

DELPHOS
Laboratorio de planificación minera.

ESCUELA DE VERANO
Planificación y operaciones mineras.

EQUIPO A6
DSIM

DARIO GODOY
MARIA ALEJANDRA MOLINA
YEBERSON MORALES
ENRIQUE POBLETE

2021

PARTE A

1. El mejor despacho es el tipo dos, ya que integra el despacho base que permite despachar los camiones basados en un criterio de deficiencia, donde una pala esta atrasada, allí son enviados los camiones en reserva; Además se adiciona el objetivo secundario para tratar de alcanzar la meta secundaria, una vez se logran todos los circuitos, se despachan los camiones para lograr este objetivo.
2. Según las simulaciones realizadas con cada circuito productivo, la cantidad mínima de camiones que maximiza la productividad nominal en t/h es:

Tabla 1:
Cantidad de camiones por pala.

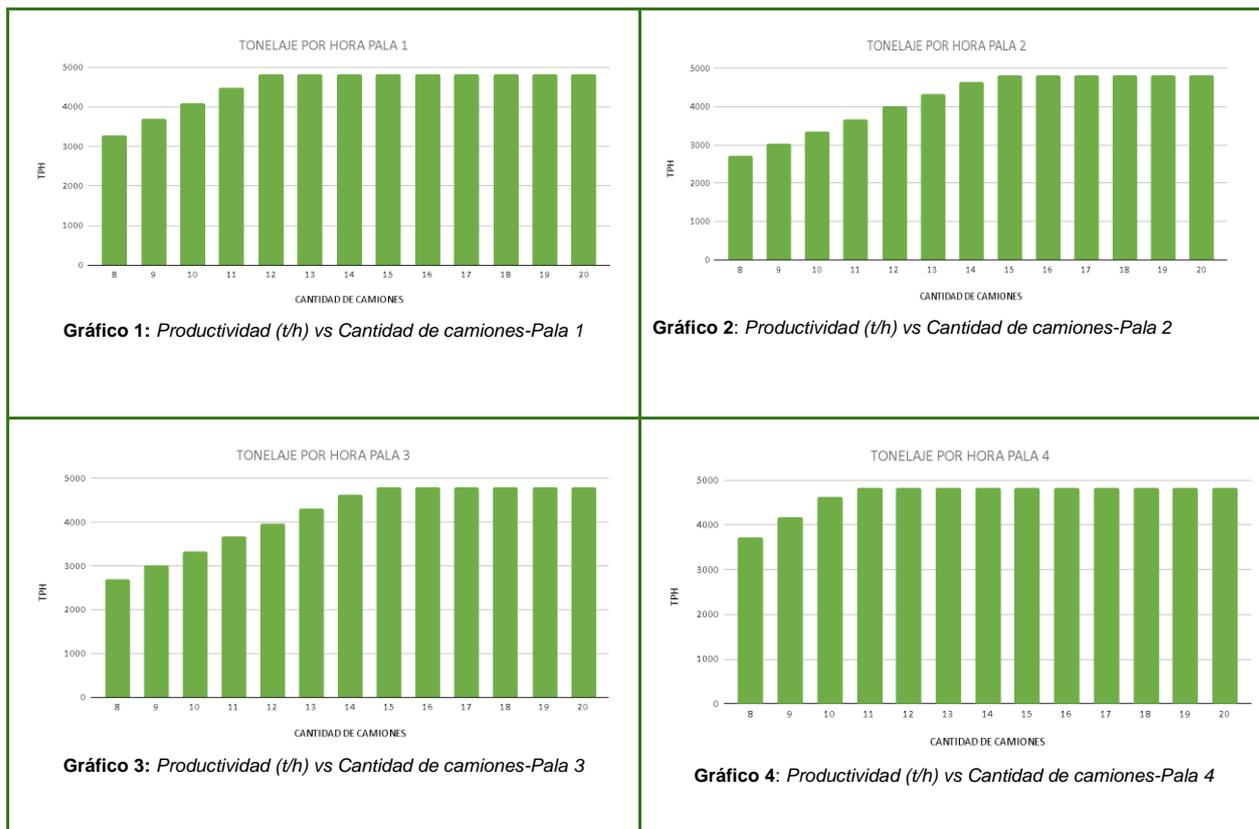
Pala	Cantidad de Camiones
1	12
2	15
3	15
4	11

Esto se observa, pues al simular con una cantidad mayor de camiones para cada pala, se puede observar un estancamiento y persistencia de la capacidad productiva de cada pala.

3. **A.** La productividad en tonelaje por hora , en función a la cantidad de camiones.

En la pala 1 se necesitan 12 camiones para la productividad
 En la pala 2 se necesitan 15 camiones para la productividad
 En la pala 3 se necesitan 15 camiones para la productividad
 En la pala 4 se necesitan 11 camiones para la productividad

En la sección anexos están las tablas con la producción diaria. Con base en estos, se puede ver que la capacidad de las palas no supera las 5000 tph. En el caso particular de las palas 2 y 3 en suma no superarían la capacidad nominal del chancador. Esto conservaría la confiabilidad del modelo.



Como se puede apreciar en los gráficos adjuntos, existe la persistencia de la capacidad productiva de las palas.

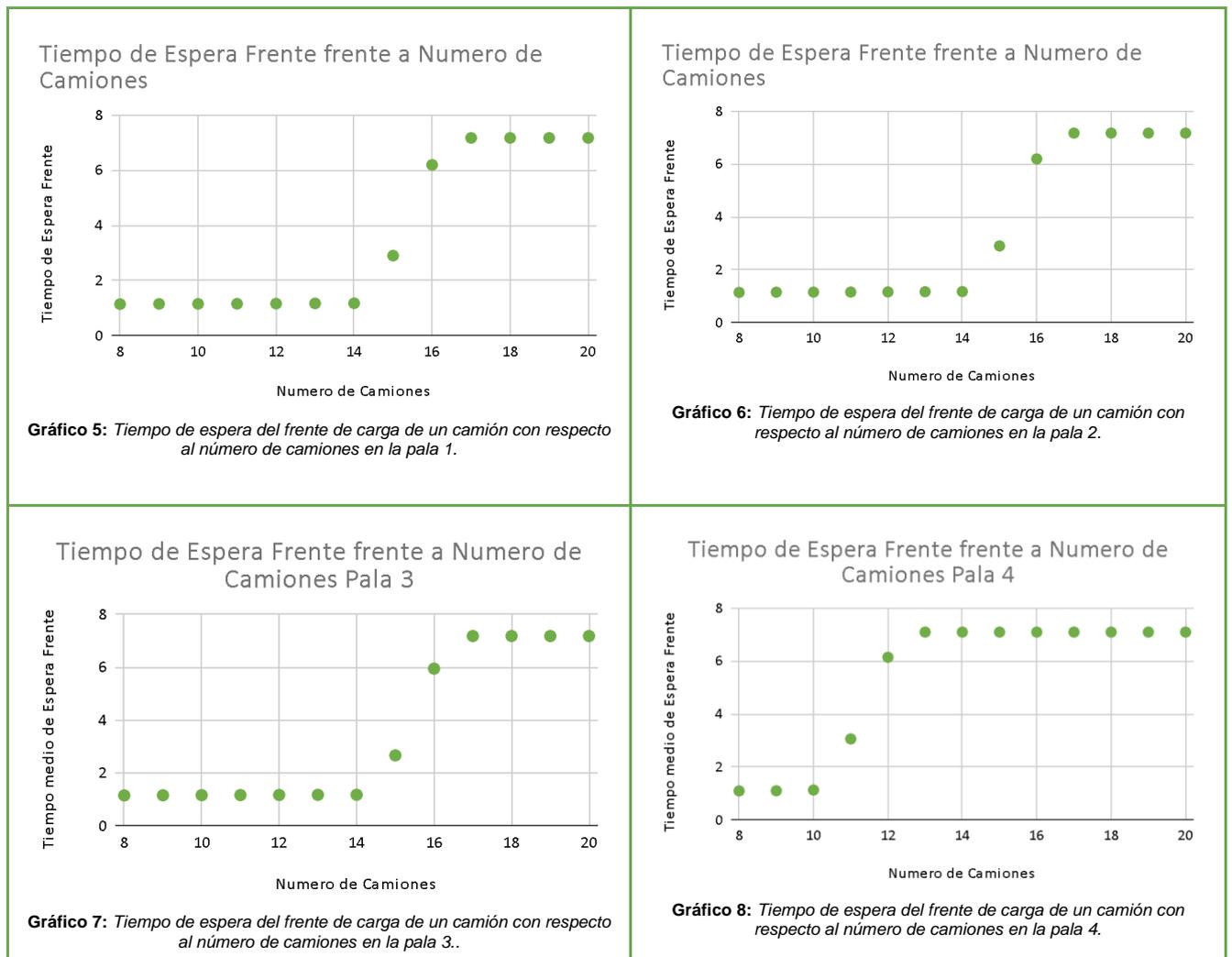
En donde los valores adjuntados en la Tabla 1 que está presente en anexos, son constantes a partir de la saturación del circuito productivo por pala.

B. Suponiendo que la cantidad de camiones que satura el circuito es un equipo por sobre el que maximiza la productividad se tiene que la cantidad de camiones que saturan cada circuito productivo son:

Cantidad de camiones que satura en cada pala.

Pala	Cantidad de Camiones
1	13
2	16
3	16
4	12

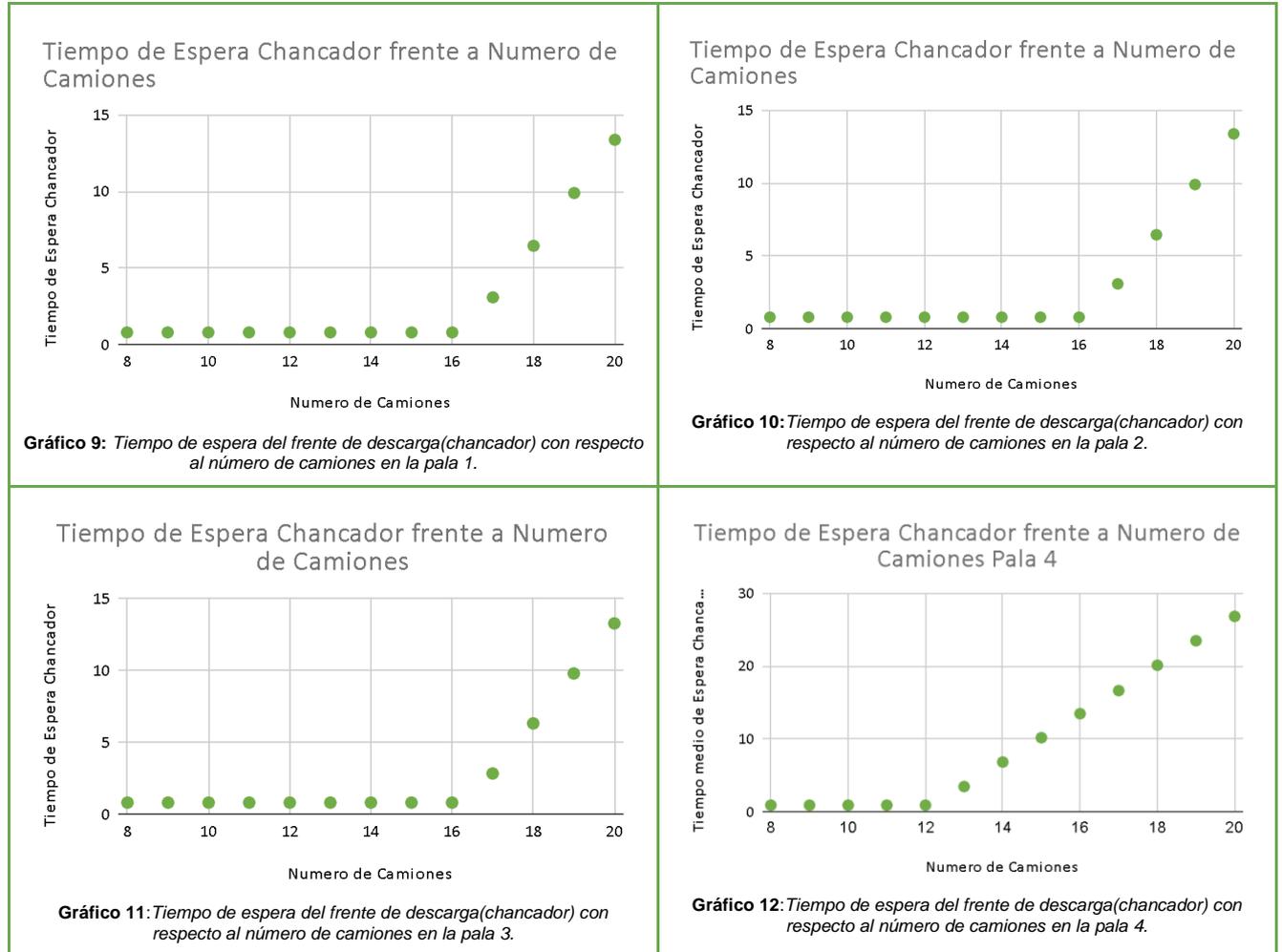
C. Como se puede observar en los gráficos adjuntos, se nota una tendencia de tiempo de espera en el frente de trabajo.



Respecto al Tiempo medio de espera del frente de carga de un camión con respecto al número de camiones, se concluye que es constante en las palas 1, 2 y 3 hasta los

14 camiones, a partir del camión número 15 este tiempo aumenta hasta que se estabiliza nuevamente en el camión número 17, en cuanto a la pala 4 aumenta a partir del camión número 13 y se estabiliza de nuevo en el camión número 15.

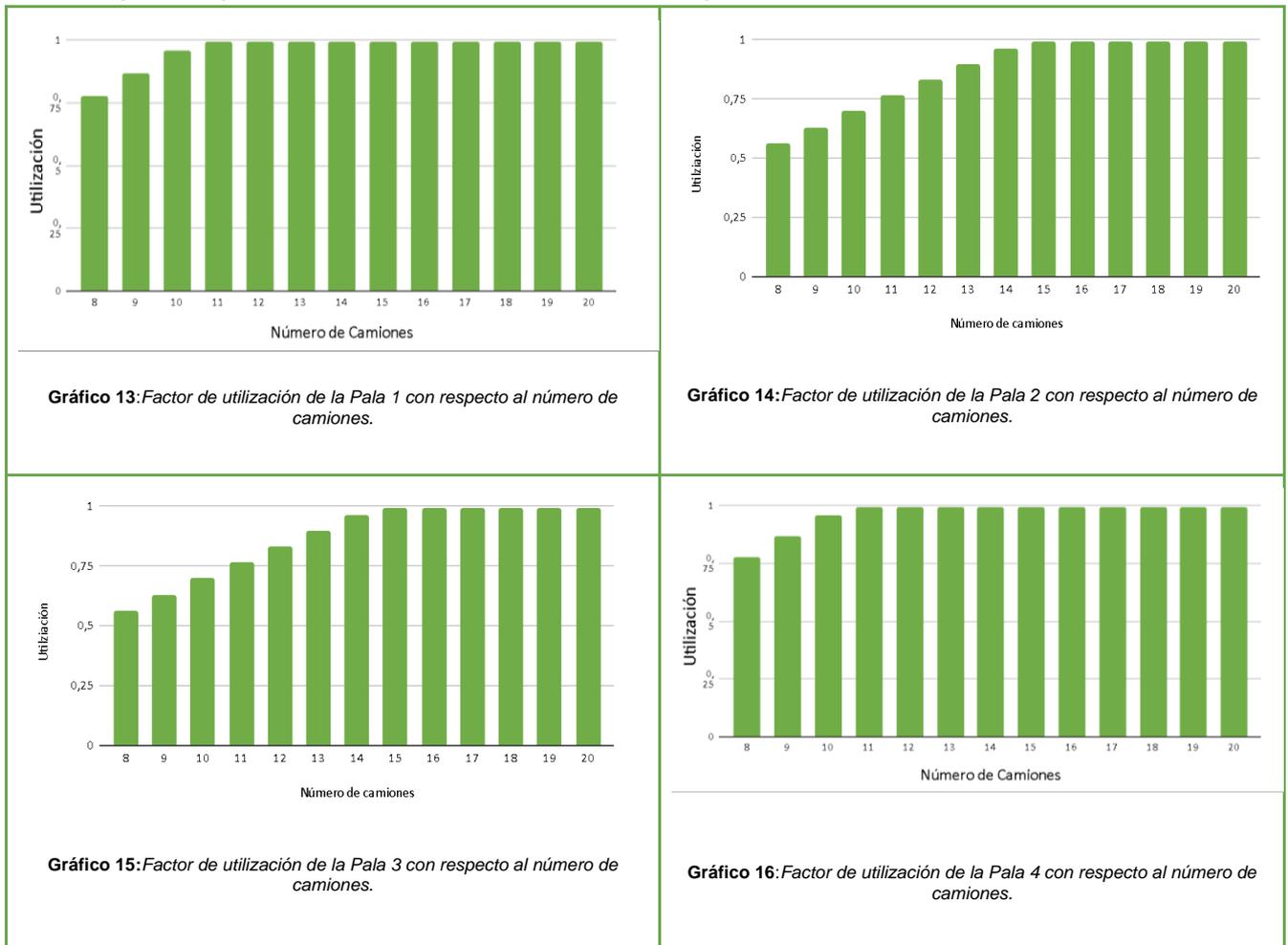
D.



Respecto al tiempo medio de espera del frente de descarga con respecto al número de camiones, se concluye que es constante en las palas 1, 2 y 3 hasta los 16 camiones, a partir del camión número 17, en cuanto a la pala 4 aumenta a partir del camión número 13.

E.

Puesto que se quiere maximizar la utilización de la pala



La utilización de las palas se definirá cuando haya uniformidad en la cantidad de camiones que debemos usar. En el gráfico 13 la pala 1 necesita 11 camiones para poder alcanzar la utilización óptima, en la pala 2 se necesitarán 15 camiones, en la pala 3 se necesitarán también 15 camiones, finalmente en la pala 4 se requerirán 11 camiones para que la pala alcance la saturación.

En donde los valores adjuntados en la Tabla 4 que está presente en anexos, son constantes a partir de la saturación en la utilización de las palas.

F.

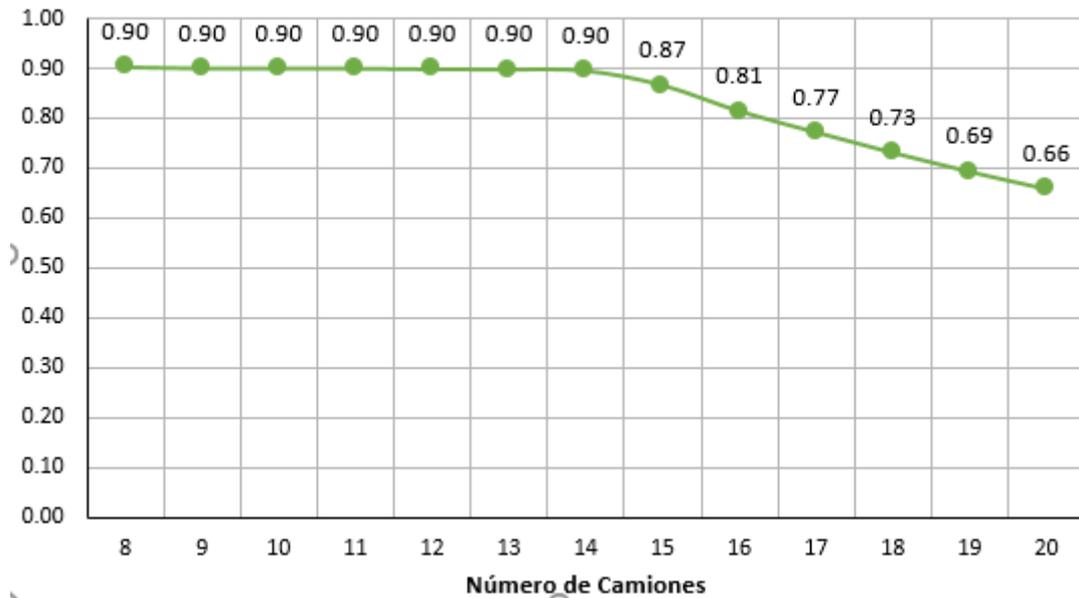


Gráfico 17: Factor de utilización promedio de la flota de camiones con respecto al número de camiones..

La cantidad de camiones que se necesitan son 14 ,porque si sumamos un camión más la utilización bajará a 87 % y si seguimos aumentando más camiones la utilización disminuirá por lo tanto es recomendable los 14 camiones para que tengan mayor utilización que es el 90%.

PARTE B

1

a.

Tabla 3

Tiempo de espera de un camión para cada frente de carga.

Pala	Media de tiempos de espera en frente de carga (minutos)
1	1.75
2	1.66
3	1.96
4	2.80

El tiempo de espera de un camión en el frente de carga en la pala 1 se demora 1.75 minutos ,en la pala 2 se demora 1.66 ,en la pala 3 se demora 1.96 y en la pala 4 se

demora 2.80. La pala 4 es donde más demora existe en cambio en la pala 2 que es la mas optima solo tiene una duración de 1.66 minutos.

Los valores adjuntos en los anexos en la parte B Tabla 6.

b. Calcular la media de tiempo de espera de un camión en Frente de Descarga

Tabla 4

Tiempo de espera de un camión para cada frente de descarga.

Pala	Media de tiempos de espera en frente de descarga (minutos)
1	0.82
2	0.88
3	0.88
4	0.96

El tiempo de espera para poder descargar en el chancador la pala que más se demora es la pala 4 con 0.96 minutos ,sin embargo la pala 1 es la mas optima porque solo se demora 0.82 minutos,podemos concluir que la pala 1 es donde menos tiempo de espera genera.

Los valores adjuntos en los anexos en la parte B Tabla 7.

c. Factor de Utilización de los equipos de carga

Tabla 5

Factor de utilización para cada equipo de carga.

Equipos relacionados a la Pala	Factor de Utilización de los Equipos de Carga
1	0.9954
2	0.9919
3	0.9902
4	0.9895

Los equipos de carga (palas) para poder hacer el cálculo de la utilización se toma el tiempo efectivo que es usado que está en minutos, hacemos una conversión a horas y lo dividimos por todo el día que son 24 horas, en la tabla 5 nos da como promedio que todas las palas son utilizadas al 100% con excepción de la para 4 que si lo redondeamos trabaja al 99%.

Los valores adjuntos en los anexos en la parte B Tabla 8.

d. El factor de utilización promedio de la flota de camiones es 0.87. Completando un total de 20.96 horas trabajadas en una jornada laboral ideal de 24 horas.

2.

La cantidad corregida de camiones se consiguió con base en una serie de simulaciones. Comenzando con el número inicial de camiones obtenido en la parte "A", se observó que para la pala 1 la productividad era idéntica que para el caso ideal, por lo que se propuso no aumentar la cantidad de camiones asociados a esta pala.

Se continuó aumentando la cantidad de camiones en cada frente y se observó que no existía mejora en la productividad de las palas, esto significa que el circuito ya se encontraba saturado, por lo que se prosiguió con una disminución en la cantidad de camiones de cada circuito, para ver si era factible la disminución de la flota total de camiones, ahorrando sus costos asociados.

La configuración inicial de camiones era 12 Camiones para la pala 1, 15 camiones para la pala 2, 15 camiones para la pala 3 y 11 camiones para la pala 4. A esa configuración se le aplicará la notación 12-15-15-11. Se probaron más configuraciones pero la configuración que conservaba el número de camiones original presente en la parte A es la que mejor productividad entregaba.

Tabla 6

Productividad diaria para cada configuración de camiones en diferentes simulaciones.

	PALA_1 [t/día]	PALA_2 [t/día]	PALA_3 [t/día]	PALA_4 [t/día]	Total general [t/día]
Caso Base parte A	115640	115360	115360	115640	462000
12-15-15-11 Caso base Parte B	115640	115080	115080	114800	460600
12-14-14-10	115640	109200	109200	109200	443240
12-14-15-10	115640	108920	114240	114800	453600

Con base en los datos presentados en la tabla 6, se calcula el porcentaje en que se ve afectada la productividad debido a la interacción entre circuitos. Para la pala 1 se mantiene la productividad original, Para la pala 2 se tiene una disminución de un 0.24%, para la pala 3 se tiene una disminución de un 0.24% y para la pala 4 se tiene una disminución de un 0.73%

3.

a. El siguiente gráfico muestra la media de tiempo de espera en cada frente. El frente de carga PALA 1 tiene 12 camiones, PALA 2 tiene 15 camiones, PALA 3 tiene 15 camiones y el frente PALA 4 tiene 11 camiones. Se observa que a pesar de tener la menor cantidad de camiones presentes, el frente de carga PALA 4 es aquél que tiene la mayor media de tiempo de espera.

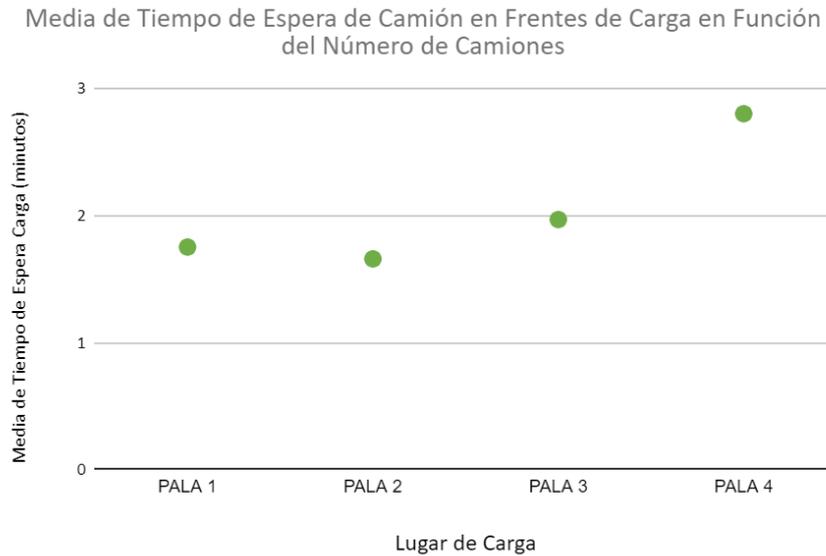


Gráfico 18: *Tiempo de espera de un camión para cada frente de carga.*

b. El tiempo medio de espera de los camiones en cada frente de descarga fue similar en los 3 puntos de descarga, a pesar de que el chancador tiene cerca del doble de camiones destinados que el frente de descarga FD_DumpNO y el frente de descarga FD_DumpSO. La cantidad de camiones asociados a los frentes de descarga son 30 camiones para el chancador, 12 camiones para el botadero noroeste y 11 camiones para el botadero suroeste. El botadero suroeste, a pesar de tener la menor cantidad de camiones, es el que presenta la mayor media de tiempo de espera en descarga.

Media de Tiempo de Espera de Camión en Frente de Descarga en Función del Número de Camiones

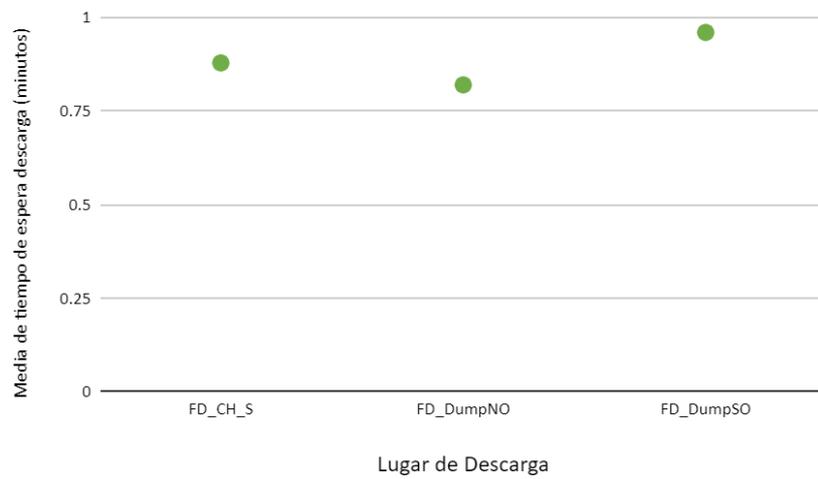


Gráfico 19: Tiempo de espera de un camión para cada frente de descarga.

c. El factor de utilización de las palas es cercano a 1 para todas las palas, esto significa que los camiones efectivamente saturan las palas.

Factor de utilización en función del número de camiones

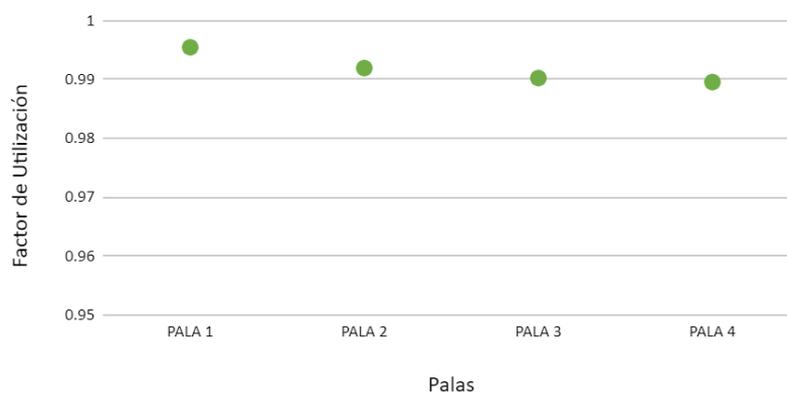


Gráfico 20: Factor de utilización con respecto al número de camiones

d. La utilización de los camiones en función del número de camiones presente en cada circuito se muestra en la siguiente gráfica. Congruentemente con las respuestas a y b de esta sección, la pala 4 es la que al tener mayor cantidad de pérdidas operacionales, tiene el menor factor de utilización.

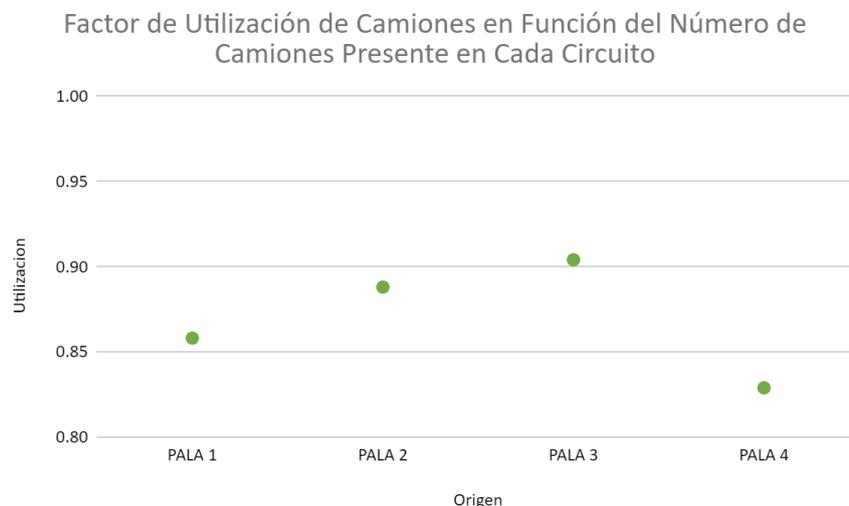


Gráfico 21: Factor de utilización de camiones con respecto al número de camiones

Anexos.

Parte A

Punto 3_A

Tabla 1

Productividad de las palas en toneladas en función al número de camiones.

PRODUCTIVIDAD PALA_1		PRODUCTIVIDAD PALA_2		PRODUCTIVIDAD PALA_3		PRODUCTIVIDAD PALA_4	
CAMIONES	TPD	CAMIONES	TPD	CAMIONES	TPD	CAMIONES	TPD
8	89320	8	64960	8	64680	8	89320
9	100240	9	72800	9	72240	9	100240
10	110880	10	80640	10	80080	10	110880
11	115640	11	88200	11	87920	11	115640
12	115640	12	96040	12	95480	12	115640
13	115640	13	103880	13	103320	13	115640
14	115640	14	111440	14	111160	14	115640
15	115640	15	115360	15	115360	15	115640
16	115640	16	115360	16	115360	16	115640
17	115640	17	115360	17	115360	17	115640
18	115640	18	115360	18	115360	18	115640
19	115640	19	115360	19	115360	19	115640
20	115640	20	115360	20	115360	20	115640

Punto 3_C

Tabla 2

Tiempo de espera de frente de carga de los camiones utilizados.

PALA_1		PALA_2		PALA_3		PALA_4	
Numero de Camiones	Tiempo de Espera Frente	Numero de Camiones	Tiempo de Espera Frente	Numero de Camiones	Tiempo de Espera Frente	Numero de Camiones	Tiempo de Espera Frente
8	0	8	9.148666697	8	9.148666697	8	8.838666695
9	9.148666697	9	10.1566667	9	10.1566667	9	9.846666695
10	10.1566667	10	11.15875003	10	11.15875003	10	10.84875003
11	11.15875003	11	12.16188315	11	12.16188315	11	11.85188314
12	12.16188315	12	13.16641794	12	13.16641794	12	12.85641794
13	13.16641794	13	14.17436467	13	14.17436467	13	13.86436467
14	14.17436467	14	15.17909797	14	15.17909797	14	14.86909797
15	15.17909797	15	17.90353233	15	17.90353233	15	17.59353233
16	17.90353233	16	22.19037321	16	22.19037321	16	21.88037321
17	22.19037321	17	24.16594533	17	24.16594533	17	23.85594533
18	24.16594533	18	25.16594533	18	25.16594533	18	24.85594533
19	25.16594533	19	26.16594533	19	26.16594533	19	25.85594533
20	26.16594533	20	27.16594533	20	27.16594533	20	26.85594533

Punto 3_D

Tabla 3

Tiempo de espera de frente de descarga de los camiones utilizados.

PALA_1		PALA_2		PALA_3		PALA_4	
Numero de Camiones	Tiempo de Espera Chancador	Numero de Camiones	Tiempo de Espera Chancador	Numero de Camiones	Tiempo de Espera Chancador	Numero de Camiones	Tiempo de Espera Chancador
8	8.660000026	8	0.8200000226	8	8.820000023	8	8.660000026
9	9.660000026	9	0.8200000226	9	9.820000023	9	9.660000026
10	10.66000003	10	0.8200000226	10	10.82000002	10	10.66000003
11	11.66000003	11	0.8200000226	11	11.82000002	11	11.66000003
12	12.66000003	12	0.8200000226	12	12.82000002	12	12.66000003
13	13.66000003	13	0.8200000226	13	13.82000002	13	13.66000003
14	14.66000003	14	0.8200000226	14	14.82000002	14	14.66000003
15	15.66000003	15	0.8200000226	15	15.82000002	15	15.66000003
16	16.66000003	16	0.8200000226	16	16.82000002	16	16.66000003
17	19.94387909	17	3.103879088	17	20.10387909	17	19.94387909
18	24.30381303	18	6.463813027	18	24.46381303	18	24.30381303
19	28.74374679	19	9.903746783	19	28.90374678	19	28.74374679
20	33.21434031	20	13.37434031	20	33.37434031	20	33.21434031

Punto 3_E

Tabla 4

Utilización efectivas de de las palas con función al número de camiones .

UTILIZACION PALA_1		UTILIZACION PALA_2		UTILIZACION PALA_3		UTILIZACION PALA_4	
Nº de Camion	Utilizacion efectiva	Nº de Camion	Utilizacion efectiva	Nº de Camion	Utilizacion efectiva	CAMIONES	UTILIZACION
8	68%	8	56%	8	56%	8	77%
9	77%	9	63%	9	63%	9	87%
10	85%	10	70%	10	69%	10	96%
11	93%	11	77%	11	76%	11	100%
12	100%	12	83%	12	83%	12	100%
13	100%	13	90%	13	89%	13	100%
14	100%	14	96%	14	96%	14	100%
15	100%	15	99%	15	99%	15	100%
16	100%	16	99%	16	99%	16	100%
17	100%	17	99%	17	99%	17	100%
18	100%	18	99%	18	99%	18	100%
19	100%	19	99%	19	99%	19	100%
20	100%	20	99%	20	99%	20	100%

Punto 3_F

Tabla 5

Factor de utilización de la flota de camiones en función al número de camiones.

Cantidad de Camiones	Tiempo efectivo	en función del número de
8	21.66	0.90
9	21.60	0.90
10	21.60	0.90
11	21.59	0.90
12	21.56	0.90
13	21.55	0.90
14	21.49	0.90
15	20.78	0.87
16	19.53	0.81
17	18.52	0.77
18	17.53	0.73
19	16.62	0.69
20	15.79	0.66

Parte B

Punto 1_A

Tabla 6

Tiempo de espera de un camión de frente de carga

	Promedio de QueueTime	Promedio de PreparkTime	Promedio de PreparkDelay	Promedio de ParkTime	Promedio de ParkDelay	Promedio de ExitTime	Suma
Pala 1	0	0.330000013	0.073580247	0.330000013	0.708345671	0.310000002	1.75192595
Pala 2	0	0.330000013	0.099351619	0.330000013	0.589202007	0.310000002	1.65855365
Pala 3	0	0.330000013	0.100024998	0.330000013	0.898100001	0.310000002	1.96812503
Pala 4	0	0.330000013	0.066774194	0.330000013	1.764491335	0.310000002	2.80126556

Punto 1_B

Tabla 7

Tiempo de espera de un camión de frente de descarga.

	Promedio de QueueTime	Promedio de PreparkTime	Promedio de PreparkDelay	Promedio de ParkTime	Promedio de ParkDelay	Promedio de ExitTime	Suma
Pala 1	0	0.330000013	0	0.330000013	0	0.159999996	0.82000002
Pala 2	0	0.330000013	0	0.330000013	0.058675914	0.159999996	0.87867594
Pala 3	0	0.330000013	0	0.330000013	0.058675914	0.159999996	0.87867594
Pala 4	0	0.330000013	0	0.330000013	0	0.300000012	0.96000004

Punto 1_C

Tabla 8

utilización de los equipos de carga

	Tiempo efectivo(min)	Tiempo Efectivo (Horas)	Tiempo opertivo	Utilizacion de equipo de carga
Pala 1	1433.403933	23.89006554	24	99.541940%
Pala 2	1428.322363	23.80537272	24	99.189053%
Pala 3	1425.87695	23.76461583	24	99.019233%
Pala 4	1424.897663	23.74829438	24	98.951227%

Punto 3_D

Tabla 9

Factor de utilización promedio de la flota de camiones

Origen	Utilizacion
Pala 1	0.85811053
Pala 2	0.88804814
Pala 3	0.90408426
Pala 4	0.82893623