

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



SIMULACION PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS
EN UNA UNIDAD MINERA

INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

CARLOS ALBERTO CASTRO MANRIQUE

Lima - Perú

2011

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi madre quien me brindó su estímulo y apoyo constante. A mi esposa quien me dio su amor, cariño, comprensión y apoyo moral e intelectual.

AGRADECIMIENTO

Especial agradecimiento al Dr. Alfredo Marín Suárez quien me introdujo en el mundo de la programación, al Dr. John Sturgul por compartir sus conocimientos conmigo y a todas las personas de las que he aprendido a lo largo de mi vida.

A Jorge, mi hermano, por el incondicional apoyo que me brinda.

Al Doctor Víctor García, mi padrino, por haber estado siempre pendiente de mis pasos.

RESUMEN

La Tesina “SIMULACION PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS EN UNA UNIDAD MINERA” realiza un análisis de todos los parámetros que componen el ciclo de carguío y acarreo de una mina superficial, para poder generar un modelo del sistema pala camión para demostrar que la adición de un camión de 240 toneladas de capacidad a este sistema nos genera una disminución en la utilidad.

Así mismo se plantea filtros y modelos para los siguientes parámetros: tiempo de carguío, tiempo de viaje cargado, retroceso de camión, descarga, tiempo de viaje vacío, cuadrado debido a que se podrá trabajar de una manera más ordenada y se evitara introducir data incoherente al programa.

Con el fin de poder generar el modelo del ciclo se usa El Sistema de Simulación de Propósito General o **GPSS** ya que la simulación de un sistema se realiza con dos elementos básicos los cuales son las transacciones y los bloques. Para nuestro caso las transacciones que fluyen a través del sistema representan a los camiones y los bloques representan a las palas, cargadores, botaderos, *pads* y *stock*. En total en el sistema habrá cuatro tipos de camiones, dos tipos de palas, tres tipos de

cargadores y ciento setenta tipos de descargas las cuales se dividirán en sesenta guardias de doce horas cada una.

Una vez creado el modelo se realiza la comprobación mediante una diferencia de la cantidad de toneladas que se movió en una guardia vs la cantidad de toneladas que genera el simulador, con el fin de poder analizar cuál es la distribución de los errores, una vez hecho esto se adicionará un camión a las sesenta guardias para poder analizar si la diferencia entre el costo de minado vs las onzas puestas en el pad (las ventas) aumentan respecto al caso inicial.

Para la elaboración de esta tesina se ha usado de forma adicional la hoja de Microsoft Excel, La programación en Visual Basic direccionada a Excel y Acces y Microsoft Access, debido a la gran cantidad de datos a usar y cálculos que hay que efectuar.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1 SINTAXIS DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN GPSS	3
1.2 BLOQUE GENERATE	4
1.2.1 Generate A, B, C, D, E.....	4
1.3 EL BLOQUE TERMINATE	5
1.3.1 Terminate n	5
1.4 BLOQUE START.....	5
1.4.1 Start n	5
1.5 THE TRANSFER BLOCK.....	6
1.5.1 BLOQUE TRANSFER INCONDICIONAL	6
1.6 BLOQUE ADVANCE.....	7
1.6.1 ADVANCE A, B.....	7
1.7 BLOQUE QUEUE/DEPART	8
1.7.1 BLOQUE QUEUE.....	8
1.7.2 BLOQUE DEPART	10
1.8 LOS BLOQUES SEIZE Y RELEASE	11
1.8.1 BLOQUE SEIZE.....	11
1.8.2 BLOQUE RELEASE.....	12
1.9 FUNCTIONS	13
1.9.1 FUNCIONES DISCRETAS	13
1.9.2 COMO LLAMAR A UNA FUNCIÓN	14
1.9.3 FUNCIONES CONTINUAS	14
1.10 ATRIBUTO NUMÉRICO ESTÁNDAR (SNA)	15
1.11 OTROS SNA.....	17
1.12 EL BLOQUE DE TEST.....	17
1.13 CONSTRUCCIÓN DE FUNCIONES COMUNES EN GPSS	18
1.13.1 DISTRIBUCIÓN NORMAL	18
1.13.2 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL.....	19
1.14 PARÁMETROS.....	19
1.15 EL BLOQUE ASSIGN	21
1.16 FORMA GENERAL DEL BLOQUE ASSIGN	24

1.17 THE TRANSFER FUNCTION MODE	26
1.18 AMPERVARIABLES, THE PUTPIC, PUTSTRING AND LET STATEMENTS	27
1.18.1 AMPERVARIABLES	27
1.19 THE PUTPIC BLOCK.....	29
1.19.1 THE PUTSTRING STATEMENT	30
1.20 THE LET STATEMENT	31
1.21 MATRICES	31
1.21.1 INICIALIZAR UNA MATRIZ	32
1.21.2 EL BLOQUE SPLIT	33
CAPITULO II: SISTEMA PALA CAMION	35
2.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA	35
2.2 FORMULACIÓN DEL MODELO	37
2.2.1 MÓDULO 1 (CREACIÓN DE CAMIONES).....	39
2.2.2 MÓDULO 2 (CAMBIOS DE GUARDIA)	43
2.2.3 MÓDULO 3 (CREACIÓN DE PALAS Y CARGADORES).....	49
2.2.4 MÓDULO 4 (PADS, BOTADEROS, STOCKS).....	58
2.2.5 MÓDULO 5 (DISPONIBILIDAD MECÁNICA, USAGE DE PALAS Y CARGADORES)	68
2.2.6 MÓDULO 6 (DURACIÓN DE LA SIMULACIÓN).....	71
CAPITULO III: PROBLEMÁTICA	74
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	74
3.2 SUPUESTOS	74
3.3 RESTRICCIONES	75
3.4 PROGRAMACIÓN	76
CAPITULO IV: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	85
4.1 LÍMITES	85
4.1.1 FILTROS TIEMPO CARGANDO.....	86
4.1.2 FILTROS DE TIEMPO DE ACARREO.....	93
4.1.3 FILTROS DE RETROCESO EN LA DESCARGA.....	98
4.1.4 FILTROS DE TIEMPO DESCARGA.....	100
4.1.5 FILTROS DE TIEMPO DE VIAJE VACIO	104
4.1.6 FILTROS DE TIEMPO DE CUADRADO	105
CAPITULO V: VALIDACION	108
5.1 ARCHIVOS OBTENIDOS EN CADA SIMULACIÓN.....	108
5.2 DATO SIMULADO VS DATO REAL.....	113
5.3 VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE CAMIONES.....	118
CAPITULO VI: ANIMACION	121
6.1 VISUALIZACIÓN DEL MODELO	121
6.2 ANIMACIÓN DE TODO EL CICLO DE MINADO.....	122
6.3 ANIMACIÓN DEL CAMBIO DE GUARDIA.....	123
6.4 ANIMACIÓN DEL CARGUÍO DE CAMIONES	124
6.5 ANIMACIÓN DEL VIAJE CARGADO	124

6.6 ANIMACIÓN DE LA DESCARGA Y CUADRADO.....	125
6.7 ANIMACIÓN DEL VIAJE VACIO	125
VII CONCLUSIONES.....	126
VIII RECOMENDACIONES	127
IX BIBLIOGRAFÍA	128
X ANEXOS	130
ANEXO 1	131
ANEXO 2.....	132
ANEXO 3.....	135
ANEXO 4.....	136
ANEXO 5.....	137

INTRODUCCIÓN

Para realizar el presente trabajo se tomaron datos de tiempos de carguío, acarreo, retroceso en descargas, tiempo de descarga, tiempo de viaje vacío, tiempo de cuadrado. Debido a la gran cantidad de datos con que se cuenta la metodología planteada para el análisis es la siguiente, procedemos a separar la información por cada tipo de camión (cuatro tipos en nuestro caso) y por cada fracción del ciclo de carguío, adicional a esto la ordenamos mediante el uso de Histogramas de manera que podemos observar la naturaleza de la población (distribución de probabilidad y sus parámetros). Así por ejemplo podemos comprobar que la distribución de tiempos de carguío para el camión 793B sigue una distribución normal así también la distribución de los tiempos de retroceso para los cuatro tipos de camiones sigue una distribución de log normal.

Una vez que podamos tener todos los histogramas correspondiente se plantean límites para la información que se tiene, ya que esta tiene errores asociados a la toma de datos, así por ejemplo un tiempo de carguío de 10 minutos no puede ser aceptado en el análisis y debe ser desechado.

Teniendo la información procesada y filtrada se la introduce en el modelo del ciclo de carguío y acarreo de este modelo y así podemos obtener la cantidad de toneladas que se mueve por guardia la cual comparamos con la cantidad real de toneladas que se han movido, obteniendo un error estadístico y la distribución, si el error sigue una distribución normal, el modelo es confiable. Para responder al objetivo principal del presente trabajo, incrementamos la flota en un camión de 234 toneladas y vemos cual ha sido la variación de la ganancia Bruta.

Probar que el aumento de un camión de 234 toneladas en el sistema pala camión genera una disminución de la utilidad bruta.

Modelar el sistema de carguío y acarreo para una operación de tajo abierto usando el *GPSS*.

Validar el modelo, brindar una metodología para poder describir el sistema pala camión, construir teorías y usar el modelo para poder predecir el comportamiento futuro.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 SINTAXIS DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN GPSS

Una típica línea de código en GPSS tiene cuatro partes. Las cuáles son las siguientes: Etiqueta (Label), Operación (Operation), Operando (Operand), Comentario (Comment). La posición de cada uno es como sigue:

```
123456789012345678901234567890  
(label) (Operation)(Operand) Comment
```

El número “1” se refiere a la posición uno en una línea, el siguiente “1” sería la posición 11. La parte “Label” empieza en la posición 2, normalmente la posición 1 se deja en blanco, la parte “Operation” empieza en la posición 11, la parte “Operand” empieza en la posición 23, la parte “Comment” puede ir un espacio después de la parte Operand.

Ejemplo de código:

UPTOP QUEUE WAIT

UPTOP es la etiqueta la U esta tapeada en la posicion 2;

QUEUE es la operación y la letra “Q” está en la posición 11;

WAIT es el operando y W está en la posición 23.

El resto de la línea es considerado como un comentario e ignorado por el programa.

La letra “C” en la palabra “Customer” puede estar en cualquier espacio siempre que haya por lo menos un espacio después del operando para este caso “Wait”.

1.2 BLOQUE GENERATE

Este bloque genera "transacciones" que se mueven a través de un bloque a otro bloque.

Las transacciones son creadas por el bloque GENERATE. Este bloque puede tener nueve operandos.

1.2.1 Generate A, B, C, D, E

Donde A es un entero positivo y puede ser una variable. El operando A da el tiempo en el cual la transacción será creada:

B puede ser una variable, pero debe ser un entero positive, la expresión superior generara una transacción en un tiempo T el cual deberá estar dentro del intervalo $A \pm B$, teniendo cada tiempo una probabilidad igual de ocurrencia.

El operando C es llamado offset, lo que significa que ninguna transacción entrara al sistema hasta que pase un tiempo de C unidades.

El operando D indica el máximo número de transacciones que pueden ser generadas.

El operando E es el llamado prioridad, cuando es usado a la transacción se le da un prioridad específica, si este operando es omitido, el nivel de prioridad es cero por defecto.

El nivel de prioridad es un entero que puede tomar un valor desde -2,147,483,632 hasta +2,147,483,632. En la práctica solo pocas prioridades son necesarias.

1.3 EL BLOQUE TERMINATE

En la mayoría de simulaciones una transacción debe dejar el sistema, esto se hace mediante el bloque TERMINARE.

1.3.1 Terminate n

Donde n es un número positivo incluyendo el 0. Si n es omitido este toma el valor de cero. Cada vez que una transacción entra a este bloque es removida del sistema. Solo una transacción a la vez entra al bloque TERMINATE.

1.4 BLOQUE START

Cada programa en GPSS necesita una sentencia START, a continuación se presenta su sintaxis:

1.4.1 Start n

Donde n debe ser un entero positivo. El numero n es un contador para controlar el funcionamiento del programa. Mientras el programa está siendo

ejecutado el parámetro n está siendo reducido, cuando este se vuelva cero o negativo el programa será finalizado.

1.5 THE TRANSFER BLOCK

Una transacción se moverá normalmente de un bloque a otro de una manera secuencial. Es posible tener una transacción que se mueva de una manera no secuencial esto se puede lograr gracias al bloque TRANSFER.

1.5.1 BLOQUE TRANSFER INCONDICIONAL

Su sintaxis es la siguiente:

TRANSFER, (Label)

El (Label) es la etiqueta de un bloque. Un ejemplo de ello es:

1.5.1.1 TRANSFER , DOWN

La coma antes de la etiqueta del bloque donde la operación se va a dirigir es esencial. Cuando una transacción entra en el bloque TRANSFER es enviada inmediatamente al bloque con la etiqueta dada por su operando. Si el bloque no puede admitir la transacción, esta espera en el bloque TRANSFER.

1.5.1.2 CASO II EL BLOQUE TRANSFER CONDICIONAL

La forma de este es:

TRANSFER .xyz,block1,block2

Donde xyz es un decimal de no más de tres dígitos (pueden ser menos), los bloques block1 y block2 son etiquetas, el block1 es opcional.

Ejemplo

1.5.1.3 TRANSFER .333,DOWN,OUT

El 33% del tiempo la transacción es enviado al bloque con la etiqueta OUT. El resto de 67% del tiempo de la transacción se envía al bloque con la etiqueta DOWN.

1.6 BLOQUE ADVANCE

El bloque ADVANCE se utiliza para retener una transacción, esto es usado para representar el tiempo que toma un proceso o un viaje. El bloque tiene dos operandos los cuales son los siguientes:

1.6.1 ADVANCE A, B

Donde A y B pueden ser números enteros positivos o variables. El tiempo el cual la transacción será retenida se encuentra en el intervalo $A - B$ y $A + B$. Cada tiempo tendrá la misma probabilidad de ocurrencia. Ejemplo:

ADVANCE 12, 3

Retiene una transacción por un tiempo que se encuentre en el intervalo de 9,0001 y 14,9999 haya transcurrido. Cada uno de los tiempos posibles puede ocurrir con igual probabilidad.

Cuando la transacción entra un bloque ADVANCE sale de la cadena de eventos y se pone en una cadena conocida como la cadena de futuros eventos o FEC. Permanecerá ahí hasta que llegue el tiempo dado por el operando bloque ADVANCE. Entonces es puesta en la cadena de eventos actuales para seguir avanzando a través del sistema.

1.7 BLOQUE QUEUE/DEPART

1.7.1 BLOQUE QUEUE

Hay muchos casos donde se le niega el acceso de una transacción a un bloque durante una simulación. Cuando una transacción usa una instalación que ya está en uso, se le niega la entrada y tiene que permanecer en el bloque donde en ese momento se encuentra. Esta situación de cola se maneja en GPSS con el bloque QUEUE. La forma normal del bloque QUEUE es bastante simple. Este es QUEUE A.

Donde el operando A es un nombre (por lo menos tres letras de no más de 5 caracteres en formato fijo y 8 caracteres en formato libre) o un número. También puede ser una variable, como vamos a aprender. Por lo tanto:

QUEUE 1

QUEUE ONE

QUEUE STOPHERE

Son ejemplos de bloques QUEUE validos pero

QUEUE -1

QUEUE LASTONEIN

Cada vez que el bloque QUEUE se usa, automáticamente se imprimen ciertas estadísticas. Suponiendo que el bloque QUEUE fue especificado por el operando WAIT. La salida del programa podría ser la siguiente:

CUADRO N° 1. Estadística que es generada por un bloque queue

QUEUE	MAXIMUM CONTENTS	AVERAGE CONTENTS	TOTAL ENTRIES	ZERO ENTRIES	
WAIT	3	0.312	264	90	
	PERCENT ZEROS	AVERAGE TIME/UNIT	\$AVERAGE TIME/UNIT	QTABLE	CURRENT CONTENTS
	34.1	5.665	8.596		0

Fuente Capitulo 12. Curso de simulación del profesor Jhon Sturgul.

Lo anterior es una muestra de cómo es reportada una cola al final de la simulación. El significado de cada entrada es el siguiente:

CUADRO N° 2. Definición de parámetros del bloque queue

QUEUE WAIT	Este es el nombre de la cola según lo especificado por el operando A
MAXIMUM CONTENTS	El contenido máximo de la cola en cualquier momento durante la simulación fue de 3
AVERAGE CONTENTS	En cualquier momento durante la simulación el contenido medio en la cola era 0.312
TOTAL ENTRIES	El número de transacciones que entraron en el bloque fue de 264
ZERO ENTRIES	De las 264 transacciones que entraron en el bloque QUEUE 90 no hicieron cola.
PERCENT ZEROS	El cociente $90/264$.
AVERAGE TIME/UNIT	Para todas las operaciones que ingresaron al bloque QUEUE, este es el tiempo promedio en el bloque.
\$AVERAGE TIME/UNIT	Este es el promedio de tiempo en el bloque QUEUE solo para las operaciones que hicieron cola y se mantienen en este.
QTABLE	Después veremos cómo construir histogramas de varios parámetros asociados a la simulación. Uno de estos es llamado QTABLE. Si uno ha sido usado en la simulación su nombre estaría aquí.
CURRENT CONTENTS	El contenido del bloque QUEUE al final de la simulación.

Fuente Capitulo 12. Curso de simulación del profesor Jhon Sturgul.

Los ítems anteriores son todos atributos asociados con tener un bloque QUEUE.

1.7.2 BLOQUE DEPART

Si una transacción se encuentra en un bloque QUEUE, esta finalmente puede dejar este bloque. Esto es hecho por el bloque DEPART. Este es usado como el gemelo del bloque QUEUE y tiene el mismo operando. Por lo tanto, al referirse a los ejemplos del bloque QUEUE, lo siguiente podría ser lo correspondiente al bloque DEPART.

DEPART 1

DEPART ONE

DEPART STOPHERE

El bloque DEPART puede no estar inmediatamente después del bloque QUEUE pero debe aparecer en el programa (si este estaría inmediatamente después del bloque QUEUE, el bloque QUEUE puede dar estadísticas de poco significado como las transacciones podrían entrar y salir inmediatamente de ambos bloques). Este usualmente aparece después de uno u otros dos bloques. Estos otros bloques son los únicos que por una u otra razón, causa la formación de una cola. Al igual que con el bloque de QUEUE, es posible tener un segundo operando.

1.8 LOS BLOQUES SEIZE Y RELEASE

1.8.1 BLOQUE SEIZE

En GPSS un servidor único es llamado "facility". Para poder usar una facilidad (facility) se tiene que usar el bloque SEIZE, su forma es la siguiente:

SEIZE A

Donde el operando A es generalmente un número o nombre, pero puede ser una variable. Por lo tanto,

SEIZE 1

SEIZE XXX

Cada vez que el bloque SEIZE es utilizado, ciertas estadísticas son impresas automáticamente, desde que una instalación (facility) puede ser usada por una sola transacción a la vez, si una transacción desea utilizarla, debe esperar en el bloque anterior hasta que la instalación (facility) este libre. Por ejemplo, considérese los bloques:

GENERATE 10

QUEUE WAIT

SEIZE JOE

DEPART WAIT

ADVANCE 25

Acá una transacción se genera en $t=10$. Esta es movida al bloque QUEUE e inmediatamente intenta usar la instalación JOE. Desde que JOE no está siendo usada, este entra al bloque ADVANCE donde se pone en la cadena de futuros eventos hasta el tiempo $t=35$ ($10+25$). Una segunda transacción es generada en el tiempo 20. Esta entra al bloque QUEUE WAIT e intenta entrar al bloque SEIZE JOE. Como no puede ingresar esta espera en el bloque QUEUE hasta que el bloque JOE este libre.

1.8.2 BLOQUE RELEASE

Para poder liberar la instalación (facility) se hace uso del bloque RELEASE, el cual tiene el mismo operando que el bloque SEIZE algunas formas son:

RELEASE 1

RELEASE XXX

1.9 FUNCTIONS

1.9.1 FUNCIONES DISCRETAS

La manera de hacer referencia a funciones discretas en GPSS se da a continuación. En primer lugar, la función debe ser definida por medio de la instrucción FUNCTION. Esto debe ser hecho antes de que sea referenciado. La primera línea de la definición de la función podría ser de la siguiente manera:

```
(label) FUNCTION RN1,Dn
```

Donde (label) es el nombre o número de la función, este será usado para referenciar la función. RN1 es un número aleatorio el cual servirá de entrada para la función referenciada, este número se Dn es la letra D seguida de un entero, este número nos indica la cantidad de pares ordenados que tiene la función.

EJEMPLO

```
SALLY FUNCTION RN1,D3
```

```
.1,5/.6,8/1,10
```

La función tiene como etiqueta "SALLY", tiene tres pares ordenados, y nos puede devolver tres valores los cuales son los siguientes: 5, 8 o 10 y no otros valores. Si el número aleatorio que se genera está entre .000000 y .100000, el número devuelto es 5; si está entre 0.100001 a .600000, el número devuelto es 8; si el número está entre .600001 a .999999 el número devuelto es 10.

1.9.2 COMO LLAMAR A UNA FUNCIÓN

Para poder hacer referencia a una función en GPSS se antepone la letra FN seguido por paréntesis "(", el nombre de la función y el paréntesis ")". Por ejemplo

ADVANCE FN(TIME).

1.9.3 FUNCIONES CONTINUAS

Una función continua se define y referencia de la misma manera que una función discreta. En el caso de las funciones discretas, sólo un número finito de valores son devueltos, lo cual es especificado por la letra "D". Para las funciones continuas se devuelve un valor que puede ser considerado como un decimal dentro del rango especificado, i. e., si el rango es de 4 a 7, cualquier valor posible de 4,000000 a 7,000000 pueden ser devueltos.

Los pares que dan los rangos deben ser ordenados y el número de estos pares es dado por la n en "Cn". Una en forma de una función continua podría ser la siguiente:

TEST2 FUNCTION RN1,C3

0,1/.7,4/1,5

Si el número aleatorio es 0,3000000, El valor de la función será 2.285714, que se obtiene mediante una interpolación lineal de (0,1) y (.7,4). Debido a que el número aleatorio se encuentra entre 0.000000 a .999999, la función no podrá tomar el valor de 5.

1.10 ATRIBUTO NUMÉRICO ESTÁNDAR (SNA)

Cada vez que una transacción se encuentra con un determinado bloque como una QUEUE, ENTER o SEIZE bloque, algunas estadísticas se recopilan y mantienen listas para imprimir al final del programa. Estos son conocidos como atributos numéricos estándar (SNA) y puede ser utilizado por el programador en otros bloques cuando el programa está siendo ejecutado. Cuando el QUEUE, SEIZE y ENTER bloques fueron introducidos, los distintos SNA asociados con ellos también se introdujeron, pero no son utilizados en este punto. Hay, sin embargo, muchos usos para ellos y estos se harán evidentes a medida que más bloques GPSS se presentan. Por ejemplo, la longitud del QUEUE se puede utilizar para ver si una transacción entra en QUEUE o no, una instalación o está en uso o en espera. Esto se denota por un 1 o un 0. Si una instalación está siendo utilizada, una transacción puede ser enviada a un bloque diferente. Como otra instalación es utilizada por más y más transacciones, la velocidad a la que opera puede disminuir. Para ilustrar lo que algunas de las SNA son, tenga en cuenta una parte de un programa que tiene una cola, una planta y un almacén de la siguiente manera. El programa tiene que ver con los autos que llegan por el servicio de menor importancia en un taller que tiene tres áreas de servicio. La tasa de llegada es un auto cada 100 ± 23 segundos. Los autos son inspeccionados primero por un solo inspector que tarda 50 ± 6 segundos para inspeccionar los autos. Las reparaciones menores se llevan a cabo en sólo 25 ± 7 segundos.

CUADRO N° 3. Ejemplo de programa con SNA.

	SIMULATE		
	STORAGE	S(REPAIR),3	Tres bahías de servicio
	GENERATE	100,23	Carros vienen a ser reparados
FIRST	QUEUE	LINE	Cola para inspección
	SEIZE	BILL	Bill es el inspector
	DEPART	LINE	Deja la cola
	ADVANCE	50,6	Bill hace la inspección
	RELEASE	BILL	
SECND	ENTER	REPAIR	las tres bahías están disponibles
THIRD	ADVANCE	25,7	Siguiente servicio
	LEAVE	REPAIR	sale de la estación

Fuente Capitulo 12. Curso de simulación del profesor Jhon Sturgul

Supongamos que el programa está en el proceso de ejecución de modo que todos los distintos bloques tienen estadísticas asociadas con ellos. La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de SNA.

CUADRO N° 4. Ejemplos de SNA

Name	Example	Significado
Q(name)	Q(LINE)	Contenido actual de la cola, puede ser 3 carros esperando a Bill
QA(name)	QA(LINE)	Longitud promedio de cola
F(name)	F(BILL)	La facilidad está ocupada, si es 0 está libre
FC(name)	FC(BILL)	número de veces que la facilidad ha sido usada
R(name)	R(REPAR)	capacidad ociosa de la facilidad, si un carro es atendido entonces $R=2 (3-1)$
S(name)	S(REPAR)	Contenido actual de la facilidad, podría ser uno

Fuente Capitulo 12. Curso de simulación del profesor Jhon Sturgul.

1.11 OTROS SNA

W (FIRST) - es el número de transacciones actuales en el bloque con et etiqueta FIRST.

N (SECND) - es el número total de transacciones que han entrado en el bloque con la etiqueta SECND.

C1 - es el reloj relativo.

AC1 - es el reloj absoluto.

TG1 - es el valor actual del contador de terminación.

1.12 EL BLOQUE DE TEST

Podemos utilizar el bloque TEST para dirigir una transacción de un bloque u otro dependiendo de algunos aspectos del sistema. La sintaxis es la siguiente:

TEST R A, B

Donde R es el operando condicional que puede tomar una de las siguientes letras:

CUADRO N° 5 Valores que puede tomar el operando R.

Símbolo	Significado
L	Menos que
LE	Menos que o igual
E	igual
NE	diferente
G	mas grande que
GE	mas grande que o igual

Fuente: Capitulo 12. Curso de simulación del profesor Jhon Sturgul.

Un ejemplo de cómo usar el bloque test es el siguiente:

```
TEST E N(BLOCKA),N(BLOCKB)
```

La transacción permanecerá retenida hasta que la cantidad total de transacciones del bloque BLOCKA sea igual a la cantidad total de transacciones que han entrado en el bloque BLOCKB.

1.13 CONSTRUCCIÓN DE FUNCIONES COMUNES EN GPSS

Mediante el uso de aproximaciones lineales, es posible aproximar cualquier función continua. Hay una gran cantidad de funciones que son usadas en la simulación a continuación se explica su sintaxis.

1.13.1 DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución normal está completamente definida por la media y desviación estándar. La sintaxis que se utiliza en GPSS es la siguiente:

```
RVNORM( random no. Stream, mean, std.)
```

Donde *random no. stream* se refiere al número de números aleatorios que se genera como entrada para la función. Mean y std son la media y la desviación estándar de la distribución normal

Ejemplo:

```
ADVANCE RVNORM (1,20,2.3)
```

La transacción es retenida y es enviada a la cadena de eventos futuros, un tiempo que se obtiene del muestreo de la distribución normal con media de 20 y desviación estándar 2,3.

1.13.2 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL

Genera valores con una distribución log normal. El formato es el siguiente:

RVLNOR(random no. Stream, mean,var)

Donde *random no. stream* se refiere al número de números aleatorios que se genera como entrada para la función. Mean y var son la media y la varianza de la distribución log normal. Ambos la media y la varianza son números positivos y números reales. Ejemplo:

RVLNOR(4,8.5,2.0)

1.14 PARÁMETROS

Cuando cada transacción viaja de un bloque a otro bloque lleva consigo muchas cosas. Hay formas para hacer a cada transacción diferente una de otra. La forma de hacerlo está dada a continuación.

Cada transacción posee una serie de objetos abstractos conocidos como parámetros. Estos son llevados con la transacción cuando ésta se mueve a través de la simulación además cada parámetro puede ser modificado durante el transcurso del programa. Los valores de éstos no son normalmente una parte del reporte de salida pero pueden ser usados durante el programa por el programador.

Al igual que las transacciones pueden ser vistas conceptualmente como “gente”, es posible imaginarse a los parámetros como bolsillos en los pantalones de la gente. Usted puede poner números dentro de los bolsillos para distinguir entre las transacciones. Cada bolsillo tiene un número desde 1 hasta 100. Usted puede dar al bolsillo número 12 el valor 4, bolsillo número 7 el valor -234, etc. Cómo hacer esto será explicado a continuación.

Cada transacción puede tener 4 tipos diferentes de parámetros. Puede haber hasta 100 parámetros por cada tipo, aunque es raro que uno use más de unos cuantos en un programa típico. Los parámetros pueden ser imaginados como una colección de SNA pertenecientes a la transacción. Esos parámetros son normalmente números, aunque uno puede también dar nombres. Para la mayoría de nuestros propósitos, ellos serán utilizados solamente como números. Los diferentes tipos de parámetros en GPSS/H son:

Half Word parámetros, este puede ser un número que se extiende desde -32,768 a +32,767. Estos deben ser enteros.

Full Word parámetros, este puede variar desde -2^{31} a $+2^{31}-1$. son también enteros.

Bit Word parámetros, esto puede variar solamente desde -128 a +127. $(-2^7$ a $+2^7 - 1)$. Estos, también, son enteros.

Finalmente, **Flotating point** o punto flotante. El tamaño de estos son dependientes de la máquina pero pueden ser tan grandes (o pequeños) como $\pm 10^{35}$.

Inicialmente, a toda transacción se le asignada 12 parámetros de media palabra (Half Word) por defecto. De este modo, aunque no lo sabemos, todas nuestras

operaciones tienen a lo mucho 12 de esos parámetros de media palabra. El número de parámetros puede aumentar o disminuir en el Bloque GENERATE de la posición F a la I. Los parámetros tipo Half Word son señalados por mPF, parámetros Bit Word por iPB y los parámetros de punto flotante o *Flotating point* por jPL.

Algunos ejemplos de estos son:

```
GENERATE 100,3,,,,3PH,4PF,5PB,6PL
```

Cada transacción generada tiene 3 parámetros *Half Word*, 4 parámetros *Full Word*, 5 parámetros *Bit Word* y 6 *Flotating point*.

Es importante recordar que una vez que usted especifique los tipos de parámetros y números vía los operandos H-K del Bloque GENERATE, usted ya no tendrá los 12 parámetros del tipo *Half Word* por defecto.

El siguiente ejemplo:

```
GENERATE ,,1,,1PL
```

Genera una sola transacción con solo 1 parámetro de punto flotante y ningún parámetros tipo *Half Word*.

1.15 EL BLOQUE ASSIGN

Inicialmente los valores de todos los Parámetros son cero. El valor del Parámetro de una operación puede ser modificado vía el Bloque ASSIGN del modo siguiente:

ASSIGN (número de parámetro), SNA, tipo de parámetro.

Donde el “número de parámetro” es el número del parámetro tal como 1, 6, 8, etc.

Este puede ser una variable.

SNA es el valor del parámetro a ser dado.

Tipo de parámetro es cualquier PH o PF por cada parámetro tipo *Full Word*. Esto puede ser omitido para ciertos casos. Por ejemplo, si a la transacción le otorgamos solamente 12 parámetros de *Half Word*, por defecto, sería posible omitir el tipo de parámetro.

De este modo, cuando una operación deja el bloque.

ASSIGN 1, 5, PH

El parámetro 1 tendrá el valor de 5

VALUE FUNCTION RN1,D3

.2,4/.5,7/1,8

GENERATE ,,1

ASSIGN 2,FN(VALUE),PH

20% del tiempo el segundo parámetro de la transacción tendrá el valor de 4; 30% el valor de 7 y el resto el valor de 8. Dado que los operandos del Bloque ASSIGN ser pueden SNA, es posible tener lo siguiente:

ASSIGN PH1,3,PH

Ahora lo que pase depende del valor en el parámetro 1 de la transacción. Si es 4, entonces el parámetro 4 tendrá el valor de 3.

```
TIMES GENERATE ,,5
```

```
ASSIGN 1,N(TIMES),PH
```

5 transacciones son creadas. La primera tendrá un 1 en el parámetro 1, la segunda un 2, la tercera un 3, etc. Este es un método para generar un número de operaciones con un solo GENERATE block y tener una secuencia de números en el parámetro 1.

```
ASSIGN TOM,10,PH
```

Cuando la consulta al parámetro llamado TOM es realizada, ella está hecha como sigue:

```
ADVANCE PH(TOM)
```

La operación será colocada en la cadena de eventos futuros por un tiempo de 10 dado que el valor del parámetro TOM es 10. La preferencia aquí es usar los parámetros otorgados por números en lugar del nombre. Puesto que los parámetros son SNA, ellos pueden ser usados como operandos. Por ejemplo, considere las siguientes líneas de código.

```
ENTER TUGS,PB1
```

La transacción ingresara al almacenamiento TUGS y usará un almacenaje igual al señalado por su primer *Bit Word* parámetro.

Adicionalmente, considere lo siguiente:

TIMES FUNCTION PH1,D4

1,100/2,125/3,150/4,175

Ahora cuando una operación ingresa al bloque:

ADVANCE FN(TIMES)

Será puesta en la cadena de eventos futuros por un tiempo de 100, 125, 150 o 175 unidades dependiendo del valor de su primer parámetro tipo *Half Word*,

El Bloque ASSIGN en Modo Aumento/Disminución

Puede añadir al (o restar del) valor de un parámetro colocando más (o menos) antes de la primera coma en los operandos:

ASSIGN 4+,5,PH

Esto tomará el valor en el parámetro 4 y le sumara 5.

ASSIGN 3-,6,PH

Esta operación estará 6 al valor del operando 3.

1.16 FORMA GENERAL DEL BLOQUE ASSIGN

Hay una forma más general del Bloque ASSIGN que será presentada aquí.

ASSIGN A,B,C,D

Operandos A y B tienen su significado usual. C, sin embargo es el nombre o número de una función. D es el tipo de parámetro A. Si C es omitido, entonces D toma su lugar y tenemos el Bloque ASSIGN presentado anteriormente. Si uno utilizara 4 operandos, el efecto es el que sigue:

- 1) La función señalada por el operando C es evaluada. Si regresa un decimal, el valor esta truncado.
- 2) Este valor es entonces multiplicado por el número en el operando B.
- 3) El resultado de la multiplicación en 2) es colocado en el parámetro de la operación como lo señala el operando A.

Por ejemplo,

ASSIGN 3,6,5,PH

La función definida con la etiqueta 5 es evaluada. Suponga que el resultado es 2. Este es multiplicado por 6 y el resultado, concretamente 12 es colocado en el tercer parámetro tipo *Half Word*.

Other forms of the TRANSFER block

En el Capítulo 4 tres formas del Bloque TRANSFER fueron tratadas. Estas son: TRANSFER incondicional, TRANSFER condicional y TRANSFER de ambos modos. Los primeros dos son los más utilizados. Sin embargo, hay otras formas del Bloque TRANSFER que son muy útiles cuando se les necesita. Cada uno será tratado aquí con posibles aplicaciones.

1.17 THE TRANSFER FUNCTION MODE

A veces querrás transferir una transacción hacia un grupo particular de bloques solamente con los porcentajes de cada uno. El Bloque TRANSFER en el modo función es empleado para esto. Puede haber muchas formas pero la más usada es:

```
TRANSFER ,FN(name)
```

La función referida puede tener bloques en números pares en la definición de la función. Por ejemplo,

```
FIRST FUNCTION RN1,D4
```

```
.1,BLOCKA/.35,BLOCKB/.8,BLOCKC/1,BLOCKD
```

```
.....
```

```
.....
```

```
TRANSFER ,FN(FIRST)
```

BLOCKA, BLOCKB, BLOCKC y BLOCKD son las etiquetas de los bloques. La transacción será transferida hacia el BLOCKA 10% del tiempo; hacia BLOCKB 25% del tiempo; hacia BLOCKC 45% del tiempo y hacia BLOCKD 15% del tiempo. Esta es una forma muy útil del bloque TRANSFER.

THE TRANSFER PARAMETER MODE

Es posible transferir hacia un número de bloque cuyo valor esta dado por uno de los parámetros de la transaccion. La forma de esto es,

TRANSFER ,PH4

En este caso, la operación es dirigida al bloque dado por el valor del cuarto parámetro de la operación. Si este valor es 15, la operación es dirigida al bloque 15, si el valor es 20, la operación se dirige a 20, etc.

También hay una aplicación para tener al operando C en esta forma tal como:

TRANSFER ,PH7,3

Ahora, 3 es añadido al valor almacenado en el séptimo parámetro de la operación y la operación es dirigida al bloque dado por este total. Por ejemplo, si el valor almacenado en el parámetro 7 fuera 30, la operación sería dirigida hacia el bloque 33.

Otra forma de representar la última sentencia sería:

TRANSFER ,PH7+1

1.18 AMPERVARIABLES, THE PUTPIC, PUTSTRING AND LET STATEMENTS

1.18.1 AMPERVARIABLES

Es posible tener variables que cambien en un programa GPSS/H cada vez que se ejecuta. Ya hemos hecho esto al redefinir el bloque a ser cambiado. Por ejemplo, un programa que fue ejecutado una vez con 4 trabajadores en una fábrica tuvo:

WORKERS GENERATE ,,4

Después de la primera ejecución, podríamos tener afirmaciones tales como:

START 1

CLEAR

RMULT 777

WORKERS GENERATE ,,5

START 1

Ahora el programa es ejecutado por segunda vez pero con 5 operaciones de trabajo siendo utilizadas en la simulación. Si se quiere ejecutar el programa nuevamente pero ahora con 6 trabajadores, es fácil añadir las líneas de código necesarias. En el GPSS/H es posible simplificar este adicional utilizando el concepto de ampervariables. Estas son variables que tienen sus valores cambiados en el programa. Son definidas por el uso del ampersand como su primer caracter (de ahí, el nombre, ampervariables).

GPSS/H permite 5 tipos de estas ampervariables: enteros, reales o puntos flotantes, 2 caracteres tipo y externo. Ampervariables enteros son todos los números; ampervariables reales o de punto flotante son con decimales, ampervariables de caracter son cadenas de caracteres and ampervariables externos se refieren a las funciones externas y subrutinas. En la siguiente discusión solamente ampervariables enteros y reales serán utilizados ya que son los más empleados comúnmente.

Todos las ampervariables deben ser definidos antes de su uso. Ellos son definidos por la afirmación:

INTEGER list of ampervariables o

REAL list of ampervariables

Ellos pueden llegar hasta 8 caracteres alfanuméricos en longitud. Ejemplos

a) INTEGER &I,&JOE,&K123456,&JJJ,&XYZ

b) REAL &ZX,&KLMN,&TRUCKS,&SPEED

a) Definirá los ampervariables enteros I, JOE K123456 and JJJ y XYZ.

b) Definirá los ampervariables reales, ZX, KLMN, TRUCKS y SPEED. En el

1.19 THE PUTPIC BLOCK

Es posible imprimir estadísticas seleccionadas, esto se efectúa vía el Bloque PUTPIC. Su forma es la siguiente:

PUTPIC LINES=n, FILE=SYSPRINT,(lista de SNA)

The LINES = n indican cuántas líneas deben ser incluidas en la salida como resultado de la afirmación PUTPIC.

The FILES=SYSPRINT coloca la salida dentro del reporte. Si esto es omitido, el resultado es inmediatamente escrito en la pantalla.

Es posible tener cualquier otro archivo enlistado donde la salida va a ser dirigida.

Por ejemplo,

PUTPIC LINES=7,FILE=MYFILE,(list of SNA's)

Controlaría la salida de la afirmación PUTPIC hacia un archivo llamado MYFILE. Nótese la no utilización de una extensión.

La lista de los SNA está incluida en los paréntesis y separada por comas. El paréntesis es opcional. Los SNA serán impresos como resultado de la afirmación PUTPIC.

El formato donde los SNA deben ser impresos está señalado por el uso de asteriscos "*" en las líneas que siguen a la afirmación PUTPIC. Estas pueden tener decimales.

1.19.1 THE PUTSTRING STATEMENT

Si solamente desea tener el texto creado o bien en la pantalla o en un archivo, la afirmación PUTSTRING es usada. Esta es bastante simple de usar ya que sirve para colocar texto en la pantalla cuando el programador lo desee. Esto es útil especialmente para ejecutar programas de un modo interactivo. La forma general es:

```
(label) PUTSTRING FILE=filename,(' text to be printed ')
```

El filename es el archivo donde la salida va a ser dirigida. Esto es frecuentemente omitido y el resultado del PUTSTRING es enviado al dispositivo de entrada del usuario. Algunos ejemplos del PUTSTRING son:

- a) PUTSTRING (' HELLO THERE ')
- b) PUTSTRING ('')

El resultado de a) debe colocar los mensajes HELLO THERE en la pantalla. El efecto de b) es colocar una línea blanca en la pantalla (nota: se necesita al menos 2 espacios entre los apostrofes para lograr una línea blanca).

1.20 THE LET STATEMENT

Las ampervariables son inicializadas cuando son leídas por el programa. Es posible iniciarlas mediante la sentencia LET. La forma es bastante simple.

label LET ampervariable=value

Por ejemplo,

```
LET &I=12
```

```
LET &XONE=&SPEED/360.5
```

1.21 MATRICES

GPSS/H permite el uso de matrices de una manera similar a la encontrada en otros lenguajes de computadora. La matriz tiene que ser primero definida. Esto significa especificar el número de filas, el número de columnas, el tipo de elementos que estarán en la matriz y el nombre (o número) de la matriz. Un savevalue puede ser considerado como un arreglo lineal. Una matriz puede ser considerada como un savevalue con 2 ó más dimensiones.

La forma general de la sentencia que especifica la matriz es:

```
name (or number) MATRIX type,rows,columns
```

El nombre (o número) sigue las reglas usuales para nombrar a los savevalues. El tipo de matriz es uno de los siguientes 4:

- a) MX, full word matrix savevalue.
- b) MH, half word matrix savevalue.
- c) MB, bit word matrix savevalue.
- d) ML, floating point matrix savevalue.

Algunos ejemplos de definición de matrices son:

FIRST MH,1,3

FIRST es una matriz de tipo *Half Word* teniendo una fila y 3 columnas.

Aquí los valores de la matriz son (1,1) es 2; (1,2) es 4 and (1,3) es -3.

1.21.1 INICIALIZAR UNA MATRIZ

Una vez que una matriz es definida vía la sentencia de la declaración de la matriz, todos sus elementos se ajustan a cero. Es posible tener valores iniciales asignados a varios elementos usando la afirmación INITIAL. Para poder inicializar una matriz se debe usar el signo de dólar "\$". Por ejemplo:

INITIAL ML\$TRD(14,29),1.2/ML\$TRD(14,30),1.3/ML\$TRD(14,31),2

Los elementos de la matriz en la columna 14 desde la fila 29 a la 31 vienen dada por: (1.2 1.3 2.0).

1.21.2 EL BLOQUE SPLIT

Las transacciones pueden ser colocadas en nuestros modelos por el Bloque GENERATE. De hecho, ésta es la única manera para crear transacciones originales. Sin embargo, una vez que la transacción está en un modelo es posible hacer clones de las transacciones originales. Estos clones serán normalmente idénticos a las transacciones originales. En lo que respecta a ser idéntico a la operación original, los clones serán idénticos en nivel de prioridad y el tiempo de entrada (su tiempo de entrada). Si la transacción original ingresa al modelo en el tiempo 2050 y en el tiempo 3500 una nueva transacción fue clonada, el clon tiene una marca de tiempo de 2050, no 3500. Los clones tendrán normalmente el mismo número y tipo de parámetros como el original pero es aquí donde los clones pueden ser hechos para diferenciarse.

El bloque que crea esos clones es el Bloque SPLIT. La forma para crear operaciones idénticas es:

SPLIT n, (label)

Donde “n” es el número de clones a crear

label es el bloque label adonde las transacciones se dirigen.

Cuando una transacción ingresa a un Bloque SPLIT, las “n” transacciones idénticas están creadas y dejan el bloque una a la vez (aumentando el conteo del bloque conforme lo dejan). Estas se dirigen hacia el bloque cuya etiqueta es señalada en el operando B del Bloque SPLIT. La operación original no se dirige a

este bloque pero marcha hacia el siguiente bloque secuencial. De hecho, esta operación original se desplaza antes de que los clones lo hagan.

Algunos ejemplos del Bloque SPLIT son;

SPLIT 10,UPTOP

Diez nuevas transacciones son creadas y enviadas hacia el bloque con la etiqueta UPTOP. En ambos casos, las operaciones originales son dirigidas al siguiente bloque secuencial.

CAPITULO II: SISTEMA PALA CAMION

2.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA

El sistema está compuesto por cuatro tipos de camiones CAT modelos 785C, 793B, 793C, 793D los cuales tienen una carga nominal de 137, 230, 234 y 240 toneladas respectivamente, en el sistema hay un total de 72 camiones, seis palas Hitachi 5500 con una capacidad de cucharón de 27 a 29 m³, dos palas Hitachi 2500 de 15 a 16 m³ de capacidad de cucharón, un cargador CAT 994F de 35 toneladas de carga útil, dos cargadores CAT 994D de 35 toneladas de carga útil, tres cargadores 992G de 10 a 12 m³ de capacidad de cucharón, tres cambios de guardia, tres tajos los cuales tienen sus stock, pads y botaderos, estos trabajan una guardia de 12 horas por día.

2.1.1 LÍMITE PARA LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS

La productividad de las palas o cargadores se calcula de la siguiente forma:

$$Productividad = \frac{Tonelada}{Cargando + Cuadrado de pala + Hang}$$

En el caso hipotético en el cual una pala o cargador siempre tiene camiones que necesitan ser cargados el Hang o tiempo de espera será cero lo cual nos deja la fórmula como sigue:

$$Productividad_máxima = \frac{Tonelada}{Cargando + Cuadrado de pala}$$

$$\%Hang = \frac{Cargando + Cuadrado de pala + Hang}{Hang}$$

Podemos deducir que:

$$Productividad_máxima = \frac{Productividad}{1 - \%Hang}$$

Aplicando esta fórmula podemos deducir la productividad máxima para los equipos de carguío, Ver tabla 2.1.1.

CUADRO N° 6. Productividades máximas de palas

	Productividad promedio	% Hang	Productividad Máxima
Hit 5500EX	3400	18	4146
Cat 994D	1700	24	2237
Hit 2500	1400	18	1707
CAT 994F	1800	24	2368
Cat 992G	1100	24	1447

Fuente: Elaboración propia.

Para los camiones trabajaremos con la carga nominal y con el número viajes que pueden realizar por hora, ver tabla 2.1.2 la cual muestra los resultados del cálculo.

CUADRO N° 7. Productividades máximas de camiones

Camión	Carga Nominal	Número de viajes/hr	Productividad Máxima (Ton/hr)
Cat 785C	130	2	260
Cat 793B	240	2	480
Cat 793C	240	2	480
Cat 793D	240	2	480

Fuente: Elaboración propia.

2.2 FORMULACIÓN DEL MODELO

GPSS utiliza los bloques para representar a las actividades, en los cuales las transacciones avanzan mientras el programa se encuentra en ejecución. La codificación del modelo en el lenguaje GPSS es extensa y complicada de manera que, para poder desarrollar el modelo de una forma más fácil este se dividirá en cinco módulos.

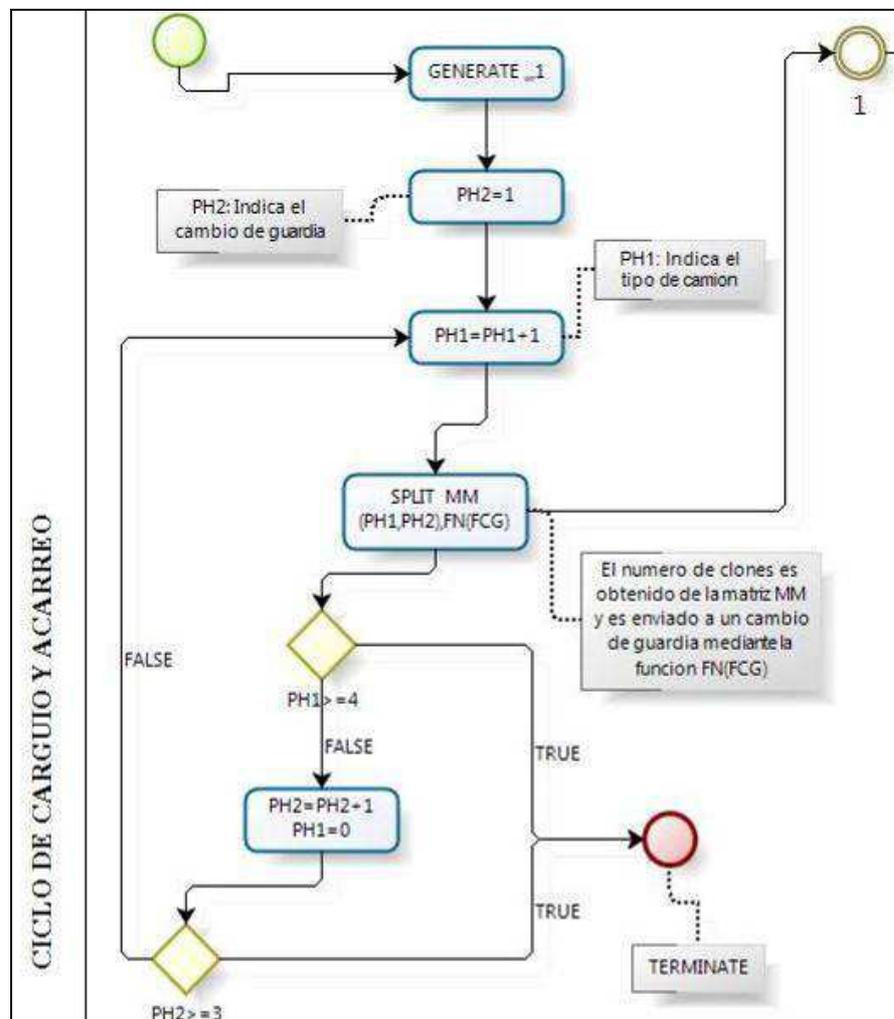
2.2.1 MÓDULO 1 (CREACIÓN DE CAMIONES)

En este modulo se generan los cuatro tipos de camiones: 785C, 793B, 793C, 793D, estos se distribuyen en los tres cambios de guardia que existen.

Asimismo se definirán las variables de inicio del sistema y los archivos que colectaran la información al finalizar la simulación.

A continuación veremos el diagrama de flujo de la creación de camiones.

GRÁFICA N° 2. Diagrama de la creación de camiones



Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Definimos dos archivos los cuales no permitirán coleccionar los datos que se generan en la simulación. El archivo STDV20.ATF coleccionara los datos referentes a la cantidad de tonelaje que ha sido cargado por tipo de camión además de las horas de trabajo así como la productividad y onzas descargadas. El archivo STDV20TEST.ATF nos permite hacer un seguimiento a cada transacción de forma individual a través del programa con el fin de poder verificar cómo se comporta cada transacción. En esta parte también se definen cinco variables de tipo entero.

```

SIMULATE
OUT      FILEDEF      'STDV20.ATF'
OUT1     FILEDEF      'STDV20TEST.ATF'
         INTEGER      &I , &DT1 , &DT2 , &DT3 , &DT4

```

Por defecto el programa GPSS tiene un límite de 32720 bytes de memoria, esta capacidad de memoria es suficiente para la mayoría de programas pero debido a la complejidad del modelo aumentamos este límite, para lo cual utilizamos la sentencia *REALLOCATE* con el fin de tener disponible 100000 bytes de memoria. Además definimos veinticinco variables de tipo real, las cuales nos servirán para poder calcular la cantidad de tonelaje y onzas descargadas en los *pads*, *botaderos* y *stocks*.

```

REALLOCATE COM,100000
REAL      &TPY , &TPLQ , &TPCH , &ONT
REAL      &TPY1 , &TPY2 , &TPY3 , &TPLQ1 , &TPLQ2
REAL      &TPLQ3 , &TPCH1 , &TPCH2
REAL      &T11 , &T12 , &T13 , &T21 , &T22 , &T23
REAL      &T31 , &T32 , &T33 , &T41 , &T42 , &T43
REAL      &SUMC ( 8 )

```

A continuación se define la matriz MM la cual nos proporciona la información de la cantidad de camiones por tipo en los tres cambios de guardia. Con lo cual

tenemos que las filas 1, 2, 3, 4 definen a los camiones 785, 793B, 793C, 793D, respectivamente y las columnas, 1, 2, 3 definen a los tres cambios de guardia.

Por ejemplo hacemos referencia a MM (3,1) y obtenemos 10 lo cual nos dice que tenemos 10 camiones 793C en el cambio de guardia uno.

```
MM      MATRIX      MH, 4, 3
        INITIAL      MH$MM(1,1), 6/MH$MM(1,2), 8/MH$MM(1,3), 10
        INITIAL      MH$MM(2,1), 4/MH$MM(2,2), 2/MH$MM(2,3), 3
        INITIAL      MH$MM(3,1), 10/MH$MM(3,2), 12/MH$MM(3,3), 8
        INITIAL      MH$MM(4,1), 3/MH$MM(4,2), 3/MH$MM(4,3), 4
```

Seguidamente definimos las variable &SUMC(n), si el valor de $n \leq 4$, nos proporcionará la cantidad total de camiones que ingresan al modelo, con $4 < n \leq 8$ obtenemos las horas operativas por tipo de camión. Por ejemplo hay 24 camiones 785 en el sistema, los cuales tienen un total de 216 horas operativas, teniendo en cuenta que la disponibilidad mecánica y el usage promedio son 85.13% y 88.24% para los camiones 785.

```
LET      &SUMC(1) = MH$MM(1,1)+MH$MM(1,2)+MH$MM(1,3)
LET      &SUMC(2) = MH$MM(2,1)+MH$MM(2,2)+MH$MM(2,3)
LET      &SUMC(3) = MH$MM(3,1)+MH$MM(3,2)+MH$MM(3,3)
LET      &SUMC(4) = MH$MM(4,1)+MH$MM(4,2)+MH$MM(4,3)
LET      &SUMC(5) = &SUMC(1)*9.014
LET      &SUMC(6) = &SUMC(2)*10.267
LET      &SUMC(7) = &SUMC(3)*9.036
LET      &SUMC(8) = &SUMC(4)*10.567
```

Definimos las matrices CCA y DC las cuales nos proporcionaran el tonelaje que se carga por pala o cargador y el tonelaje que se descarga en cada descarga.

```
CCA     MATRIX      MH, 4, 20
DC      MATRIX      MH, 4, 20
```

Con la ayuda del bloque GENERATE, se genera una transacción en el tiempo cero, esta transacción al pasar por el bloque ASSIGN inicializa al parámetro dos con el numero uno y al pasar por el segundo ASSIGN adiciona una unidad al

parámetro uno, por lo cual tenemos que $PH1 = 1$ y $PH2 = 1$. Antes de continuar precisamos que el parámetro uno ($PH1$) nos indica el tipo de camión y el parámetro dos ($PH2$) el cual nos indica el cambio de guardia. Al momento que la transacción pasa por el bloque SPLIT crea clones de la de si misma, en este caso:

$$MH\& MM (PH1, PH2) = MH\& MM (1, 1) = 6$$

$$FN (FCG) = FCG (PH2) = FCG (1) = CGTT1$$

Con lo cual la expresión SPLIT $MH\&MM (1,1)$, FN (FCG) queda de la siguiente forma: SPLIT 6, CGTT1 lo cual significa que se crean seis transacciones de tipo uno (camión 785), estas seis transacciones son transferidas a la línea de código etiquetada con el nombre "CGTT1". Inmediatamente la transacción original ingresa al bloque TEST donde se evalúa si el parámetro $PH1$ es mayor o igual a 4 si es falso la transacción es enviada a la etiqueta ASSI y se repite el ciclo, si es verdadero se le adiciona una unidad al parámetro dos, seguidamente se inicializa el parámetro uno con cero. La transacción original ingresar al segundo bloque TEST donde se evalúa si el parámetro dos es igual a 3 si esto es falso se re direcciona la transacción al punto donde se encuentra la etiqueta ASSI, si es verdadero la transacción ingresa al bloque TERMINATE en donde la transacción original es eliminada.

FCG	FUNCTION	PH2, D3
1, CGTT1/2, CGTT2/3, CGTT3		
	GENERATE	, , , 1
	ASSIGN	2, 1, PH
ASSI	ASSIGN	1+, 1, PH
	SPLIT	MH\$MM(PH1, PH2), FN(FCG)
	TEST GE	PH1, 4, ASSI
	ASSIGN	2+, 1, PH
	ASSIGN	1, 0, PH

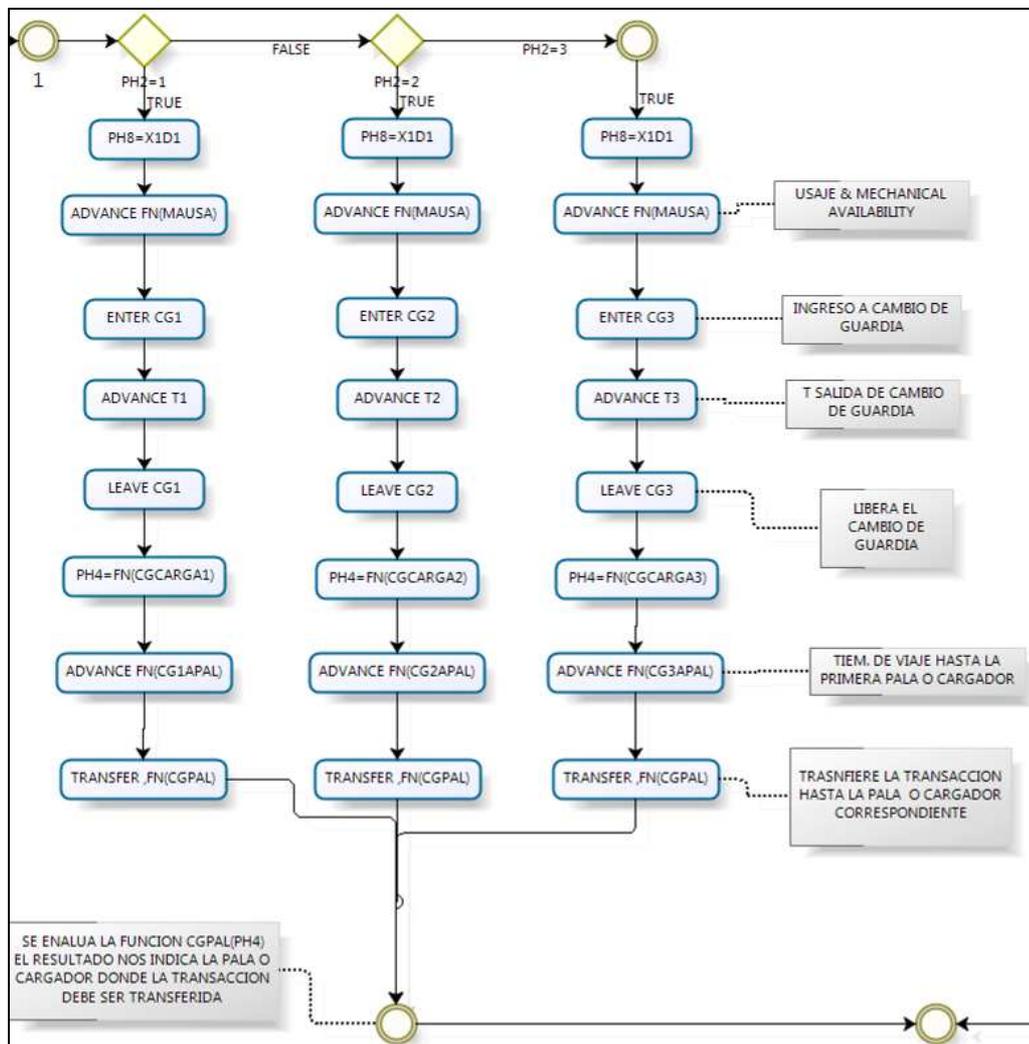
Tener en cuenta el proceso descrito con anterioridad comienza y termina en $t = 0$.

2.2.2 MÓDULO 2 (CAMBIOS DE GUARDIA)

En este punto debemos de tener en cuenta que en los tres cambios de guardia contienen un número específico de transacciones (camiones) de acuerdo a las cantidades señaladas en la matriz MM. En este segundo modulo vamos a describir la secuencia y codificación de los tres cambios de guardia.

Diagrama de Flujo de los cambios de guardia:

GRÁFICA N° 3. Diagrama de flujo del ciclo de los cambios de guardia



Fuente: Elaboración propia.

Usamos el bloque STORAGE para definir la capacidad de los cambios de guardia, por ejemplo el cambio de guardia uno (CG1) tiene una capacidad para albergar hasta 20 transacciones, el cambio de guardia dos tiene capacidad para 24 y el tercer cambio de guardia para 27 transacciones.

```
STORAGE          S(CG1),20/S(CG2),24/S(CG3),27
```

A continuación presentamos la codificación de los tres cambios de guardia

```
* ASIGNA LA CAPACIDAD DE CADA CAMBIO DE GUARDIA
  STORAGE          S(CG1),20/S(CG2),24/S(CG3),27
*
CGTT1  ASSIGN      8,XID1,PH
        ADVANCE    FN(MAUSA)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA_CGTT1
DESPUES DE ***.*
        ENTER      CG1
        ADVANCE    3,1
        LEAVE      CG1
        ASSIGN    4,FN(CGCARGA1),PH
        ADVANCE    FN(CG1APAL)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
  EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE ***.*
  Y SE DIRIGE A EL CARGADOR *****
        TRANSFER   ,FN(CGPAL)
*
CGTT2  ASSIGN      8,XID1,PH
        ADVANCE    FN(MAUSA)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA_CGTT2
DESPUES DE ***.*
        ENTER      CG2
        ADVANCE    2,1
        LEAVE      CG2
        ASSIGN    4,FN(CGCARGA2),PH
        ADVANCE    FN(CG2APAL)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
  EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA_CGTT2 DESPUES DE ***.*
  Y SE DIRIGE A EL CARGADOR *****
        TRANSFER   ,FN(CGPAL)
*
CGTT3  ASSIGN      8,XID1,PH
        ADVANCE    FN(MAUSA)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA_CGTT3
DESPUES DE ***.*
        ENTER      CG3
        ADVANCE    5,1
        LEAVE      CG3
        ASSIGN    4,FN(CGCARGA3),PH
        ADVANCE    FN(CG3APAL)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
  EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA_CGTT3 DESPUES DE ***.*
  Y SE DIRIGE A EL CARGADOR *****
        TRANSFER   ,FN(CGPAL)
```

Debido a que la codificación de los tres cambios de guardia es similar solo se explicara la codificación del cambio de guardia uno (CGTT1). A continuación vemos la codificación del cambio de guardia uno.

```

CGTT1      ASSIGN      8,XID1,PH
           ADVANCE     FN(MAUSA)
           BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA CGTT1
DESPUES DE ***.*
           ENTER       CG1
           ADVANCE     3,1
           LEAVE       CG1
           ASSIGN     4,FN(CGCARGA1),PH
           ADVANCE     FN(CG1APAL)
           BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA CGTT1
DESPUES DE ***.* Y SE DIRIGE A EL CARGADOR *****
           TRANSFER    ,FN(CGPAL)

```

Al pasar una transacción por el cambio de guardia uno (CGTT1) se activa el bloque ASSIGN lo cual genera que el parámetro ocho (PH8) guarde el valor contenido en XID1, el cual nos indica el numero de transacción. Sin importar que una transacción sea un clon esta necesariamente tiene un número entero que la identifica durante toda la simulación, hasta este punto el tiempo de la simulación sigue siendo cero.

Con el fin de simular el tiempo operativo para los camiones, utilizamos las siguientes fórmulas:

$H_{\text{totales}} = \text{Horas ready} + \text{Horas en satnd by} + \text{Horas de delay} + \text{Horas en Mantenimiento}$

$$\%MA = 1 - \frac{\text{Horas en Mantenimiento}}{H_{\text{totales}}}$$

$$\%USAJE = \frac{\text{Horas ready}}{H_{\text{totales}}}$$

Horas ready = 12x%USAJEx%MA

Empleando el usage y la disponibilidad mecánica promedio de cada flota de camión creamos la siguiente función:

```

      MAUSA      FUNCTION      PH1 ,L4
1,179.2/2,104/3,177.9/4,86

```

La cual nos indica cuantos minutos cada flota de camiones permanece como no operativa.

Continuando con la explicación del código, cuando una transacción ingrese al bloque ADVANCE, esta será permanecerá en el bloque un tiempo definido por la función MAUSA, por ejemplo si la transacción (camión 793C) ingresa a este bloque será puesto en la cadena de eventos futuros hasta que haya pasado un tiempo de 177.9 minutos. Esto representa el tiempo que se pierde por Mantenimiento Mecánico, demoras y paradas no programadas, con lo cual obtenemos el tiempo en el cual el camión puede mover material.

Al momento que cualquier transacción pasa por el bloque BPUTPIC se registra el número de transacción (XID1), el parámetro uno (PH1) y el tiempo en el cual la transacción pasa por el bloque (AC1), esta información reemplaza a los asteriscos “*” en la siguiente línea:

```

EL CAMION N *** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE ***.*

```

Por ejemplo si la transacción número 37 con parámetro uno igual a 3 pasa por el bloque BPUTPIC, obtenemos los siguientes valores: X1D1=37, PH1=3,

AC1=177.9 los cuales reemplazan los asteriscos “*” dejando la línea de código anterior como sigue:

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE 177.9
```

Esta línea es guardada en el archivo OUT1. Tener en cuenta que solo se guarda una línea, esto gracias a la sentencia LINES=1. Esta codificación es usada para poder monitorear a las transacciones de manera individual en el cambio de guardia.

Al momento que la transacción ingresa al bloque ENTER captura uno de los 20 compartimientos del cambio de guardia uno (CG1), en este punto el tiempo de simulación es 177.9. Una vez que la transacción pasa al segundo bloque ADVANCE 3,1 se genera un tiempo, T_0 que pertenece al intervalo $\langle 2,4 \rangle$; cualquier número en este intervalo tiene igual probabilidad de ocurrencia (distribución uniforme). A continuación veremos el cálculo que utiliza el GPSS para poder determinar el tiempo T_0 .

La función de densidad de probabilidad es $f(x) = \frac{1}{4-2} = \frac{1}{2}$ para x entre $\langle 2,4 \rangle$

y la función de distribución de probabilidad es $F(x) = \frac{x-2}{4-2} = \frac{x-2}{2}$, estos

cálculos se dan debido a que la distribución es uniforme. Despejando x en función $F(x)$ tenemos $2F(x) + 2 = x$, como $F(x) = \text{Rnd}$ (numero aleatorio), al final tenemos que $x = 2 * \text{Rnd} + 2$. A continuación GPSS genera un numero aleatorio entre 0 y 1 por ejemplo 0.5 entonces $x=3$, $T_0=x$, podemos hacer todas estos cálculos debido a que GPSS utiliza la simulación de Montecarlo.

La transacción sale del bloque ADVANCE después de 3 unidades de tiempo en este punto el tiempo de simulación es 180.9 este bloque nos ayuda a simular el tiempo en el cual el camión abandona el cambio de guardia uno. Al momento que la transacción pasa por el bloque LEAVE, de forma inmediata libera el compartimiento del cambio de guardia. Al ingresar al bloque ASSIGN se procede a evaluar la función CGCARGA1 esto ocurre de la siguiente forma: GPSS genera un numero aleatorio RN1, presumamos que es 0.53 entonces podemos ubicar a RN1 entre 0.35 y 0.45, por lo cual la función nos devuelve el valor de 6 este valor es guardado en el parámetro cuatro (PH4).

```
CGCARGA1 FUNCTION RN1,D14
.1,1/.18,2/.19,3/.26,4/.35,5/.45,6/.56,7/.61,8/.69,11/.74,12/.81,13/.89,14/
.95,15/1,16
```

Una vez que la transacción pasa por el bloque BPUTPIC los asteriscos (*) son reemplazados por XID1, PH1, AC1, PH4 en ese mismo orden en la siguiente sentencia:

```
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE *.* Y SE
DIRIGE A EL CARGADOR *****
```

Por lo cual obtenemos:

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 SALE DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE 180.9 Y SE
DIRIGE A EL CARGADOR 6
```

Esta sentencia es registrada en el archivo OUT1, con el fin de poder hacer seguimiento a la transacción.

Una vez que la transacción ingresa el bloque TRANSFER la función CGPAL es evaluada por lo cual tenemos:

```
CGPAL      FUNCTION      PH4,D14  
1,SS1/2,SS2/3,SS3/4,SS4/5,SS5/6,SS6/7,SS7/8,SS8/11,LDD11/12,LDD12/13,LDD1  
3/14,LDD14/15,LDD15/16,LDD16
```

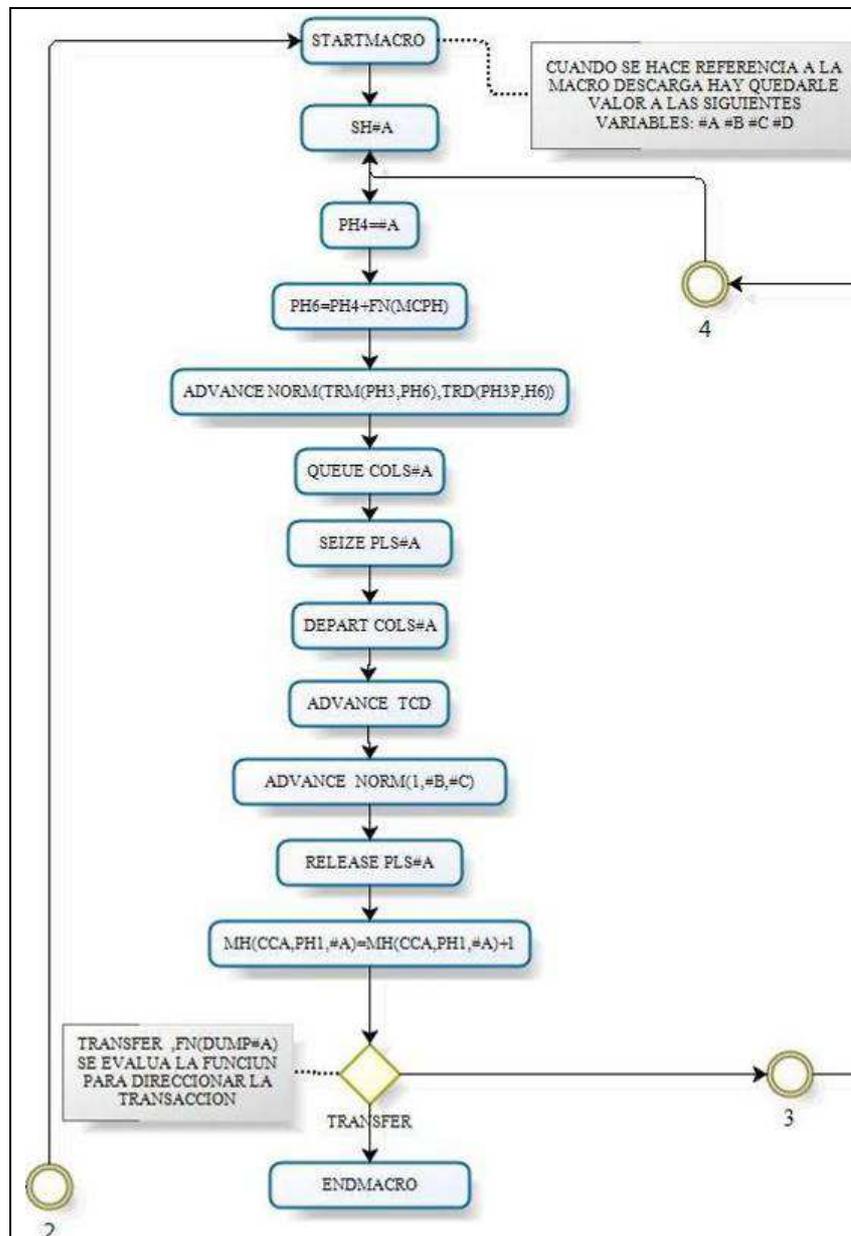
CGPAL (PH4) = CGPAL (6) = SS6.

Con lo cual la transacción es enviada a la línea de código la cual esta etiquetada con el nombre SS6, lo que significa que la transacción ha salido del cambio de guardia con dirección a la pala seis.

2.2.3 MÓDULO 3 (CREACIÓN DE PALAS Y CARGADORES)

En esta parte del modelo explicaremos la utilización de macros para concebir la generación de todas las palas y cargadores en la simulación. A continuación se muestra el diagrama de flujo de la codificación:

GRÁFICA N° 4. Diagrama de flujo de las Palas y Cargadores



Fuente: Elaboración propia

Una Macro es una forma sencilla de escribir líneas de código que se repiten en el programa solo con diferencias entre etiquetas y operandos. A continuación presentamos la codificación de la macro que genera las palas y los cargadores en la simulación.

Macro Palas

```

PALAS  STARTMACRO
SH#A   ASSIGN      4 , #A , PH
        BLET       PH6=PH4+FN(MCPH)
        ADVANCE    RVNORM(1,ML$TRM(PH3,PH6),ML$TRD(PH3,PH6))
SS#A   QUEUE      COLS#A
        SEIZE      PLS#A
        DEPART     COLS#A
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA PALA (#A) A LA HORA ***.**
        ADVANCE    ML$MSP(PH1,1)
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA PALA (#A) A LA HORA ***.**
        ADVANCE    RVNORM(1,#B,#C)
        RELEASE    PLS#A
        BPUTPIC    FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (#A) A LA HORA ***.**
        BLET       MH(CCA,PH1,#A)=MH(CCA,PH1,#A)+1
        TRANSFER   ,FN(DUMP#A)
        ENDMACRO

```

Forma de invocar la macro “PALAS”

```

PALAS  MACRO      1,3,0.5
PALAS  MACRO      2,2.8,.8
PALAS  MACRO      3,2.56,0.5
PALAS  MACRO      4,2.56,0.5
PALAS  MACRO      5,2.8,.8
PALAS  MACRO      6,2.56,0.5
PALAS  MACRO      7,2.56,0.5
PALAS  MACRO      8,3,0.6

```

Al momento que el GPSS lee las instrucciones arriba indicadas genera ocho grupos de códigos los cuales representan a las ocho palas que están presentes en la simulación. Para poder entender mejor cómo funcionan las macros tomaremos como ejemplo la siguiente instrucción:

```

PALAS  MACRO      4,2.56,0.5

```

Antes que la simulación comience el GPSS lee la línea de código anterior con los cual tenemos que A=4, B=2.56 y C=0.5 una vez hecho eso reemplaza los valores de A, B, C en la macro “PALAS” para obtener la siguiente codificación:

```

PALAS    MACRO          4,2.56,0.5
SH4      ASSIGN        4,4,PH
          BLET          PH6=PH4+FN(MCPH)
          ADVANCE       RVNORM(1,ML$TRM(PH3,PH6),ML$TRD(PH3,PH6))
SS4      QUEUE         COLS4
          SEIZE         PLS4
          DEPART        COLS4
          BPUTPIC       FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA PALA (4) A LA HORA ***.**
          ADVANCE       ML$MSP(PH1,1)
          BPUTPIC       FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA PALA (4) A LA HORA ***.**
          ADVANCE       RVNORM(1,2.56,0.5)
          RELEASE       PLS4
          BPUTPIC       FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (4) A LA HORA ***.**
          BLET          MH(CCA,PH1,4)=MH(CCA,PH1,4)+1
          TRANSFER      ,FN(DUMP4)

```

Este procedimiento se repite tantas veces como se haga referencia a la macro

“Palas”, para nuestro programa este procedimiento se repite ocho veces.

Macro Cargadores

```

LODERS   STARTMACRO
LD0#A    ASSIGN        4,#A,PH
          BLET          PH6=PH4+FN(MCPH)
          ADVANCE       RVNORM(1,ML$TRM(PH3,PH6),ML$TRD(PH3,PH6))
LDD#A    QUEUE         CLD#A
          SEIZE         LD#A
          DEPART        CLD#A
          ADVANCE       ML$MSP(PH1,1)
          ADVANCE       RVNORM(1,#B,#C)
          RELEASE       LD#A
          BLET          MH(CCA,PH1,#A)=MH(CCA,PH1,#A)+1
          TRANSFER      ,FN(DUMP#A)
          ENDMACRO

```

Forma de invocar la macro “CARGADORES”

```

LODERS   MACRO          11,3,0.5
LODERS   MACRO          12,3,1
LODERS   MACRO          13,3,.6
LODERS   MACRO          14,3,.6
LODERS   MACRO          15,4,.5
LODERS   MACRO          16,5,1

```

A continuación se explicará sólo la codificación de la macro “PALAS” debido a que esta es muy similar a la macro “CARGADORES”.

El módulo anterior término enviando la transacción a la línea de código la cual esta etiquetada como SS6 lo cual significa que la transacción fue dirigida a la pala seis. Para poder seguir el flujo de la transacción utilizamos el código que genera la codificación de la pala seis, el cual se muestra a continuación:

```

PALAS  MACRO          6,2.56,0.5
SH6    ASSIGN        4,6,PH
        BLER          PH6=PH4+FN(MCPH)
        ADVANCE       RVNORM(1,ML$TRM(PH3,PH6),ML$TRD(PH3,PH6))
SS6    QUEUE         COLS6
        SEIZE         PLS6
        DEPART        COLS6
        BPUTPIC       FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA PALA (6) A LA HORA ***.**
        ADVANCE       ML$MSP(PH1,1)
        BPUTPIC       FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA PALA (6) A LA HORA ***.**
        ADVANCE       RVNORM(1,2.56,0.5)
        RELEASE       PLS6
        BPUTPIC       FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (6) A LA HORA ***.**
        BLET          MH(CCA,PH1,6)=MH(CCA,PH1,6)+1
        TRANSFER      ,FN(DUMP6)

```

Una vez que la transacción llega a la línea de código etiquetada como SS6 esta entra en la cola “QUEUE” de nombre “COLS6” de inmediato pasa al bloque SEIZE con lo cual toma control de la pala seis “PLS6” y supongamos que esta transacción es la primera en llegar a la cola entonces sale de inmediato de ella con la ayuda del bloque DEPART, una vez hecho esto se registrar el siguiente texto en el archivo OUT1.

```

EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA PALA (6) A LA HORA ***.**

```

Reemplazando los asteriscos (*) por el numero de transacción “XID1”, el tipo de camión “PH1” y el tiempo en el cual pasa la transacción por este punto “AC1” en ese mismo orden, con lo cual obtenemos lo siguiente:

```

EL CAMION N 37 TIPO 3 SALE DE LA COLA DE LA PALA ( 6) A LA HORA 180.90

```

Todo esto gracias al bloque BPUTPIC. Al ingresar al bloque ADVANCE la transacción es puesta en la cadena de eventos futuros por 0.5 minutos lo cual representa el tiempo de cuadrado del camión, en este punto el tiempo absoluto es $180.9 + 0.5 = 181.4$ minutos. El siguiente bloque BPUTPIC registra la siguiente sentencia en el archivo OUT1.

```
EL CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA PALA (6) A LA HORA ***.**
```

Reemplazando los asteriscos de acuerdo a lo señalado en el operando del bloque obtenemos lo siguiente:

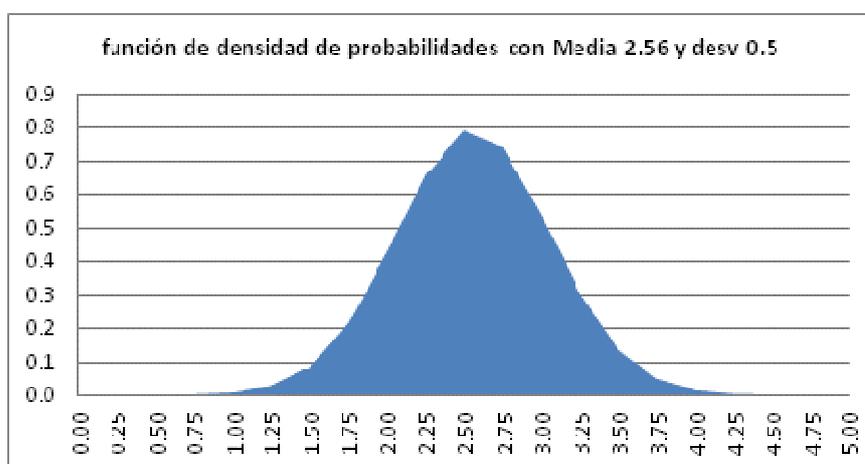
```
EL CAMION N 37 TIPO 3 SE CUADRA EN LA PALA (6) A LA HORA 181.4
```

Una vez que el camión se ha cuadrado la transacción ingresa al siguiente bloque:

```
ADVANCE RVNORM(1,2.56,0.5)
```

El cual representa el tiempo de cargado en la pala seis. GPSS genera la siguiente función de densidad de probabilidad.

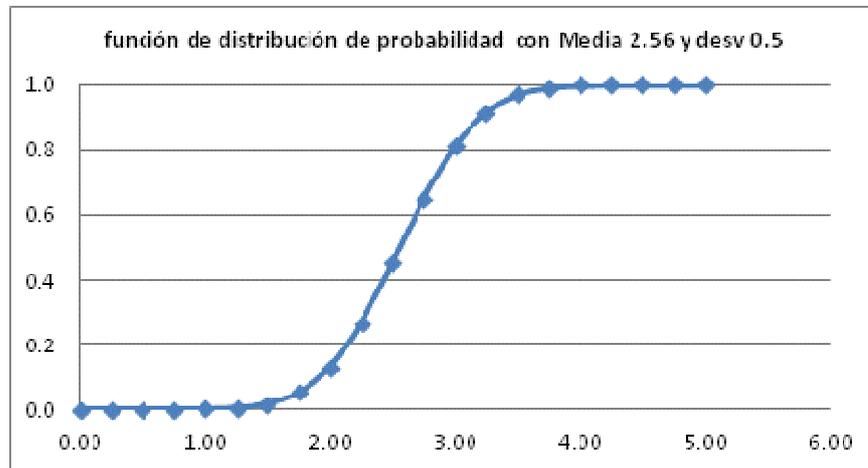
GRAFICA N° 5. Función de densidad de probabilidad



Fuente: Elaboración propia

Después se genera la función de distribución de probabilidad.

GRÁFICA N° 6. Función de distribución de probabilidad

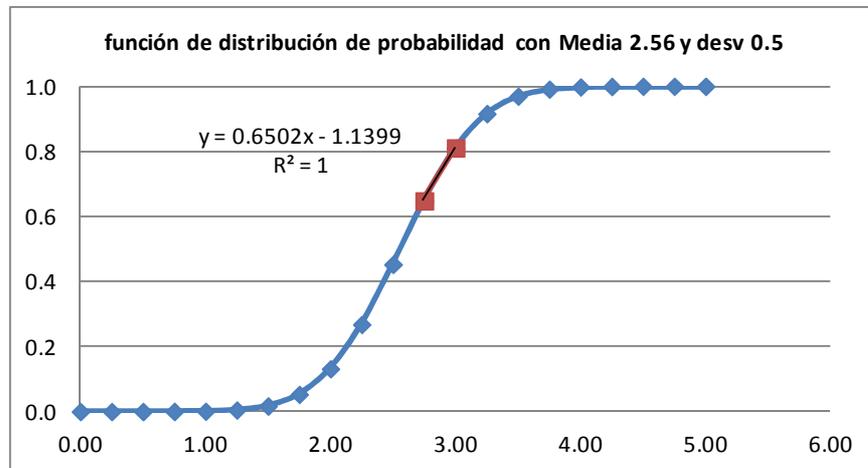


Fuente: Elaboración propia

Supongamos que GPSS genera un número aleatorio igual a 0.7, este número pertenece al intervalo $\langle 0.64803, 0.81057 \rangle$, podemos aproximar este segmento de la función de distribución de probabilidad a una recta con la siguiente función:
 $R_n = 0.60502 * L_t - 1.1399$, despejamos L_t en función de R_n :

$$L_t = \frac{R_n + 1.1399}{0.60502}$$

GRÁFICA N° 7. Función de distribución de probabilidad



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 8. Probabilidad de tiempo de carga entre 2.5 y 3.25

Load Time	f(x)	F(x)
2.5	0.79216	0.45224
2.75	0.74231	0.64803
3	0.54173	0.81057
3.25	0.3079	0.91621

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazamos $Rn1 = 0.7$ en la función con lo cual obtenemos:

$$Lt = \frac{Rn + 1.1399}{0.60502} = \frac{0.7 + 1.1399}{0.60502} = 2.830$$

Este tiempo representa el tiempo que le demora a la pala para cargar el camión. Al pasar la transacción por el bloque RELEASE libera la pala seis, después de esto la transacción pasa por el bloque PUTPIC y la siguiente sentencia es guardada en el archivo OUT1.

EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (6) A LA HORA ***.**

Reemplazando los asteriscos por el número de transacción “XID1” el tipo de camión “PH1” y el tiempo en el cual pasa la transacción por este punto respectivamente, para obtener lo siguiente:

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 SE CUADRA EN LA PALA (6) A LA HORA 183.70
```

Al pasar por el bloque “BLET” se registra en la matriz CCA la cantidad de cargas por tipo de camión de la siguiente forma:

$$CCA (PH1, 6) = CCA (PH1, 6) + 1$$

$$CCA (1, 6) = CCA (1, 6) + 1 = 0 + 1 = 1$$

Una vez que se ha registrado la cantidad de cargas por tipo de camión la transacción pasa por el bloque “TRANSFER” y la función DUMP6 es evaluada.

Se han definido catorce funciones de descarga “DUMP” con el fin de poder seleccionar la descarga a la cual la transacción es transferida desde cada pala o cargador, para este caso la función de descarga para la pala seis es “DUMP6”.

```
DUMP6 FUNCTION RN1, D8
0.13, PDQL1/0.25, BTQ4/0.39, PDQL2/0.51, PDYL2/0.62, BTQ2/0.73, BTQ5/0.89, BTY1/1, STKC
```

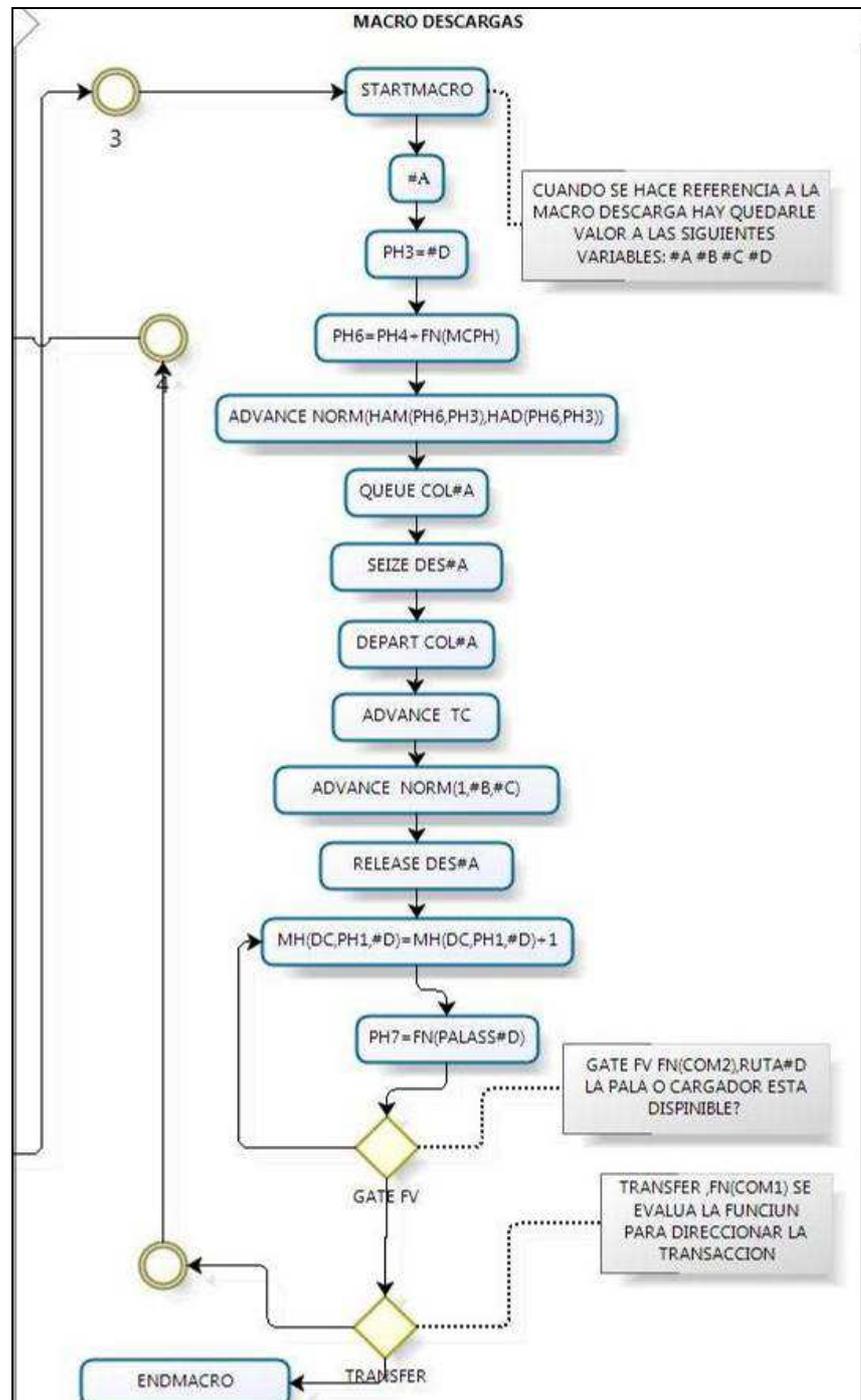
En este punto GPSS genera un número aleatorio presumamos que es igual a 0.8, utilizamos este número para evaluar la función DUMP6, de la siguiente forma:

DUMP6 (0.8) = BTY1, lo cual nos indica que la transacción es enviada al botadero con etiqueta BTY1.

2.2.4 MÓDULO 4 (PADS, BOTADEROS, STOCKS)

Al igual que el modulo anterior utilizamos macros para simplificar la programación, a continuación se presenta el diagrama de flujo de la codificación de las descargas.

GRÁFICA N° 8. Diagrama de flujo de las descargas



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta el código de la macro que genera las descargas

```

DESCARGAS STARTMACRO
#A      ASSIGN      3, #D, PH
        BLET        PH6=PH4+FN(MCPH)
        BPUTPIC     FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, PH3, AC1, PH4
EL CAMION N **** TIPO *** INGR A LA DES (#A) **** A LA HORA ****.**
PROVENIENTE DEL CARGADOR ****
        ADVANCE     RVNORM(1, ML$HAM(PH6, PH3), ML$HAD(PH6, PH3))
        BPUTPIC     FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, PH4, PH3, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** LLEGO DESDE ***** HASTA (#A) ***** A LA HORA
****.****
        QUEUE      COL#A
        SEIZE      DES#A
        DEPART     COL#A
        BPUTPIC     FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA DESCARGA (#A) A LA
HORA ***.**
        ADVANCE     0.5
        BPUTPIC     FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA DESCARGA (#A) A LA HORA
****.**
        ADVANCE     RVNORM(1, #B, #C)
        RELEASE     DES#A
        BPUTPIC     FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE DESCARGAR EN LA DESCARGA (#A) A
LA HORA ***.**
RUTA#D  BLET        MH(DC, PH1, #D)=MH(DC, PH1, #D)+1
        BLET        PH7=FN(PALASS#D)
        GATE FV     FN(COM2), RUTA#D
        TRANSFER   , FN(COM1)
        ENDMACRO

```

En total tenemos veinte descargas que podemos apreciar a continuación, estas se invocan con la macro “DESCARGAS”.

```

DESCARGAS MACRO      PDYL1, 2, 0.5, 1
DESCARGAS MACRO      PDQL1, 2, 0.5, 2
DESCARGAS MACRO      PDCH, 2, 0.5, 3
DESCARGAS MACRO      BTY1, 2, 0.4, 4
DESCARGAS MACRO      BTQ1, 2, 0.4, 5
DESCARGAS MACRO      BTCH, 2, 0.3, 6
DESCARGAS MACRO      STKY, 1.2, 0.1, 7
DESCARGAS MACRO      STKQ, 1.2, 0.1, 8
DESCARGAS MACRO      STKC, 1.2, 0.1, 9
DESCARGAS MACRO      PDYL2, 2, 0.5, 10
DESCARGAS MACRO      PDQL2, 3, .4, 11
DESCARGAS MACRO      BTY2, 5, 0.8, 12
DESCARGAS MACRO      BTQ2, 4, 1, 13
DESCARGAS MACRO      PDYL3, 2, 0.5, 14
DESCARGAS MACRO      BTQ3, 4, 1, 15
DESCARGAS MACRO      BTY3, 5, 0.8, 16
DESCARGAS MACRO      PDQL3, 3, .4, 17
DESCARGAS MACRO      PDCH1, 2, 0.5, 18
DESCARGAS MACRO      BTQ4, 4, 1, 19
DESCARGAS MACRO      BTQ5, 4, 1, 20

```

A continuación se muestra la codificación del botadero “BTY1” al cual en el modulo anterior la transacción fue transferida.

```

DESCARGAS      MACRO      BTY1,2,0.4,4

BTY1           ASSIGN      3,4,PH
                BLET        PH6=PH4+FN(MCPH)
                BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,PH3,AC1,PH4
EL CAMION N    **** TIPO   *** INGR A LA DES (BTY1) **** A LA HORA ****.**
PROVENIENTE DEL CARGADOR ****
                ADVANCE     RVNORM(1,ML$HAM(PH6,PH3),ML$HAD(PH6,PH3))
                BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,PH4,PH3,AC1
EL CAMION N    **** TIPO   *** LLEGO DESDE ***** HASTA (BTY1) ***** A LA HORA
****.****
                QUEUE      COLBTY1
                SEIZE      DESBTY1
                DEPART     COLBTY1
                BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N    **** TIPO   *** SALE DE LA COLA DE LA DESCARGA (BTY1) A LA HORA
***.**
                ADVANCE     0.5
                BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N    **** TIPO   *** SE CUADRA EN LA DESCARGA (BTY1) A LA HORA
***.**
                ADVANCE     RVNORM(1,2,0.4)
                RELEASE    DESBTY1
                BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N    **** TIPO   *** TERMINA DE DESCARGAR EN LA DESCARGA (BTY1) A LA
HORA ***.**
                BLET        MH(DC,PH1,4)=MH(DC,PH1,4)+1
                BLET        PH7=FN(PALASS4)
                GATE FV     FN(COM2),RUTA4
                TRANSFER    ,FN(COM1)

```

Al llegar la transacción a la línea de código con etiqueta BTY1 el bloque ASSIGN hace que el parámetro tres “PH3” sea igual al número cuatro, este atributo nos ayuda a identificar la descarga en la cual se encuentra la transacción a continuación la transacción pasa por el bloque BLET con lo cual se efectúa la siguiente operación $PH6=PH4+FN(MCPH)$, antes de continuar con este punto definiremos las matrices HAM y HAD, las cuales nos proporciona la media y la desviación estándar de los tiempos de viaje cargado respectivamente.

Esquema de las Matrices que contienen la media y la desviación estándar de los tiempos de viaje cargado por tipo de camión:

HAM		Descargas						
		PH3						
		1	2	3	4	.....	n	
Cam. Tipo 1	PH6=PH4+F(PH1)	1	1					
		2	2					
		3	.....				
		.....	16		8.1			
		1						
		2						
							
		16						
		1						
		2						
		3						
		4				9		
							
		16						
		1						
		2						
.....								
64	16							

HAD		Descargas						
		PH3						
		1	2	3	4	.....	n	
Cam. Tipo 1	PH6=PH4+F(PH1)	1	1					
		2	2					
		3	.....				
		.....	16		2			
		1						
		2						
							
		16						
		1						
		2						
		3						
		4				1		
							
		16						
		1						
		2						
.....								
64	16							

Fuente: Elaboración propia.

Donde n define la cantidad de descargas. Definimos el tiempo de viaje cargado de la siguiente forma:

$$T_{viaje_cargado} = N(Media; Des.Std)$$

Donde N representa a distribución normal donde Media = HAM (PH6, PH3) y Des.Std = HAD (PH6, PH3).

A continuación definimos la función MCPH la cual nos ayudara a calcular PH6.

MCPH FUNCTION PH1,L4
1,0/2,16/3,32/4,48

Ahora ya podemos calcular el parámetro seis:

$$PH6 = PH4 + FN (MCPH) = PH4 + MCPH (PH1) = 4 + MCPH (3) = 4 + 32 = 36$$

El siguiente bloque al cual entrara la transacción será BPUTPIC el cual registrara la siguiente sentencia en el archivo OUT1

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 INGR A LA DES (BTY1) 4 A LA HORA 183.70
PROVENIENTE DEL CARGADOR 4
```

Al ingresar la transacción al bloque ADVANCE, GPSS reemplaza las variables de la función normal:

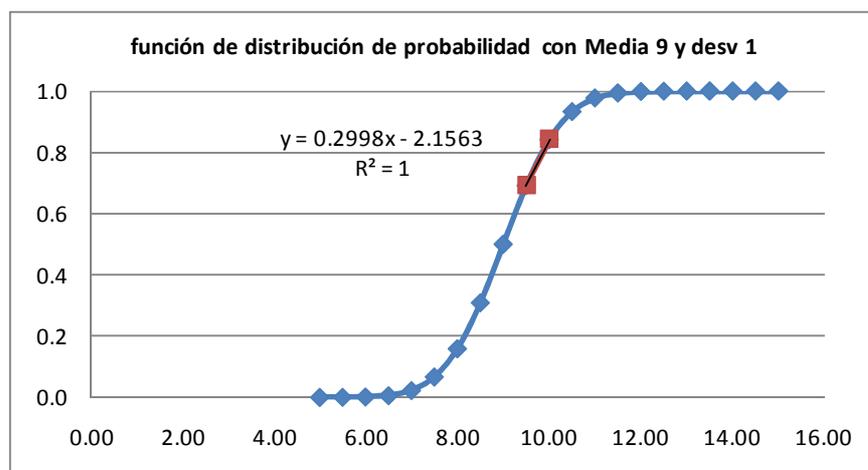
```
RVNORM(1,ML$HAM(PH6,PH3),ML$HAD(PH6,PH3))
```

Lo cual nos da la siguiente función:

```
RVNORM(1,ML$HAM(36,4),ML$HAD(36,4))= RVNORM(1,9,1)
```

Supongamos que GPSS genera un número aleatorio igual a 0.8

GRÁFICA N° 9. Función de probabilidad



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 9.**Distribución de probabilidad de la media del tiempo de viaje entre 9 y 10.5**

Datos	F(x)
9.00	0.50
9.50	0.69
10.00	0.84
10.50	0.93

Fuente: Elaboración propia

Tenemos la función de distribución de probabilidad $R_n = 0.2998 * F(x) - 2.1563$,

$F(x) = (R_n + 2.1563) / 0.2998 = (0.8 + 2.1563) / 0.2998 = 9.53$, este tiempo representa el tiempo de viaje cargado desde la pala hasta la descarga. Al momento que la transacción pasa por el bloque BPUTPIC se registrara la siguiente sentencia en el archivo OUT1:

```
EL CAMION N **** TIPO *** LLEGO DESDE ***** HASTA (BTY1) ***** A LA
HORA ****.*****
```

Reemplazando los asteriscos por el numero de transacción "XID1", el tipo de transacción "PH1" el numero de botadero "PH3" y el tiempo en el instante que llega al botadero, con lo cual la transacción queda como sigue:

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 LLEGO DESDE 4 HASTA (BTY1) 4 A LA HORA 193.23
```

Seguidamente la transacción pasa por el bloque QUEUE con lo cual entra en la cola COLBTY1, después toma control de la descarga DESBTY1 a continuación ingresa al bloque DEPART con lo cual sale de la cola COLBTY1, como es la primera transacción que ingresa a la cola hasta este punto el tiempo no ha variado, al ingresar al siguiente bloque BPUTPIC la siguiente sentencia es guardada en el archivo OUT1.

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 SALE DE LA COLA DE LA DESCARGA (BTY1) A LA HORA 193.23
```

Al ingresar al bloque ADVANCE en el cual la transacción es puesta en la cadena de eventos futuros un tiempo de 0.5 el cual representa el tiempo de cuadrado. Al ingresar al siguiente bloque BPUTPIC con lo cual la siguiente sentencia es guardada en el archivo OUT1:

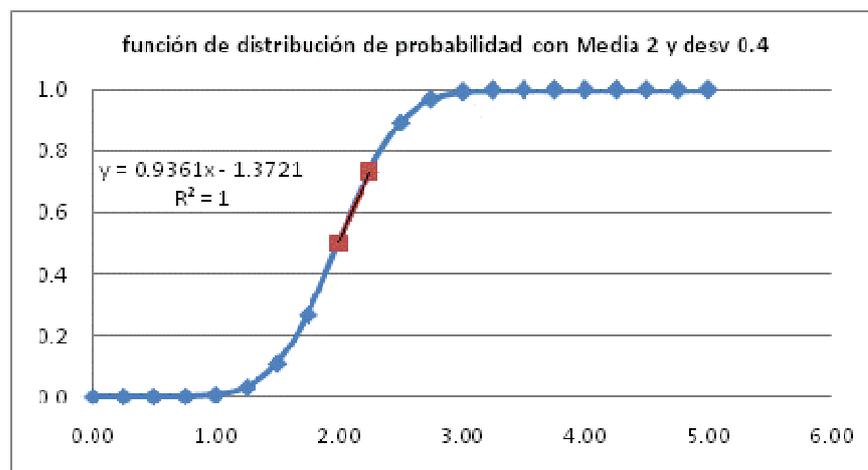
```
EL CAMION N 37 TIPO 3 SE CUADRA EN LA DESCARGA (BTY1) A LA HORA 193.73
```

Al ingresar en el bloque ADVANCE GPSS crea una función normal a partir de:

```
ADVANCE RVNORM(1,2,0.4)
```

A partir de esta información GPSS crea el siguiente grafico:

GRÁFICA N° 10. Función de probabilidad



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 10. Distribución de probabilidad de la desviación estándar del tiempo de viaje entre 1.75 y 2.5

Datos	F(x)
1.75	0.27
2	0.5
2.25	0.73
2.50	0.89

Fuente: Elaboración propia

De la grafica se deduce que $R_n = 0.9361 * D_t - 1.3721$, despejando D_t en función de R_n , tenemos que $D_t = (R_n + 1.3721) / 0.9361$, si GPSS genera un número aleatorio igual a 0.7, tenemos un $D_t = 2.214$ este tiempo representa el tiempo que tarda el camión en descargar el material. A continuación la transacción pasa por el bloque RELEASE con lo cual libera la descarga DESBTY1 para que pueda ser usada por otra transacción, seguidamente la transacción pasa por el bloque BPUTPIC con lo cual se registra la siguiente sentencia en el archivo OUT1.

```
EL CAMION N 37 TIPO 3 TERMINA DE DESCARGAR EN LA DESCARGA (BTY1) A LA
HORA 195.944
```

Una vez hecho esto la transacción ingresa al bloque BLET con lo cual registra las descargas por tipo de camión en la matriz DC de la siguiente forma:

$$DC (PH1, 4) = DC (PH1, 4) + 1$$

$$DC (1, 4) = DC (1, 4) + 1 = 0 + 1 = 1$$

A continuación la transacción ingresa al segundo bloque BLET con lo cual se evalúa a la función PALASS4 y el resultado de esto se guarda en el atributo "PH7". A continuación se define la función PALASS4, la cual asigna la ruta que la transacción debe seguir al salir de la descarga.

```
PALASS4 FUNCTION RN1,D5
.26,3/.45,5/.67,7/.83,10/1,11
```

Supongamos que GPSS genera el número aleatorio 0.55 entonces la transacción debe dirigirse a la pala 7, este número se guarda en el atributo siete "PH7". Antes de continuar definimos las siguientes funciones:

```

COM1      FUNCTION    PH7,D14
1,SH1/2,SH2/3,SH3/4,SH4/5,SH5/6,SH6/7,SH7/8,SH8/9,LD011/10,LD012/11,LD013/12,LD
014/13,LD015/14,LD016

```

```

COM2      FUNCTION    PH7,D14
1,PLS1/2,PLS2/3,PLS3/4,PLS4/5,PLS5/6,PLS6/7,PLS7/8,PLS8/9,LD11/10,LD12/11,LD13/
12,LD14/13,LD15/14,LD16

```

Al ingresar al bloque GATE FV se procede a hacer la siguiente pregunta ¿la facilidad FN (COM2) está disponible? Si es verdadera la transacción continua su ruta si es falsa la transacción es transferida a la línea de código con etiqueta RUTA4.

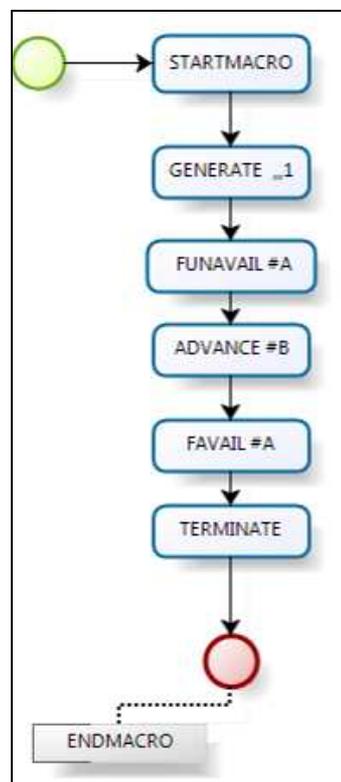
Para nuestro caso al evaluar la función COM2 tenemos que $COM2 (PH7) = COM2 (7) = PLS7$, GPSS hace la siguiente pregunta ¿la pala PLS7 está disponible? Supongamos que no, entonces la transacción es trasferida a la línea de código etiquetada con RUTA4 y se vuelve a evaluar la función PALASS4, supongamos que GPSS genera el numero aleatorio 0.35, con lo cual tenemos que $PALASS4 (0.35) = 5$ este valor se guarda en el atributo siete “PH7”, después de esto la transacción ingresa al bloque GATE FV seguidamente evaluamos la función COM2 (5) con lo cual obtenemos que $COM2 (5) = PLS5$, GPSS hace la siguiente pregunta ¿la pala PLS5 está disponible?, este procedimiento se repite tantas veces como sea necesario hasta que se encuentre una pala o cargador que esté disponible. Al ingresar al bloque transfer se evalúa la función COM1 con lo cual obtenemos que $COM1 (PH7) = COM1 (5) = SH5$, lo que significa que la transacción es enviada a la línea de código etiquetada con SH5, con lo cual se repite el ciclo.

2.2.5 MÓDULO 5 (DISPONIBILIDAD MECÁNICA, USAGE DE PALAS Y CARGADORES)

En esta parte de la codificación se explicara cómo se simula la disponibilidad mecánica y el usage de las palas y cargadores.

A continuación se presenta el diagrama de flujo del usage y la disponibilidad mecánica.

GRÁFICA N° 11. Diagrama de flujo de la disponibilidad de camiones



Fuente: Elaboración propia

Código que representa al diagrama de flujo anterior

```

LAVAI  STARTMACRO
        GENERATE      , , , 1
        FUNAVAIL      #A
        ADVANCE       #B
        FAVAIL        #A
        TERMINATE
        ENDMACRO
  
```

Para poder calcular el tiempo el cual las palas o cargadores están como no disponibles se utiliza las siguientes formulas:

$$H_{\text{totales}} = \text{Horas ready} + \text{Horas en satnd by} + \text{Horas de delay} + \text{Horas en Mantenimiento}$$

$$\%MA = 1 - \frac{\text{Horas en Mantenimiento}}{H_{\text{totales}}}$$

$$\%USAJE = \frac{\text{Horas ready}}{H_{\text{totales}}}$$

$$\text{Horas ready} = 12 \times \%USAJE \times \%MA$$

$$\text{Minutos No disponibles} = 60 * (12 - \text{Horas ready})$$

Definimos el ciclo de acarreo como:

Ciclo de Acarreo = Tiempo de carguío + tiempo de viaje cargado + tiempo de cola en la descarga + tiempo de retroceso + tiempo de descarga + tiempo de viaje vacio + tiempo en cola en la carga + tiempo de cuadrado

$$\text{Ciclo de Acarreo} \times N \text{ viajes} = \text{Horas Ready}$$

Forma de representar el cálculo de minutos no disponibles para palas y cargadores

CUADRO N° 11. Matriz de Disponibilidad Mecánica, Usage, Horas Ready

		MA	Usage	Horas Ready	Minutos no disponibles
Palas	1				
	2				
	3	90%	92%	9.936	123.84
	⋮				
	8				
Cargadores	11				
	12				
	13				
	⋮				
	16				

Fuente: Elaboración propia

Usando las fórmulas descritas anteriormente tenemos que la pala 3 permanece 124 minutos como no disponible.

A continuación se presenta la codificación para cambiar el estado de las ocho palas y seis cargadores a no disponibles.

```
LAVAI    MACRO    PLS1 , 124
LAVAI    MACRO    PLS2 , 124
LAVAI    MACRO    PLS3 , 124
LAVAI    MACRO    PLS4 , 124
LAVAI    MACRO    PLS5 , 104
LAVAI    MACRO    PLS6 , 104
LAVAI    MACRO    PLS7 , 124
LAVAI    MACRO    PLS8 , 104
LAVAI    MACRO    LD11 , 124
LAVAI    MACRO    LD12 , 104
LAVAI    MACRO    LD13 , 104
LAVAI    MACRO    LD14 , 104
LAVAI    MACRO    LD15 , 124
LAVAI    MACRO    LD16 , 104
```

Tomemos como ejemplo la siguiente línea de código en el cual A = PLS5 y B = 104.

```
LAVAI    MACRO    PLS5 , 104
```

Con lo cual obtenemos:

```
LAVAI      MACRO      PLS5 , 104
           GENERATE  , , , 1
           FUNAVAIL  PLS5
           ADVANCE   104
           FAVAIL    PLS5
           TERMINATE
```

Esta macro genera una transacción en el tiempo $t_0=0$, esta transacción ingresa al bloque FUNAVAIL lo cual hace que la pala cinco “PLS5” cambie de estado a no disponible, después la transacción ingresa al bloque ADVANCE la transacción es retenida en el bloque por 104 minutos después de esto ingresa al bloque FAVAIL lo cual cambia el estado de la pala cinco “PLS5” a disponible, este código simula el tiempo operativo de la pala o cargador.

2.2.6 MÓDULO 6 (DURACIÓN DE LA SIMULACIÓN)

Si no le damos un límite de tiempo a la simulación esta duraría indefinidamente. A continuación se muestra la codificación la cual representa el tiempo que dura una guardia:

```
GENERATE  720
TERMINATE 1
```

Una transacción es generada después de 720 minutos al pasar por el bloque TERMINATE esta transacción es retirada de la simulación y al operando se le resta una unidad con lo cual finaliza la simulación.

Una vez terminada la simulación se calcula la cantidad total de tonelaje que se ha movido mediante la siguiente fórmula:

$$Tonelaje_Movido_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_{i,j} \cdot xC_i$$

Donde N_{ij} es el número de descargas del camión i en la descarga j , C_j es la capacidad nominal del camión i . Para lo cual usamos la matriz DC la cual registra la cantidad de descargas por tipo de camión, esta se define como una matriz de 4 filas y 35 columnas.

CUADRO N° 12. Matriz de registro de descarga por tipo de camión

		Descargas (j)							
		DC	1	2	3	...	33	34	35
Tipo de camión (i)	1								
	2								
	3								
	4								

Fuente: Elaboración propia

Donde las filas representan a los camiones y las columnas a las descargas. Así por ejemplo la cantidad de tonelaje que ha descargado el camión tipo 1 es

$$T1_{i=1} = \sum_{j=1}^{n=35} N_j \times C_1 .$$

La productividad de los camiones se define como sigue:

$$Productividad_j = \frac{Tonelage_Movido_j}{Horas_Ready_j}$$

Para el camión tipo uno tenemos que la productividad se define como:

$$Productividad_j = \frac{\sum_{j=1}^{n=35} N_j \times C_1}{12x\%USAJEx\%MA}$$

El ciclo de los camiones se define de la siguiente forma:

$$Ciclo_j = \frac{Horas_Ready_j}{N_j} \times 60$$

$$Ciclo_j = \frac{12x\%USAJE_j x \%MA_j}{\sum_{j=1}^{n=35} N_j} \times 60$$

Con el fin de poder estimar el costo por onza tomamos las siguientes relaciones:

$$Cost_Por_tonelada = \frac{Costo_total_de_operaciones}{Tonelage_Total_movido} \dots\dots(1)$$

$$Cost._Carguio_y_Acarreo = 55\%(Costo_Total_de_Operaciones) \dots\dots(2)$$

$$Cost._Per + Cost.Vol + Cost.Adm + Cost..Aux = 45\%(Costo_Total_Operaciones)$$

$$Cost_Por_tonelada = 1\$/TM$$

$$Costo_Total_de_Operaciones = (Cost.Carg + Cost.Acarreo + 0.45(Tonelage_Movido))$$

$$Onzas_Vendidas = Onzas_Descargadas$$

$$Costo_por_Onza = \frac{(Cost.Carg + Cost.Acarreo + 0.45(Tonelage_Movido))}{Onzas_Descargadas} * 2.5$$

CAPITULO III: PROBLEMÁTICA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El objetivo principal es demostrar que la adición de un camión de 234 toneladas de capacidad al sistema pala camión genera una reducción en la utilidad bruta. Con el fin de analizar el impacto que tendrá este cambio en el sistema y poder responder a nuestra proposición se procederá a simular la interacción del sistema pala camión con la ayuda del lenguaje de simulación GPSS, bajo los siguientes supuestos y restricciones.

3.2 SUPUESTOS

El aumento de "x" toneladas de material en el ciclo de minado no genera una variación en el costo por tonelada o el costo horario de los equipos.

La recuperación de planta no varía con la ley de mineral.

La disponibilidad mecánica y el *usage* son constantes por tipo de camión y por guardia.

Los pads y los botaderos no tienen un límite en la capacidad de material que pueden acoger.

Las onzas vendidas son iguales a las onzas descargadas.

El aumento en el requerimiento de material roto por el aumento de un camión, está completamente cubierto por las aéreas auxiliares al ciclo de carguío y acarreo lo que significa los costos aumentan en proporción a las toneladas que se mueven.

3.3 RESTRICCIONES

El universo de datos: Contamos con datos correspondientes a cuarenta y un guardias de doce horas cada una. Esto limita la simulación al universo de datos que tenemos.

Complejidad: Debido a la complejidad de la programación se ha visto por conveniente representar cada distribución de tiempos como una función que vienen previamente programadas en el GPSS y no crear nuevas funciones definidas por pares ordenados.

GPSS usa la simulación de Montecarlo, se basa en la generación de números pseudoaleatorios que depende del generador que se utiliza (método) y las características de la computadora que se utilice.

Desarrollo de filtros para la data de tiempos, se tiene que hacer un análisis extenso para determinar qué información tiene que ser eliminada con el fin de no tener datos absurdos en la simulación.

GPSS tiene un límite de bloques que se pueden usar, el paquete para uso público tiene un límite de 128 bloques, para poder superar esta restricción se ha comprado una licencia que vence en diciembre del 2011.

El proyecto debe entregarse en 2 meses.

3.4 PROGRAMACIÓN

A continuación se presenta el código del programa en el lenguaje GPSS el cual nos ayudara a comprobar la suposición planteada al inicio, además este código nos servirá como una plantilla de manera que podemos variar la información de ingreso y guardar la información de salida en diferentes archivos:

```

SIMULATE
OUT      FILEDEF      'STDV20.ATF'
          OUT1        FILEDEF      'STDV20TEST.ATF'
          INTEGER     &I, &DT1, &DT2, &DT3, &DT4

          REALLOCATE  COM, 100000
          REAL        &TPY, &TPLQ, &TPCH, &ONT
REAL      &TPY1, &TPY2, &TPY3, &TPLQ1, &TPLQ2
          REAL        &TPLQ3, &TPCH1, &TPCH2
          REAL        &T11, &T12, &T13, &T21, &T22, &T23
          REAL        &T31, &T32, &T33, &T41, &T42, &T43
          REAL        &SUMC(8)

MM       MATRIX      MH, 4, 3
          INITIAL    MH$MM(1,1), 6/MH$MM(1,2), 8/MH$MM(1,3), 10
          INITIAL    MH$MM(2,1), 4/MH$MM(2,2), 2/MH$MM(2,3), 3
          INITIAL    MH$MM(3,1), 10/MH$MM(3,2), 12/MH$MM(3,3), 8
          INITIAL    MH$MM(4,1), 3/MH$MM(4,2), 3/MH$MM(4,3), 4

*CALCULO DEL TOTAL DE CAMIONES POR TIPO Y SUS RESPECTIVAS HORAS DE TRABAJO
          LET        &SUMC(1)=MH$MM(1,1)+MH$MM(1,2)+MH$MM(1,3)
          LET        &SUMC(2)=MH$MM(2,1)+MH$MM(2,2)+MH$MM(2,3)
          LET        &SUMC(3)=MH$MM(3,1)+MH$MM(3,2)+MH$MM(3,3)
          LET        &SUMC(4)=MH$MM(4,1)+MH$MM(4,2)+MH$MM(4,3)
          LET        &SUMC(5)=&SUMC(1)*9.014
          LET        &SUMC(6)=&SUMC(2)*10.267
          LET        &SUMC(7)=&SUMC(3)*9.036
          LET        &SUMC(8)=&SUMC(4)*10.567

CCA      MATRIX      MH, 4, 20
DC       MATRIX      MH, 4, 20

* MATRIS DE TIEMPO DE VIAJE CARGADO (MEDIA)
*16 PALAS Y CARGADORES 4 TIPOS DE CAMIONES Y 33 DESCARGAS
HAM      MATRIX      ML, 64, 33
          INITIAL    ML$HAM(1,1), 9/ML$HAM(1,2), 9/ML$HAM(1,3), 9/ML$HAM(1,4), 9
.
.
.

* MATRIS DE TIEMPO DE VIAJE CARGADO (DESVIACION)
*
HAD      MATRIX      ML, 64, 33          DESV 16:CARG 9: DESC, 4:TIP CAM
          INITIAL    ML$HAD(1,1), 1/ML$HAD(1,2), 1/ML$HAD(1,3), 1/ML$HAD(1,4), 1
.
.
.

* MATRIS DE TIEMPO DE VIAJE VACIO (MEDIA)

TRM      MATRIX      ML, 33, 64
          INITIAL    ML$TRM(1,1), 6.9/ML$TRM(1,2), 8.4/ML$TRM(1,3), 9.9/ML$TRM(1,4), 10.7/ML$TRM(1,5), 8.4

```

```

* MATRIS DE TIEMPO DE VIAJE VACIO (DESVIACION)

TRD          MATRIX          ML,33,64
INITIAL ML$TRD(1,1),1/ML$TRD(1,2),2/ML$TRD(1,3),1/ML$TRD(1,4),
1/ML$TRD(1,5),2

.
.
*
*
*ENVIAR LOS CLONES A UN CAMBIO DE GUARDIA
FCG          FUNCTION        PH2,D3
1,CGTT1/2,CGTT2/3,CGTT3
*ASIGNA LA PALA EN EL CAMBIO DE GUARDIA (PROB -> NUMERO)
CGCARGA1    FUNCTION        RN1,D14
.1,1/.18,2/.19,3/.26,4/.35,5/.45,6/.56,7/.61,8/.69,11/.74,12/.81,13/.89,14/.9
5,15/1,16
CGCARGA2    FUNCTION        RN1,D14
.1,1/.18,2/.19,3/.26,4/.35,5/.45,6/.56,7/.61,8/.69,11/.74,12/.81,13/.89,14/.9
5,15/1,16
CGCARGA3    FUNCTION        RN1,D14
.1,1/.18,2/.19,3/.26,4/.35,5/.45,6/.56,7/.61,8/.69,11/.74,12/.81,13/.89,14/.9
5,15/1,16
*ASIGNA LA PALA EN EL CAMBIO DE GUARDIA (NUMERO -> PALA)
CGPAL       FUNCTION        PH4,D14
1,SS1/2,SS2/3,SS3/4,SS4/5,SS5/6,SS6/7,SS7/8,SS8/11,LDD11/12,LDD12/13,LDD13/14
,LDD14/15,LDD15/16,LDD16
*TIEMPO DE VIAJE CAMBIO DE GUARDIA A PALA (RND ->NUMERO)
CGLAPAL     FUNCTION        PH4,D14
1,2.3/2,3.1/3,2.2/4,4.5/5,1.6/6,4.6/7,6.6/8,2.3/11,2.6/12,5/13,4.4/14,1.5/15,
7.1/16,2.1
CG2APAL     FUNCTION        PH4,D14          MA% X USAJE% X 12 HORAS*60 MIN
1,2.3/2,3.1/3,2.2/4,4.5/5,1.6/6,4.6/7,6.6/8,2.3/11,2.6/12,5/13,4.4/14,1.5/15,
7.1/16,2.1
CG3APAL     FUNCTION        PH4,D14
1,2.3/2,3.1/3,2.2/4,4.5/5,1.6/6,4.6/7,6.6/8,2.3/11,2.6/12,5/13,4.4/14,1.5/15,
7.1/16,2.1
MAUSA       FUNCTION        PH1,L4
1,179.2/2,104/3,177.9/4,86
MCPH        FUNCTION        PH1,L4
1,0/2,16/3,32/4,48
PALASS      FUNCTION        RN1,D14
0.10,SH1/0.19,SH2/.26,SH3/.31,SH4/.39,SH5/.45,SH6/.5,SH7/.56,SH8/.65,LD011/.7
3,LD012/.8,LD013/.86,LD014/.93,LD015/1,LD016

*LINEAS DE CODIGO PARA LAS PALAS Y CARGADORES
*****
*****
DUMP1       FUNCTION        RN1,D6
0.16,PDQL3/0.3,STKY/0.44,PDQL2/0.59,PDYL2/.79,PDCH/1,BTQ1
DUMP2       FUNCTION        RN1,D8
.17,BTY2/0.27,BTCH/0.38,PDQL1/0.56,PDYL3/.67,BTQ1/0.8,STKY/0.9,STKQ/1,STKC
DUMP3       FUNCTION        RN1,D7
0.23,PDCH/0.33,BTQ3/0.45,BTQ1/0.57,STKC/.67,BTQ2/0.87,BTY2/1,BTCH
DUMP4       FUNCTION        RN1,D7
0.16,PDQL1/0.29,PDQL2/0.37,BTY3/0.51,STKY/0.62,PDCH/0.8,BTCH/1,STKQ
DUMP5       FUNCTION        RN1,D9
0.16,PDYL1/0.25,PDQL3/0.36,PDCH1/0.55,PDYL2/0.63,BTQ1/.73,BTQ2/0.82,BTCH/0.9,
STKQ/1,STKC
DUMP6       FUNCTION        RN1,D8
0.13,PDQL1/0.25,BTQ4/0.39,PDQL2/0.51,PDYL2/0.62,BTQ2/0.73,BTQ5/0.89,BTY1/1,ST
KC
DUMP7       FUNCTION        RN1,D7
0.26,PDCH/0.46,PDYL1/0.67,BTY1/.73,BTQ2/0.82,STKY/0.9,STKQ/1,STKC
DUMP8       FUNCTION        RN1,D7
0.17,PDQL2/0.37,PDQL1/0.47,BTQ4/0.53,PDCH/0.67,BTQ1/0.87,BTCH/1,STKY
DUMP11      FUNCTION        RN1,D6
0.2,PDQL1/.39,PDQL2/0.59,BTQ2/0.7,BTY2/0.86,BTY1/1,STKC

```



```

GENERATE      , , 1
              ASSIGN      2,1,PH
ASSI          ASSIGN      1+,1,PH
              SPLIT       MH$MM(PH1,PH2),FN(FCG)
              TEST GE     PH1,4,ASSI
              ASSIGN      2+,1,PH
              ASSIGN      1,0,PH
              TEST G      PH2,3,ASSI
              TERMINATE
*
CGTT1        ASSIGN      8,XID1,PH
              ADVANCE     FN(MAUSA)
              BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE
***.*
              ENTER      CG1
              ADVANCE     3,1
              LEAVE       CG1
              ASSIGN      4,FN(CGCARGA1),PH
              ADVANCE     FN(CG1APAL)
              BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA CGTT1 DESPUES DE ***.* Y SE DIRIGE
A EL CARGADOR *****
              TRANSFER    ,FN(CGPAL)
*
CGTT2        ASSIGN      8,XID1,PH
              ADVANCE     FN(MAUSA)
              BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA CGTT2 DESPUES DE
***.*
              ENTER      CG2
              ADVANCE     2,1
              LEAVE       CG2
              ASSIGN      4,FN(CGCARGA2),PH
              ADVANCE     FN(CG2APAL)
              BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA CGTT2 DESPUES DE ***.* Y SE DIRIGE
A EL CARGADOR *****
              TRANSFER    ,FN(CGPAL)
*
CGTT3        ASSIGN      8,XID1,PH
              ADVANCE     FN(MAUSA)
              BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1
EL CAMION N **** TIPO *** INGRESO AL CAMBIO DE GUARDIA CGTT3 DESPUES DE
***.*
              ENTER      CG3
              ADVANCE     5,1
              LEAVE       CG3
              ASSIGN      4,FN(CGCARGA3),PH
              ADVANCE     FN(CG3APAL)
              BPUTPIC     FILE=OUT1,LINES=1,XID1,PH1,AC1,PH4
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE GUARDIA CGTT3 DESPUES DE ***.* Y SE DIRIGE
A EL CARGADOR *****
              TRANSFER    ,FN(CGPAL)

```

```

*
*
*
*
DESCARGAS STARTMACRO
#A      ASSIGN      3, #D, PH
          BLET          PH6=PH4+FN(MCPH)
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, PH3, AC1, PH4
EL CAMION N **** TIPO *** INGR A LA DES (#A) **** A LA HORA ****.**
PROVENIENTE DEL CARGADOR ****
          ADVANCE      RVNORM(1, ML$HAM(PH6, PH3), ML$HAD(PH6, PH3))
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, PH4, PH3, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** LLEGO DESDE ***** HASTA (#A) ***** A LA HORA
****.**
          QUEUE        COL#A
          SEIZE        DES#A
          DEPART       COL#A
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA DESCARGA ( #A) A LA HORA
****.**
          ADVANCE      0.5
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA DESCARGA (#A) A LA HORA ****.**
          ADVANCE      RVNORM(1, #B, #C)
          RELEASE      DES#A
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE DESCARGAR EN LA DESCARGA (#A) A LA HORA
****.**
          RUTA#D      BLET          MH(DC, PH1, #D)=MH(DC, PH1, #D)+1
          BLET          PH7=FN(PALASS#D)
          GATE FV      FN(COM2), RUTA#D
          TRANSFER     ,FN(COM1)
          ENDMACRO

PALAS    STARTMACRO
SH#A     ASSIGN      4, #A, PH
          BLET          PH6=PH4+FN(MCPH)
          ADVANCE      RVNORM(1, ML$TRM(PH3, PH6), ML$TRD(PH3, PH6))
          SS#A         QUEUE        COLS#A
          SEIZE        PLS#A
          DEPART       COLS#A
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SALE DE LA COLA DE LA PALA ( #A) A LA HORA ****.**
          ADVANCE      ML$MSP(PH1, 1)
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** SE CUADRA EN LA PALA (#A) A LA HORA ****.**
          ADVANCE      RVNORM(1, #B, #C)
          RELEASE      PLS#A
          BPUTPIC      FILE=OUT1, LINES=1, XID1, PH1, AC1
EL CAMION N **** TIPO *** TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (#A) A LA HORA ****.**
          BLET          MH(CCA, PH1, #A)=MH(CCA, PH1, #A)+1
          TRANSFER     ,FN(DUMP#A)
          ENDMACRO

LODERS   STARTMACRO
LDO#A    ASSIGN      4, #A, PH
          BLET          PH6=PH4+FN(MCPH)
          ADVANCE      RVNORM(1, ML$TRM(PH3, PH6), ML$TRD(PH3, PH6))
          LDD#A        QUEUE        CLD#A
          SEIZE        LD#A
          DEPART       CLD#A
          ADVANCE      ML$MSP(PH1, 1)
          ADVANCE      RVNORM(1, #B, #C)
          RELEASE      LD#A
          BLET          MH(CCA, PH1, #A)=MH(CCA, PH1, #A)+1
          TRANSFER     ,FN(DUMP#A)
          ENDMACRO

```

```

*
      LAVAI      STARTMACRO
      GENERATE   , , , 1
      FUNAVAIL   #A
      ADVANCE    #B
      FAVAIL     #A
      TERMINATE
      ENDMACRO
*
*
*DISPONIBILIDAD MECANICA Y USAJE DE CARGADORES Y PALAS
LAVAI      MACRO      PLS1,124
LAVAI      MACRO      PLS2,124
LAVAI      MACRO      PLS3,124
LAVAI      MACRO      PLS4,124
LAVAI      MACRO      PLS5,104
LAVAI      MACRO      PLS6,104
LAVAI      MACRO      PLS7,124
LAVAI      MACRO      PLS8,104
LAVAI      MACRO      LD11,124
LAVAI      MACRO      LD12,104
LAVAI      MACRO      LD13,104
LAVAI      MACRO      LD14,104
LAVAI      MACRO      LD15,124
LAVAI      MACRO      LD16,104
*
*
PALAS      MACRO      1,3,0.5
PALAS      MACRO      2,2.8,.8
PALAS      MACRO      3,2.56,0.5
PALAS      MACRO      4,2.56,0.5
PALAS      MACRO      5,2.8,.8
PALAS      MACRO      6,2.56,0.5
PALAS      MACRO      7,2.56,0.5
PALAS      MACRO      8,3,0.6
*
*
LODERS     MACRO      11,3,0.5
LODERS     MACRO      12,3,1
LODERS     MACRO      13,3,.6
LODERS     MACRO      14,3,.6
LODERS     MACRO      15,4,.5
LODERS     MACRO      16,5,1
*
*
DESCARGAS  MACRO      PDYL1,2,0.5,1
DESCARGAS  MACRO      PDQL1,2,0.5,2
DESCARGAS  MACRO      PDCH,2,0.5,3
DESCARGAS  MACRO      BTY1,2,0.4,4
DESCARGAS  MACRO      BTQ1,2,0.4,5
DESCARGAS  MACRO      BTCH,2,0.3,6
DESCARGAS  MACRO      STKY,1.2,0.1,7
DESCARGAS  MACRO      STKQ,1.2,0.1,8
DESCARGAS  MACRO      STKC,1.2,0.1,9
DESCARGAS  MACRO      PDYL2,2,0.5,10
DESCARGAS  MACRO      PDQL2,3,.4,11
DESCARGAS  MACRO      BTY2,5,0.8,12
DESCARGAS  MACRO      BTQ2,4,1,13
DESCARGAS  MACRO      PDYL3,2,0.5,14
DESCARGAS  MACRO      BTQ3,4,1,15
DESCARGAS  MACRO      BTY3,5,0.8,16
DESCARGAS  MACRO      PDQL3,3,.4,17
DESCARGAS  MACRO      PDCH1,2,0.5,18
DESCARGAS  MACRO      BTQ4,4,1,19
DESCARGAS  MACRO      BTQ5,4,1,20
*
      GENERATE   720
      TERMINATE  1
      START      1

```

```

*
      LET
&T11=MH$DC(1,1)+MH$DC(1,2)+MH$DC(1,3)+MH$DC(1,4)+MH$DC(1,5)+MH$DC(1,6)+MH$DC(1,7)+MH$DC(1,8)+MH$DC(1,9)
      LET
&T12=MH$DC(1,10)+MH$DC(1,11)+MH$DC(1,12)+MH$DC(1,13)+MH$DC(1,14)+MH$DC(1,15)+MH$DC(1,16)
      LET
&T13=MH$DC(1,17)+MH$DC(1,18)+MH$DC(1,19)+MH$DC(1,20)+&T11+&T12
      LET
&T21=MH$DC(2,1)+MH$DC(2,2)+MH$DC(2,3)+MH$DC(2,4)+MH$DC(2,5)+MH$DC(2,6)+MH$DC(2,7)+MH$DC(2,8)+MH$DC(2,9)
      LET
&T22=MH$DC(2,10)+MH$DC(2,11)+MH$DC(2,12)+MH$DC(2,13)+MH$DC(2,14)+MH$DC(2,15)+MH$DC(2,16)
      LET
&T23=MH$DC(2,17)+MH$DC(2,18)+MH$DC(2,19)+MH$DC(2,20)+&T21+&T22
      LET
&T31=MH$DC(3,1)+MH$DC(3,2)+MH$DC(3,3)+MH$DC(3,4)+MH$DC(3,5)+MH$DC(3,6)+MH$DC(3,7)+MH$DC(3,8)+MH$DC(3,9)
      LET
&T32=MH$DC(3,10)+MH$DC(3,11)+MH$DC(3,12)+MH$DC(3,13)+MH$DC(3,14)+MH$DC(3,15)+MH$DC(3,16)
      LET
&T33=MH$DC(3,17)+MH$DC(3,18)+MH$DC(3,19)+MH$DC(3,20)+&T31+&T32
      LET
&T41=MH$DC(4,1)+MH$DC(4,2)+MH$DC(4,3)+MH$DC(4,4)+MH$DC(4,5)+MH$DC(4,6)+MH$DC(4,7)+MH$DC(4,8)+MH$DC(4,9)
      LET
&T42=MH$DC(4,10)+MH$DC(4,11)+MH$DC(4,12)+MH$DC(4,13)+MH$DC(4,14)+MH$DC(4,15)+MH$DC(4,16)
      LET
&T43=MH$DC(4,17)+MH$DC(4,18)+MH$DC(4,19)+MH$DC(4,20)+&T41+&T42
*
      LET      &TPY1=MH$DC(2,1)+MH$DC(1,1)+MH$DC(3,1)+MH$DC(4,1)
      LET      &TPY2=MH$DC(2,10)+MH$DC(1,10)+MH$DC(3,10)+MH$DC(4,10)
      LET      &TPY3=MH$DC(2,14)+MH$DC(1,14)+MH$DC(3,14)+MH$DC(4,14)
      LET      &TPY=&TPY1+&TPY2+&TPY3
      LET      &TPLQ1=MH$DC(2,2)+MH$DC(1,2)+MH$DC(3,2)+MH$DC(4,2)
      LET      &TPLQ2=MH$DC(2,11)+MH$DC(1,11)+MH$DC(3,11)+MH$DC(4,11)
      LET      &TPLQ3=MH$DC(2,17)+MH$DC(1,17)+MH$DC(3,17)+MH$DC(4,17)
      LET      &TPLQ=&TPLQ1+&TPLQ2+&TPLQ3
      LET      &TPCH1=MH$DC(2,3)+MH$DC(1,3)+MH$DC(3,3)+MH$DC(4,3)
      LET      &TPCH2=MH$DC(2,18)+MH$DC(1,18)+MH$DC(3,18)+MH$DC(4,18)
*
      LET      &TPCH=&TPCH1+&TPCH2
      LET      &ONT=&TPY+&TPLQ+&TPCH
*
*
      PUTPIC
FILE=OUT,LINES=4,&T13,&T13*137,&T23,&T23*234,&T33,&T33*234,&T43,&T43*234
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 785 ES DE **** LO QUE DA UN TOTAL DE
**** TONELADAS
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 793B ES DE **** LO QUE DA UN TOTAL DE
**** TONELADAS
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 793C ES DE **** LO QUE DA UN TOTAL DE
**** TONELADAS
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 793D ES DE **** LO QUE DA UN TOTAL DE
**** TONELADAS
      PUTPIC
FILE=OUT,LINES=4,&SUMC(1),&SUMC(5),&SUMC(2),&SUMC(6),&SUMC(3),&SUMC(7),&SUMC(4),&SUMC(8)
EL NUMERO DE CAMIONES 785C ES **** Y HAN TRABAJADO **** HORAS EN UNA GUARDIA
EL NUMERO DE CAMIONES 793B ES **** Y HAN TRABAJADO **** HORAS EN UNA GUARDIA
EL NUMERO DE CAMIONES 793C ES **** Y HAN TRABAJADO **** HORAS EN UNA GUARDIA
EL NUMERO DE CAMIONES 794D ES **** Y HAN TRABAJADO **** HORAS EN UNA GUARDIA

```

```

      PUTPIC
FILE=OUT,LINES=4,&T13*137/&SUMC(5),&T23*234/&SUMC(6),&T33*234/&SUMC(7),&T43*2
34/&SUMC(8)
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 785C ES **** TON/HR
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 793B ES **** TON/HR
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 793C ES **** TON/HR
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 793D ES **** TON/HR
      PUTPIC      FILE=OUT,LINES=1,&T13*137+&T23*234+&T33*234+&T43*234
EL TONELAJE TOTAL OBTENIDO ES *****.****
      PUTPIC
FILE=OUT,LINES=4,&SUMC(5)/&T13*60,&SUMC(6)/&T23*60,&SUMC(7)/&T33*60,&SUMC(8)/
&T43*60
EL CICLO DEL CAMION 785C ES *****.*** MIN
EL CICLO DEL CAMION 793B ES *****.*** MIN
EL CICLO DEL CAMION 793C ES *****.*** MIN
EL CICLO DEL CAMION 793D ES *****.*** MIN
      PUTPIC
FILE=OUT,LINES=4,&TPY*.5/31.1035,&TPLQ*.5/31.1035,&TPCH*.5/31.1035,&ONT*.5/31
.1035,&ONT*.5/31.1035*900
SE HA DESCARGADO ****.***** ONZAS EN EL PAD YA
SE HA DESCARGADO ****.***** ONZAS EN EL PAD LQ
SE HA DESCARGADO ****.***** ONZAS EN EL PAD CH
EL TOTAL DE ONZAS DESCARGADAS ES *****.**** LO QUE EQUIVALE A *****.**
DOLARES
      PUTPIC
FILE=OUT,LINES=3,&TPY1,&TPY2,&TPY3,&TPLQ1,&TPLQ2,&TPLQ3,&TPCH1,&TPCH2
XTPY1 *****.XTPY2 *****.XTPY3 *****.
XTPLQ1 *****.XTPLQ2 *****.XTPLQ3 *****.
XTPLCH1 *****.XTPLCH2 *****.
      END

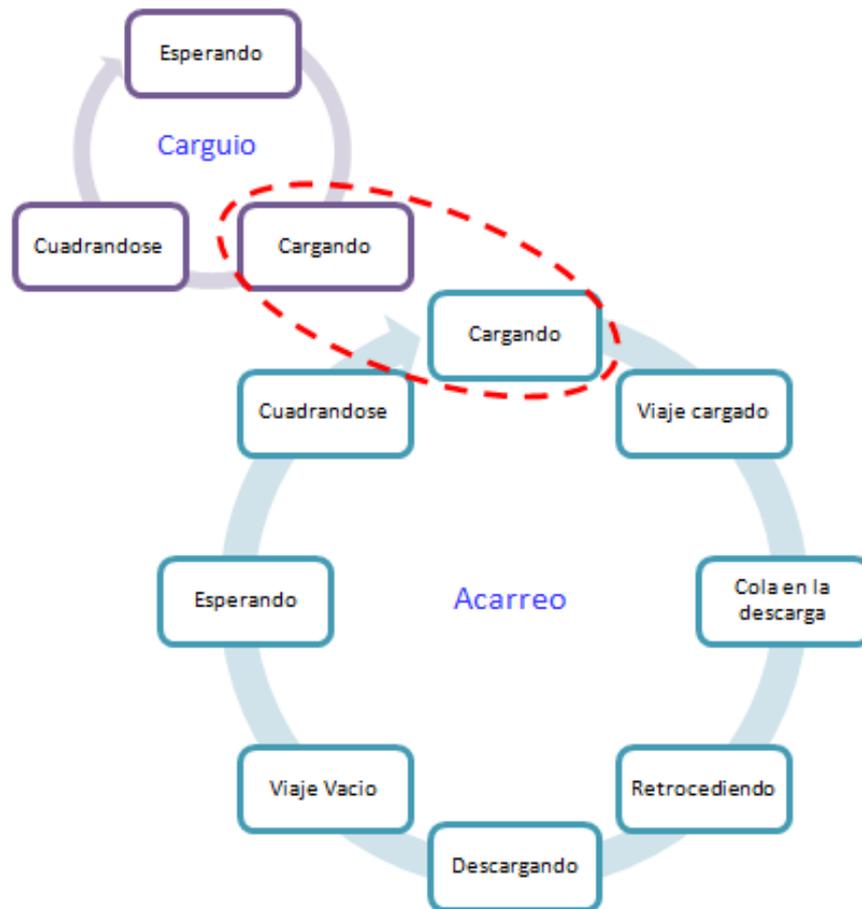
```

CAPITULO IV: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 LÍMITES

Para poder analizar mejor la información de procederá a dividirla de acuerdo al ciclo de acarreo, sin tomar en cuenta las colas ya que estas serán producto de la simulación. A continuación se muestra las partes del ciclo de carguío y acarreo:

GRÁFICO N° 12. Interacción entre las palas y camiones



Fuente: Elaboración propia

El análisis que se muestra a continuación se hace se hará para cada una de las cuarenta y un guardias.

4.1.1 FILTROS TIEMPO CARGANDO

Con el fin de poder analizar la información se ha procedido a programar en el editor de Visual Basic de Excel unas rutinas para poder decidir qué modelo se ajusta mejor a la distribución de los datos. Estas rutinas nos ayudan a ordenar la información en un Histograma, de manera que podemos observar el comportamiento de la distribución.

La macro ordenara la data en una hoja de Excel de manera que podamos comparar la distribución real de los tiempos, con la distribución normal y la distribución de Weibull, como primer paso el histograma se generara sin establecer ningún filtro a la data de tiempo de carguío, con el fin de poder evaluar la distribución y posteriormente asignarle un filtro.

GRÁFICO N° 13. Captura de pantalla de la macro de Excel que genera los Histogramas

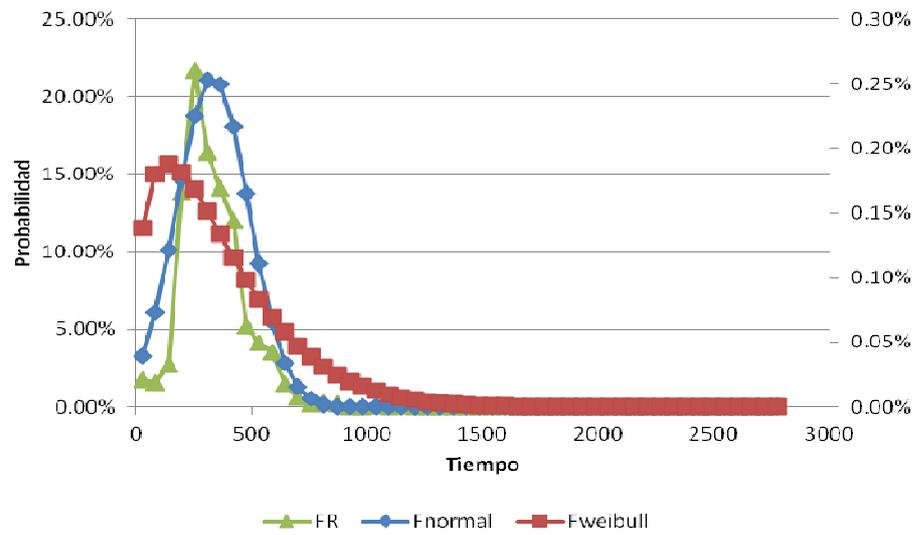
M10												L	M	N	O
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K				
1	LI	LS	X	FR	FA	FAA	Normal	Weibull	FANORMAL	FAWEIBULL	FRA				
2	0	55.96	27.98	18	18	1.77%	2.64%	2.97%	0.04%	0.14%	1.77%				
3	55.96	111.92	83.94	16	34	3.34%	5.73%	12.15%	0.07%	0.18%	1.57%				
4	111.92	167.88	139.9	28	62	6.08%	11.14%	22.53%	0.12%	0.19%	2.75%				
5	167.88	223.84	195.86	141	203	19.92%	19.47%	32.90%	0.18%	0.18%	13.84%				
6	223.84	279.8	251.82	221	424	41.61%	30.78%	42.71%	0.23%	0.17%	21.69%				
7	279.8	335.76	307.78	167	591	58.00%	44.29%	51.67%	0.25%	0.15%	16.39%				
8	335.76	391.72	363.74	144	735	72.13%	58.50%	59.66%	0.25%	0.13%	14.13%				
9	391.72	447.68	419.7	122	857	84.10%	71.68%	66.64%	0.22%	0.12%	11.97%				
10	447.68	503.64	475.66	53	910	89.30%	82.43%	72.64%	0.17%	0.10%	5.20%				
11	503.64	559.6	531.62	42	952	93.42%	90.15%	77.74%	0.11%	0.08%	4.12%				
12	559.6	615.56	587.58	36	988	96.96%	95.04%	82.02%	0.07%	0.07%	3.53%				
13	615.56	671.52	643.54	15	1003	98.43%	97.76%	85.58%	0.03%	0.06%	1.47%				
14	671.52	727.48	699.5	6	1009	99.02%	99.10%	88.50%	0.02%	0.05%	0.59%				
15	727.48	783.44	755.46	2	1011	99.21%	99.68%	90.89%	0.01%	0.04%	0.20%				
16	783.44	839.4	811.42	3	1014	99.51%	99.90%	92.82%	0.00%	0.03%	0.29%				
17	839.4	895.36	867.38	2	1016	99.71%	99.97%	94.37%	0.00%	0.02%	0.20%				
18	895.36	951.32	923.34	0	1016	99.71%	99.99%	95.62%	0.00%	0.02%	0.00%				
19	951.32	1007.28	979.3	0	1016	99.71%	100.00%	96.60%	0.00%	0.02%	0.00%				
20	1007.28	1063.24	1035.26	1	1017	99.80%	100.00%	97.37%	0.00%	0.01%	0.10%				
21	1063.24	1119.2	1091.22	0	1017	99.80%	100.00%	97.98%	0.00%	0.01%	0.00%				
22	1119.2	1175.16	1147.18	1	1018	99.90%	100.00%	98.46%	0.00%	0.01%	0.10%				
23	1175.16	1231.12	1203.14	0	1018	99.90%	100.00%	98.82%	0.00%	0.01%	0.00%				
24	1231.12	1287.08	1259.1	0	1018	99.90%	100.00%	99.11%	0.00%	0.00%	0.00%				
25	1287.08	1343.04	1315.06	0	1018	99.90%	100.00%	99.33%	0.00%	0.00%	0.00%				
26	1343.04	1399	1371.02	0	1018	99.90%	100.00%	99.49%	0.00%	0.00%	0.00%				
27	1399	1454.96	1426.98	0	1018	99.90%	100.00%	99.62%	0.00%	0.00%	0.00%				
28	1454.96	1510.92	1482.94	0	1018	99.90%	100.00%	99.72%	0.00%	0.00%	0.00%				

Modulo Data Origin.

[Lista de graficos](#) [Limpia Hoja](#)
[Ordenar Graficos](#) [Histograma](#)

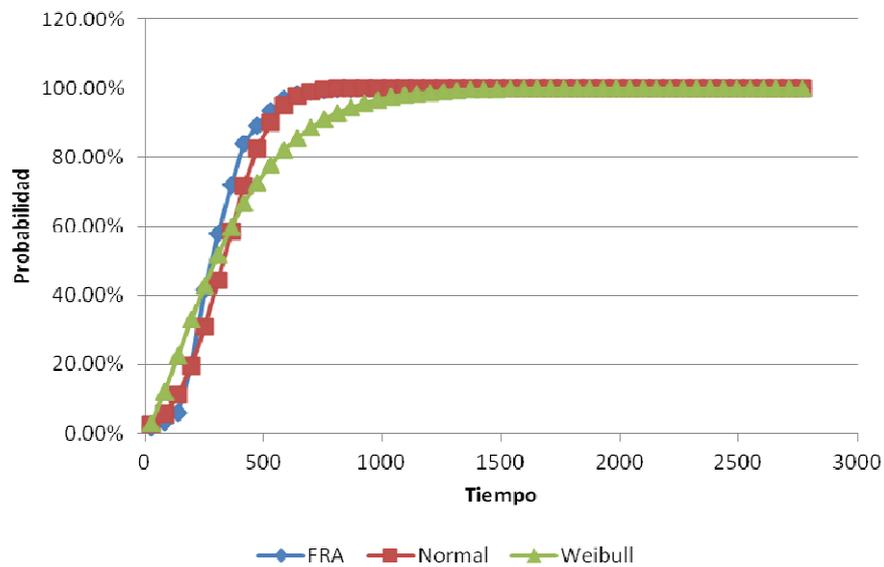
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 14. Distribución del tiempo de carguío sin ningún filtro



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 15. Distribucion de la frecuencia acumulada sin ningun filtro



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a distribución observada se plantean los límites de 30 a 900 segundos para tiempo de carguío con lo cual obtenemos lo siguiente:

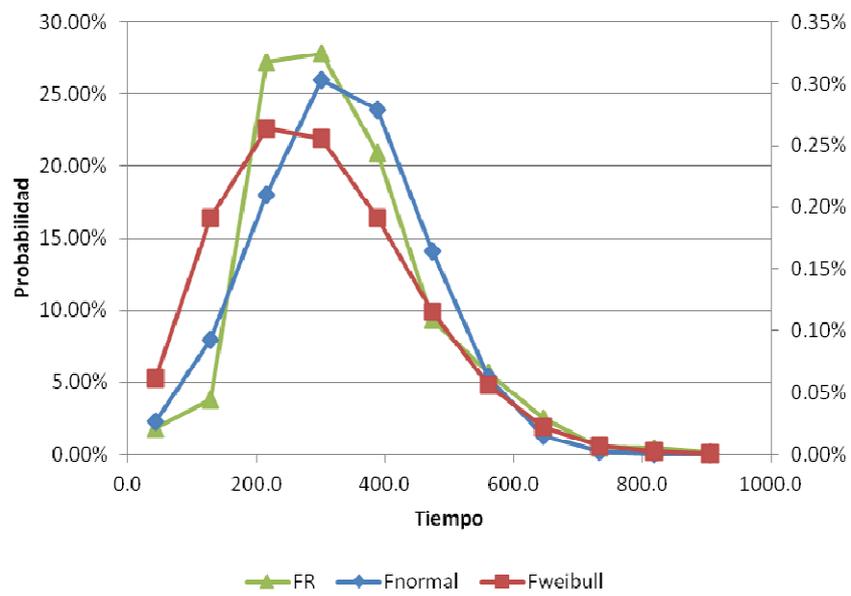
GRÁFICO N° 16. Captura de pantalla de la macro de Excel que genera los Histogramas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Li	Ls	X	F	FA	FRA	Normal	Weibull	Fnormal	Fweibull	FR						
2	0.0	86.2	43.1	18	18	1.79%	1.32%	1.24%	0.03%	0.06%	1.79%						
3	86.2	172.4	129.3	38	56	5.56%	6.03%	12.32%	0.09%	0.19%	3.77%						
4	172.4	258.6	215.5	274	330	32.77%	18.87%	32.47%	0.21%	0.26%	27.21%						
5	258.6	344.8	301.7	280	610	60.58%	41.56%	55.40%	0.30%	0.26%	27.81%						
6	344.8	431.0	387.9	211	821	81.53%	67.59%	74.92%	0.28%	0.19%	20.95%						
7	431.0	517.2	474.1	94	915	90.86%	86.98%	88.07%	0.16%	0.11%	9.33%						
8	517.2	603.4	560.3	57	972	96.52%	96.37%	95.22%	0.06%	0.06%	5.66%						
9	603.4	689.6	646.5	25	997	99.01%	99.31%	98.39%	0.01%	0.02%	2.48%						
10	689.6	775.8	732.7	5	1002	99.50%	99.91%	99.55%	0.00%	0.01%	0.50%						
11	775.8	862.0	818.9	4	1006	99.90%	99.99%	99.89%	0.00%	0.00%	0.40%						
12	862.0	948.2	905.1	1	1007	100.00%	100.00%	99.98%	0.00%	0.00%	0.10%						

Modulo Data Filtrad

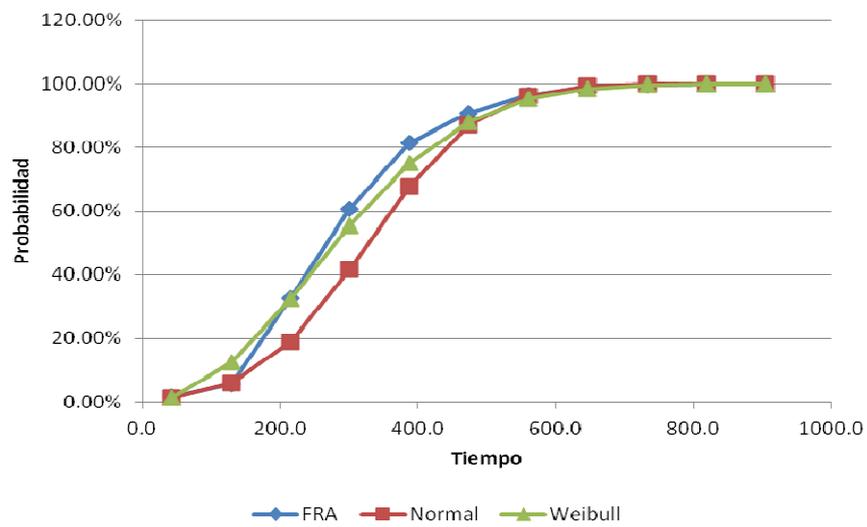
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 17. Distribución del tiempo de carguío



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 18. Frecuencia Acumulada del Tiempo de carguío



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar la distribución que mejor se ajusta al tiempo de carguio es la distribución de weibull, pero por fines prácticos tomaremos la distribución normal que también nos da una buena aproximación.

CUADRO N° 13. Límites para el tiempo de carga

Pala1	Pala2	Pala3	Pala4	Pala5	Pala6	Pala7	Pala8
30	30	30	30	30	30	30	30
250	250	250	250	200	500	250	500

Cargador9	Cargador10	Cargador11	Cargador12	Cargador13	Cargador14
30	30	30	30	30	30
900	600	850	450	400	350

Fuente: Elaboración propia

Este mismo procedimiento se aplica a los otros 14 cargadores aplicando los siguientes límites de tiempo.

Con lo cual establecemos los límites para el tiempo de carga para cada tipo de camión y para cada cargador, al final estableceremos un total de 56 para los cuatro tipos de camiones.

4.1.2 FILTROS DE TIEMPO DE ACARREO

Con la ayuda de varias macros se procede a seleccionar el tiempo de viaje cargado por tipo de camión y por descarga con lo que obtenemos la siguiente tabla la cual representa la distribución de tiempos para una única descarga, recordemos que tenemos más 120 puntos de diferentes de descargas.

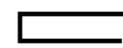
GRÁFICA N° 19. Vista del tiempo de viaje cargado sin ningún filtro

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	LI	LS	X	FR	FA	FAA	Normal	Weibull	FANORMAL	FAWEIBULL	FRA				
2	0	422.875	211.4375	169	169	7.96%	6.17%	32.08%	0.02%	0.10%	7.96%				
3	422.875	845.75	634.3125	56	225	10.59%	24.80%	60.34%	0.06%	0.05%	2.64%				
4	845.75	1268.625	1057.1875	1763	1988	93.60%	57.12%	75.01%	0.08%	0.03%	83.00%				
5	1268.625	1691.5	1480.0625	103	2091	98.45%	85.08%	83.65%	0.05%	0.02%	4.85%				
6	1691.5	2114.375	1902.9375	22	2113	99.48%	97.13%	89.04%	0.01%	0.01%	1.04%				
7	2114.375	2537.25	2325.8125	6	2119	99.76%	99.71%	92.51%	0.00%	0.01%	0.28%				
8	2537.25	2960.125	2748.6875	2	2121	99.86%	99.99%	94.81%	0.00%	0.00%	0.09%				
9	2960.125	3383	3171.5625	0	2121	99.86%	100.00%	96.37%	0.00%	0.00%	0.00%				
10	3383	3805.875	3594.4375	0	2121	99.86%	100.00%	97.43%	0.00%	0.00%	0.00%				
11	3805.875	4228.75	4017.3125	1	2122	99.91%	100.00%	98.17%	0.00%	0.00%	0.05%				
12	4228.75	4651.625	4440.1875	0	2122	99.91%	100.00%	98.68%	0.00%	0.00%	0.00%				
13	4651.625	5074.5	4863.0625	0	2122	99.91%	100.00%	99.05%	0.00%	0.00%	0.00%				
14	5074.5	5497.375	5285.9375	0	2122	99.91%	100.00%	99.31%	0.00%	0.00%	0.00%				
15	5497.375	5920.25	5708.8125	0	2122	99.91%	100.00%	99.49%	0.00%	0.00%	0.00%				
16	5920.25	6343.125	6131.6875	0	2122	99.91%	100.00%	99.63%	0.00%	0.00%	0.00%				
17	6343.125	6766	6554.5625	1	2123	99.95%	100.00%	99.73%	0.00%	0.00%	0.05%				
18	6766	7188.875	6977.4375	0	2123	99.95%	100.00%	99.80%	0.00%	0.00%	0.00%				
19	7188.875	7611.75	7400.3125	0	2123	99.95%	100.00%	99.85%	0.00%	0.00%	0.00%				
20	7611.75	8034.625	7823.1875	0	2123	99.95%	100.00%	99.89%	0.00%	0.00%	0.00%				
21	8034.625	8457.5	8246.0625	0	2123	99.95%	100.00%	99.92%	0.00%	0.00%	0.00%				
22	8457.5	8880.375	8668.9375	0	2123	99.95%	100.00%	99.94%	0.00%	0.00%	0.00%				
23	8880.375	9303.25	9091.8125	0	2123	99.95%	100.00%	99.95%	0.00%	0.00%	0.00%				
24	9303.25	9726.125	9514.6875	0	2123	99.95%	100.00%	99.96%	0.00%	0.00%	0.00%				
25	9726.125	10149	9937.5625	0	2123	99.95%	100.00%	99.97%	0.00%	0.00%	0.00%				
26	10149	10571.875	10360.438	0	2123	99.95%	100.00%	99.98%	0.00%	0.00%	0.00%				
27	10571.875	10994.75	10783.313	0	2123	99.95%	100.00%	99.98%	0.00%	0.00%	0.00%				
28	10994.75	11417.625	11206.188	0	2123	99.95%	100.00%	99.99%	0.00%	0.00%	0.00%				

Modulo Data Origin.

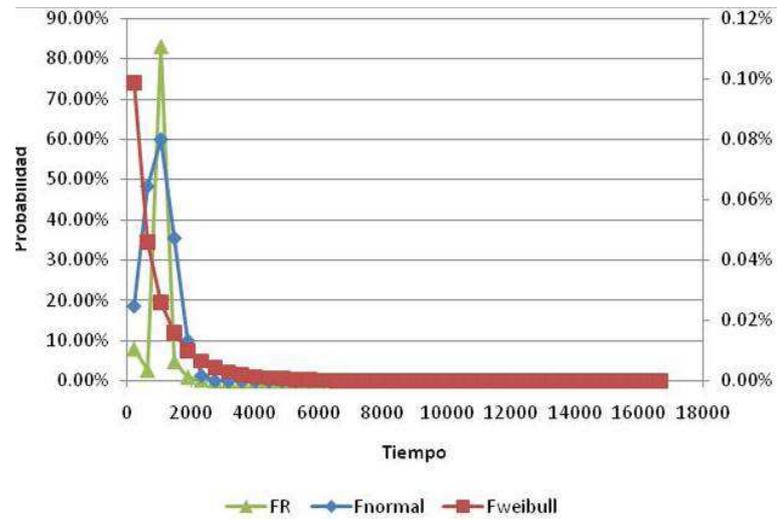
[Lista de graficos](#)
[Limpia Hoja](#)

[Ordenar Graficos](#)
[Histograma](#)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 20. Histograma del tiempo de acarreo



Fuente: Elaboración propia

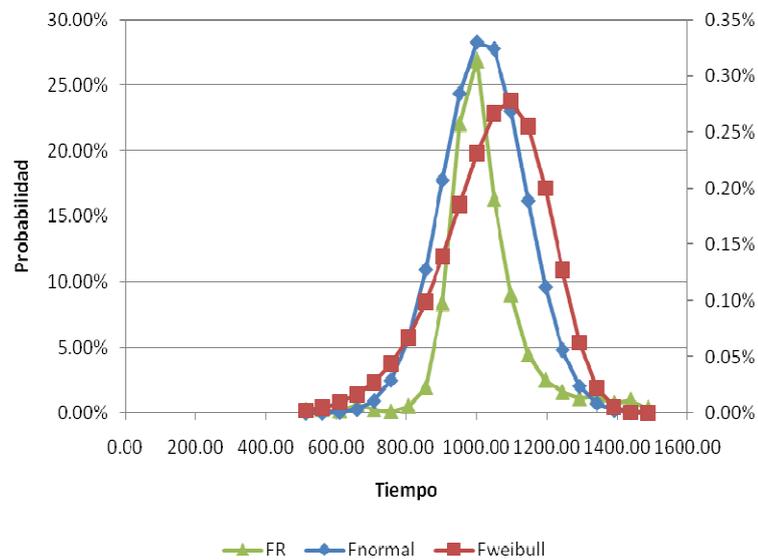
Establecemos el rango de 500 a 1500 de manera que los datos fuera de este rango no entran al análisis, a continuación se muestra la tabla y el histograma de los datos filtrados.

GRÁFICA N° 21. Captura del tiempo de viaje cargado sin ningún filtro

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Li	Ls	X	F	FA	FRA	Normal	Weibull	Fnormal	Fweibull	FR					
2	488.00	536.80	512.40	5	5	0.26%	0.00%	0.16%	0.00%	0.00%	0.26%					
3	536.80	585.60	561.20	5	10	0.53%	0.01%	0.35%	0.00%	0.01%	0.26%					
4	585.60	634.40	610.00	3	13	0.69%	0.03%	0.69%	0.00%	0.01%	0.16%					
5	634.40	683.20	658.80	13	26	1.37%	0.12%	1.31%	0.00%	0.02%	0.69%					
6	683.20	732.00	707.60	5	31	1.64%	0.45%	2.35%	0.01%	0.03%	0.26%					
7	732.00	780.80	756.40	2	33	1.74%	1.37%	4.07%	0.03%	0.04%	0.11%					
8	780.80	829.60	805.20	10	43	2.27%	3.62%	6.75%	0.07%	0.07%	0.53%					
9	829.60	878.40	854.00	37	80	4.22%	8.27%	10.77%	0.13%	0.10%	1.95%					
10	878.40	927.20	902.80	159	239	12.62%	16.40%	16.56%	0.21%	0.14%	8.39%					
11	927.20	976.00	951.60	418	657	34.69%	28.48%	24.47%	0.28%	0.19%	22.07%					
12	976.00	1024.80	1000.40	510	1167	61.62%	43.66%	34.65%	0.33%	0.23%	26.93%					
13	1024.80	1073.60	1049.20	309	1476	77.93%	59.86%	46.87%	0.32%	0.27%	16.31%					
14	1073.60	1122.40	1098.00	171	1647	86.96%	74.50%	60.28%	0.27%	0.28%	9.03%					
15	1122.40	1171.20	1146.80	84	1731	91.39%	85.72%	73.45%	0.19%	0.26%	4.44%					
16	1171.20	1220.00	1195.60	47	1778	93.88%	93.02%	84.68%	0.11%	0.20%	2.48%					
17	1220.00	1268.80	1244.40	30	1808	95.46%	97.04%	92.70%	0.06%	0.13%	1.58%					
18	1268.80	1317.60	1293.20	21	1829	96.57%	98.92%	97.28%	0.02%	0.06%	1.11%					
19	1317.60	1366.40	1342.00	25	1854	97.89%	99.66%	99.26%	0.01%	0.02%	1.32%					
20	1366.40	1415.20	1390.80	14	1868	98.63%	99.91%	99.86%	0.00%	0.01%	0.74%					
21	1415.20	1464.00	1439.60	19	1887	99.63%	99.98%	99.98%	0.00%	0.00%	1.00%					
22	1464.00	1512.80	1488.40	7	1894	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.37%					

Modulo Data Filtra

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 22. Histograma del tiempo de acarreo (Datos filtrados)

Fuente: Elaboración propia

Vemos que la distribución que se ajusta mejor es la distribución normal por lo cual la utilizaremos al momento de simular los tiempos de viaje cargado. A continuación veremos la lista de los filtros aplicados a las primeras 9 descargas.

CUADRO N° 14.

Filtros de tiempo de descarga para las primeras nueve descargas.

Descarga	PDCH2	PDCH3	PDCH4	PDCH5	BTCH1	STCH1	BTCH9	BTCH2	PDCH6
Linferior	500	500	800	800	60	200	900	800	450
Lsuperior	1500	1500	1200	1200	900	1000	1100	1000	1000

Fuente: Elaboración propia

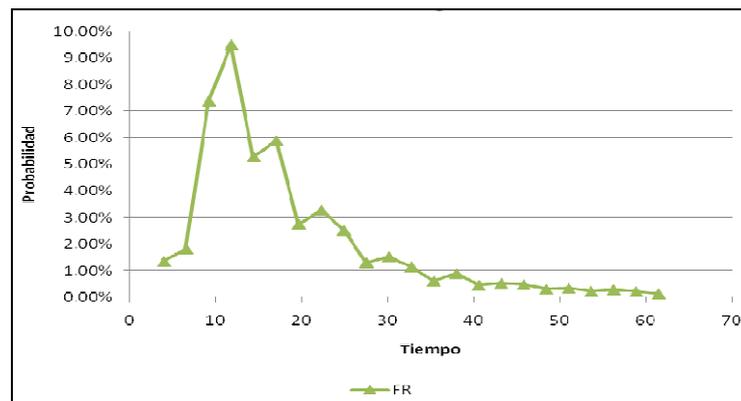
Para ver la lista completa de filtros utilizados en el tiempo de acarreo véase Anexo 2.

En total se plantearán 134 filtros por cada tipo de camión.

4.1.3 FILTROS DE RETROCESO EN LA DESCARGA

Con ayuda de la macro desarrollada creamos el histograma del tiempo de retroceso, que se muestra a continuación.

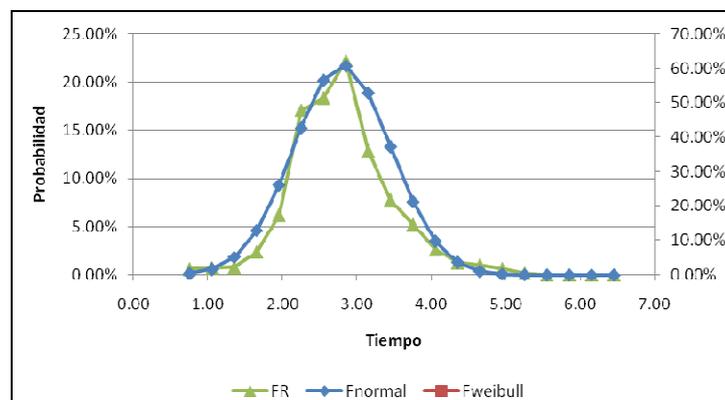
GRÁFICA N° 23. Histograma de tiempo de retroceso



Fuente: Elaboración propia

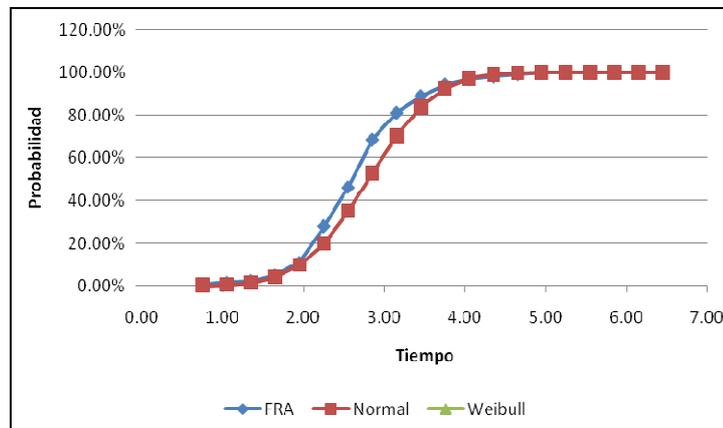
Vemos que se asemeja a un adistribucion lognormal, pero para probarlo tomamos el logaritmo del tiempo de retroceso, para el camion 785 y le aplicamos los siguientes limites 1 a 185 con lo cual optenemos el siguinete grafico:

GRÁFICA N° 24. Frecuencia del LN(del tiempo de retroceso)



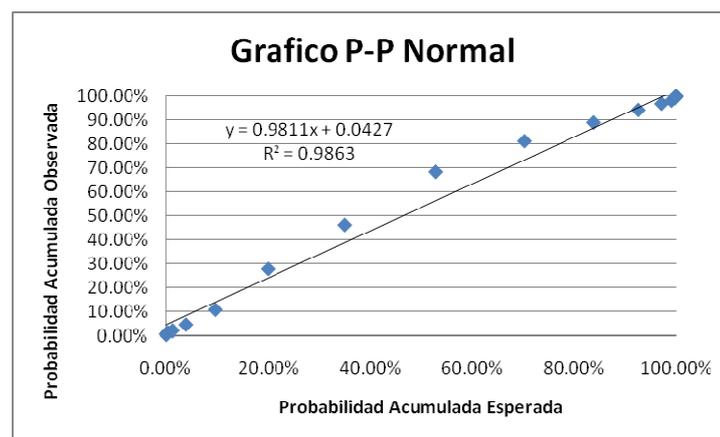
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 25. Frecuencia Acumulada del tiempo de retroceso



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 25. Grafico P-P Normal del tiempo de retroceso



Fuente: Elaboración propia

Aun cuando la distribución se ajusta más a una distribución lognormal, usaremos la distribución normal para poder representar el retroceso de los camiones debido a que este cambio facilitará la programación.

4.1.4 FILTROS DE TIEMPO DESCARGA

El tiempo de descarga es solo función del tipo de camión por lo cual planteamos los siguientes límites:

CUADRO N° 15. Límites de tiempo de descarga

Descarga	785	793B	793C	793D
Linferior	20	20	15	20
Lsuperior	140	140	140	140

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual obtenemos la siguiente tabla:

GRÁFICA N° 26. Distribución de tiempo de descarga después de aplicar los filtros

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data table:

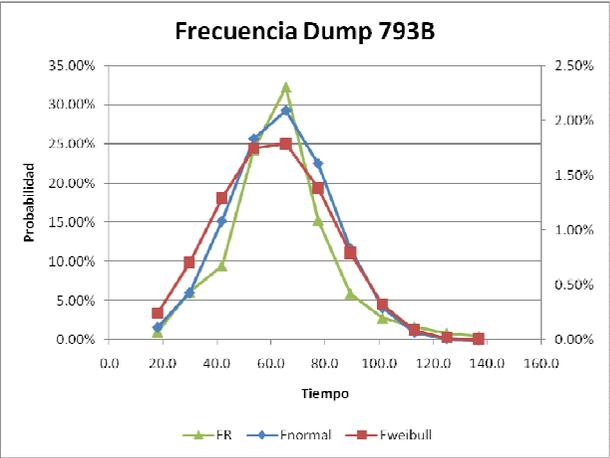
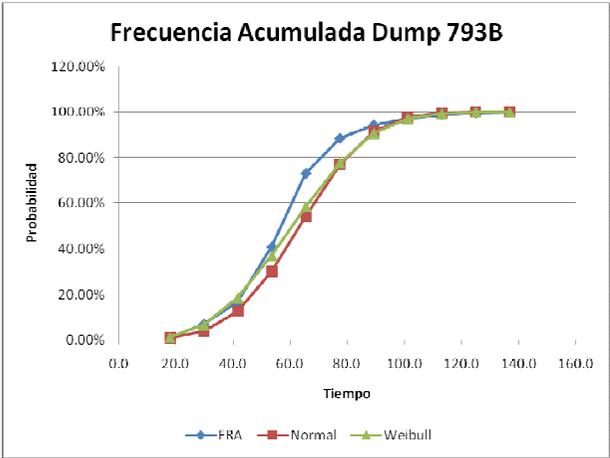
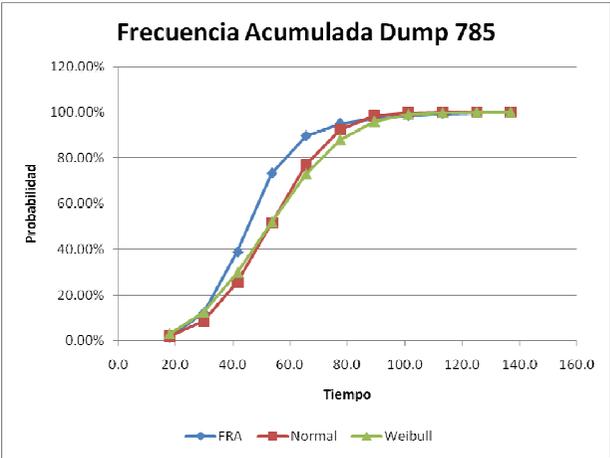
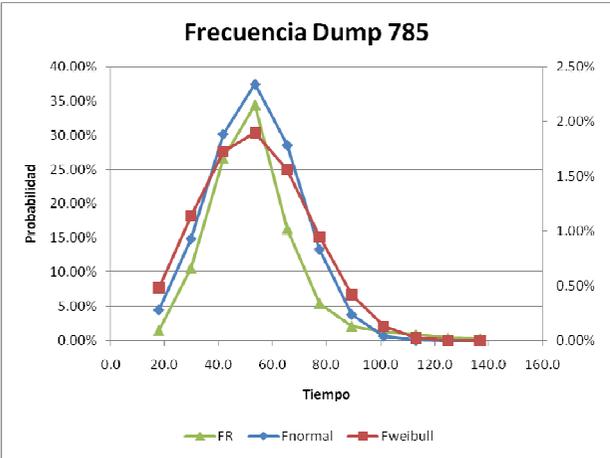
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Li	Ls	X	F	FA	FRA	Normal	Weibull	Fnormal	Fweibull	FR
2	11.9	23.8	17.9	92	92	1.02%	0.80%	1.35%	0.12%	0.24%	1.02%
3	23.8	35.7	29.8	550	642	7.13%	3.76%	6.77%	0.43%	0.70%	6.10%
4	35.7	47.6	41.7	850	1492	16.56%	12.48%	18.63%	1.08%	1.29%	9.43%
5	47.6	59.5	53.6	2185	3677	40.81%	30.03%	36.99%	1.84%	1.74%	24.25%
6	59.5	71.4	65.5	2910	6587	73.11%	54.16%	58.49%	2.09%	1.79%	32.30%
7	71.4	83.3	77.4	1379	7966	88.41%	76.80%	77.75%	1.61%	1.39%	15.31%
8	83.3	95.2	89.3	531	8497	94.31%	91.31%	90.73%	0.83%	0.79%	5.89%
9	95.2	107.1	101.2	250	8747	97.08%	97.66%	97.14%	0.29%	0.32%	2.77%
10	107.1	119.0	113.1	149	8896	98.73%	99.56%	99.38%	0.07%	0.09%	1.65%
11	119.0	130.9	125.0	74	8970	99.56%	99.94%	99.91%	0.01%	0.02%	0.82%
12	130.9	142.8	136.9	40	9010	100.00%	99.99%	99.99%	0.00%	0.00%	0.44%

The 'Modulo Data Filtrada' overlay contains the following buttons:

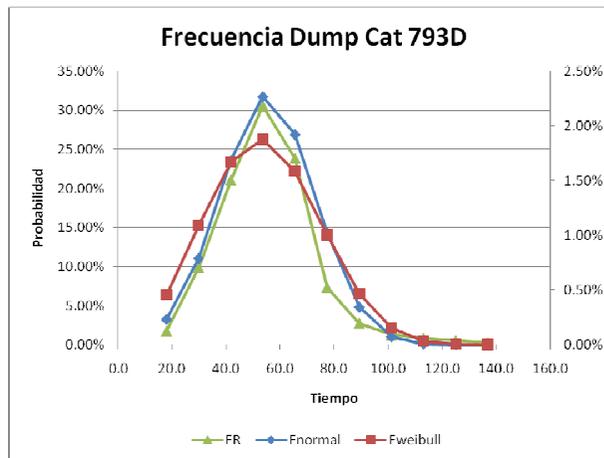
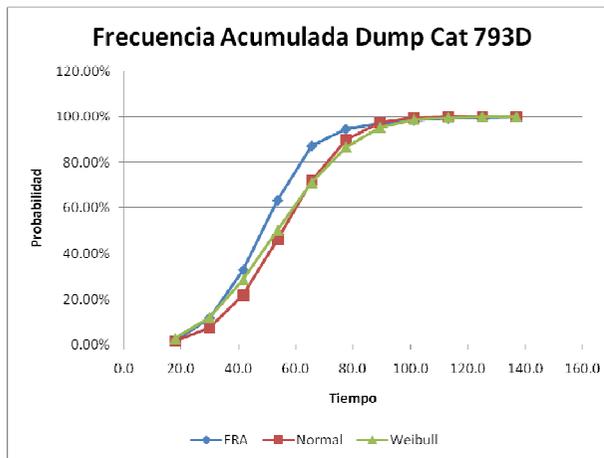
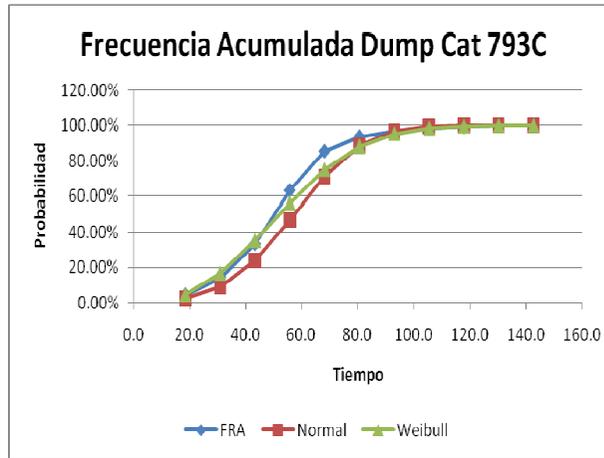
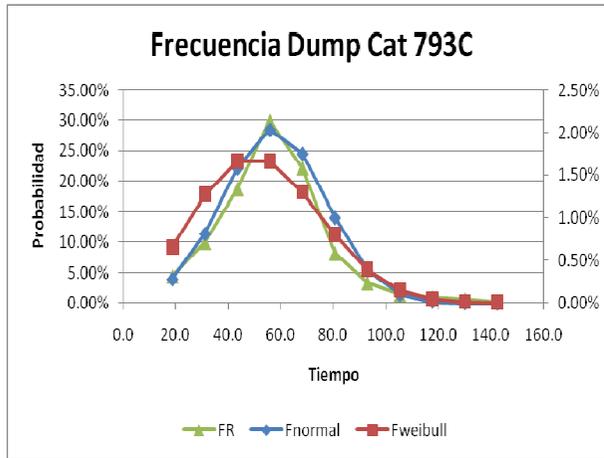
- Lista de
- Limpia Hoja
- Ordenar
- Histograma

Fuente: Elaboración propia

Histograma de tiempo de descarga por tipo de camión



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar que la distribución normal es el modelo que mejor se ajusta al tiempo de descarga.

4.1.5 FILTROS DE TIEMPO DE VIAJE VACIO

La siguiente tabla muestra los filtros superior e inferior que se aplicara al tiempo de viaje vacio a un punto de descarga:

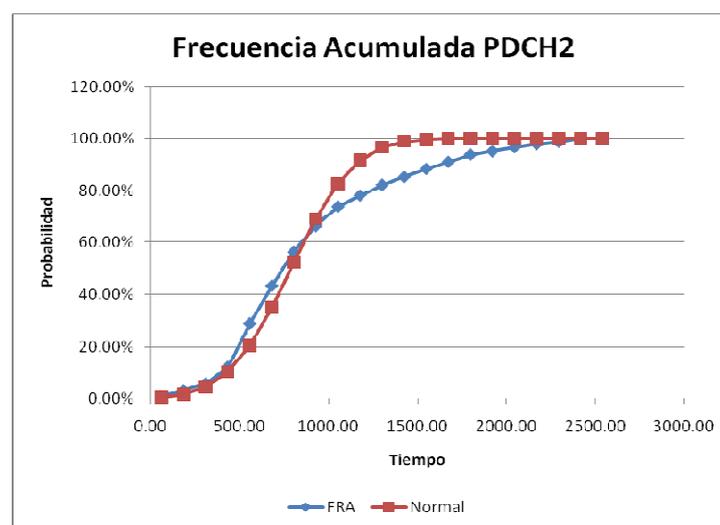
CUADRO N° 16. Filtros de tiempo de viaje vacío

Descarga	
L inferior	60
L superior	2900

Fuente: Elaboración propia

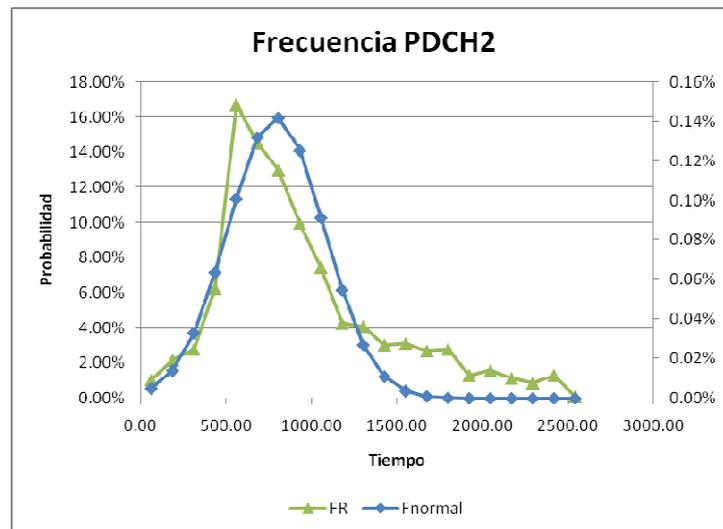
A continuación se muestra el histograma de tiempo de viaje vacio en la descarga PDCH2:

GRÁFICA N° 27. Frecuencia Acumulada para la descarga PDCH2



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 28 Histograma de la descarga PDCH2



Fuente: Elaboración propia.

La función de distribución normal nos da un buen ajuste por lo cual será utilizada en el programa para representar el tiempo de viaje vacío.

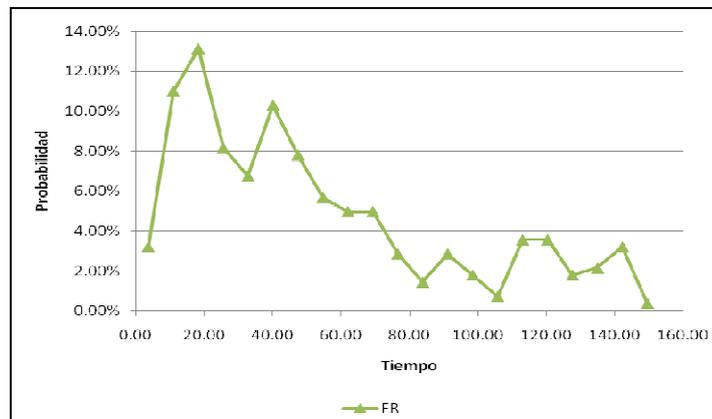
4.1.6 FILTROS DE TIEMPO DE CUADRADO

Aplicamos los siguientes filtros al tiempo de cuadrado por tipo de camión.

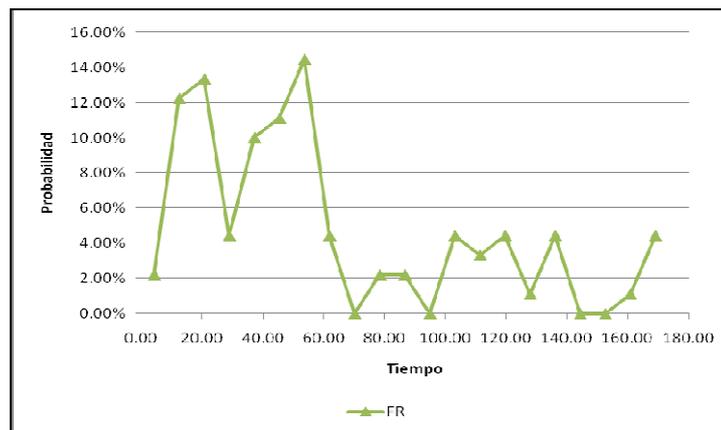
CUADRO N° 17. Filtros para el tiempo de cuadrado

Cuadrado	785	793B	793C	793D
L inferior	0	0	0	0
L superior	150	200	200	200

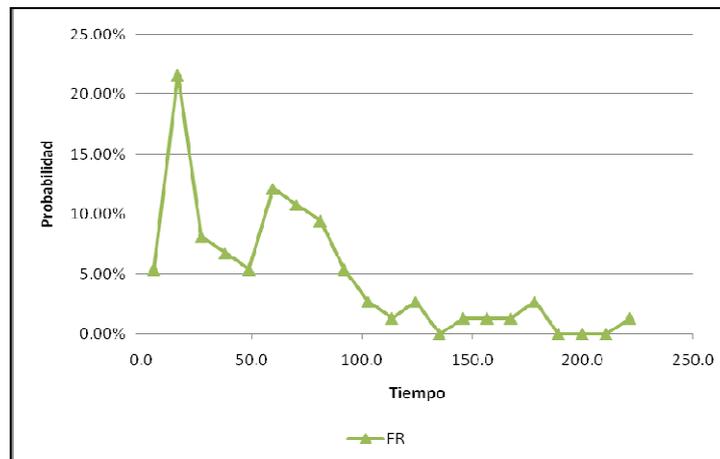
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 29. Histograma del tiempo de cuadrado del camión 793B

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 30 Histograma del tiempo de cuadrado del camión 793D

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 31 Histograma del tiempo de cuadrado del camión 785

Fuente: Elaboración propia

Debido a que no hay un buen ajuste a una distribución normal, y además que el tiempo de cuadrado solo representa un 1/30 del ciclo total, solo tomaremos el promedio como único valor para ser representado en la simulación.

CAPITULO V: VALIDACION

5.1 ARCHIVOS OBTENIDOS EN CADA SIMULACIÓN

Cada código correspondiente a la simulación de una guardia es nombrado RE* (donde * toma los valores de 1 hasta 41).

Cada vez que se ejecuta una simulación se generan tres archivos adicionales, por ejemplo tenemos el archivo RE1.GPS, al ejecutar este archivo se genere los siguientes archivos RE1.ATF, RE1.LIS, RE1C.ATF.

En la siguiente imagen se puede apreciar los ocho primeros archivos que se generan con las dos primeras simulaciones:

GRÁFICA N° 32. Archivos generados en las dos primeras simulaciones

Carpetas	Nombre	Fecha modificación	Tipo	Tamaño
Equipo	RE1	19/10/2011 06:31 ...	Archivo ATF	2 KB
Disco local (C:)	RE1	18/10/2011 08:33 ...	Archivo GPS	270 KB
Unidad de DVD RW (D:)	RE1	19/10/2011 06:31 ...	Archivo LIS	676 KB
Unidad de CD (F:)	RE1C	19/10/2011 06:31 ...	Archivo ATF	729 KB
KINGSTON (G:)	RE2	19/10/2011 10:50 ...	Archivo ATF	2 KB
GPSS	RE2	19/10/2011 10:50 ...	Archivo GPS	272 KB
Datos	RE2	19/10/2011 10:50 ...	Archivo LIS	667 KB
GPSS WEB	RE2C	19/10/2011 10:50 ...	Archivo ATF	915 KB
Modelo 0 mas un camioi	RE3	20/10/2011 08:33 ...	Archivo ATF	2 KB
Modelo 1 Original	RE3	20/10/2011 08:33 ...	Archivo GPS	270 KB

Fuente: Elaboración propia

Al abrir el archivo RE1.ATF obtenemos un resumen de la simulación, es este caso el dato de tonelaje total obtenido es 234,824.00

GRÁFICA N° 33. Ejemplo de datos que son generados al ejecutar cada simulación.

RE1 - Bloc de notas			
Archivo	Edición	Formato	Ver Ayuda
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 785 ES DE	322	LO QUE DA UN TOTAL DE	44114 TONELADAS
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 793B ES DE	146	LO QUE DA UN TOTAL DE	34164 TONELADAS
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 793C ES DE	504	LO QUE DA UN TOTAL DE	117936 TONELADAS
EL NUMERO DE DESCARGAS DE LOS CAMIONES 793D ES DE	165	LO QUE DA UN TOTAL DE	38610 TONELADAS
EL NUMERO DE CAMIONES 785C ES	24	Y HAN TRABAJADO	240 HORAS EN UNA GUARDIA
EL NUMERO DE CAMIONES 793B ES	9	Y HAN TRABAJADO	72 HORAS EN UNA GUARDIA
EL NUMERO DE CAMIONES 793C ES	30	Y HAN TRABAJADO	289 HORAS EN UNA GUARDIA
EL NUMERO DE CAMIONES 794D ES	10	Y HAN TRABAJADO	100 HORAS EN UNA GUARDIA
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 785C ES	184	TON/HR	
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 793B ES	475	TON/HR	
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 793C ES	408	TON/HR	
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES 793D ES	388	TON/HR	
EL TONELAJE TOTAL OBTENIDO ES	234824.0000		
EL CICLO DEL CAMION 785C ES	44.653	MIN	
EL CICLO DEL CAMION 793B ES	29.548	MIN	
EL CICLO DEL CAMION 793C ES	34.396	MIN	
EL CICLO DEL CAMION 793D ES	36.229	MIN	
SE HA DESCARGADO	925.8	ONZAS EN EL PAD YA	
SE HA DESCARGADO	994.9	ONZAS EN EL PAD LQ	
SE HA DESCARGADO	78.8	ONZAS EN EL PAD CH	
EL TOTAL DE ONZAS DESCARGADAS ES	1999.6	LO QUE EQUIVALE A	1799638.3 DOLARES
EL COSTO DE LA FLOTA 785C ES	31153.20		
EL COSTO DE LA FLOTA 793B ES	12942.18		
EL COSTO DE LA FLOTA 793C ES	52007.40		
EL COSTO DE LA FLOTA 793D ES	19926.00		
EL COSTO TOTAL DE LA FLOTAS ES:	116028.8		
EL TONELAJE TOTAL OBTENIDO ES	234824.0	Y EL MINERAL DESCARGADO ES	124389.0
EL COSTO TOTAL DE PALAS Y CARGADORES ES:	44153.2		
EL COSTO TOTAL POR ONZA ES:	332.4		

Fuente: Elaboración propia

El archivo RE1.GPS contiene el código de la simulación, el cual ya se ha mostrado en un capítulo anterior.

El archivo RE1.LIS contiene el resultado de toda la simulación.

El archivo RE1C.ATF nos ayuda a hacer el seguimiento a cada una de las transacciones, debido a que cuando estas pasan por puntos específicos en la simulación se activa un comando el cual guarda información concreta de cada transacción en este archivo. Este archivo es de suma importancia ya que nos ayuda a detectar con mayor facilidad los errores que pueden ocurrir al momento de ejecutar la simulación.

GRÁFICA N° 34 Contenido de los archivos XXXXC.ATF, el cual es generado al ejecutar cada simulación.

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
EL CAMION N	44	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT2	DESPUES DE 123.4 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			5
EL CAMION N	17	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT1	DESPUES DE 123.4 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			8
EL CAMION N	20	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT1	DESPUES DE 123.4 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			1
EL CAMION N	38	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT2	DESPUES DE 123.5 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			3
EL CAMION N	63	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT3	DESPUES DE 123.5 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			14
EL CAMION N	69	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT3	DESPUES DE 123.6 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			12
EL CAMION N	22	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT1	DESPUES DE 123.6 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			3
EL CAMION N	86	TIPO	4	SALE DE GUARDIA CGTT3	DESPUES DE 123.6 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			5
EL CAMION N	43	TIPO	1	SALE DE GUARDIA CGTT2	DESPUES DE 123.7 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			1
EL CAMION N	40	TIPO	1	TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (5)	A LA HORA 124.16			
EL CAMION N	40	TIPO	1	INGR A LA DES (PLQ28)	28 A LA HORA 124.16	PROVENIENTE DEL CARGADOR		5
EL CAMION N	44	TIPO	1	SALE DE LA COLA DE LA PALA (5)	A LA HORA 124.16			
EL CAMION N	39	TIPO	1	TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (3)	A LA HORA 124.18			
EL CAMION N	39	TIPO	1	INGR A LA DES (PCH1)	1 A LA HORA 124.18	PROVENIENTE DEL CARGADOR		3
EL CAMION N	38	TIPO	1	SALE DE LA COLA DE LA PALA (3)	A LA HORA 124.18			
EL CAMION N	59	TIPO	4	SALE DE GUARDIA CGTT2	DESPUES DE 124.4 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			14
EL CAMION N	19	TIPO	1	TERMINA DE CARGAR EN LA PALA (2)	A LA HORA 124.40			
EL CAMION N	19	TIPO	1	INGR A LA DES (BCH3)	3 A LA HORA 124.40	PROVENIENTE DEL CARGADOR		2
EL CAMION N	37	TIPO	4	SALE DE GUARDIA CGTT1	DESPUES DE 124.5 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			8
EL CAMION N	85	TIPO	4	SALE DE GUARDIA CGTT3	DESPUES DE 124.5 Y SE DIRIGE A EL CARGADOR			10

Fuente: Elaboración propia

5.2 DATO SIMULADO VS DATO REAL

A continuación se muestra una tabla la cual contiene valor real y el simulado obtenido de los archivos RE*.ATF, además se calcula el error:

Cuadro N° 18. Comparación de datos reales vs simulados

Real	Simulado	error
Y	Y'	
277,015	234,824	42,191
258,495	268,91	-10,415
253,458	224,851	28,607
265,528	246,69	18,838
259,41	220,88	38,53
279,12	276,921	2,199
253,321	192,564	60,757
277,671	244,273	33,398
263,756	264,769	-1,013
285,902	224,406	61,496
272,154	197,205	74,949
266,946	157,674	109,272
265,374	216,969	48,405
254,197	231,336	22,861
253,049	171,202	81,847
226,519	174,378	52,141
260,25	234,674	25,576
331,86	285,814	46,046
270,626	189,122	81,504
302,537	290,722	11,815
271,631	228,036	43,595
268,789	222,09	46,699
290,439	262,282	28,157
292,645	261,327	31,318
292,828	260,586	32,242
274,746	245,969	28,777
277,272	200,739	76,533
285,125	247,642	37,483
250,272	200,054	50,218
268,011	163,594	104,417
274,038	247,312	26,726
259,925	226,198	33,727
270,482	269,403	1,079
270,482	269,403	1,079
272,703	191,881	80,822
273,574	244,214	29,36
294,707	233,705	61,002
265,717	231,644	34,073
277,677	242,049	35,628
290,068	239,663	50,405
299,833	246,072	53,761
292,035	220,148	71,887

Fuente: Elaboración propia

Tabla de distribución de Frecuencias del Error

Linf	Lsup	X	Frecu	Frec. Rel	Frec. Rel Acu
-20000	0	-10000	2	4.9%	4.9%
0	20000	10000	4	9.8%	14.6%
20000	40000	30000	15	36.6%	51.2%
40000	60000	50000	9	22.0%	73.2%
60000	80000	70000	6	14.6%	87.8%
80000	100000	90000	3	7.3%	95.1%
100000	120000	110000	2	4.9%	100.0%

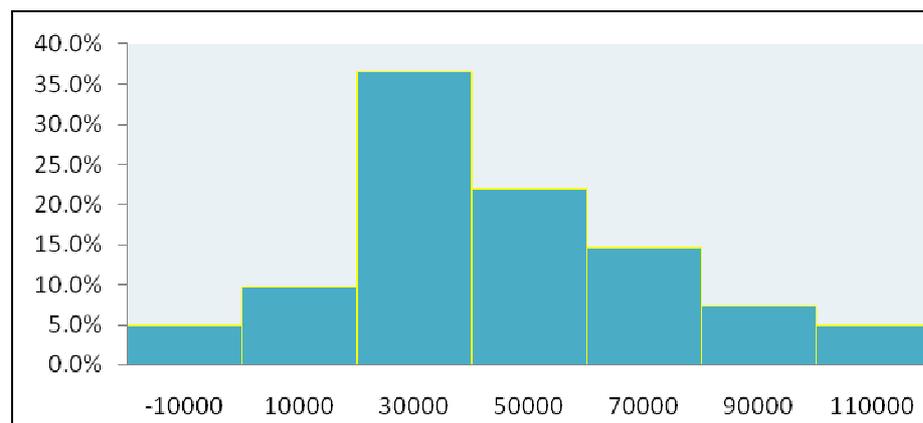
Fuente: Elaboración propia.

Estadística Descriptiva del Error

Media	43583
Mediana	38530
Desviación estándar	26956
Curtosis	0.185
Coficiente de asimetría	0.400
Rango	119686
Mínimo	-10415
Máximo	109272
Cuenta	41

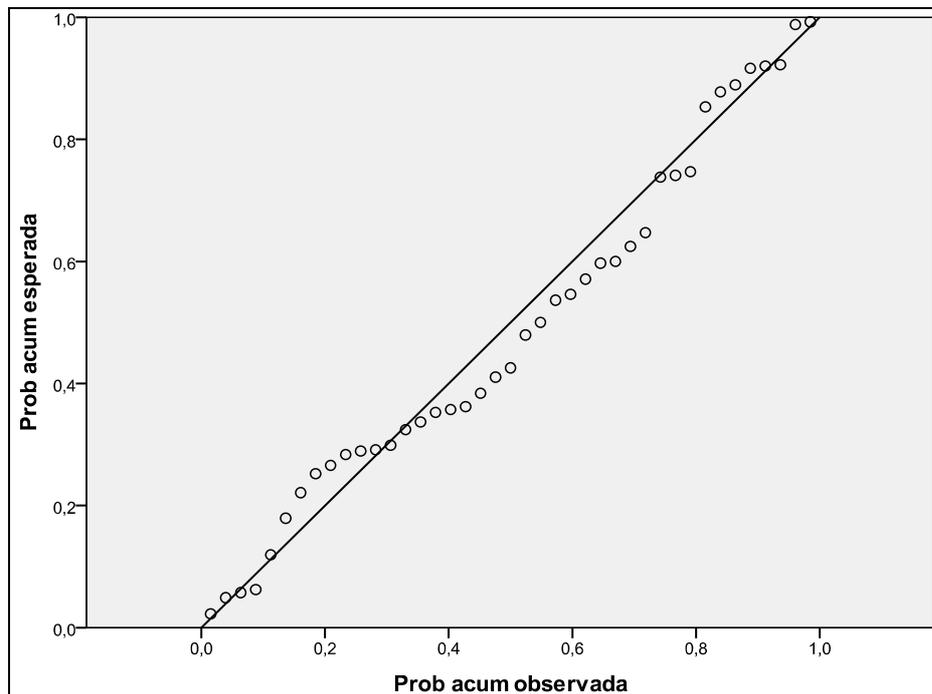
Fuente: Elaboración propia.

Histograma del error



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico de Probabilidad Normal PP - Plot



Fuente: Elaboración propia.

En el grafico anterior, se aprecia que se obtiene una línea recta, con lo cual podemos corroborar la normalidad de la distribución.

Aun cuando el error sigue una distribución normal, este tiene una media de 43583 toneladas la cual se debe a que el programa no presenta una codificación que evite que las colas en los puntos de carga tengan límite, es por ello que tomaremos la media como una constante para justar el tonelaje simulado.

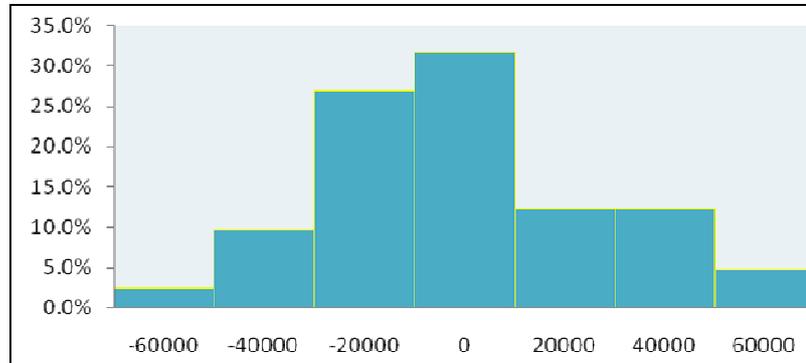
A continuación se muestra una tabla la cual contiene valor real y el simulado ajustado.

Gráfica N° 35. Comparación de datos reales vs simulados ajustados

Real	Simulado	cte=media	Error1
Y	Y'		
277,015	234,824	278,407	-1,392
258,495	268,91	312,493	-53,998
253,458	224,851	268,434	-14,976
265,528	246,69	290,273	-24,746
259,41	220,88	264,463	-5,053
279,12	276,921	320,504	-41,384
253,321	192,564	236,147	17,173
277,671	244,273	287,856	-10,185
263,756	264,769	308,352	-44,596
285,902	224,406	267,989	17,913
272,154	197,205	240,788	31,365
266,946	157,674	201,257	65,688
265,374	216,969	260,552	4,822
254,197	231,336	274,919	-20,722
253,049	171,202	214,785	38,264
226,519	174,378	217,961	8,558
260,25	234,674	278,257	-18,007
331,86	285,814	329,397	2,463
270,626	189,122	232,705	37,921
302,537	290,722	334,305	-31,768
271,631	228,036	271,619	12
268,789	222,09	265,673	3,116
290,439	262,282	305,865	-15,426
292,645	261,327	304,91	-12,265
292,828	260,586	304,169	-11,342
274,746	245,969	289,552	-14,806
277,272	200,739	244,322	32,95
285,125	247,642	291,225	-6,1
250,272	200,054	243,637	6,635
268,011	163,594	207,177	60,834
274,038	247,312	290,895	-16,858
259,925	226,198	269,781	-9,856
259,925	226,198	269,781	-9,856
270,482	269,403	312,986	-42,504
272,703	191,881	235,464	37,239
273,574	244,214	287,797	-14,223
294,707	233,705	277,288	17,419
265,717	231,644	275,227	-9,511
277,677	242,049	285,632	-7,955
290,068	239,663	283,246	6,822
299,833	246,072	289,655	10,178
292,035	220,148	263,731	28,304

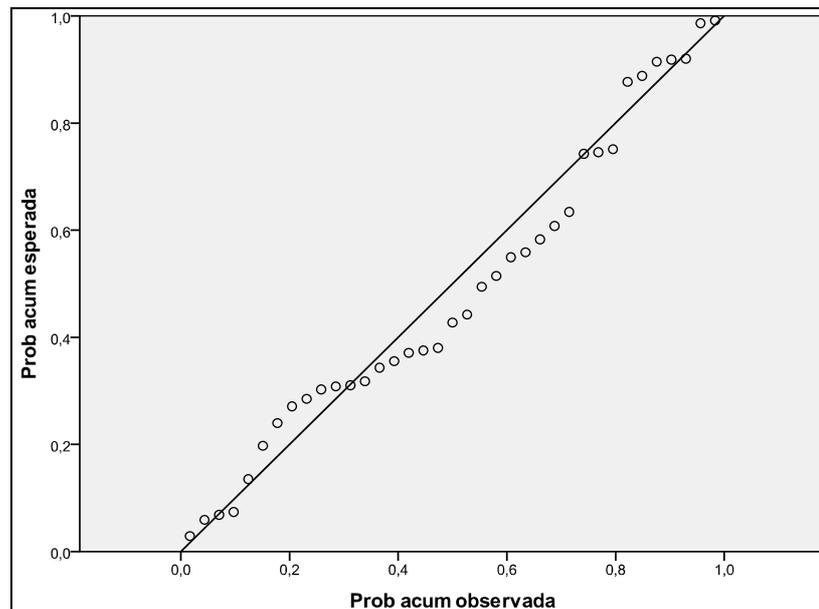
Fuente: Elaboración propia

Histograma del Error1



Fuente: Elaboración propia

Gráfico de Probabilidad Normal PP - Plot para el Tonelaje Simulado Ajustado



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que se sigue manteniendo la normalidad de la distribución.

5.3 VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE CAMIONES

Con el motivo de verificar el objetivo del presente trabajo creamos cuatro carpetas cada una conteniendo los mismos modelos pero con variación en el número de camiones, con lo cual tenemos la carpeta Modelo3 (menos un camión 793B), Modelo 4 (menos dos camiones 793B), Modelo5 (menos cinco camiones 793B) y el Modelo 0 (mas un camión 793B), las cuales se muestran a continuación:

GRÁFICA N° 36. Carpetas que contienen los modelos de simulación

Nombre	Fecha modificación	Tipo	Tamaño
gpssh	05/11/2011 06:00 ...	Opciones de confi...	1 KB
hpro	25/05/2010 03:17 ...	Aplicación	714 KB
qs	05/11/2011 10:23 ...	Documento de tex...	1 KB
RE1	05/11/2011 09:53 ...	Archivo ATF	2 KB
RE1	05/11/2011 09:08 ...	Archivo GPS	270 KB
RE1	05/11/2011 09:53 ...	Archivo LIS	676 KB
RE1C	05/11/2011 09:53 ...	Archivo ATF	750 KB
RE2	05/11/2011 10:06 ...	Archivo ATF	2 KB
RE2	05/11/2011 10:05 ...	Archivo GPS	272 KB
RE2	05/11/2011 10:06 ...	Archivo LIS	670 KB
RE2C	05/11/2011 10:06 ...	Archivo ATF	885 KB
RE3	05/11/2011 10:07 ...	Archivo ATF	2 KB
RE3	05/11/2011 10:06 ...	Archivo GPS	270 KB
RE3	05/11/2011 10:07 ...	Archivo LIS	664 KB
RE3C	05/11/2011 10:07 ...	Archivo ATF	823 KB

Fuente: Elaboración propia

A continuación veremos cómo varía la utilidad bruta con respecto al número de camiones.

CUADRO N° 19.

Utilidad bruta vs la adición o disminución de camiones 793B

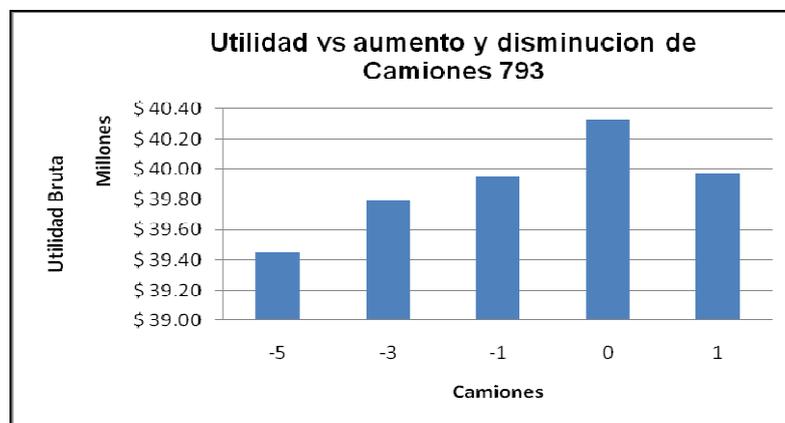
Camiones	Ton total	Costo Total	onzas totales	Precio (\$/onz)	Utilidad Bruta
-5	10,751,173	26,736,129	77,863	850	\$39,447,421
-3	10,935,914	\$27,309,989	78,946	850	\$39,793,941
-1	10,981,044	\$27,727,207	79,619	850	\$39,949,283
0	11,092,425	\$28,034,051	80,42	850	\$40,323,119
1	11,103,743	28,230,680	80,242	850	\$39,974,595

Fuente: Elaboración propia

*Ver anexo 3, 4 y 5.

GRÁFICA N° 37.

Utilidad bruta vs la adición o disminución de camiones 793B



Fuente: Elaboración propia

Si aumentamos la cantidad de camiones 793B en uno obtenemos una utilidad bruta de \$39'974,595 vs la utilidad inicial de \$40'323,119 con lo cual tenemos una disminución del 0,87%.

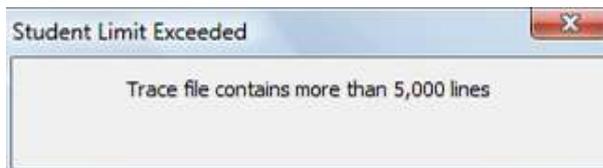
CAPITULO VI: ANIMACION

6.1 VISUALIZACIÓN DEL MODELO

Mediante la ayuda del programa Proof Animation podemos representar la simulacion de forma animada. Esta animacion garantiza que la logica de la simulcaion es correcta, debido a que puedes ver en pantalla que esta pasando durante la simulacion.

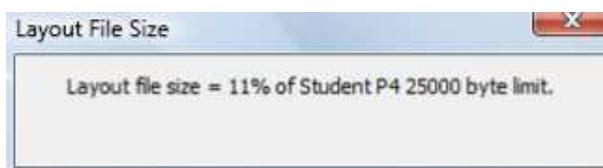
Para poder crear la animacion utilizamos la version de estudiante llamada "Student P5" el cual tiene las siguientes restricciones:

El archivo que contiene las instrucciones ".ATF" no puede tener mas de 5000 lineas.

GRÁFICA N° 38. Pantalla que muestra el límite de 5000 líneas de código.

Fuente: captura de pantalla del Proof Animation

El total de graficas a usarse no puede sobrepazar el tamaño de 25000 bytes.

GRÁFICA N° 39. Pantalla que muestra el límite del tamaño de archivo.

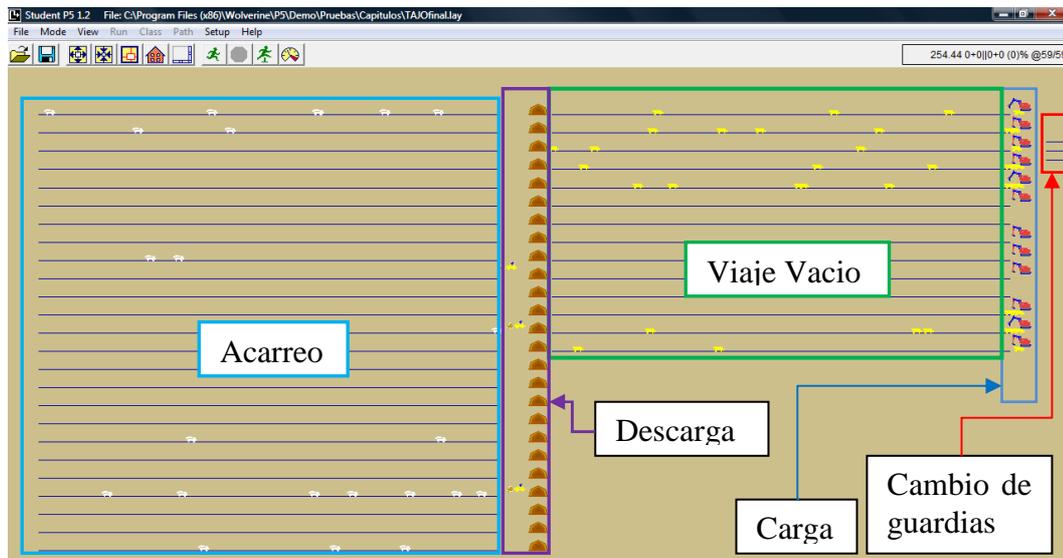
Fuente: captura de pantalla del Proof Animation

Una vez explicada estas limitaciones pasamos a ver las diferentes capturas de pantalla de la simulacion.

6.2 ANIMACIÓN DE TODO EL CICLO DE MINADO

Esta se divide en cuatro partes, cambios de guardia, carga, acarreo, viaje vacío y descarga. El siguiente grafico muestra toda la animacion a 309 minutos de haber empezado.

GRÁFICA N° 40. Captura de pantalla de toda la animación y su división por zonas



Fuente: Elaboración propia.

6.3 ANIMACIÓN DEL CAMBIO DE GUARDIA

En esta parte de la animación se muestran los tres cambio de carguio, en los cuales se generan los camiones que circularan en toda la simulacion.

GRÁFICA N° 41. Captura de pantalla de los tres cambios de guardia

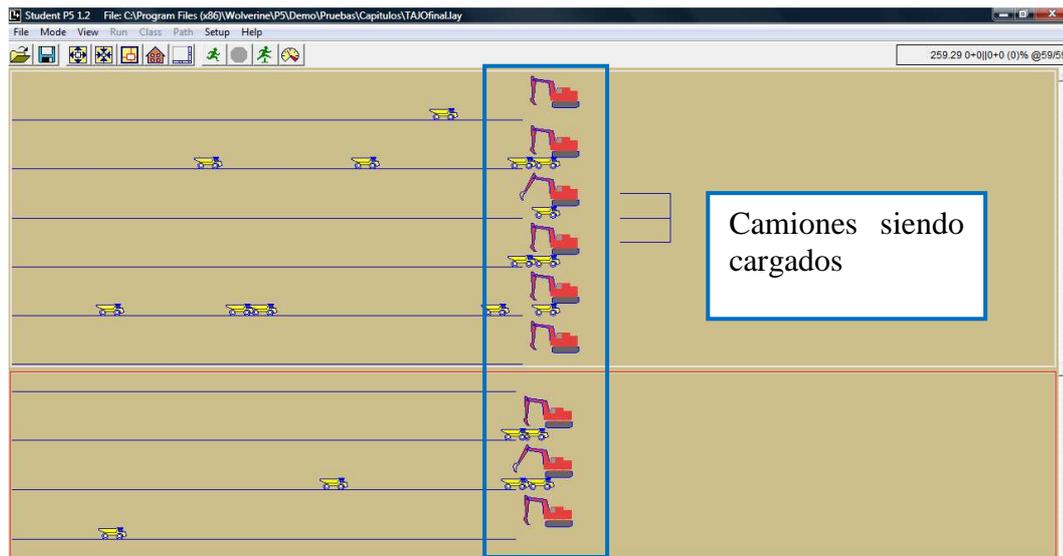


Fuente: Elaboración propia.

6.4 ANIMACIÓN DEL CARGUÍO DE CAMIONES

Los once cargadores y palas proceden a cargar a los camiones que salieron de los cambios de guardia.

GRAFICA N° 42 Captura de pantalla de los camiones siendo cargados

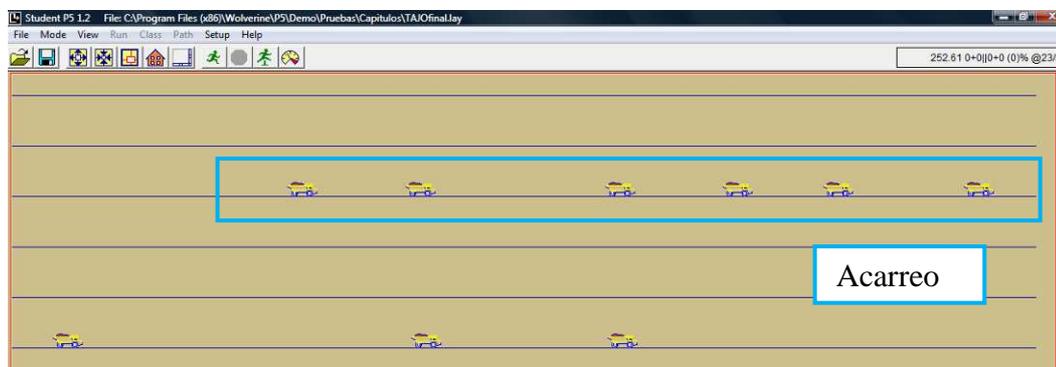


Fuente: Elaboración propia

6.5 ANIMACIÓN DEL VIAJE CARGADO

Una vez cargados los camiones empiezan su viaje a un botadero, stock o al pad.

GRÁFICA N° 43. Captura de pantalla de los camiones viajan cargados



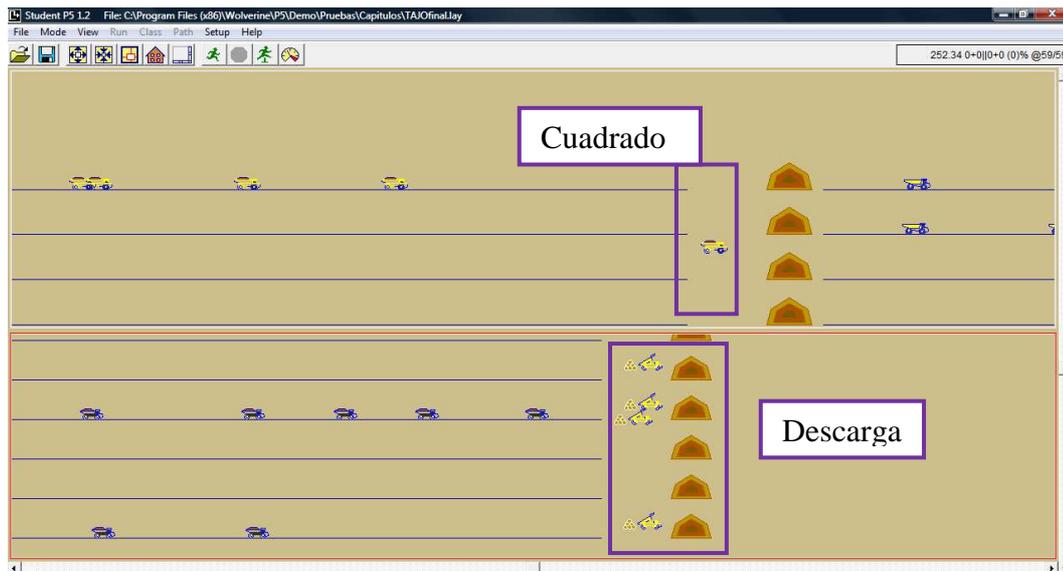
Fuente: Elaboración propia

6.6 ANIMACIÓN DE LA DESCARGA Y CUADRADO

Animación de los camiones cuadrándose en las descarga y descargando.

GRÁFICA N° 44

Captura de pantalla de los camiones cuadrándose y descargando



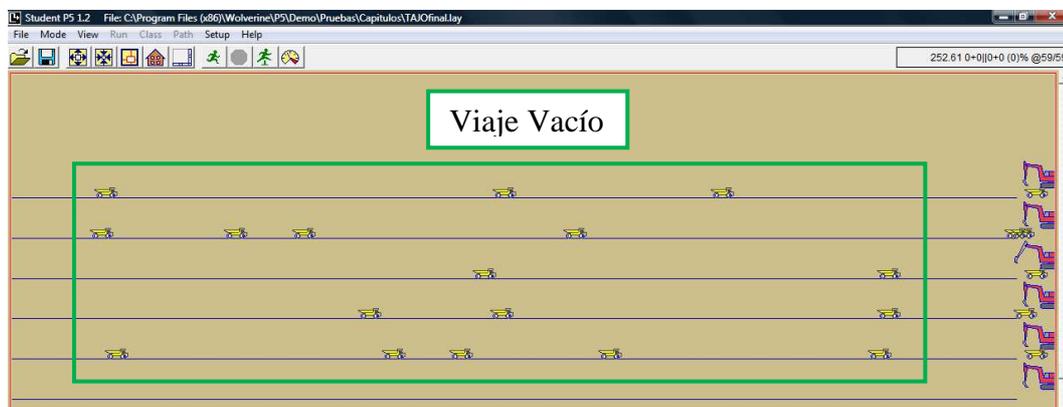
Fuente: Elaboración propia

6.7 ANIMACIÓN DEL VIAJE VACIO

Animación de los camiones viajando vacío y dirigiéndose a las palas o cargadores.

GRÁFICA N° 45

Captura de pantalla de los camiones cuadrándose y descargando



Fuente: Elaboración propia.

VII CONCLUSIONES

Al aumentar un camión de 234 toneladas genera una disminución de la utilidad bruta de 0.87%.

El tiempo de carguío, el tiempo de acarreo, el tiempo de descarga y el tiempo de viaje vacío pueden ser representados por una distribución normal

La función de distribución log normal es una buena aproximación al tiempo de retroceso.

El verdadero limitante o cuello de botella es la disponibilidad mecánica de los cargadores y palas.

VIII RECOMENDACIONES

Mejorar la animacion que se a hecho con el software proof, mediante la implementacion de cuadros que varien durante la simulacion y que indique las toneladas que se van descargando, ademas de cuadros que muestren la disponibilidad mecanica y la utilizacion de los equipos en todo momento.

Para poder mejorar el modelo se debe incluir el concepto de tiempo entre paradas (TEP) el cual se define como la habilidad para operar por largos períodos de tiempo sin paralizaciones por mantenimientos o reparaciones, este concepto nos da una medida de la confiabilidad e introducirlo en el calculo de la disponibilidad mecanica.

Utilizar como modelo para el tiempo de viaje cargado y vacio una funcion continua, para mejorar la estimacion de los tiempos.

IX BIBLIOGRAFÍA

Dr. Alfredo Marín Suarez Apuntes del curso de Geoestadística programa exótica.

Jhon R. Sturgul (2000) Mine Design Example Using simulation. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.

Jerry Banks – John S. Carson. II – John Ngo Sy (2003) Getting Started with GPSS Second Edition. Wolverine Software Corporation.

James O. Henriksen and Robert C. Crain (2002) GPSS/H Reference Manual. Wolverine Software Corporation.

Simulación sistemas informáticos complejos. Programación. Tipología. Metodología. Procesamiento de información.

Modelos. Aleatoriedad (Setiembre 9, 2011).

<http://html.rincondelvago.com/simulacion.html>

Dr. John R. Sturgul, Professor of Mining Engineer at the University of Idaho, curso de simulacion (Setiembre 9, 2011).

http://www.uiweb.uidaho.edu/~sturgul/Short_Course/

GPSS World Reference Manual (Setiembre 9, 2011).

http://www.minutemansoftware.com/reference/reference_manual.htm

Modelos de Simulación (Setiembre 9, 2011).

<http://www.slideshare.net/amfeli/tema-1-modelos-y-simulacin>

Simulación (Setiembre 9, 2011).

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/hhoeger/simulacion/PARTE1.pdf>

Simulación (Setiembre 9, 2011).

<http://es.wikipedia.org/wiki/Simulaci%C3%B3n>

Máquinas y equipos: Pala cargadora Carterpillar (Setiembre 9, 2011).

http://html.rincondelvago.com/maquinas-y-equipos_pala-cargadora-carterpillar.html

Index of GPSS/H Control Statements (Setiembre 9, 2011).

http://www2.metal.ntua.gr/ritas/helpgps/help_gr_2.html#Up

X ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE FILTROS DE TIEMPO DE CARGA

Cargador	785		793B		793C		793D	
	Linferior	Lsuperior	Linferior	Lsuperior	Linferior	Lsuperior	Linferior	Lsuperior
Carg9	30	900	--	--	--	--	--	--
Carg10	30	600	--	--	--	--	--	--
Carg11	30	850	--	--	--	--	--	--
Carg12	30	450	60	600	90	600	90	600
Carg13	30	400	60	600	90	600	70	600
Carg14	30	350	60	600	90	600	60	600
Pala1	30	250	30	400	40	400	30	400
Pala2	30	250	30	400	40	400	30	400
Pala3	30	250	30	400	40	400	30	400
Pala4	30	250	30	400	40	400	30	400
Pala5	30	200	30	350	40	350	30	350
Pala6	30	500	30	600	60	600	30	600
Pala7	30	250	30	400	40	400	30	400
Pala8	30	500	30	600	60	600	30	600

ANEXO 2

TABLA CON FILTROS DE TIEMPO DE VIAJE LLENO

Descarga	785		793B		793C		793D	
	Linferior	Lsuperior	Linferior	Lsuperior	Linferior	Lsuperior	Linferior	Lsuperior
PDCH1					500	700		
PDCH2	500	1500	500	1800	500	1800	200	1800
PDCH3	500	1500	500	1800	500	1800	200	1800
PDCH4	800	1200	800	1700	500	1600	600	1100
PDCH5	800	1200	800	1400	500	1600	600	1400
BTCH1	60	900	60	1200	50	900	50	800
STCH1	200	1000	400	1200	100	1200	100	1200
BTCH9	900	1100	900	1000	600	1100		
BTCH2	800	1000	800	1000	500	1200	100	200
PDCH6	450	1000	400	800	50	1000	600	900
BTLQ61	700	1200	600	1500	500	1500	100	1200
BTYA1	100	300	400	800	100	300		
BTCH7	10	200	400	800			1000	1200
BTYA3	600	1700	400	800	50	1600	800	1200
BTLQ60	1200	1300					1000	1100
BTLQ65	400	1400	800	1600	900	1600	800	1600
BTLQ2	800	1000			1000	1300	600	900
BTLQ66	800	1400			400	1700	1000	1400
BTLQ54	300	1900	200	1800	100	2000	50	2000
BTLQ52	500	1500	1000	1100	100	1300	100	1400
BTLQ56	500	1000	800	1600	800	1300	100	1000
BTLQ5	400	1900	200	2000	100	200	50	2000
BTLQ6	600	900	1000	1300	500	700	800	1100
BTLQ9	600	900	100	1200	400	1500	800	1000
BTLQ11	900	1500	1100	1300	1200	1600	1000	1200
BTLQ12	900	1500	2000	2100	1000	2200	1000	1200
BTLQ53			1200	1500	1000	1400		
BTLQ57	200	1200	300	1800	300	1600	50	1800
BTLQ18	700	1400	100	1200	50	1700	200	1100
BTYA43	200	1400	100	400	50	1000	50	1000
BTYA40	100	800	50	450	50	1000	100	700
BTYA4	60	500	50	450	50	1000	20	1200
BTYA6	120	500	100	1200	50	1000	80	250
BTYA7	60	600	100	800	50	1100	100	1000
BTYA48	20	150						
BTYA9	100	300	90	200	50	1100	100	200
BTYA49	800	900			600	900	800	900
BTYA47	100	300						
BTYA11	200	300			1000	1400		
BTYA13	80	200	50	250	30	120	100	200
BTYA41	15	600	30	350	50	1100	90	600

BTYA15	60	800	100	400	50	900	50	400
BTYA45	60	1100	50	800	50	1200	50	1200
BTLQ20	800	1400			600	1200		
BTLQ21	500	1700	100	2000	300	1800	50	2000
BTLQ23	200	600	1000	2100	300	1500	300	1500
BTLQ24	120	1800	50	900	50	1400	50	1400
PDLQ59	200	100	30	1500	50	1300	60	500
PDLQ2			1100	1400	600	800		
PDLQ3	200	1400	200	1500	200	1500	50	1800
PDLQ4	300	1600	600	1500	200	1100	500	1100
PDLQ5	10	20						
PDLQ7			800	1000				
PDLQ8					600	800		
PDLQ9	300	1500	600	900	500	1100		
PDLQ58	10	20						
PDLQ60	300	1200	900	1500	600	1800	600	1600
PDLQ11	400	1600	400	800	100	1400	100	1200
PDLQ12	500	800	400	2000	200	1000	500	600
PDLQ61	100	1800	100	1200	100	1500	100	1400
PDLQ13	200	1200	600	1000	600	800	500	800
PDLQ14	800	1500					50	100
PDLQ15	200	1200	600	800	600	900	500	1100
PDLQ16	300	1200	200	1200	100	1200	100	1000
PDLQ69	400	1200	100	1200	100	1200	100	1200
PDLQ70	400	1500	200	1000	100	1500	50	1200
PDLQ17	600	1200	100	900	300	800	500	1100
PDLQ18	900	1100	1200	1400				
PDLQ19	600	1400	400	900	600	900	500	1100
PDLQ71					150	200	500	1100
PDLQ67	200	1200						
PDLQ72	200	1000	100	700	100	1200	50	1200
PDLQ20	500	800	400	900	400	100	500	900
PDLQ21	600	800	100	1000	200	1000	400	900
PDLQ22					600	900		
PDLQ63					600	900	300	400
PDLQ24	600	800	400	900	600	900	50	800
PDLQ26	500	1400	100	1000	100	1500	400	1300
PDLQ28			400	900	600	900		
PDLQ65	200	1200	100	1200	50	1500	50	1200
PDLQ32	200	800	100	1200	50	1500	50	1200
PDLQ33	200	1200	100	1200	50	1100	400	1000
PDLQ64	200	1500	100	1200	100	1400	30	1200
PDLQ57	200	1500	100	1200	100	1400	30	1200
PDLQ35	200	1200	400	1000	100	1200	30	1600
PDLQ36	100	1600	100	1200	50	1500	30	1300
PDLQ38	300	1500			100	1500		
PDLQ39	300	1400	500	900	600	1200	400	1000
PDLQ41	800	1400	600	1200	800	1000	300	800

PDLQ43	500	900			600	1000	700	1200
PDLQ68	800	900						
PDLQ44	200	1500	100	1300	50	1500	30	1500
PDLQ45	600	1500	1000	1500	100	1600	600	800
PDLQ46	200	1500	50	1400	50	1500	30	1500
PDLQ48	200	1600	100	1400	50	1500	30	1200
PDLQ62	100	1200	100	1200	50	1500	30	1400
PDLQ52	200	1100	400	900	300	9000	30	1000
BTLQ26	500	1500						
PDLQ55	200	1500	200	1500	50	1600	30	1400
PDLQ66					600	1000		
BTLQ28	600	800	700	1000	600	1000		
BTLQ29			600	1000	800	1300	600	800
BTLQ31	20	1500	100	1400	50	1600	30	2000
STYA1	400	600	300	400	300	800	300	600
STYA2	200	1000	400	500	600	800		
STYA3	200	1000	200	650	50	1200	30	900
STYA5	800	1400						
BTLQ55	500	1500	800	1000	50	1600	100	1000
BTLQ64	200	1600	400	1300	50	2000	100	1600
BTLQ36	100	1400	100	1600	50	1600	30	1600
BTLQ38	1000	1500	1000	1500	50	1500	30	2000
BTLQ41	100	1600	400	1000	100	1400	30	1000
BTLQ51	800	1400	1200	1300	1000	1300	100	200
BTLQ43	200	1200	400	900	100	1000	30	1400
BTLQ45	200	1200	200	400	100	900	100	200
BTLQ58	200	1500	300	1200	50	1500	100	1500
BTLQ62	100	1000						
BTLQ46	200	1200	400	900	300	1600	100	1000
BTLQ63	200	1500	100	1800	50	1500	100	1200
BTCH8			900	1000	100	1000		
BTYA17	200	500			100	900	500	600
BTYA42	200	1400	600	1000	600	1000		
BTYA20	200	1500	200	1200	50	1500	50	1500
PDYA1	200	1400	400	1500	50	1600	30	1200
PDYA2	300	1400	100	1500	50	1700	30	1500
PDYA3	400	1400	500	1200	50	1800	30	1600
PDYA4	400	1300	500	1500	50	1700	30	1600
PDYA5	400	1400	100	1500	50	1500	30	1500
PDYA8	400	1000	400	1200	50	1100	500	1000
BTYA22	100	1200	100	1000	50	1500	50	400
BTYA27					600	1000	100	200
BTYA28	100	300	100	200	100	400	50	400
BTYA29	100	300	150	200	100	300	100	200
BTYA32	100	400	100	400	50	800	200	500
BTYA44	200	800	100	700	50	900	30	800
BTYA46	100	800	200	900	50	1500	30	800
BTYA38	100	500	1800	2000	700	800		

ANEXO 3

TONELAJE Y COSTO OBTENIDO CON EL AUMENTO DE UN CAMIÓN

Ton	Onzas	Costo por onza	Costo Total
279691	2079	346	\$719,403
309867	2552	297	\$758,259
274063	1114	627	\$698,276
271473	1360	493	\$670,715
256193	1339	472	\$631,953
295095	3088	244	\$752,928
199214	1011	580	\$586,539
274518	1505	468	\$703,598
318494	1785	416	\$742,792
274130	1240	561	\$695,956
240959	547	1175	\$642,834
193997	1026	572	\$587,168
239880	1344	469	\$630,067
282058	1796	402	\$722,271
220087	1571	384	\$603,341
221385	1451	439	\$636,932
273617	2639	256	\$674,265
327382	2696	288	\$776,034
246112	822	794	\$652,515
329232	2396	315	\$755,761
272378	2512	276	\$692,865
268053	1740	395	\$686,660
308570	2159	344	\$741,935
292142	3582	206	\$736,879
298039	3021	247	\$747,019
282703	3262	221	\$720,902
237838	1554	407	\$632,977
295152	1863	396	\$738,572
245377	1815	336	\$609,726
196772	1465	372	\$544,575
278059	1753	390	\$683,612
271915	2883	240	\$690,431
305938	2047	365	\$747,323
239853	1767	355	\$627,179
280753	2635	270	\$712,268
281551	2653	267	\$708,139
277938	2305	297	\$684,905
296955	2331	318	\$742,053
288929	2209	330	\$728,175
297748	2020	363	\$732,271
259633	1306	521	\$680,609

ANEXO 4

TONELAJE Y COSTO OBTENIDO CON LA DISMINUCIÓN DE UN CAMIÓN

Ton	Onzas	Costo por onza	Costo Total
287744	2107	342	\$719,859
309239	2645	283	\$748,648
271517	1278	538	\$687,214
266199	1290	509	\$656,118
222383	1076	544	\$584,752
293485	3122	238	\$741,811
198324	911	634	\$577,182
262338	1337	509	\$680,546
301663	1693	422	\$714,785
271716	1241	552	\$684,522
238014	562	1122	\$631,069
187508	933	613	\$572,020
271573	1698	387	\$656,941
275558	1708	413	\$705,368
215926	1471	401	\$590,393
229637	1495	426	\$636,849
276990	2683	249	\$669,040
318062	2549	297	\$756,377
226570	834	747	\$622,730
307845	2305	313	\$722,094
276430	2530	272	\$687,763
273224	1869	365	\$682,786
305705	2227	328	\$729,244
301925	3635	203	\$739,257
306338	3022	247	\$747,365
272253	3132	224	\$700,002
231914	1555	397	\$618,076
290723	1780	407	\$723,845
230841	1884	311	\$585,328
188959	1388	380	\$527,693
283863	1765	387	\$682,288
263548	2736	245	\$671,018
324504	2165	351	\$758,874
233295	1681	364	\$610,862
298482	2763	262	\$723,551
277597	2622	265	\$695,381
269816	2280	293	\$666,982
292515	2203	330	\$727,783
278891	2170	326	\$707,257
277715	1889	371	\$700,100
270215	1387	493	\$683,433

ANEXO 5

TONELAJE Y COSTO OBTENIDO CON LA DISMINUCIÓN DE UN CAMIÓN

Ton	Onzas	Costo por onza	Costo Total
278059	1907	367	\$700,361
308024	2484	297	\$738,404
280997	1156	597	\$689,718
264624	1322	488	\$645,665
224158	1132	510	\$577,711
276476	3032	235	\$713,173
195990	980	578	\$566,106
248179	1400	468	\$655,200
302913	1719	412	\$707,204
259885	1216	545	\$662,451
247871	571	1111	\$633,711
187725	998	566	\$564,369
256671	1602	394	\$631,146
266289	1663	412	\$685,364
224442	1634	362	\$591,762
220694	1466	421	\$617,606
284775	2786	240	\$668,847
331549	2547	299	\$762,227
218762	713	850	\$606,149
325276	2388	307	\$731,891
273919	2649	255	\$675,368
263818	1836	361	\$662,652
297087	2064	344	\$709,947
304442	3661	200	\$733,218
292943	2919	248	\$723,403
283485	3323	212	\$703,706
240852	1670	371	\$620,052
286591	1795	395	\$709,624
233637	1759	330	\$580,261
195791	1481	356	\$527,123
291203	1821	375	\$682,479
259308	2645	248	\$656,034
318129	2050	362	\$742,160
237861	1754	346	\$607,025
279943	2552	272	\$693,715
271786	2566	265	\$680,556
263333	2109	309	\$650,868
285866	2157	330	\$711,097
299797	2274	317	\$721,281
270712	1834	372	\$682,764
282052	1313	524	\$687,592