

- Laboratori 01 -

Construcció d'un model de simulació

Simulació

Q1 2025/2026

Javier Zhangpan

Laura Adell Caballero

1. Index

1. Index	2
2. Objectius	3
3. Assumpcions	4
4. Model Conceptual Inicial amb GPSS	7
4.1. Diagrama de blocs de GPSS	7
4.2. Anàlisi del model	10
4.2.1. Màquines Classificadores	10
4.2.2. Molls	12
4.2.3. Camions	13
4.3 Validació operacional del model inicial	15
5. Migració a Python	21
5.1 Verificació funcional	21
5.2 Verificació estructural	31
6. Millora del model a mida	33
7. Ús de LLM's	35

2. Objectius

En aquest apartat definim clarament per què es construeix el model i quines preguntes ha de respondre:

- Determinar els colls d'ampolla del sistema.
- Determinar si els paquets preferents realment triguen menys que els paquets econòmics.
- Determinar l'impacte de la cua pesada.
- Determinar si les cues creixen infinitament

3. Assumpcions

En aquest apartat definim explícitament les assumpcions que hem fet del sistema per tal de modelar-ho.

Això inclou simplificacions com per exemple que els camions tornen del viatge instantàniament.

Assumpcions de dades, és a dir, aquelles assumpcions que afecten a les dades del sistema, com per exemple, la distribució de probabilitat que segueix la demora d'una màquina classificadora.

I assumpcions estructurals, que defineixen les relacions entre elements del sistema, en el nostre cas, per exemple, que els paquets preferents se salten la cua dels paquets no preferents.

ID	Descripció	Font	Condicció de Revisió	Validada
S_01	Els servidors no s'aturen sota cap concepte.	-	-	No
S_02	Els camions tornen instantàniament quan acaben la seva ruta.	-	-	No
S_03	La distància entre els dos molls es negligible.	-	-	No
S_04	Els camions poden sortir a ruta a qualsevol hora del dia	-	-	No
S_05	Un camió esperant va al port que tingui els paquets preparats abans.	Sensors*	Mensual*	No

SD_01	La demora de cada màquina classificadora segueix una exponencial de mitjana de 45s.	Sensors*	Semestral*	Sí
SD_02	El 20% dels paquets rebuts son preferents, l'altre 80%, econòmics.	Sensors*	Mensual*	Sí
SD_03	Es reben 10.000 paquets diaris.	Sensors*	Semestral*	Sí
SD_04	Un 1% dels paquetss totals s'afegeixen a una cua pesada.	Sensors*	Semestral*	Sí
SD_05	Cada 40 paquets, un camió els carrega.	Sensors*	Semestral*	Sí
SD_06	Un camió triga 10 minuts a carregar els paquets.	Sensors*	Semestral*	Sí
SD_07	La ruta del camió triga 6 hores.	Sensors*	Trimestral*	Sí
SD_08	El sistema té disponibles 63 camions compartits pels dos molls.	-	Anual*	Sí
SD_09	El sistema té disponibles dos molls de càrrega.	-	Anual*	Sí
SD_11	Cada 8,64 segons arriba un nou paquet.	Sensors*	Semestral*	Sí
SD_12	La demora de la màquina de la cua pesada segueix una	Sensors*	Semestral*	Sí

	exponencial de mitjana de 45s * 1,5.			
SD_13	El sistema te disponible 1 cua pesada.	-	Anual*	Sí
SD_14	Les màquines classificadores distribueixen els paquets entre els 2 molls de manera equitativa.	Sensors*	Semestral*	Sí
SE_01	Es pot determinar si un paquet es preferent .	Sensors*	Mensual*	Sí
SE_02	Els paquets preferents tenen major prioritat, i per tant, passen per davant de ellos en la cola.	Sensors*	Mensual*	No

Cal destacar que els valors d'aquesta taula s'han assignat suposant el funcionament d'un sistema real de repartiment de paquets. Més concretament, els valors de condició de revisió han estat assignats segons la importància que tindrien aquestes assumpcions en el sistema real i, per tant, la freqüència amb la que es validarien. Mentre que les fonts on es llista "sensors" es refereixen al fet que les assumpcions es poden comprovar mitjançant algun sistema de "tracking" tant en els paquets com en els camions.

La justificació de les assumpcions de simplificació és el fet que permeten modelitzar el sistema real de manera més fàcil, tot i que es perd un cert grau de fidelitat. Pel que fa a les assumpcions de dades, moltes tenen a veure amb distribucions de probabilitat que hem considerat oportunes o nombre de màquines/camions que hem considerat oportú i realista.

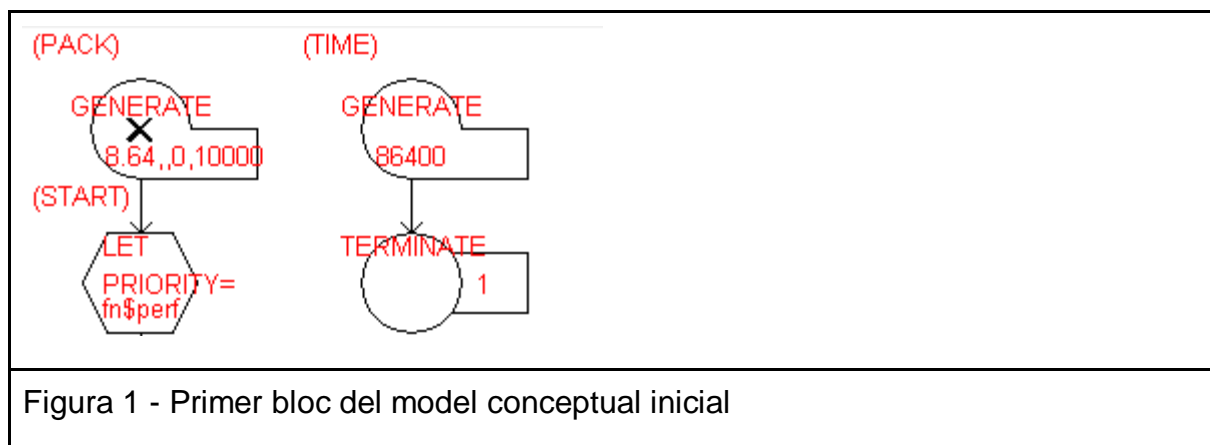
Finalment, les assumpcions d'estructura ens permeten definir un comportament concret pels paquets preferents que hem considerat oportú.

4. Model Conceptual Inicial amb GPSS

En aquest apartat s'explica la implementació del sistema a una versió inicial del model en GPSS, aGPSS per ser més concrets, tal que es compleixen totes les especificacions inicials.

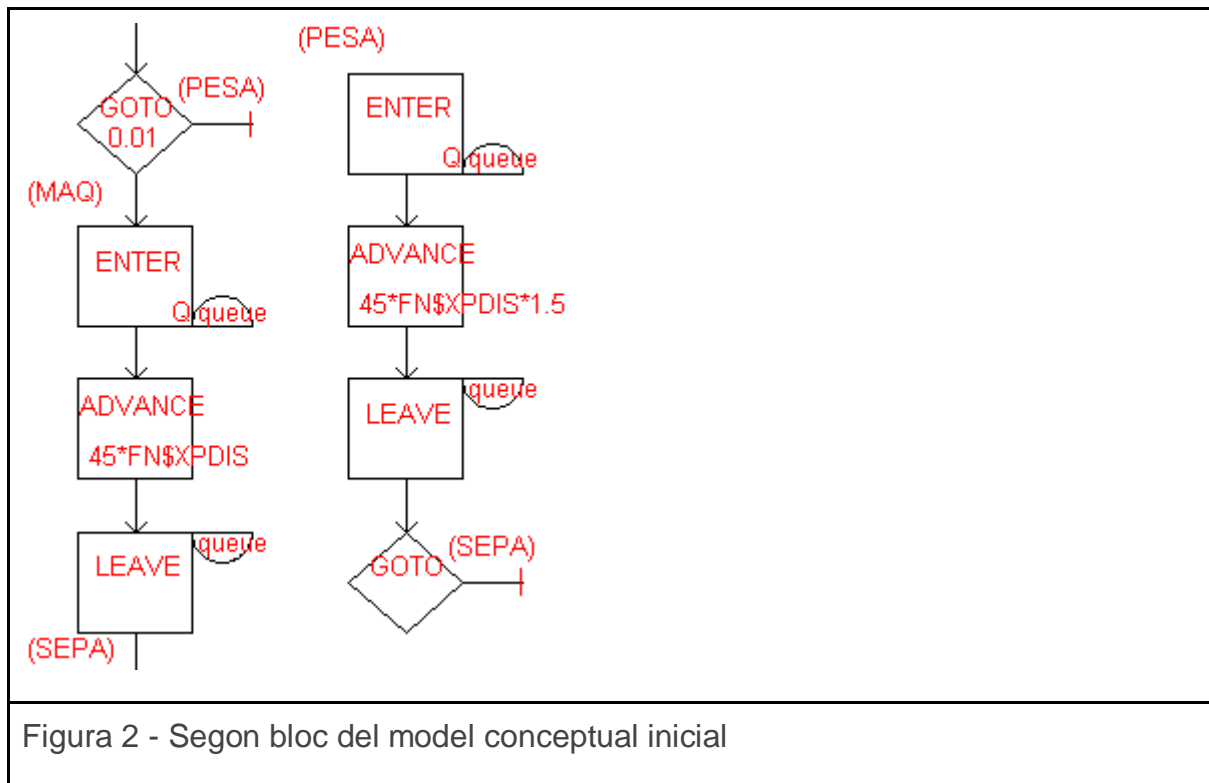
A més, es farà un anàlisi detallat del flux del model i el comportament i interacció dels elements que formen part del model. També aprofitarem per verificar aspectes clau del model com per exemple la seva estabilitat o qualitat dels resultats.

4.1. Diagrama de blocs de GPSS



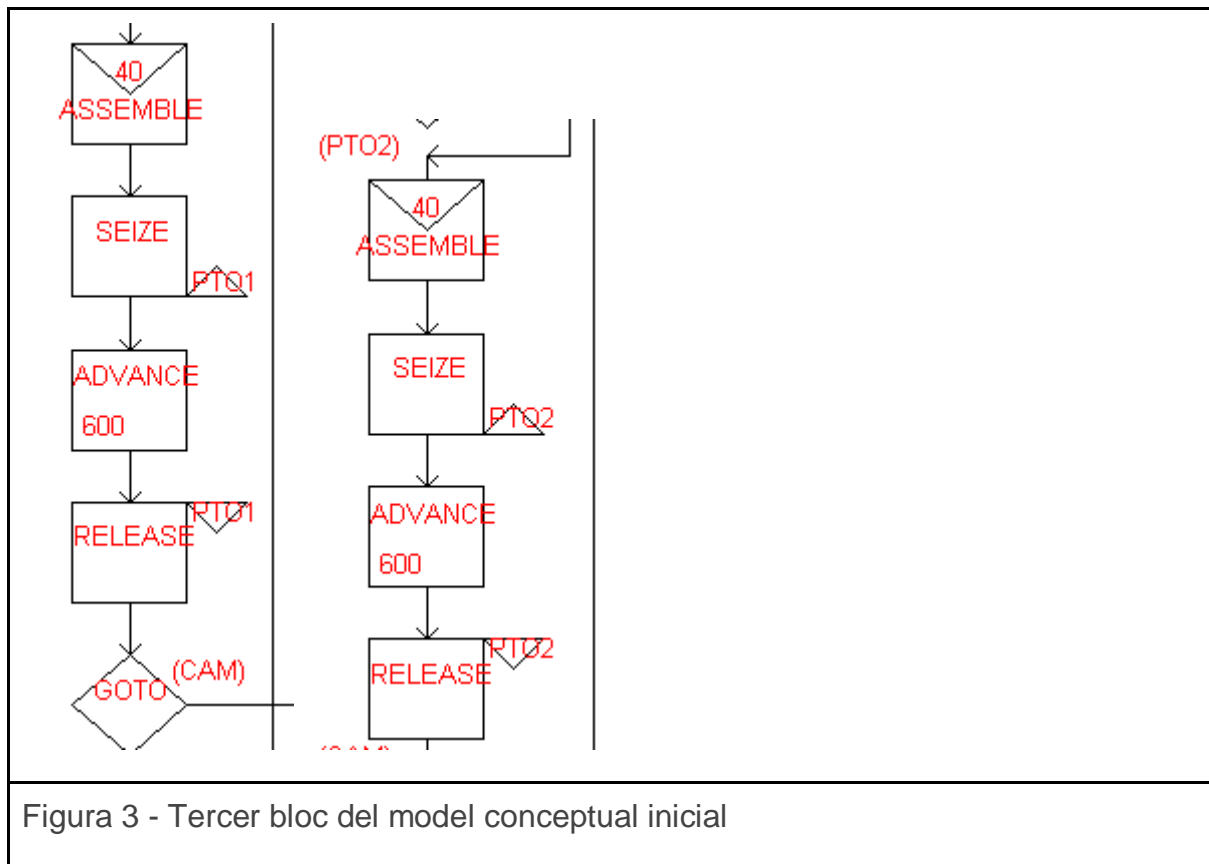
Com es pot veure a la Figura 1, el primer bloc consisteix en el generador de paquets, que segueix l'assumpció que arriba un paquet cada 8,64 segons amb un límit de 10000 paquets diaris. Just a continuació del generador es troba un assignador de prioritat que segueix una distribució de probabilitat discreta de tal manera que el 20% dels paquets són preferents.

Al costat, en un fil separat, tenim el "rellotge" que permet simular el pas d'un dia sencer, mitjançant el pas de 86400 segons.



Com es pot observar en la Figura 2, en el segon bloc es troben les màquines classificadores. Aquestes introdueixen una demora que segueix una distribució exponencial amb temps esperat de 45s. A més, també hi ha un fil especialment separat, encara que fa servir el mateix servidor, que representa la cua pesada, on la demora dura 50% més a causa de la necessitat d'atenció manual per part d'un operari.

Hem separat les dues cues visualment, encara que fan servir el mateix servidor (màquines), per tenir més control sobre la demora que experimenta una màquina quan tracta amb un paquet pesat (requereix atenció d'un operari).



Com es pot veure a la Figura 3, aquest bloc conté la representació dels 2 molls de càrrega. El funcionament és el següent: quan s'acumulen X paquets, en el cas de la figura 40, a un dels molls, es carreguen aquests paquets a un camió disponible per entregar-los als seus destinataris. Aquest procés té una demora de 10 minuts.

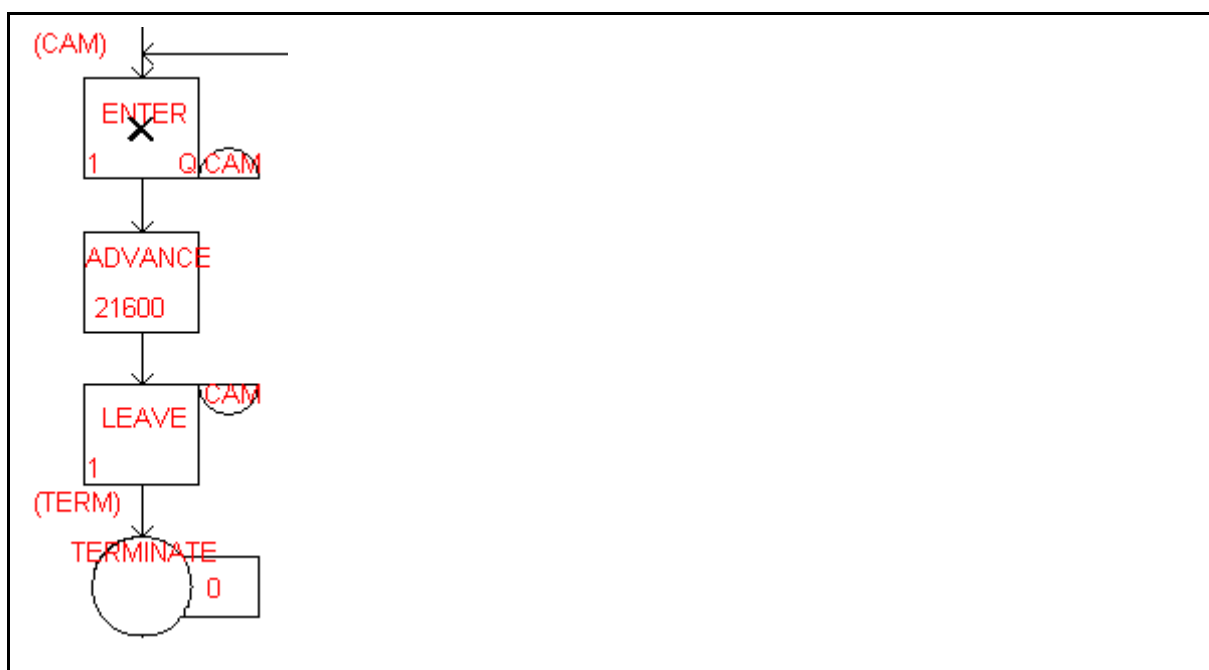


Figura 4 - Quart bloc del model conceptual inicial

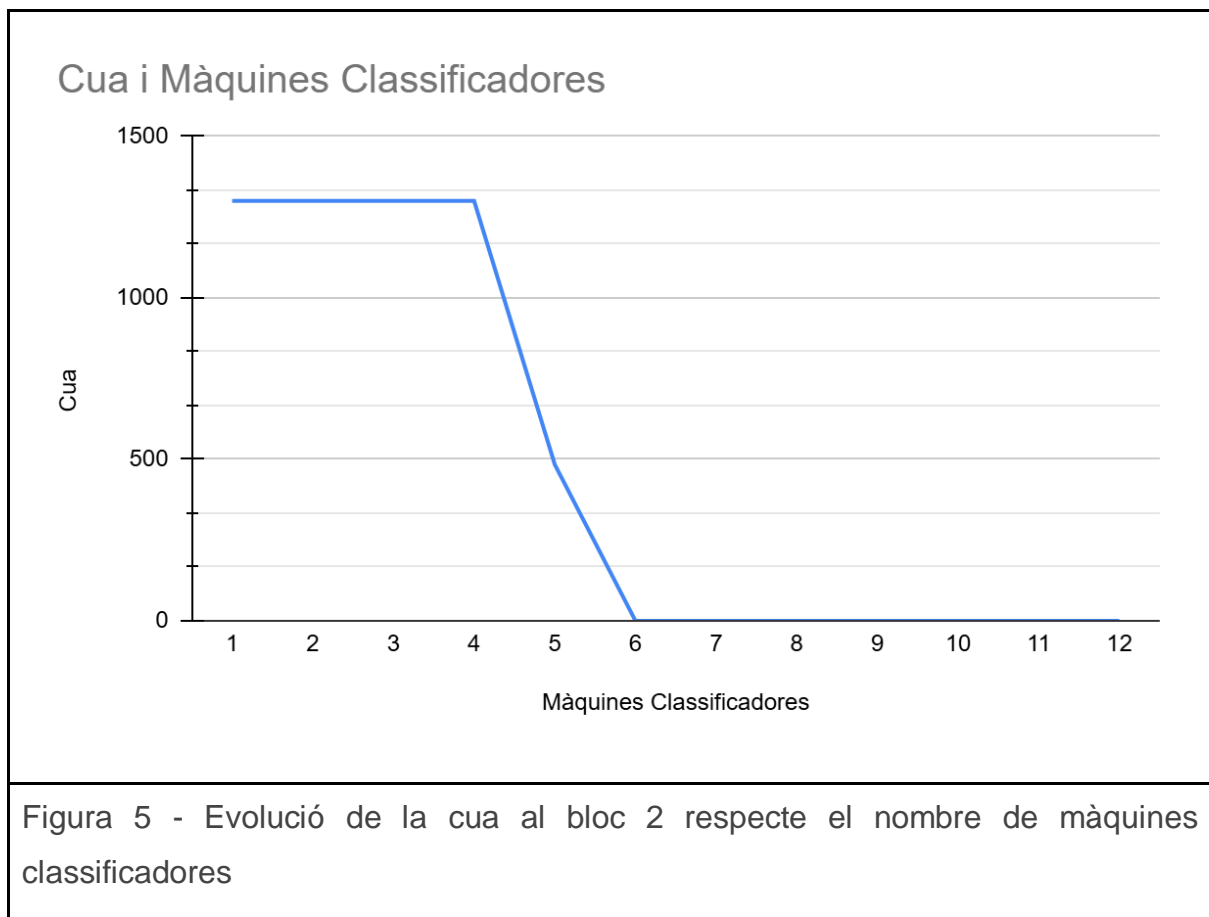
Com es pot observar a la Figura 4, en aquest bloc es troba la representació dels camions repartidors de l'empresa en forma de servidor, on cada camió és un recurs disponible.

4.2. Anàlisi del model

4.2.1. Màquines Classificadores

Si analitzem el flux del model, ens adonem que els tres punts crítics del model es troben a les cues de les màquines classificadores, les cues dels molls i les cues dels camions. Més concretament, veiem que el percentatge de paquets pesats i la distribució de paquets a cada moll poden tenir efectes força perjudicials en la productivitat del model.

A part d'això, ens fixem en les capacitats dels diferents servidors, és a dir, el nombre de màquines classificadores o el nombre de camions, i podem tractar de veure la relació que tenen en el model.

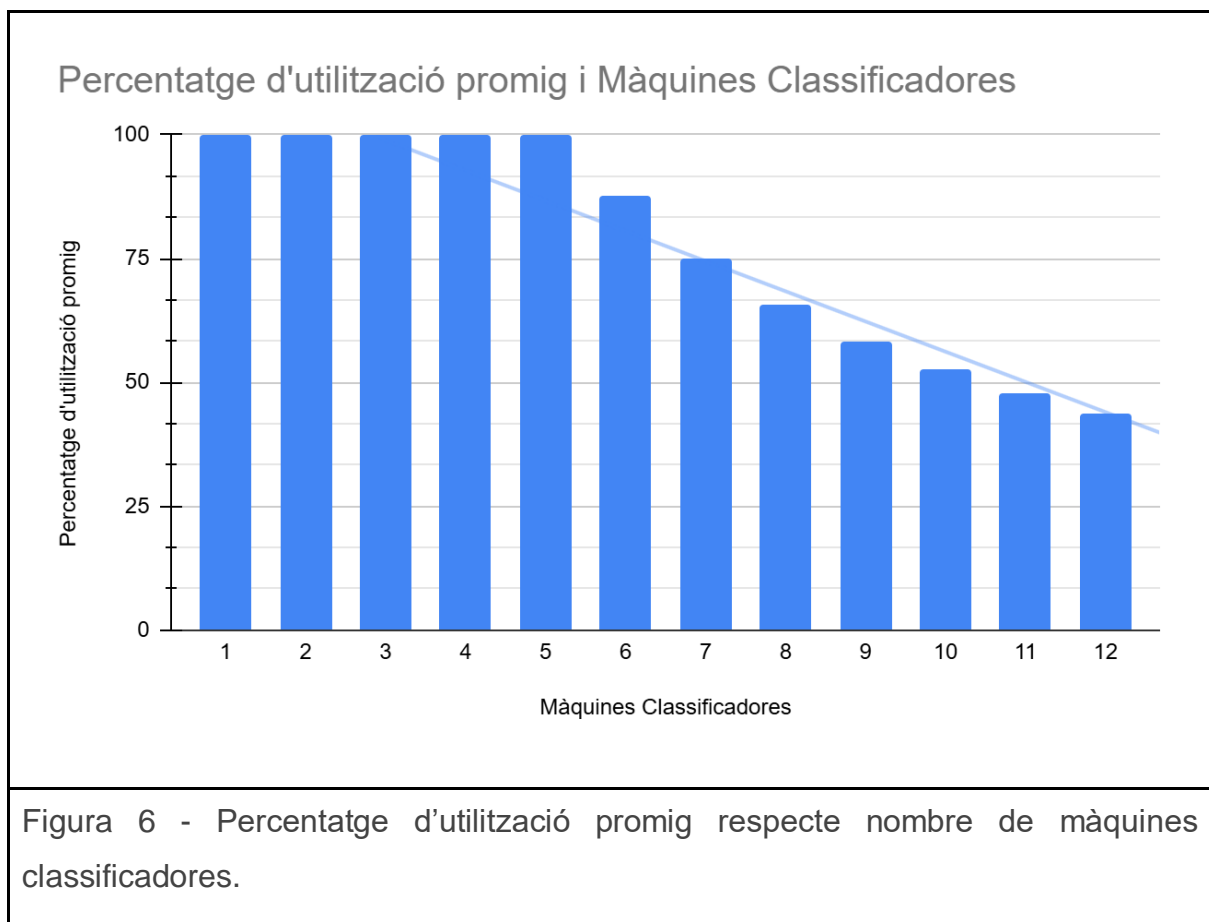


Fent servir la configuració que es mostra al model inicial en GPSS del sistema, i gràcies als estadístics que proporciona aGPSS dels diferents servidors, podem observar a la Figura 5 que amb 4 o menys màquines, la cua es dispara. Més concretament, com la cua excedeix 1300 unitats, el motor de simulació para la simulació, per tant, no podem saber la llargada real de la cua. És a partir de 5 màquines que la cua no creix suficientment ràpid per saturar el motor de simulació. No obstant això, aquesta configuració deixa uns 500 paquets a la cua al final del dia i, com a conseqüència, això afectarà al rendiment del model en els dies següents.

Per tant, les opcions raonables comencen a partir de 6 màquines, ja que no acumulen cua. Això té sentit, perquè segons els estadístics, el servidor té en promig 5,25 unitats.

Adicionalment, podem veure als estadístics del servidor que encara que tinguéssim un nombre infinit de màquines, en el pitjor cas només es fan servir 12 màquines simultàniament a causa dels temps entre arribades de paquets.

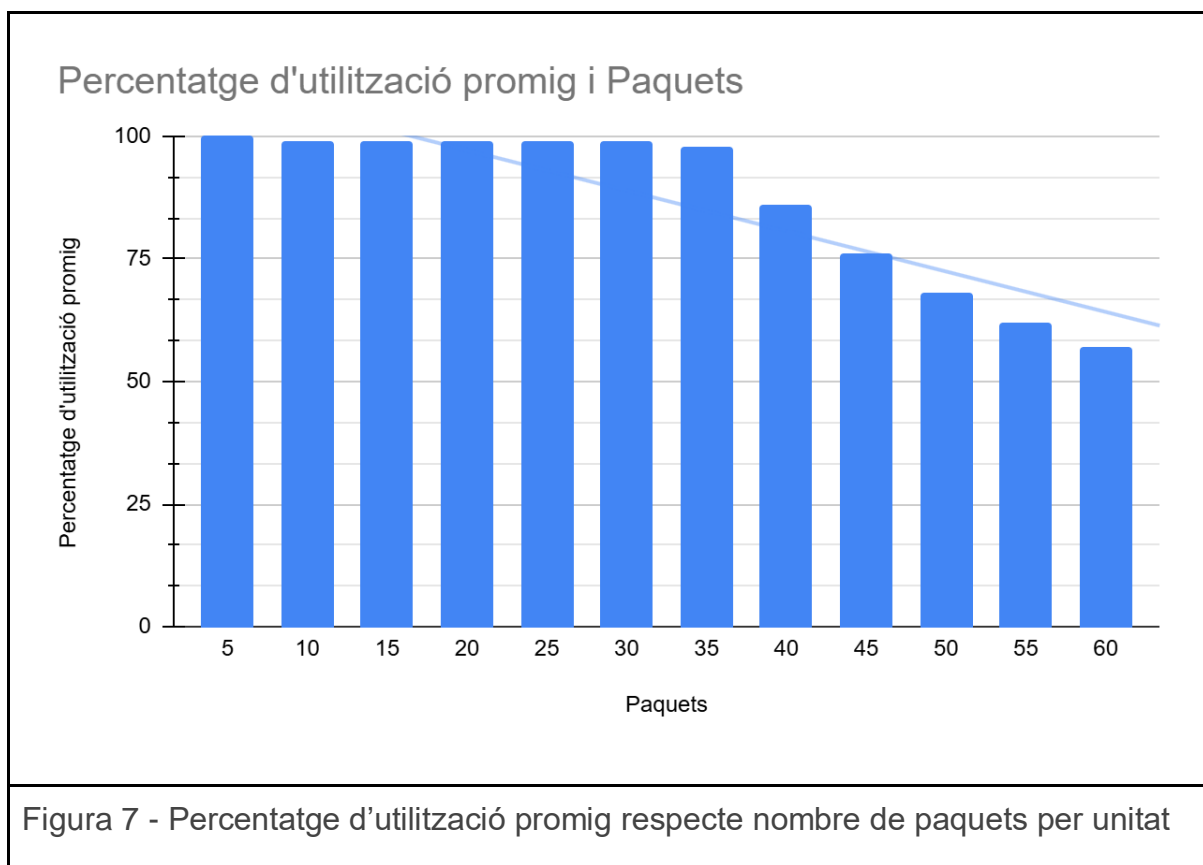
A la figura següent es pot observar un fet obvi, el percentatge d'utilització decrementa a mesura que s'introdueixen més màquines. Això, juntament amb la informació prèviament explicada, ens porta a concloure que 6 màquines classificadores són suficients per una càrrega de 8,64 segons per paquet de la manera més eficient i sense crear cues.



4.2.2. Molls

Pel que fa als molls, com que assumim que treballen amb unitats de 40 paquets, amb 2 ja hi ha prou per gestionar el volum de paquets diaris que assumim. De fet, segons els estadístics, només estan treballant amb percentatges d'utilització de 85,80% i 86,43% respectivament.

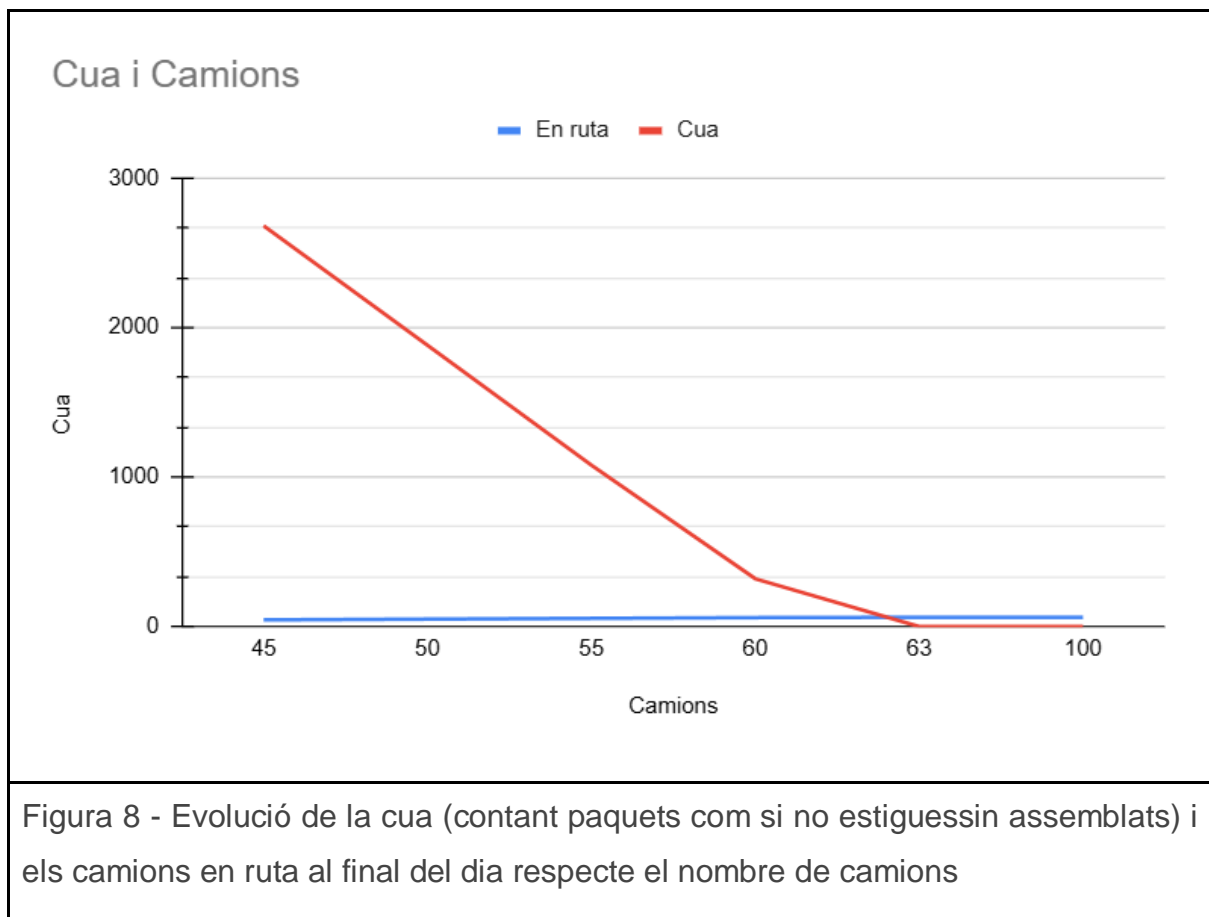
Per tant, a partir d'aquest bloc, el factor que limita el rendiment del model és el nombre de paquets que s'acumulen abans de processar-los tots simultàniament.



4.2.3. Camions

Fent un ullada als camions, trobem l'últim punt crític, les seves cues. Al estar els camions compartits pels dos molls, sols tindrem un total inicial y no un subtotal per a cada moll, lo qual simplifica el treball.

Amb això, ens haurem de fixar en les cues, comptant els paquets individuals ((cua RELEASE PT_02 + cua GOTO PT_01) * 40) y no el conjunt assembletat (revertim l'efecte de l'ASSEMBLE), i els camions que segueixen en ruta al acabar el dia en comparació a la flota inicial:

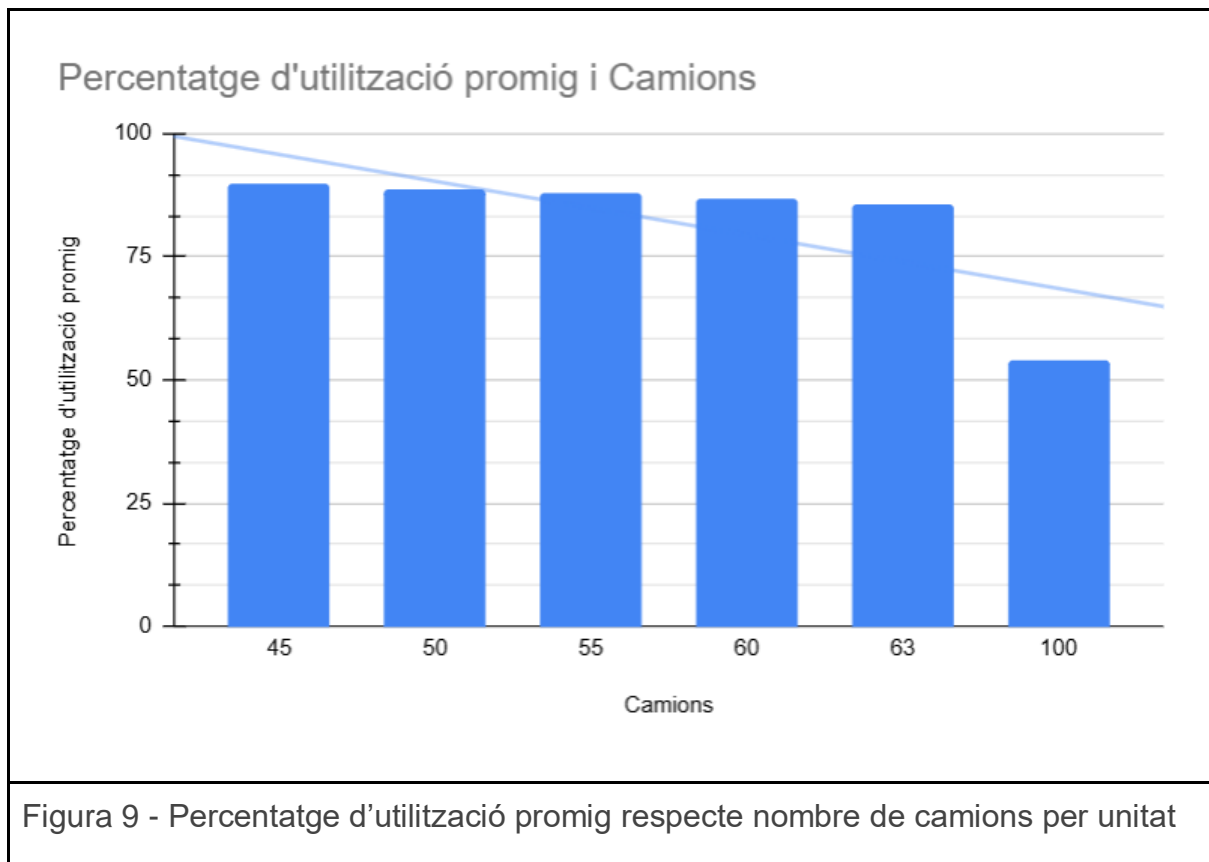


Amb les dades proporcionades, podem observar com a la Figura 8 la cua es redueix el tamany cada vegada que augmentem el nombre de camions fins que arribem als 63, moment en el qual la cua queda a 0 finalment. És justament també en aquest moment en el qual els camions en ruta al final del dia queden per sota dels camions inicials.

Mirant cap a l'altre costat, veiem com la cua es dispara, arribant a ser cuasi lineal y mai arribant a ser 0 en l'eix y.

Per tant, les opcions raonables comencen a partir dels 63 camions, ja que tant la cua com els camions en ruta queden no es modifiquen encara que augmentem més el nombre de camions disponibles inicialment. Això té sentit al ser superior a 53.96 unitats, que es el promig del servidor, el qual dóna un percentatge d'utilització de 85.65%, vist en la següent figura.

Finalment, podem observar en la Figura 9 com el percentatge d'utilització decrementa a mesura que s'introdueixen més camions. Això, juntament amb la informació prèviament explicada, ens porta a concloure que 63 camions són suficients per una càrrega de 40 paquet per camions de la manera més eficient i sense crear cues.



4.3 Validació operacional del model inicial

En aquest apartat, estudiarem els resultats que proporciona el motor de simulació des d'un punt de vista qualitatiu i arribarem a conclusions respecte els objectius plantejats a l'inici del document.

```

Clock      86400.00

Block counts
Number Adr.  Oper.  Current  Total
  1  PACK  GENERA      10000
  2  START  LET      10000
  3      GOTO      10000
  4  MAQ   ENTER      9896
  5      ADVANC    6    9896
  6      LEAVE      9890
  7  SEPA  GOTO      9994
  8      ASSEMB   21    4981
  9      SEIZE      124
 10      ADVANC    1    124
 11      RELEAS     123
 12      GOTO      123
 13  PTO2  ASSEMB   13    5013
 14      SEIZE      125
 15      ADVANC    1    125
 16      RELEAS     124
 17  CAM   ENTER      247
 18      ADVANC   62    247
 19      LEAVE      185
 20  TERM  TERMIN     185
 21  TIME  GENERA        1
 22      TERMIN        1
 23  PESA  ENTER      104
 24      ADVANC      104
 25      LEAVE      104
 26      GOTO      104

```

Figura 10 - Estadístiques de blocs de la simulació

Com podem veure a la Figura 10, verifiquem que, efectivament, es generen 10000 paquets en l'equivalent d'un dia, 86400 segons. A més, ens adonem que al voltant de 9900 paquets acaben en les cues normals, mentre que al voltant de 100 acaben en la cua pesada. Addicionalment, al aproximadament 5000 paquets es deixen al moll 1 i els altres 5000 al moll 2. Finalment, quan s'acumulen 40 paquets en un moll i un camió es troba lliure, aquests són repartits pel camió en les pròximes 6 hores (21600 segons). Per tant, podem concloure que totes les seccions es comporten de manera lògica, raonable i d'acord amb les suposicions plantejades a l'inici. Cal destacar que en un apartat posterior també es comprova la distribució de paquets preferents i no preferents realment és 20/80.

Essencialment, i com hem vist en l'anàlisi del model, en condicions normals, el model es comporta com un centre de distribució de paquets ordinari. És a dir, si augmentem el nombre de paquets rebuts, inevitablement es generen cues i si a continuació augmentem el nombre de màquines o bé camions o bé molls, les cues disminueixen.

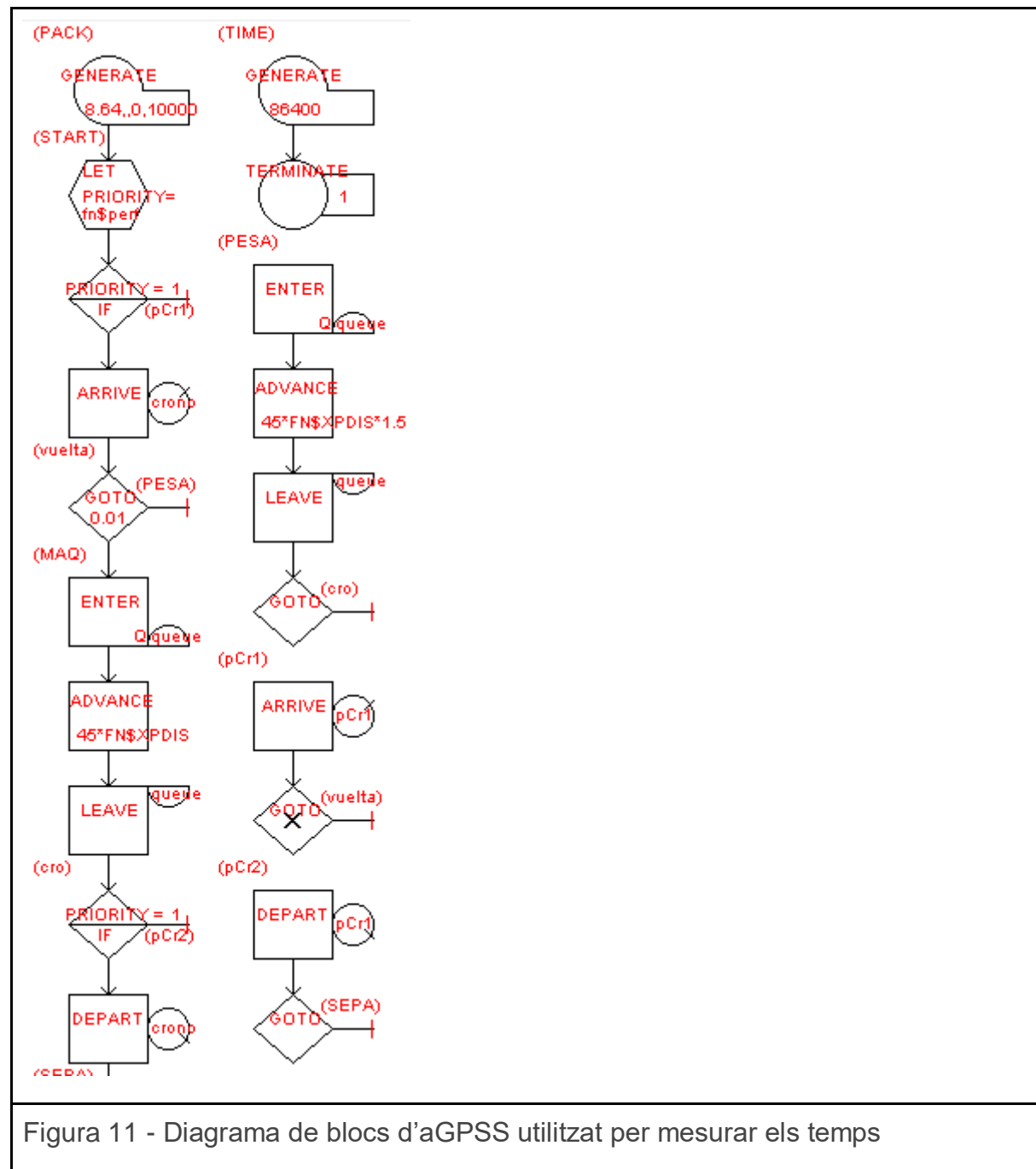
Pel que fa al primer objectiu, hem observat mitjançant l'experimentació feta per analitzar el model a l'apartat anterior que el coll d'ampolla principal del model és la secció dels molls-camions, més concretament, el nombre de paquets que es posen dins d'un lot té un impacte força significatiu. Aquest resultat té sentit ja que si el nombre de paquets per lot és petit, es genera cua als molls a causa de la disponibilitat dels camions, llavors aquests impedeixen que els paquets que arriben de les màquines classificadores puguin avançar pel model.

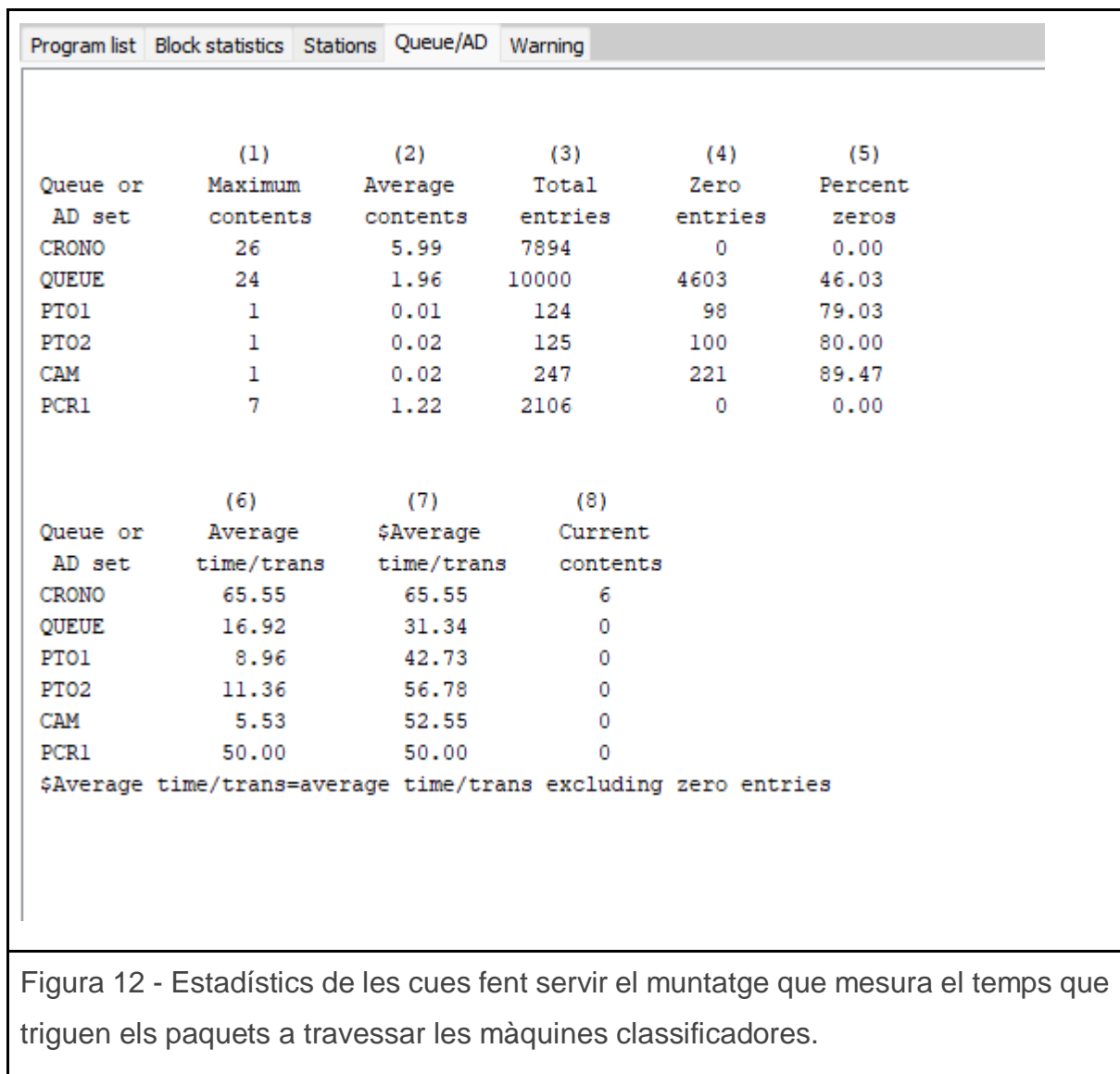
En segon lloc, el segon objectiu consisteix en comprovar si els paquets preferents realment triguen menys que els no preferents a recórrer el model. Per simplificar, només hem calculat el temps que triguen aquests 2 tipus de paquets a travessar la secció de màquines classificadores, perquè considerem que és més fàcil d'implementar a aGPSS i, a més, els resultats es poden extrapolar per les demés seccions de totes maneres.

Bàsicament, per mesurar fem servir els blocs ARRIVE i DEPART que capturen el temps que triga un paquet en travessar els dos blocs. Per tal de separar els temps dels 2 tipus de paquets, tenim 2 parelles ARRIVE-DEPART, un anomenat crono i l'altre pCr1.

Quan un paquet és generat i se li assigna una prioritat que representa si és preferent o no, s'envia el paquet al ARRIVE pCr1 si és preferent i al ARRIVE crono en cas contrari. Després de passar pel ARRIVE, els paquets independentment de si són preferents o no, retornen al flux ordinari del model i se'ls separa segons si són paquets pesats o no.

Finalment, després de passar per les màquines classificadores patint la demora corresponent, es torna a separar els paquets segons la seva preferència per enviar-los al seu DEPART corresponent. A continuació es mostra el muntatge utilitzat.





Com podem observar, el nombre de paquets preferents està al voltant d'un 20% dels paquets totals, confirmant una de les assumpcions de dades inicials. A continuació, també veiem que el temps promig d'un paquet no preferent, que passa per CRONO, és de 65.55. Mentre que el temps promig d'un paquet preferent, que passa per PCR1, és de 50. Clarament, els paquets preferents triguen menys temps i és fàcil d'imaginar-se que aquest fenomen s'estén a les altres seccions dels model.

El tercer objectiu és molt fàcil de comprovar gràcies a la separació entre la demora que pateix un paquet normal i un de pesat. Experimentalment, veiem que augmentant la demora d'un paquet pesat per 2, no s'altera de forma significativa el rendiment del model (no genera cua a les màquines classificadores). Aquest resultat és força

evident perquè només un 1% dels paquets són pesats i, per tant, el seu impacte és molt limitat.

```

Clock      86400.00

Block counts
Number  ADR.   Oper.  Current  Total
  1  PACK  GENERA          10000
  2  START LET          10000
  3          GOTO          10000
  4  MAQ   ENTER          9893
  5          ADVANC    6    9893
  6          LEAVE          9887
  7  SEPA  GOTO          9994
  8          ASSEMB   37    4997
  9          SEIZE          124
 10          ADVANC          124
 11          RELEAS          124
 12          GOTO          124
 13  PTO2  ASSEMB   37    4997
 14          SEIZE          124
 15          ADVANC    1    124
 16          RELEAS          123
 17  CAM   ENTER          247
 18          ADVANC   63    247
 19          LEAVE          184
 20  TERM  TERMIN          184
 21  TIME  GENERA           1
 22          TERMIN           1
 23  PESA  ENTER          107
 24          ADVANC          107
 25          LEAVE          107
 26          GOTO          107

```

Figura 13 - Estadístics de bloc quan la demora d'un paquet pesat és 3 vegades la demora d'un paquet normal en comptes de 1,5 .

Finalment, mitjançant l'experimentació feta a l'anàlisi del model hem descobert una configuració de nombre de màquines, molls i camions que permeten no tenir cues al model. També hem determinat els valors a partir dels quals comencen a haver-hi cues. En conclusió, no es generen cues infinites amb la configuració discutida prèviament.

5. Migració a Python

Per fer la migració a python, em aprofitat una llibreria anomenada SimPy. Aquesta llibreria té un modelatge força semblant al de aGPSS, permetent definir processos i servidors, encara que internament fa servir el paradigma d'event scheduling.

5.1 Verificació funcional

Per poder verificar que la migració ha estat exitosa, és a dir, que la implementació en python segueix correctament el model conceptual descrit en aGPSS, farem servir un seguit de gràfics i traces.

A continuació adjuntem una traça del simulador implementat a Python amb els següents paràmetres:

QUEUE = 6 (nombre de màquines classificadores)

CAM = 63 (nombre de camions)

ASSEMBLE = 40 (paquets per lot)

- Cua normal:

Capacitat de la cua normal: 6

Contents mitjans de la cua normal: 5.11

Ús mitja de la cua normal: 85.15%

Contents actuals de la cua normal: 6

Contents totals de la cua normal: 9880

Temps mitjà per unitat de la cua normal: 44.68

- Cua pesada:

Capacitat de la cua pesada: 6

Contents mitjans de la cua pesada: 0.10

Ús mitja de la cua pesada: 1.61%

Contents totals de la cua pesada: 111

Temps mitjà per unitat de la cua pesada: 74.97

- Camions:

Capacitat dels camions: 63

Contents mitjans dels camions: 47.25

Ús mitja del camió: 75.00%

Contents actuals del camió: 63

Contents totals del camió: 252

Temps mitjà per unitat dels camions: 16200.00

- Moll 1:

Capacitat del moll 1: 1

Contents mitjans del moll 1: 0.86

Us mitja de moll 1: 86.26%

Contents totals del moll 1: 124

Temps mitjà per unitat del moll 1: 601.01

- Moll 2:

Capacitat del moll 2: 1

Contents mitjans del moll 2: 0.86

Us mitja de moll 2: 85.56%

Contents totals del moll 2: 123

Temps mitja per unitat del moll 2: 601.01

- Paquets:

Cola paquets preferents: 4.28s

Cola paquets econòmics: 15.28s

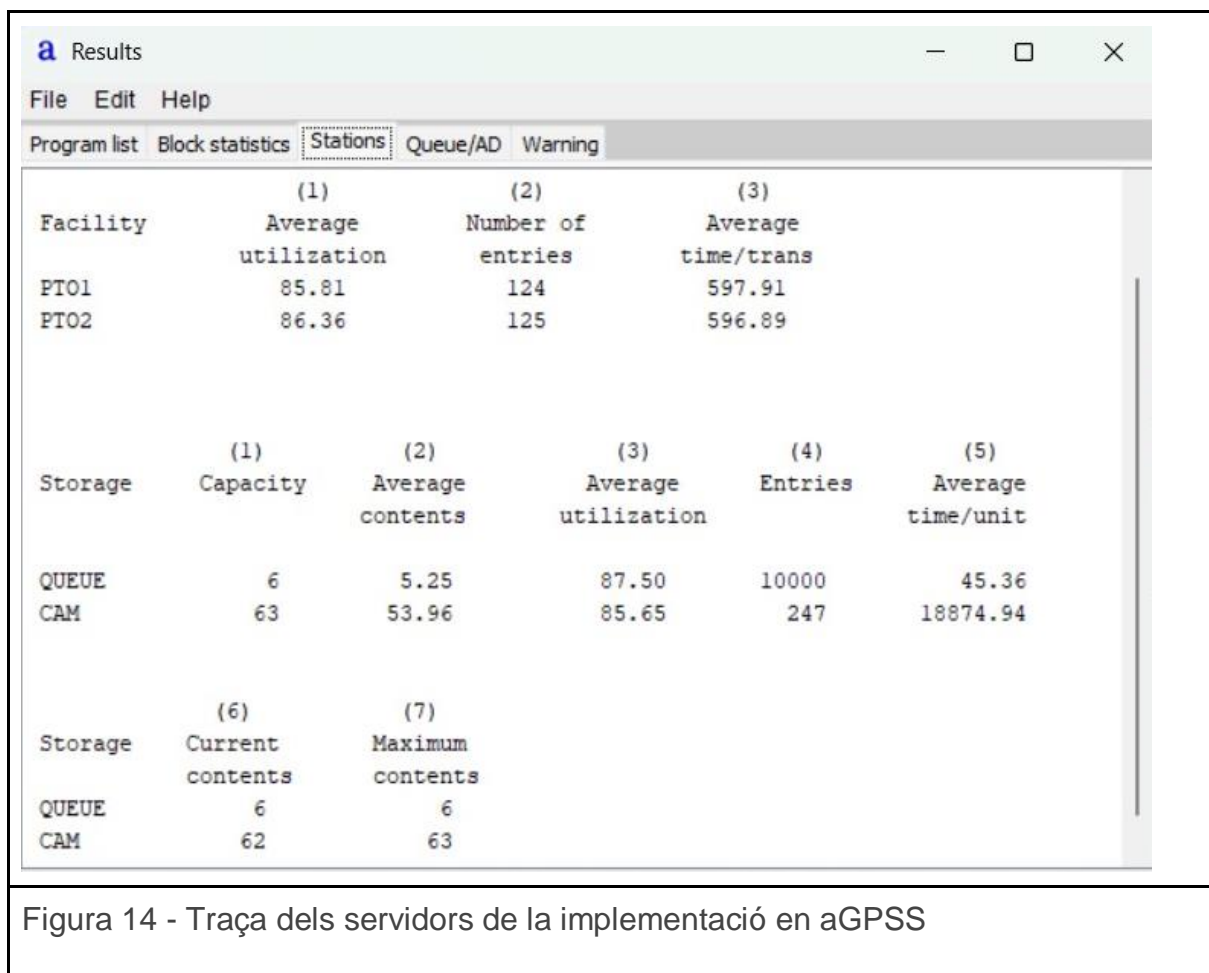
Demora paquets preferents: 44.95s

Demora paquets econòmics: 45.13s

Total paquets preferents: 49.24s

Total paquets econòmics: 60.41s

Traça de l'execució del simulador a Python



Qualitativament, podem verificar que el nombre de paquets que passen tant per la cua no pesada com per la no pesada segueixen una distribució 99/1 al igual que en la figura 13. De la mateixa manera, el percentatge d'utilització de les màquines classificadores també coincideix, raonablement, amb la figura 14.

Per desgràcia, sembla que el percentatge d'utilització dels camions és lleugerament inferior i el temps promig per unitat també, com es pot veure en la figura 14. No obstant això, també podem destacar que el nombre de lots de 40 paquets enviats coincideix amb el del model vist a la figura 13.

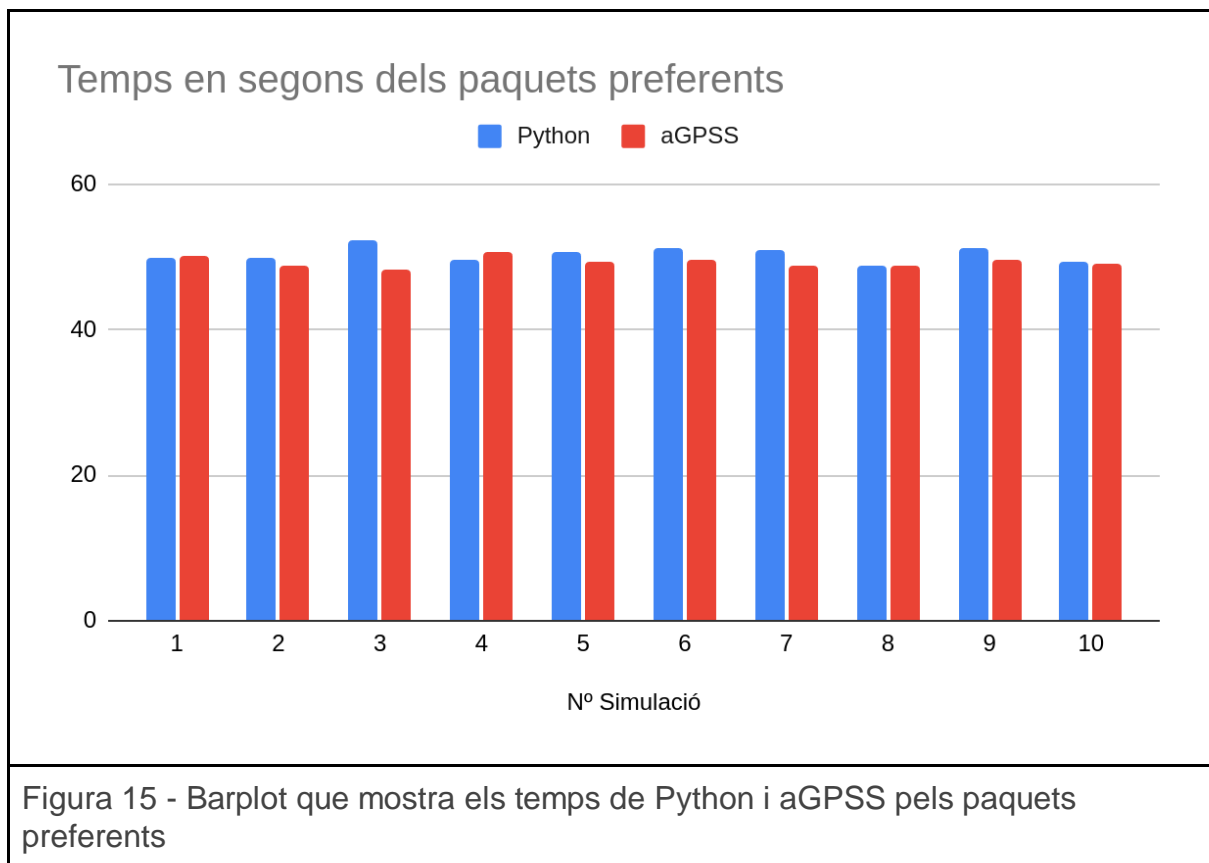
Pel que fa als molls, aquests tenen percentatges d'utilització similars en les dues implementacions, visible en la figura 14, i els temps dels paquets preferents i econòmics també coincideixen raonablement bé, en la figura 12.

Ara bé, també cal fer un seguit de comprovacions més rigoroses per tal de verificar completament l'èxit de la migració. Cal destacar, però, que només comprovarem alguns estadístics de cada secció, perquè, òbviament, els d'una mateixa secció estan relacionats entre ells.

Primer de tot, al llarg de 10 simulacions, observem els temps que triguen en total els paquets preferents a travessar les màquines classificadores.

Nº Simulació	Python	aGPSS
1	49,81	50
2	49,76	48,81
3	52,22	48,32
4	49,48	50,58
5	50,56	49,37
6	51,28	49,71
7	50,94	48,68
8	48,75	48,66
9	51,19	49,46
10	49,37	49,12
Mean	50,336	49,271
Deviation	1,073656266	0,694861297

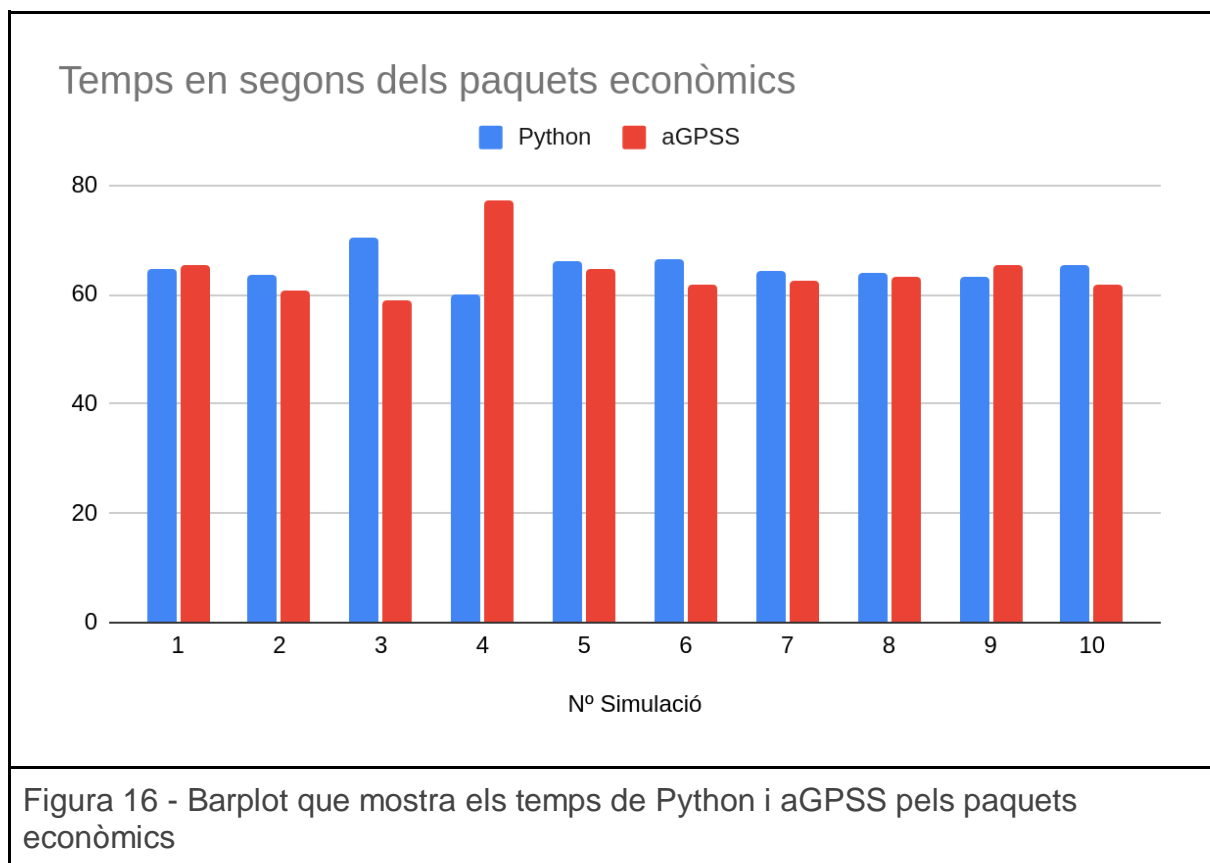
En aquesta taula, i en la figura 15 a continuació, veiem que les mitjanes i variàncies són força semblants entre elles i, per tant, les diferències estadístiques entre Python y aGPSS aquí no son significatives.



I ara repetim, però pels paquets econòmics.

Nº Simulació	Python	aGPSS
1	64,68	65,55
2	63,67	60,58
3	70,59	58,92
4	59,95	77,17
5	66,22	64,83
6	66,43	61,77
7	64,49	62,63
8	64,05	63,12
9	63,36	65,30
10	65,29	61,75
Mean	64,873	64,162
Deviation	2,706580664	5,034959560

De la mateixa manera, observem que les mitjanes i variàncies són molt semblants, el qual ens porta a la mateixa conclusió que en els paquets preferents.

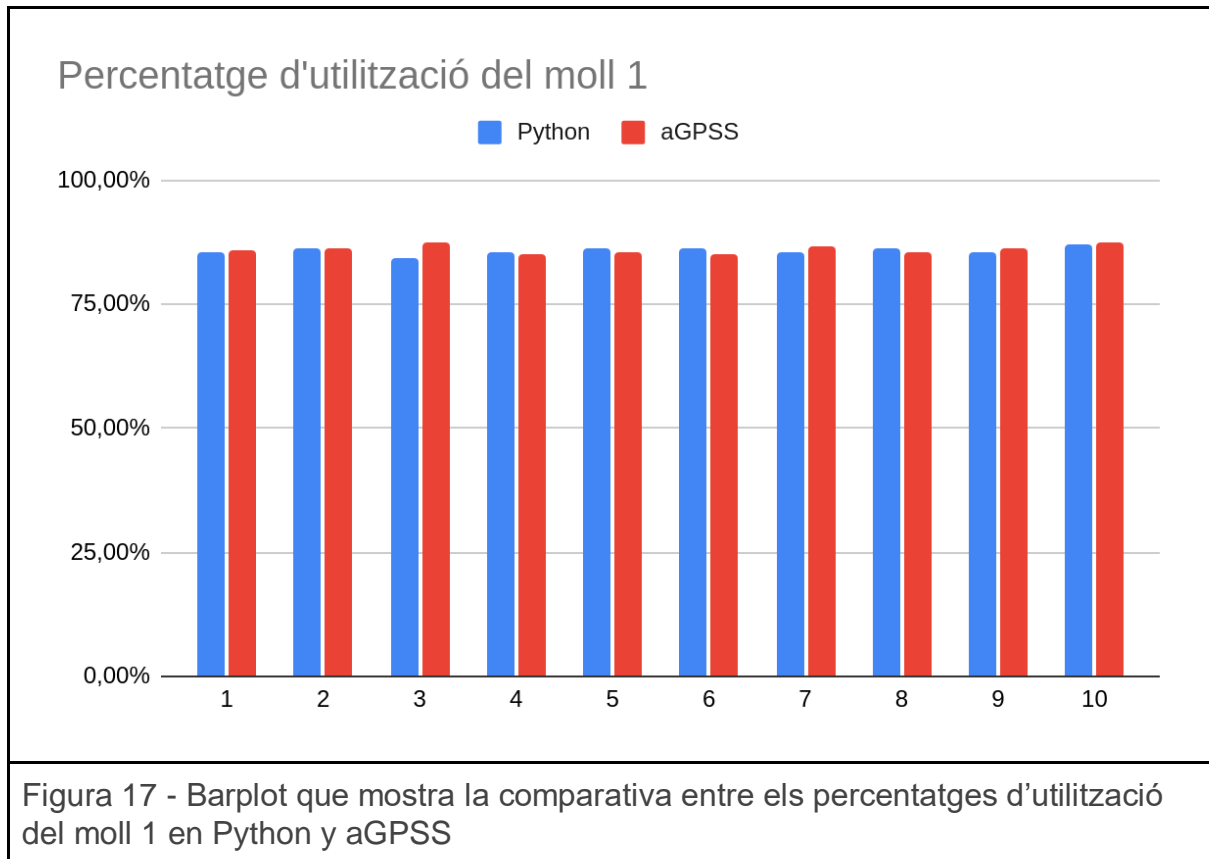


Seguidament, fem el mateix procediment pels percentatges d'utilització del molls.

Moll 1

Nº Simulació	Python	aGPSS
1	85,56%	85,81%
2	86,26%	86,38%
3	84,17%	87,50%
4	85,56%	85,11%
5	86,26%	85,53%
6	86,26%	85,00%
7	85,56%	86,85%
8	86,26%	85,66%
9	85,56%	86,42%

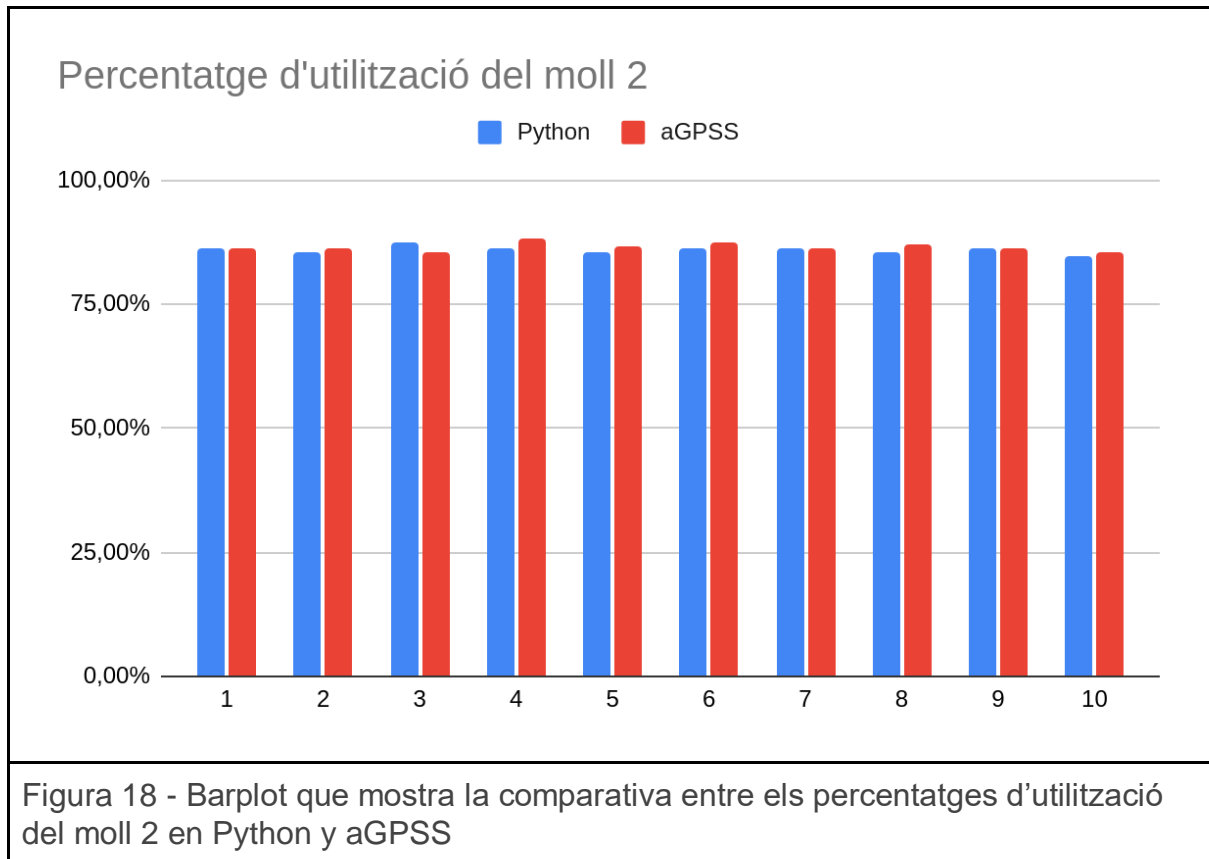
10	86,95%	87,42%
Mean	85,84%	86,16%
Deviation	0,007483463	0,893940092



Moll 2

Nº Simulació	Python	aGPSS
1	86,26%	86,36%
2	85,56%	86,42%
3	87,65%	85,33%
4	86,26%	88,20%
5	85,56%	86,83%
6	86,26%	87,40%
7	86,26%	86,10%
8	85,56%	87,12%
9	86,26%	86,32%

10	84,86%	85,34%
Mean	86,05%	86,54%
Deviation	0,007391353	0,888729430

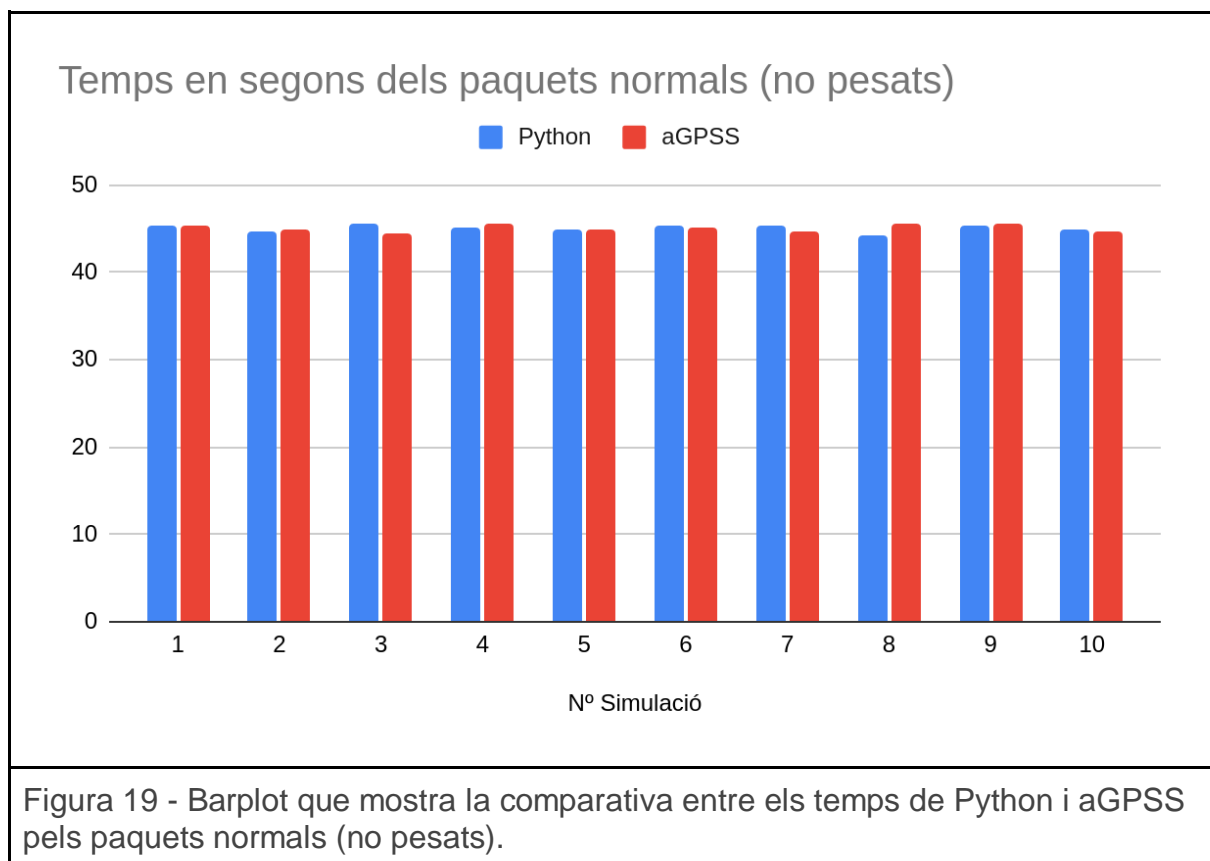


D'aquestes dues taules, i figures, podem comentar que les desviacions dels molls implementats en python són extremadament baixes. Portant-nos a concloure així que no hi ha diferències estadístiques significatives. Encara que no podem concloure si aquest fenomen és causat pel baix nombre de simulacions o bugs en el codi.

A continuació, observarem el temps mitjà per unitat en la cua normal.

Cua normal

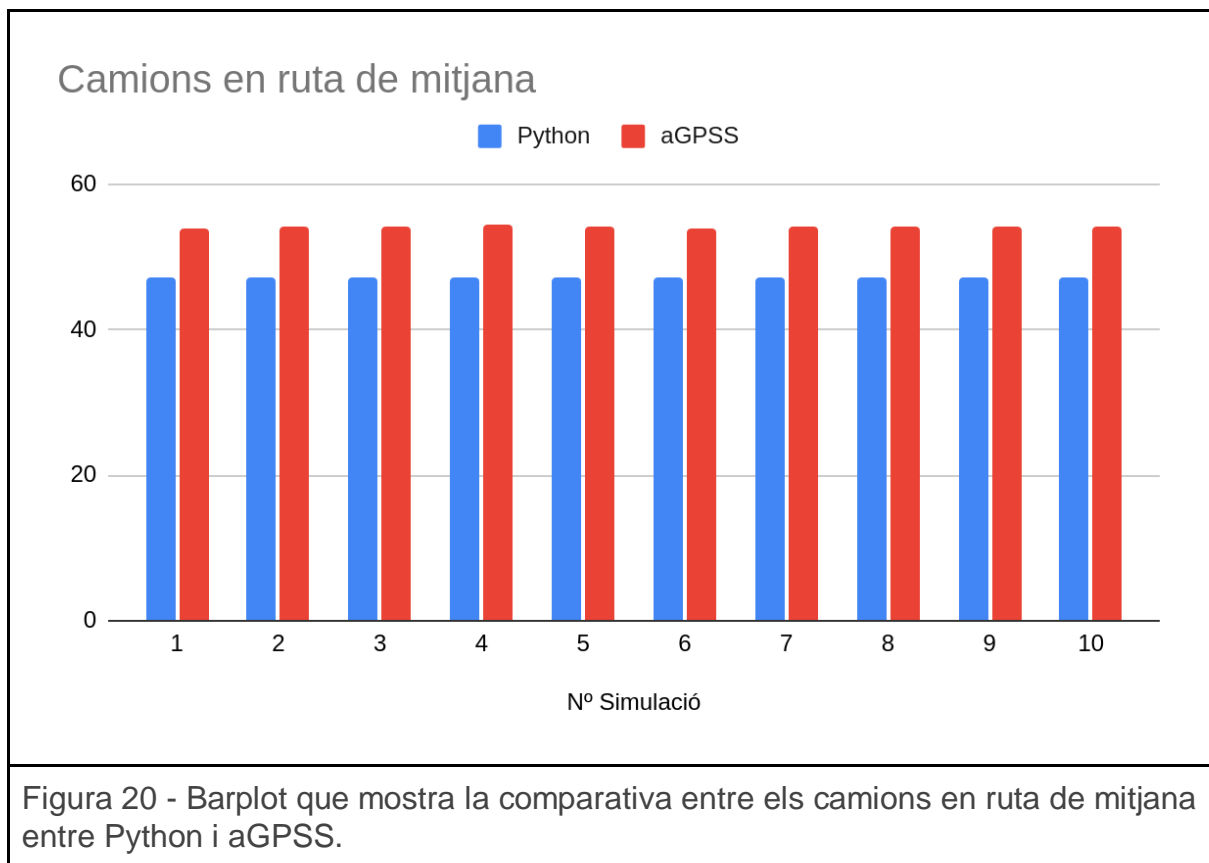
Nº Simulació	Python	aGPSS
1	45,43	45,36
2	44,69	44,94
3	45,51	44,45
4	45,08	45,68
5	44,88	44,95
6	45,25	45,05
7	45,45	44,78
8	44,28	45,67
9	45,46	45,65
10	45,00	44,70
Mean	45.103	45,123
Deviation	0.401498581	0,442418856



Tant les desviacions de les cues con la seva mitjana son extremadament similars, portant a la conclusió que no existeix una diferència estadística important i la implementació de la secció de la cua normal tant en python com en aGPSS són equivalent.

Finalment, farem una ullada als contents mitjans dels camions. En aquest context, contents mitjans es refereix al nombre mitjà de camions en circulació durant la simulació, ja que vam decidir modelar els camions com un servidor.

Nº Simulació	Python	aGPSS
1	47,25	53,96
2	47,25	54,16
3	47,25	54,13
4	47,25	54,33
5	47,25	54,06
6	47,25	54,02
7	47,25	54,22
8	47,25	54,19
9	47,25	54,16
10	47,25	54,13
Mean	47,25	54,136
Deviation	0	0,104902070



En aquesta última comprovació és on ens emportem un ensurt. Pel que sembla, el nombre mitjà de camions no canviar en cap simulació, encara que la intuïció ens diu hi hauria, com a mínim, petites diferències entre iteracions. Això suggereix que la implementació de la secció de camions pot no ser equivalent amb la d'aGPSS.

5.2 Verificació estructural

En aquest apartat, farem una breu inspecció del codi font per comprovar que la lògica implementada segueix el diagrama de blocs que hem dissenyat en aGPSS.

Primer de tot, cal destacar que una suposició força rellevant és que els generadors de nombres aleatoris i distribucions de probabilitat es comporten de forma semblant entre les dues implementacions.

A continuació, tenim les declaracions de les classes “FactoryResources” i “Stats” que permeten inicialitzar capacitats dels servidors i recollir estadístics de la simulació.

La funció “assemble_manager” implementa la secció dels molls incloent la part on es converteixen 40 paquets en un sol lot. La lògica que segueix hauria de ser la mateixa que en el model d’aGPSS, perquè simplement s’espera a acumular 40 paquets i “consumeix” el moll corresponent, creant una demora de 10 minuts.

La funció “repart_moll” implementa el GOTO del model en aGPSS que decideix en quin moll acaben els paquets. La lògica és exactament la mateixa que un GOTO en aGPSS.

La funció “normal_process” i anàlogament “pesa_process” implementen les màquines classificadores. La lògica que fan servir és la següent: reben el paquet i introdueixen la demora corresponent depenent de si el paquet és “pesat”.

La funció “part_process” implementa el flux del model sobre els paquets i camions. La lògica consisteix en assignar prioritat al paquet, enviar el paquet a la màquina classificadora corresponent i finalment, suposant que el procés encarregat de convertir paquets en lots es realitza paral·lelament, envia aquestes unitats als camions, on hi ha una demora de 6 hores que representa la ruta del camió.

Per últim, la funció “generator” implementa el generador d’entitats i les envia a “part_process”.

Com podem veure, totes les seccions es comporten igual que la seva contrapart en aGPSS.

6. Millora del model a mida

En aquest apartat s'expliquen les diferents millores que hem aplicat a la implementació en Python per obtenir un model més “a mida” del sistema que estem intentant modelitzar.

Observant els nostres models aGPSS i Python, podem veure una certa diferència entre com cadascun d'ells implementa la mesura de la velocitat dels paquets preferents i econòmics. Veient així com en Python resulta molt més fàcil recopilar dita informació, resultant en un codi molt més net i ràpid, sense blocs extres solament per aquesta operació.

Més concretament, la implementació en aGPSS requereix afegir blocs i canviar el flux del model per tal de fer els paquets passar pels ARRIVE i DEPART corresponents.

A més, si volguéssim integrar la recollida d'altres estadístics, es pot veure clarament que el problema es tornaria intractable en el sentit que seria impossible poder distingir el flux del model a primera vista, un dels avantatges principals de tenir disponible el diagrama de blocs en primer lloc.

Mentre que en Python, aquesta recollida de dades és molt més còmode d'implementar i permet integrar-ho perfectament en el flux del model sense “contaminar” el codi que implementa la lògica del sistema gràcies a la possibilitat de fer servir funcions.

Finalment, trobem una possible millora a futur que no ha sigut possible implementar al tindre els camions en ruta 6h de manera obligatoria. La millora seria donar d'inici als paquets els seu lloc de destí i la distància a aquest, lo qual ja es pot veure implementat en el codi de python en la funció `fn_destinacio()` amb destins predeterminats com a prova, i implementar la funcionalitat de poder variar el temps que triga un camió a completar una ruta depenent de les destinacions a les que ha d'arribar.

Això suposa una millora respecte el model en aGPSS, perquè encara que en aGPSS també es pot assignar variables a entitats, l'habilitat de fer operacions complexes com

és el cas de dissenyar rutes enmig de la simulació representa una tasca monumental en aGPSS per la seva falta de “programabilitat”.

7. Ús de LLM's

- ChatGPT: clarificacions respecte l'enunciat de la pràctica i ajuda en la migració a python.