye el número total de RF que cumple la red, o preferiblemente la combinación gestor-red, en post de la automatización del uso eficiente de los recursos. Los RF considerados de mayor impacto son los que muestra la Tabla 4.

Tabla 4. RF considerados de impacto en la elasticidad soportados por gestor-hipervisor-red

Categorías	RF	Clasificación		
		Obligatorio (Peso 3)	Recomendable (Peso 2)	Opcional (Peso 1)
Soporte de diferentes protocolos para la virtualización de redes:	Red de Área local Virtual (VLAN ¹⁴)	*		
	VLAN privadas (PVLAN ¹⁵) ¹⁶			*
Tecnologías “overlay”:	<u>Virtual Extensible Local Area Network (VXLAN)</u>		*	
	Virtualización de Red mediante Encapsulación de Enrutamiento Genérico (NVGRE ¹⁷)		*	

Pruebas para evaluar la elasticidad de una NP en desarrollo:

Bajo la perspectiva del Usuario del Servicio de la Nube (CSU¹⁸):

¹¹ 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. [8]

¹² Capacidad de des aprovisionar el espacio de almacenamiento que no está siendo explotado. [8]

¹³ Ante la agregación y desagregación de un nodo.

¹⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Virtual Local Area Network.

¹⁵ Siglas correspondientes al término en inglés: Private VLAN.

¹⁶ 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.

¹⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Network Virtualization using Generic Routing Encapsulation.

¹⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Service User.

Nombre de la prueba: Evaluación de la elasticidad de una NP en desarrollo desde la perspectiva del CSU.

Tipo de prueba: Elasticidad.

Objetivo de la prueba: Evaluar la elasticidad de una NP en desarrollo desde la perspectiva del CSU.

Duración: Relativa, debido a las diferencias entre las velocidades de las operaciones en diferentes infraestructuras de NP.

Número de iteraciones: 10

Parámetros a ser medidos y medios a emplear: Métricas y la herramienta de benchmarking propuestas en [44].

Descripción de la prueba:

Instalación y configuración:

1. Instalar BUNGEE de acuerdo al escenario y el gestor empleado siguiendo las instrucciones del desarrollador.
2. Creación de perfiles de carga en BUNGEE.

Pruebas:

1. Aplicar los perfiles de carga:
 1. Aplicar perfiles de carga ascendente durante 30 minutos y posteriormente detener las pruebas por un intervalo de 10 minutos.
Aplicar perfiles de carga descendente durante 30 minutos y posteriormente detener las pruebas durante 10 minutos.
 2. Aplicar perfiles de carga por picos durante 30 minutos en intervalos de 5 minutos cada uno de carga y descanso.

3. Esperar un intervalo de 10 minutos y emplear perfiles de sobrecarga, durante 10 minutos con descansos de 1 minuto.
 4. Recoger las métricas definidas de los generadores de carga y las herramientas de gestión.
2. Obtener resultados del portal web de BUNGEE.

Limpieza del escenario:

1. Detener todas las IV desplegadas y eliminarlas.
2. Eliminar nodos de BUNGEE.

Cálculo y agregación de métricas:

1. Calcular la media geométrica y la desviación estándar de los resultados obtenidos en las iteraciones.

Análisis de los resultados.

Bajo la perspectiva del Proveedor del Servicio de la Nube (CSP¹⁹):

Nombre de la prueba: Evaluación de la elasticidad de una NP en desarrollo desde la perspectiva del CSP.

Tipo de prueba: Elasticidad.

Objetivo de la prueba: Evaluar la elasticidad de una NP en desarrollo desde la perspectiva del CSP.

Duración: Relativa, debido a las diferencias entre las velocidades de las operaciones en diferentes infraestructuras de NP.

¹⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: Cloud Service Provider.

Número de iteraciones: Diez para cada medición de latencias; para el chequeo de recursos consumidos/recursos encendidos se propone un periodo de tiempo que coincida con una jornada laboral típica de la entidad para la cual se diseña la NP.

Parámetros a ser medidos y medios a emplear:

La Tabla 5 especifica las herramientas necesarias para medir las métricas secundarias.

Tabla 5. Herramientas necesarias para medir las métricas secundarias.

Métrica	Herramienta
Re y Rc	2. Interfaces del gestor 3. Interfaces del SA 4. Sistemas de gestión de redes
Taprov y Tdesaprov	5. CBTOOL, y/o 6. <u>Logs</u> del gestor
Tincre y Tdecre	7. <u>Logs</u> del gestor
Tmigra	8. CBTOOL, y/o 9. <u>Logs</u> del gestor

Descripción de la prueba:

Instalación y configuración:

1. Se recomienda emplear CBTOOL, con un gestor y dos nodos de cómputo, configurándolo con una Aplicación Virtualizada (Vapp).
2. Crear una plantilla de IV para emplear con el gestor en caso de incompatibilidad con CBTOOL y para comprobar sus valores.

Pruebas:

1. Cálculo de la Precisión:

La Precisión (P) de la infraestructura debe ser calculada como el promedio clásico o ponderado de la P de los diferentes subsistemas de una IV: CPU, RAM, capacidad

de almacenamiento y Ancho de banda (BW^{20}). Por tanto, se propone que, en un mismo periodo de tiempo, con el Ts del gestor sean chequeados los Rc y Re de cada subsistema, y para cada uno sea calculada la P con la Fórmula 2.

2. Cálculo de la Velocidad:

En la medición de los diferentes tiempos se propone que estos valores sean tomados con CBTOOL y que sean comparados con las estadísticas de los sistemas de gestión de la infraestructura, como el gestor.

Al igual que en el cálculo de la P, se propone sean medidos los tiempos de incremento y decremento de cada uno de los recursos que componen una IV. Deben ser realizadas diez iteraciones por cada recurso y tomar como valor el 90% de las mediciones ordenadas de menor a mayor, 90 percentil. Entre iteraciones esperar cinco minutos. El incremento y decremento de recursos deben de preferencia ser automáticos en función de la demanda y en calientes para tributar al concepto de elasticidad. Una vez obtenidos los tiempos de cada recurso estos deben ser promediados de forma clásica o ponderada. Los T_{aprov} , $T_{desaprov}$ y T_{migra} se aplican a IV. Se propone igual que para cada tiempo se ejecuten diez iteraciones y se tome el 90 percentil de ellas. Finalmente deben ser agregados los resultados en la Fórmula 7.

3. Cálculo de la Automatización:

La automatización de los bloques de SA, plataforma de virtualización y gestor debe ser evaluada. Los valores finales deben ser promediados de forma clásica o ponderada en función de los intereses de la entidad.

²⁰ Siglas correspondientes al término en inglés: Bandwidth.

4. Limpieza del escenario:

Detener todas las IV desplegadas y eliminarlas.

10. Cálculo y agregación de métricas:

Con los valores de P, T, Ts y A, puede ser calculada la E empleando la Fórmula 5.

Análisis de los resultados.

Prueba para evaluar la elasticidad de una NP en producción:

La prueba para NP que se encuentren en producción es igual que para entornos aún en desarrollo, salvo que las métricas serán extraídas de los sistemas de gestión, en especial el gestor, para evitar agregar un software (SW) más a la NP que pueda interferir con el desempeño de las cargas de trabajo. Deben ser empleadas IV de pruebas, o IV con aplicaciones de la entidad, pero que no afecten la Calidad de Servicio (QoS²¹) y la Calidad de Experiencia (QoE²²).

Atributo de Throughput

Ofrece una medida del poder de cómputo que posee una IV en función del throughput de los bloques funcionales que la componen: procesador, memoria, disco y red [1].

Métricas y Procedimiento de Evaluación

El Throughput de una Máquina Virtual (MV)²³ (TMV) debe ser medido empleando la métrica principal definida en la Fórmula 10: [1]

$$TMV = \frac{\sum_{k=1}^n Tk}{n} \quad (10)$$

²¹ Siglas correspondientes al término en inglés: Quality of Service.

²² Siglas correspondientes al término en inglés: Quality of Experience.

²³ Se debe interpretar como instancia virtual, MV o contenedor.

En donde, métricas secundarias:

T_k : throughput del subsistema k.

k: se corresponde con el throughput de: CPU, RAM, SA y red.

Para obtener el throughput de los subsistemas CPU, RAM, SA, red, así como otros como la Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU²⁴), estos valores deben ser medidos en las IV. Se propone que de ser posible sean identificadas las posibles aplicaciones/servicios para de esta manera identificar con mayor precisión los perfiles de carga que soportará la infraestructura, y de esta forma seleccionar la micro-benchmark que pueda demostrar con mayor fiabilidad el poder de cómputo que se obtendrá. Las métricas deben ser ejecutadas sobre el HW, o al menos uno semejante, en donde correrán las aplicaciones/servicios a soportar. [1]

El throughput de cada subsistema debe ser evaluado mediante la métrica secundaria indicada por la Fórmula 11:

$$T_k = \frac{\sum_{p=1}^n T_p}{n} \quad (11)$$

En donde:

T_p : se corresponde con los valores normalizados de cada una de las métricas empleadas para evaluar el throughput del subsistema en cuestión. La autora de la presente investigación propone para la normalización de las métricas dividir el 95% percentil de los valores obtenidos de la métrica por el máximo valor alcanzado durante la realización de las distintas iteraciones de las pruebas.

Proyecto de prueba:

Nombre: Prueba de throughput de una IV.

²⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Graphics Processing Unit.

Tipo de prueba: micro-benchmark.

Objetivo de las pruebas: Identificar el throughput de una IV.

Número de iteraciones: Cinco.

Parámetros a ser medidos y medios a emplear:

La métrica primaria y las secundarias a medir se encuentran definidas anteriormente. Las herramientas y micro-benchmarks a seleccionar deben estar en función de los posibles perfiles de carga que soportará la infraestructura virtualizada.

La autora de la presente investigación propone en primer lugar las soluciones de tipo Software Libre y Código Abierto (SLCA): PTS, HPCC, IOzone, Bonnie++, FIO e Iperf. La Tabla 6 muestra un conjunto de micro-benchmarks a emplear.

Tabla 6. Microbenchmarks a realizar para identificar el throughput de una IV

Subsistema	Operación	Unidad de medida	Herramienta
<u>Throughput</u> del CPU	Decodificador de contraseñas	C/S reales	PTS
	NAS en paralelo	MBps	
	Gráficos en 2D, 3D	Iteraciones/minuto	
	Codificación multimedia	Cuadros/segundo	
	Compresión de archivos 7-zip	MIPS	
	Renderizado	Cuadros/segundo	
	Generación de claves criptográficas.	Caracteres/segundo	
	Transacciones a BD	Transacciones/segundo	
	Peticiones web	Peticiones/segundo	
	Operaciones de memoria	MB/s	
	Motor de análisis de ajedrez	Nodos/segundo	
	Dhrystone 2 usando variables de registro	Lps	Unixbench
	Algoritmo Whetstone con doble precisión	Millones de Instrucciones Whetstone Por Segundo (MWIPS)	
	Exec1 <u>Throughput</u>	Lps	
	<u>Throughput</u> de la cola	Lps	
	Cambios de contexto de la cola	Lps	

	Creación de procesos	Lps	
	Ejecución de scripts	Lpm	
	Sobre encabezado de llamadas al sistema	lps	
	HPC	GFlops	
<u>Throughput</u> de E/S de la RAM	<u>Benchmark</u> para operaciones de variable entera, <i>double</i> y coma flotante	MB/s	PTS
	Pruebas al desempeño caché de la memoria		
	Operaciones STREAM		
<u>Throughput</u> de E/S en disco	Peticiones web	Peticiones/segundo	PTS
	Pruebas básicas para la BD	Transacciones/segundo	PTS
	Pruebas avanzadas para BD	Bloqueos a la BD, peticiones de lectura /escritura, transacciones/s, consultas realizadas	Sysbench
	Pruebas de envejecimiento del SA	MB/s	PTS
	Simulación del comportamiento de servidores web y correo electrónico	Transacciones/segundo	PTS
	Llamadas a la SAN	IOPS y MB/s	FIO
	Pruebas de uso de disco asincrónicas	MB/s	PTS
	Ancho de banda total del disco	KB/s	FIO o Bonnie++ (FIO es más configurable y flexible, pero tiene una usabilidad menor que Bonnie++)
	Cantidad total de E/S de datos	KB	
	Ancho de banda de operaciones de lectura, escritura, relectura y reescritura secuenciales y aleatorias y búsqueda de archivos.	%, KB/s	
	Utilización del CPU para cada operación realizada	%	
<u>Throughput</u> de la red	<u>Throughput</u> de la red	Mbits/s	lperf

Descripción de las pruebas:

En post de la obtención de resultados más fiables de acuerdo al caso de uso en cuestión, se recomienda identificar los perfiles de carga a soportar por la infraestructura virtualizada y el dimensionamiento promedio de las IV a soportar en el CD. En base a esta información se propone que sean elegidas las micro-benchmarks a aplicar en cada subsistema, y las características de las IV sobre las cuales se ejecutarán las pruebas.

Instalación y configuración:

1. Iniciar las IV con el dimensionamiento definido.
2. Actualizar paquetes a su versión más reciente.
3. Instalar herramientas de micro-benchmark.

Pruebas:

1. Ejecutar herramientas de benchmark seleccionadas.
2. Registrar los valores de las métricas.

Limpieza del escenario:

1. Detener todas las IV desplegadas y eliminarlas.
2. Detener todos los procesos de generación de carga dispuestos.

Cálculo y agregación de métricas parciales de los subsistemas de CPU, RAM y Entrada/Salida (E/S) al disco:

Calcular media, desviación estándar, umbral del 95% percentil y valor normalizado de cada métrica evaluada (T_p), agregando los resultados de cada iteración.

Caso de throughput de red:

Se necesitan varias IV para lograr métricas de throughput de red precisas. El nivel de profundidad se realiza a petición del cliente.

Instalación y configuración:

Definir IV a considerar como origen y destino. Para esto se recomienda seleccionar aquellas IV que contengan servicios que se interrelacionen y realicen tráfico entre ellos.

Pruebas:

Ejecutar Iperf en modo cliente y servidor en cada una de las IV definidas para ello.

Limpieza del escenario:

1. Detener todas las IV desplegadas y eliminarlas.

Cálculo y agregación de métricas parciales del subsistema de red:

Calcular media, desviación estándar, umbral del 95% percentil y valor normalizado de cada métrica evaluada (T_p), agregando los resultados de cada iteración.

Cálculo y agregación de métricas general:

1. Calcular el throughput de cada subsistema: T_k .
2. Obtener el throughput de la IV: TMV .

Análisis de los resultados:

Debe evaluarse si los recursos identificados satisfacen los requerimientos del cliente.

Atributo de Tiempo de Respuesta

Ofrece una medida del intervalo de tiempo que se toman los subsistemas de la IV en ejecutar operaciones típicas.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

El Tiempo de Respuesta de una MV²⁵ (TRMV) debe ser medido empleando la métrica principal definida en la Fórmula 12:

$$TRMV = \frac{\sum_{k=1}^n TRk}{n} \quad (12)$$

En donde, métricas secundarias:

TR_k: tiempo de respuesta del subsistema k.

k: se corresponde con el tiempo de respuesta de: CPU, RAM, SA y red.

Para obtener el tiempo de respuesta de los subsistemas CPU, RAM, SA, red, así como otros como GPU, estos valores deben ser medidos en las IV. Se propone que de ser posible sean identificadas las posibles aplicaciones/servicios para de esta manera identificar con mayor precisión los perfiles de carga que soportará la infraestructura, y de esta forma seleccionar la micro-benchmark que pueda demostrar con mayor fiabilidad el poder de cómputo que se obtendrá. Las métricas deben ser ejecutadas sobre el HW, o al menos uno semejante, en donde correrán las aplicaciones/servicios a soportar. [1]

El tiempo de respuesta de cada subsistema debe ser evaluado mediante la métrica secundaria indicada en la Fórmula 13:

$$TRk = \frac{\sum_{p=1}^n TRp}{n} \quad (13)$$

En donde:

TR_p: se corresponde con los valores normalizados de cada una de las métricas empleadas para evaluar el tiempo de respuesta del subsistema en cuestión. La

²⁵ Se debe interpretar como instancia virtual, MV o contenedor.

autora de la presente investigación propone para la normalización de las métricas dividir el 95% percentil de los valores obtenidos de la métrica por el máximo valor alcanzado durante la realización de las distintas iteraciones de las pruebas.

Proyecto de prueba:

Nombre: Prueba de tiempo de respuesta de una IV.

Tipo de prueba: micro-benchmark.

Objetivo de las pruebas: Identificar el tiempo de respuesta de una IV.

Número de iteraciones: Cinco.

Parámetros a ser medidos y medios a emplear:

La métrica primaria y las secundarias a medir se encuentran definidas anteriormente. Las herramientas y micro-benchmarks a seleccionar deben estar en función de los posibles perfiles de carga que soportará la infraestructura virtualizada. La autora de la presente investigación propone en primer lugar las soluciones SLCA PTS, HPCC, IOzone, FIO y ping. La Tabla 7 muestra un conjunto de micro-benchmarks a emplear.

Tabla 7. Micro-benchmarks a realizar para identificar el tiempo de respuesta de una IV

Subsistema	Métrica	Operación	Unidad de medida	Herramienta
CPU	Tiempos de respuesta promedio, instantáneo y 95% percentil. Desviación estándar.	Compilación de un <u>kernel</u> de Linux	segundos	PTS
		Operaciones de coma flotante de tipo C-Ray		
		Compresión		
		Inserciones en BD		
		Creación de gráficos en 3D		
		Operaciones de HPC		
		Cifrado		

		Codificación de WAV a MP3 y WAV a FLAC		
		Codificación de audio y video por MPEG		
		Cálculo de números primos	Segundos, milisegundos y eventos por hilo de ejecución	Sysbench
		HPC	Segundos	HPCC
		Dhrystone 2 usando variables de registro	Segundos	Unixbench
		Algoritmo Whestone con doble precisión		
		Exec1 <i>Throughput</i>		
		Cambios de contexto de la cola		
		Creación de procesos		
		Ejecución de <u>scrips</u>		
		Sobre encabezado de llamadas al sistema		
E/S de disco	Tiempo de respuesta instantáneo.	Inserciones en BD	Segundos	PTS
		Accesos a archivos en servidor		FIO
		Ejecución de trabajos en red		
		Pruebas de servicio de directorio		IOzone
	Tiempo de respuesta instantáneo	Tiempo de respuesta instantáneo para escrituras/lecturas secuenciales y aleatorias con distintos tamaños de archivo y bloque		
	Tiempos de respuesta promedio y del 95% percentil	Demoras mínimas, máximas, promedio y 95% percentil por petición	Milisegundos	Sysbench

		Lecturas y escrituras secuenciales, aleatorias y relecturas sobre archivos de distintos tamaños y con distintos tamaños de bloque.	Segundos y milisegundos	
Red	Tiempo de respuesta instantáneo y promedio	Tiempo de respuesta instantáneo y promedio	Milisegundos	Ping

Descripción de las pruebas:

En post de la obtención de resultados más fiables de acuerdo al caso de uso en cuestión, se recomienda identificar los perfiles de carga a soportar por la infraestructura virtualizada y el dimensionamiento promedio de las IV a soportar en el CD. En base a esta información se propone que sean elegidas las micro-benchmarks a aplicar en cada subsistema, y las características de las IV sobre las cuales se ejecutarán las pruebas.

Instalación y configuración:

1. Iniciar las IV con el dimensionamiento definido.
2. Actualizar paquetes a su versión más reciente.
3. Instalar herramientas de micro-benchmark dentro de la IV a evaluar.

Pruebas:

1. Ejecutar herramientas de benchmark seleccionadas.
2. Registrar los valores de las métricas.

Limpieza del escenario:

1. Detener todas las IV desplegadas y eliminarlas.

Cálculo y agregación de métricas parciales de los subsistemas de CPU, RAM y E/S al disco:

Calcular media, desviación estándar, umbral del 95% percentil y valor normalizado de cada métrica evaluada (TRp), agregando los resultados de cada iteración.

Caso de tiempo de respuesta de red:

Se necesitan varias IV para lograr métricas de tiempo de respuesta de red precisas.

Instalación y configuración:

Definir IV a considerar como origen y destino. Para esto se recomienda seleccionar aquellas IV que contengan servicios que se interrelacionen y realicen tráfico entre ellos. Instalar ping en cada IV.

Pruebas:

Ejecutar ping entre las IV a emplear para adquirir las métricas. El nivel de profundidad se realiza a petición del cliente.

Limpieza del escenario:

1. Detener todas las MV desplegadas y eliminarlas.

Cálculo y agregación de métricas parciales del subsistema de red:

Calcular media, desviación estándar, umbral del 95% percentil y valor normalizado de cada métrica evaluada (TRp), agregando los resultados de cada iteración.

Cálculo y agregación de métricas general:

1. Calcular el tiempo de respuesta de cada subsistema: TRk.
2. Obtener el tiempo de respuesta de la IV: TRMV.

Análisis de los resultados:

Debe evaluarse si los recursos identificados satisfacen los requerimientos del cliente.

Atributo de Eficiencia

Indica el nivel de aprovechamiento de los recursos físicos por parte del hipervisor.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

Posee como métrica principal “Índice de Eficiencia del Hipervisor (IEH)”, el cual debe recibir una evaluación cualitativa en función de la evaluación recibida por las métricas secundarias:

- Requerimientos de HW para su instalación (footprint): de manera general a menor footprint, menor cobertura para ataques de seguridad y menos actualizaciones, lo cual es deseable.
- Huella de RAM del hipervisor: Define el nivel de aprovechamiento de los recursos físicos por parte del hipervisor para crear una IV cascarón²⁶. Por lo general el cuello de botella se crea en la memoria RAM. [2] Indica el overhead que introduce el hipervisor para crear e iniciar una IV.
- Índice de consolidación: Indica el número de IV que pueden correr simultáneamente en un nodo sin que se degrade el desempeño, tanto de la infraestructura virtualizada como de las aplicaciones/servicios. [3], [4]

Cada métrica secundaria debe ser evaluada como Excelente (1), Muy bien (0,80), Bien (0,60), Regular (0,40) e Insatisfactorio (0,20), en función de los resultados de las pruebas que a continuación se proponen. El IEH será calificado en función de la sumatoria de los valores asignados a sus métricas secundarias atendiendo a:

- Excelente: $2,40 < \text{sumatoria} \leq 3$

²⁶ IV sin aplicación objetiva contenida. Existe solo para medir la huella de memoria del hipervisor por instancia virtual.

- Muy bien: $1,80 < \text{sumatoria} \leq 2,40$
- Bien: $1,20 < \text{sumatoria} \leq 1,80$
- Regular: $0,60 < \text{sumatoria} \leq 1,20$
- Mal: $\text{sumatoria} = 0,20$

Prueba de eficiencia: Huella de RAM del hipervisor [2]

Nombre: índice de consolidación de IMV cascarón.

Tipo de prueba: carga

Objetivo de las pruebas: brindar una medida del overhead que introduce el hipervisor al crear e iniciar una IV.

Número de iteraciones: una

Parámetros a ser medidos y medios a emplear:

La Tabla 8 muestra las métricas a considerar.

Tabla 8 Métricas a considerar para identificar el overhead que introduce el hipervisor al crear e iniciar una IV

Métrica	Descripción
Cantidad máxima de IV cascarón	Cantidad máxima de IV que pueden crearse con los recursos del sistema anfitrión.
RAM promedio	Utilización promedio de RAM para virtualizar un SO, se calcula a partir de la división de la RAM total del sistema anfitrión entre la métrica anterior.

Para obtener la cantidad máxima de IV cascarón que puede soportar el sistema anfitrión la autora propone el script en Bash de la Figura 1.

```

1  #!/usr/bin/bash
2
3  i=1
4  while [[ i -ne 0 ]]; do
5      echo "iniciar MV-$i"
6      sleep 1
7      i=$((i+1))
8  done
9

```

Figura 1. Script para evaluar eficiencia en hipervisores

Descripción de las pruebas:

Sustituir la línea 3 por el comando necesario para iniciar una IV, según el par gestor-hipervisor, agregando -\$i al nombre de la nueva IV. Por cada iteración se iniciará una nueva IV a partir de una imagen base y se mostrará en pantalla cuánta RAM va quedando disponible. Cuando el script deje de responder se habrá encontrado la cantidad máxima de IV para este sistema.

Cálculo y agregación de métricas:

Dividir la cantidad de RAM del sistema anfitrión entre el número de IV iniciadas.

Análisis de los resultados:

Debe tomarse la relación del número de IV iniciadas y la RAM promedio que consume el hipervisor por IV iniciada. A menor RAM promedio, menor overhead.

Prueba de eficiencia: índice de consolidación

Nombre: Índice de consolidación del hipervisor.

Tipo de prueba: carga

Objetivo de las pruebas: Identificar el número de IV que pueden ser soportadas sin que se degrade el throughput de la infraestructura virtual y/o aplicaciones/servicios, índice de consolidación.

Número de iteraciones: una

Parámetros a ser medidos y medios a emplear:

La métrica principal es el índice de consolidación del hipervisor. Este valor será identificado aplicando micro-benchmarks de throughput sobre los subsistemas de CPU, RAM, disco y red; y/o macrobenchmarks. Estas herramientas, así como el dimensionamiento de las IV, deben ser seleccionadas en función de los perfiles de carga y aplicaciones/servicios a soportar en el CD, y de los RNF a cumplir.

Descripción de las pruebas:

Realizar la prueba de throughput, tiempo de respuesta o macrobenchmarks simultáneamente a varias IV de forma iterativa. Se debe iniciar con una IV, e ir incrementando en una por iteración hasta que:

- En el caso de las pruebas de throughput aplicando micro-benchmarks, la métrica T_K de algunos de los subsistemas, CPU, RAM, disco o red comience a degradarse.
- En el caso de las pruebas de throughput aplicando macrobenchmarks, la métrica evaluada comience a degradarse.

Deben ser promediados los valores de throughput obtenidos de las IV en cada iteración, y ser graficados los valores, en post de facilitar el proceso de la prueba.

Análisis de los resultados:

Debe identificarse el número de IV concurrentes que son soportadas, manteniendo un índice de desempeño adecuado.

Atributo de la Capacidad

Indica la máxima capacidad de recursos de cómputo que puede administrar la plataforma de virtualización/hipervisor. Las capacidades de la plataforma de virtualización/hipervisor debe evaluarse a nivel de: clúster, nodo y máxima cantidad de recursos a asignar a una IV. La Tabla 9 muestra las métricas a nivel de clúster, restricción impuesta por el sistema de gestión de la plataforma virtualizada. La Tabla 10 muestra las métricas a nivel de nodo y la Tabla 11 a nivel de IV.

Tabla 9. Métricas de capacidad a nivel de clúster.

Métrica	Descripción
#_clústeres	Número máximo de clústeres que puede manejar la plataforma de virtualización.
clúster_#_nodos	Número máximo de nodos que pueden pertenecer a un clúster.
clúster_#_MV	Número máximo de IV soportadas en un clúster.
clúster_#_CPU_sockets	Número máximo de <u>sockets</u> de CPU soportados.
clúster_#_CPU_núcleos	Número máximo de núcleos de CPU soportados.
clúster_RAM	Capacidad máxima de RAM.
clúster_SA	Capacidad máxima de almacenamiento del clúster.
clúster_red	Capacidad máxima de la red del clúster.

Tabla 10. Métricas de capacidad a nivel de nodo que puede manejar la plataforma de virtualización/hipervisor.

Métrica	Descripción
nodo_#_CPU_sockets	Número máximo de <u>sockets</u> soportados.
nodo_#_CPU_núcleos	Número máximo de núcleos de CPU soportados.
nodo_f_CPU	Frecuencia de un núcleo del CPU.
nodo_f_total	Frecuencia total del nodo.
nodo_RAM	Capacidad máxima de RAM.
nodo_SA	Capacidad máxima de almacenamiento del nodo.
nodo_SA_throughput	Capacidad máxima de <u>throughput</u> del nodo en Operaciones de Entrada/Salida por Segundo (IOPS ²⁷) y Mbps, especificando el <u>throughput</u> de lectura como de escritura.
nodo_red_AB_TX	Ancho de banda de transmisión del nodo.
nodo_red_AB_RX	Ancho de banda de recepción del nodo.
clúster_red	Capacidad máxima de la red del clúster.

Tabla 11. Recursos de cómputo máximos a asignar a una IV.

Métrica	Descripción
---------	-------------

²⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Input/Output Operations Per Second.

mv_CPU	Número de vCPU asignados o tiempo de ejecución en un ciclo del CPU.
mv_RAM	Capacidad máxima de RAM a asignar.
mv_SA	Capacidad máxima de almacenamiento a asignar. Puede estar dado en número de discos y su capacidad, o capacidad máxima.
mv_SA_throughput	Capacidad máxima de <u>throughput</u> al acceso al SA a asignar.
mv_red	Capacidad máxima de interfaces de red a asignar, junto a su capacidad. Puede especificarse solo la capacidad de red a asignar.

Este atributo debe ser evaluado en Satisfactorio (1) o Insatisfactorio (0).

Atributo de Disponibilidad

Indica las capacidades que brinda el par gestor-hipervisor para identificar, aislar y corregir fallos en los servicios, recursos virtuales y físicos de cómputo; así como para la gestión de problemas e incidentes. Se propone se evalúe mediante la métrica Índice de Cumplimiento de los RF de Disponibilidad (IC_{Disp}) expresada matemáticamente como muestra la Fórmula 14:

$$IC_{Disp} = \frac{I_{plataforma}}{I_{totales}} \quad (14)$$

En donde:

$I_{plataforma}$: cantidad total de indicadores que tributan al RNF de disponibilidad que pueden ser soportados por la combinación gestor-hipervisor y que están presentes en la combinación gestor-hipervisor evaluada. 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 disponibilidad que pueden ser soportados por la combinación gestor-hipervisor. 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 el par HGH que impactan directamente en la disponibilidad de la NP/CDV. Se proponen que sean tomados en cuenta los RF que se especifican en la Tabla 12. Deben aplicarse pruebas de configuración a la plataforma de virtualización para emitir un criterio ante el soporte o no de los RF.

Tabla 12. RF del par gestor-hipervisor que tributan al RNF de disponibilidad del CD virtualizado

Categorías	RF		Clasificaciones		
			Obligatorio	Recomendado	Opcional
Gestión de mantenimiento y actualización					
Mecanismos de actualización y parches centralizados:	A nivel de:	nodos	*		
		IV	*		
Soporte del modo de mantenimiento. ²⁸				*	
Gestión de fallos					
Detección de fallos:	Detección de fallos parciales en los nodos. ²⁹			*	
Monitoreo de métricas:	Disponibilidad:	<u>up-time</u> del nodo ³⁰	*		
Soporte de Alta Disponibilidad (HA ³¹) de IV ante fallos de la infraestructura subyacente ³² :	Protección ante fallos en:	nodos	*		
		SA		*	
		red física		*	
	Configuración de reglas para soportar:	prioridad	*		
		afinidad		*	

²⁸ 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.

²⁹ Capacidad para detectar fallas en los diferentes subsistemas del anfitrión.

³⁰ Indica el tiempo de servicio activo del nodo desde que fue encendido.

³¹ Siglas correspondientes al término en inglés: High Availability.

³² Recuperación de MV 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).

HA a nivel de SO y/o aplicación / servicio ³³ .	Reinicio automático de IV. ³⁴			*	
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} .		*		
Replicación de CD / tolerancia a fallos a nivel de CD. ³⁵			*		

Atributo de Eficiencia de Uso

Indica los esfuerzos y recursos dedicados a la plataforma de virtualización, gestor-hipervisor, para obtener los resultados deseados. Puede ser evaluada numéricamente mediante la métrica “Indicador de la Facilidad de Uso (IFU)”, como indica la Fórmula 15:

³³ 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.

³⁴ 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.

³⁵ Habilidad para establecer réplicas del sitio en una locación geográficamente distinta, que permita la continuidad del servicio ante fallas de gran magnitud.

$$I_{FU} = \frac{\sum_1^n \text{valor asignado al parámetro}_n}{n} \quad (15)$$

En donde los parámetros a evaluar son³⁶:

- Facilidad de aprendizaje: esfuerzos requeridos por los administradores de TI para comprender y aprender a usar la combinación gestor-hipervisor.
- Facilidad de instalación y puesta a punto: tiempo y esfuerzos requeridos para tener la combinación gestor-hipervisor lista para su explotación.
- Facilidad de operación: capacidad de que la combinación gestor-hipervisor permita una Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) sencilla e intuitiva de la infraestructura de cómputo virtualizada y física.
- Preparación de los administradores de TI en relación a las áreas de conocimientos de virtualización de servidores como: sistemas operativos Linux, programación, la plataforma de gestión de la infraestructura virtualizada y tecnologías de virtualización.

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

Facilidad de aprendizaje:

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

Facilidad de instalación y puesta a punto:

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

Facilidad de operación:

³⁶ Pueden ser incluidos nuevos parámetros a considerar.

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)
---	--	---	------------------------------------	------------------------------

Atributo de Efectividad

Indica el grado de funcionalidad ofrecido por el par gestor-hipervisor para lograr la ejecución exitosa de las tareas y funciones de los administradores de la infraestructura de cómputo virtualizada. Se propone se evalúe mediante la métrica Índice de Soporte de RF Correspondientes a la Plataforma de Virtualización (IS_{PV}) expresada matemáticamente como muestra la Fórmula 16:

$$IS_{PV} = \frac{I_{PV}}{I_{totales}} \quad (16)$$

En donde:

IS_{PV} : cantidad total de RF correspondientes a la plataforma de virtualización que soporta el par gestor-hipervisor 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 correspondientes a la plataforma de virtualización que pueden ser soportados por la combinación gestor-hipervisor. 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 13-18. Deben aplicarse pruebas de configuración a la plataforma de virtualización 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 par gestor-hipervisor referente a la gestión de la virtualización de los recursos de cómputo.

Tabla 13. RF correspondientes al “Control y orquestación de IV”

Categoría:	RF:		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soporte a las soluciones de virtualización (Obligatorio):	Hipervisores: ³⁷	<u>Kernel-based Virtual Machine (KVM)</u>	*		
		Soluciones para la orquestación de la Virtualización a Nivel de Sistema Operativo (OSLV ³⁸):			
		Contenedores Linux (LXC ³⁹)	*		
		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 HW		*	
		desempeño de los servicios			*
		impactos negativos en el desempeño durante la migración			*
		tráfico en la red del CD			*

³⁷ Se presenta el hipervisor SLCA que es adoptado por efecto en las soluciones de CMP de tipo SLCA, deben incorporarse aquellas que se requieran.

³⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: Operating System Level Virtualization.

³⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: Linux Container.

		sistemas de enfriamiento			*
		disponibilidad			*
		Seguridad			*
	Método empleado:	exactos			*
		heurísticos	*		
		meta-heurísticos			*
	Política perseguida:	eficiencia energética.		*	
		desempeño de los servicios.			*
		maximizar la confiabilidad.			*
		seguridad			*
		balance de carga ⁴⁰		*	
		tipos de uso de IV ⁴¹			*
Mecanismos de ubicación inicial de IV (Obligatorio):	Configurar la ubicación de IV sobre nodos con soporte al Acceso a Memoria no Uniforme (NUMA) ⁴² ⁴³				*
	Configurar políticas para fijar vCPU de MV a CPU físicos. ⁴⁴				*
	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				*

⁴⁰ 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.

⁴¹ Desarrollo, producción pruebas.

⁴² Siglas correspondientes al término en inglés: Non-Uniform Memory Access.

⁴³ Para IV con altos requerimientos de desempeño: tiempo de respuestas y throughput, como servicios NFV.

⁴⁴ Para MV con altos requerimientos de desempeño: tiempo de respuestas y throughput, como servicios NFV.

	migración en caliente. ⁴⁵				
	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.			*
					*
Elasticidad (Opcional):	Horizontal				*
	Vertical				*

Tabla 14. RF de la virtualización de servidores

Categorías	RF		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Soluciones de virtualización a soportar (Obligatorio):	Hipervisores ⁴⁶ :	KVM	*		
		LXC	*		
	Soluciones de OSLV (obligatorio):	Docker:		*	
		- Sobre IV	*		
		- Sobre BM			*
Planificadores de recursos (Obligatorio):	Tipos:	<u>Fair Queuing</u>		*	
		<u>Round-robin</u>	*		
		Otros			*
Virtualización del CPU (Obligatorio):	<u>Over-Commit CPU</u>			*	
Virtualización de la RAM (Obligatorio):	<u>Over-Commit Dinámico</u> ⁴⁷			*	
	Compartimentación de Páginas de Memoria (<u>Memory Page Sharing</u>) ⁴⁸			*	

⁴⁵ Una vez que se soporte y se emplee la migración transparente.

⁴⁶ Se presenta el hipervisor SLCA que es adoptado por defecto en las soluciones de CMP de tipo SLCA, deben incorporarse aquellas que se requieran.

⁴⁷ 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.

⁴⁸ Permite compartir páginas idénticas de RAM entre IV.

	Páginas grandes en la RAM (<u>Large Pages</u>) ⁴⁹			*	
	Traslación de RAM asistido por HW (Obligatorio): ⁵⁰	<u>Advanced Micro Dynamics virtualization</u> (AMD-V) con soporte a <u>Rapid Virtualization Indexing</u> (RVI)	*		
		Intel Virtualization Technology (VT) Nested/Extended Page Tables (EPT)	*		
Sistema de Almacenamiento (SA) (Obligatorio):	Tipos de almacenamiento soportados:	- Almacenamiento de Conexión Directa (DAS ⁵¹)	*		
		- Almacenamiento Basado en Ficheros (NAS ⁵²)	*		
		- Almacenamiento Basado en Bloques (SAN ⁵³):	*		
		- Almacenamiento basado en objetos.			*
	Soporte de multi trayectorias hacia la SAN ⁵⁴ .			*	
	Soporte de diferentes formatos de Discos Virtuales (vhd ⁵⁵): ⁵⁶	- vhd basados en ficheros.	*		
		- vhd basados en bloques ⁵⁷ .	*		
		- <u>raw disks</u> .	*		
	Soporte para Imágenes enlazadas. ⁵⁸				*

⁴⁹ Reduce la gestión de la RAM y por tanto mejora el desempeño del hipervisor y las aplicaciones/servicios.

⁵⁰ 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.

⁵¹ Siglas correspondientes al término en inglés: Direct Attached Storage.

⁵² Siglas correspondientes al término en inglés: Network Attached Storage.

⁵³ Siglas correspondientes al término en inglés: Storage Area Network.

⁵⁴ Capacidad de interconectar el almacenamiento compartido a través de múltiples enlaces.

⁵⁵ Siglas correspondientes al término en inglés: virtual hard disk.

⁵⁶ Formatos para los HDD virtuales soportados por el hipervisor.

⁵⁷ Empleando Logical Volume Management (LVM) or raw Logical Unit Number (LUN).

⁵⁸ 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.

	Soporte de clasificación de almacenamiento (<u>Tiered Storage</u>) ⁵⁹			*	
	<u>Thin Disk Provisioning</u> ⁶⁰			*	
	<u>Trim storage</u> ⁶¹				*
	Soporte de <u>Node Port ID Virtualization</u> (NPIV) ⁶²				*
	Soporte para asignar un mismo volumen de datos a múltiples IV				*
	Soporte de caché para: ⁶³	- I/O del SA compartido al local:			*
		o RAM			*
		o SSD			*
		- MV local ⁶⁴			*
	Soporte para brindar QoS en el acceso al SA (Recomendable): ⁶⁵	- Mínimo IOPS		*	
		- Máximo IOPS		*	
		- Basado en prioridades en función de las demoras			*
		- <u>Completely Fair Queue</u> (CFQ)		*	
	Soporte de replicación del almacenamiento. ⁶⁶		*		
	Capacidad para integrar SA de terceros.				*
Red:	Soporte de la configuración centralizada de la	Soporte de <u>Open vSwitch</u> – <u>vSwitch Controller</u>			*

⁵⁹ 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).

⁶⁰ 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.

⁶¹ Capacidad de des aprovisionar el espacio de almacenamiento que no está siendo explotado. Requiere soporte del HW.

⁶² 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.

⁶³ Capacidad de brindar cache local. Típicamente la caché se ubica en la RAM o en un SSD.

⁶⁴ Permite almacenar de manera local la cache de la IV en ejecución incrementando con esto el rendimiento.

⁶⁵ Capacidad de controlar la QoS de las IV en la E/S al SA.

⁶⁶ Replicación de los discos virtuales en diferentes SA.

	red virtual (Opcional): ⁶⁷	Soporte para conmutador distribuido			*
		Soporte para conmutadores distribuidos de terceros.			*
	Soporte para tecnologías de agrupación de NIC (NIC teaming) (Obligatorio): ⁶⁸	En modo independiente del conmutador.		*	
		En modo dependiente del conmutador:	*		
		- <u>Static teaming</u> (IEEE 802.1ax)	*		
		- <u>Dynamic teaming</u> (IEEE 802.1ax)	*		
	Soporte de los protocolos:	LAN virtual (VLAN ⁶⁹) (IEEE 802.1q)	*		
		IPv6	*		
		VLAN privadas (PVLAN ⁷⁰) ⁷¹		*	
	<u>I/O Pass-Through</u> : ⁷²	Virtualización de Entrada / Salida de Raíz Única (SR-IOV ⁷³)		*	
	Soporte de tramas Jumbo ⁷⁴			*	
	Soporte del <u>Offload</u> : ⁷⁵	<u>Transport Control Protocol</u> (TCP)			*
		<u>Segmentation Offload</u> (TSO)			
		<u>Ipsec Task Offload</u>			*
	Soporte de QoS (Recomendable: ⁷⁶	Límites de TX/RX a nivel de IV		*	

⁶⁷ 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.

⁶⁸ Capacidad de agrupar NIC con políticas de balance de carga y tolerancia a fallos.

⁶⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: virtual LAN.

⁷⁰ Siglas correspondientes al término en inglés: Private VLAN.

⁷¹ 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.

⁷² 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.

⁷³ Siglas correspondientes al término en inglés: Single-Root Input/Output Virtualization.

⁷⁴ Soporte de tramas Ethernet con un tamaño superior a los 1500B de carga útil.

⁷⁵ Descarga del procesamiento de I/O a la NIC.

⁷⁶ Capacidad de brindar QoS a las IV en la E/S a la red.

		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 ⁷⁷				*
	GPU pass-through ⁷⁸ (Opcional):	- NVIDIA			*
		- AMD			*
		- Intel GPU			*
	SR-IOV ⁷⁹ (Opcional):	- AMD			*
		- NVIDIA-GRID			*
		- Intel GVT-gTM			*
Seguridad:	Seguridad y endurecimiento del hipervisor		*		
	Intro inspección de IV ⁸⁰		*		
	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. ⁸¹		*	
	Chequeo de integridad de los archivos de configuración. ⁸²		*		
	Protección del acceso al almacenamiento. ⁸³			*	

⁷⁷ Generalmente con índices de desempeño inaceptables. Consiste en asignarle GPU virtuales (virtual GPU, vGPU) a las MV.

⁷⁸ La MV tiene acceso directo al GPU a través del Peripheral Component Interconnect Express (PCIe) pass-through.

⁷⁹ Habilita la virtualización del GPU asistida por hardware, permitiendo que varias IV simultáneamente accedan al GPU, alcanza niveles de desempeño similares al nativo.

⁸⁰ Para detectar malware en IV.

⁸¹ Posibilidad de mantener la integridad y seguridad de los datos existentes en la memoria RAM virtual durante el proceso de migración.

⁸² Controles integrados para el chequeo de la integridad de los datos almacenados y los archivos de configuración.

⁸³ Integración con el almacenamiento a través de controles de protección.

	Monitoreo y registros de auditoría.		*		
--	-------------------------------------	--	---	--	--

Tabla 15. RF generales de “Gestión”

Categorías	RF		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Interfaces de gestión (Obligatorio):	CLI		*		
	Web		*		
	Interfaces Gráficas de Usuario (GUI ⁸⁴)				*
	API abiertas		*		
Gestión (Obligatorio):	Centralizada ⁸⁵		*		
	De la infraestructura virtual y física de unificada. ⁸⁶		*		
Protocolos, recomendaciones y estándares (Recomendable):	SNMP		*		
	Modelo de información Común (CIM) ⁸⁷			*	
	Gestión de Virtualización (VMAN ⁸⁸)			*	
Automatización e integración con soluciones de terceros (Opcional):	Librerías				*
	<u>plugins</u>				*
	<u>addons</u>				*
	API				*
	CIM				*
	<u>Software Development Kits (SDK)</u>				*
Tecnologías y soluciones de virtualización (Obligatorio):	Gestión multi-plataforma ⁸⁹ :	Tecnologías HVM	*		
		Tecnologías OSLV	*		
		BM	*		
Gestión:	De aplicaciones/servicios ⁹⁰				*
Capacidades para integrarse				*	

⁸⁴ Siglas correspondientes al término en inglés: Graphic User Interface.

⁸⁵ 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.

⁸⁶ Habilidad para utilizar la herramienta de gestión que provee el fabricante para gestionar la infraestructura virtual y física indistintamente.

⁸⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Common Information Model.

⁸⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: Virtualization Management.

⁸⁹ Habilidad de gestionar entornos virtualizados de diferentes proveedores.

⁹⁰ Capacidad de gestionar y monitorear aplicaciones soportadas en la plataforma de virtualización.

con CMP y/o Nubes Públicas.					
-----------------------------	--	--	--	--	--

Tabla 16. RF correspondientes a la gestión de las IV

Categorías	RF		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional
Operaciones sobre las IV (Obligatorio):	Crear		*		
	Reconstruir ⁹¹			*	
	Reiniciar			*	
	Iniciar/apagar		*		
	Pausar ⁹² /restaurar		*		
	Suspender ⁹³ /restaurar			*	
	Eliminar		*		
	Rescatar IV ⁹⁴			*	
Configuraciones de la IV (Obligatorio):	vCPU:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		○ máx vCPU / IV		*	
	RAM:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		○ máx RAM / IV		*	
		- Soporte de NUMA en la IV			*
	Almacenamiento:	- Máxima capacidad asignable:		*	
		○ tamaño de HDD / VM	*		
		○ I/O al almacenamiento		*	
		- Tipo de almacenamiento:	*		
		○ efímero ⁹⁵	*		
		○ persistente	*		

⁹¹ Ante la necesidad de agregarle nuevos atributos a la IV.

⁹² El estado de la IV es guardado en la RAM.

⁹³ El estado de la IV es guardado en disco. Constituye un reto para las soluciones basadas en la OSLV.

⁹⁴ 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.

⁹⁵ 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.

	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 ⁹⁶			*
		- Soporte de dispositivos de tipo Bus Universal en Serie (USB ⁹⁷) en la IV			*
	Contraseñas:	- Cambiar contraseñas de la IV	*		
		- Establecer las contraseñas en la IV	*		
Reasignación de recursos a las IV en caliente (Recomendable):	Adjuntar/eliminar NIC virtuales (vNIC ⁹⁸)			*	
	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): ⁹⁹	- IV ¹⁰⁰		*	
		- servicios ¹⁰¹			*
	Soporte para convertir de servicios Físicos a Virtuales (P2V ¹⁰²) /				*

⁹⁶ Conexión a puertos físicos del nodo.

⁹⁷ Siglas correspondientes al término en inglés: Universal Serial Bus.

⁹⁸ Siglas correspondientes al término en inglés: virtual NIC.

⁹⁹ 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.

¹⁰⁰ Capacidades para crear y almacenar imágenes maestras y desplegar IV de estas.

¹⁰¹ Capacidad de desplegar una aplicación multi-tier desde una plantilla.

¹⁰² Siglas correspondientes al término en inglés: Physical to Virtual.

	formatos de IV (V2V ¹⁰³) ¹⁰⁴				
	Exportar/importar IV ¹⁰⁵ (Recomendable):	- Soporte de OVF ¹⁰⁶		*	
	Configuración y gestión de grupos de recursos ¹⁰⁷ .				*
	Reserva en el tiempo del despliegue de las IV especificadas.			*	
Gestión de imágenes (Obligatorio):	Crear imágenes de una IV.		*		
	Seguridad y endurecimiento de las imágenes de IV (Obligatorio):	- Validar imágenes con 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 17. RF correspondientes a “Fallos”

Categoría:	RF:		Clasificación		
			Obligatorio	Recomendable	Opcional

¹⁰³ Siglas correspondientes al término en inglés: Virtual to Virtual.

¹⁰⁴ Capacidad de convertir IV a partir de nodos físicos / conversión de formatos de IV.

¹⁰⁵ 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.

¹⁰⁶ Soporte de OVF como estándar para el empaquetado y distribución de aplicaciones virtuales.

¹⁰⁷ 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.

Detección de fallos:			*		
	Detección de fallos parciales en los nodos. ¹⁰⁸			*	
Monitoreo de métricas de disponibilidad:					
	<u>up-time</u> del nodo ¹⁰⁹				*
Soporte de HA de IV ante fallos de la infraestructura subyacente ¹¹⁰ :				*	
	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 ¹¹¹ :					*
	Reinicio automático de IV. ¹¹²			*	
Ejecución de instantáneas de IV en caliente:				*	
	Operaciones:	- tomar		*	
		- eliminar		*	
		- revertir		*	
		- crear imágenes de la instantánea		*	
		- crear volúmenes de instantáneas		*	

¹⁰⁸ Capacidad para detectar fallas en los diferentes subsistemas del anfitrión.

¹⁰⁹ Indica el tiempo de servicio activo del nodo desde que fue encendido.

¹¹⁰ 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).

¹¹¹ 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.

¹¹² 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.

Sistema de salvallas:	Capacidades para su planificación en el tiempo.			*	
	Salvas a niveles de:	- imágenes	*		
		- aplicaciones			*
		- discos virtuales		*	
		- snapshots	*		
		- ficheros de configuración		*	
	Capacidades para integrar sistemas de salvallas de 3 ^{eros} .				*
	Tipos de salvallas soportadas:	- Completa	*		
		- Incremental		*	
		- Diferencial		*	
	Funcionalidades:	- Encriptación de datos		*	
		- De duplicación		*	
		- Verificación de integridad	*		
Replicación de CD / tolerancia a fallos a nivel de CD. ¹¹³				*	

Tabla 18. RF de seguridad

Requerimientos funcionales:		Clasificaciones		
		Obligatorio	Recomendado	Opcional
Seguridad y endurecimiento del hipervisor			*	
Intro inspección de MV ¹¹⁴			*	
Protección de datos sensibles. Criptografía:	encriptación de volúmenes			*
	encriptación del tráfico de gestión		*	
Protección de los datos en las migraciones:	Estado de la memoria de la IV asegurado		*	

¹¹³ Habilidad para establecer réplicas del sitio en una locación geográficamente distinta, que permita la continuidad del servicio ante fallas de gran magnitud.

¹¹⁴ Para detectar malware en MV.

	durante la migración en caliente. ¹¹⁵			
Chequeo de integridad de los archivos de configuración. ¹¹⁶		*		
Protección del acceso al almacenamiento. ¹¹⁷		*		
Monitoreo y registros de auditoría.		*		
Gestión de identidad y AAA:	Capacidad de integración con directorios activos RBAC	*		
	Autenticación multi-factor		*	

Atributo de Satisfacción del Administrador

Indica el Grado de Satisfacción (GS) del administrador con los resultados obtenidos debido al empleo del par gestor-hipervisor en el CD virtualizado. Debe ser identificado el GS del administrador(es) de TI mediante la encuesta de los siguientes niveles, los que poseen un valor numérico:

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

Atributo – Inversiones de Capital (CAPEX)

Los costos totales de inversión abarcan todos los costos desde el inicio del proceso de selección de la plataforma de virtualización, hasta su puesta en marcha. Ejemplos de los gastos a tomar en cuenta son los que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Gastos a tomar en cuenta como parte de la inversión inicial en la selección y puesta en marcha de la plataforma de virtualización

¹¹⁵ Posibilidad de mantener la integridad y seguridad de los datos existentes en la memoria RAM virtual durante el proceso de migración.

¹¹⁶ Controles integrados para el chequeo de la integridad de los datos almacenados y los archivos de configuración.

¹¹⁷ Integración con el almacenamiento a través de controles de protección.

Gastos:	Especificidades:
Consultoría.	
Costos de adquisición de la solución de virtualización:	Tipo de solución:
	SLCA
	Comerciales:
	Tipos de licencias:
	- En base a número de sockets.
	- En base a número de núcleos físicos de CPU.
	Adquisición de soporte obligatorio.
Costos de adquisición de la solución de gestión de para la plataforma de virtualización:	Tipo de solución:
	SLCA
	Comerciales:
	Tipos de licencias:
	- En base a número de sockets.
	- En base a número de núcleos físicos de CPU.
Licencias de los SO de las instancias virtuales ¹¹⁸ :	No
	Sí
Capacitación y adiestramiento inicial del personal.	
Pruebas y certificaciones del proyecto.	
Imprevistos.	

Debe serle asignado un valor de 1 a este atributo, si el Inversiones de Capital (CAPEX¹¹⁹) 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 – Gastos de Operaciones (OPEX)

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 de la plataforma de

¹¹⁸ Indica si el costo de las licencias de los SO de las instancias virtuales está incluido o no en los costos de la adquisición de la solución de virtualización.

¹¹⁹ Siglas correspondientes al término en inglés: Capital Expenditure.

virtualización como el soporte, 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 20.

Tabla 20. 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 Gastos de Operaciones (OPEX¹²⁰) anual por concepto de la plataforma de virtualización, se encuentra dentro del presupuesto designado, de lo contrario será de 0.

Atributo - seguridad

Brinda una medida de los controles de seguridad que pueden ser desplegados en la infraestructura de servidores virtualizados; y por tanto de cuán segura puede configurarse esta infraestructura. Se propone se evalúe mediante la métrica Índice de Cumplimiento de los RF de Seguridad (IC_{Seg}) expresada matemáticamente como muestra la Fórmula 17:

$$IC_{Seg} = \frac{I_{plataforma}}{I_{totales}} \quad (17)$$

En donde:

I_{plataforma}: cantidad total de indicadores que tributan al RNF de seguridad que pueden ser soportados por la combinación gestor-hipervisor y que están presentes en la

¹²⁰ Siglas correspondientes al término en inglés: Operational Expenditures.

combinación gestor-hipervisor evaluada. 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 la combinación gestor-hipervisor. 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 el par gestor-hipervisor 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 21. Deben aplicarse pruebas de configuración a la plataforma de virtualización para emitir un criterio ante el soporte o no de los RF.

Tabla 21. RF del par gestor que tributan al RNF de seguridad del CD virtualizado.

RF:		Clasificaciones		
		Obligatorio	Recomendado	Opcional
Seguridad y endurecimiento del hipervisor			*	
Intro inspección de IV ¹²¹			*	
Protección de datos sensibles. Criptografía:	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. ¹²²		*	
Chequeo de integridad de los archivos de configuración. ¹²³		*		
Protección del acceso al almacenamiento. ¹²⁴		*		

¹²¹ Para detectar malware en IV.

¹²² Posibilidad de mantener la integridad y seguridad de los datos existentes en la memoria RAM virtual durante el proceso de migración.

¹²³ Controles integrados para el chequeo de la integridad de los datos almacenados y los archivos de configuración.

¹²⁴ Integración con el almacenamiento a través de controles de protección.

Monitoreo y registros de auditoría.		*		
Gestión de identidad y AAA:	Capacidad de integración con directorios activos	*		
	RBAC	*		
	Autenticación multi-factor		*	

Atributo de aislamiento de desempeño

Aislamiento de desempeño: [3], [6], [2], [7] capacidad que presenta el hipervisor de aislar el uso de los recursos entre IV garantizando que un uso excesivo de recursos por una IV no afecte al resto.

Métricas y Procedimiento de Evaluación

Prueba de aislamiento de desempeño

Nombre: Prueba de throughput de una IV.

Tipo de prueba: aislamiento

Objetivo de las pruebas: El objetivo de esta prueba es evaluar cuánto se afecta el rendimiento de los subsistemas CPU, memoria, disco y red, de varias IV ejecutándose simultáneamente cuando se estresa el procesamiento en una de ellas.

Número de iteraciones: Cinco.

Parámetros a ser medidos y medios a emplear:

Métrica principal:

AISLAMIENTO: definida como el p95 de los valores de DEG_RENDIMIENTO_MV obtenidos del total de iteraciones.

Métrica secundaria, definida en la Fórmula 18:

$$\text{DEG_RENDIMIENTO_MV} = \frac{TMV-stress}{TMV-normal} \quad (18)$$

En donde:

TMV-stress: es el valor de throughput de una IV medido cuando es estresada una de las IV que se corren de forma simultánea para comprobar el aislamiento del hipervisor.

TMV-normal: es el valor de throughput de una IV medido cuando se comprueba el rendimiento de las IV que se corren de forma simultánea sin estresar ninguna de ellas.

Para medir el throughput de las IV en cada iteración deben ser empleadas las micro-benchmarks y métricas de la prueba “Prueba de throughput de una IV”, así como la prueba en sí, y la herramienta de pruebas JMeter.

Descripción de las pruebas:

Deben realizarse seis iteraciones:

- 1^{era}. iteración: debe ejecutarse la prueba de throughput simultáneamente a un número determinado de IV superior a dos. Deben registrarse los valores de TMV de cada IV.
- 2da., 3era., 4ta. y 5ta. iteración: deben ser ejecutadas las pruebas de throughput simultáneamente a todas las IV, excepto a una que será estresada mientras se aplican las pruebas al resto de las IV. Deben ser tomados los valores de TMV de cada IV, excepto de la IV estresada, y calcular la DEG_RENDIMIENTO_MV de cada IV en cada iteración.

Cálculo y agregación de métricas:

- Deben ser calculados los valores de DEG_RENDIMIENTO_MV de cada IV en cada iteración.
- Debe ser calculada la métrica AISLAMIENTO.

Análisis de los resultados:

Debe ser identificado si el aislamiento de desempeño del hipervisor es adecuado o no.

Categoría de Robustez

Indica el índice de consolidación y soporte de la plataforma de virtualización de servidores, gestor-hipervisor. Se encuentra compuesta por los atributos: consolidación de las soluciones, y documentación y tipos de soporte técnico.

Atributo - Consolidación de las soluciones

Indica el grado de aceptación y penetración en el mercado de la plataforma de virtualización de servidores, gestor-hipervisor, 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 19:

$$I_{CM} = \frac{\sum_1^n \text{valor asignado al parámetro } n}{n} \quad (19)$$

En donde los parámetros a evaluar son¹²⁵:

- Penetración en las infraestructuras de NP/CDV: centros de investigación, universidades, empresas, industrias.
- Evaluar el tamaño y los esfuerzos dedicados de la comunidad SLCA que le brinda soporte al hipervisor.
- Evaluar el tamaño y los esfuerzos dedicados de la comunidad SLCA que le brinda soporte al par gestor-hipervisor.
- 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 par gestor-hipervisor.

¹²⁵ Pueden ser incluidos nuevos parámetros a considerar.

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

Penetración en las infraestructuras de NP/CDV: centros de investigación, universidades, empresas, 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 hipervisor:

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 al par gestor-hipervisor:

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 del par gestor-hipervisor:

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, 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 de la comunidad SLCA

Brinda una medida de la organización, el respaldo y el soporte que le brinda la comunidad SLCA a la plataforma de virtualización, gestor-hipervisor. Para evaluar este atributo se propone la métrica “Indicador de Soporte Técnico (I_{ST})”, como indica la Fórmula 20:

$$I_{ST} = \frac{\sum_1^n \text{valor asignado al parámetro}_n}{n} \quad (20)$$

En donde los parámetros a evaluar son¹²⁶:

- Documentación oficial y tutoriales en cuanto a: diseño, instalación, operación y desarrollo.
- Contribución de las wikis y forúms.
- Certificaciones y/o cursos de entrenamiento.

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:

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

Contribución de las wikis y forúms:

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

Certificaciones y/o cursos de entrenamiento:

¹²⁶ Pueden ser incluidos nuevos parámetros a considerar.

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.

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] D. Clavijo, D. R. Moreno Véliz, L. R. García Perellada, S. Vega Gutiérrez, y J. M. de la Fé Herrero, «METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS RECURSOS DE CÓMPUTO PARA PYME SOBRE NUBE PRIVADA», en *Informática 2018*, Palacio de Convenciones de La Habana, 2018.
- [3] S. Soltesz, «Container-based Operating System Virtualization: A Scalable, High-performance Alternative to Hypervisors», 2014.
- [4] A. Arceo, R. Gil, L. R. García Perellada, S. A. Irigoyen, y A. A. Garófalo, «Propuesta de pruebas, parámetros y métricas para comparar plataformas de virtualización», en *XVI CONVENCIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, CIE-2015*, Villa Clara, 2015, p. 7.
- [5] «NIST Special Publication 800-125, Guide to Security for Full Virtualization Technologies - SP800-125-final.pdf», 2014.
- [6] N. Fareghzadeh, M. A. Seyyedi, y M. Mohsenzadeh, «Dynamic performance isolation management for cloud computing services», *J. Supercomput.*, vol. 74, n.º 1, pp. 417-455, ene. 2018.
- [7] Wes Felter, Alexandre Ferreira, Ram Rajamony, y Juan Rubio, «An Updated Performance Comparison of Virtual Machines and Linux Containers», jul. 2014.