

Modelo de infraestructura tecnológica para la gestión y resguardo de información académica: experiencia de implementación en la UASA

*Technological infrastructure model for the management and safeguarding of academic
information: implementation experience at UASA*

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Villarreal Brito, G. (2026). Modelo de infraestructura tecnológica para la gestión y resguardo de información académica: experiencia de implementación en la UASA. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 4 (1), páginas (19 - 36). <https://doi.org/10.22201/dgtic.30618096e.2026.4.1.147>

Gustavo Villarreal Brito

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México

gwillarreal@cmarl.unam.mx

ORCID: 0009-0006-9119-1122

Resumen

La gestión eficiente y segura de la información académica representó un reto creciente en la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales debido al aumento en la generación de datos científicos y administrativos. Con el fin de responder a esta necesidad, se diseñó e implementó un modelo de infraestructura tecnológica orientado a fortalecer el resguardo, la continuidad operativa y la colaboración académica. El modelo se basó en la integración de tres componentes principales: una plataforma de colaboración en nube privada con software libre, un sistema de almacenamiento en red con redundancia y una herramienta de monitoreo de servicios. La metodología consideró diseño, configuración, instalación y pruebas en condiciones de uso real. Se demostró la viabilidad de un modelo replicable, contribuyendo a la soberanía de datos y autonomía operativa, así como a la resiliencia en la gestión de datos académicos.

Palabras clave: Almacenamiento en red, gestión de datos académicos, infraestructura tecnológica, monitoreo de servicios, nube privada.

Abstract

The efficient and secure management of academic information represented an increasing challenge at the Reef Systems Academic Unit, due to the growth in scientific and administrative data generation. To address this need, a technological infrastructure model was designed and implemented to strengthen data safeguarding, operational continuity, and academic collaboration. The model was based on the integration of three main components: a private cloud collaboration platform using open-source software, a redundant network storage system, and a service monitoring tool. The methodology considered design, configuration, installation, and testing under real operating conditions. The results showed improved information access times, reduced failure risks, and early incident detection. The feasibility of a replicable model was demonstrated, contributing to institutional data sovereignty and resilience in academic information management.

Keywords: Academic data management, network storage, private cloud, service monitoring, technological infrastructure.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de la información académica se ha consolidado como un eje estratégico en las instituciones de educación superior, donde la seguridad, la continuidad operativa y la soberanía de los datos deben abordarse de manera integral junto con la colaboración y el acceso a la información (Guerschberg, 2025). Sin embargo, los servicios comerciales de almacenamiento en la nube presentan limitaciones relacionadas con el control institucional, la privacidad y los costos a largo plazo (Cabral Vargas, 2018).

Durante el periodo 2024-2025, la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales (UASA) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México implementó un modelo de infraestructura tecnológica orientado a integrar almacenamiento seguro, servicios de colaboración y monitoreo en tiempo real, con el fin de garantizar la disponibilidad, integridad y resguardo de los datos utilizados en actividades de investigación, docencia y administración.

La solución se fundamenta en el uso de software libre y hardware institucional, fortaleciendo la autonomía en la gestión de la información y la sostenibilidad operativa de la infraestructura. El Anexo B presenta el análisis comparativo de herramientas colaborativas que sustenta la selección de la plataforma implementada, mientras que el Anexo C incluye el análisis del sistema de almacenamiento en red y su integración con la plataforma de monitoreo de infraestructura.

El objetivo fue implementar un modelo de infraestructura tecnológica que integre Nextcloud, Synology NAS y Zabbix¹, con el propósito de optimizar la gestión, intercambio y resguardo de información académica, mejorar los tiempos de acceso y disponibilidad del servicio, así como garantizar la continuidad operativa mediante monitoreo y respaldo automatizado.

2. DESARROLLO TÉCNICO

La implementación del modelo de infraestructura tecnológica se estructuró en cuatro etapas: diseño, configuración, instalación y pruebas. Durante el diseño, se evaluaron enfoques relacionados con la

1 Para la definición de éste y otros conceptos técnicos, véase el glosario contenido en el Anexo A.

transformación digital de las universidades, donde la gestión de información y los datos se han convertido en recursos estratégicos (Komljenovic, 2024). Se consideraron servicios comerciales de nube (Google Workspace, Dropbox), que ofrecen facilidad de administración y alta disponibilidad, pero presentan limitaciones en el control institucional, la privacidad de los datos y costos a largo plazo (Cabral Vargas, 2018).

- I. Plataformas libres como Seafile y ownCloud, que proporcionan independencia tecnológica, aunque con menor madurez comunitaria y soporte limitado.
- II. Soluciones híbridas basadas en Nextcloud y almacenamiento NAS, que equilibran seguridad, soberanía tecnológica y escalabilidad (Aydın, 2021).

Tras el análisis comparativo del Anexo B, se eligió la opción híbrida por ser la más adecuada para el entorno académico de la UASA, en el que la protección de datos, la interoperabilidad y la autonomía institucional constituyen prioridades estratégicas. Este enfoque coincide con experiencias documentadas en otras universidades, que demuestran la viabilidad de las nubes privadas para mantener el control de la información, reducir la dependencia tecnológica y garantizar la continuidad operativa, como señalan Haurech (2020), Mero-Terán & Macías-Arias (2025).

2.1 INSTALACIÓN E INTEGRACIÓN DE NEXTCLOUD Y SYNOLOGY NAS

La infraestructura se implementó sobre un hipervisor VMware en su versión gratuita, disponible previamente en la unidad, el cual aloja múltiples máquinas virtuales dedicadas a servicios institucionales. Entre ellas, se encuentra la máquina virtual de Nextcloud, configurada con ocho unidades de procesamiento virtual (vCPU), 10 GB de memoria RAM y discos virtuales sobre un sistema operativo Ubuntu Server. Con el fin de garantizar eficiencia y estabilidad en las comunicaciones, se implementó una segmentación de red virtual mediante conmutadores virtuales (vSwitch, virtual switch; conmutador virtual) asociados a adaptadores físicos (vmnic, *virtual machine network interface*; interfaz de red de máquina virtual), permitiendo aislar el tráfico administrativo, de almacenamiento y de usuarios finales.

Para la instalación de Nextcloud, se utilizó la imagen oficial, siguiendo las recomendaciones del Nextcloud Server Administration Manual (Nextcloud Server, 2025). El entorno se configuró con Apache como servidor web y PostgreSQL como motor de base de datos, logrando una operación estable e integrándose con servicios institucionales como grupos académicos, almacenamiento compartido, monitoreo de infraestructura y procesos de respaldo automatizado.

La integración con el sistema de almacenamiento se realizó mediante una NAS Synology DS1821+, configurada con ocho discos de 14 TB en un arreglo RAID 5 (arreglo redundante de discos independientes), proporcionando una capacidad útil aproximada de 84 TB, destinada al almacenamiento de información académica de usuarios. La comunicación se estableció a través del protocolo NFS (*Network File System*) versión 4.1, mediante un vSwitch dedicado, lo que permitió reducir la congestión de la red principal y mejorar la seguridad y estabilidad del entorno. Los volúmenes se exportaron desde el sistema DSM (*DiskStation Manager*) y se montaron de forma persistente en el servidor Nextcloud mediante el archivo `/etc/fstab`.

El directorio de datos de usuarios se reconfiguró para enlazarse directamente al almacenamiento NAS, aprovechando un esquema centralizado y redundante, con parámetros optimizados descritos en el Anexo D. Se calibraron opciones como escritura síncrona, tamaño de bloque de 256 KiB, conexiones

paralelas y desactivación de actualizaciones de metadatos, lo que redujo significativamente la latencia en transferencias de archivos superiores a 10 GB. Adicionalmente, se separó el directorio temporal hacia un almacenamiento local en SSD, mejorando el rendimiento en operaciones intermedias y de procesamiento interno del sistema.

Monitoreo mediante Zabbix: Se instaló la plataforma de monitoreo Zabbix en un servidor alternativo y el agente en el servidor Nextcloud con la habilitación del protocolo simple de administración de red (SNMP), permitiendo la integración con la plantilla oficial de Nextcloud en Zabbix. Como se muestra en el Anexo E, se habilitó el monitoreo continuo de uso de CPU, espacio en disco, carga de red, actividad de usuarios, cantidad de archivos sincronizados, entre otros parámetros que proporciona alertas preventivas y diagnósticos en tiempo real del estado del sistema.

Automatización y respaldo: Se configuraron *scripts* de respaldo incremental y procesos de verificación por *hash*, garantizando la integridad de los archivos copiados. El sistema ejecuta tareas programadas de respaldo y monitoreo, manteniendo la operación continua y auditabilidad de los servicios.

3. RESULTADOS TÉCNICOS DE LA INTEGRACIÓN

La integración de esta plataforma publicada en instancia institucional de nube privada (acceso restringido) se está consolidando como un eje central del sistema de colaboración y resguardo institucional, garantizando la disponibilidad, seguridad y accesibilidad de la información entre los distintos grupos de trabajo. Actualmente, el sistema cuenta con 56 cuentas activas, organizadas en grupos vinculados al instituto y sus diferentes unidades académicas, con cuotas individuales que oscilan entre 100 GB a 1 TB según su rol y requerimientos operativos.

Durante las pruebas con sistema de archivos compartidos en red (CIFS/SMB), se observaron bloqueos al transferir archivos de gran tamaño (>4 GB) desde diferentes sistemas a la plataforma de Nextcloud. El montaje mediante `mount.cifs` resultó inestable, quedando procesos colgados. Este caso evidenció la necesidad de evaluar otras rutas de transferencia más robustas para usuarios con cargas elevadas. En el Anexo F, se describen las formas de conexión y acceso, incluyendo los distintos métodos disponibles para la transferencia y sincronización de archivos: cliente web, cliente de escritorio y móvil, WebDAV, NFS, CIFS/SMB, rsync y SCP/SFTP. Este análisis comparativo permitió establecer los canales de acceso más adecuados para cada tipo de usuario, optimizando el rendimiento, la estabilidad de conexión y la eficiencia en el intercambio de información localmente o hacia internet.

Finalmente, es indispensable realizar optimizaciones de APCu y OPcache, configuradas a nivel del entorno PHP del servidor Nextcloud, mediante los archivos de configuración del intérprete PHP, junto con el uso de un directorio temporal local, descrito en el Anexo E, para soportar operaciones de lectura y escritura intensiva.

3.1 LIBERACIÓN DEL SERVICIO Y OPERACIÓN INICIAL

Tras la implementación técnica, se realizó la liberación formal del servicio mediante la notificación a los usuarios académicos a través de correo institucional y mensajería instantánea, incluyendo instrucciones

de acceso, manuales de uso y políticas del servicio. Se configuraron cuentas de usuario individuales con cuotas asignadas y se instruyó a los usuarios a realizar el cambio de contraseña desde la plataforma web.

Asimismo, se estableció un procedimiento de atención de incidentes, atendido por el responsable de tecnologías de la información de la unidad. El servicio fue evaluado inicialmente por un grupo piloto de aproximadamente 30 usuarios de perfiles académico, administrativo y técnico, lo que permitió realizar ajustes menores antes de su adopción generalizada, alcanzando posteriormente hasta 56 usuarios activos concurrentes.

3.2 ANÁLISIS DEL MONITOREO

El monitoreo continuo mediante Zabbix permitió evaluar de forma integral el desempeño de la plataforma Nextcloud, analizando los principales indicadores operativos del servidor, incluyendo uso de CPU (porcentaje de utilización de los núcleos virtuales asignados), consumo de memoria RAM (porcentaje respecto al total disponible), uso de almacenamiento, tráfico de red y número de usuarios activos (véanse Figuras 1 a 5, en el Anexo E). La utilización promedio de CPU se mantuvo cercana al 4 %, con picos de hasta 56 %, asociados principalmente a tareas de sincronización y respaldos automáticos. El uso de memoria permaneció estable alrededor del 22 % del total de 10 GB asignados, lo que refleja una gestión eficiente de procesos concurrentes.

En cuanto al almacenamiento, se registraron picos de latencia de lectura, medidos en milisegundos (ms), de hasta aproximadamente 434 ms en momentos de alta demanda de operaciones de Entrada/Salida, lo que motivó la reprogramación de tareas de respaldo en horarios no críticos, optimizando la disponibilidad de la plataforma.

Respecto al monitoreo de red, los picos de transferencia alcanzaron aproximadamente 1.1 Mbps, medidos como tasa de tráfico saliente en la interfaz de red principal del servidor, sin incidencias de error ni pérdida de paquetes, confirmando la estabilidad del enlace de datos. La carga máxima del sistema (≈ 5.2), correspondiente al *load average* del servidor, se mantuvo dentro de los parámetros esperados para un entorno con 8 núcleos virtuales, y con hasta 56 usuarios activos concurrentes y más de 20 TB almacenados, sin observarse una degradación perceptible del servicio.

En términos de resultados técnicos, la infraestructura mostró una mejora aproximada del 30 % en los tiempos de acceso, respecto a la configuración inicial, derivada de las optimizaciones aplicadas en el servidor mediante APCu y OPcache como mecanismos de caché, así como el uso de un directorio temporal local.

4. CONCLUSIONES

El modelo de infraestructura tecnológica implementado en la UASA demostró que es posible gestionar información académica de forma eficiente y segura mediante la integración de software libre, almacenamiento en red con redundancia y monitoreo continuo, manteniendo el control institucional de los datos y reduciendo la dependencia de proveedores externos.

El uso de hardware institucional y plataformas de código abierto permitió optimizar los recursos de cómputo, almacenamiento y red, reflejándose en una mejora en los tiempos de acceso a la información, estimada a partir de la comparación de métricas de latencia y carga del sistema antes y después de

las optimizaciones, descritas en la sección de resultados y el Anexo D, sin afectar la disponibilidad ni la seguridad del servicio.

La adopción de prácticas de administración, respaldo y monitoreo permitió mantener la continuidad operativa del servicio bajo escenarios de alta demanda, con hasta 56 usuarios activos concurrentes y más de 20 TB de información académica, confirmando la viabilidad de un modelo replicable para instituciones de educación superior con requerimientos similares.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y a la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales de la Universidad Nacional Autónoma de México por el respaldo institucional brindado para el desarrollo de esta solución tecnológica. Asimismo, al Servicio Académico de Monitoreo Meteorológico y Oceanográfico (<https://sammo.icmyl.unam.mx/>) por proporcionar el NAS, infraestructura tecnológica que dio soporte a esta solución, y al proyecto PAPIME PE207521 por su apoyo en el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas. De igual manera, al Ing. Alfredo Landa Herrera por su asesoría y consultoría en la plataforma Nextcloud y al M. en C. Fernando Negrete Soto por su orientación académica durante el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- Aydin, H. (2021). A study of cloud computing adoption in universities as a model for technology integration. *SAGE Open*, 11(3), 1–12. <https://doi.org/10.1177/21582440211030280>
- Cabral Vargas, B. C. (2018). Consideraciones para el almacenamiento de archivos digitales en la nube informática en bibliotecas universitarias. *Investigación Bibliotecológica*, 32(74), 55-75. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2018.74.57909>
- Guerschberg, L. (2025). Impacto de la soberanía digital en poblaciones vulnerables: el rol del software libre en educación para cerrar la brecha digital. *Sapiens Discoveries International Journal*, 3(1), 1–22.
- Haurech, H. R. (2020). *Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos* [Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones]. https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2764/Haurech%20HR_2020_Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20selecci%C3%B3n.pdf
- Komljenovic, J. (2024). Turning universities into data-driven organisations: seven propositions. *Higher Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01277-z>
- Nextcloud Server. (2025). *Administration manual* (versión “latest”). Recuperado de https://docs.nextcloud.com/server/latest/admin_manual/
- Mero-Terán L. F., & Macías-Arias E. J. (2025). Modelos tecnológicos de computación en la nube en la transformación digital de la educación superior: Una revisión sistemática de literatura. *593 Digital Publisher CEIT*, 10(1), 29-53.

ANEXO A. GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

APCu. Sistema de caché en memoria para aplicaciones PHP que mejora el rendimiento del servidor al reducir accesos repetitivos al disco y a la base de datos.

Hipervisor. Capa de software que permite ejecutar múltiples máquinas virtuales sobre un mismo hardware físico, asignando y aislando recursos de cómputo, memoria y red de forma controlada.

Monitoreo de infraestructura. Conjunto de prácticas y herramientas destinadas a supervisar de forma continua el estado, desempeño y disponibilidad de sistemas de cómputo, almacenamiento y red.

NAS (Network Attached Storage). Sistema de almacenamiento conectado a la red que centraliza grandes volúmenes de datos y permite el acceso concurrente desde múltiples servidores o estaciones de trabajo.

Nextcloud. Plataforma de colaboración y almacenamiento de archivos autoalojada que permite la sincronización, compartición y gestión de información académica en entornos institucionales, integrándose con distintos servicios y sistemas de autenticación.

NFS (Network File System). Protocolo de red que permite montar directorios remotos como sistemas de archivos locales, ampliamente utilizado en entornos Linux y Unix para almacenamiento centralizado.

NFS versión 4.1. Versión del protocolo NFS que incorpora mejoras en la gestión de bloqueos, estabilidad de conexión y rendimiento, siendo adecuada para el manejo de archivos de gran tamaño y accesos concurrentes.

Nube privada. Modelo de computación en la nube en el que la infraestructura es operada de manera exclusiva por una institución, permitiendo un control directo sobre el almacenamiento, el acceso y las políticas de seguridad de la información.

NVMe (Non-Volatile Memory Express). Protocolo de acceso a almacenamiento de alta velocidad que utiliza el bus PCI Express (PCIe), empleado para mejorar el rendimiento de lectura y escritura mediante caché o dispositivos de estado sólido.

OPcache. Mecanismo de optimización de PHP que almacena en memoria el *bytecode* compilado, disminuyendo los tiempos de carga y el consumo de CPU en aplicaciones web.

RAID 5. Esquema de almacenamiento redundante que distribuye datos y paridad entre varios discos, permitiendo la tolerancia a la falla de un disco sin pérdida de información y manteniendo un equilibrio entre capacidad y seguridad.

Synology NAS. Solución comercial de almacenamiento en red que combina hardware dedicado con el sistema operativo DSM, facilitando la administración de volúmenes, usuarios, respaldos y servicios de red.

VMware. Plataforma de virtualización utilizada para la creación y administración de máquinas virtuales que alojan servicios institucionales en entornos controlados.

vSwitch (conmutador virtual). Componente de red virtual que permite segmentar, aislar y gestionar el tráfico de datos entre máquinas virtuales y adaptadores físicos dentro de un entorno de virtualización.

Zabbix. Plataforma de monitoreo que permite la recolección de métricas, generación de alertas y visualización del estado de servicios e infraestructura en tiempo real.

ANEXO B. ANÁLISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS COLABORATIVAS

En la Tabla 1, se presenta una comparación entre diferentes alternativas tecnológicas y la solución adoptada:

Tabla 1

Comparativa de alternativas de almacenamiento en red y servicios en la nube

Requisito	Google Workspace	Nextcloud + NAS	Dropbox Business	Seafile CE + NAS
Almacenamiento local	☒	☑	☒	☑
Control total de privacidad	☒	☑	☒	☑
Personalización	Limitada	Alta	Limitada	Media
Costos a largo plazo	Elevados	Mantenimiento	Elevados	Mantenimiento
Integración con red local	☒	☑	☒	☑
Automatización de respaldos	Limitada	☑	Limitada	☑
Requisitos de internet	Siempre	Solo sincronización externa	Siempre	Solo sincronización externa

La elección de Nextcloud con una NAS Synology se justificó por la necesidad institucional de mantener un control local de los datos, minimizar costos operativos y asegurar independencia tecnológica. A diferencia de las soluciones basadas en la nube pública como Google Workspace o Dropbox, la combinación de Nextcloud y almacenamiento local ofrece:

- Alto nivel de control y privacidad: al no depender de terceros para el almacenamiento, se favorece el cumplimiento con políticas internas y normativas institucionales.
- Alta personalización: se puede adaptar la plataforma a flujos de trabajo específicos, integrar módulos adicionales y monitorear el sistema en detalle.
- Costos predecibles: una inversión inicial única en infraestructura y software libre elimina las suscripciones recurrentes.
- Disponibilidad sin depender de Internet: permite operar y acceder a los datos incluso ante

interrupciones del servicio externo.

- Resiliencia y respaldo: mediante una arquitectura RAID y copias programadas locales y remotas.

Frente a otras soluciones autoalojadas como **Seafile CE**, Nextcloud ofrece una comunidad más activa, más aplicaciones compatibles (como Forms, Deck, Office), y una interfaz más amigable para usuarios no técnicos. Además, la integración con herramientas como Zabbix permite monitorear el sistema con métricas nativas gracias a la instalación del agente de Zabbix y el uso del protocolo SNMP, sin necesidad de configuraciones manuales adicionales.

ANEXO C. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN RED

La elección de la plataforma Synology NAS DS1821+ como sistema de almacenamiento centralizado tiene como elementos claves rendimiento, confiabilidad y facilidad de administración. El modelo DS1821+, con procesador AMD Ryzen V1500B (4 núcleos a 2.2 GHz) configurado con 8 discos de 14 TB, permitió configurar volúmenes con RAID 5, optimizando la capacidad útil y garantizando redundancia frente a fallos en un disco sin sacrificar desempeño. En la Tabla 2, se observan estas cualidades en comparación con otras soluciones.

Ventajas principales:

Integración nativa con servicios NFS, SMB y AFP, facilitando la interoperabilidad con servidores Linux, macOS y Windows.

Sistema operativo DSM 7.2 con interfaz gráfica avanzada y soporte para copias de seguridad automáticas.

Mantenimiento reducido mediante monitoreo de salud de discos, temperatura y ventiladores.

Escalabilidad mediante expansiones y conectividad PCIe para tarjetas de red de alta velocidad o caché NVMe (*Non-Volatile Memory Express*), utilizada como memoria de alto rendimiento para acelerar operaciones de lectura y escritura en el sistema de almacenamiento.

Tabla 2

Cuadro comparativo de plataformas NAS y de almacenamiento

Criterio	Synology DS1821+ (RAID 5)	QNAP TS-873A (RAID 5)	TrueNAS CORE (Servidor personalizado)	Servidor Linux con RAID manual (mdadm)
CPU / RAM	AMD Ryzen V1500B, 4 núcleos, 4 GB (ampliable a 32 GB)	AMD Ryzen V1500B, 8 GB (ampliable)	Depende del hardware, flexible	Depende del hardware, flexible
Sistema operativo	DSM 7.2 (propietario)	QTS 5.x (propietario)	TrueNAS CORE (FreeBSD)	Ubuntu/Debian con utilidades Linux

Criterio	Synology DS1821+ (RAID 5)	QNAP TS-873A (RAID 5)	TrueNAS CORE (Servidor personalizado)	Servidor Linux con RAID manual (mdadm)
Facilidad de administración	Muy alta (GUI intuitiva)	Alta (más opciones avanzadas)	Media (requiere conocimientos técnicos)	Baja (requiere configuración manual)
Compatibilidad NFS / SMB / AFP / iSCSI	Completa	Completa	Completa	Completa (manual)
Seguridad y control de acceso	ACL, LDAP, Active Directory, 2FA	ACL, LDAP, 2FA	ACL, certificados TLS, ZFS snapshots	Depende del administrador
Gestión de copias de seguridad	Integrada (Hyper Backup, Snapshots)	Integrada (Hybrid Backup Sync)	Snapshots automáticos ZFS	Manual o scripts personalizados
Rendimiento en RAID 5 (8x14 TB)	~700 MB/s lectura, ~650 MB/s escritura	~700 MB/s	Depende del hardware (puede superar 1 GB/s)	Variable según configuración
Escalabilidad / expansión	Hasta 18 discos (con DX517)	Hasta 18 discos (con UX-800P)	Ilimitada según hardware	Ilimitada según hardware
Soporte técnico / garantía	3 años (extensible)	3 años (extensible)	Comunidad activa, sin soporte comercial	Sin soporte oficial
Costo aproximado (sólo chasis)	25,000–30,000 MXN	27,000–32,000 MXN	Variable (~20,000 MXN)	Bajo (~15,000 MXN)
Ideal para	Instituciones académicas y de investigación	PYMEs y entornos multimedia	Centros de datos avanzados	Laboratorios o entornos de prueba

ANEXO D. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS OPTIMIZADOS

1. Optimización del Montaje NFS y Configuración Interna de Nextcloud

El servidor Nextcloud, con almacenamiento principal en una NAS fue montado mediante el protocolo Network File System versión 4.1, optimizado para manejo de archivos de gran tamaño y acceso concurrente. En la Tabla 3, se describe cada parámetro utilizado para su montaje.

2. Configuración del montaje NFS

Archivo /etc/fstab:

```
192.X.X.X:/volume1/CloudFile /mnt/ncdata2 nfs4 \
rw,sync,noatime,nodiratime,vers=4.1,proto=tcp,rsize=262144,wsiz=262144,\
nconnect=4,hard,timeo=150,retrans=5,sec=sys,clientaddr=192.168.0.2,local_lock=none 0 0
```

Tabla 3

Descripción de parámetros aplicados en el punto de montaje

Parámetro	Descripción	Beneficio técnico
vers=4.1	Usa NFS versión 4.1 con conexión TCP única y mejor control de locks	Estabilidad y rendimiento
rw,sync	Escrituras síncronas garantizan integridad de datos	Fiabilidad ante cortes o fallos
noatime,nodiratime	Desactiva actualización de metadatos en accesos	Reduce operaciones I/O
rsz/size=	Tamaño de bloque de lectura/escritura	Buen equilibrio entre throughput y latencia
proto=tcp	Fuerza uso de TCP en lugar de UDP	Mayor fiabilidad en red gigabit
nconnect=4	Usa 4 conexiones TCP paralelas al NAS	Aumenta el ancho de banda efectivo
timeo=150,retrans=5	Espera 15s y reintenta 5 veces	Previene errores por micro cortes
local_lock=none	Evita bloqueos locales innecesarios	Mayor compatibilidad con NFSv4

La calibración anterior dio como resultado una reducción sustancial en la latencia de lectura/escritura y estabilidad completa durante subidas de archivos de más de 10 GB.

3. Separación del directorio temporal

Para reducir la latencia derivada del NFS en operaciones intermedias, se configuró un directorio temporal local en SSD:

```
sudo mkdir -p /var/www/nextcloud/data/tmp
sudo chown -R www-data:www-data /var/www/nextcloud/data/tmp
```

Y en el archivo config.php:

```
'tempdirectory' => '/var/www/nextcloud/data/tmp',
```

I. Configuración avanzada de Nextcloud

Fragmento relevante de config.php:

```
'memcache.local' => '\OC\Memcache\APCu',
'memcache.locking' => '\OC\Memcache\APCu',
'filelocking.enabled' => true,
'tempdirectory' => '/var/www/nextcloud/data/tmp',
'maintenance_window_start' => 1,
```

II. Ajustes de PHP y OPcache

Archivo /etc/php/8.x/apache2/php.ini:

```
memory_limit = 10G
upload_max_filesize = 400G
post_max_size = 20G
max_execution_time = 16500
max_input_time = 16600
extension = apcu.so
apc.enable_cli = 1
```

```
opcache.enable = 1
opcache.memory_consumption = 256
opcache.interned_strings_buffer = 24
opcache.max_accelerated_files = 10000
opcache.validate_timestamps = 1
```

III. Resultados observados

La Tabla 4 muestra los resultados de la combinación de NFSv4.1 optimizado, caché APCu, directorio /tmp local y parámetros PHP ajustados. Esto consolidó un entorno Nextcloud de alto rendimiento, estable y escalable, adecuado para la gestión de grandes volúmenes de información científica, incluyendo datos estructurados y no estructurados derivados de actividades de investigación, monitoreo y análisis académico, en una infraestructura académica local.

Tabla 4

Resultados observados, performance del servidor

Prueba	Antes de la optimización	Después	Resultado
occ files:scan (≈ 2 TB)	> 1 h	40–50 min	☑ La reducción proviene de nconnect=4, uso local de /tmp y mejora en I/O de NFS.
Subida de 10 GB	Fallaba por timeout	Exitosa	☑ Antes, la subida HTTP se interrumpía por límite de PHP o latencia; con chunked upload, /tmp local y buffers mayores, se estabiliza.
Inicio de sesión web	6–8 s	2–3 s	☑ APCu + OPcache reducen la carga inicial de PHP y lectura de metadata.
Generación de previews	Muy lenta	Instantánea	☑ La cache local y CPU dedicada permiten preprocesar sin bloqueo de NFS.

ANEXO E. FIGURAS DE MONITOREO ZABBIX

Figura 1

Salto de CPU y uso porcentual en un periodo de 4 horas con 30 usuarios activos



Figura 2

Utilización de CPU y espacio libre en almacenamiento



Figura 3

Tráfico de red en interfaces ens32 y ens192

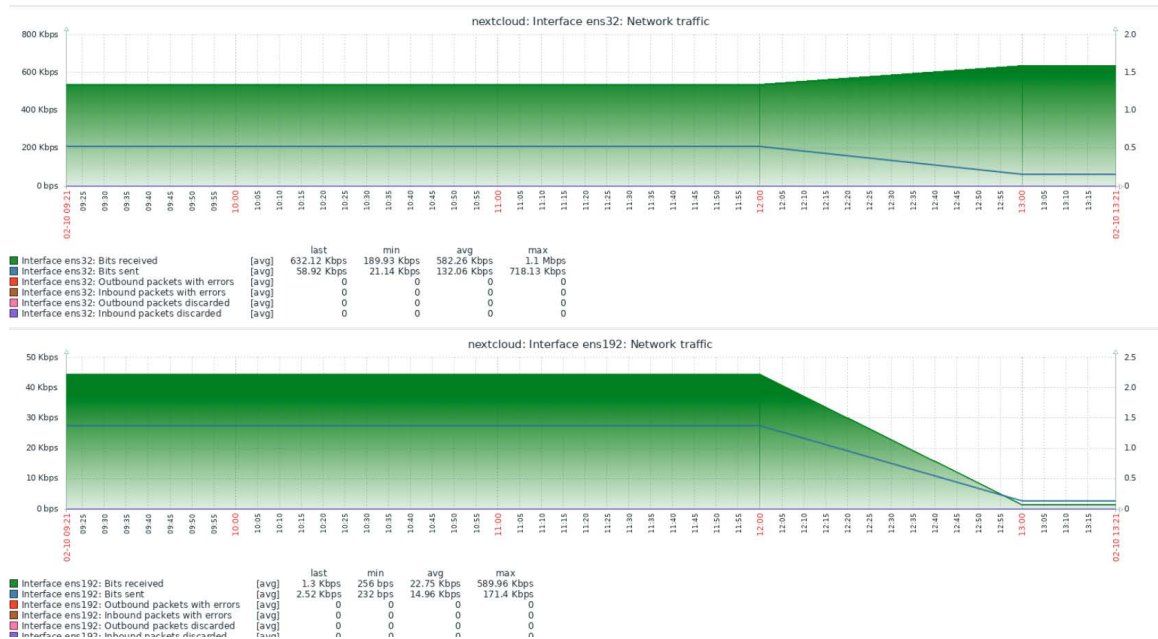


Figura 4

Uso y disponibilidad de memoria RAM

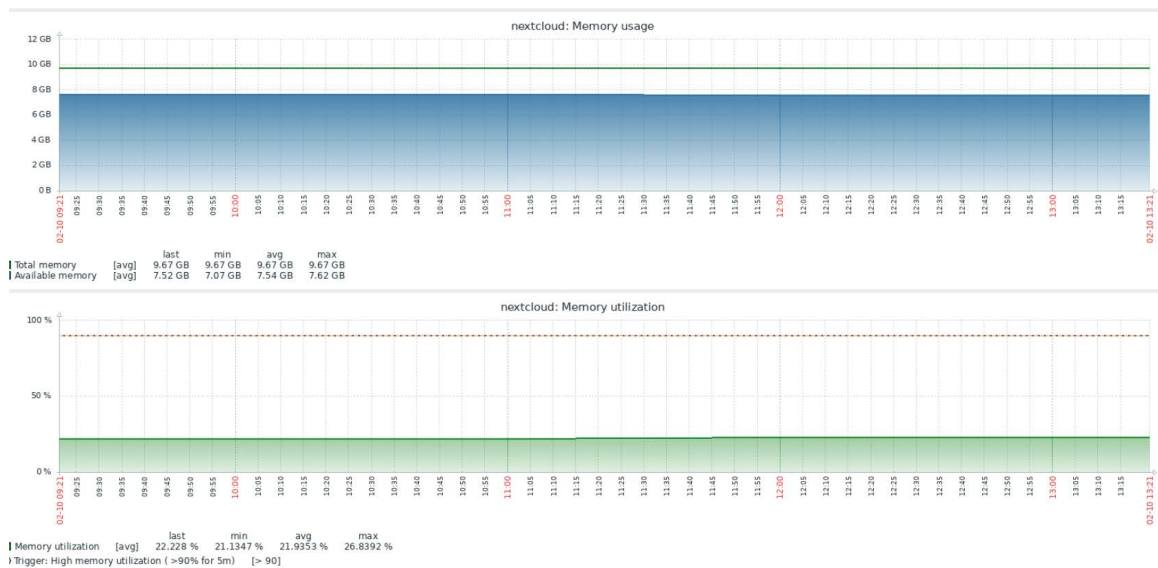
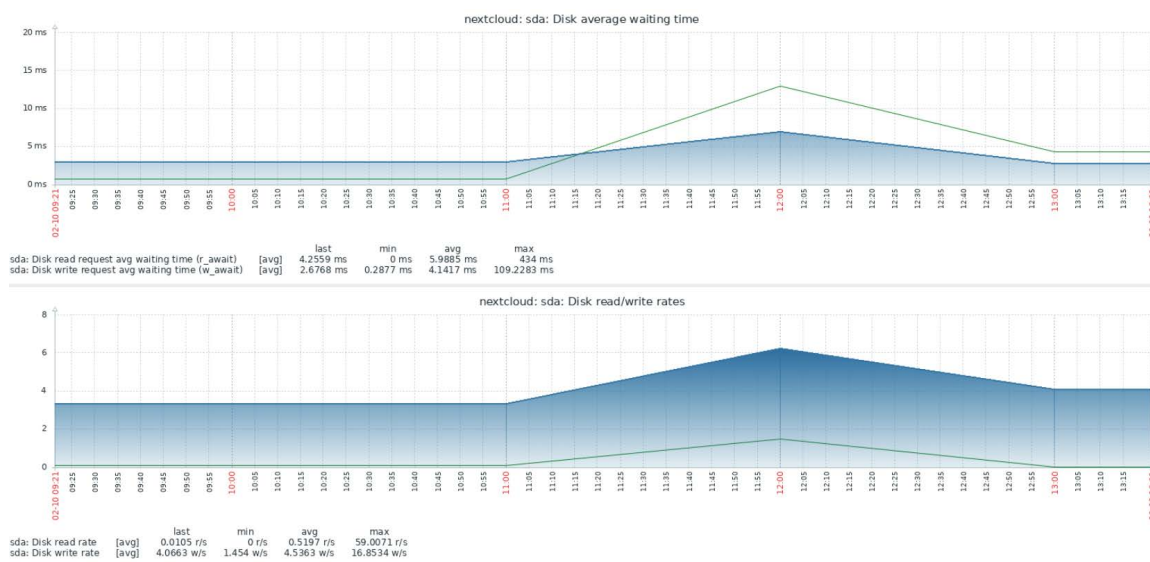


Figura 5

Tiempos de espera y tasas de E/S en disco



ANEXO F. DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS DE CONEXIÓN Y ACCESO

Comparativa de métodos de montaje y transferencia hacia Nextcloud

De acuerdo a los diferentes usos de la plataforma Nextcloud (instancia institucional de nube privada con acceso restringido), se analizaron y se especificaron diferentes métodos de transferencia y acceso, cada uno con sus ventajas y limitaciones que se describen en la Tabla 5.

Tabla 5

Comparativa de métodos de montaje y transferencia de datos para Nextcloud

Método / Protocolo	Cuando utilizarlo	Ventaja	Consideración
NFS (Network File System v4.1)	Cuando el almacenamiento está en un NAS (Synology o Linux) dentro de la misma LAN. Ideal para el almacenamiento principal de datos de Nextcloud.	Alta velocidad y baja latencia; soporte total para archivos grandes; integración directa; estabilidad.	Requiere red estable; UID/GID coherentes; si se copian archivos fuera de la web, ejecutar: sudo -u www-data php /var/www/nextcloud/occ files:scan --all.

Método / Protocolo	Cuando utilizarlo	Ventaja	Consideración
CIFS / SMB (Windows share)	Cuando los archivos están en un PC o NAS compartido por Windows. Ideal para copias o accesos desde Windows.	Compatible con Windows; autenticación por usuario; fácil de montar.	Rendimiento medio; puede fallar con archivos > 4 GB si el cliente usa FAT32 o SMBv1; requiere occ files:scan tras copias manuales.
WebDAV (Nextcloud nativo)	Para acceso remoto o integración sin un protocolo de acceso remoto seguro (SSH). Ideal para usuarios externos o sincronización ligera.	Cifrado HTTPS; multiplataforma; integración con clientes y apps.	Limitado según navegador y PHP; lento en archivos grandes; no apto para sincronía masiva.
rsync (por SSH)	Para respaldo o sincronización incremental de grandes volúmenes entre servidores.	Eficiente; soporta archivos grandes; compresión y reanudación.	No actualiza índice automáticamente — ejecutar occ files:scan; requiere clave SSH; no montaje interactivo.
scp / protocolo seguro de transferencia de archivos (SFTP) (manual)	Transferencias puntuales o de emergencia.	Cifrado SSH; soporta archivos grandes; simple.	Manual; no incremental; requiere occ files:scan.
Nextcloud Sync Client (oficial)	Para sincronizar carpetas de escritorio con Nextcloud (Windows/macOS/Linux).	Automático, bidireccional, con control de versiones.	Depende del ancho de banda; puede saturar CPU; apto hasta el límite PHP configurado.
Synology Nextcloud (NFS o rsync)	Cuando el almacenamiento principal o respaldo está en un NAS Synology.	Permite RAID, snapshots, estabilidad, soporte completo de archivos grandes.	UID/GID coherentes; evitar CIFS; ejecutar occ files:scan tras cambios manuales.
Cliente Web (instancia institucional de nube privada (acceso restringido))	Para subir o descargar archivos de forma interactiva, compartir enlaces y gestionar versiones desde cualquier navegador.	Indexación automática; control de versiones y etiquetas; cifrado HTTPS; apps integradas (Office, PDF, multimedia).	Usa subida fragmentada (<i>chunked</i>); limitada por PHP/ Apache/navegador; puede fallar si conexión inestable; ideal para archivos medianos.

Actualización manual del índice de archivos en Nextcloud

Cuando los archivos se copian fuera de la interfaz web o cliente, Nextcloud no los muestra automáticamente hasta que se reindexan. Los comandos principales utilizados son:

- Reindexar todo: `sudo -u www-data php /var/www/nextcloud/occ files:scan --all`
- Reindexar usuario: `sudo -u www-data php /var/www/nextcloud/occ files:scan --path="usuario/files"`
- Limpiar caché: `sudo -u www-data php /var/www/nextcloud/occ files:cleanup`

Calibración de parámetros de PHP para mejorar el performance y permitir subir archivos grandes desde la interfaz web; para archivos grandes, se debe de utilizar otro método.

===== Básicos de rendimiento =====

```
memory_limit = 768M
max_execution_time = 3600
max_input_time = 3600
post_max_size = 8G
upload_max_filesize= 8G
file_uploads = On
max_file_uploads = 200
output_buffering = Off
expose_php = Off
default_charset = "UTF-8"
date.timezone = America/Cancun
upload_tmp_dir = /var/www/nextcloud/data/tmp
```

; ===== OPcache =====

```
opcache.enable = 1
opcache.enable_cli = 1
opcache.memory_consumption = 256
opcache.interned_strings_buffer= 32
opcache.max_accelerated_files = 50000
opcache.validate_timestamps = 1
opcache.revalidate_freq = 60
```

```
opcache.save_comments      = 1
opcache.jit                 = 0
opcache.jit_buffer_size    = 0
; ===== APCu =====
apc.enabled                 = 1
apc.shm_size                = 256M
apc.ttl                     = 7200
apc.enable_cli              = 1
```