

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADEMICO ESCUELA DE GRADUADOS



MODELO MATEMATICO PARA INCREMENTAR LA
PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DE LAS OPERACIONES
UNITARIAS DE CARGUIDO - ACARREO EN EL TAJO
RAUL ROJAS EMPLEANDO LA TECNICA DE
SIMULACION PARA MICROCOMPUTADORAS

TESIS
PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS
MENCION : MINAS

PRESENTADA POR
GUILLERMO EUGENIO CHAMORRO BOHORQUEZ

LIMA - PERU
1990

MODELO MATEMATICO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DE LAS OPERACIONES UNITARIAS DE CARGUIO-ACARREO EN EL TAJO "RAUL ROJAS" EMPLEANDO LA TECNICA DE SIMULACION PARA MICROCOMPUTADORAS

1.0	Introduccion	1
2.0	Proposito y alcances	3
3.0	Simulacion	5
3.1	Definicion	
3.2	Tipos de simulacion	
3.3	Eleccion y estructura del modelo	
3.4	Simulacion de sistemas	
3.4.1	Concepto de sistema	
3.4.2	Elementos del sistema	
3.5	Transacciones	
3.6	Equipos	
3.7	Ciclo de simulacion	
3.8	Eleccion del paquete de simulacion	
3.9	Elementos de GPSS	
3.10	Estructura de una sentencia GPSS	
3.10.1	Comandos GPSS\PC	
3.10.2	Sentencias de control GPSS\PC	
3.10.3	Sentencias de bloque GPSS\PC	
3.11	Aplicaciones de la simulacion	
3.12	Limitaciones en las aplicaciones de la simulacion	
4.0	Formulacion del modelo matematico	15
4.1	Introduccion	
4.2	Datos de campo	
4.2.1	Parametros de diseño del Tajo	
4.2.2	Reservas y produccion mensual	
4.2.3	Plan de minado 1990-1996	
4.2.4	Costos operativos - Tajo Raul Rojas	
5.0	Analisis de los datos de campo	21
5.1	Programacion de funciones de distribucion	
5.2	Prueba de confiabilidad de los datos	
5.3	Calculo de distribucion de carguio PALA-1400	
5.4	Calculo de distribucion de carguio PALA-1900	
5.5	Calculo de distribucion de acarreo CAMION M100	
6.0	Prueba del modelo matematico	25
6.1	Algoritmo del modelo de Carguio-Transporte.	
6.2	Listado del Programa y reporte de una corrida del modelo matematico	
6.3	Analisis del reporte	
6.4	Discusion de los resultados obtenidos	
7.0	Conclusiones	44
8.0	Recomendaciones	46

9.0 Bibliografía

48

10.0 APÉNDICES

51

10.1 Apendice 1. Costos de operacion y mantenimiento para equipo de carguio y acarreo

10.2 Apendice 2. Costo horario del camion LH-M120

10.3 Apendice 3. Costo horario de pala P&H 1400

10.4 Apendice 4. Costo horario de pala P&H 1900

10.5 Apendice 5. Estimación del tamaño de una muestra.

CAPITULO I: INTRODUCCION

MODELO MATEMATICO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DE LAS OPERACIONES UNITARIAS DE CARGUIO-ACARREO EN EL TAJO "RAUL ROJAS" EMPLEANDO LA TECNICA DE SIMULACION PARA MICROCOMPUTADORAS

1.0 INTRODUCCION

Puesto que el costo del carguio y transporte en un sistema pala-camion en Minería Superficial, es del 60 - 80 % del costo operativo, las mejoras efectuadas en la utilizacion de palas, camiones y la obtencion de Ley promedio correcta (blending), conducen a sustanciales ahorros de costos, lo cual ejerce considerable atraccion en los operadores de Tajo en la busqueda de Metodos y Sistemas que conduzcan a la operación mas rentable y segura de un Open Pit.

Tradicionalmente, hasta hace dos decadas, el sistema de control visual-manual del transporte por camiones en un Open Pit, estuvo basado en la experiencia y habilidad del controlador(es); siendo su principal desventaja el consumo de tiempo y la ineficiente reubicacion de camiones cuando se presentaba una situacion imprevista. Asimismo este tipo de control es impracticable en operaciones que emplean grandes flotas de camiones.

Los sistemas de control computarizado de Despacho pala-camion, son un ejemplo de la aplicacion exitosa de la tecnologia de sistemas de informacion, junto con tecnicas de Investigacion de Operaciones, a un ambiente de Operaciones Mineras. Este control computarizado fue introducido hace 23 años en una cantera de caliza en Alemania, para seleccionar los destinos de todos los vehiculos en base a la calidad del mineral a ser transportado.

La consideracion mas importante en la implementacion de una estrategia de Despacho viable, es la eleccion de las rutas para proveer un patron del flujo de camiones cercano al optimo basado en el cambio continuo de los parametros de Mina. Como resultado de la introduccion de este sistema, la produccion de Mina se incremento sustancialmente, las estadisticas de las operaciones son facilmente accesibles y la operacion del personal resulta favorecida con este sistema de control. Ejemplo de ello, son las operaciones en la Mina Palabora, ubicada 550 Km.al Noreste de Johannesburgo, Sud-Africa, donde se ha incrementado la produccion y utilizacion del equipo.

CAPITULO II: PROPOSITO
Y
ALCANCES

2.0 PROPOSITO Y ALCANCES

La aplicación de sistemas de despacho computarizado en un Open Pit tiene como propósitos principales:

- 1) Determinación de las rutas del ciclo cercano al optimo para la flota de camiones.
- 2) Determinación del numero de camiones cercano al optimo de la flota
- 3) Proporcionar las estadísticas de producción diaria.

El alcance del presente trabajo abarca la gran mayoría de Operaciones Mineras a Cielo Abierto que aun aplican el sistema de control visual-manual en la minería nacional, y que con el sistema de despacho computarizado incrementarían notablemente la utilización de los equipos de carguío y acarreo y minimizarían sus costos operativos.

CAPITULO III: SIMULACION

3.1 DEFINICION

La simulacion es la tecnica de construccion y corrida de un modelo de un sistema real con el proposito de estudiar el comportamiento de aquel sistema, sin alterar el ambiente real. La funcion mas importante de la simulacion es la prediccion. El objetivo de la experimentacion con modelos es responder a la pregunta ¿QUE SUCEDERIA SI.....?

3.2. TIPOS DE SIMULACION

1. SIMULACION CONTINUA: Es aquella en que el estado del modelo cambia permanentemente en el tiempo, generalmente se utilizan conjuntos de ecuaciones diferenciales para describirlos.
2. SIMULACION DISCRETA: Aquella en que los cambios de estado se producen cada cierto intervalo de tiempo a incremento fijo o proximo evento(GPSS).
3. SIMULACION DETERMINISTICA: Es aquella donde una actividad tiene un valor determinado a traves del tiempo. La simulación determinística elimina el estudio de tiempos, puesto que para obtener el rendimiento de un equipo utiliza ecuaciones que relacionan fuerza, masa, aceleración y el marco ambiental donde este trabaja.
4. SIMULACION ESTOCASTICA: Debido a su naturaleza fortuita, es mas conocida como simulación Montecarlo. Emplea funciones de distribución probabilísticas dentro de los límites de las funciones estandar, y donde los valores de las variables ocurren aleatoriamente pero en la misma proporción que ocurren en el sistema real.

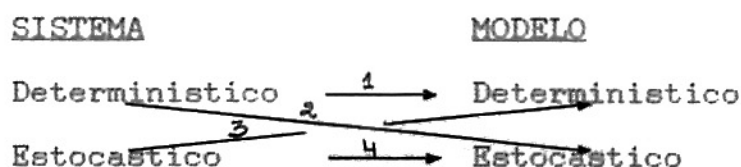
3.3 DEFINICION Y CLASIFICACION DE LOS MODELOS

Modelo es una representacion del sistema real, que puede ser utilizado para estudiar el comportamiento del mismo. Podemos clasificar los modelos en:

- Mod. Fisicos o Materiales, que empleamos como sustitutos de situaciones del mundo real en estudio.
- Mod. Abstractos o Mentales que formamos en nuestras mentes como producto de ideas o pensamientos.
- Mod. Simbolicos que se clasifican en modelos verbales, en el que se usan las palabras de un idioma y por otro lado los modelos matematicos que usan exclusivamente el lenguaje matematico.

Tambien podemos clasificarlos del modo siguiente:

- Mod. Deterministicos: aquellos cuyas relaciones producen un comportamiento unico del modelo si el dato de ingreso es el mismo.
- Mod. Estocastico: aquellos donde al menos una relacion esta basada en elementos aleatorios, lo que indica multiples comportamientos para un solo dato de ingreso.



3.4 SIMULACION DE SISTEMAS

La simulacion de sistemas en una computadora digital ofrece un metodo para analizar el comportamiento de un sistema. Aunque los sistemas varian en sus características y complejidades, la sintesis de la formulacion de modelos, la ciencia de la computacion, y las tecnicas estadísticas que representan este tipo de simulacion, constituyen un conjunto util de metodos para aprender sobre estas características complejas e imponerles una estructura.

3.4.1 CONCEPTO DE SISTEMA

Sistema es un conjunto de elementos que se interrelacionan entre si y cuyo comportamiento se desea estudiar. Ejemplo de sistema son: una Mina, un Muelle, un complejo Industrial, otros.

3.4.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA

Todo sistema esta compuesto por elementos bien definidos, cuya interaccion origina el comportamiento del sistema. Estos son:

ENTIDAD: Es una parte u objeto de interes en un sistema.

ATRIBUTO: Propiedad de una entidad.

ACTIVIDAD: Proceso que causa cambio en un sistema.

ESTADO: Descripcion de los atributos de todas las entidades y actividades de un sistema, en un instante dado.

3.5 TRANSACCIONES:

Las transacciones representan las entidades del modelo que son los elementos que fluyen a traves de el. Por ejemplo: camiones, fajas, gruas, otros.

Las transacciones se crean durante el proceso, se mueven a través del modelo, en forma similar a las entidades que representan del modelo real, y finalmente son eliminadas del proceso. Cada transacción tiene asociada un conjunto de parámetros, en los que el usuario puede guardar los atributos o características propias de la transacción. Las transacciones pueden ser referidas a dos tipos de cadenas: cadena de eventos comunes(CEC) y la cadena de eventos futuros(FEC).

3.6 EQUIPOS

Los equipos representan los elementos que atienden o dan servicio a las transacciones. Son de dos tipos:

- a) Equipos Monoprocesadores(Facility): Pueden atender hasta una transacción a la vez; por ejemplo la pala carga un camión a la vez. Tiene asociados los bloques: SEIZE, RELEASE, PREEMPT, RETURN, y GATE.
- b) Equipos Multiprocesadores(Storage): Pueden atender varias transacciones al mismo tiempo; por ejemplo la memoria de un computador. Tiene asociados los bloques: JOIN, REMOVE, EXAMINE, SCAN, y ALTER.

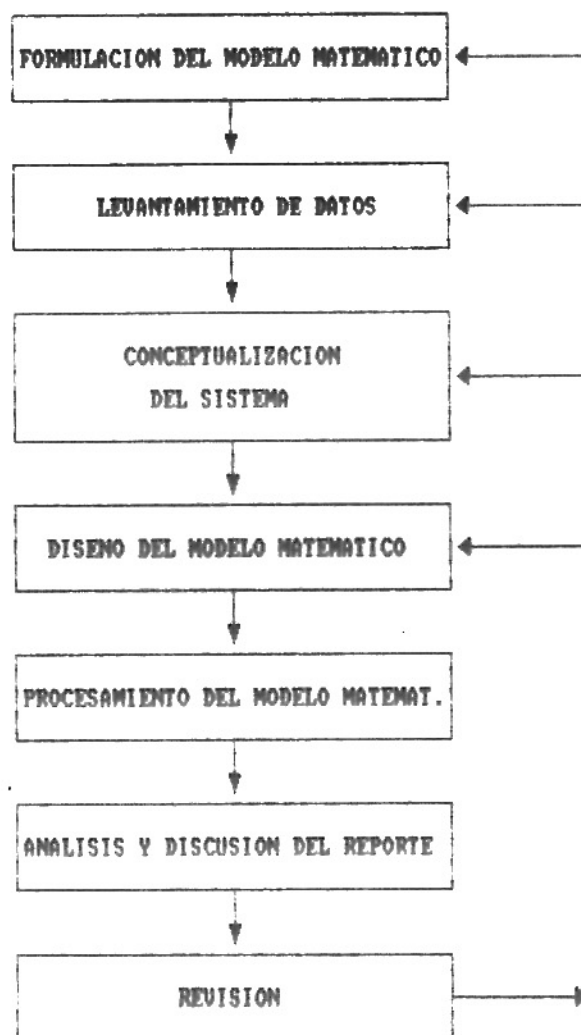
A cada tipo de bloque se le da un nombre que describe la acción y que se representa mediante un símbolo determinado. La figura N muestra los símbolos que se utilizan para los tipos de bloques que se describen.

3.7 CICLO DE LA SIMULACION

El proceso de la simulación está compuesto de las siguientes etapas:

- 1) FORMULACION: Consiste en la identificación correcta de las metas y objetivos de la simulación, abarcando además la definición de las variables que intervienen en el sistema, sus inter-relaciones, selección de criterios y fijar el contexto dentro del cual será resuelto el problema.
- 2) RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS: Es importante lograr un equilibrio entre la recopilación de datos y el análisis teórico. La calidad de los datos debe ser comparada con el sistema real, debido a que estos afectarán la confiabilidad de los resultados de la simulación, Por lo que se debe tener sumo cuidado en la toma de datos de campo.
- 3) DISEÑO DEL MODELO: El analista diseñará el modelo basado en las entidades y sus atributos. Estas entidades están relacionadas ya sea por expresiones matemáticas o relaciones estadísticas.

FIGURA No. 1 CICLO DE SIMULACION



- 4) PROCESAMIENTO DEL MODELO: El modelo es codificado empleando un lenguaje de programación, en nuestro caso se eligió el GPSS.
- 5) ANALISIS DE RESULTADOS: Las corridas iniciales del modelo son usadas para verificar el mismo. Una vez verificado el modelo, es procesado con el ingreso de datos necesarios para analizar las diferentes alternativas
- 6) VALIDEZ DE LOS RESULTADOS: Se efectúa cuando las conclusiones obtenidas en el paso anterior son examinadas.
- 7) REVISION: Es importante que un profesional revise el comportamiento de la simulación para verificar el análisis de sensibilidad, validez de los datos, la documentación y la redundancia.

3.8 ELECCION DEL PAQUETE DE SIMULACION

Existen dos etapas distintas en cualquier estudio de simulación computarizada:

- 1) Analisis del Sistema: para definir el modelo de simulación; y
- 2) Programa de Computo: que codifica el modelo a emplear en el procesamiento de datos.

Para que un lenguaje de simulación sea efectivo, deberá efectuar las siguientes funciones, con el mínimo esfuerzo de parte del usuario:

- 1) Tiempo: La simulación es dinámica, por tanto el modelador necesita examinar el comportamiento del sistema con el tiempo.
- 2) Eventos: El modelo trabajara con tiempos continuos de un sistema real.
- 3) Variables aleatorias (random): El lenguaje de simulación deberá proveer técnicas eficientes de generación de números random para la corrida de modelos aleatorios en la computadora.
- 4) Lenguaje: El lenguaje debe ser capaz de describir el estado del modelo en cualquier tiempo.
- 5) Control de la Simulación: para permitir cambios dinámicos de estados, los comandos deben estar disponibles para controlar interna y externamente los componentes del modelo.
- 6) Facilidad de operación: Este requisito incluye muchas características: facilidad de chequear los errores y examinarlos, adaptabilidad del programa, inicialización

del modelo, facilidad de efectuar corridas secuenciales, facil de modificar durante las corridas o entre ellas.

Para el presente trabajo se empleo el paquete de aplicacion GENERAL PURPOSE SIMULATION SYSTEM(GPSS) Version II; creado por IBM y de aplicacion en microcomputadora con minimos requisitos de Hardware. Para simular modelos pequeños se requiere de 512k de memoria RAM y para modelos mas extensos se requiere de 640k o mas. El programa GPSS esta escrito en lenguaje Assembler, donde la lectura del sistema a simular es descrito en forma de diagrama de bloques.

3.9 ELEMENTOS DE GPSS\PC

En un diagrama de bloques, estos representan las actividades y las líneas que los unen indicaran la secuencia en que pueden ejecutarse las actividades. Cuando hay seleccion de actividades, mas de una linea sale de un bloque y la condicion de seleccion se expresa en el bloque.

El enfoque que se sigue en el GPSS PC es definir un sub-conjunto de 43 tipos de bloques especificos, c\u de los cuales representa una accion característica del sistema.

EJEMPLO

SISTEMA	Mina	Muelle
ENTIDAD	Camion	Grua
ATRIBUTO	Capacidad Tolva	Capacidad Izaje
ACTIVIDAD	Transporta	Carga/Descarga
ESTADO	Ubicacion del camion en el tiempo t_1	Tonelaje por hora cargado en el tiempo t_1

3.10 ESTRUCTURA DE UNA SENTENCIA GPSS

Un programa GPSS esta compuesto de una secuencia de sentencias. Estas sentencias son las unidades basicas de accion. Las sentencias estan compuestas de partes llamadas campos. Un campo es un numero variable de caracteres determinados mediante la presion de una tecla especifica. En general una sentencia consta de:

<u>N LINEA</u>	<u>ETIQUETA</u>	<u>BLOQUE</u>	<u>OPERANDOS</u>	<u>COMENTARIOS</u>
840	FLOTA1	GENERATE	150,20,10	Camiones en la pala 1.

Podemos clasificar las sentencias en:

3.10.1 COMANDOS GPSS\PC: Son los siguientes:

ANOVA	EDIT	RENUMBER	STEP
CONTINUE	EVENTS	REPORT	STOP
DELETE	GROUPS	RESULT	USERCHAIN
DISPLAY	MICROWINDOW	SAVE	WINDOW
DOS	PLOT	SHOW	

3.10.2 SENTENCIAS DE CONTROL GPSS\PC

BVARIABLE	FVARIABLE	RMULT
CLEAR	INITIAL	SIMULATE
END	MATRIX	START
EQU	QTABLE	TABLE
FUNCTION	RESET	VARIABLE

3.10.3 SENTENCIAS DE BLOQUE GPSS\PC

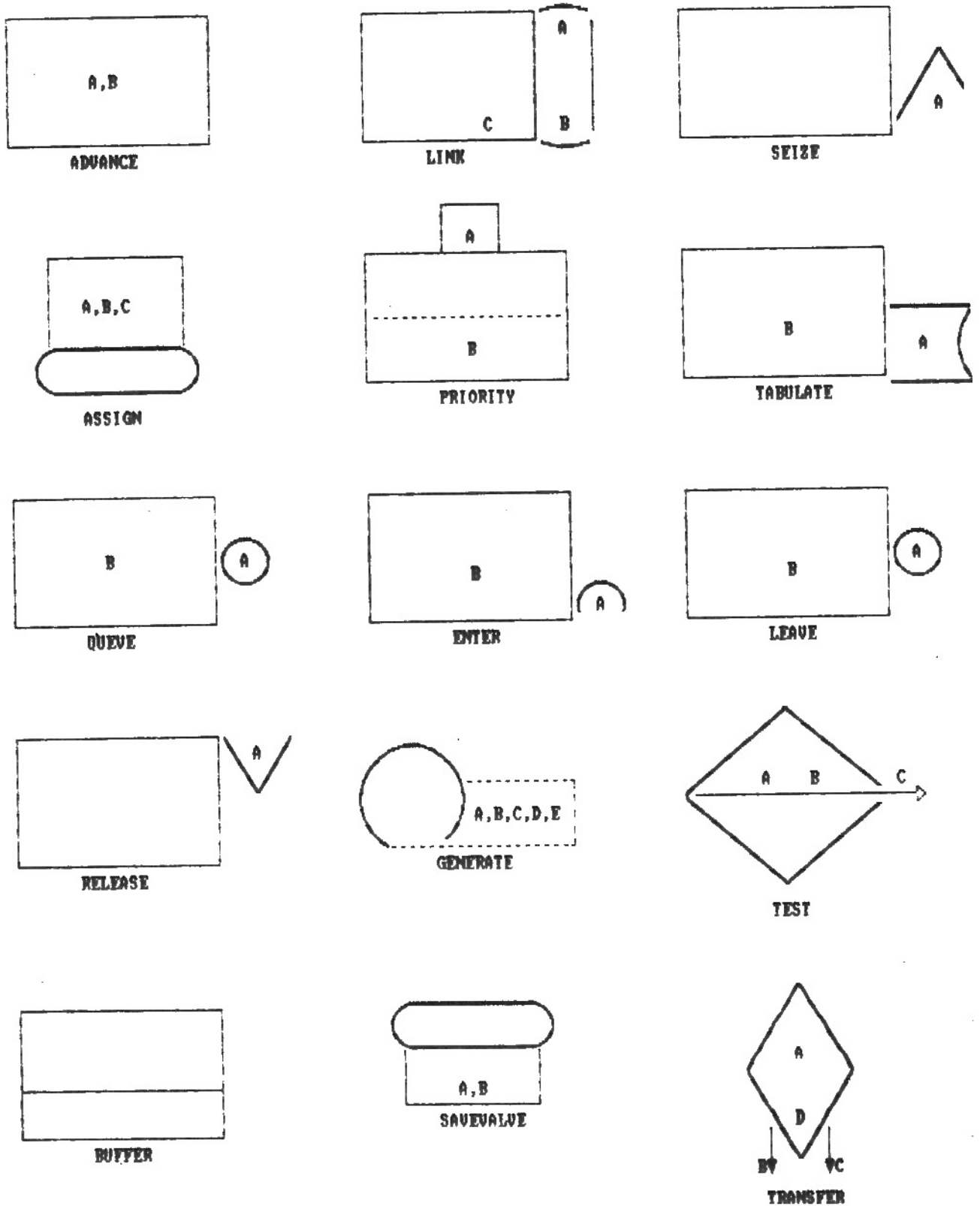
ADVANCE	COUNT	FAVAIL	HELP
ALTER	DEPART	FUNAVAIL	INDEX
ASSEMBLE	ENTER	GATE	JOIN
ASSIGN	EXAMINE	GATHER	LEAVE
BUFFER	EXECUTE	GENERATE	LINK
LOGIC	LOOP	MARK	MATCH
MOVE	MSAVEVALUE	PREEMPT	PRIORITY
QUEUE	RELEASE	REMOVE	RETURN
SAVAIL	SAVEVALUE	SCAN	SEIZE
SELECT	SPLIT	SUNAVAIL	TABULATE
TERMINATE	TEST	TRACE	TRANSFER
UNLINK	UNTRACE		

3.11 APLICACIONES DE LA SIMULACION

Es necesario usar la Simulacion:

- 1) Cuando el observar ciertos procesos industriales es dificil o extremadamente complicado y costoso.
- 2) Cuando la complejidad en estudio es tal que no puede describirse mediante ecuaciones matematicas que nos proporcionen una solucion analitica.

FIGURA No 14 BLOQUES PRINCIPALES DEL GPSS



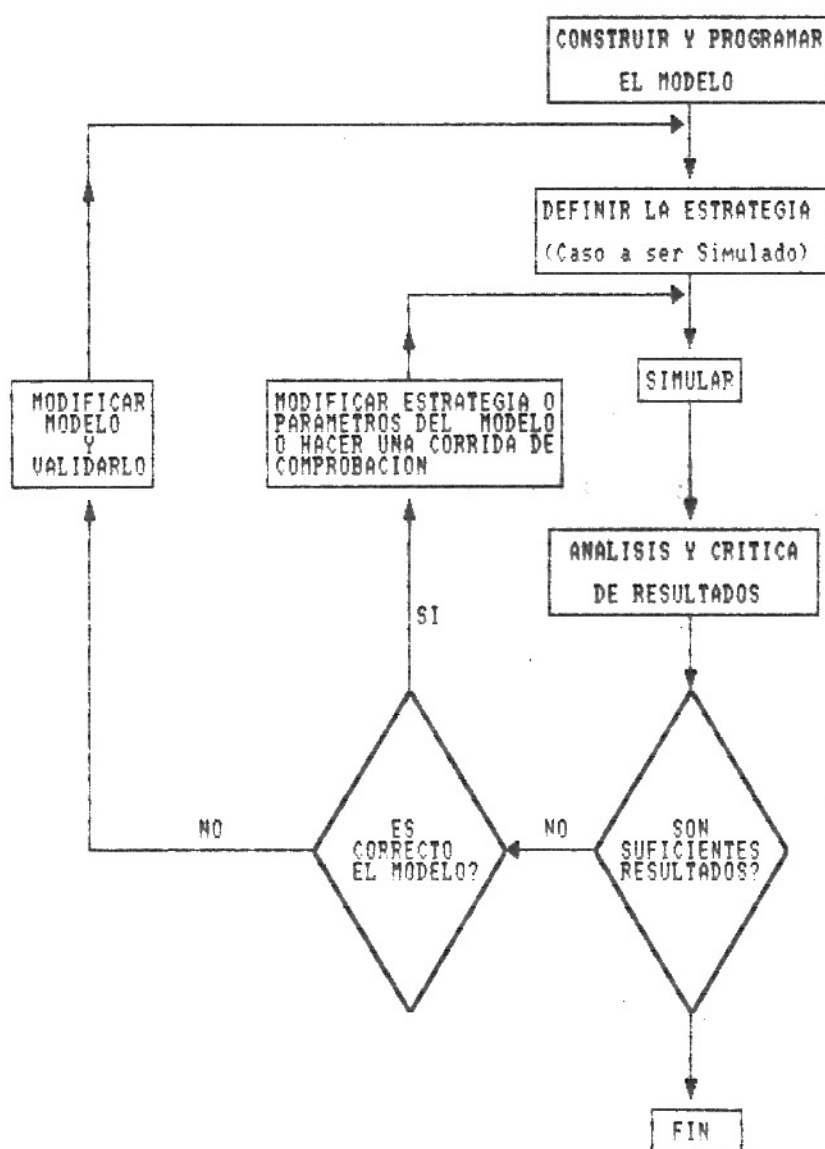
- 3) Cuando es difícil o extremadamente costoso realizar experimentos que examinen la validez de una hipótesis o de un modelo matemático.

3.12 LIMITACION EN LAS APLICACIONES DE LA SIMULACION

Estas son:

- 1) Cuando pueden usarse otras técnicas más simples y menos laboriosas.
- 2) Cuando los datos son inadecuados (Garbage in-Garbage out)
- 3) Cuando los objetivos no están claramente definidos.
- 4) Cuando se trata de problemas secundarios.
- 5) Si las probabilidades asociadas con cada enlace de los eventos no son conocidas exactamente (como sucede en la mayoría de los casos), entonces resulta una incongruencia en los resultados de la simulación.

FIGURA No.2 DIAGRAMA DE FLUJO MOSTRANDO LA CONSTRUCCION DEL MODELO MATEMATICO



CAPITULO IV: FORMULACION

DEL

MODELO MATEMATICO

4.1 INTRODUCCION

En una Mina, los beneficios de la operacion y de la Empresa estan directamente influenciados por los costos operativos, de modo que los Supervisores de Mina estan conscientes con el cumplimiento de los objetivos de Produccion al minimo costo por tonelada.

Existen 4 areas que confronta la Supervision para conseguir reducir los costos del transporte por camiones:

- 1) Cual es la mejor asignacion de camiones a palas en el sistema?
- 2) Si es necesario equipo nuevo Que palas y camiones nuevos operaran mas eficientemente en el sistema?
- 3) Existen otros cambios fisicos en el sistema buscado?
- 4) Cual seria la produccion y los costos de operacion para una flota de camiones y palas determinadas?

Luego de elegir el tipo de modelo, el siguiente paso es la formulacion de una secuencia logica de relaciones matematicas que asemejen las relaciones del sistema real.

4.2 DATOS DE CAMPO

4.2.1 PARAMETROS DE DISEÑO DEL TAJO: El Tajo Raul Rojas de Cerro de Pasco tiene como principales parametros:

Longitud	1500 m.
Ancho	900 m.
Altitud	4350 m.s.n.m.(Superficie)
Profundidad	350 m.(Banco 4050)
Taludes Finales:	
	Lado Oeste 52 (Volcanico)
	Lado Este 45
Altura de Banco 10 m.	
Rampas Principales de Acceso:	
	Ancho 20 m.
	Gradiente 8% maximo

4.2.2 RESERVAS Y PRODUCCION MENSUAL: A Diciembre de 1989 el Departamento de Geologia ha considerado como Reservas del Tajo las siguientes:

RUBROS	TMS	%Pb	%Zn	Oz/ton Ag
RESERVAS	13 285 510	3.8	8.9	2.9
PRODUCCION MENSUAL(Min)	108 870	3.1	7.4	2.86

Esta produccion representa el 60% de la Produccion Total de la Unidad Cerro de Pasco.

4.2.3 PLAN DE MINADO 1990-1996: El minado de los cuerpos mineralizados de Pb-Zn y el desbroce de los diferentes Planes de Minado se aprecian en la Tabla N

TABLA No. 1

AÑO	MINERAL (M3)	DESMONTE (M3)	TOTAL (M3)	W/OR
1990	396000	3654000	4050000	9.227
1991	396000	3544000	3940000	8.949
1992	396000	1718000	2114000	4.358
1993	396000	1283400	1679400	3.241
1994	396000	1200000	1596000	3.050
1995	396000	1200000	1596000	3.030
1996	243500	926300	1169800	3.804

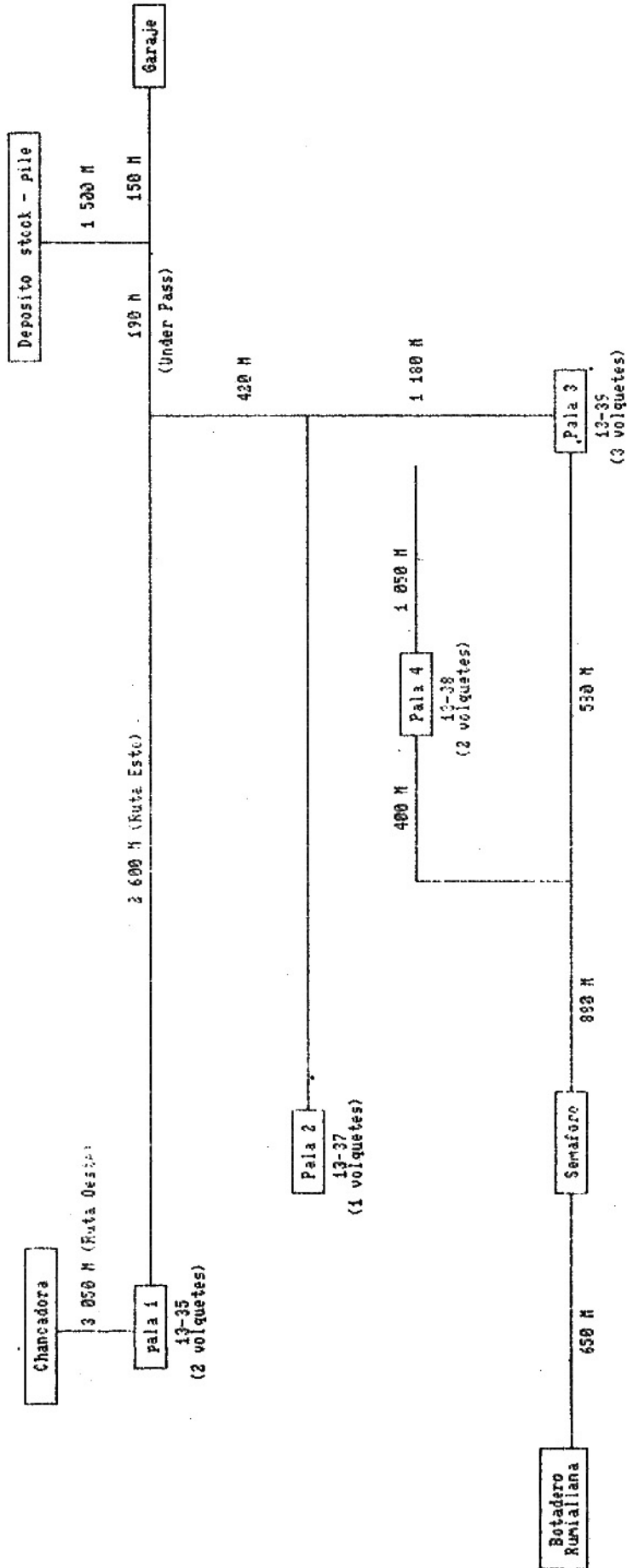
4.2.4 COSTOS OPERATIVOS - TAJO RAUL ROJAS

Los costos generales del Tajo Raul Rojas, se distribuyen del siguiente modo(Fuente: Rafas 13-14 Diciembre, 1989) :

	%
a) Costo Operaciones Tajo	74.0
b) Tajo Servicios Auxiliares	14.0
c) Gastos Generales Tajo	8.0
d) Otros	4.0
TOTAL	100.0

CROQUIS DE RUTA DEL TAJO RAUL ROJAS C. DE P.

JULIO 1990



4.2.4.1 **COSTO OPERACIONES TAJO:** El detalle del Costo Op.Tajo es el siguiente:

	<u>%</u>
Perforacion	11.0
Disparo	13.0
Carguio	23.0
Acarreo	42.0
Carreteras Acarreo	9.0
Trabajos Stock-Pile	2.0
TOTAL	<u>100.0</u>

El Costo Operaciones Tajo el ano 1989 fue de 5.90 US\$/TM en promedio.

4.2.4.2 * **COSTO HORARIO DEL EQUIPO CARGUIO Y ACARREO:** Son los siguientes:

Costo Camion LH-M100	100.00 US\$/hr
Costo Pala P&H 1400	112.00 US\$/hr
Costo Pala P&H 1900	180.00 US\$/hr

* Estos costos incluyen el costo de propiedad del equipo.

**CAPITULO V: ANALISIS DE LOS
DATOS DE CAMPO**

5.1 PROGRAMACION DE FUNCIONES DE DISTRIBUCION

Cuando es obtenida una adecuada confiabilidad entre las mediciones reales y las teoricas, solamente se necesitaran los parametros de la distribucion estandar para que la computadora efectue los experimentos aleatorios. Sin embargo el muestreo es realizado utilizando la funcion de Distribucion acumulada $F(x)$, no la funcion de densidad $f(x)$, donde:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(x) dx$$

Por ejemplo, la forma integrada de la funcion de densidad exponencial $f(x) = ae^{-ax}$ usada para generar los tiempos de llegada de camiones es:

$$F(t) = [1 - e^{-ax}]^t$$

donde el valor asignado para "a" define la distribucion particular.

La Teoria de Colas requiere que se aproximen los parametros de intensidad de trafico a distribuciones de probabilidad standar. Las llegadas de los camiones(transacciones) son asumidas como distribuciones exponenciales y las tasas de servicio(facilities) son asumidas como distribuciones de Poisson.

5.2 PRUEBA DE CONFIABILIDAD DE LOS DATOS

Cuando se desea sustituir una distribucion de probabilidad por datos empiricos, comunmente es usada la prueba chi-cuadrado() para evaluar estadisticamente la similitud entre dos distribuciones. Esta prueba utiliza la media y la varianza de la muestra como los mejores estimados de los parametros de la poblacion y , de modo que las poblaciones de clases teoricas, e_1, e_2, \dots, e_k , para la distribucion estandar que esta siendo probada puede ser comparada con las frecuencias de clases reales(obtenidas del estudio de tiempo) o_1, o_2, \dots, o_k . La estadistica es calculada como:

$$X^2 = \frac{(o_1 - e_1)^2}{e_1} + \frac{(o_2 - e_2)^2}{e_2} + \dots + \frac{(o_k - e_k)^2}{e_k}$$

Las que estan mas cerca de cero, confirman que los datos empiricos cumplen con la distribucion estandar.

5.3 CALCULO DE LA DISTRIBUCION DE CARGUIO-PALA 1400

Una pala carga determinado volumen en cierto tiempo, este tiempo de carguio obedece a una distribucion estadistica y en el caso del Tajo Raul Rojas se presenta

como una distribucion de Poisson. Generalmente depende del tipo de material a cargarse y de la capacidad de la pala.

PALA 13-36 P&H 1400 - 4.5 yd3 VOLQUETE LH-M100

N	TIEMPO (seg.)	FRECUENCIA	FREC.REL	FREC.ACUM
1	208	1	0.015	0.015
2	234	2	0.030	0.045
3	260	5	0.078	0.123
4	286	13	0.197	0.318
5	312	17	0.258	0.576
6	338	12	0.102	0.758
7	364	7	0.105	0.864
8	390	4	0.061	0.925
9	416	3	0.045	0.970
10	442	2	0.030	1.000

$$\bar{x} = 323 \text{ seg.}$$

$$s = 46.4$$

Efectuando la prueba chi-cuadrado para un nivel de significacion del 95% tenemos que:

Digito	1	2	3	4	5	6
Frec.Observ	.015	.030	.078	.197	.258	.102
Frec.Esperad	.016	.065	.0135	.187	.195	.162

7	8	9	10
.105	.061	.045	.030
.112	.068	.035	.016

$$X^2 = 10.2$$

Segun las Tablas para la distribucion chi-cuadrado con un nivel de significacion del 95% corresponde un valor de 16.9; por lo tanto, dado que el valor obtenido es menor, la distribucion "NO DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE".

5.4 CALCULO DE LA DISTRIBUCION DE CARGUIO - PALA 1900

Esta pala se encuentra ubicada en los bancos superiores del Tajo, manipulando generalmente material volcanico.

PALA 13-36 P&H 1900 10 yd3 MATERIAL VOLCANICO

N-	TIEMPO (seg)	FREC.	FREC.REL. (%)	FREC.ACUMUL. (%)
1	174	9	9.4	9.4
2	186	16	16.7	26.1
3	198	29	30.2	56.3
4	210	15	15.6	71.9
5	222	11	11.5	83.4
6	234	8	8.3	91.7
7	246	5	5.2	96.9
8	258	2	2.1	99.0
9	270	1	1.0	100.0

$$\bar{x} = 206 \text{ seg.}$$

$$s = 20.4 \text{ seg.}$$

5.5 CALCULO DE LA DISTRIBUCION DE ACARREO-CAMION LH-M100

La distribucion exponencial representa adecuadamente los datos obtenidos por el estudio de tiempos efectuado:

CAMION LECTRA-HAUL M100 RUTA

N-	TIEMPO (seg)	FREC.	FREC.REL. (%)	FREC.ACUMUL. (%)
1	414	50	37.3	37.3
2	434	28	20.9	58.2
3	454	20	14.9	73.1
4	474	14	10.4	83.5
5	494	10	7.5	91.0
6	514	6	4.5	95.5
7	534	4	3.0	98.5
8	554	2	1.5	100.0

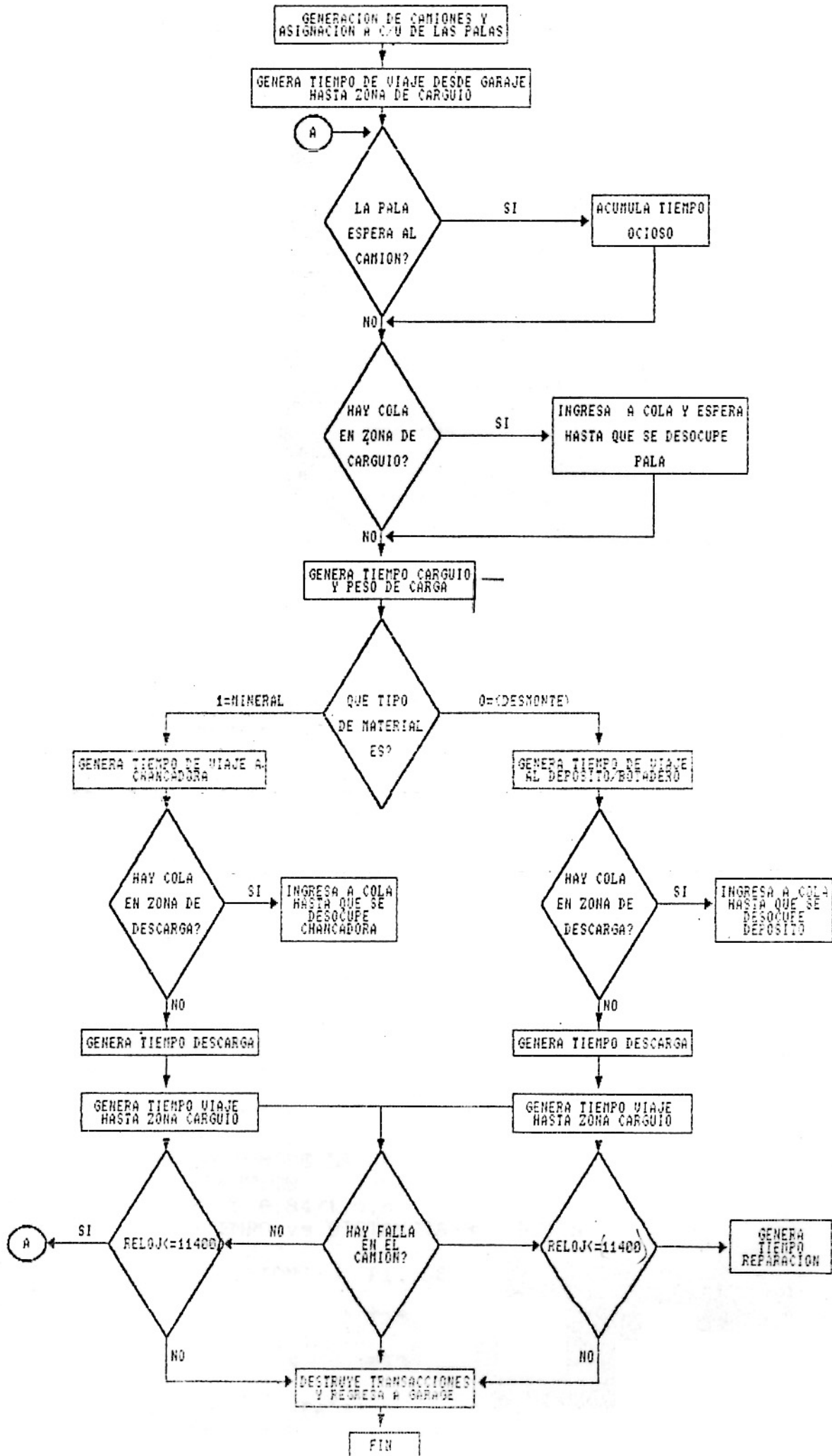
**CAPITULO VI: PRUEBA DEL MODELO
MATEMATICO**

6.1 ALGORITMO DEL MODELO DE CARGUIO-ACARREO

Consta de los siguientes pasos:

- 1) Ingreso de las funciones de distribución normal, exponencial, de carguio, numero de volquetes, numero de palas, y conservadores en el modelo.
2. Calculo del ciclo de simulacion en la pala 1.
3. Calculo del ciclo de simulacion en la chancadora.
4. Calculo del ciclo de simulacion en la pala 2
5. Calculo del ciclo de simulacion en el stock-pile 2.
6. Calculo del ciclo de simulacion en la pala 3.
7. Calculo del ciclo de simulacion en la pala 4.
8. Calculo del ciclo de simulacion en el botadero
9. Impresion del reporte con resultados .

FIGURA No.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO MATEMATICO DE LAS OPERACIONES UNITARIAS CARGUIO - ACARREO DEL TAJO RAUL ROJAS



6.2 LISTADO DEL PROGRAMA PARA MICROCOMPUTADORAS
SIMULANDO LA OPERACION EN EL TAJO R.ROJAS

```

; GPSS/PC Program File SIMRR30.GPS. (V 2, # 37684)
09-11-1990 00:09:08
10*****
20*****
30 *
40 *SIMULACION DEL CARGUIO-ACARREO EN EL TAJO RR C de P.*
50 *
60*****
70*****
80          SIMULATE
90 SNORM    FUNCTION      RN1,C25          ;Standard
normal distribution func
0,-5/.00003,-4/.00135,-3/.00621,-2.5/.02275,-2
.06681,-1.5/.11507,-1.2/.15866,-1/.21186,-.8/.27425,-.6
.34458,-.4/.42074,-.2/.5,0/.57926,.2/.65542,.4
.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2/.93319,1.5
.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1,5
100 XPDIS   FUNCTION      RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915/.7,1.2
/.75,1.38
.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/.95,2.9
9/.96,3.2
.97,3.5/.98,3.9/.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
110 * DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE CARGUIO: MINERAL CALIZA-
PIRITA PALA 4.5 yd3
120 LOAD1   FUNCTION      RN7,C10
0.0,0.0/.015,231/.045,249/.123,267/.32,285/.578,303/.68,3
21/.785,339/.846,357/
.891,375/
130 * DISTRIBUCION DEL TIEMPO CARGUIO: DESMONTE VOLCANICO
PALA 10.0 yd3
140 LOAD2   FUNCTION      RN7,C9
0.0,0.0/0.106,174/.291,186/.507,198/.507,198/.696,210/.82
8,222/.915,234/
1.0,282/
150 LOAD0   FUNCTION      RN7,C3
0.0,0.0/.90,2.0/1.0,2.5
160 * PROBABILIDAD DE FALLA DE CAMIONES
170 A2      FUNCTION      RN6,D2
.80,1/1.0,2
180 A3      FUNCTION      RN2,D2
.725,7/1.0,10
190 * DISTRIBUCION DE LA CARGA
200 CARGA   FUNCTION      RN4,C4
0.0,0.0/0.1,81/0.6,84/1.0,87
210 *      TIEMPO vs DISTANCIA RECORRIDA
220 * GARAGE - 3
230 FUNC1   FUNCTION      P11,C3
0.0,0.0/110,22/199,51
240 FUNC2   FUNCTION      P13,C3
0.0,0.0/110,22/199,51
250 FUNC2   FUNCTION      P13,C2
0.0,0.0/199,51
260 * TRAMO: 2 - PALA1
270 FUNC3   FUNCTION      P15,C6

```

0.0,0.0/190,56/490,101.05/1182,216.05/2291,360.7/2781,461
 .75
 280 * TRAMO: PALA 1 - 2
 290 FUNC4 FUNCTION P17,C5
 0.0,0.0/140,38.71/1821,497.05/2276,583.85/4097,1081
 300 * TRAMO 2 - 1
 310 FUNC5 FUNCTION P19,C3
 0.0,0.0/139,19/557,70.4
 320 * TRAMO: 1 - 2
 330 FUNC6 FUNCTION P21,C4
 0.0,0.0/237,71.71/874,255.67/2570,667.95
 340 * TRAMO: 1 - PALA 2
 350 FUNC7 FUNCTION P23,C5
 0.0,0.0/268,51/924,151.25/1995,339.25/2263,390.25
 360 * TRAMO: PALA 2 - 1
 370 FUNC8 FUNCTION P25,C5
 0.0,0.0/418,118/815,233.75/2077,561/2495,679
 380 * TRAMO: 1 - PALA 3
 390 FUNC9 FUNCTION P27,C4
 0.0,0.0/268,51/924,151.25/1995,339.25
 400 * TRAMO: PALA 3 - 1
 410 FUNC10 FUNCTION P29,C4
 0.0,0.0/418,118/815,233.75/2077,561
 420 * TRAMO: PALA1 - CHANCADORA
 430 FUNC11 FUNCTION P31,C6
 0.0,0.0/307,88.25/815,233.75/1584,421.75/2077,561/2802,76
 7.25
 440 * TRAMO: CHANCADORA - PALA 1
 450 FUNC12 FUNCTION P33,C6
 0.0,0.0/307,36.75/815,125/1852,300/2570,435.5/3575,588.25
 460 * TRAMO: 2 - 3
 470 FUNC13 FUNCTION P35,C3
 0.0,0.0/96,12.8/214,28
 480 * TRAMO: 3 - BOTADERO EXC.
 490 FUNC14 FUNCTION P37,C6
 0.0,0.0/110,27.83/630,109.15/1120,262.97/1220,279.14/1330
 ,306.97
 500 * TRAMO: BOTADERO EXC. - 3
 510 FUNC15 FUNCTION P39,C4
 0.0,0.0/447,63.65/1019,155.8/1637,254.05
 520 *
 530 * VARIABLES
 540 *
 550 * DISPARO BIEN FRAGMENTADO
 560 VAR10 VARIABLE 1
 570 * DISPARO MAL FRAGMENTADO
 580 VAR8 VARIABLE 0
 590 TCHARGE EQU (FN\$LOAD0#FN\$LOAD1)
 595 TLOAD EQU (FN\$LOAD0#FN\$LOAD2)
 600 *
 610 * MULTIPROCESADORES
 620 *
 630 * CAPACIDAD BOTADERO EXC.(Sirve hasta 2 unidades)
 640 BOTAD STORAGE 2
 650 * CAPACIDAD CHANCADORA(Sirve hasta 2 unidades)
 660 CHAN STORAGE 1
 670 RB STORAGE 2
 680 *


```

690 * CONSERVADORES
700 *
710          INITIAL          X1,0
720          INITIAL          X2,0
730          INITIAL          X3,0
740          INITIAL          X5,0
750          INITIAL          X7,0
760          INITIAL          X9,0
770          INITIAL          X11,0
780          INITIAL          X13,0
790          INITIAL          X15,0
800          INITIAL          X17,0
810          INITIAL          X19,0
820          INITIAL          X21,0
830 CREN      EQU              150+(50#FN$XPDIS)
840          GENERATE         CREN,,646,3
850          TRANSFER         ,LAZO1
860          GENERATE         CREN,,646,2
870          TRANSFER         ,LAZO2
880          GENERATE         CREN,,646,5
890          TRANSFER         ,LAZO3
900          GENERATE         CREN,,646,3
910          TRANSFER         ,LAZO4
920 *
930 * OPERACION EN LA PALA 1
940 *
950 LAZO1     ASSIGN          11,K150
960          ASSIGN          12, FN$FUNC1
970          ADVANCE         P12
980          ASSIGN          13,K190
990          ASSIGN          14, FN$FUNC2
1000         ADVANCE         P14
1010         ASSIGN          15,2600
1020         ASSIGN          16, FN$FUNC3
1030         ADVANCE         P16
1040 PAL1     ASSIGN          50,K1
1050         QUEUE           CPA1
1060         SEIZE           PALA1
1070         DEPART          CPA1
1080         ASSIGN          43,VAR10
1090         ADVANCE         FN$LOAD1
1100         ASSIGN          3, FN$CARGA
1110         SAVEVALUE       1+, P3
1120         RELEASE        PALA1
1130 *
1140 * OPERACION EN LA CHANCADORA
1150 *
1160 CHANCAD  ASSIGN          31, K3050
1170         ASSIGN          32, FN$FUNC11
1180         ADVANCE         P32
1190         ASSIGN          68, 1
1200         QUEUE           CCHANC
1210         ENTER           CHAN
1220         DEPART          CCHANC
1230         ADVANCE         92, FN$XPDIS
1240         SAVEVALUE       2+, P3
1250         ASSIGN          3, 0
1260         LEAVE           CHAN

```

1270		SAVEVALUE	3+,P68
1280		ASSIGN	68,0
1290		ASSIGN	44, FN\$A2
1300		BUFFER	
1310		TEST E	P44, K2, PREN
1320		TEST LE	AC1, K16200, ENDED
1330		ADVANCE	1200, FN\$XPDIS
1340		TRANSFER	, PRUEBA
1350	PREN	TEST LE	AC1, K16200, ENDED
1360		ASSIGN	33, K3050
1370		ASSIGN	34, FN\$FUNC12
1380		ADVANCE	P34
1390		TEST E	P50, K1, YYYO
1400		BUFFER	
1410		TRANSFER	, PAL1
1420	YYYO	TEST E	P50, K2, ENDED
1430		BUFFER	
1440		TRANSFER	, LD2
1450	*		
1460	*	OPERACION EN LA PALA 2	
1470	*		
1480	LAZO2	ASSIGN	50, K2
1490		ASSIGN	11, K150
1500		ASSIGN	12, FN\$FUNC1
1510		ADVANCE	P12
1520		ASSIGN	13, K190
1530		ASSIGN	14, FN\$FUNC2
1540		ADVANCE	P14
1550		PRIORITY	1
1560		ASSIGN	61, 1
1570		ASSIGN	19, K420
1580		ASSIGN	20, FN\$FUNC5
1590		ADVANCE	P20
1600	PAL2	ASSIGN	23, K2180
1610		ASSIGN	24, FN\$FUNC7
1620		ADVANCE	P24
1630	LD2	QUEUE	CPA2
1640		SEIZE	PALA2
1650		DEPART	CPA2
1660		ASSIGN	61, 1
1670		ASSIGN	45, VAR10
1680		TEST E	P45, K1, SIGU2
1690		ADVANCE	FN\$LOAD1
1700		TRANSFER	, VAA2
1710	SIGU2	ADVANCE	FN\$LOAD1
1720	VAA2	ASSIGN	3, FN\$CARGA
1730		SAVEVALUE	4+, P3
1740		SAVEVALUE	5+, P61
1750		ASSIGN	61, 0
1760		RELEASE	PALA2
1765		BUFFER	
1770		TRANSFER	.725, , BOTSP2
1780		BUFFER	
1790		TRANSFER	, CHANCAD
1810	*		
1820	*	OPERACION EN EL STOCK PILE 2	
1830	*		
1840	BOTSP2	ASSIGN	25, K2180

1850		ASSIGN	26, FN\$FUNC8
1860		ADVANCE	P26
1870		ASSIGN	21, K420
1880		ASSIGN	22, FN\$FUNC6
1890		ADVANCE	P22
1900		PRIORITY	2
1910		QUEUE	CSEM
1920		SEIZE	SEM
1930		DEPART	CSEM
1940	PASE2	ASSIGN	62, 1
1950		ASSIGN	35, K190
1960		ASSIGN	36, FN\$FUNC13
1970		ADVANCE	P36
1980		RELEASE	SEM
1990		ASSIGN	37, K1500
2000		ASSIGN	38, FN\$FUNC14
2010		ADVANCE	P38
2020		QUEUE	COB
2030		ENTER	BOTAD
2040		DEPART	COB
2050		ADVANCE	87, FN\$XPDIS
2060		SAVEVALUE	7+, P3
2070		ASSIGN	3, 0
2080		LEAVE	BOTAD
2090		ASSIGN	39, K1500
2100		ASSIGN	40, FN\$FUNC15
2110		ADVANCE	P40
2120		SAVEVALUE	9+, P62
2130		ASSIGN	62, 0
2140		TEST LE	AC1, K16200, ENDED
2150		QUEUE	VSEMAF
2160		SEIZE	CSEM
2170		DEPART	VSEMAF
2180		ASSIGN	13, K190
2190		ASSIGN	14, FN\$FUNC2
2200		ADVANCE	P14
2210		RELEASE	CSEM
2220		ASSIGN	19, K420
2230		ASSIGN	20, FN\$FUNC5
2240		ADVANCE	P20
2250		TEST E	P50, K2, ENDED
2260		BUFFER	
2270		TRANSFER	, PAL2
2280	*		
2290	*	OPERACION EN LA PALA 3	
2300	*		
2310	LAZ03	ASSIGN	50, K3
2320		ASSIGN	11, K150
2330		ASSIGN	12, FN\$FUNC1
2340		ADVANCE	P12
2350		ASSIGN	63, 1
2360		PRIORITY	1
2370		ASSIGN	13, K190
2380		ASSIGN	14, FN\$FUNC2
2390		ADVANCE	P14
2400		ASSIGN	19, K420
2410		ASSIGN	20, FN\$FUNC5
2420		ADVANCE	P20

2430		ASSIGN	27, K1180
2440		ASSIGN	28, FN\$FUNC9
2450		ADVANCE	P28
2460		TRANSFER	, CHAR1
2470	PAL3	ASSIGN	39, K580
2480		ASSIGN	40, FN\$FUNC15
2490		ADVANCE	P40
2500		ASSIGN	63, 1
2510	CHAR1	QUEUE	CPA3
2520		SEIZE	PALA3
2530		DEPART	CPA3
2540		ASSIGN	46, VAR10
2580		ADVANCE	TLOAD
2590	VAA3	ASSIGN	4, FN\$CARGA
2600		SAVEVALUE	11+, P4
2610		RELEASE	PALA3
2620		SAVEVALUE	13+, P63
2630		ASSIGN	63, 0
2640		ASSIGN	29, K570
2650		ASSIGN	30, FN\$FUNC10
2660		ADVANCE	P30
2670		BUFFER	
2680		TRANSFER	, BOTRUM
2690	*		
2700	*	OPERACION EN LA PALA 4	
2710	*		
2720	LAZO4	ASSIGN	50, K4
2730		ASSIGN	11, K150
2740		ASSIGN	12, FN\$FUNC1
2750		ADVANCE	P12
2760		PRIORITY	1
2770		ASSIGN	13, K190
2780		ASSIGN	14, FN\$FUNC2
2790		ADVANCE	P14
2800		ASSIGN	19, K420
2810		ASSIGN	20, FN\$FUNC5
2820		ADVANCE	P20
2830		ASSIGN	27, K1050
2840		ASSIGN	28, FN\$FUNC9
2850		ADVANCE	P28
2860		TRANSFER	, CHAR2
2870	PAL4	ASSIGN	39, K480
2880		ASSIGN	40, FN\$FUNC15
2890		ADVANCE	P40
2900	CHAR2	QUEUE	CPA4
2910		SEIZE	PALA4
2920		DEPART	CPA4
2930		ASSIGN	46, VAR10
2940		TEST E	P46, K0, SIGU4
2950		ADVANCE	TCHARGE
2960		TRANSFER	, VAA4
2970	SIGU4	ADVANCE	FN\$LOAD1
2980	VAA4	ASSIGN	4, FN\$CARGA
2990		SAVEVALUE	15+, P4
3000		RELEASE	PALA4
3010		ASSIGN	64, 1
3020		SAVEVALUE	17+, P64
3030		ASSIGN	64, 0

3040	ASSIGN	29, K480
3050	ASSIGN	30, FN\$FUNC10
3060	ADVANCE	P30
3070	BUFFER	
3080	TRANSFER	, BOTRUM
3090	*	
3100	* OPERACION EN EL BOTADERO RUMIALLANA	
3110	*	
3120	BOTRUM ASSIGN	21, K880
3130	ASSIGN	22, FN\$FUNC6
3140	ADVANCE	P22
3150	PRIORITY	2
3160	QUEUE	CRSEM
3170	SEIZE	RSEM
3180	DEPART	CRSEM
3190	ASSIGN	65, 1
3200	ASSIGN	35, K50
3210	ASSIGN	36, FN\$FUNC13
3220	ADVANCE	P36
3230	RELEASE	RSEM
3240	ASSIGN	37, K650
3250	ASSIGN	38, FN\$FUNC14
3260	ADVANCE	P38
3270	QUEUE	CORB
3280	ENTER	RB
3290	DEPART	CORB
3300	ADVANCE	87, FN\$XPDIS
3310	SAVEVALUE	19+, P4
3320	ASSIGN	4, 0
3330	SAVEVALUE	21+, P65
3340	ASSIGN	65, 0
3350	LEAVE	RB
3360	ASSIGN	39, K650
3370	ASSIGN	40, FN\$FUNC15
3380	ADVANCE	P40
3390	PRIORITY	1
3400	QUEUE	VRSEM
3410	SEIZE	CRSEM
3420	DEPART	VRSEM
3430	ASSIGN	13, K50
3440	ASSIGN	14, FN\$FUNC2
3450	ADVANCE	P14
3460	RELEASE	CRSEM
3470	ASSIGN	19, K880
3480	ASSIGN	20, FN\$FUNC5
3490	ADVANCE	P20
3500	TEST LE	AC1, K16200, ENDED
3510	BUFFER	
3520	TEST E	P50, K3, YYY2
3530	BUFFER	
3540	TRANSFER	, PAL3
3550	BUFFER	
3560	YYY2 TEST E	P50, K4, ENDED
3570	BUFFER	
3580	TRANSFER	, PAL4
3590	ASSIGN	27, K1530
3600	ASSIGN	28, FN\$FUNC9
3610	ADVANCE	P28

3620	ASSIGN	13,K190
3630	ASSIGN	14, FN\$FUNC2
3640	ADVANCE	P14
3650	ENDED ASSIGN	11,K150
3660	ASSIGN	12, FN\$FUNC1
3670	ADVANCE	P12
3680	TERMINATE	1
3690	GENERATE	16200
3700	TERMINATE	1

6.2.1 RESULTADOS DADOS POR LA MICROCOMPUTADORA DE UNA
CORRIDA DEL PROGRAMA DE SIMULACION

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE._TIME	AVAILABLE	OWNER
PEND INTER	RETRY	DELAY			
PALA1	17	0.439	309.94	1	0
0 0	0	0			
PALA2	8	0.199	299.12	1	0
0 0	0	0			
CSEM	5	0.021	51.00	1	0
0 0	0	0			
SEM	7	0.016	28.00	1	0
0 0	0	0			
PALA3	20	0.126	76.00	1	0
0 0	0	0			
PALA4	12	0.304	303.92	1	0
0 0	0	0			
CRSEM	31	0.131	51.00	1	0
0 0	0	0			
RSEM	32	0.074	28.00	1	0
0 0	0	0			

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES(0)	AVE.CONT.
AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY			
CPA1	1	0	17	14	0.02
17.18	97.33	0			
CCHANC	1	0	18	18	0.00
0.00	0.00	0			
CPA2	1	0	8	7	0.01
12.75	102.00	0			
CSEM	1	0	7	7	0.00
0.00	0.00	0			
COB	1	0	7	7	0.00
0.00	0.00	0			
VSEMAF	1	0	5	5	0.00
0.00	0.00	0			
CPA3	1	0	20	18	0.00
1.40	14.00	0			
CPA4	1	0	12	4	0.11
114.67	172.00	0			
CRSEM	1	0	32	28	0.00
1.37	11.00	0			
CORB	1	0	32	32	0.00
0.00	0.00	0			
VRSEM	1	0	31	27	0.01
5.42	42.00	0			

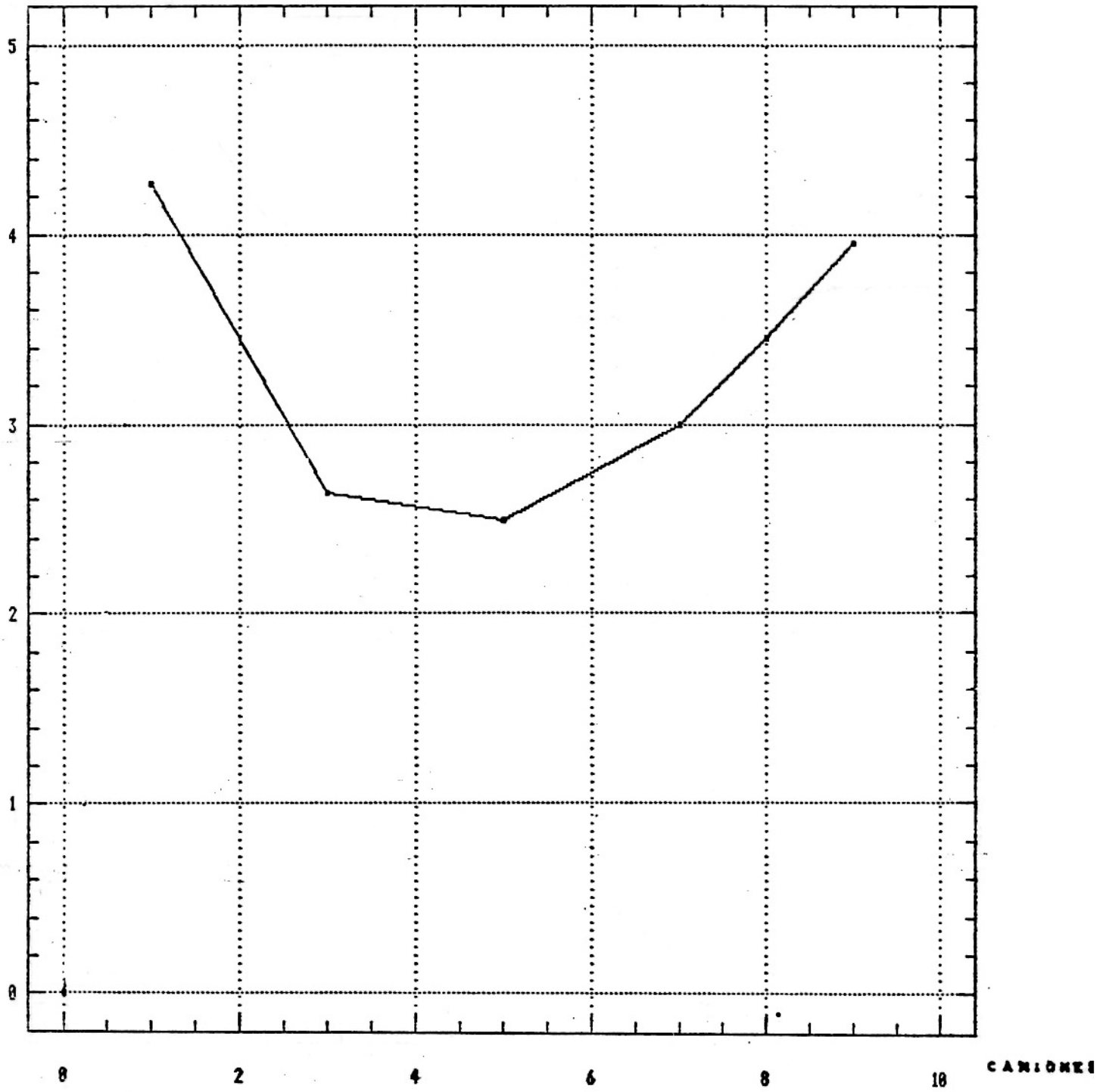
STORAGE	CAP.	REMAIN.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.
AVE.C. UTIL.	RETRY	DELAY				
BOTAD	2	2	0	1	7	1
0.05 0.023	0	0				
CHAN	1	1	0	1	18	1
0.11 0.105	0	0				
RB	2	2	0	2	32	1
0.23 0.116	0	0				

GPSS/PC Report file REPORT.GPS. (V 2, # 37684) 09-07-
1990 02:08:13 page 7

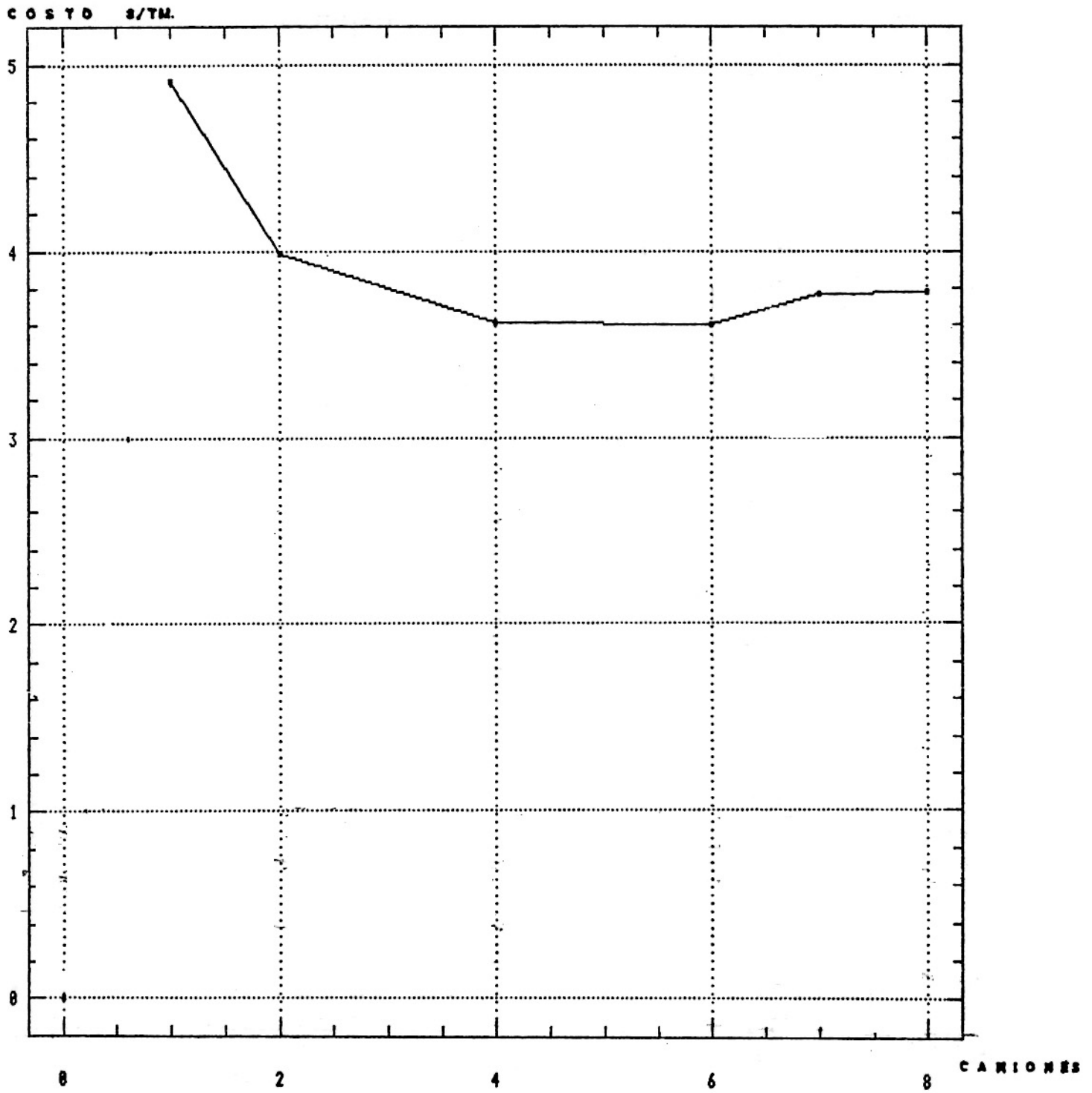
XACT_GROUP	GROUP_SIZE	RETRY
POSITION	0	0

SAVEVALUE	VALUE	RETRY
1	+1314	0
2	+1399	0
3	+18	0
4	+669	0
5	+8	0
7	+584	0
9	+7	0
11	+1662	0
13	+20	0
15	+949	0
17	+12	0
19	+2611	0
21	+32	0

COSTO S/TM

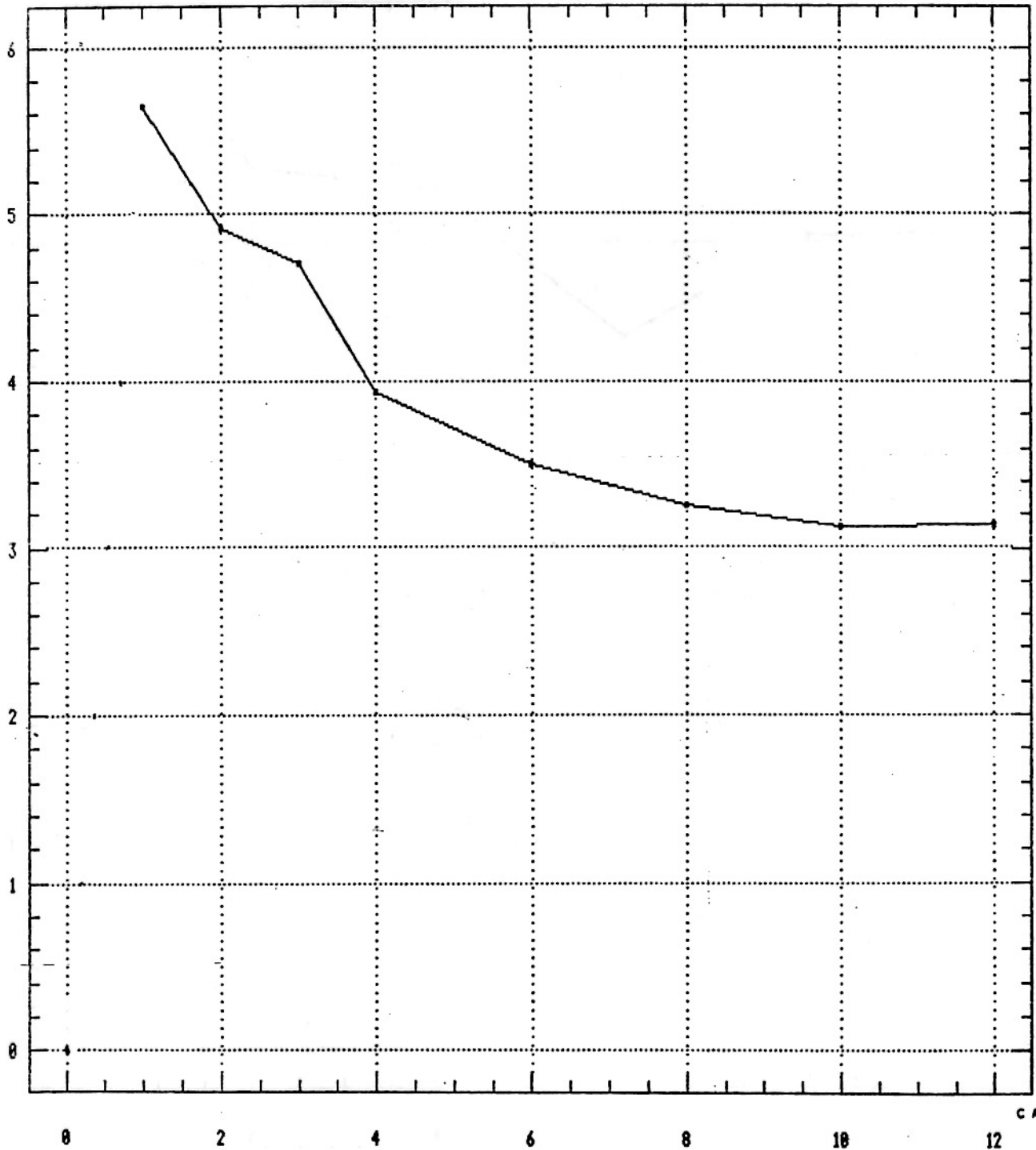


PALALR



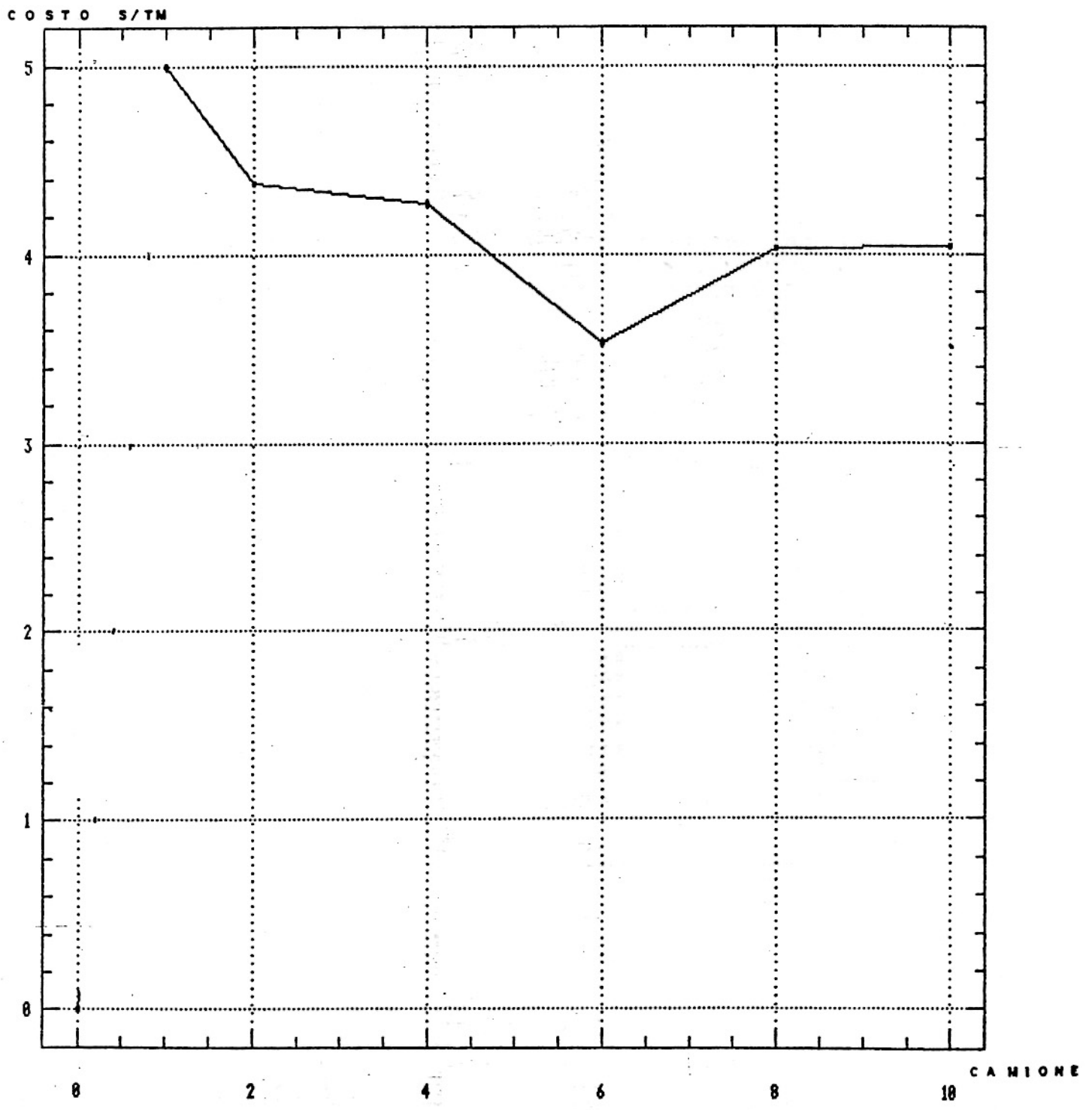
PALA2.X

COSTO S/TH



CAMIONES

PLAS.X



PALA.X

6.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA MICROCOMPUTADORA SIMULANDO LAS OPERACIONES DEL TAJO RAUL ROJAS

En el reporte de simulacion se detallan:

- A) Las facilities que intervienen en el Programa, indicando el numero de transacciones que ingresan a c/u de ellas, y el tiempo promedio de servicio.
- B) Las colas que se forman en c/u de las facilities, esperando ser servidas, se indica el contenido promedio de c/u de ellas, el numero de ingresos y el numero de transacciones ingresantes cuando esta libre la facility(entries 0).
- C) La estadistica acumulada de los ingresos de las transacciones a las principales facilities.
- D) Los valores acumulados de las entidades (savevalues) ordenados segun el siguiente codigo:

SAVEVALUE	CONTENIDO
1	Tonelaje cargado Pala 1
2	Tonelaje descargado Chancadora
3	N de camiones descargados Chancad.
4	Tonelaje cargado Pala 2
5	N de camiones cargados Pala 2
7	Tonelaje descargado SP2
9	N de camiones descargados SP2
11	Tonelaje cargado Pala 3
13	N de camiones cargados Pala 3
15	Tonelaje cargado Pala 4
17	N de camiones cargados Pala 4
19	Tonelaje descargado Bot.Rumiallana
21	N de camiones descargados Bot.Rum.

6.4 DISCUSION DE RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA MICROCOMPUTADORA SIMULANDO LAS OPERACIONES DEL TAJO RAUL ROJAS

6.4.1 De acuerdo con las estadisticas de produccion del mes de Julio de 1990, el Tajo Raul Rojas produjo:

MINERAL.....	116 546 TMS
DESMONTE	268 617 TMS
W/O.R.	2.305

(Referencias: Carta Mensual - Division Cerro de Pasco)

6.4.2 Los resultados de una corrida de simulacion del modelo matematico fueron(START 12):

MINERAL	117 516 TMS
DESMONTE	268 380 TMS
W/O.R.	2.284

Siendo la variacion del tonelaje menor del 1.0 %

- 6.4.3 El Grafico N° 1 muestra que la pala 13-35, trabajando con un camion(Julio,1990) tiene un costo operativo de 4.27 US\$/TM. En cambio dicho costo puede reducirse a 2.49 US\$/TM al asignarle a la pala 5 camiones, existiendo un ahorro de 1.78 US\$/TM.
- 6.4.4 El Grafico N° 2 permite apreciar que la pala 13-37 trabajando con 2 camiones(Julio,1990) se alcanza un costo operativo de 3.98 US\$/TM; y el modelo matematico indica que dicho costo puede reducirse en 0.38 US\$/TM al asignar 4 camiones a dicha pala.
- 6.4.5 El Grafico N° 3, indica que la pala 13-39 trabajando con 3 camiones (Julio,1990) se alcanza un costo operativo de 4.70 US\$/TM, sin embargo este costo puede reducirse hasta en 1.57 US\$/TM al asignarsele 10 camiones a dicha pala.
- 6.4.6 El Grafico N° 4 muestra que la pala 13-38 trabajando con 2 camiones(Julio,1990) se alcanza un costo operativo de 4.38 US\$/TM, sin embargo este costo puede reducirse en 0.85 US\$/TM al asignarse 6 camiones a dicha pala.
- 6.4.7 Puesto que la Produccion promedio de mineral del Tajo "Raul Rojas" es de 110 000 TM y considerando un ahorro de 0.65 US\$/TM se tendria un Ahorro Anual Estimado de 860 000 US\$.
- 6.4.8 Se deja constancia, que en el presente Modelo Matematico se efectua el tipo de Simulacion Estocastica, que es aplicable a CUALQUIER OPERACION MINERA.
- 6.4.9 El Modelo Deterministico no es aplicable a las operaciones mineras, por las grandes limitaciones que tiene ya que considera a las variables como constantes, lo que no sucede en NINGUNA OPERACION MINERA REAL; ya que en ellos las variables son aleatorias(Random).

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

7.0 CONCLUSIONES

Al efectuar la simulacion del modelo del tajo Raul Rojas con las ubicaciones de las palas del mes de Julio\1990, se ha obtenido:

1. La pala 13-35 tiene un costo minimo (2.49 US\$/TM) cuando trabaja con 5 volquetes LH-M100.
2. La pala 13-37 tiene un costo minimo (3.60 US\$/TM) cuando trabaja con 4 volquetes LH-M100.
3. La pala 13-38 tiene un costo minimo (3.13 US\$/TM) cuando trabaja con 6 volquetes LH-M100.
4. La pala 13-39 tiene un costo minimo (3.53 US\$/TM) cuando trabaja con 10 volquetes LH-M100.
5. La aplicacion del programa de simulacion en el Tajo Raul Rojas permite al supervisor asignar racionalmente las unidades de carguio y acarreo para obtener una mejor produccion y productividad a un costo minimo.
6. Permite elegir la ruta(s) mas economica en el Tajo.
7. Con la ubicacion actual de las palas aplicando la simulacion se obtendria un ahorro anual estimado de US\$ 860 000 de acuerdo al programa de minado del tajo Raul Rojas para el año 1990.

CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

8.0 RECOMENDACIONES

Despues de realizar la presente investigacion, se pueden dar las siguientes recomendaciones:

- 8.1 Se debe aplicar e implementar este programa para microcomputadoras, escrito para el Modelo Matematico de las Operaciones Mineras Unitarias de Carguio y Acarreo del Tajo "Raul Rojas"; porque ello significara un gran avance tecnico-economico, para la Minería Nacional.
- 8.2 Se debe aplicar la tecnica de Simulacion, ya que ella permitira tener elementos de juicio suficientes para que la alta Direccion de una Empresa Minera moderna pueda tomar decisiones acertadas y rapidas.
- 8.3 Se debe reubicar la chancadora primaria del Tajo en los bancos inferiores, lo cual disminuira la ruta de acarreo de los camiones y por ende minimizara los Costos Operativos que son tan significativos en cualquier operación minera.
- 8.4 El Modelo Matematico desarrollado en la presente Tesis puede ser aplicado en cualquier Operacion Minera trabajada a Cielo Abierto(Open Pit), pues ello conllevara al incremento de Produccion y Productividad, y a la minimizacion de los Costos de Produccion.

CAPITULO IX: BIBLIOGRAFIA

9.0 BIBLIOGRAFIA

1. AGREDA T.,C. CURSO "SEMINARIO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES" ESCUELA DE POST-GRADO UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. LIMA. PERU.1989.

2. BOBILLIER,P. SIMULATION WITH GPSS AND GPSSV. PRENTICE-HALL, INC.NEW JERSEY-USA. 1976

3. BARNES,R PROBABILITY TECHNIQUES FOR ANALIZING OPEN PIT PRODUCTIONS SYSTEMS. 16 INTERNATIONAL SYMPOSIUM APPLICATION OF COMPUTERS AND OPERATIONS RESEARCH IN THE MINERAL INDUSTRY. AIME.INC.NEW YORK 1979.

4. CROSSON,C PALABORA SYSTEM OF TRUCK CONTROL MINING MAGAZINE - FEBRUARY 1977.

5. FISHMAN,G. CONCEPTOS Y METODOS EN LA SIMULACION DIGITAL DE EVENTOS DISCRETOS. EDIT. LIMUSA - MEXICO 1978.

6. GORDON,G. SIMULACION DE SISTEMAS. EDIT. DIANA MEXICO 1982.

7. HEMPENSTALL,J. BOUGANVILLE INCREASES EFFICIENCY WITH COMPUTERS. WORLD MINING - FEBRUARY 1980.

8. IBM GPSS/PC REFERENCE MANUAL GENERAL PURPOSE SIMULATION. MINUTEMAN SOFTWARE PO BOX 171 USA. 1986.

9. MARIN. IV SEMINARIO DE INVESTIGACION OPERATIVA APLICADA A LA INDUSTRIA MINERA. CHILE. 1974

10. NAPLATANOV TRUCK CONTROL AT MEDET. MINING MAGAZINE JULY 1977

11. NAYLOR,T. TECNICAS DE SIMULACION EN COMPUTADORAS. EDIT. LIMUSA-WILEY, S.A. MEXICO 1971.

12. RODRIGUEZ, R SISTEMA MECANIZADO PARA SIMULAR EL ACARREO
DE MATERIALES EN LA MINA DE COBRE CERRO
VERDE.
TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE
INGENIERIA. 1977.

13. SINGHAL, R MINE PLANNING: THE KEY TO PROFITS.
WORLD MINING EQUIPMENT. JANUARY 1990.

14. STURGAL, J. SIMULATION MODELS-TO STUDY THE EFFECT
OF COMPUTARIZED TRUCK DISPATCHING IN
A MINE. E&MJ APRIL 1987.

15. WHITE, J. AUTOMATED OPEN-PIT TRUCK DISPATCHING
AT TYRONE. E&MJ JUNE 1982.