

Activitat EBH

Emmagatzematge, *backup* i housing

**Estudiant 1 Shmyhelskyy Yaskevych, Sergio
Estudiant 2 Lafuente Gonzalez, Alex**

Escenari EC1

Data: 13/03/2025

1.-Descripció bàsica

Copy & Paste del full de càlcul "Resum"

TAULA 1: ESCENARI ORIGINAL: EXTRET DE L'ENUNCIAT. OMPLIU EL QUE HI HA EN GRIS.	
Nombre de Us	1124U
Alçada Rack (en Us)	42U
Consum	2000,kW
Sobreprovisionament d'electricitat	10%
Nombre de servidors	540
Diners Totals	€20.000.000,00
Diners gastats	€16.500.000,00

taula 2: Elements que escolliu vosaltres	
Elements de mirròr i backup	
GB a emmagatzemar al backup	1504
Dies entre 2 backups	7
Còpies senceres a mantenir	2
Opció Backup (1=M-A; 2=MS3; 3=Cintes)	2
Opció Mirròr (0=NO; 1=SI)	1
Sistema de backup on-site? (0=N=; 1=SI)	0
Elements de housing	
Opció escollida (1:MOCOSA, 2: CPDs Céspedes, 3: Mordor)	3
Gestió local de <i>backup</i> ? (0=No, 1=Si)	1
Monitorització? (0=NO; 1=SI)	1
Bandwidth provider	

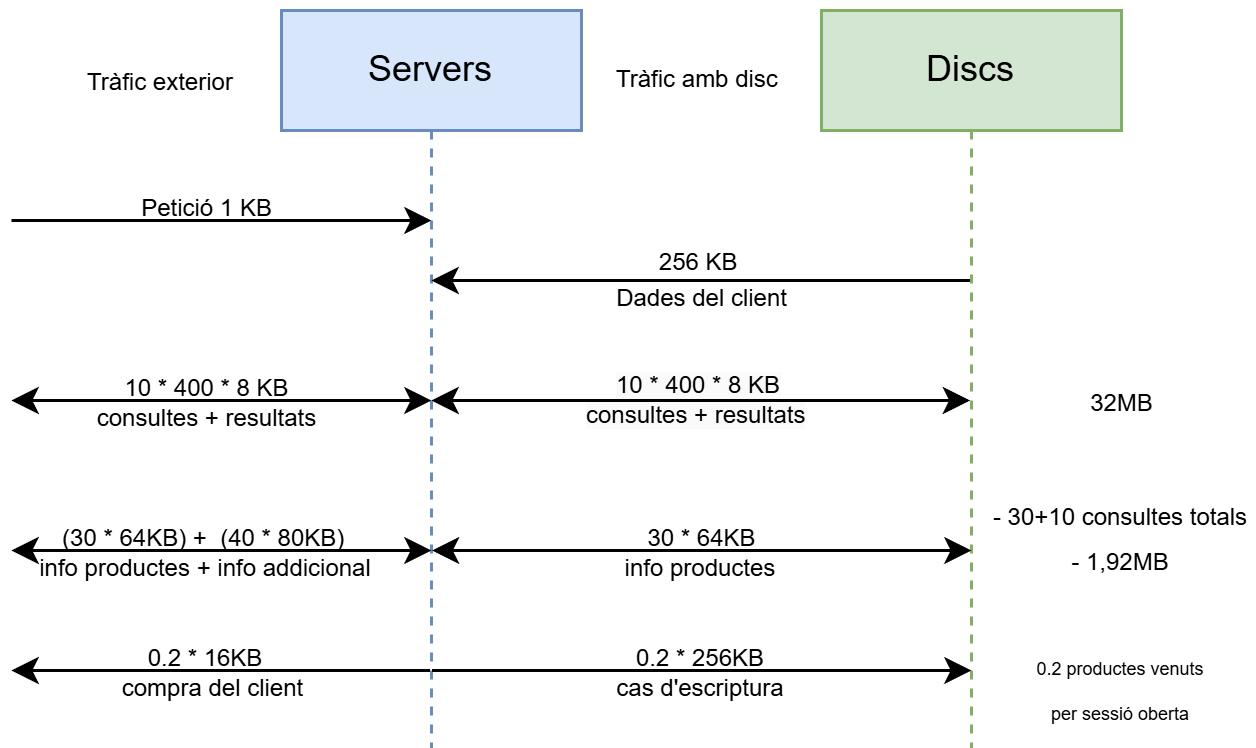
Tipus de línia (1:10Mbps; 2:100Mbps; 3:1Gbps; 4:10Gbps; 5:100Gbps)	4
Número de línies agregades	2
Segon proveïdor? (0=NO, 1=SI)	0
SAN? (0=no, 1=8Gbps, 2=16Gbps, 3=32Gbps, 4=64Gbps, 5=128Gbps)	0
Cabina de discos	
Opció Disc principal (Entre 1 i 10)	8
Nombre de discos a comprar	16
Opció cabina de discos (Entre 1 i 6)	4
Nombre de Cabines	2
Cabina de discos 2 (cas de fer servir dos tipus)	
Opció Disc (Entre 1 i 10)	0
Nombre de discos a comprar	0
Opció cabina de discos (Entre 1 i 6)	0
Nombre de Cabines	0
Cabina de discos 3 (cas de fer servir tres tipus)	
Opció Disc (Entre 1 i 10)	0
Nombre de discos a comprar	0
Opció cabina de discos (Entre 1 i 6)	0
Nombre de Cabines	0

TAULA 3: OPEX	anual	cinc anys
Consum energètic (hardware només)	€360.143,29	€1.800.716,47
Empresa de Housing escollida	Mordor	
Cost Housing (inclou electricitat addicional)	€488.021,49	€2.440.107,47
Off-site: empresa escollida	MonsoonS3 MS3	
Cost mirror	€1.611,74	€8.058,72
Cost backup	€7.100,64	€35.503,20
Cost Bandwidth provider	€7.560,00	€37.800,00

TAULA 4: CAPEX	Cost
Diners gastats en servers, xarxa, etc	€16.500.000,00
SAN	€0,00
Sistema emmagatzematge	€15.952,00

TAULA 5: AJUST AL PRESSUPOST	
Opex a 5 anys, total	€4.322.185,86
Capex a 5 anys, total	€16.515.152,00
Despeses totals a 5 anys	€20.837.337,86
Diferència respecte al pressupost	-€837.337,86

2.-Anàlisi de necessitats



2.1- Número de GB a emmagatzemar (en cru).

Dades dels clients = 250.000 clients x 256KB/client = 64.000.000 KB = 64GB

Base de Dades dels productes = 20.000.000 prod x 8KB/prod = 160.000.000 KB = 160GB

Dades dels productes = 20.000.000 prod x 64 KB/prod = 1.280.000.000 KB = 1280 GB

Usuaris: 64GB (0.64 TB)

Productes: 20.000.000 x (8KB + 64KB) = 160GB + 1280GB = 1440GB (1.44 TB)

Total: 64GB + 1440GB = 1504GB (1.504 TB)

2.2- Velocitat requerida del sistema de disc (IOPS).

En aquest escenari les escriptures són pràcticament nul·les:

$$\frac{0.2 * 256 KB}{34.2272MB} = 0.0015 \rightarrow 0.15\% \approx 0 \rightarrow 44.45 \text{ IOPS}$$

$$600.000 \text{ peticions/dia} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * \frac{34227.2KB}{\text{petició}} = 237.688.9 \text{ KBps}$$

Els discos accedeixen en blocs de 4KB, per tant:

$$\text{IOPS} = \frac{MB/s \times 1024}{\text{Mida de bloc}} \rightarrow \frac{237.688.9 \text{ KBps}}{4 \text{ KB/ op IO}} = 59,422.2 \text{ IOPS}$$

2.3- Tràfic amb el client (entre servers i de server a switch de connexió a xarxa):

Cada petició: 1KB(petició) + (10 * 400 * 8KB)(consultes + resultats) + (30*64KB)(info productes) + (40 * 80KB)(info adicional) + (0.2 * 16KB)(cas de compra) = 37124.2KB = **37.1242MB**

$$600.000 \text{ sessions/dia} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * \frac{8 \text{ Mb}}{1 \text{ MB}} * \frac{37.1242 \text{ MB}}{\text{sessió}} = \mathbf{2062.46 \text{ Mbps}}$$

2.4- Tràfic amb el disc:

Cada petició: 256KB (dades de client) + (10 * 400 * 8KB)(consultes + resultats) + (30*64KB)(info productes) + (0.2 * 256KB)(cas d'escriptura) = 34227.2KB = **34.2272MB**

$$600.000 \text{ sessions/dia} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * \frac{8 \text{ Mb}}{1 \text{ MB}} * \frac{34.2272 \text{ MB}}{\text{sessió}} = \mathbf{1901.52 \text{ Mbps}}$$

2.5- Pressió sobre la xarxa (ample de banda mínim necessari per servir el tràfic de client i disc). M'arriba?:

En el nostre escenari tenim contractat 8 Gbps, tenim en compte en el càlcul de tràfic en xarxa intern (disc) i extern per avaluar si ens és necessari la implementació d'una SAN.

Veiem amb els càlculs que tenim bastant de marge per la qual cosa possiblement no requerirem de l'ús de SAN.

Tràfic exterior o entre servidors: 2062.46 Mbps

Tràfic amb disc: 1901.52 Mbps

Tràfic total: 2062.46 Mbps + 1901.52 Mbps = 3963,98 Mbps (Tenim LAN de 8Gbps)

$$\frac{8 \text{ Gbps}}{3.96398 \text{ Gbps}} = \mathbf{2.01817} \quad : \text{ Tenim un marge de } \mathbf{101,82\%} \text{ en cas de creixement.}$$

Add: Si considerem que es pot redirigir per LAN el trànsit de disc, tenint en compte el tràfic extern de servidor (que és major que el tràfic intern de disc).

$$600.000 \text{ peticions/dia} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ seg}} * \frac{37124.2 \text{ KB}}{\text{petició}} = \mathbf{257.806,944 \text{ KBps}}$$

3.-Decisions preses

Suposem que el cost per downtime del SLA s'aplica tant com per fallada de productes com per clients.

3.1- Descripció dels elements d'emmagatzematge escollits, en funció de les necessitats.

Quants tipus de cabines? (i perquè), RAID escollit a cadascuna d'elles. Nombre de cabines de cada tipus

Ens enfoquem en l'ús de SSD Enterprise, ja que ofereixen un rendiment molt superior en IOPS comparat amb HDD, i el cost addicional per ser Enterprise es justifica per SLA estricta. Per tant, descartem totes les opcions HDD i també les opcions SSD Consumer (tenen alta probabilitat de fallada 1,6 (% anual) 24/7), fixant-nos en les opcions 8, 9 i 10.

Comparació de tipus de discos SSD Enterprise

Opció	Model	Capacitat (TB)	IOPS (R/W)	Consum (W)	Preu (€)	Cost total (12 discs)	Consum total (12 discs)	Justificació
8	Kingston SEDC100M	1,92	540k / 205k	9	372	12 * 372 = 4464€	12 * 9W = 108W	Millor relació IOPS/cost.
9	WD Gold S768T1D0D	7,68	467k / 65k	12	1.545	12 * 1.545 = 18540€	12 * 12W = 144W	Més car, menys IOPS d'escriptura.
10	WD Ultrastar DC SN640	3,8	511k / 82k	8	750	12 * 750 = 9000€	12 * 8W = 96W	Menys capacitat que l'opció 8 (2 discos), més car.

Decisió: Opció 8 (Kingston SEDC100M).

Raons:

- IOPS: 540.000 de lectura i 205.000 d'escriptura, superiors a les alternatives.
- Cost: x€ per x discs, més econòmic que les opcions 9 i 10.
- Consum: 108W, acceptable per a la cabina tipus 2 (màxim 1.200W).

dades dels clients importants

Hem escollit RAID 51 ja que ofereix redundància doble (RAID 5 (paritat distribuïda) + RAID 1 (mirroring)), tenint en compte al ser una botiga online podem arribar a tenir un alt volum de transaccions i pèrdues costoses (SLA de 150.000€/hora), per lo qual necessitem alta disponibilitat.

Decisió: RAID 51.

Raons:

- Ofereix màxima redundància (tolerància a múltiples fallades).
- Excel·lent rendiment en IOPS, crític per l'SLA de 150.000€/hora de downtime.
- Capacitat útil del 33% (9,6 TB), suficient per a les dades actuals i creixement futurs.

separació de cabines

1) Cabina per clients (64 GB, petit però crític):

- RAID 51: RAID 5 (3 discos (2 disc útil + 1 paritat) + RAID 1 (3 disc *mirror*) + 2 *spare disk*
- Capacitat útil = 2 discos×1,92TB=3,84TB (33%) **Total = 8 discos**

$$\frac{3.84 TB}{0.064TB} = 60 \text{ sobredimensionat per creixement futur. [5.900\% creixement]}$$

Tal com s'ha mencionat anteriorment, RAID 51 s'escull per al clúster de clients perquè ofereix la màxima redundància, rendiment i velocitat de recuperació, garantint el compliment estricte de l'SLA. RAID 51 tolera fins a 3 fallades simultànies (1 per RAID 5 primari, 1 per RAID 5 secundari, 1 *spare disk*). Amb *spare disk*, obtindrem una reconstrucció de dades més ràpida; la seva implantació és justificada pel cost de downtime.

- IOPS = 6 discs × 205.000IOPS = 1.230.000 IOPS

$$\frac{1.230.000 IOPS}{59.422,2 IOPS} \Rightarrow \text{Marge de 20.7 vegades}$$

- Cost
 - Discs: 6 × 372€ = 2.232€.
 - Spare disks: 2 × 372€ = 744€.
 - **Total: 2.976€**

El cost està justificat, 2.976€ és irrisori comparat amb el risc de penalitzacions de 150.000€/hora.

2) Cabina per productes (1,44 TB)

- RAID 5 : 6 discos (5 de dades + 1 de paritat) + 2 *spare disk*.
- Capacitat útil = 5 discos×1,92TB=9.6 TB (66%) **Total = 8 discos**

$$\frac{9.6 TB}{1.44TB} = 6.7 \text{ sobredimensionat per creixement futur. [566.67\% creixement]}$$

RAID 5 té tolerància a 1 fallada, suficient per a dades no crítiques.

- IOPS = 6 discs × 205.000IOPS = 1.230.000 IOPS

$$\frac{1.230.000 IOPS}{59.422,2 IOPS} \Rightarrow \text{Marge de 20.7 vegades}$$

- Cost: El mateix que l'apartat anterior.

RAID 5 s'escull per al clúster de productes perquè ofereix un equilibri òptim entre cost, rendiment i redundància. Les dades de productes no són tan crítiques com les de clients, i RAID 5 assegura una tolerància a fallades adequada sense sobre costos innecessaris. Amb RAID 51 o RAID 6 tindrem redundància excessiva per dades no crítiques.

justificació + raonament tipus de RAID per dades de productes

També es podria usar **RAID 51**, però no el farem servir perquè no aporta més espai d'emmagatzematge (tot i que tenim prou marge de creixement) i les pensem que les dades de productes no són tan crítiques com les de clients, afegint un nivell més de redundància.

Tot i així, es una **bona opció a tenir en compte per la redundància** (3 fallades simultànies + mirror → recuperació ràpida, evitant downtime costós).

No obstant, amb RAID 5 ja obtenim un equilibri òptim entre cost, capacitat i redundància; amb un temps de downtime raonable per un cost 50% inferior (1.488€ vs. ~3.000€ de RAID 51), prioritzant l'escalabilitat sense riscos innecessaris.

Si s'utilitza RAID 51 per la cabina de productes:

- 2 grups RAID 51(cada un amb 5 disc de dades + 1 de paritat) + 2 disc *spare*
 - *Total disc: $2 \times 6 + 2 = 14$ discs*
- Capacitat útil
$$\frac{\text{Disc de dades}}{\text{Total}} \times \text{Capacitat per disc} = \frac{5}{14} \times 1,92 \text{ TB/disc} \times 2 \text{ (mirror)} = 1,37 \text{ TB}$$

Comparació amb RAID 5 (9,6 TB): Capacitat útil es redueix en 85,7%.
- Marge de creixement
$$\frac{1,37 \text{ TB}}{1,44 \text{ TB}} \times 100 = 95,1\% \text{ (vs 566,67 de RAID 5).}$$

RAID 10 no ens és una bona opció, ja que:

- Amb 8 discos només ofereix 7,68 TB (50% capacitat total) mentre que RAID 5 en proporciona 9,6 TB (83,3%). Això redueix el marge de creixement del 566,67% al 455,5%.
- Tot i millorar lleugerament el rendiment en escriptures, el cost és similar al de RAID 51 (~3.000€), sense justificar-se per a dades no transaccionals.
- RAID 10 tolera 1 fallada per parell, però RAID 5 ja assegura disponibilitat amb 1 fallada, suficient per a productes.

RAID	Redundancia	Capacitat útil	Cost
5	1 fallada	n - 1	Baix
10	1 fallada/parell	n/2	Alt

comparació de cabines

A l'hora d'escollir el tipus de cabina i la seva quantitat hem tingut en compte els següents factors:

1. El nostre negoci és **escalable**, ha d'estar disponible a un sobredimensionament i expansió de discos, per tant, hem de considerar un marge de creixement notable.
2. Tenint en compte que usem sistema RAID completament de SSD, no ens cal tenir el suport de SSD per fer cache d'operacions E/S al sistema de disc.
3. La mida de les dades inicials totals [1.504 TB (64 GB clients + 1.440 GB productes)] són petites per justificar la implementació de més cabines o de més espai per cabina.
4. A més els SSD Kingston ofereixen 4.320.000 IOPS, 72 vegades superior als 59.422,2 IOPS requerits. No hi ha congestió ni competència per recursos.

En vista d'això, el model de cabina 1 és massa petita pel nostre cas (només 12 badies, no admet spare disk). Descartem també l'opció 5, ja que no admet RAID (només JBOD). Les opcions que ens són més adequades són l'opció 2 (amb 24 badies) i la 4 (amb 36 badies) que són pràcticament iguals entre si només hi varia el nombre de badies (el 4 és més gran i costos).

Triem la cabina 2, ja que realment no necessitem cabines de major capacitat (justificat per marge).

Cost aproximat total = $2 \times 4600 \text{ € (cabines)} + 2 \times 2.976 \text{ €} = 15.152 \text{ €}$

Resum:

- 2 cabines (clients i productes) de tipus 2
- Cabina Clients: RAID 51: 8 discos (2 spare disk)
- Cabina Productes: RAID 5: 8 discos (2 spare disk)

3.2- Es justifica la necessitat d'un SAN? Si la resposta és si, raonar si el cost és assumible o no, i cas de no ser-ho calcular l'impacte sobre el rendiment del CPD

Decisió: No es requereix SAN.

Raons:

- El tràfic total (3,96 Gbps) és inferior a la capacitat de la LAN (8 Gbps).
- El cost addicional d'una SAN ($\approx 150.000\text{€}$ per 64 Gbps) no justifica el marge de creixement actual (101,82%).
- La xarxa actual pot gestionar el tràfic intern i extern sense colls d'ampolla.

Alternativa:

Si el tràfic augmenta, es pot redirigir part del tràfic de disc a la LAN, ja que el tràfic extern és major que l'intern.

Escenari futur:

Si el trànsit creix un 200% ($3.96\text{Gbps} \times 3 = 11.88\text{Gbps}$), una SAN evitaria colls d'ampolla en la LAN.

No considerem necessari l'ús de SAN, ja que l'amplada de banda disponible (8 Gbps) supera àmpliament el requerit per al tràfic intern i extern (3,96 Gbps). A més, com s'indica a l'apartat 2.5, disposem d'un marge de creixement del 101,82% en cas d'increment de la demanda, per la qual cosa l'estalvi de tràfic intern que proporcionaria una SAN no és essencial en aquest context.

3.3.- Posem un *mirror*?

Decisió: Sí, s'implementa mirror extern.

Raons:

- Redueix el RPO (Recovery Point Objective) a segons.
- Integrat amb el sistema de backup (Monsoon S3), permet recuperacions ràpides sense dependre de cintes.
- Cost addicional del mirror ($\approx 0,09\text{€/GB}$) compensat per la reducció de pèrdues per downtime.
- Integració amb backup: El mirror permet recuperacions ràpides sense dependre de cintes, reduint el temps de downtime.

Tenint en compte que tenim un cost per downtime (SLA) alt.

Sí, posarem un mirror per tal que la recuperació de dades sigui més eficient en cas que hi hagi una fallada a un dels discos. A més, reduïm el RPO, ja que en estar actualitzat constantment, al mirror tindrem una còpia exacta de la dada de l'instant precís, sense haver de consultar al backup, podent accedir per xarxa fàcilment, corregir i continuar sense parar el servei.

3.4- Empresa de *housing* escollida i perquè (relació entre el que ofereix, el que necessito i el que costa).

La millor opció com a empresa de housing per al nostre sistema és Mordor *colocation center*. La principal raó és l'SLA, ja que la seva certificació de tier 3 ens garanteix un màxim d'1,6 hores anuals, el qual es tradueix a, com a molt, 240 000 euros cada any. Aquesta despesa sota qualsevol altre servei de housing disponible, o bé el preu escalaria massa (en el cas de la segona opció, 3 300 000 €/any), o ni tan sols ens dona una estimació raonada de quant podria ser. Això últim no és acceptable per a la magnitud de diners que es poden arribar a perdre només per una hora extra de caiguda. També tenint en compte el PUE d'1,15, i que el preu mensual pel servei de backup és similar al de la resta (a més ofereix off-site), és raonable concloure que acaba sent més rendible invertir en Mordor.

En afegiment, l'empresa ens ofereix el doble de redundància per a tota la infraestructura, incloent-hi les línies d'electricitat i de xarxa, complementant-se amb els millors mecanismes de seguretat i monitoratge.

3.5- Posem monitorització?

Sí, ens seria útil contractar aquest sistema de monitorització que ens ofereix Mordor per a prevenir les fallades de disc de manera efectiva, i posar en marxa els nostres *spare disks* causant la mínima afectació possible als serveis del nostre sistema. Així garantim més seguretat davant possibles fallades, reduint el nombre de cops que el sistema cau.

3.6- Opció de backup?

L'opció de backup que hem decidit contractar és la segona (Monsoon S3), ja que, de la mateixa manera que la primera opció, ens ofereix mirror + backup, però amb un preu total més barat que el qual ens ofereix Microworks Apure. Per altra banda, hem descartat la tercera opció, atès que l'empresa de housing que contractem ja ens ofereix servei de còpia a cintes off-site.

En primer lloc, realitzarem backups diferencials cada dia, atès que el volum de dades escrites diàriament és mínim, i val emmagatzemar-los assumint el cost extra que suposa (aproximadament uns 4000 euros més que si les féssim setmanalment), atès que en el cas de pèrdua de dades, el punt de recuperació de les dades és més proper, i així evitem la pèrdua de dades d'estat crític a curt termini a canvi d'una despesa considerablement negligible en relació amb el pressupost complet.

En afegiment, farem full backups mensualment, per a tenir el punt de partida complet de la reconstrucció de les dades. Per últim, també guardarem l'estat dels discos amb un full backup anual, en cas de requerir aquesta informació inicial.

3.7- Tràfic amb l'exterior afegit pel sistema de *backup/mirror* escollit. Quin *bandwidth* caldria?

Tràfic afegit per backup (només còpia):

- $Dades\ escriptura\ client = 256\ KB * 0.2 = 51.2\ KB$
- $Bandwidth = \frac{600.000\ peticions}{1\ dia} * \frac{1\ dia}{86400s} * \frac{51.2\ KB}{peticio} * 8\ bits = 2844.45\ Kbps$

Tràfic afegit per mirror: 1901.52 Mbps (tràfic de disc) x 0.15% = 2.85 Mbps

El tràfic afegit pel mirror és mínim, donat a la taxa d'escriptura baixa (0.15% (veure apartat 2.2), el tràfic no passaria de 2.85 Mbps.

Nou tràfic total: 3963,98 Mbps + 2.845 (backup) + 2.85 Mbps (mirror) = **3969,675 Mbps**

Decisió:

- **Contractació:** 2 línies de 10 Gbps amb redundància (Mordor Tier 3).
- **Capacitat efectiva:** 20 Gbps (agregació de les dues línies).
- **Cost:** 1.260€/mes (630€/línia).

Raons:

- **Redundància + Tolerància a fallades:** Si una línia de 10 Gbps cau, la segona garanteix continuïtat (99,982% d'uptime).
- **Marge de seguretat:** 20 Gbps (actualment només s'utilitza ~4 Gbps el 20%).
- **Escalabilitat:** Suporta fins a 5 vegades el tràfic actual sense necessitat de noves inversions.
- **Impacte de recuperació de dades:** Contractem més amplada de banda per obtenir un RTO raonable a l'hora de fer backups complets (recuperació d'estat).
- Cost anual de les línies:
 - 1.260€/mes x 12 = 15.120€/any.

Irrisori comparat amb les possibles penalitzacions (150.000€/hora).

Comparativa amb alternatives

RTO (Recovery Time Objective) - Dades totals = 1504 GB

- Línia = 4 * 1 Gbps = 4 Gbps → Temps 1504 GB / 4 GB/s = 376 s ~ 6 min 26 seg
- Línia = 2 * 10 Gbps = **20 Gbps** → Temps 1504 GB / 20 GB/s = 75.2 s ~ **1 min 15 seg**

Opció	Avantatges	Desavantatges	Cost Anual
2 x 10 Gbps	Redundància, 20 Gbps efectius	Cost lleugerament alt	15.120€
1 x 10 Gbps	Cost reduït (630€/mes)	Sense redundància, risc de downtime	7.560€
2 x 1 Gbps	Baix cost (126€/mes)	Amplada insuficient (2 Gbps), recuperació lenta	1.512€

4.-Recomanacions als inversors

4.1.- Anàlisi de Riscos (*Risk Analysis*)

Quines desgràcies poden passar i com les hem cobert?

Al menys s'han de cobrir els següents casos:

- **Hi ha pèrdua d'un fitxer (per error o corrupció). De quan puc recuperar versions?**

Com que guardem diverses versions de l'estat dels discos, comptem amb les dades de, cada dia del mes, fins a l'últim full backup del mes previ, i també el backup complet de l'any previ a la pèrdua. Per a millorar el punt de recuperació de les dades, es podria plantejar realitzar snapshots de l'estat dels discos.

- **Es trenca un disc (es perden dades? quan trigo en recuperar-me? el negoci s'ha d'aturar?)**

Atès que les dues cabines compten amb cabines amb RAID 5 i RAID 51, ofereixen protecció en cas que un sol disc es trenqui. La cabina que compta amb RAID 51, fins i tot ofereix protecció pel cas que es trenquessin tres discos.

- **Puc tenir problemes de servei si falla algun disc?**

Depèn de la configuració RAID dels discos.

Per una banda, si el sistema utilitza RAID 51, en cas de fallada d'un disc es pot copiar del mirròr RAID 1, evitant reconstrucció i minimitzant l'impacte sense aturar el servei. A més, si la fallada es pot predir amb SMART (70% probabilitat), la còpia es pot realitzar quan la cabina està inactiva.

Per altra banda, si falla en cabina de productes, que usa RAID 5 no tenim mirròr RAID 1, per tant, haurem de recórrer a l'ús del mirròr extern (per xarxa) o bé usant els *spare disk*. No s'atura el servei, ja que en cas de fallada en RAID 5 mentre s'està recuperant el disc, la resta de discos continuen funcionant però a la meitat de la velocitat, proporcionant un bon servei però amb menys qualitat temporal.

Resum: No hauríem de tenir, ja que

- RAID 51 (Cabina de clients): Pot fallar fins a 3 discs simultàniament (1 al RAID 5 primari, 1 al RAID 5 secundari, 1 spare disk).
- RAID 5 (Cabina de productes): Pot fallar 1 disc. Si falla un segon disc durant la reconstrucció, es perden dades.
- En RAID 5, la reconstrucció pot trigar 4 hores per TB, i durant aquest temps el rendiment dels discos d'aquell clúster es redueix a la meitat.

• Cau la línia elèctrica. Què passa?

No hi hauria d'haver cap problema, donat que tenim el sistema allotjat en un data center amb redundància elèctrica (MORDOR), amb 2 línies de xarxa, tenint redundància per si de cas cau una línia elèctrica, complementats amb SAI i generadors dièsel que garanteixen 99,999% de uptime (menys de 30 minuts de downtime en 5 anys).

• Cau una línia de xarxa. Què passa?

Una sola línia pot tenir downtime d'entre 9 i 19 hores cada 72 mesos, mentre que amb dues línies aquesta probabilitat baixa significativament

Al nostre cas, tenim contractades **2 línies de xarxa**, si cau un altre no hi hauria cap problema, ja que tenim operativa la segona (de **diferent operador**, ja que si provenen del mateix proveïdor, és molt probable que comparteixin punts crítics de la infraestructura). En cas de fallada simultània de les dues línies, la probabilitat de downtime es redueix a **entre 0,00034% i 0,00071%**.

Càlculs realitzats:

Tenim les següents dades de caiguda de la xarxa:

- Cada 18 mesos: cau durant 1 hora (o menys).
- Cada 3 anys (36 mesos): cau entre 1 i 3 hores (és a dir, una mitjana de 2 ± 1 hores).
- Cada 6 anys (72 mesos): cau entre 3 i 9 hores (és a dir, una mitjana de 6 ± 3 hores).

A més, tenim 2 línies de xarxa.

Per calcular la probabilitat mensual de caiguda es fa el següent càlcul:

1. Per la caiguda d'1 hora cada 18 mesos:
 $1 \text{ h} / (18 \times 18) \text{ mesos}$
2. Per la caiguda mitjana de 2 ± 1 hores cada 36 mesos:
 $(2 \pm 1) \text{ h} / (36 \times 36) \text{ mesos}$
3. Per la caiguda de 6 ± 3 hores cada 72 mesos:
 $(6 \pm 3) \text{ h} / (72 \times 72) \text{ mesos}$

Sumant aquestes fraccions obtenim: $(20 \pm 7) / 5184$ mesos

Aquest resultat significa que, en un període de 5184 mesos, hi ha un total de 20 ± 7 hores de caiguda. Aquesta quantitat s'equival a tenir (20 ± 7) hores de downtime cada 3.786.912 hores de funcionament.

Finalment, si considerem que la caiguda total en 6 anys és d'entre 13 i 27 hores, el downtime percentual es calcula així:

Mínim: $13 \text{ h} / 3.786.912 \text{ h} \approx 0,00034\%$

Màxim: $27 \text{ h} / 3.786.912 \text{ h} \approx 0,00071\%$

Per tant, el downtime de la xarxa estaria entre el 0,00034% i el 0,00071%.

- En cas de pèrdua o detecció de corrupció de dades no ens podem permetre seguir treballant fins que recuperem les dades correctes. Calculeu temps i costos de recuperació en cas de
- Pèrdua/ corrupció d'un 1% de les dades.

En cas que es corrompi 1% de les dades en tots 2 sistemes d'emmagatzematge, podem recuperar-les usant les dades de paritat RAID 5. En cas dels usuaris, com que tenen RAID 51, s'obtenen les dades directament del mirròr.

- 1) Mirròr extern (prioritari)
 - RAID 51 (usuaris) permet recuperació directa des del mirròr.
 - Temps estimat: 2-5 minuts (detecció automàtica i restauració).
- 2) Backup setmanal (alternativa, en cas d'1% no recomanable)
 - Dades a transferir: 15.04 GB
 - Velocitat de xarxa: 20 Gbps (contractat)
 - Temps transferència = $\frac{120.32 \text{ Gb}}{20 \text{ Gbps}} \sim 6 \text{ segons}$

En qualsevol dels casos, els costos de down time amb mirròr o sense mirròr és nul.

En RAID 5, la reconstrucció pot trigar 4 hores per TB, i durant aquest temps el rendiment dels discos de la cabina es redueix a la meitat, per tant, si tenim 1% corromput:

$$\begin{aligned}
 &1.504 \text{ GB} * 1\% = 15.04 \text{ GB} \\
 &15.04 \text{ GB} * \frac{4 \text{ hores}}{1000 \text{ GB}} = 0.06016 \text{ h} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 3.6096 \text{ min} \\
 &0.6096 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 37 \text{ seg}
 \end{aligned}$$

Temps total per recuperar les dades RAID 5: 3 min i 37 seg

- **Pèrdua/ corrupció de la totalitat de les dades**

Els discos Kingston SEDC100M tenen 205K IOPS d'escriptura cadascun.

Cas 1: RAID 51 (Usuaris):

En RAID 51, cada escriptura té una penalització que requereix 4R i 4W addicionals.

Podem recuperar a una velocitat de:

$$V_{recuperació} = \frac{205 \text{ K IOPS (W)}}{4 \text{ escriptures reals}} * 6 \text{ discos (dades)} = 307.500 \text{ W/s} * 4\text{KB/W} = 1.230.000 \text{ KBps}$$

$$V_{recuperació} = 1.230 \text{ Gbps}$$

Temps de recuperació (capacitat dels discos):

$$T_{recuperació} = \frac{64 \text{ GB (dades)}}{1.230 \text{ Gbps}} = 52.03 \text{ seg}$$

Segons la nostra xarxa :

$$\frac{8 \text{ Gbps}}{8 \text{ GBps}} = 1 \text{ GBps} \rightarrow T_{recuperació} = \frac{64 \text{ GB (dades)}}{1 \text{ GBps}} = 64 \text{ seg}$$

(Limitació per xarxa (1 Gbps = 0,125 GB/s))

Es trigarà 64 segons a recuperar les dades dels usuaris.

Cas 2: RAID 5 (Productes)

En RAID 5, cada escriptura té una penalització que requereix 2R i 2W addicionals.

Podem recuperar a una velocitat de:

$$V_{recuperació} = \frac{205 \text{ K IOPS (W)}}{2 \text{ escriptures reals}} * 6 \text{ discos (dades)} = 615.000 \text{ W/s} * 4\text{KB/W} = 2.460.000 \text{ KBps}$$

$$V_{recuperació} = 2.460 \text{ Gbps}$$

Temps de recuperació (capacitat dels discos):

$$T_{recuperació} = \frac{1.440 \text{ GB (dades)}}{2.460 \text{ Gbps}} = 585,37 \text{ seg} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 9,75 \text{ min} \rightarrow 9 \text{ min } 45 \text{ seg} \rightarrow 0.1625 \text{ h}$$

Segons la nostra xarxa:

$$T_{recuperació} = \frac{1.440 \text{ GB (dades)}}{1 \text{ GBps}} = 1.440 \text{ seg} \rightarrow 24 \text{ min} \rightarrow 0.4 \text{ h}$$

Es trigarà 24 minuts en recuperar les dades dels productes.

Cost de recuperació amb el mirròr contractat (0,05€/GB):

$$1.504\text{GB} \times 0,05\text{€/GB} = 75,20\text{€}$$

De nou, irrisori comparat amb el cost de downtime de l'SLA

4.2.- Anàlisi de l'impacte al negoci (*Business Impact Analysis*)

En funció de l'anàlisi de riscos anterior i del que costa estar amb la màquina aturada o no donar el servei complert, calcular quant perdo en diners per tenir-lo aturat i quan em costaria evitar aquesta situació.

Caiguda de la xarxa de dades:

Atès que el nostre SLA estableix un cost de 150.000 €/h, no ens podem permetre dedicar una part important del pressupost a compensar interrupcions de xarxa. Per això és clau garantir als nostres clients que el servei romandrà actiu, o que, en el pitjor dels casos, la interrupció sigui mínima.

$$0.1625 \text{ h} \times 150.000\text{€/hora} = 21.900\text{€}$$

$$0.4 \text{ h} \times 150.000\text{€/hora} = 60.000\text{€}$$

Amb el housing triat (MORDOR) i els serveis que ofereix, comptem amb dues línies de xarxa. Segons els càlculs realitzats en apartats anteriors, durant cinc anys el sistema podria estar sense servei entre 0,1625 i 0,4 hores – equivalent aproximadament a entre 9 i 24 minuts –, cosa que suposaria un cost compensatori d'entre 21900 € i 60.000 €.

A més tal com s'ha determinat:

La possibilitat que una única línia experimenti downtime es situa entre el 0,017% i el 0,036%.

En el cas de tenir dues línies, aquesta probabilitat es redueix a entre el 0,00034% i el 0,00071%.

Atès que el nostre SLA estipula una penalització de 150.000€/hora d'inactivitat:

Amb una sola línia, això suposa un temps total de downtime entre 7,45 i 15,77 hores (aproximadament 8 a 16 hores), amb una penalització que oscil·la entre 1.117.500 i 2.365.500€.

En canvi, amb dues línies operant, el downtime es redueix a aproximadament 1 hora, ocasionant una penalització d'uns 150.000€.

Fallada de disc

El tipus de disc és de SSD Enterprise MLC-TLC, que té una taxa d'error de 0,45%, usant 8 discos (6 dades + 2 spare) per cada cabina, tenint 16 discos en total.

Per la cabina de clients, tenim la distribució de RAID 51 amb mirròr i sistema *spare disk* que ens garanteix pel sistema de monitorització SMART contractat que en el 70% dels cops es preveu la fallada del disc, substituint-lo abans que falli.

Llavors, tenim 8 discos amb taxa d'error de 0,45% i dels que un 30% dels cops necessitaran reconstrucció:

$$8 \text{ discos} \times 0,45\% = 1,08\% \text{ que hi hagi 1 fallada/any}$$

→ En 5 anys, obtenim probabilitat de fallada de 5,4 %

Per la cabina de productes, RAID 5 no tenim mirròr RAID 1, però continuem disposant d'*spare disk*. També partim de 70% de fiabilitat en preveure fallades de disc, però com que no tenim mirroring intern el control d'errors funciona una mica diferent.

Com s'ha comentat anteriorment, a RAID 5 podem substituir el disc espatllat sense necessitat de parar la resta, però reduint el número de IOPS dels discos restants. Per tant, tenim 1,08% de fallades on els 7 discos treballaran a la meitat de rendiment durant el temps de recuperació.

1. Mètode Basat en Velocitat de Disc

Suposem que la recuperació està limitada per la velocitat dels discs (local, no bottleneck).

Dades a recuperar: 1,92 TB (capacitat d'un disc).

Velocitat d'escriptura efectiva:

$$\text{IOPS d'escriptura per disc (degradat al 50\%): } \frac{205.000}{2} = 102.500 \text{ IOPS}$$

$$\text{Velocitat} = 102.500 \text{ IOPS} \times 4\text{KB/IO} = 410.000\text{KB/s} = 400\text{MB/s.}$$

Temps de recuperació:

$$\frac{1,92 \text{ TB} \times 1.048.576 \text{ MB/TB}}{400 \text{ MB/s}} \approx 5.242\text{segons} \approx 87 \text{ minuts (1 hora i 27 minuts)}$$

2. Mètode Conservador (4 hores per TB)

$$1,92\text{TB} \times 4 \text{ hores/TB} = 7,68 \text{ hores (7 hores i 41 minuts)}$$

Nota: Si la reconstrucció es realitza a través de xarxa (1 Gbps), el temps augmenta fins a 3,2h.

La infraestructura local permet una recuperació més ràpida sense dependre de la xarxa externa.

4.3.- Creixement

Si creix el nombre de clients/ màquines/ dades (depèn de l'escenari), hem d'estar preparats.

Quin creixement (en nombre de clients, etc...) podem assumir sense canviar el sistema (sobreprovisionament)? Quin és el recurs que s'esgota abans? Feu un informe de les implicacions que suposaria un increment d'un 20% en el volum de negoci (tot, clients, dades, ...)

250.000 clients → 300.000 clients (+20%)
Storage requerit: $300.000 \times 256\text{KB} = 76,8 \text{ GB}$

20.000.000 productes → 24.000.000 productes (+20%)
Storage Requerit: $24\text{M} \times (8\text{KB} + 64\text{KB}) = 1.728\text{GB} (1,728\text{TB})$

$$\text{IOPS requerides} = 59,422.2 \times 1.2 = 71,306.6$$

Factor	Situació Actual	20% Creixement	Impacte
Emmagatzematge (Clients)	0,064 TB / 3,84 TB	0,0768 TB / 3,84 TB	Marginal (1,95% d'ús) 4.900% creixement
Emmagatzematge (Productes)	1,44 TB / 9,6 TB	1,728 TB / 9,6 TB	Baix (18% d'ús) 455,5% creixement
IOPS	59.422,2 / 1.230.000	1.230.000 / 71.306,6	Marge alt (17,25x)
Xarxa	3,96 Gbps / 8 Gbps	4,75 Gbps / 8 Gbps	Acceptable (59,4% d'ús)

Anàlisi de Creixement i Capacitat

El sistema actual està dissenyat per suportar un creixement significatiu gràcies al **sobredimensionament** de les cabines. Per als **clients**, la cabina RAID 51 ofereix una capacitat útil de 3,84 TB (5.900% més que les dades actuals de 64 GB), mentre que per als **productes**, la cabina RAID 5 disposa de 9,6 TB (566,67% més que els 1,44 TB actuals).

Això permetria afegir fins a **300.000 clients** (20% més) utilitzant només el 1,95% de la capacitat total, i **24 milions de productes** (20% més) ocupant el 18% de l'emmagatzematge disponible. Els recursos de rendiment (IOPS) i xarxa també estan ben dimensionats: els IOPS tenen un marge de 17,25 vegades després d'un increment del 20%, i la xarxa utilitzaria el 59,4% de l'amplada de banda contractat (8 Gbps).

Riscos i Prioritats Futures

El recurs que s'esgotaria abans és l'emmagatzematge de productes (límit: 9,6 TB, marge de creixement inferior que al dels clients), encara que amb un creixement del 20%, el sistema segueix operant amb amplis marges. No es requereixen canvis immediats, però es recomana monitoritzar el creixement dels productes i planificar una ampliació de la cabina abans d'assolir el 50% de la capacitat actual (4,8 TB). La infraestructura actual, amb redundància RAID i xarxa de 8 Gbps, garanteix alta disponibilitat i rendiment sense necessitat d'inversions urgents, tot i que un creixement superior al 500% exigiria ajustos en l'emmagatzematge de productes.

4.4.- Inversions més urgents

Donat el CPD resultant és possible que no haguem escollit la millor opció per manca de diners. El CPD no és nostre, nosaltres només ho dissenyem, així que al final s'hauria de fer un informe als que posen els diners de en què valdria la pena invertir per millorar rendiment, seguretat o...

Després d'una anàlisi detallada, s'ha conclòs que, tot i que el disseny actual del CPD és una opció òptima dins dels límits pressupostaris, cal invertir urgentment a millorar algunes àrees crítiques.

El problema fonamental és que disposem de recursos econòmics insuficients per cobrir tots els costos operatius, ja que la inversió inicial en hardware ha estat molt elevada. Hem gastat 16,5 milions d'euros en servidors, racks, switches i cables, encara que, degut al volum relativament baix de dades a emmagatzemar, no es requeria tanta inversió.

Aquesta despesa excessiva ens ha deixat només 3,5M € per destinar a allotjament, serveis de backup, monitorització, allotjament i sobretot, a mantenir fons de reserva per fer front a possibles penalitzacions per downtime segons l'SLA. A més, el cost de housing és notable, ja que hem de pagar per allotjar tots els racks de servers, encara que la majoria d'aquests no s'utilitzen activament.

Si s'hagués consultat prèviament quina quantitat i qualitat de hardware realment necessitem, la inversió inicial hauria estat molt més baixa. Això hauria permès disposar de més fons per a altres despeses, com ara el lloguer d'espai de housing i el manteniment, degut a la reducció del nombre de racks que caldria allotjar. En altres paraules, una planificació inicial més ajustada hauria reduït els costos futurs en lloguer i manteniment, ja que no hauríem d'invertir de més en hardware innecessari.

Tot i que en alguns casos podríem haver escollit opcions més econòmiques, com a empresa no podem sacrificar la qualitat ni la seguretat del servei. El nostre SLA té un cost molt elevat (150.000€/hora de downtime) i és preferible invertir més inicialment en mesures preventives (com backups, línies de xarxa robustes, monitorització SMART i mirroring) que afrontar penalitzacions greus en cas de fallada. A més, el pressupost actual dedicat a pagar el SLA limita la possibilitat de destinar fons per compensar els clients, per la qual cosa és essencial cobrir-nos les espatlles des del principi.

Un altre aspecte en el qual es podria haver evitat destinar diners excessius és la LAN ethernet que, en el nostre cas, és molt superior al que realment necessitem, ja que realitzem poques escriptures. Disposar d'una xarxa tan potent no sols implica un malbaratament de recursos, sinó que també obliga a contractar serveis addicionals a costos majors del que seria estrictament necessari per satisfer les nostres necessitats reals.

A més, tot i que el hardware, la xarxa, l'espai i el housing ja són finançats, gran part d'aquests recursos no es troben en funcionament. Això vol dir que, si el negoci prosperés, podríem créixer sense necessitat de grans inversions addicionals, aprofitant el que ja tenim. Aquest informe ha intentat cobrir totes les necessitats bàsiques i els problemes que podrien sorgir amb el temps, adaptant-nos als preus i pressupostos disponibles. Per a nosaltres, aquesta és la millor opció per portar a terme el projecte donades les circumstàncies actuals.

Aquest informe ha intentat cobrir totes les necessitats essencials d'una empresa, així com els possibles problemes operatius que poden sorgir amb el temps. S'ha buscat un equilibri entre costos, pressupost i funcionalitats, prioritzant les inversions més crítiques per garantir un funcionament estable i eficient. Dins de les limitacions econòmiques, s'han pres decisions que maximitzen el rendiment i la seguretat sense comprometre la sostenibilitat del projecte.

A propòsit de futures inversions...

Tot i això, hi ha àrees on futures inversions podrien millorar significativament l'eficiència i la fiabilitat del sistema. És fonamental considerar aquestes millores per optimitzar l'ús dels recursos disponibles i assegurar un creixement sostenible del negoci.

Pel que fa a la redundància, l'actual configuració RAID 5 per a dades de productes només tolera una fallada de disc i la reconstrucció pot trigar fins a 7,68 hores per TB, augmentant el risc de pèrdua de dades en cas de segona fallada durant aquest període. Una solució seria migrar a RAID 51 o a RAID 6 (doble paritat), que tolera **2 fallades simultànies** i redueix el temps de reconstrucció a **4 hores/TB** (50% més ràpid que RAID 5), amb un cost addicional aproximat de 2.000€ (dos discs extra de paritat).

A més, considerant que el tràfic actual ocupa el **49,5%** d'una xarxa de 8 Gbps i que el creixement projectat és del **101,82%**, es proposa ampliar la capacitat de xarxa contractant quatre línies de 10 Gbps per aconseguir 40 Gbps agregats. Aquesta mesura garantiria un ample marge per als propers 5 anys i milloraria la redundància (ja que, fins i tot si fallessin dues línies, encara quedarien 20 Gbps disponibles), amb un cost anual de ~30.240€ (2.520€/mes).

D'altra banda, es recomana implementar snapshots cada 15 minuts, per reduir el Recovery Point Objective a uns minuts, tot disminuint la dependència dels backups setmanals o mensuals, amb un cost d'aproximadament 5.000€/any (software + emmagatzematge addicional).

Paral·lelament, tot i que no es demana a tenir en compte en aquest lliurament, és fonamental reforçar la seguretat física i lògica amb mesures com una VPN per al tràfic intern, encriptació AES-256 i auditories semestrals, així com invertir en la formació especialitzada del personal (uns 10.000€/any per a 2 tècnics), per reduir errors humans, que són responsables d'aproximadament el 30% dels downtime.

La prioritització recomanada és migrar a RAID 6 per a productes, ampliar la xarxa a 40 Gbps i implementar snapshots en temps real, mentre que les inversions en seguretat i formació, tot i ser de caràcter preventiu a llarg termini, també són imprescindibles.

En conjunt, aquests canvis tenen un cost estimat de 2.000€ únic per RAID 6, 30.240€ anuals per l'ampliació de xarxa i uns 28.000€ anuals combinant snapshots, seguretat i formació, arribant a un total aproximat de 58.240€/any, que representa només el 5,8% del cost potencial de downtime en 5 anys (1.500.000€), demostrant així un clar retorn de la inversió en termes de seguretat, disponibilitat i eficiència operativa.

ROI (Return of Investment):

$$\text{ROI} = \frac{\text{Estalvi anual en penalitzacions}}{\text{Cost anual}} = \frac{300.000 \text{ €}}{58.240\text{€}} \approx 5.15 \text{ (high return)}$$

En definitiva, amb les inversions recomanades i una gestió adequada dels recursos, es pot aconseguir un CPD més robust, escalable i preparat per afrontar nous reptes, garantint al mateix temps un servei fiable i eficient per als clients.