

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE PRUEBAS VOIP CON CENTRALES TELEFÓNICAS IP-PBX PARA SERVICIOS CORPORATIVOS DE LA CORPORACIÓN DIGITEL

Battaglini S. Juan C., Tutor empresarial: Jhoan, Freites.

Universidad Católica Andrés Bello
Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones
Montaban, Caracas. Venezuela

jcbattaglini@gmail.com

jhoan_freites@digitel.com.ve

Resumen

El objetivo de este Trabajo de Grado es diseñar una solución para poder manipular la base de datos de todos los abonados dentro de la corporación Digitel y que dicho sistema sea capaz de ofrecer una alta fiabilidad del servicio a través de la implementación de un clúster de alta disponibilidad. Este proyecto nace por la necesidad de presentar una solución alterna, la cual ofrezca tiempos menores de respuestas ante consultas o modificaciones masivas, esto debido a que actualmente poseen una herramienta llamada PGW Web LMT, la cual requiere de mucho tiempo para llevar a cabo las actividades mencionadas de forma masiva.

Para esto se llevó a cabo una investigación para definir las etapas necesarias para concretar el objetivo establecido, estas están estrechamente relacionadas con las investigaciones bibliográficas, diseño e implementación, equipos a usar, infraestructura, instalación y evaluación del desempeño del servicio en la red, al igual que el desarrollo del tomo de TEG.

Por último, se realizó una demostración con el proyecto ya implementado, evidenciando la factibilidad y eficiencia de la plataforma diseñada a través de un listado masivo de un lote de abonados.

Palabras Claves: Alta Disponibilidad, Tiempo, Abonados.

I. Introducción

A lo largo de los años con la globalización, las telecomunicaciones han sido factor clave para conectar a las personas entre sí, permitiéndoles rápido acceso a la información y a nuevas tecnologías, abriendo camino a un sinnúmero de usos para la misma en nuestra sociedad que desesperadamente busca cada vez estar más conectada entre sí, rompiendo distancias y fronteras alrededor del globo causando un impacto positivo en lo social, político, económico y cultural.

Actualmente, la Corporación Digitel cuenta con un Single SDB el cual es una base de datos centralizada en la que se encuentran almacenados los perfiles de sus subscriptores, en dichos perfiles se aprecian los servicios que tienen provisionados cada uno de estos usuarios de forma detallada. El objetivo, es crear una solución alterna a la disponible actualmente, reduciendo los tiempos para efectuar modificaciones o consultas masivas a dichos perfiles por parte del departamento de Operación y Mantenimiento (O&M), brindando así una optimización significativa.

Dicha optimización se pretende hacer efectiva mediante la ejecución de scripts de procesamiento de texto en lenguaje informático Perl a través de dos servidores Sun Netra X4270 con un Sistema Operativo (S.O.) SUSE Linux Enterprise Server 15.1 y la extensión Suse Linux Enterprise Server High Availability Extensión 15.1 para la implementación de un clúster de alta disponibilidad con la meta de

garantizar una mejora en la disponibilidad del servicio.

II. DESARROLLO DE CONTENIDO

II.1. Redes móviles GSM– redes móviles de 2ª generación

“Sistema desarrollado como un estándar europeo abierto y su implementación dejó resolver la itinerancia internacional (Roaming), permitiendo así que un mismo terminal móvil pueda operar con un único número de teléfono en todos los países que posean dicho sistema. Este es ampliamente utilizado en la actualidad”. [1]

II.1.1. HLR

Registro de Posición de Inicio, del inglés Home Location Register; Es el elemento de la red que almacena los datos de los usuarios. Para dar de alta a un usuario en una red móvil, se deben introducir los datos en el HLR.

II.2 UMTS

Sistema universal móvil de telecomunicaciones – del inglés Universal Mobile Telecommunication System; “la segunda generación de sistemas de telecomunicaciones, tales como GSM, permite transmisión de tráfico de voz sobre entorno inalámbrico. Sin embargo, las redes 2G son incapaces de satisfacer todos los requisitos (cada vez mayores) de transmisión de datos, derivados por el rápido desarrollo de aplicaciones móviles que precisan transmisiones de datos de alta velocidad (video on demand, descarga de imágenes de alta calidad, etc.). Para cumplir estos requisitos se desarrolló la siguiente generación de redes móviles, conocida como 3G o tercera generación”. [1]

II.3 HSDPA

“Se basa en la adopción de nuevas técnicas para mejorar significativamente la tasa de bits de datos en dirección de enlace descendente (la velocidad de datos en el enlace ascendente sigue siendo la misma). Como resultado de ello, el valor máximo teórico de la tasa de bits por celda se incrementa desde 2 Mbps hasta 14,4 Mbps. Los cambios en las redes se hacen sobre todo en UTRAN y la idea clave es mover varios radios procedimientos de gestión de recursos radio a Nodo B en lugar de RNC como en versiones

anteriores de UMTS. La ventaja de este cambio es que el Nodo B está mucho “más cerca” del UE. Por lo tanto, puede ser mucho más eficaz para reaccionar teniendo en cuenta la calidad variable del canal radio”. [1]

II.4 Long Term Evolution (Advanced) – LTE(A)

El paso siguiente a UMTS en la evolución de las redes móviles se conoce como Evolución a Largo Plazo, del inglés Long Term Evolution (LTE). A diferencia de UMTS, LTE utiliza acceso OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales, del inglés Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) y SC-FDMA (Portadora Simple OFDMA, del inglés Single Carrier OFDMA) para los enlaces descendente y ascendente respectivamente en lugar de WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha, del inglés Wideband Code Division Multiple Access), utilizada en UMTS. Por lo tanto, las características de transmisión son muy diferentes si las comparamos con UMTS. Sin embargo, LTE está considerado como parte de los sistemas 3G, ya que no cumple con los requisitos definidos por la ITU para las redes 4G. El primer estándar clasificado como 4G es LTE-A (Evolución a Largo Plazo Avanzada, del inglés Long Term Evolution - Advanced) estandarizado en junio de 2011. Es la evolución del anterior LTE, basado en los mismos principios que ambas versiones de LTE, pero está alineada con el conjunto de requisitos definidos por la ITU y conocidos como IMT-Advanced [1]

II.4.1 HSS

Servicio al Abonado a Domicilio, del inglés Home Subscriber Server: Es la evolución del elemento HLR. Contiene la información del suscriptor como el QoS o perfil de itinerancia. También guarda la información sobre usuario local en MME (es decir, la MME a la cual el UE está conectado). [2]

II.5 Red de registro Single SDB

La red Digital cuenta con un elemento llamado Single SDB (Base de datos única del suscriptor, del inglés Single Subscriber Data Base). Este elemento es una versión ofrecida por Huawei en la cual integra en un mismo elemento físico un HLR y un HSS bajo una base de datos de los suscriptores unificada.

Según la arquitectura de la Corporación, se tiene para los demás elementos de la red un Single SDB (Un HLR y Un HSS) [3]. La solución Huawei para HSS/HLR es el Single SDB.

La Single SDB se conecta al sistema de aprovisionamiento a través de la red IP. Por lo general, los operadores proporcionan una red privada virtual (VPN) dedicada para que el sistema de aprovisionamiento se comuniquen con la Single SDB. Así, la Single SDB queda aislada de otras redes y se mejora la fiabilidad del sistema.

Actualmente la Corporación Digitel efectúa los cambios y listados de los perfiles de sus abonados a través de la herramienta “Web LMT” (LMT, Terminal de Mantenimiento Local, del inglés Local Maintenance Terminal).

II.6 Redes

Una red es una colección de dispositivos llamados nodos, los cuales utilizan protocolos comunes de red para así poder compartir recursos e interactuar entre sí a través de un medio de red. [4]

II.7 Protocolos de red

Conjunto de normas estandarizadas que detallan la metodología a emplear para transmitir paquetes de datos entre cualquier cantidad de dispositivos, haciendo de convención que controla y autoriza la conexión, comunicación y transferencia de información. [5]

II.7.1 Protocolos de transporte

Son las reglas que definen cómo se establece la comunicación entre los ordenadores. A decir verdad, algunos protocolos son un conjunto de ellos, donde cada uno se especializa en una tarea definida. Dentro de la capa 4 del modelo OSI se puede apreciar que los protocolos de transporte son: UDP y TCP.

TCP - Protocolo de Control de la Transmisión, del inglés Transmission Control Protocol: Es un protocolo de red confiable que está orientado a la conexión. [5]

UDP - Protocolo de Datagrama de Usuario, del inglés User Datagram Protocol: Es un protocolo de red no confiable. [5]

II.7.2 NTP

El protocolo de sincronización determina el desfase horario de un reloj del cliente con respecto a uno o varios relojes del servidor. [6]

II.7.3 Almacenamiento sobre redes IP: ISCSI

Una de las actividades principales de un centro de computadoras o cualquier otro que soporte servidores, es proveer una adecuada capacidad de discos de almacenamiento. Los canales de fibra óptica suelen ser utilizados para este propósito, sin embargo, ISCSI (Internet SCSI) provee una solución de bajo costo al canal de fibra que puede aprovechar los servidores. [7]

II.8 Protocolos en el nivel de aplicación

Es la última capa del modelo OSI y proporciona servicios a los usuarios tales como:

II.8.1 SSH – intérprete de órdenes seguro

La Carcasa Segura, del inglés Secure Shell; es un enfoque popular, poderoso y basado en software para la seguridad de la red. [8]

II.8.2 SFTP – Protocolo de transferencia segura de archivos, Del inglés Secure File Transfer Protocol

El Protocolo de Transferencia Segura de Archivos, del inglés Secure File Transfer Protocol; es una herramienta separada de transferencia de archivos en capas sobre SSH. [8]

II.9 Servidor

Los servidores son equipos informáticos que brindan un servicio en la red. Dan información a otros servidores y a los usuarios. Son equipos de mayores prestaciones y dimensiones que una computadora personal. [9]

II.9.1 Servidor espejo

Un servidor espejo, como lo indica su nombre, es una réplica exacta del servidor principal, siendo capaz de sustituirlo en caso de que este tenga alguna falla u error durante su funcionamiento. [10]

II.9.6 Clúster de alta disponibilidad

El objetivo de un clúster de alta disponibilidad es asegurar que los recursos críticos alcancen la máxima disponibilidad posible. Este objetivo se logra instalando software de clúster en múltiples

servidores. Este software supervisa la disponibilidad de los nodos del clúster, y monitorea la disponibilidad de los servicios que son gestionados por el clúster (en este caso, estos servicios se denominan recursos). Si un servidor presenta fallas y detiene su servicio, el clúster HA (alta disponibilidad, del inglés high available) se dará de cuenta y se asegurará de que el recurso sea reiniciado en algún otro lugar del clúster, para que así se pueda volver a usar el recurso después de una mínima interrupción. [11]

II.10 Perl

Perl (Extracción práctica y lenguaje de informes, del inglés Practical Extraction and Report Language) es un lenguaje de programación desarrollado a finales de los años 80 por Larry Wall a partir otras herramientas de UNIX como son: ed, grep, awk, c-shell, para la administración de tareas propias de sistemas UNIX. [12]

III. METODOLOGÍA

III.1 Fase I: Investigar antecedentes bibliográficos y tecnologías sobre el tema y la red Digital.

Se realizaron investigaciones en fuentes académicas comprobadas (libros, publicaciones, manuales técnicos, documentación detallada y confidencial de la empresa, etc.) referentes a los temas claves para el desarrollo de este trabajo, destacando la alta disponibilidad y replicación de información, en conjunto a la red de la corporación, características de los diferentes equipos a manipular como el Single SDB, antecedentes y beneficios, al igual que los mecanismos de QoS para el servicio a través del servidor espejo, arreglo de discos y la alta disponibilidad (HA).

También, se revisaron documentos técnicos de los equipos disponibles en la Corporación Digital en esta fase para el desarrollo del proyecto.

- Investigar acerca de los equipos dentro de la red con los que se requiere establecer una conexión para lograr la ejecución de los scripts.
- Investigar acerca de los servidores, servidor espejo, software de alta disponibilidad (HA), replicación de datos, arreglo de discos y protocolos de red.

- Investigar acerca del lenguaje de programación Perl para poder manipular, modificar e implementar los scripts necesarios para el desarrollo del proyecto.

III.2. Fase II Investigar la operación actual de la red DIGITEL

Se profundizó a detalle el Single SDB, obteniendo detalles clave como dirección IP y puertos a través de los cuales se efectúa la comunicación. Estos se utilizan en los scripts para obtener acceso al equipo de forma remota, aplicando conocimientos de telemática y de programación para que al ejecutar los scripts se ingrese de manera automática a Single SDB y se ejecute el comando deseado previamente introducido por la terminal del servidor implementado.

III.3 Fase III: Determinar cuáles son las consultas en la HLR y HSS de mayor importancia para realizarlas a través de un programa o código desarrollado a través de un lenguaje de programación.

En esta fase se determinó que todas las posibles consultas o modificaciones son indispensables para la rutina del departamento de Operación y mantenimiento (O&M), motivo por el cual se profundizó el conocimiento acerca del lenguaje de programación Perl para ofrecer una solución que contemple la posible ejecución de cualquier consulta deseada por el usuario a través de comandos introducidos por teclado en la terminal de forma local o remota.

III.4. Fase IV: Diseño del sistema tentativo a implementar

Una vez obtenidos los conocimientos técnicos necesarios, y habiendo verificado la documentación de los equipos disponibles, se analizó el diseño planteado para la puesta en marcha del proyecto, desarrollando un sistema que permitiría escalabilidad.

En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

- Diseño inicial del sistema acorde a lo que se requiere y dispone.
- Análisis de las características de los equipos provistos.
- Softwares requeridos.

III.5. Fase V: Implementación

Una vez definido el sistema a emplear, se puso en práctica los conocimientos adquiridos para el desarrollo de esta fase siguiendo los lineamientos de configuración de los equipos, infraestructura y configuración de los servidores acompañados del software de alta disponibilidad.

Las siguientes actividades fueron asignadas a esta fase:

- Configuración e instalación de los equipos.
- Conexión de los equipos a la red de la Corporación y crear redundancia entre los servidores del proyecto.
- Configuración de la matriz redundante de discos (RAID 1) y del software de alta disponibilidad (HA).
- Configuración de un disco externo a través del protocolo ISCSI que alimente al demonio SBD con el objetivo de cercar los nodos en caso de ocurrir alguna falla, haciendo que el nodo inicie el ciclo de reinicio.

III.6 Fase VI: Pruebas de funcionamiento y operatividad del servidor.

En esta fase se pretende llevar a cabo un conjunto de pruebas con la finalidad de detectar fallas y efectuar las correcciones pertinentes con aras a un correcto funcionamiento en todos los componentes que comprenden este sistema y desarrollar un análisis en base a resultados obtenidos.

Entre las pruebas efectuadas se tienen:

1. Prueba de discos
2. Redundancia de puertos
3. Resolución de Hostname o nombre del hospedador (servidor)
4. Acceso remoto
5. Acceso remoto a través de la IP virtual
6. Reinicio o cercado del nodo a través del software de alta disponibilidad.
7. Ejecución de Scripts con lista de abonados

III.7 Fase VII: Elaboración del Tomo del Trabajo Especial de Grado

Se tomó toda la información previamente recaudada para documentarse y redactar el tomo a entregar.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos a partir del desarrollo de todas las fases del Trabajo Especial de Grado. Se enfoca en la edición de los scripts de programación para el uso del departamento de Operación y mantenimiento (O&M); Implementación del diseño propuesto; Instalación física de los servidores; Pruebas de operatividad y funcionamiento del proyecto. Todo esto con el objetivo de evaluar el proyecto, su alcance, limitaciones y recomendaciones para su uso dentro de la Corporación Digitel.

IV.1 Diseño del sistema implementado

Se cumplió con este objetivo al trazar un diseño definitivo a ser implementado, partiendo por los requerimientos necesarios para su implementación hasta llegar a la instalación del sistema, dichos requisitos están debidamente documentados en este Proyecto Especial de Grado, partiendo por obtener información relevante del Single SDB, edición de los scripts de programación, arreglo de discos en RAID 1, Instalación del sistema operativo en ambos servidores, configuraciones de red y de los servicios necesarios para la implementación del clúster de alta disponibilidad a través del software de Suse. A continuación, se muestra el diseño final.

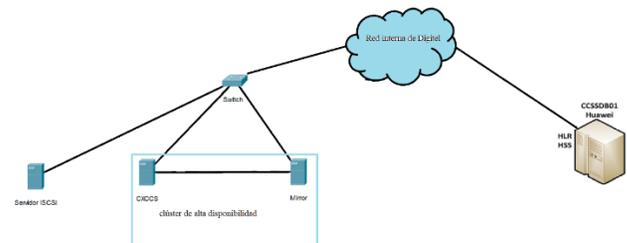


Ilustración 1. Diseño final del sistema.

IV.2 Montaje y configuración afín de los servidores

Se cumplió este objetivo al lograr las configuraciones necesarias para la implementación de un sistema capaz de satisfacer las necesidades de este proyecto

V.2.1 Arreglo de discos

Los resultados obtenidos al configurar el arreglo de discos RAID 1 a través de la Web BIOS se pueden constatar en la siguiente figura.

funcionamiento el servicio de alta disponibilidad, para ello se configuró antes el SBD y el Watchdogtime.

```
SBD_DEVICE="/dev/mapper/360003ff44dc75adcbfd30185096286c;/dev/mapper/360003ff44dc75adcbfd30185096286c"
SBD_OPTS=-W
```

Ilustración 7. Dispositivo SBD alimentado por los bloques de memoria provistos a través de ISCSI.

```
cracklin # lsblk -l -n -o NAME,SIZE,TYPE,ROTTED,SMART,STATE,TYPE
cracklin # lsblk -l -n -o NAME,SIZE,TYPE,ROTTED,SMART,STATE,TYPE
cracklin # lsblk -l -n -o NAME,SIZE,TYPE,ROTTED,SMART,STATE,TYPE
```

Ilustración 8. Watchdog

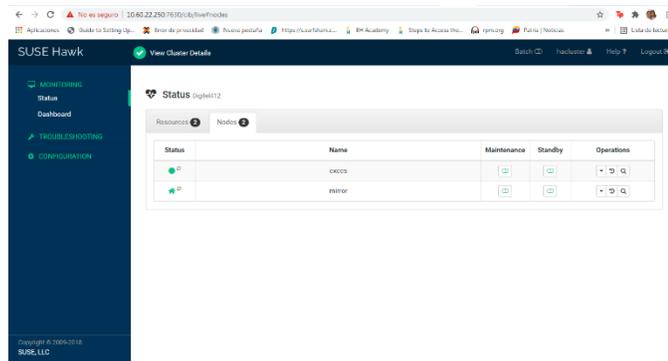


Ilustración 9. Nodos disponibles en el servicio de Alta Disponibilidad.

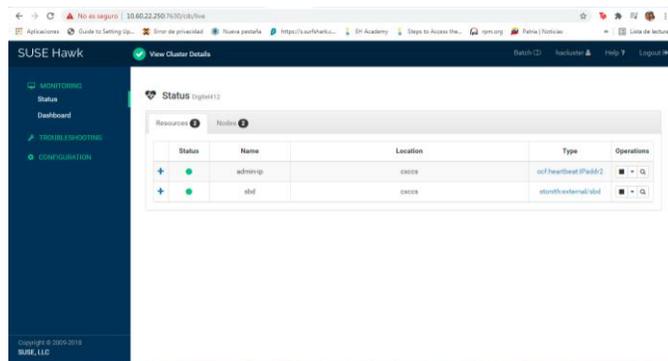


Ilustración 10. Recursos disponibles en el Servicio de Alta Disponibilidad.



Ilustración 11. Instalación en Rack.



Ilustración 12. Conexión de puertos de red y de alimentación.

IV.2.6 Instalación y configuración física

Se cumplió con este objetivo al lograr las configuraciones físicas necesarias que desarrollaron en la instalación de los servidores que integran el sistema implementado, partiendo desde el estudio efectuado en la sede de Sartenejas para la ubicación física tanto en la habitación como en el rack, ubicación de tomas simples y tomas con respaldo eléctrico y conexión al Switch de la Corporación el cual proveerá de acceso a la red corporativa, a continuación, se evidencia lo expuesto.



Ilustración 13. Conexión a los puertos 7 y 8 del Switch.

IV.3 Pruebas de funcionamiento y operatividad del servidor.

El desarrollo de esta fase permitió la detección de fallas en el sistema, la aplicación de correcciones pertinentes, cuantificar el tiempo requerido para la ejecución de los scripts en situaciones controladas y efectuar análisis en base a los resultados obtenidos que se muestran a continuación:

IV.3.1 Prueba de discos

Para corroborar de forma práctica la configuración de discos en RAID 1 se extrajo uno de los dos discos duros de uno de los servidores, en este caso el del servidor mirror.

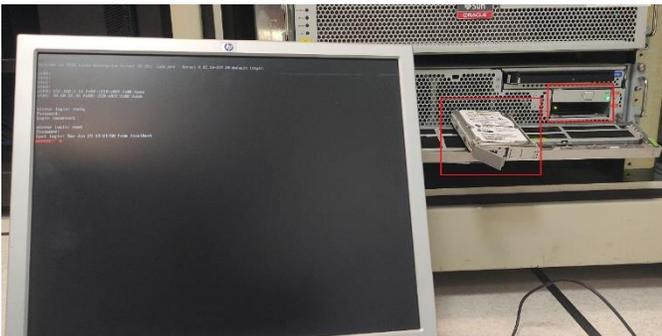


Ilustración 14. Prueba de arreglo de discos RAID 1.

IV.3.2 Redundancia de puertos y resolución de Hostname

Los resultados de esta prueba se obtuvieron mediante la ejecución del comando ping entre los puertos configurados en ambos servidores.

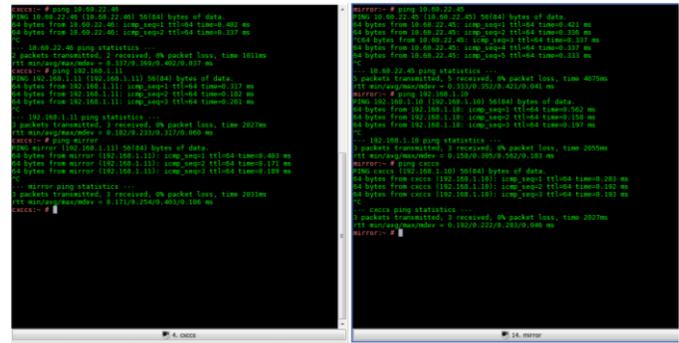


Ilustración 15. Prueba de comunicación entre los distintos puertos y de resolución de hostname.

IV.3.3 Acceso remoto

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la ilustración 15 ya que, las pruebas se ejecutaron a través de SSH a los servidores.

IV.3.4 Acceso remoto a través de la IP virtual

En el momento en el que se efectuó esta prueba, el recurso IP virtual se encontraba alojado en el nodo cxcx que es el que estaba en estado Activo, lo cual podemos constatar en la siguiente prueba.

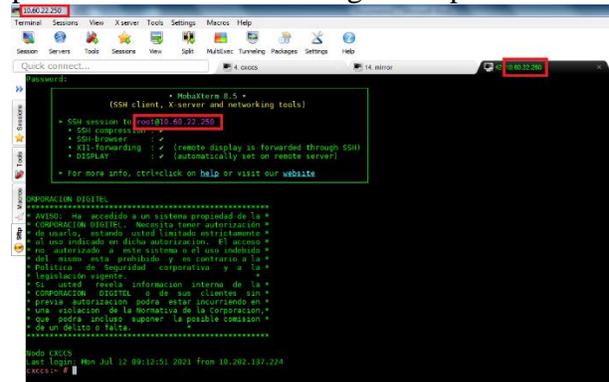


Ilustración 16. Prueba de conexión a través de SSH a la IP virtual.

IV.3.5 Reinicio o cercado del nodo

en esta prueba se cerca el nodo en estado activo, constatando la correcta ejecución del ciclo de reinicio, ocasionándole al nodo que previamente estaba en espera pase a estar en estado activo y, además corroborar que en efecto los recursos son migrados al nuevo nodo activo. Una vez culminado el ciclo de reinicio, el nodo se reintegrará al clúster en estado pasivo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta prueba:

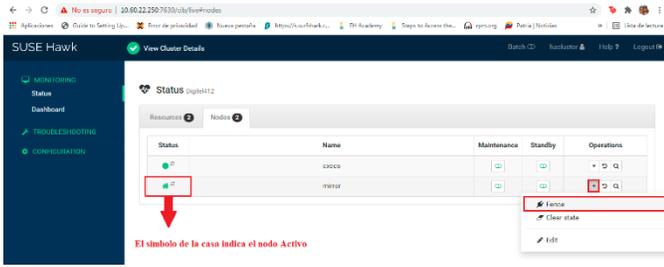


Ilustración 17. Cercado del nodo mirror.

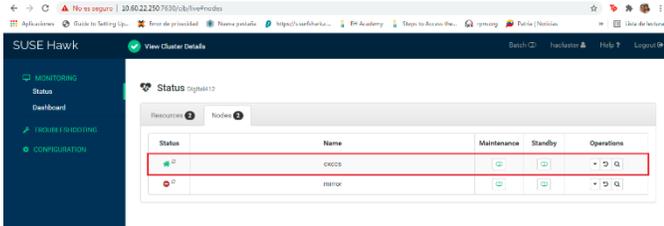


Ilustración 18. Verificación visual de que el nodo fue cercado.

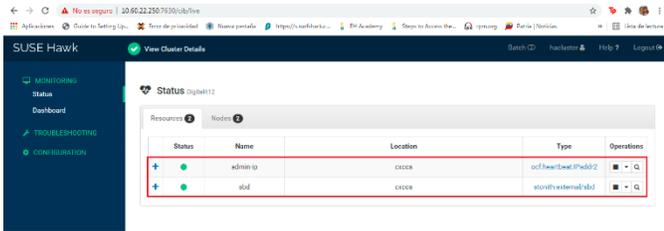


Ilustración 19. Recursos migrados con éxito al nodo ccxc.

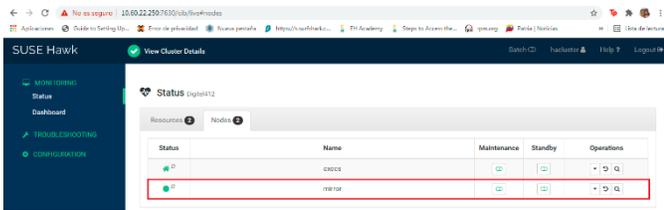


Ilustración 20. Nodo mirror en espera.

V.6.6 Ejecución de Scripts con lista de abonados

Comando ejecutado	Cantidad de abonados. resultados en minutos				
	1k	5k	10k	50K	100k
LST SUB día	0.3 3	1.7 5	3.7 3	17.9	33.4 8
LST SUB noche	0.3 3	1.7 7	3.5	30.4	58.3 8
LST SUB DETAIL=TRU E día	0.8 2	4.1 2	8.1 8	40.7 2	74.6 2

LST SUB DETAIL=TRU E noche	0.7 7	4.0 2	8.1 5	51.5	97.5 7
----------------------------	----------	----------	----------	------	-----------

Tabla 1. Resultados en base a la ejecución de scripts primera ronda de día y en la noche.

Comando ejecutado	Cantidad de abonados. resultados en minutos				
	1k	5k	10k	50K	100k
LST SUB día	0.6	3.1 8	6.25	31.6 3	58.8 7
LST SUB noche	0.9 5	3.2 7	6.25	30.1	58.7 3
LST SUB DETAIL=TRU E día	1	5.3 3	10.7 5	52.0 7	99.1
LST SUB DETAIL=TRU E noche	1	5.1 5	10.4	51.7 3	96.3 7

Tabla 2. Resultados en base a la ejecución de scripts segunda ronda de día y en la noche.

Comando ejecutado	Cantidad de abonados. resultados en minutos				
	1k	5k	10k	50K	100k
LST SUB día	0.5 9	3.1	6.27	31.2 5	59.5 3
LST SUB noche	0.6	3.2	6.48	31.1 8	61.8 5
LST SUB DETAIL=TRU E día	0.9 9	5.2 7	10.4 3	51.5 7	97.2
LST SUB DETAIL=TRU E noche	1	5.3 8	10.4	51.2 5	99.0 3

Tabla 3. Resultados en base a la ejecución de scripts tercer ronda de día y en la noche.

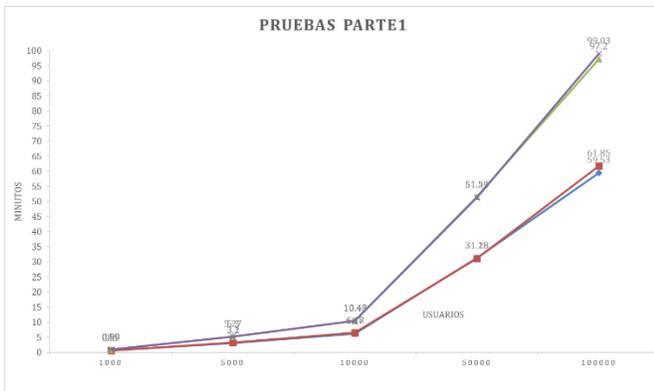


Ilustración 21. Resultados de ejecución de la primera ronda de pruebas.



Ilustración 22. Resultados de ejecución de la segunda ronda de pruebas.



Ilustración 23. Resultados de ejecución de la tercera ronda de pruebas.

A partir de los resultados obtenidos se puede analizar lo siguiente:

1. Las diferencias de tiempo pueden variar independientemente de la hora en la que se ejecuten los scripts, sin embargo, es recomendable hacer las ejecuciones en ventanas de tiempo nocturnos debido a que en principio el Single SDB tiene menor tráfico, aunque esto puede variar acorde a la interacción de distintos departamentos con este equipo.

2. Algunos resultados obtenidos en la primera sesión de pruebas durante el día, se puede constatar la reducción en el tiempo de ejecución de los comandos, esto se debe a que en esa ventana de tiempo el Single SDB presentaba poco tráfico de comandos, es decir, pocas personas estaban interactuando con este equipo.

V. Referencias Bibliográficas

- [1] Z. M. P. a. P. I. Becvar, Redes móviles, Czech Republic, pp. 23-74.
- [2] Corporacion Digitel, «Elementos de la red central,» Caracas, 2015.
- [3] SingleSDB Product Documentation, «Hedex,» Huawei, 02 06 2012. [En línea]. Available: http://10.60.22.91:52199/hedex/hdx.do?lib=31185441&v=02&tocLib=31185441&tocV=02&id=cn_22_18_000011&tocURL=resources%252fbc%252fmaintenance%252fsecurity%252fmgt%252fcm%252f22%252f18%252f000011%252html&p=t&fe=1&ui=3&keyword=pgw. [Último acceso: 09 09 2019].
- [4] M. Gallo y W. Hancock, Comunicación entre Computadoras y Tecnología de Redes, Mexico: Ediciones Paraninfo, 2002.
- [5] A. a. W. D. Tanenbaum, Redes de computadoras, Naucalpan de Juárez: Pearson Educación, 2012.
- [6] D. Mills, Computer Network Time Synchronization, Boca Raton : CRC Press, 2006.
- [7] S. LLC, «SUSE,» SUSE, 01 12 2019. [En línea]. Available: <https://documentation.suse.com/sles/15-SP1/html/SLES-all/book-storage.html>. [Último acceso: 10 12 2020].
- [8] R. S. Daniel J. Barrett, SSH, The Secure Shell: The Definitive Guide, O'Reilly, 2001.
- [9] E. A. Marchionni, Administrador de servidores, Buenos Aires : Fox Andina, 2011.
- [10] P. Christensson, «Tech Terms,» 17 08 2017. [En línea]. Available: www.techterms.com/definition/mirror. [Último acceso: 15 12 2019].
- [11] S. V. Vugt, Pro Linux High Availability Clustering, Berkeley: Apress, CA, 2014.
- [12] B. D. F. L. W. Tom Christiansen, «Programming Perl,» O'REILLY , Sebastopol, 2012.