			ų	
NALISIS Y	SIMULACION	DE REDES D	DE COMUNICACION	PARA TRAFICO
		HIBRI		
		півкіі		4
		tesis present	tada por	
		rael Arieh Cim	et Wulfovich	
			anico Electricista e	
Inc	geniería de la	Universidad Na	cional Autonoma de	México.
		\$1.50 m		
	있는데 기계 적인 일본 (1985년 1984년 - 1985년 1987년 - 1987년			
				등에 함께 된다. 사용하다면요. 사람들 등이 말했습니다. 다그리
		MEXICO	D.F.	
		1984		





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

777 (2 7 6		
	CONTENTS	n
		Page
1.	INTRODUCCION	erekan beralan kema
	1.1 PORQUE EXISTEN REDES DE COMPUTADORAS?	
	1.2 CLASIFICACION DE REDES DE COMPUTADORAS	
	1.3 OBJETIVO DE LA TESIS	8
2.	HERRAMIENTAS PARA EL ANALISIS Y DISEÑO DE REDES .	. 10
	2.1 CONCEPTOS ELEMENTALES	이 선생님은 가 얼룩되었다. 이 그
	2.2 TEORIA DE COLAS	. 11
	2.3 PROCESOS ESTOCASTICOS	
	2.3.1 PROCESOS DE RENOVACION	
	2.3.2 PROCESOS DE MARKOV	gradieniak (* † 1
	2.3.3 PROCESOS DE NACIMIENTO Y MUERTE	
	2.4 COLAS POISSONIANAS	
	2.4.1 SISTEMA M/M/1	
	2.4.2 SISTEMA M/M/c CON PERDIDA O SISTEMA M/M/c/c	
	2.5 GENERACION DE NUMEROS ALEATORIOS	
	2.6 PROGRAMACION MATEMATICA	
	2.7 TECNICAS HEURISTICAS	
	2.8 SIMULACION	. 26
3.	EL PROBLEMA DE DISEÑO DE REDES DE COMPUTADORAS	. 30
	3.1 ASIGNACION DE CAPACIDADES	Da la
	3.2 ESTRATEGIA DE ENRUTAMIENTO	
	3.3 DISCIPLINA DE CONTROL DE FLUJO	
	3.4 TOPOLOGIA	. 44
4.	MODELADO DE REDES	. 46
	4.1 CONFIGURACION FISICA	. 47
	4.1.1 REDES CON CONMUTACION DE PAQUETES	. 47
	4.1.2 REDES CON CONMUTACION DE CIRCUITOS	, 52
	4.1.3 REDES CON CONMUTACION HIBRIDA	. 56
	4.2 CONSIDERACIONES GENERALES EN LOS MODELOS	
	4.3 MODELO DE REDES CON CONMUTACION DE PAQUETES	
	4.4 MODELO DE REDES CON CONMUTACION DE CIRCUITOS	
	4.5 MODELO DE REDES CON CONMUTACION HIBRIDA	. 63
	,一直一直一直,一直一直一直,一直一直一直,一直一直,一直一直,一直一直,一	

5. SIMULACION DE REDES DE COMPUTADORAS	68
5.1 ESPECIFICACIONES	68
5.2 MODELOS UTILIZADOS	69
5.3 ESTIMADORES	71
5.4 ENRUTAMIENTO	73
5.5 CONTROL DE LA SIMULACION ,	74
5.6 EJEMPLO	77
5.7 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	90
CONCLUSIONES	94
APENDICE A: CORRIDAS DEL EJEMPLO DEL SIMULADOR	97
APENDICE B: FIGURAS	.// . 11
REFERENCIAS	126
OTRAS REFERENCIAS CONSULTADAS	128

1. INTRODUCCION

1.1 PORQUE EXISTEN REDES DE COMPUTADORAS?

Actualmente la computadora juega un papel preponderante en nuestra existencia. Las diversas aplicaciones, basadas primordialmente en su capacidad de reunir, transportar, almacenar y procesar informacion, varian desde el campo de la Medicina hasta las Artes, utilizandose principalmente en las diversas ramas de la Ingenieria.

Con el advenimiento de nuevos avances tecnologicos y de nuevas aplicaciones (por ejemplo: correo electronico, control distribuido de inventarios, sistemas de reservaciones, sistemas militares, sistemas bancarios, automatización de oficinas, teleconferencias y muchas mas) es necesario construir redes que comuniquen a varias computadoras. Esto se debe a que muchas de estas aplicaciones necesitan de procesadores especializados o de ciertos recursos (como bases de datos o programas) que son demasiado caros o difíciles de mantener o conseguir para una sola aplicacion; es mas factible compartir los recursos disponibles en cada institución en diversas aplicaciones y en distintos lugares. Ademas, algunas de estas aplicaciones (como: bancos, control industrial, etc.) requieren de recursos confiables, ya que una interrupción en el servició tendria serias consecuencias.

Una de las razones principales que apoya a esta decision es que el costo relativo entre procesamiento y comunicacion ha disminuido considerablemente. Anteriormente era mas factible tener una computadora central y transmitirle toda la informacion. Actualmente es mas barato téner computadoras pequeñas distribuidas en cada region que realizan el procesamiento localmente y solo transmiten la

informacion mas importante al computador central.

Es por esto que algunos de los objetivos que se buscan al construir redes de computadoras son:

- Compartir recursos disponibles entre usuarios geograficamente distribuidos.
- 2. Aumentar la confiabilidad al tener recursos alternativos.
- 3. Facilitar el uso de diferentes recursos en una aplicacion.
- Proporcionar compatibilidad entre equipos y programas no compatibles de diferentes distribuidores.
- 5. Simplificar el crecimiento del sistema al introducir nuevos usuarios, ademas de facilitar la introduccion de nuevos componentes (como: procesadores mas rapidos).

1.2 CLASIFICACION DE REDES DE COMPUTADORAS

Generalmente una red de computadoras se divide en 2 componentes principales: la Subred del Usuario y la Subred de Comunicacion. La primera consiste de una coleccion de computadoras y terminales dedicadas a procesar las aplicaciones mencionadas anteriormente. La segunda consiste de conmutadores o microprocesadores (tambien llamados nodos) que transmiten los mensajes de los diferentes usuarios y se encuentran interconectados por lineas de transmision.

Esta tesis esta enfocada hacia las características que debe tener la Subred de Comunicación para tener una operación eficiente de la red. En lo sucesivo, se considera que la Subred del Usuario "inyecta" una serie de mensajes (que pueden ser desde archivos de varios Mb hasta caracteres de control de un solo byte) a la Subred de

Comunicacion y esta debe encargarse de que lleguen a su destino correctamente y en el menor tiempo posible *.

La Subred de Comunicacion (que llamaremos simplemente subred) puede clasificarse en 2 grandes grupos dependiendo del tipo de linea de transmision que se utilize. Esta clasificacion se debe a la manera en que la subred transmite los mensajes entre cada nodo de la red. El primer grupo utiliza lineas de punto a punto (lineas telefonicas publicas o privadas) en las cuales la transmision se lleva a cabo entre 2 nodos adyacentes. Al recibir un mensaje, el nodo debe almacenarlo y esperar hasta que la linea al siguiente nodo este libre para empezar a transmitir; es por esto que este tipo de subredes reciben el nombre de "guarda-reexpide". En el caso en que ciertos nodos no tengan una conexion directa, la transmision se realiza utilizando nodos intermedios (ejemplo: si A y C no estan conectados, pero A esta conectado con B y este a su vez esta conectado con C, entonces la transmision se realiza de A hacia B y de B hacia C).

En el segundo grupo se utilizan canales de difusion (radio, satelite, etc.), con los cuales todos los nodos reciben simultaneamente la transmision. Este tipo de subredes presentan ventajas como eliminar los problemas de enrutamiento y congestionamiento del primer grupo pero introducen tambien ciertas desventajas como falta de seguridad ([1] cap 6-7).

La subred puede organizarse en 3 diferentes niveles. La funcion de cada nivel es ofrecer ciertos servicios al nivel inmediato superior sin que este ultimo conozca los detalles de la manera en que se

^{*} Puede encontrarse un estudio detallado de las características y operacion de la Subred del Usuario en [1] caps: 8-10.

ofrecen. Estos niveles son;

- 1. Nivel fisico: se encarga de transmitir en el canal de comunicacion y en realidad es el unico nivel que se encuentra fisicamente conectado por medio de las lineas de transmision. Este nivel comunica a los demas niveles con sus analogos en otro lugar, proporcionando asi una comunicacion "virtual" entre cada nivel. En este nivel se especifican los procedimientos mecanicos y electricos para establecer una llamada: como conectar y desconectar una linea, velocidades y tipo de transmision (simplex, duplex, etc.), sincronizacion, los codigos para detectar y corregir errores (la deteccion y correcion se lleva a cabo en el nivel 2 pero generalmente los codigos se generan directamente sobre la linea en el nivel 1), la tecnica de modulación (PCM, Delta, etc.) y la tecnica de conmutacion (por paquetes, por circuitos, etc.). Esta tesis esta dedicada a discutir la forma mas eficaz en que se puede utilizar el canal de comunicación bajo el trafico que presentan las diversas aplicaciones que se estan realizando (ejemplo: voz, imagenes, datos, etc.).
- 2. Nivel de enlace de datos: transforma al nivel fisico en un canal libre de errores de transmision. Esto se logra dividiendo los datos en pequeños paquetes que se transmiten sequencialmente. En caso de existir algun error, el receptor pide una retransmision del paquete hasta que este sea recibido correctamente.
- 3. Nivel de control de la subred: realiza el enrutamiento de mensajes
 y asegura que estos sean recibidos en el orden y forma correctos;
 ademas, controla el flujo del trafico de mensajes para no inundar a

la red con mas mensajes cuando ya no existe capacidad disponible para transmitirlos.

Una de las características fundamentales del trafico entre computadoras es que generalmente se presenta en "rafagas" de datos seguidas de largas pausas, a diferencia de, por ejemplo, el trafico telefonico en el que los datos circulan en forma casi continua. Por esta razon existen 2 tipos de conmutacion: conmutacion de circuitos (CC) y conmutacion de paquetes (CP).

La CC fue ideada para el sistema telefonico. Al recibir una llamada el conmutador busca una linea disponible para establecer la comunicación con el receptor (este proceso puede llevarse hasta 10 seg, ya que deben apartarse todas las lineas que vayan a intervenir en la transmisión). Esto significa que en caso de no encontrar alguna linea disponible, no se establecera la llamada, por lo que el usuario debera intentar la comunicación en otro momento. En caso de establecer la conexión, las lineas que intervienen en ella permanecen asignadas durante toda la duración de la llamada (aun cuando no se este transmitiendo), por lo que puede transmitirse sin preocuparse de congestionamientos, retardos, enrutamientos, etc.

La CP toma ventaja del trafico caracteristico entre computadoras y divide el mensaje en paquetes a los que se les agrega cierta informacion como: caracteres de control, chequeo de errores, destino final, etc. Estos paquetes tienen la capacidad de viajar dentro de la red en forma independiente y con diferentes rutas para llegar a su destino (todo esto controlado por el nivel 3). Este hecho asegura que ninguna línea estara ocupada con un solo mensaje durante mas de

algunos milisegundos; ademas de que la independencia de cada paquete mejora el desempeño de la red al reducir el retardo ocasionado por una falta de capacidad de transmision (debido a lineas ocupadas). Como consecuencia tambien se mejora la conductividad de la red (capacidad para llevar un mensaje a su destino). Sin embargo, este esquema presenta tambien desventajas, por ejemplo: el conmutador debe almacenar los paquetes que aun no han sido transmitidos, por lo que existe la posibilidad de que la capacidad de almacenamiento no sea suficiente para determinado trafico instantaneo; esto representaria una perdida de paquetes y por lo tanto un mensaje truncado; ademas, los paquetes pueden arrivar a su destino en desorden, por lo que existira cierto retardo al ordenar y ensamblar los paquetes para de nuevo formar el mensaje.

Pero cuando debe utilizarse CC o CP?. Para hacer una comparación se utilizaron 2 indicadores del desempeño de una red [2]. Estos son: el costo de utilización de la red y el retardo de tiempo de un mensaje que viaja en la red.

El primer indicador compara el costo de transmision contra el costo de procesamiento de cada esquema. Se observo que debido al encabezado que se le agrega a los mensajes de CP, la CC es mas eficaz (o sea el costo de transmision es menor que el costo de procesamiento) para mensajes continuos de una longitud de mas de 3 Kb [2]. En cambio para mensajes intermitentes, CP es mas eficaz debido-a que se utiliza el canal para transmitir otros mensajes cuando se presenta una pausa en la informacion.

Utilizando el segundo indicador se encuentra una mayor eficacia de transmision (menor retardo) para mensajes largos y continuos en una red con CC, debido a que en este caso la CP introduce mucha informacion que no es del usuario (ejemplo: encabezados) pero que utiliza la capacidad de transmision, traduciendose esto en un mayor retardo para entregar el mensaje. Por otro lado en mensajes cortos o intermitentes el establecer una conexion para CC toma mas tiempo que la misma transmision ocasionando un mayor retardo que en CP.

A pesar de esto, en algunas aplicaciones es indispensable cumplir con ciertos requisitos que solo se cumplen en determinado esquema de conmutacion sin importar la eficiencia con la que se realiza (ejemplo: una comunicacion sincrona solo es posible en CC). Para evitar estas limitaciones se han diseñado variantes o formas hibridas de conmutacion. Como ejemplos se tienen:

- 1. CC con conexion rapida (del orden de milisegundos).
- 2. Conmutacion por division de tiempo: bajo ciertas restricciones los conmutadores empiezan a transmitir el paquete hacia el siguiente nodo aun cuando no han terminado de recibirlo. Esto elimina el almacenamiento del mensaje, asemejandose a CC.
- 3. Circuitos permanentes (Sistema TRAN): la transmision se realiza en superpaquetes que contienen grupos de paquetes hacia destinos conectados por circuitos permanentes. El superpaquete descarga cada grupo en su destino y recoge otros para entregar en otros nodos.

1.3 OBJETIVO DE LA TESIS

Tradicionalmente se han manejado los 2 esquemas anteriores en forma exclusiva en una red dada (o con ciertas variantes), sin embargo con el advenimiento de nuevos avances en la tecnologia de computadoras y comunicaciones, se ha hecho necesario proporcionar al posible usuario, redes de comunicacion entre computadoras que manejen eficazmente el trafico conjunto con muy diversas características (como voz y datos); ademas, debe crearse una infraestructura que soporte las futuras aplicaciones de las que aun no se conocen las características.

Como una solucion a este hecho se propone utilizar la tecnologia de redes con comunicacion integrada (o hibrida), en la que existiran los 2 esquemas de conmutacion bajo una misma interfase y los recursos seran asignados libremente para cumplir con las demandas del usuario; es mas, el usuario podra escoger el esquema mas conveniente para la aplicacion que vaya a procesar. Este esquema proporcionara la requerida independencia entre las, 2 subredes, ademas de lograr el mejor desempeño de cada una de ellas.

En esta tesis se presenta un estudio comparativo de los 2 esquemas postulando, en forma general, el problema de diseño de redes hibridas como uno de optimizacion con objetivos multiples en conflicto. Las funciones de costo estan basadas en aproximaciones del retardo total promedio (en paquetes) y de la probabilidad maxima de bloqueo (en circuitos). Estas son funciones del inverso de la capacidad de la linea de transmision, por lo que el diseño de la red debe realizarse de tal forma que se encuentre un

compromiso entre los valores de estas funciones para obtener el mejor desempeño de cada una de ellas.

Utilizando estas funciones objetivo se presenta esquematicamente un simulador de redes hibridas a traves del cual se validan las aproximaciones propuestas y se estudian algunos esquemas para compartir las capacidades de las lineas de transmision en forma dinamica entre el trafico conmutado por paquetes y el conmutado por circuitos. Finalmente se destacan algunos aspectos estadisticos de las simulaciones.

2. HERRAMIENTAS PARA EL ANALISIS Y DISEÑO DE REDES

2.1 CONCEPTOS ELEMENTALES

Es conveniente recordar algunos conceptos elementales que seran utilizados para plantear las herramientas que se utilizan en el analisis y dise8o de redes. Estos conceptos son [9]:

1. Probabilidad: la teoria de la probabilidad describe o predice los promedios de ocurrencia de eventos de determinado fenomeno o experimento S, donde un evento a es un subconjunto del espacio de resultados posibles de ese fenomeno (tambien llamado evento seguro). Por ejemplo, un evento es que al tirar un dado, el numero sea 6 o que el numero sea par. Esta prediccion se logra al asociar una probabilidad P(a) a los diferentes eventos. Esta probabilidad debe obedecer los siguientes postulados: (1) debe ser positiva, (2) la probabilidad del evento seguro es 1 y (3) si a y b son eventos mutuamente exclusivos, es decir, la ocurrencia de uno en determinado intento excluye la ocurencia del otro, entonces:

$$P(a+b) = P(a) + P(b)$$
 (2.1)

2. Variable Aleatoria (VA): dado un experimento G cuyos eventos s pertenecen al evento seguro S, se le asigna a cada s un numero X(s) de acuerdo a cierta regla. Este hecho establece una relacion entre los elementos del conjunto S y ciertos numeros, a la cual se le llama variable aleatoria. Se define asi una funcion X cuyo dominio es el conjunto S de todos los eventos posibles y cuyo rango es el conjunto de los numeros. Esta funcion debe cumplir con las siguientes condiciones: (1) el conjunto (X(s) ≤ x) es un evento para todo numero real y (2) la probabilidad de los eventos

 $\{X(s)=+\infty\}$ y $\{X(s)=-\infty\}$ es cero.

3. Funcion de Distribucion de una VA: dado un numero real x, el conjunto {X(s) ≤ x}, que consiste de todos los resultados s de un experimento, es un evento. La probabilidad P{X(s) ≤ x} de este evento es una funcion de x denotada por:

$$F_{x}(x) = P\{X(s) \le x\}$$
 (2.2)

y sera denominada como la funcion de distribución o simplemente la distribución de la VA x. La función de la ec. (2.2) esta definida para toda x y se denotara por F(x) cuando no exista ambigüedad.

4. Funcion de Densidad de una VA: esta funcion se define como la derivada de la función de distribución de la VA. Debido a que F(x) puede no tener una derivada para cada x, estas funciones de densidad (o simplemente densidades) pueden dividirse en continuas y discontinuas. La densidad puede expresarse como:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$
 (2.3)

2.2 TEORIA DE COLAS

Un sistema de espera (mas comunmente conocido como cola) consiste de los siguientes elementos (representados en la figura 1) [10]:

- 1. Fuente: es la poblacion o coleccion de clientes potenciales del sistema y generalmente se considera infinita para facilitar el estudio del comportamiento del sistema en estado estable. En el caso de redes los clientes son los mensajes que arriban a un nodo (que en este caso es el sistema de espera).
- 2. Proceso de arribos: determinado por la funcion de distribucion

$$A(t) = P\{\tau \mid \leq t\} \tag{2.4}$$

donde τ es el tiempo entre arribos y esta definido por:

$$\tau_{n} = t_{n-1} \qquad (2.5)$$

siendo t_n el tiempo en el que llega al sistema el n-esimo cliente (por definicion t_0 =0). Se supone que los tiempos entre arribos tienen un valor medio E(τ) expresado como:

$$E(\tau) = 1/\lambda \tag{2.6}$$

donde λ es el promedio (tambien llamado tasa o intensidad) de "llegadas" al sistema por unidad de tiempo. Esta distribucion representa la forma en que arriban los clientes a un sistema de espera para recibir servicio.

- 3. Sistema de Espera: la unidad de servicio puede tener uno o mas servidores o canales que generalmente se consideran identicos. Si todos los servidores estan ocupados cuando un cliente llega al sistema, este debe unirse a la cola y esperar hasta que un servidor este libre y lo pueda atender. Al entrar el cliente a la unidad de servicio es atendido por un servidor y al terminar el servicio el cliente sale del sistema. Este proceso depende de 4 factores importantes:
 - a. Distribucion del tiempo de servicio: determina a la VA o que denota el tiempo de servicio y puede expresarse como:

$$S(t) = P\{\sigma \le t\} \tag{2.7}$$

donde o tiene un valor medio E(o) expresado como:

$$E(\sigma) = 1/\mu \tag{2.8}$$

donde μ es el promedio de tiempos de servicio por cada servidor.

- b. Numero de servidores (c): Un sistema de espera puede tener desde un servidor hasta un numero muy grande de servidores,
 en cuyo caso se considera como infinito.
- c. Capacidad maxima del sistema (K): Se define como el numero maximo de individuos que puede contener el sistema y en el caso de que haya c servidores se tiene que:

$$K = C_{q} + c \tag{2.9}$$

donde C_q es la capacidad de la cola, o bien el numero maximo de clientes que se permite estar en la cola esperando servicio. Un sistema puede tener C_q =0 con lo que se le denomina como "sistema de perdida" ya que el cliente no puede esperar en caso de que todos los servidores esten ocupados y se "pierde". En otros casos, la capacidad de la cola es infinita denotando suficiente capacidad para cualquier cantidad de clientes que arriben al sistema. Sin embargo, la mayoria de las veces la capacidad de la cola es positiva pero finita.

- d. Disciplina de servicio: Esta es la regla para seleccionar el siguiente cliente que recibira servicio. Esta disciplina puede ser:
 - FIFO (First-In First-Out): los clientes son servidos en el orden en que llegaron.
 - LIFO (Last-In First-Out): el ultimo cliente que llega es el primero que se sirve.
 - 3) SIRO (Service In Random Order): se sirve en orden aleatorio.
 - 4) PRI (PRIority service): se sirve basado en prioridades

asignadas a los clientes.

5) RR (Round-Robin): cada cliente recibe un tiempo fijo de servicio (llamado quantum). En caso de no ser suficiente el cliente entra de nuevo a la cola donde espera para recibir otro quantum. Este proceso se repite hasta que el cliente haya terminado, en cuyo caso sale del sistema.

Una forma abreviada de describir un sistema de espera con todas sus características es la notacion de Kendall-Lee. Esta se escribe como:

A / S / c / K / F / d

donde cada letra significa:

A: distribucion de los tiempos entre arribos.

S: distribucion del tiempo de servicio.

c: numero de servidores.

K: capacidad del sistema.

F: numero de individuos en la fuente.

d: disciplina de servicio.

En ciertos casos se utiliza la notación mas abreviada A/S/c, en la que se supone que K=∞, F=∞ y d=F1FO. Las distribuciones que se utilizan en los sistemas de espera mas comunes son:

01: distribucion general de los tiempos entre arribos.

G: distribucion general del tiempo de servicio.

M: distribucion exponencial (para A o S).

 H_{ν} : distribucion hiperexponencial con k-etapas (para A o S).

 E_{ν} : distribucion de Erlang con k-etapas (para A o S).

D: tiempos entre arribos o de servicio constantes (distribucion

deterministica).

Particularmente, es de nuestro interes la distribucion exponencial ya que esta es la que se utiliza para modelar redes de computadoras. Puede decirse que una VA tiene una distribucion exponencial si su densidad esta dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \ge 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$
 (2.10)

con esto la funcion de distribucion sera:

$$F(x) = J_{-\infty}^{X} f(t) dt = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda X} & x \ge 0 \\ 0 & x \le 0 \end{cases}$$
 (2.11)

Es interesante resaltar las características que apoyan el uso de esta distribución en el modelo de redes. Se dice que una VA con esta distribución no posee "memoria", es decir, el sistema no recuerda el tiempo transcurrido desde el ultimo evento, con lo que un evento tiene la misma probabilidad de ocurrir en cualquier tiempo. A un proceso de llegadas con distribución exponencial entre el tiempo de arribos se le llama proceso de Poisson y puede verse que este proceso es el limite al superponer un gran numero de procesos independientes. Esto significa que los procesos do Poisson son una buena caracterízación de arribos de clientes provenientes de diversas fuentes independientes y que fueron mozclados a la entrada del sistema. Cabo mencionar también que la unica distribución que cumple con estas características es la distribución exponencial (ver [9] pags: 559-560).

Por ultimo, un parametro importante que sirve como indicador del funcionamiento de un sistema de espera es la intensidad de trafico p dada por:

$$\rho = \frac{\mathsf{E}(\sigma)}{\mathsf{E}(\tau)} \quad \mu \tag{2.12}$$

Como se vera posteriormente, la intensidad de trafico es tambien una medida del congestionamiento del sistema, ya que el valor de p determina probabilisticamente si el sistema llegara eventualmente a un estado estable.

2.3 PROCESOS ESTOCASTICOS

La teoria de procesos estocasticos (que incluye a la teoria de la renovacion, la teoria de cadenas de Markov, los procesos semi-Markov y los procesos regenerativos) provee un gran conjunto de herramientas analíticas particularmente utiles en el modelado de sistemas con secuencias impredecibles de demandas aleatorias sobre recursos disponibles [9],[10]. Las aplicaciones de esta teoria son muy variadas y posee fundamentos bien estudiados que se utilizan en situaciones en que la teoria de colas no es muy efectiva (ejemplo: optimizacion).

En terminos generales, un proceso estocastico es una coleccion de eventos regidos por leyes probabilisticas. Si a cada ocurrencia τ de un experimento se le asigna una funcion del tiempo $X(t,\tau)$ real o compleja, se crea una familia de funciones para cada τ . Un proceso estocastico puede verse como una funcion de dos variables t y τ que puede representar 4 diferentes entidades:

- (1) una familia de funciones de tiempo (t y r variables).
- (2) una función de tiempo (t variable, τ fija).
- (3) una VA (t fijo, τ variable).
- (4) un numero (t fijo, τ fija).

Se usara la notación X(t) para representar un proceso estocastico y su interpretación dependera del contexto en que se use. Particularmente nos interesan los procesos llamados de "conteo" en los cuales el espacio de estados S (evento seguro) es $\{0,1,2,\ldots\}$ y X(t) satisface las siguientes características:

- (1) X(0)=0.
- (2) X(t) solo toma valores enteros no negativos.
- (3) X(t) es no-decreciente o sea $X(s) \le X(t)$ si s < t.
- (4) X(t)-X(s) es el numero de veces que el evento E ha ocurrido en el intervalo (s,t].

Como ejemplo de un proceso de conteo esta el proceso que cuenta el numero de llegadas de mensajes a un nodo de la red. Si dicho proceso tiene una distribución exponencial este proceso es de Poisson.

2.3.1 PROCESOS DE RENOVACION

Sea {N(t) , t \geq 0} un proceso de conteo en el que N(t) es el numero de veces que ha ocurrido un cierto evento E durante el intervalo de tiempo [0,t]. Supongase que E ocurre en los tiempos $0 < t_1 < t_2 < \ldots < t_n$ en donde t_n es el tiempo en el que ocurre E por n-esima vez. Utilizando la definición de tiempos entre arribos dada por la ec. (2.5), se dice que N(t) es un proceso de renovación si los tiempos entre arribos son VA independientes identicamente distribuidas (IID) [9]. Un proceso de Poisson es un proceso de renovación si t_n tiene una distribución exponencial.

2.3.2 PROCESOS DE MARKOV

Un proceso estocastico es un proceso de Markov si cumple con la propiedad de "no recordar" su historia [9],[10]. A esta propiedad tambien se le denomina como la propiedad de Markov y puede describirse como:

 $P\{X(t) \le x \mid X(r), r \le s\} = P\{X(t) \le x \mid X(s), s \le t\}$ (2.13) que se interpreta como: si s es el tiempo "presente", t ($\ge s$) es el tiempo "futuro" y r ($\le s$) es el tiempo "pasado"; la ec. (2.13) nos dice que dado el presente X(s) del sistema, el futuro X(t) es independiente del pasado X(r). Puede verse que un proceso de Poisson es siempre un proceso de Markov con lo que puede, demostrarse que tambien cumple con la propiedad de Markov.

Generalmente se clasifican a los procesos de Markov en 2 categorias: (1) Procesos de Markov cuando el espacio de estados S es continuo (un intervalo) y (2) Cadenas de Markov cuando el espacio de estados S es discreto (ejemplo: S={0,1,2,...}).

Esta ultima categoria es la mas importante para el estudio de redes ya que el espacio de estados posibles es discreto. Uno de los parametros que describen a este tipo de sistemas es su probabilidad de transicion que se define como:

$$P_{ij}(s,t) = P\{X(t)=j / X(s)=i\}$$
 (2.14)

donde i,j ϵ S y $0 \le s < t$. Sin embargo, en nuestro caso solo se consideran procesos homogeneos en el tiempo en los cuales se cumple que:

$$P_{ij}(t) = P(X(s+t)=j / X(s)=i)$$
 (2.15)

bajo las mismas condiciones. Si se cumple que la probabilidad de transicion es independiente de S se dice que esta es estacionaria.

Otro parametro importante que describe las características de una cadena de Markov es la intensidad de transicion, que se define como la derivada de P_{ij} en t=0. Puede verse que la intensidad de transicion de un proceso de Poisson esta dada por [10]:

$$q_{i,j} = \begin{cases} \lambda & x \ge 0 \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$
 (2.16)

2.3.3 PROCESOS DE NACIMIENTO Y MUERTE

Estos procesos son una clase especial de cadenas de Markov. Un proceso de nacimiento y muerte (PNM) es una cadena de Markov $X=\{X(t),\ t\geq 0\}$ con espacio de estados discreto, cuyas intensidades de transicion son de la forma:

$$q_{i,j} = \begin{cases} \lambda_{i} & \text{si} \cdot j = i+1 \ (i \ge 0) \\ \mu_{i} & \text{si} \cdot j = i-1 \ (i \ge 1) \\ -(\lambda_{i}^{+}\mu_{i}^{-}) & \text{si} \cdot j = i \ (i \ge 0) \\ 0 & \text{si} \cdot |j-i| \ge 2 \end{cases}$$

$$(2.17)$$

con μ_0 =0 por definicion. Los parametros λ_i se llaman los indices de nacimientos y los parametros μ_i se llaman los indices de muerte. Puede verse de la ultima relacion de (2.17) que la transicion desde un estado dado (i) de este tipo de procesos solo puede ocurrir a sus vecinos inmediatos (i+1) o (i-1).

Existen diversos procesos que pueden ser representados mediante un PNM (ejemplo: un modelo de poblacion con inmigracion, procesos de puros nacimientos, etc.) pero particularmente es de

nuestro interes el proceso con $\lambda_i = \lambda$ y $\mu_i = \mu$ para toda i, ya que este sistema representa un tipo de cola en el cual el patron de arribos y servicios no dependen del numero de clientes (i) que ya estan en el sistema. Puede demostrarse que este tipo de procesos tendran una distribución estacionaria si y solo si la serie:

$$\sum_{j=1}^{\infty} (\lambda/\mu)^{j}$$
 (2.18)

converge. Esta serie convergera si $\lambda/\mu < 1$. Como se vio en la ec. (2.12), el parametro p define el "congestionamiento" del sistema e indica si el sistema alcanzara un estado estable. Con la ec. (2.18) puede verse a que se debe esta afirmación y las condiciones en las que se cumple.

2.4 COLAS POISSONIANAS

Diversos tipos de sistemas de espera pueden ser descritos como un PNM. Sea $\{N(t), t \geq 0\}$ un PNM en donde N(t) es el numero de clientes en el sistema; la llegada de un cliente se interpreta como un nacimiento y la salida de un cliente despues de completar su servicio se interpreta como una muerte. Varios tipos de sistemas de espera pueden obtenerse seleccionando adecuadamente los parametros de nacimiento y muerte. Uno de estos sistemas son las colas Poissonianas, las cuales reciben este nombre debido a que, bajo hipotesis adecuadas, el proceso de arribos y el proceso de servicios pueden considerarse como procesos de Poisson, o equivalentemente como procesos de renovacion con tiempos entre arribos distribuidos exponencialmente.

A continuacion se presentan los 2 tipos de colas Poissonianas mas comunmente utilizados en modelos de redes de computadoras.

2.4.1 SISTEMA M/M/1

Los tiempos entre arribos de este tipo de sistemas son VAs IID exponencialmente con parametro λ :

$$A(t) = P\{\tau \le t\} = \lambda e^{-\lambda t}, t \ge 0$$
 (2.19)

y los tiempos de servicio son tambien VAs IID exponencialmente con parametro μ :

$$B(t) = P(\sigma \le t) = \mu e^{-\mu t}, t \ge 0$$
 (2.20)

se supone ademas que los tiempos de servicio son independientes de los tiempos de arribo. Con esto se tiene un PNM cuyas intensidades de transicion pueden verse en la figura 2. En estado estacionario, el numero esperado de clientes en el sistema es:

$$E(N) = L = \rho/(1-\rho)$$
 (2.21)

ademas, el tiempo que pasa un cliente en el sistema estara definido como:

$$W = W_{Q} + W_{S}$$
 (2.22)

donde W es el tiempo esperado en el sistema, W_q es el tiempo esperado en la cola y W_s es el tiempo esperado de servicio (E(s)). Utilizando la famosa formula de Little :

$$L = \lambda W \tag{2.23}$$

que intuitivamente nos dice que en estado estacionario, un cliente que llega al sistema debe encontrar el mismo numero promedio de clientes (L) que deja atras al completar su servicio y salir del sistema, puede obtenerse, utilizando la ecs. (2.12), (2.21) y (2.23) que:

$$W = 1/(\mu - \lambda) \tag{2.24}$$

donde se aprecian de nuevo las condiciones de estabilidad del sistema de espera, ya que si $\rho \rightarrow 1$, el numero esperado de clientes $L \rightarrow \infty$ asi como el tiempo que se pasa en el sistema $W \rightarrow \infty$.

2.4.2 SISTEMA M/M/c CON PERDIDA O SISTEMA M/M/c/c

En este caso el sistema de espera tiene c servidores pero no tiene capacidad de almacenamiento. Se le conoce como sistema M/M/c con perdida debido a que si un cliente llega cuando todos los servidores estan ocupados, ese cliente se "pierde" porque no se le permite esperar a recibir servicio.

Este sistema puede describirse como un PNM con parametros:

$$\lambda_{n} = \begin{cases} \lambda & \text{para } n=0,1,\dots,c-1 \\ 0 & \text{para } n \geq c \end{cases}$$
 (2.25)

$$\frac{\mu_n}{n} = \begin{cases}
 n\mu & \text{para } n=0,1,\dots,c \\
 0 & \text{para } n \ge c+1
\end{cases} (2.26)$$

cuyas intensidades de transicion pueden apreciarse en la figura 3. El proceso tiene un espacio de estados finito S=(0,1,...,c) y puede verse que posee una distribucion llamada de Poisson truncada [10], de la cual puede obtenerse uno de los parametros que se utilizan para describir este tipo de sistemas. Este parametro recibe el nombre de "probabilidad de bloqueo" y representa la probabilidad de que todos los servidores esten ocupados y de que un cliente que llegue al sistema se pierda. A esta expresion se le conoce tambien con el nombre de "formula B de Erlang" o "formula de perdida de Erlang" y esta dada por:

$$B(c,\rho) = \frac{\frac{\rho^{c}}{\rho^{c}} - c!}{\frac{c}{\sum_{i} \frac{\rho^{n}}{\rho^{i}} - n!}}$$

$$(2.27)$$

o tambien como:

$$\begin{cases} B(0,\lambda) = 1 \\ B(c,\lambda) = \frac{\lambda B(c-1,\lambda)}{c + \lambda B(c-1,\lambda)} \end{cases}$$
 (2.28)

En este caso se tiene que:

$$L = \rho [1-B(c,\rho)] \qquad (2.29)$$

de donde se obtiene la tasa promedio "efectiva" de arribos al sistema que esta dada por:

$$\lambda_{a} = \lambda [1 - B(c, \rho)] \tag{2.30}$$

Esta tasa es menor que λ debido a que algunos de los arribos son rechazados cuando todos los servidores estan ocupados. Estas características hacen que en este caso:

$$W = 1/\mu$$
 (2.31)

2.5 GENERACION DE NUMEROS ALEATORIOS

Generalmente en todos los sistemas de computo se tiene alguna funcion para calcular numeros aleatorios con distribucion uniforme. Para generar numeros aleatorios con una distribucion específica se utiliza el principio de conservacion de la probabilidad, que dice: "Si se desea relacionar P(x) con P'(y) donde la primera es cualquier distribucion de probabilidad y la ultima es una distribucion uniforme, debe encontrarse la forma de generar la VA x a partir de la VA y. Esto se logra utilizando el hecho de que la probabilidad de que una VA

con distribucion P'(y) este entre (y,y+dy) es la misma que una VA con distribucion P(x) este entre (x,x+dx)" [9]. Esto puede expresarse como:

$$P(x)dx = P'(y)dy (2.32)$$

integrando la ec. (2.32) se tiene:

o bien:

$$P(X \le x) = P'(Y \le y)$$
 (2.34)

ademas, se sabe que en una distribucion uniforme:

$$P'(Y < y) = y \tag{2.35}$$

por lo que substituyendo la ec. (2.35) en la ec. (2.34) se obtiene:

$$P(X < x) = y \tag{2.36}$$

Por ejemplo, si se desean encontrar numeros aleatorios distribuidos exponencialmente, se substituye la ec. (2.11) en la ec. (2.36) y se obtiene

$$1-e^{-\lambda x} = y \tag{2.37}$$

con la cual, despejando la VA x, se pueden encontrar numeros aleatorios distribuidos exponencialmente (basados en la distribucion uniforme) de la siguiente manera:

$$\dot{x} = - - \ln(1-y)$$
 (2.38)

2.6 PROGRAMACION MATEMATICA

El problema que se encuentra al diseñar redes consiste en optimizar el desempeño utilizando alguno de los parametros de la red (costo, retardo, conductividad, etc.), sujetandose a las restricciones impuestas por un determinado grupo de variables (ejemplo: capacidad). La solucion a este problema depende de la habilidad para expresar la

funcion objetivo y las restricciones en una forma analitica que pueda ser manejada en funcion de las variables de diseño. Desafortunadamente, la mayoria de estas expresiones son bastante complejas y se requiere de aproximaciones (ejemplo: linealizar el costo) o simplemente de tecnicas heuristicas para encontrar una solucion.

Cuando las variables de diseño son continuas, se pueden utilizar metodos de solucion como [8]:

- 1. Programacion lineal.
- 2. Optimizacion Lagrangiana: como ejemplo se tiene la asignacion de capacidades por el metodo de la raiz cuadrada (que se vera en el siguiente capitulo).
- 3. Optimizacion de flujo de multicomodidades: en el cual se optimiza la distribucion de flujos de comodidades (en nuestro caso, flujo de paquetes) a traves de la red. Este metodo sera una de las bases para el planteamiento general del problema de diseño de redes.
- 4. Metodo de proyeccion del gradiente.

En el caso en que se tengan variables de diseño discretas, pueden utilizarse metodos como [8]:(1) Programacion dinamica, (2) Descomposicion Lagrangiana, y (3) Metodo de optimizacion local ("branch and bound").

2.7 TECNICAS HEURISTICAS

A una tecnica que produce rapidamente una buena solucion pero que no es necesariamente la optima se le llama tecnica heuristica. Estas tecnicas son frecuentemente la unica solucion posible para algunos de los problemas de diseño relacionados con grandes redes [1],[8].

La filosofia de este tipo de tecnicas consiste en identificar una condicion necesaria (aunque generalmente no suficiente) para la optimalidad y buscar que se cumpla por medio de repetidas transformaciones a las variables de diseño. Para explorar las diferentes posibilidades se empieza esta busqueda con diferentes configuraciones del problema seleccionadas aleatoriamente, mejorando con esto la probabilidad de exito de la tecnica heuristica, ademas de que al obtener varias soluciones "optimas" es posible escoger aquella que cumpla con alguna de las otras variables de diseño (ejemplo: la mas barata).

Una de los tecnicas mas importantes para el diseño de redes es la de diseño topologico que se utiliza frecuentemente para encontrar la configuración de la red que mejor cumpla con ciertas características de conectividad (ejemplo: siempre existan por los menos 2 caminos diferentes hacia un nodo).

2.8 SIMULACION

En ciertas ocasiones, las tecnicas analiticas de modelado son inadecuadas para manejar la gran cantidad de detalles de un sistema, por lo que en este caso se utiliza la simulación. Generalmente, se implementan "prototipos" del sistema que se ejercitan bajo diferentes conjuntos de datos para definir problemas específicos en el modelo y mediante los resultados de la simulación es posible afinar las suposiciones hechas al plantear el prototipo. Con este proposito existen tecnicas para garantizar la exactitud del modelo y sus resultados, que normalmente son comparaciones con resultados obtenidos mediante tecnicas analíticas o con mediciones de esos

parametros en un sistema real que funciona bajo las mismas condiciones de simulación [8], [11]; esto es, mucha de la complejidad que no puede ser manejada en modelos analíticos aparece en la simulación como parametros a los que se les asigna cierto valor. Esto permite predecir el comportamiento de la red empiricamente.

Se considera al prototipo como una coleccion de elementos que interactuan entre si, cuyas propiedades cambian con el tiempo. Generalmente se les llama a estos elementos entidades y a sus propiedades atributos.

En el caso de redes de computadoras se utilizan modelos discretos de simulación en los cuales los cambios ocurren instantaneamente al transcurrir el tiempo de simulación y son reflejados como fluctuaciones discontinuas *. Todo modelo discreto consiste de 4 elementos principales:

- 1. Componentes: Representan elementos como maquinas, mensajes, etc. que pueden encontrarse en diferentes estados (ejemplo: ocupado, libre o esperando). Estos elementos interactuan uno con el otro resultando en cambios en el estado del sistema y a estas interacciones se les llama eventos.
- Flujo del tiempo: El tiempo es la variable basica de control ya que todo lo que ocurre en el modelo esta programado de acuerdo al tiempo de simulación.
- 3. Estados del modelo: Reflejan el comportamiento del prototipo. El proceso de simulación puede considerarse como una serie de tiempo

^{*} A diferencia de modelos continuos que consisten de ecuaciones algebraicas y diferenciales cuyos cambios estan representados por curvas continuas suaves.

de estados observados del modelo durante el tiempo de simulacion.

4. Recoleccion de datos: El comportamiento de los prototipos simulados (que es el principal objeto de nuestro estudio) puede describirse como un conjunto de datos que reflejan el efecto de los eventos que han tenido lugar durante el periodo de simulacion. Por ejemplo pueden obtenerse valores promedio de variables de estado, el estado final del sistema, etc.

Uno de los metodos mas comunes para manejar el flujo del tiempo es el de rastrear los eventos del sistema que representan cambios en el estado del mismo, ya que entre estos eventos el estado del sistema permanece constante. Despues de realizar todos los cambios en el estado del sistema, el tiempo es "avanzado" hasta el tiempo del siguiente evento, en el cual se realizan los nuevos cambios. Esta tecnica recibe el nombre de simulación discreta controlada por eventos o simplemente simulación de eventos discretos.

Es conveniente señalar que las estadisticas generadas por una simulación no son muy exactas debido a que son derivadas mediante ejemplos altamente correlacionados. La interpretación de estos ejemplos debe hacerse mediante un analisis de series de tiempo en lugar de la estadistica clasica ya que esta ultima requiere de un gran numero de muestras independientes que en la mayoria de los casos son dificiles de obtener debido al costo de simulación. Por esto debe intentarse obtener muestras representativas de la red en las cuales se tenga una buena confiabilidad.

Un esquema alternativo es dividir la simulación en varios intervalos cuyas estadísticas se reunen por separado y que se suponen

independientes uno del otro. Esta independencia se logra encontrando los llamados "puntos regenerativos" a los cuales se cree que el sistema regresa periodicamente y que el comportamiento despues de estos puntos es independiente de aquel que se encontro antes de llegar a ellos. Por esto al tomar muestras separadas entre cada ciclo, pueden lograrse las muestras independientes que permiten el uso de la estadistica clasica.

3. EL PROBLEMA DE DISEÑO DE REDES DE COMPUTADORAS

Hasta este momento se han manejado ciertos conceptos utiles para dar un panorama general de las redes de computadoras. A continuación se procede a formalizar estos conceptos, ademas de introducir algunos otros, para plantear el problema de diseño de redes.

Es conveniente definir cada uno de los elementos que componen a una red (algunos de los cuales ya fueron mencionados anteriormente), ademas de algunos parametros importantes que se manejaran en el diseño. Estos son:

- 1. Red: una coleccion finita de nodos conectados entre si por ramas.
- Nodo: un centro de comunicación que recibe, almacena y transmite mensajes.
- 3. Rama: un canal de comunicación con un solo sentido.
- Mensaje: especificado por su origen, destino, tiempo de llegada, longitud y tipo de prioridad.
- 5. Estrategia de enrutamiento: una regla de decision que se ejerce cuando un mensaje es enrutado de un nodo a otro:
- 6. Cola: una linea de espera compuesta de mensajes.
- Disciplina de servicio: una regla de prioridades que determina la posicion relativa de un mensaje en la cola.
- 8. Retardo: tiempo total que un mensaje pasa en la red.
- 9. Matriz de trafico: cada elemento de esta matriz (apuntado por ij)

 describe el numero promedio de mensajes generados por segundo

 que tienen al nodo i como origen y al nodo j como destino.

Para establecer un modelo con el cual pueda analizarse y diseñarse una red, se cuenta con los siguientes parametros:

- 1. Retardo promedio por mensaje.
- 2. Capacidad total para manejar trafico.
- 3. Estrategia de enrutamiento.
- 4. Disciplina de prioridades (en que forma se presentan y como se manejan).
- 5. Capacidad de almacenamiento en cada nodo:
- 6. Capacidad de transmision de cada rama.
- 7. Topologia de la red.
- 8. Costo total del sistema.

El modelo debe expresar el comportamiento fundamental (bajo ciertas simplificaciones e idealizaciones) del tipo de redes que hemos mencionado; ademas, debe mantener el tratamiento matematico del problema lo mas simple posible, sin esto afectar las características esenciales que "simulan" al sistema real. Teniendo esto en mente, es posible realizar las siguientes suposiciones al plantear el problema de diseño de redes [3]:

- Los canales de comunicación se consideran ideales (sin ruido, invulnerables a daños, etc.):
- Los conmutadores se consideran ideales (no introducen ruido ni retardo).
- 3. Se ignora el encabezado del paquete (en CP) o el trafico de señalizacion (en CC) debido a que sus efectos en el desempeño de una red real son despreciables.
- 4. Existe una capacidad infinita de almacenamiento en cada nodo, por

lo que un mensaje debera llegar a su destino despues de cierto tiempo.

- 5. No se conoce el tiempo de llegada ni la longitud de cada mensaje; sin embargo, estos pueden describirse como variables aleatorias exponencialmente distribuidas, ya que bajo ciertas condiciones, esta distribucion representa fielmente el proceso de arribo de mensajes (ver cap. 2). Esencialmente, la caracteristica que nos permite hacer esta suposicion es la mezcla de mensajes generados por diversas fuentes dentro de la red que hace que cada mensaje pueda tratarse en forma independiente. *
- 6. La red se encuentra en estado estable. Esto se debe a que de lo contrario seria muy dificil caracterizar su comportamiento, ademas de que los modelos probabilisticos (colas, procesos estocasticos, etc.) solo pueden ser aplicados a este tipo de sistemas ya que describen sistemas que no varian con el tiempo.

Tomando en cuenta todos estos detalles el problema de diseño de redes de computadoras puede caracterizarse de la siguiente manera [1]:

Dadas:

Matriz de Trafico (%;).

Matriz de Costo (d.;): costo de la linea que comunica al lugar i con el j.

Con las restricciones de desempeño: Confiabilidad. Costo Total.

Teniendo como variables a: Topologia.

^{*} A esta característica se le conoce como la suposición de independencia y sera estudiada detalladamente mas adelante.

Capacidad de çada linea de transmision. Asignacion de flujos (mediante la estrategia de enrutamiento y la disciplina de espera).

Debe:

Minimizarse el retardo (en CP) o la probabilidad maxima de bloqueo (en CC).

Al definir al retardo o la probabilidad maxima de bloqueo como una medida del desempeño es posible buscar una solucion optima al problema de diseño. Sin embargo, existen parametros (denominados como "parametros en conflicto") que estan intimamente relacionados entre si y que al mejorar uno se degrada el otro. Esto ocasiona que una solucion optima para cierto parametro represente un desempeño muy pobre para el parametro con el que se encuentra en conflicto. Como ejemplos se tienen a:

- 1. El retardo y la conductividad: idealmente se desea que una red pueda manejar cualquier cantidad de mensajes por segundo (conductividad muy grande) pero intuitivamente puede verse que llegara un momento en el cual la red se satura y la conductividad empieza a disminuir y el retardo a aumentar [1]. Esto significa que teniendo una capacidad fija debe encontrarse un punto medio entre la conductividad que se requiere y el retardo maximo deseado.
- 2. El costo y el retardo: esto se debe a que el costo de cada linea depende de la capacidad deseada de transmision y para disminuir el retardo deben escogerse lineas mas rapidas (por lo tanto con mas capacidad), teniendo como consecuencia que al disminuir el

retardo se incrementa el costo y viceversa. Tambien en este caso la solucion es encontrar un compromiso en el que se pueda obtener el mejor desempeño de cada uno de los parametros.

Otra solucion posible a estos conflictos es dividir el problema en subproblemas, tratando cada varios uno de ellos forma independiente, "congelando" las variables de los subproblemas restantes para encontrar una solución parcial (o localmente) optima. Por ejemplo, para encontrar una red confiable que presente la mejor combinación de flujos entre nodos se utiliza un analisis de conectividad basado en la teoria de graficas ([1] cap 3). El diseño de la red se basa en la posibilidad de que algun nodo quede aislado debido a alguna falla en una linea, por lo que se asegura que siempre habra por lo menos un camino que conecte a cada nodo. En este caso se congelan el costo y el retardo para configurar la red (o mas bien se consideran fijos en un valor dado). A su vez, al realizar el analisis de retardo y costo de la red se considera alguna topologia dada sin importar su confiabilidad. Debido a la complejidad del problema en conjunto, se escogio al analisis de retardo como un indicador de un buen diseño, sin esto indicar que una red optima puede ser diseñada basandose unicamente en este indicador.

El problema puede caracterizarse de la siguiente forma [3]: "Una solucion optima al problema de diseño es aquella que minimize el retardo promedio del mensaje dado un costo total fijo de la red. El costo total puede expresarse como:

$$D = \sum_{i=1}^{n} D_{i}$$
 (3.1)

donde D es el costo total, n es el número de lineas y D, esta dada

por:

$$D_i = f(d_i, C_i) \tag{3.2}$$

donde d_i es el costo de la linea i y C_i es la capacidad de la linea i".

D_i es una funcion que refleja el costo de cada unidad de capacidad

(que se mide en bps). Un ejemplo de esta funcion es [4]:

$$D_{i} = 0.61 (40.05 + d_{i}^{0.973}) C_{i}^{0.728}$$
 (3.3)

Comunmente se escoge que D_i represente la longitud del canal, con lo que se tiene que:

$$D_{i} = d_{i}C_{i} \qquad (3:4)$$

La funcion de la ec. (3.4) asocia linealmente el costo del canal con su capacidad, resultando en una disminucion de complejidad matematica de la funcion objetivo. Finalmente el problema queda expresado de la siguiente forma:

"Debe minimizarse:

$$T = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j T_j / x$$
 (3.5)

(donde T es el retardo promedio de la red, T es el retardo promedio introducido por el canal i, λ es el número promedio de mensajes que entran al canal i por segundo y $\mathcal X$ es el total de llegadas de mensajes a la red), utilizando alguna de las variables como: asignacion de capacidades, estrategia de enrutamiento, disciplina de control de flujo o topologia, teniendo como restriccion a la ec. (3.4)."

Es conveniente delimitar la responsabilidad de cada variable en el diseño, tomando en cuenta que siempre habra una relacion entre ellas. A continuacion se define cada una de ellas, tratando también de explicar como se realiza la optimizacion utilizando esa variable.

3.1 ASIGNACION DE CAPACIDADES

Esta asignacion debe proveer a la red de un grado especifico de servicio a traves de la capacidad de cada linea. La capacidad es un factor critico en redes con CP ya que esta determina el retardo en el cual se basa el diseño. En cambio en redes de CC se sabe que la linea debe estar ajustada a las necesidades del usuario; por ejemplo: si se esta transmitiendo voz digitalizada a 4800 bps deberan proveerse lineas con multiplos enteros de esta capacidad, por lo que el problema de asignacion de capacidades en CC es trivial. Es por esto que existen diferentes estrategias para asignar la capacidad de una red de CP [5]. Estas son:

- Capacidad proporcional a la raiz cuadrada del flujo que las atraviesa.
- 2. Capacidad identica en toda la red.
- 3. Capacidad proporcional al trafico que atraviesa cada rama.
- 4. Metodo Min-Max (o de Chebyshev) en el cual se asignan capacidades de tal forma que se minimiza el mayor retardo esperado. Esto equivale a crear una red con retardos identicos en cada linea.

El uso de cada estrategia depende de las características del desempeño que se requerira de la red bajo ciertas condiciones. Sin embargo existen 2 factores importantes que afectan a cada metodo de asignacion. Estos son:

1. La estrategia de enrutamiento: determina el trafico "conjunto" que fluira entre 2 nodos. Este trafico depende directamente de las rutas que se escojan para enviar mensajes de un nodo a otro:

La suposicion de independencia: asume que cada mensaje que arriba a un nodo de la red es independiente del trafico que aparece en cualquier otro punto de la red. Esto significa que cada vez que un mensaje arriba a un nodo de la red, el modelo lo considera como un nuevo mensaje aun cuando su origen sea otro nodo de la red; por esto se dice que el mensaje no "recordara" su historia dentro de la red. Esta suposicion elimina la dependencia entre los tiempos de llegada y las longitudes de mensajes que viajan en la red, trayendo como consecuencia que estos pueden ser considerados como variables aleatorias con distribucion exponencial. Aun cuando esta idea no corresponde a la realidad dentro de una red, se ha comprobado por medio de simulaciones que debido a la independencia de las fuentes externas y de que las fuentes "internas" (nodos de la red) poseen diversos caminos comunicación entre ellos, el modelo matematico resultante es muy semejante a la realidad.

Tomando estos factores en cuenta, el trafico que circula en cada rama tiene como componentes a: (1) El trafico que tiene como destino a uno de los nodos conectados por esa rama y (2) El trafico que utiliza como nodo auxiliar a uno de los nodos conectados por esa rama y que esta destinado a otro nodo. Esto se expresa como:

$$\lambda_{i} = \sum_{j} \gamma_{jk}$$
 (3.6)

donde $1 \le i \le n$, n es el numero de nodos y γ_{jk} es el trafico que va del nodo j al nodo k que atraviesa la rama i. El trafico total que se presenta en la red es:

$$\begin{array}{ll}
 & n \\
\lambda = \sum_{i=1}^{N} \lambda_{i} \\
 & i=1
\end{array}$$
(3.7)

y el numero total de mensajes que entran a la red es:

$$\gamma = -\sum_{jk} \gamma_{jk} \tag{3.8}$$

con lo que puede calcularse el numero promedio de nodos que atraviesa un mensaje dado por:

$$\bar{n} = \lambda / \hat{x} \qquad (3.9)$$

Este parametro sera util para comparar el desempeño logrado por cada una de las estrategias de asignacion de capacidades. Sin embargo, la asignacion no solo depende del trafico en cada linea (λ_i) sino tambien depende del retardo en la transmision de cada mensaje. Este retardo puede calcularse con la ec. (2.24) ya que se ha supuesto que cada nodo constituye un sistema de espera M/M/1. Con esto se tiene que:

$$T_i = 1/(\mu_i C_i - \lambda_i)$$
 (3.10)

Gracias a la suposicion de independencia puede simplificarse aun mas el analisis, ya que en lugar de tener una longitud media de mensajes en cada rama (μ_i) se tiene una longitud media de los mensajes en toda la red (μ) .

Incorporando estos resultados a las estrategias de asignacion de capacidades, puede verse que la capacidad optima, segun el metodo de la raiz cuadrada esta dada por [4]:

$$C_{i} = \frac{C(1-\rho) \sqrt{\lambda_{i}/\mu_{i}}}{\mu_{i}}$$

$$C_{i} = \frac{\mu_{i}}{\mu_{i}}$$

$$\sum_{i} \sqrt{\lambda_{i}/\mu_{i}}$$
(3.11)

en donde se tiene que:

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_{i} \qquad (3.12)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{uC} \tag{3.13}$$

La ec. (3.12) indica que la capacidad total de la red esta fijada de antemano. Substituyendo las ecs. (3.12) y (3.13) en la ec. (3.11) se tiene que:

$$C_{i} = \frac{1}{u} \left[\lambda_{i} + (\mu C - \lambda) \sqrt{\rho_{i}} / \Sigma / \lambda_{j} \right] \qquad (3.14)$$

La segunda estrategia, que recibe el nombre de asignacion uniforme de capacidades, asigna capacidades identicas a cada una de las ramas de la red, esto es:

$$C_i = C/N$$
 (3.15)

La tercera estrategia, que recibe el nombre de asignacion proporcional, indica que la capacidad debe ser proporcional a la demanda de trafico en cada rama, o sea:

$$C_{\hat{i}} = \frac{\lambda_{\hat{i}}}{\lambda_{\hat{i}}} C \tag{3.16}$$

Uno de los problemas mas criticos con las estrategias proporcionales (1 y 3) es la desventaja que representa la diferencia tan marcada entre retardos y capacidades entre ramas con mucho y poco trafico, ya que a una rama con poco trafico se le asigna poca capacidad (provocando un mayor retardo) mientras a una rama con mucho trafico (comparado con el trafico total) se le asigna una buena proporcion de la capacidad [5]. Para evitar este fenomeno, se encontro un criterio intermedio en el que domina el retardo promedio mas grande. Esta estrategia recíbe el nombre de criterio de Chebyshev

o Min-Max (debido a que minimiza el retardo maximo) que dice:

$$C_{i} = -\begin{bmatrix} \lambda_{i} + \frac{\mu C - \lambda}{N} \\ 0 \end{bmatrix}$$
 (3.17)

En esta ecuacion puede notarse que si $\rho < 1$ entonces $\lambda_i < \mu C_i$ con lo que se tiene la asignacion uniforme $(\mu C_i = \mu C/N)$, En cambio si $\rho > 1$ entonces $\lambda_i = \mu C_i$ que es esencialmente la asignacion proporcional. Esto demuestra que el criterio cumple con los requisitos propuestos.

Cada estrategia de asignacion proporciona un enfoque distinto del problema. Si solo interesa optimizar el retardo promedio de la red sin tomar en cuenta el retardo en cada rama, pueden utilizarse las estrategias 1 o 3. Si el retardo no es crucial para el diseño pero interesa tener una distribucion uniforme de capacidad, favoreciendo a los nodos con poco trafico, debe utilizarse la estrategia 2 o 3. Por ultimo, si se busca una red que favorezca al usuario al proporcionarle un retardo aceptable en todos los nodos, ademas de no desperdiciar capacidad al balancear la asignacion entre los usuarios con mucho trafico y los usuarios con poco trafico, debera utilizarse la estrategia 4.

3.2 ESTRATEGIA DE ENRUTAMIENTO

Una propiedad inherente a las redes de computadoras debe ser la rapidez con la que puedan reconfigurarse en caso de algun cambio en su topologia. Se han concebido varias tecnicas de enrutamiento que proporcionan esta propiedad [6],[7].

El problema de enrutamiento esta distribuido en el espacio y en tiempo y consiste en la asignacion optima de los recursos de transmision para mandar una cierta cantidad de mensajes, minimizando algun parametro de desempeño de la red. Este hecho ocasiona que deba encontrarse alguna forma de caracterizar globalmente la carga de la red para tomar una decision adecuada al reconfigurar la red

La constante de tiempo de este tipo de sistemas es pequeña y el control debe realizarse con informacion promedio del desempeño obtenida anteriormente. Por esto cada tecnica debe desempeñar las siguientes funciones:

- Encontrar el estado global de la red basandose en reportes del estado (fallas, congestionamientos, etc.) de cada uno de los componentes de la red.
- 2. Encontrar rutas optimas basadas en el estado global.
- 3. Modificar las tablas de enrutamiento de cada componente de la red.

 Ademas, cada tecnica debera tener como proposito:
- La operacion eficiente de la red (que no haya recursos sobrecargados mientras existan otros que esten casi libres).
- 2. Realizar un enrutamiento preciso basado en informacion desconocida de trafico.
- 3. Adaptarse rapida y correctamente a cambios en la topologia.
- 4. Debera evitar ciclos y puntos muertos (cuando un nodo transmite un mensaje hacia otro nodo el cual lo enruta hacia el primero).

Estas tecnicas pueden clasificarse en 4 grandes grupos:

- 1. Centralizadas: utilizan una autoridad central que dicta las decisiones de enrutamiento a cada uno de los nodos en respuesta a las condiciones reportadas de la red.
- 2. Distribuidas: utilizan el intercambio de informacion entre nodos para que cada uno obtenga sus decisiones de enrutamiento; por

ejemplo, cada nodo transmite su retardo estimado de transmision hacia todos los demas nodos. Al recibirlo, cada nodo actualiza sus estimaciones y a su vez tambien las transmite, con lo que dependiendo de la periodicidad del intercambio, cada nodo tiene una tabla "actualizada" de lo que esta pasando en la red (por ejemplo: si una linea se daña, el retardo estimado tendera a infinito, por lo que todos los nodos escogeran otro camino).

- Aisladas: cada nodo opera independientementé haciendo uso exclusivo de datos locales (ejemplo: la longitud de la cola en cada linea) para adaptarse a condiciones cambiantes.
- 4. No-Adaptivos o Fijos: no existen ajustes debidos a condiciones de la red ya que este se define al construirla.

En todos las tecnicas anteriores se obtendra un mejor desempeño si el intervalo de actualizacion se hace pequeño. Sin embargo cada tecnica responde de cierta manera a determinadas situaciones de la red. En una red balanceada y estable es recomendable usar un algoritmo no adaptivo, ya que el trafico estara "naturalmente" balanceado, por lo que el intercambiar tablas de estimaciones es solamente un desperdicio de capacidad. En cambio, en redes no balanceadas, las tecnicas centralizadas operan eficientemente la red debido a que conocen el estado de toda la red para tomar decisiones. Sin embargo, debido a la gran cantidad de informacion que recibe el centro de enrutamiento, las actualizaciones no pueden realizarse en un intervalo pequeño de tiempo, con lo que este tipo de tecnicas responde muy lentamente a cambios en la topologia. Como caso contrario, una estrategia distribuida responde rapidamente a cambios de topologia de

la red (dependiendo de la cercania de la falla), pero al no conocer el estado global de la red no es capaz de tomar decisiones optimas.

Para tomar ventaja de las diferentes estrategias se han diseñado estrategias "hibridas" (ejemplo: enrutamiento delta [7]). En estas tecnicas los nodos intercambian informacion para tener una rapidez de configuracion aceptable; sin embargo, cada determinado tiempo tambien reportan su condicion a un control central. Si este ultimo nota un cambio considerable en las condiciones de la red, las nuevas tablas seran proporcionadas por el control central, de lo contrario el control se mantiene en forma distribuida.

3.3 DISCIPLINA DE CONTROL DE FLUJO

Al incrementar la carga de la red llega un momento en que la capacidad no es suficiente y los mensajes empiezan a acumularse en los concentradores (se congestiona la red). Esta congestion se retroalimenta empeorando cada vez mas las condiciones de toda la red; por ejemplo: un concentrador congestionado no puede recibir mensajes por lo que los nodos que quieren comunicarse con ese concentrador deben esperar a que esta condicion desaparezca. Esto ocasiona que estos nodos tambien se congestionen, llegando rapidamente a un punto en que la red esta completamente saturada.

Para evitar esta situación existen varias disciplinas para controlar el flujo entre los concentradores[1]. Estas son:

1. Asignacion previa de recursos: extrañamente esta es la disciplina utilizada por CC, ya que en el momento en que se detecta algun congestionamiento en la red (no hay capacidad de transmision), se le avisa al usuario que no se aceptaran mas mensajes dirigidos a

esa region de la red (bloqueo "virtual").

- Desecho de paquetes: en el caso de llegar al limite de la capacidad, el concentrador simplemente descarta el nuevo mensaje, indicandoselo al usuario para que este intente en otro momento.
- 3. Control Isaritmico: este metodo mantiene un numero constante de paquetes en la red. Esto se logra con un numero fijo de "permisos" que son asignados a mensajes que llegan a la red. En caso de que un mensaje no consiga un permiso, no podra circular en la red y debera esperar hasta obtener uno o bien sera descartado.
- 4. Paquetes ahogadores: este es un mecanismo que funciona al detectar un congestionamiento. Cada concentrador mantiene el porcentaje de utilizacion (ρ) de sus lineas; en caso de que alguna sobrepase el umbral permitido, se transmite un paquete especial que indica al nodo que utiliza esa linea que disminuya su trafico. Este tipo de paquete se sigue mandando hasta que el porcentaje de utilizacion regrese a su valor permitido. Al no detectar la congestion, los nodos resumen su actividad normal.

3.4 TOPOLOGIA

Uno de los requerimientos de las redes de computadoras es que sean confiables, aun cuando existan fallas en algunos de sus componentes. Esto se logra al configurar una red suficientemente redundante que siga funcionando a pesar de las fallas (aunque a un nivel de desempeño mas bajo).

Las soluciones propuestas se basan en tecnicas heuristicas que generalmente arrojan buenos resultados. Estas tecnicas son [1][4]:

- 1. Metodo de Intercambios: se empieza con alguna configuracion arbitraria hasta que se llega a un minimo local por medio de transformaciones. Estas transformaciones se hacen de la siguiente manera:
 - a. Se añaden y desechan lineas de tal forma que se mantengan las restricciones de conectividad.
 - b. Se asignan los flujos y capacidades. Se calcula el costo de la configuración y en caso de que esta sea mejor, se acepta la nueva topología.
 - c. Si no se han realizado todas las posibles transformaciones locales se ejecuta de nuevo el paso a. En caso contrario se encontro alguna configuracion optima.
- 2. Metodo de Eliminaciones: este metodo es fundamentalmente el metodo de intercambios sustituyendo el paso a por:
 - a. Se asigna una capacidad 0 a las lineas que se quieren eliminar.

Para realizar el analisis de conectividad se utiliza el peor comportamiento de la red y se busca una red que tenga una probabilidad menor que P de quedar con algun nodo aislado. En esta tecnica se utilizan simulaciones de eventos discretos de tipo Monte-Carlo en las cuales se obtiene el valor de esta probabilidad. Con esto el diseñador puede agregar o quitar lineas de la red e intentar de nuevo la simulación para ver el resultado.

Es conveniente mencionar que el problema de diseño ha sido estudiado principalmente para redes de CP aun cuando la mayoria de los
conceptos presentados en este capitulo pueden ser aplicados facilmente
a redes de CC.

4. MODELADO DE REDES

Una gran variedad de herramientas matematicas han sido aplicadas para modelar redes de computadoras [8]; particularmente, se utilizan varios aspectos de la teoria de procesos estocasticos para entender el comportamiento del sistema cuando se incrementa su utilizacion, ademas de predecir el comportamiento de redes bajo ciertas condiciones. Se han aplicado modelos de procesos Markovianos para estudiar los procedimientos para controlar el flujo y tecnicas de optimizacion para determinar la estrategia de enrutamiento.

Con todo esto se logra un muy buen analisis de estas redes, pero hay ocasiones en las cuales deben abandonarse estas tecnicas analiticas para dar paso a la simulacion. Esto se debe principalmente a que la teoria aun no puede tratar situaciones reales (ejem: evitar el uso de la suposicion de independencia); es mas, la mayoria de los sistemas que se han implementado fueron estudiados por medio de simulaciones antes de ser construidos. Es importante mencionar que aun cuando los resultados de estas simulaciones han abierto el horizonte de las redes de computadoras, es conveniente tomar en cuenta que estos resultados estan basados en suposiciones que violan las leyes de la estadística, por lo que deberan analizarse cuidadosamente sus rangos de confiabilidad.

En este capitulo se presentan las características de de redes con cada uno de los tipos de conmutación y su representación en modelos matematicos con lo que sera posible realizar el analisis y la simulación.

4.1 CONFIGURACION FISICA

4.1.1 REDES CON CONMUTACION DE PAQUETES

Una de las primeras redes de computadoras que introdujeron la CP como base para sus transmisiones fue la red ARPA que conecta a varias universidades e industrias militares de los Estados Unidos. La investigación hecha para la construcción de esta red ha proporcionado la base teorica y practica de la mayoria de los sistemas actuales, por lo que se presenta la configuración de esta red como representativa de este tipo de redes.

Generalmente se utilizan minicomputadoras para conectar al posible usuario (una computadora o terminal) con la red ; ademas de tener como funcion almacenar los mensajes y realizar la conmutacion. Estas minicomputadoras reciben diversos nombres como: procesador de comunicaciones, concentrador programable, concentrador de mensajes o interfaz procesadora de mensajes, pero el mas comunmente utilizado es el de IMP (Interface Message Processor). Los IMPs realizan las siguentes funciones:

- 1. Aceptan los mensajes que les mandan las terminales o los sistemas de computo conectados a ellos para ser transmitidos en la red.
- 2. Recodifican el mensaje a un formato estandarizado de mensajes que es de uso universal a traves de la red.
- 3. Almacenan los mensajes mientras estos esperan su transmision (ya sean nuevos mensajes o mensajes que estan en transito hacia otros IMPs).
- 4. Dividen el mensaje en pequeños bloques llamados paquetes a los cuales se les agregan caracteres de direccion, control y chequeo

de errores.

- 5. Almacenan tablas de enrutamiento que son utilizadas paradeterminar el siguiente concentrador en la ruta de un mensaje hacia su destino final.
- 6. Llevan a cabo el chequeo de errores. Transmiten y reciben mensajes de reconocimiento como parte de un procedimiento de deteccion de errores y retransmision; ademas, proveen la funcion de control de flujo para aliviar una posible congestion en el trafico de la red.

Para un buen funcionamiento de la red deben encontrarse tamaños adecuados de paquetes, ya que en caso de ser muy largos provocaran un retardo que se acumula al retransmitirlos y en el caso de ser muy cortos se tiene una utilización pobre de los recursos de transmisión. Se encontro que el tamaño maximo "optimo" de un mensaje entre un sistema y un IMP debe ser de 8063 bits que puede ser segmentado en 8 paquetes de 1008 bits cada uno [1],[5]. En la practica, la mayoria de los mensajes se transmiten en un solo paquete por lo que se ahorra tiempo al no tener dispersas las diversas partes del mensaje en la red y tener que esperar a que lleguen a su destino.

El contenido de un paquete tipico puede verse en la figura 4. En estas redes el caracter SYN se utiliza para delimitar fisicamente el inicio y terminacion de cada paquete (sincronizacion) y los caracteres DLE y STX indican el inicio y terminacion de la informacion del paquete. De la informacion contenida en el paquete el IMP genera los 2 primeros campos (ACK y PACKET HEADER). Este ultimo es el que contiene toda la informacion con la cual el paquete puede viajar

independientemente y puede verse su contenido en la figura 5. Los 2 siguientes campos (HOST/HOST PROTOCOL y TEXT corresponden al protocolo (o la comunicacion) entre los sistemas de computo conectados a la red y al texto del mensaje respectivamente. El IMP no utiliza o interpreta ninguno de estos campos debido a que corresponden a comunicaciones entre los niveles superiores que estan fuera de la Subred de Comunicaciones, esto significa que el IMP recibe el texto y este es insertado en un esqueleto preparado por el IMP que le permite viajar hacia su destino y que a su vez permite al IMP desempeñar las funciones de los 3 niveles inferiores (ver sec. 1.2).

Existen dos sumas de verificación que se generan con cada paquete. La primera (generada en el IMP) permite detectar errores del procesador o de la memoria de cada IMP y la segunda (generada por el conmutador) permite la deteccion de errores en las transmision. Estas sumas se generan en el IMP que recibe el mensaje y se verifican en cada uno de los IMPs que participan en la ruta hacia el destino. En caso de no detectarse ningun error, el IMP que recibio el mensaje genera un mensaje de reconocimiento (ACK) que inserta en el primer mensaje que vaya en dirección contraria, para indicar al IMP transmisor que el mensaje fue recibido correctamente y que este ultimo puede transmitir el siguiente mensaje, ya que de lo contrario transmitira el mismo mensaje y esperara el ACK para verificar que fue recibido correctamente. Sin embargo, ademas de estos reconocimientos de punto a punto de la red se tiene un paquete especial llamado RFNM (Ready For Next Message) que indica al usuario que genero el mensaje que este arribo a su destino correctamente y que puede continuar con

la transmision. Es por esto que se habla tambien de reconocimientos de origen a destino.

Ademas, se han separado campos para indicar diversas propiedades y características de un paquete. Algunos de los campos mas importantes son:

- Prioridad (PRIORITY): indica si se trata de un paquete de emergencia o de control. Estos paquetes tienen la propiedad de poder "saltar" a los paquetes con mas baja prioridad y asi transmitirse lo mas rapido posible.
- 2. Reconocimientos (ACK): indica el numero del ultimo paquete recibido correctamente.
- IMP fuente (SOURCE): contiene la direccion del IMP que genero el mensaje.
- 4. Numero del mensaje (MESSAGE NUMBER): asignado por el IMP fuente, es un numero que se asigna consecutivamente a cada uno de los mensajes que van del usuario A hacia el usuario B. Los RFNMs se refieren a este numero para indicar una buena recepcion.
- 5. S/M (single/multiple): indica que el mensaje se compone de un solo paquete o que fue dividido en varios paquetes.
- 6. Ultimo Paquete (LAST PACKET): Indica la terminacion de un mensaje con multiples paquetes.
- 7. Codigo del Paquete (PACKET CODE): existen diversos tipos de paquetes de los cuales los mas importantes son los de datos (codigo 0) o los RFNMs (codigo 4); también existen paquetes que hacen mediciones de las características de la red o que se utilizan

en mantenimiento.

8. IMP destino (DESTINATION): indica hacia adonde se dirige el paquete.

Una caracteristica importante de este tipo de redes es el control de flujo ya que si el mensaje utiliza mas de un paquete, puede presentarse el caso en el cual el IMP receptor no tiene donde almacenar las diferentes partes del mensaje, por lo que no puede entregarlo al sistema de computo pero a su vez no puede recibir las partes faltantes. A esta situación se le conoce como "estancamiento" debido al reensamblaje de mensajes. Una solucion a este problema es que al presentarse un mensaje que debera dividirse en paquetes, se genera un paquete especial que "reserva" espacio en el IMP destino, con lo que el IMP fuente debe esperar hasta que se le conteste esta "reservacion" para empezar a transmitir. Otro Problema que puede presentarse es el de paquetes duplicados, ya que el ACK puede perderse o tardarse en arribar y el IMP fuente realizara una retransmision suponiendo que no se recibio correctamente. Al llegar este nuevo paquete al IMP destino debera ser identificado como un duplicado. Esto se logra mediante el bit SEQ en el encabezado que indica el numero en secuencia del paquete; por ejemplo: el transmisor manda un paquete con SEQ=0. En este momento el receptor espera tambien un paquete con SEQ=0. Al arribar el paquete el receptor manda un ACK y hace SEQ=1. Si se llegara a perder el ACK y se manda un duplicado, este tendra el mismo numero (SEQ=0), el receptor lo reconoce como duplicado y lo desecha. Para terminar el ciclo, al recibir el transmisor el ACK, este adelanta la secuencia haciendo

SEQ=1.

El enrutamiento en la red ARPA es de tipo distribuido en el cual cada IMP intercambia tablas de enrutamiento basadas en el retardo estimado a cada uno de los demas nodos. Al recibirlo, cada IMP compara esta tabla con la tabla anterior y guarda unicamente la ruta con el menor tiempo estimado. Esta tabla se intercambia cada 625 mseg.

El diseño de esta red tuvo como objetivo proveer la red mas barata posible manteniendo un retardo maximo entre origen y destino de 0.2 seg. En la parte del diseño topologico se requirio de una conectividad de 2 o sea cada nodo debe estar conectado por lo menos mediante 2 canales distintos; ademas, se busco que esta red acomodara variaciones en el trafico sin degradacion importante en su desempeño y que pudiera crecer ordenadamente de tal forma que se mantuviera un costo bastante bajo.

4.1.2 REDES CON CONMUTACION DE CIRCUITOS

Desde los inicios de la telefonia se ha utilizado la idea de transmitir voz en forma mas o menos reconocible mediante la tecnica de conmutacion de circuitos (comunmente llamada multiplexaje por division de tiempo). En la actualidad, debido a que la infraestructura para este tipo de sistemas ya esta construida, el sistema telefonico ha sido utilizado para tambien transmitir datos, aun cuando este sistema presenta desventajas como una alta probabilidad de error o que generalmente son propiedad exclusiva de un servicio publico y es dificil mantener la privacia deseada. Es por esto que el sistema telefonico en general esta actualizando sus tecnicas y equipo con:

transmisiones por satelite, servicios digitales, ciertas facilidades para implementar redes, etc., para cumplir con esta demanda [1],[12].

El sistema telefonico esta organizado en una jerarquia altamente Cada redundante de varios niveles. telefono esta conectado directamente a una oficina central local. Generalmente la clave y los 3 primeros digitos de un numero telefonico forman la clave unica de esta oficina y los 4 ultimos digitos representan el numero de suscriptor de esa oficina. Si un usuario desea llamar a alguien que esta conectado a su misma oficina central, esta oficina establece directamente la conexion entre los 2 telefonos. En caso de que el telefono receptor se encuentre conectado a otra oficina local, se utilizan las llamadas oficinas de tarifa a las cuales estan conectadas diferentes oficinas centrales. Si estos telefonos estan conectados a una misma oficina de tarifa, la comunicación se establece a traves de esta oficina; de lo contrario, existen oficinas sectoriales que conectan a las oficinas de tarifa y a su vez existen oficinas regionales que conectan a las oficinas sectoriales. Este proceso puede verse mas claramente en la figura 6.

El canal de comunicacion entre cada una de las diversas oficinas varia dependiendo de las necesidades. Entre las oficinas centrales y los usuarios basta con cables aislados de cobre; sin embargo, entre las oficinas centrales y las oficinas de tarifa se utilizan cables coaxiales, microondas, etc. Actualmente para niveles superiores se estan intentando utilizar fibras opticas que tienen un ancho de banda muy grande con el cual pueden transmitirse mayor cantidad de llamadas que en cables normales.

Para mantener un orden y facilitar la conexion de redes con diferentes protocolos, se han intentado estandarisar las interfaces que conectan a estos sistemas. Uno de estos estandares es el llamado X.21 (propuesto por CCITT) en el cual se detalla la interfaz entre el sistema de computo (llamado DTE) y el equipo de conmutacion (llamado DCE). El DTE utiliza una linea para transmitir datos (T) y una segunda linea para transmitir informacion de control (C). El DCE utiliza estas mismas lineas denominandolas como (R) para datos e (I) para control. Cuando el DTE desea hacer una llamada (o sea "levanta el telefono") lo indica al hacer T=0 y C=0 (normalmente todas las lineas estan en un 1 logico que indica que no se estan usando). El DCE detecta esta situación y empieza por transmitir el caracter ASCII "+" en R; este es el tono que indica al DTE que puede empezar a marcar el numero que desea. El DTE "marca" el numero al mandar la direccion del DTE al que desea conectarse como una serie de caracteres en T. En este punto el DCE manda lo que se llama como "señales de una llamada en progreso" para informar al DTE del resultado de su llamada (puede ser: lista, numero ocupado, DTE destino fuera de servicio, sistema congestionado, etc.). En caso de que se conecte la llamada, el DCE hace I=0 para indicar que puede iniciarse la transmision de datos. Al terminar el DTE indica mediante C=1 que ha terminado de transmitir y que puede desconectarse el circuito.

Resumiendo, las funciones basicas del DCE son:

- 1. Detectar la necesidad de servicio.
- 2. Detectar el numero (direccion) a la que se desea transmitir.
- 3. Revisar las lineas de transmision para encontrar alguna libre en la

cual pueda establecerse la comunicacion.

- 4. En caso de encontrarse todas las lineas ocupadas o que el receptor de la llamada este ocupado, el DCE debe avisar al usuario para que este tome la accion adecuada (ejemplo: "colgar"). En caso contrario debe avisarse al receptor que esta siendo llamado y en caso de no contestar en un tiempo razonable debera desconectar el circuito.
- 5. Realizar la comunicacion y al terminar deben desconectarse las lineas que intervinieron en ella.

Estas funciones se llevaran a cabo en cada DCE que intervenga en la ruta de la llamada, por lo que se puede presentar un bloqueo en cualquiera de los DCE intermedios.

Por ultimo cabe mencionar que en la actualidad el establecimiento de la llamada se hace utilizando paquetes, o sea para establecer el circuito el DTE manda un paquete llamado de "requerimiento". Este paquete esta determinado por el estandar de CCITT llamado X.25 y su contenido puede verse en [1]. El DTE receptor contesta con otro paquete llamado de "aceptacion" con lo que la llamada prosigue en forma normal. Este punto es de suma importancia debido a la característica inherente de trafico hibrido (circuitos y paquetes) ya que se aprecia que este hecho apoya la decision de proporcionar este servicio en forma conjunta para mejorar cada uno de los tipos de conmutacion por separado ademas de aprovechar las ventajas de cada uno de ellos.

Una red con CC que utiliza el multiplexaje por division de tiempo puede modelarse como canales que transmiten en marcos fijos de tiempo que se encuentran ranurados y que en cada ranura se transmite una porcion del mensaje (figura 7) [4],[14]. Cada marco tiene una duracion de b seg y suponiendo que se tiene una capacidad de R bits/seg, se tendran marcos de N = bR bits. Al tratar de establecer una llamada, el DCE busca una ranura (o subcanal) en el cual pueda situar la comunicacion. Esta busqueda se realiza en una tabla que el DCE maneja en la cual se indica que llamadas estan en progreso y a que ranura se encuentran asignadas. En caso de que todas las ranuras esten asignadas, el concentrador no podra situar la llamada y esta es desechada *. En el caso en que se encuentre una ranura disponible, el concentrador actualiza la tabla de llamadas y situa la llamada en el siguiente marco.

Por otro lado, al terminar una llamada se actualiza la tabla y generalmente se "adelantan" todas las llamadas que estan asignadas a las ranuras siguientes, ya que esto facilita la busqueda de nuevas ranuras (ejemplo: se puede mantener el numero de la ultima ranura asignada), aunque el tiempo de actualización de estas tablas puede ser muy costoso.

4.1.3 REDES CON CONMUTACION HIBRIDA

Actualmente existen muy pocas redes comerciales que utilizan la conmutacion hibrida, ya que la mayoria de las redes que se han construido estan dedicada a la investigación de este concepto tan novedoso [2], [13].

^{*} Aunque ciertos sistemas tienen la capacidad de almacenarla durante cierto tiempo en el que se le da la oportunidad de ser asignada.

Una de las redes mas conocidas (Ilamada PACUIT) utiliza uno de los conceptos mas aceptados en redes de conmutacion hibrida que es el de la envolvente ranurada (Ilamado SENET - Slotted Envelope Network), el cual consiste en sobreponer una red con CP a una red con CC. Esto significa que se tienen los mismos componentes que en estas 2 redes (IMPs en el caso de CP y conmutadores en el caso de CC) construidos en un solo dispositivo que maneja los 2 tipos de trafico. Este dispositivo debe mantener transparente al trafico sincrono (de CC) la estructura de la red (evitar retardos considerables provocados por paquetes) y a su vez debera obtener la mayor conductividad posible y la mejor utilizacion de los recursos de transmision.

El esquema ideado para estas redes puede apreciarse en la figura 8. El marco se encuentra dividido en ranuras de tiempo que son separadas en 2 distintas regiones. En la primera region las ranuras son asignadas al trafico de CC y en la segunda region se asigna el trafico de CP. Estas regiones se encuentran divididas por una frontera que puede ser fija o movil. El marco con frontera movil distribuye dinamicamente la capacidad de transmision entre el trafico de CC y de CP, a diferencia del marco con frontera fija en el cual se tienen un numero determinado de ranuras para cada tipo de trafico, que en caso de no estarse utilizando quedan libres; sin embargo, es conveniente fijar un numero minimo de ranuras a cada uno de los traficos, a fin de garantizar un grado minimo de servicio.

Por otro lado, puede apreciarse en la figura que el concentrador genera trafico de señalizacion para cada tipo de conmutacion. Esta señalizacion indica al receptor la forma en que fue armado el marco (nuevas llamadas, terminaciones, numero de paquetes, etc.) para que este ultimo pueda ser desarmado correctamente, ya que el receptor debe actualizar las tablas de llamadas en progreso para poder realizar el multiplexaje. Cada vez que termine una llamada deberan adelantarse las llamadas de las ranuras que le siguen, para con esto proporcionar mas capacidad para el trafico de CP mediante la frontera movil.

4.2 CONSIDERACIONES GENERALES EN LOS MODELOS

Generalmente cuando no se esta estudiando el problema de enrutamiento, se considera una estrategia fija de enrutamiento o simplemente se considera una ruta primaria y una secundaria [3],[5]; ademas, al plantear un modelo de una red de computadoras, se consideran como datos iniciales a:

- La localizacion de cada nodo *.
- 2. Los requerimientos del trafico (en mensajes/seg).
- 3. La topologia de la red.
- 4. La funcion de costo.

encontrar el trafico conjunto de la red utilizando la ec. (3.6). Con esto se encuentra el numero de mensajes que viajaran en cada linea. Al haber acomodado los requerimientos del trafico en cada linea dependiendo de la estrategia de enrutamiento, es posible asignar la capacidad a las lineas que componen a la red, quedando establecidas asi todas las características de la red con lo que puede analizarse su

^{*} Aunque existen tecnicas para encontrar la localización optima de cada nodo dependiendo del numero de sistemas que estaran conectados a el [1], se supone que este analisis fue hecho anteriormente.

desempeño bajo las condiciones que se deseen, utilizando cualquiera de las tecnicas mencionadas anteriormente. Este desempeño depende de las características particulares de cada tipo de conmutación por lo que en las siguientes secciones se analiza con mas detalle cada tipo de red.

4.3 MODELO DE REDES CON CONMUTACION DE PAQUETES

Una red con CP puede modelarse como una red de sistemas de espera del tipo M/M/1. En esta red cada nodo se dividide en varios sistemas de espera, donde cada sistema representa una de las lineas que tienen como origen a ese nodo *.

Este modelo tiene 2 parametros importantes: la media de tiempos entre llegadas (λ_j) y la media de tiempos de servicio (μ_j) que debido a la suposicion de independencia y por comodidad se asume constante para toda la red $(\mu_j = \mu)$. Esta suposicion corresponde a la realidad en el diseño de redes ya que se tratan de instalar los concentradores en lugares donde se conoce el trafico esperado y con esto es posible balancear estaticamente a la red; ademas, se trata de que los concentradores sean lo mas parecidos posible para mantener este tiempo de servicio constante, aun cuando este parametro tambien depende del trafico a la entrada del concentrador el cual puede hacer que se "degrade" el tiempo de servicio.

Para analizar la "efectividad" de cierta red, se utiliza la longitud media de la cola (dada en la ec. (2.21)) con la cual es posible encontrar la distribucion de los mensajes en la red y asi tener una medida del desempeño de la red; ademas, el tiempo total en el sistema puede calcularse como:

^{*} Este modelo puede hacerse gracias a la suposicion de independencia.

$$W_i = T_i - 1/(\mu C_i)$$
 (4.1)

4.4 MODELO DE REDES CON CONMUTACION DE CIRCUITOS

El modelo de una red con CC asume que el proceso de asignacion de llamadas es discreto, esto es, las llamadas seran asignadas a sus respectivas ranuras solamente en el empiezo de un marco, con lo que en promedio una llamada debera esperar b/2 seg para saber el resultado de su asignación; ademas, esto significa que las ranuras que fueron asignadas a una llamada no pueden ser utilizadas hasta que se presente un nuevo marco. Por otro lado, se supone que el tamaño de ranura es constante y que esta puede acomodar la razon de digitalizacion de la llamada. Esto significa que la fuente siempre genera a la misma razon de bits, por lo que no podran mezclarse diferentes traficos en las fuentes sino tendran que ser mezclados "sobre las lineas" [4]. Bajo ciertas condiciones, puede aproximarse una red con CC como una red de sistemas de espera del tipo M/M/c/c. Esta aproximación se cumple si $\lambda b <<1$ (= 0.01) y si Sµb<<1 (= 0.01), donde S es el tamaño de la ranura en seg. Esto se debe a que los sistemas M/M/c/c son sistemas continuos y en este caso se esta tratando de modelar un sistema discreto. Esta suposicion esta basada en que la variacion en el trafico es muy lenta a comparacion del tamaño del marco; por ejemplo, el tamaño del marco esta entre 5 y 50 ms mientras la duración de una llamada (en este caso el tiempo de servicio) esta entre 60 y 300 seg. Este hecho es muy importante ya que el tamaño del marco no debe exceder ciertos limites; si el marco es muy pequeño, el manejo del marco se hace mas frecuentemente implicando con esto un mayor tiempo de procesamiento, ademas de un

mayor trafico de señalizacion que reduce la utilizacion efectiva del canal. Por otro lado, si es muy grande, el concentrador debe almacenar la llamada mas tiempo con lo que el establecimiento de un circuito puede llevarse mas tiempo del requerido [14].

Este modelo puede extenderse para manejar llamadas con diferentes razones de bits siempre y cuando estas sean multiples enteros de la razon con la que se diseño originalmente la red. Esto se debe a que estas llamadas pueden verse como si utilizaran mas de un servidor:

El diseño de este tipo de redes se basa en cumplir con una probabilidad maxima de bloqueo entre origen y destino; por ejemplo, la probabilidad de bloqueo entre 2 puntos X y Z unidos por un tercero Y esta dada por:

$$P_{b} = P_{b} + P_{b} + P_{b} P_{b}$$
 (4.2)

Al extender esta ecuación a varios nodos puede verse que se tendra la sumatoria de los productos dobles, triples, etc. hasta el producto de la probabilidad de todas las lineas que conecten a 2 nodos. Este hecho presenta dificultades al tratar de estimar cual sera la probabilidad de bloqueo entre 2 puntos ya que no se tiene nigun dato inicial. Suponiendo que las probabilidades son muy pequeñas (alrededor de 5%) puede aproximarse la ec. (4.2) como la suma de la probabilidad individual de bloqueo de cada linea. Esto hace posible el calculo de la probabilidad de bloqueo presentada por una linea entre 2 puntos mediante el siguiente procedimiento:

1. Con los parametros iniciales de la red se encuentra el numero de

ranuras (o circuitos) S_i de cada linea que cumplen que la probabilidad de bloqueo $B(\lambda_i,S_i)$ sea menor que la probabilidad maxima esperada de la red. Esto asegura que todas las lineas cumpliran con este requerimiento.

 Se corrigen las medias de tiempos entre arribos al encontrar el trafico "real" que se presenta en cada linea:

$$\lambda_{i} = \gamma_{ik} + \sum_{j} (1 - P_{b_{ij}}) \gamma_{ij}$$
 (4.3)

- 3. Se calculan de nuevo el numero de circuitos en cada linea, utilizando el trafico "real" encontrado y se corrigen las probabilidades de bloqueo (P_b).
- 4. Si |Pb Pb| > s 2 se repite el paso 3, de lo contrario se ha encontrado una solucion que asegura que se cumple el requerimiento de la probabilidad maxima de bloqueo y que posee las características "corregidas" descritas anteriormente.

En este punto se conocen completamente los requerimientos de la red, con lo que es posible calcular la capacidad que se utilizara en la red. Si la razon de digitalización de una llamada es V bps, deben proveerse en cada marco de b seg, x bits para poder acomodarla. Esto significa que el tamaño de la ranura (en bits) estara dado por:

$$x = b \lor \tag{4.4}$$

por lo que la duracion (en seg) de una ranura estara dada por:

$$d = x/C \tag{4.5}$$

tambien se sabe que la duración de una ranura esta dada por [4]:

$$d = b/S$$
 (4.6)

por lo que utilizando las ecs. (4.4), (4.5) y (4.6) se obtiene:

En este caso se escogen como parametros representativos del modelo a la intensidad de trafico * y la probabilidad maxima de bloqueo para representar las condiciones que presenta la red al trafico que circula en ella.

4.5 MODELO DE REDES CON CONMUTACION HIBRIDA

Este modelo es basicamente la superposicion del modelo de CP al modelo de CC. Se tienen marcos que estan divididos en 3 compartimientos: el primer compartimiento contiene al trafico de CC, el segundo contiene al trafico de CP y el tercero consiste de capacidad no utilizada. El tamaño de estos compartimientos varia de marco a marco ya que la asignacion se realiza dinamicamente dependiendo de la politica de la frontera.

El primer compartimiento ocupa no mas de cierta porción del marco (digamos N, bits), la cual debe cumplir con todos los requerimientos descritos anteriormente para una red con CC. En el segundo compartimiento se transmiten en serie los paquetes que estan en la cola. En la version de frontera fija, esta transmision solamente puede ocupar (N - N_c) bits del marco que no estan disponibles para el trafico con CC. En la version de frontera movil, la transmision de paquetes puede ocupar toda la capacidad que sobra despues de acomodar al trafico con CC. Los paquetes pueden ser de tamaño unica restriccion paquetes es que estos completamente contenidos dentro de un solo marco, implicando con esto que generalmente el tamaño del paquete sera mucho menor que el

^{*} Tambien llamada carga y que esta dada en unidades de "Erlangs".

tamaño del marco. Este esquema permite seguir modelando el trafico mediante un sistema M/M/1 (en paquetes) y un sistema M/M/c/c (en circuitos), ya que distribuye el trafico en el marco y supone que el servidor posee una cierta capacidad minima de transmision que se presenta periodicamente. El tercer compartimiento consiste de capacidad "desperdiciada" del marco, la cual se presenta cuando la cola de paquetes esta vacia o cuando un paquete no puede acomodarse en lo que resta del marco. Uno de los requerimientos en el diseño es hacer que este compartimiento desaparezca o por lo menos hacerlo despreciable a comparacion del tamaño de los otros dos compartimientos [14].

Dependiendo de la politica de administración del marco, las ranuras con trafico de CC y CP pueden estar localizadas en puntos arbitrarios del marco o confinadas en ciertas regiones dentro del marco. Esto es una decision de la implementación y no afecta al analisis; ademas, se supone que existe un proceso estocastico que describe la posición de un cierto conmutador de "acceso" al canal que periodicamente cambia entre la "posición" de CP o de CC. Sea δ la probabilidad de que el canal este disponible para transmitir paquetes, el valor para la estrategia de frontera fija estara dado por:

$$\delta_{f} = \frac{N}{N + \lceil S/1 \rceil} \tag{4.8}$$

donde N es el numero de ranuras asignadas a paquetes, l es el numero de ranuras asignadas a circuitos y [x] denota el mayor entero menor o igual a x. El valor para la estrategia de frontera movil estara dado por:

$$\delta_{m} = \frac{N + [(S - \varepsilon)/I]}{N + [S/I]}$$

$$(4.9)$$

donde ε es el promedio de ranuras utilizadas por circuitos (o bien el numero de clientes promedio en circuitos) y esta dada por la ec. (2.29). Puede verse que en este caso el retardo estara dado por [4]:

$$T = \frac{t(2-\lambda t)}{2(\delta-\lambda t)}$$
 (4.10)

donde t es el intervalo de tiempo de transmision de un paquete dado por:

$$t = 1/(\mu C)$$
 (4.11)

sustituyendo la ec. (4.11) en la ec. (4.10) se tiene:

$$T_{i} = \frac{2C_{i} - \rho_{i}}{2\mu C_{i}(\delta C_{i} - \rho_{i})}$$
 (4.12)

donde $i = 1, 2, \ldots, m$ (numero de ramas).

La suposicion principal para llegar a este resultado es la independencia en el tiempo de las ranuras ocupadas por circuitos o paquetes. En el caso de la frontera fija no existe ningun problema; sin embargo, en el caso de la frontera movil existe una gran correlacion, particularmente bajo condiciones de trafico pesado. La solucion a este problema es muy complicada [15] y es inutil utilizarla para propositos de diseño, por lo que esta suposicion debera ser tomada en cuenta al interpretar los resultados.

Para resolver el problema de asignacion de flujos y capacidades pueden utilizarse 2 metodos: resolver el problema por separado para el trafico de CC y CP o resolver el problema combinando los requerimientos de los dos tipos de trafico. En un principio, la segunda opcion produce mejores resultados en cuestion de costo; sin

embargo, debido a la interaccion entre rutas primarias y alternativas, la optimizacion en CC es mas compleja que en CP, por lo que se prefiere utilizar la primera estrategia. Esta estrategia acomoda al trafico de CP basandose fuertemente en el resultado de la asignacion del trafico de CC.

En este esquema, la administracion del marco es un parametro muy importante. Si se escoge una frontera fija, debe seleccionarse cuidadosamente la asignacion de las ranuras a CC ya que en caso de asignar demasiadas ranuras para tratar de disminuir la probabilidad de bloqueo, se incrementa el retardo de paquetes ocasionado por una falta de ranuras para transmitir; asi mismo, cuando se asignan demasiadas ranuras para CP, la probabilidad de que una llamada quede bloqueada aumenta considerablemente. Este conflicto puede aminorarse mediante el uso de la frontera movil ya que las ranuras que no estan siendo utilizadas en CC son asignadas dinamicamente a CP para no ser desperdiciadas; sin embargo, si se tiene una alta intensidad de trafico de CC que hace que se utilizen casi siempre todas las ranuras disponibles, el desempeño no se ve afectado por el tipo de estrategia para administrar el marco.

Es importante garantizar el nivel de funcionamiento de cada clase de trafico. Es por esto que se deben reservar cierto numero de ranuras para cada una de las clases, ya que en caso de tener una frontera movil se garantiza de esta forma un grado minimo de servicio que no se ve afectado por condiciones cambiantes en la intensidad de trafico de uno u otro tipo de conmutacion.

Otro factor importante en el desempeño de una canal "hibrido" es la razon de digitalizacion (V) que puede ser cualquiera de las usadas en las diferentes tecnicas de modulacion (ejemplo: PCM (48-64 Kbps), DPCM (32-48 Kbps), CVSD (16-32 Kbps), LPC (2.4-16 Kbps) [14]). Debido a que el numero de ranuras en un marco es fijo, al incrementar V, el tamaño de cada ranura debe aumentar para ser posible seguir acomodando en una sola ranura la razon de bits. Esto trae como consecuencia que la porcion de la capacidad total asignada a CC aumenta, mientras la capacidad disponible para CP disminuye, aumentando asi el retardo de paquetes que viajan en la red. Por otro lado, al escoger un tamaño de paquete debera tenerse en cuenta: el tamaño de los mensajes, el retardo ocasionado por paquetes muy largos o la perdida de eficiencia ocasionada por encabezados en paquetes muy pequeños, la duracion del marco, la necesidad de fragmentar un paquete sobre varios marcos y en general la operacion eficiente del canal bajo la politica de frontera movil ya que esta operación estara directamente relacionada con la relacion entre el tamaño del paquete y el tamaño de las ranuras.

Todo esto lleva a la conclusion de que el diseño de este tipo de redes debera encontrar un buen compromiso entre todas estas propiedades y ademas debera resaltar las ventajas de utilizar un esquema hibrido (preferentemente con frontera movil).

5. SIMULACION DE REDES DE COMPUTADORAS

En este capitulo se describen la implementacion de un programa de simulacion y los resultados obtenidos. Este simulador tiene como proposito experimentar con las suposiciones y predicciones realizadas en los modelos teoricos ademas de sugerir nuevas lineas de estudio para estos modelos. Actualmente, debido a que el costo de las microcomputadoras ha disminuido notablemente, se han propuesto simuladores "reales" o prototipos [16] en los cuales es posible implementar los protocolos, algoritmos de enrutamiento, sistemas operativos e inclusive las tecnicas de comunicación más avanzadas para lograr un analisis integrado de todos estos parametros. Esto permite obtener mediciones de los desempeños y características de redes a gran escala a una fraccion del costo real y en ciertos casos a un costo menor que el del analisís por medio de una simulación por computadora; es mas, este tipo de sistemas proveen ciertas ventajas adicionales al facilitar la implementación final ya que la mayoria de los problemas de "hardware" (acoplamientos, parametros de dispositivos reales, etc.) ya fueron resueltos en el prototipo, ademas de proporcionar una flexibilidad en la actualización y evaluación general de nuevos sistemas.

5.1 ESPECIFICACIONES

El simulador requiere de las siguientes especificaciones de diseño:

- 1. El numero de nodos (n).
- 2. Una descripcion de la topologia en la cual se utiliza la matriz de

incidencia o conectividad en la cual cada renglon i señala un origen, cada columna j señala un destino y cada elemento ij contiene un 1 para indicar que existe una linea que conecta al origen i con el destino j o un 0 que indica que no existe conexion entre esos 2 nodos. Generalmente se considera que cada linea es del tipo simplex.

- El numero total promedio de mensajes (γ) que entran a la red por segundo.
- 4. La longitud promedio de mensajes (1/μ).
- 5. La matriz de trafico en la cual cada elemento ij representa un porcentaje del trafico total de la red que tiene como origen al nodo i y como destino al nodo j.
- 6. El numero de clases de prioridad y la razon de arribos relativos entre los mensajes de cada clase *.
- 7. Un parametro que indique cuando terminar la simulacion.

 Normalmente se escoge el numero total de mensajes a ser

 transmitidos a traves de la red.

5.2 MODELOS UTILIZADOS

En el simulador se intenta optimizar el diseño de la red utilizando los metodos de optimizacion descritos anteriormente. En el caso de redes de CP se escoge al retardo como medida de desempeño y como variable se utiliza a la capacidad. Esta capacidad es asignada a cada rama de la red mediante los metodos vistos en la sec. (3.1.1) y nos permite proporcionar una flexibilidad adicional al diseño de redes con diversas propiedades.

^{*} En esta primera etapa seran omitidas.

En el caso de redes con CC se escoge a la probabilidad maxima de bloqueo en cada rama como el indicador a optimizar y como variable se utiliza tambien a la capacidad. Esta capacidad es asignada mediante el uso de los metodos descritos en la sec. (4.5) en los cuales se toman en cuenta el tamaño del marco, la probabilidad maxima de bloqueo y la intensidad de trafico para encontrar el numero de ranuras que deben asignarse a cada linea. Finalmente, la capacidad puede encontrarse utilizando el numero de ranuras y la razon de digitalización de voz.

En redes hibridas se integraron estos dos modelos al tratar de minimizar el retardo a la vez que se intenta cumplir con los requerimientos de la probabilidad maxima de bloqueo. Esto se logra al calcular, mediante los metodos mencionados, el numero de ranuras que es necesario asignar a cada tipo de trafico para cumplir con estos requerimientos. Sin embargo, este esquema se ve afectado por la forma en que se administra la frontera dentro del marco, ya que en caso de tener una frontera movil, la asignacion dinamica del trafico puede ocasionar que la red tenga un comportamiento muy diferente al supuesto inicialmente; sin embargo, una de las herramientas mas poderosas para analizar este tipo de redes es precisamente la simulacion, por lo que es util implementar estas tecnicas aun cuando el diseño tenga que hacerse por "prueba y error", a diferencia de los dos primeros esquemas en los que se conoce de antemano el efecto de cada variable en el diseño.

5.3 ESTIMADORES

Con el proposito de verificar los resultados de la simulación (en redes de CC y CP) y los modelos utilizados por implementarla; ademas de obtener mediciones precisas de las condiciones de redes hibridas (ya que los modelos teoricos no representan las características dinamicas de estas redes), se implementaron estimadores que representan a los parametros mas criticos de diseño. La confiabilidad de estos estimadores depende de las condiciones de simulación (ejemplo: evitar efectos transitorios) y de las suposiciones hechas para formularlos. Se puede apreciar que si el simulador se deja correr un tiempo razonable (ejemplo: 5000 mensajes), estos estimadores tienen un 5% de error con respecto a los valores calculados.

Uno de los parametros estimados es la intensidad de trafico, la cual se presenta en los diversos tipos de redes. El estimador para este parametro puede calcularse de la siguiente manera:

$$E_{P_{i}} = \frac{MG_{i}/t_{MG_{i}}}{SR_{i}/t_{SR_{i}}}$$
(5.1)

donde para cada linea i; $1 \le i \le m$; MG_{ij} es el numero de mensajes que arribaron a ese sistema de espera, $t_{MG_{ij}}$ es la suma del tiempo que tardaron en arribar los mensajes, SR_{ij} es el numero de servicios realizados por esa linea y $t_{SR_{ij}}$ es la suma de tiempos de servicio. Estos parametros incluyen tanto a los mensajes generados por fuentes externas como a los mensajes que arribaron a un nodo en transito hacia otros nodos de la red.

Para redes de CP se considero que los parametros mas representativos son: el retardo, dado por

$$E_{T_{i}} = \frac{t_{SR_{i}} + t_{e_{i}}}{SR_{i}}$$
 (5.2)

(donde t es la suma de tiempos que cada mensaje tuvo que esperar en la cola *) y la longitud promedio de la cola estimada como:

$$E_{L_i} = L_{m_i}/t_{SR_i}$$
 (5.3)

donde L_{mi} es la longitud media de la cola que se calcula como la longitud de la cola (en mensajes "esperando") multiplicada por el tiempo que la cola permanecio con esa longitud.

Para redes de CC se considero que el parametro mas representativo es la probabilidad maxima de bloqueo que se calcula como:

$$E_{\mathsf{Pb}_{i}} = \frac{\mathsf{MB}_{i}}{\mathsf{MB}_{i} + \mathsf{SR}_{i}} \tag{5.4}$$

donde MB; es el numero de mensajes "bloqueados" en la rama i. Este estimador presenta ciertas discrepancias con el parametro real ya que deben generarse suficientes mensajes (alrededor de 100,000 [14]) para tener una buena confiabilidad. Esto se debe a que con una pequeña variacion en el trafico (aproximadamente un 5%), que no puede ser evitado en la simulacion, la probabilidad de bloqueo puede tener variaciones de hasta un 30%, dependiendo de la region en que se este

1

^{*} Puede verse que la suma del tiempo de servicio y el tiempo esperado en la cola es el tiempo total que el mensaje estuvo en un nodo (ec. 2.22).

trabajando (figura 9). Esto provoca que el costo de simulacion sea alto y solo puedan obtenerse unas cuantas muestras para realizar la estimacion.

Por ultimo, para redes hibridas se utilizan estos mismos parametros para estimar las características de cada una de las regiones del marco de transmision; ademas, en estas redes existe un problema fundamental que se presenta debido a que la constante de tiempo de una red de CP es muy pequeña a comparacion con la constante de la red de CC (normalmente la diferencia esta en 2 ordenes de magnitud). Esto provoca que mientras la parte de CP de la simulacion se encuentra en estado estable la parte de CC todavia se encuentra en estado transitorio. Como consecuencia, deben correrse simulaciones muy largas que presentan los problemas ya descritos anteriormente [14].

Es importante mencionar que aunque estos estimadores proporcionan una buena descripcion de las características de una red, deben obtenerse varias muestras de la misma red para obtener un buen rango de confiabilidad de estos paramétros *.

5.4 ENRUTAMIENTO

El enrutamiento es un factor muy importante que afecta al desempeño de una red. Por esta razon se dedico especial atencion a mantener flexible el enrutamiento en el simulador para poder implementar en un futuro los nuevos esquemas de enrutamiento que se diseñen. En esta primera etapa se utilizo un algoritmo de enrutamiento

^{*} Los datos presentados en esta tesis fueron estimados haciendo un estudio estadistico de 5 corridas (muestras) diferentes, utilizando puntos de regeneracion

estatico en el cual se escoge el menor recorrido de un mensaje en la red. Este algoritmo utiliza la matriz de conectividad (MC) para encontrar la llamada matriz de distancias (MD) con la cual se encuentra el numero minimo de nodos que debera atravesar un mensaje para llegar a su destino. Esta MD se encuentra de la siguiente manera (figura 10):

- 1. Se hace MD = MC.
- 2. Se encuentran las rutas de longitud 2 de la siguiente forma: si i esta conectado a j entonces todas las rutas conectados a j estaran a una distancia 2 de i (siempre y cuando no exista una ruta directa entre ese nodo y el nodo i).
- Se encuentran las rutas de longitud 3,4,... hasta que ya no existan rutas de mayor longitud.
- 4. Si existen rutas con longitud 0, estas significan que no existe ruta posible entre esos nodos (el nodo esta aislado).

Sin embargo, cuando este algoritmo encuentra mas de una ruta minima posible, se escoge un camino arbitrariamente. Es por esto que la ruta "optima" se decide tomando en cuenta la ruta con menor trafico conjunto para asegurar que los mensajes encontraran el menor trafico posible ademas de que al "balancear" estaticamente la red se obtendran capacidades mas equitativas en toda la red.

5.5 CONTROL DE LA SIMULACION

La simulacion se hace bajo la politica de eventos discretos, en la cual el programa actualiza los parametros de la red solamente cuando existe un evento que afecta a la simulacion. Estos eventos pueden ser:

1. Arribo de mensajes: el simulador "genera" mensajes en cada una de

las lineas (definidos por su origen, destino, tiempo de arribo a la red y longitud) con la frecuencia requerida en el diseño (λ_i) ; esto se logra encontrando el siguiente tiempo aleatorio de arribo (utilizando una distribucion exponencial con media λ_i). Cada mensaje es colocado en la cola del origen al que haya arribado y ahi espera hasta que sea servido (en el caso de CP) o se genera su servicio (en el caso de CC).

- 2. Generacion de servicios: al llegar un mensaje a una cola y dependiendo de la disciplina de servicio, se especifica el tiempo en que sera "transmitido" a su destino (que tambien se genera a partir de una distribucion exponencial con media μ). Cuando la red es de CC, el simulador redondea el tiempo de servicio al tiempo de inicio del marco mas cercano, con el proposito de cumplir con las proposiciones hechas en un principio y busca una ranura disponible dentro del marco de cada uno de los nodos que seran utilizados para la transmision; sin embargo, en caso de no encontrar ranuras disponibles, el simulador simplemente desecha el mensaje. En el caso de una red de CP, el simulador solo se preocupa de mandar el mensaje al siguiente nodo:
- 3. Terminacion de servicio: en caso de tener una red con CC, el simulador debe actualizar la tabla de ranuras disponibles y terminar con la transmision. Sin embargo, en el caso de redes con CP, el simulador debe revisar si el nodo al que se transmitio era el destino final de ese mensaje. En caso de que el mensaje este destinado a ese nodo, el simulador sabe que fue entregado exitosamente, de lo contrario, este nodo es un nodo intermedio y

el simulador debe tomar el mensaje y colocarlo, siguiendo la estrategia de enrutamiento, en la cola hacia el siguiente destino (ya sea intermedio o final).

Durante cada uno de estos eventos se acumulan las estadisticas que serviran para calcular los estimadores descritos anteriormente. El control de la simulación puede resumirse en el siguiente algoritmo:

```
REPEAT
   IF tiempo-sgte-mensaje > tiempo-sgte-servicio THEN
       (* el evento siguiente es una terminacion de servicio
       *)
       fin-de-servicio
   ELSE BEGIN
       (* el evento siguiente es un arribo de mensaje; se
       genera su servicio y se encuentra el tiempo de arribo
       del siguiente mensaje en esa linea *)
       genera-servicio;
       genera-mensaje;
   END: (* IF *)
   (* en caso de haber llegado a un punto de regeneración,
   se calculan los estimadores y se inicializan de nuevo las
   estadisticas *)
   IF punto-de-regeneración THEN
       BEGIN
           calcula-estimadores;
           inicializa-estadisticas;
       END; (* IF *)
   ELSE
       acumula-estadisticas;
UNTIL contador-servicios >= total-servicios;
```

El proceso de simulacion se divide en 2 partes principales: la simulacion en estado transitorio en la cual se inicializa la red y se permite que la red alcance un estado estable (ejemplo: mensajes en todas las colas) y la simulacion en estado estable en la cual se acumulan las estadisticas y se calculan los estimadores. Normalmente el

estado transitorio es un 10% del tiempo total de simulacion.

5.6 EJEMPLO

Esta seccion proporciona un ejemplo del diseño de una red. Se presentan las características que se desean y se utiliza el simulador para analizar esta red bajo los 3 diferentes tipos de redes presentadas, con el proposito de comparar los desempeños que se obtienen con redes separadas y el desempeño que se obtiene al conjuntar los 2 tipos de trafico en una red hibrida *. El ejemplo que se utilizo fue:

"Se desea construir una red de computadoras que conecte a los centros de computo de las dependencias gubernamentales en las siguientes ciudades: D.F., Monterrey, Guadalajara, Tijuana y Merida. La configuración que se propone para esta red puede verse en la figura 11. Las características del trafico entre estos centros de computo puede verse en las corridas del apendice A"

Se presenta a continuacion el estudio estadistico realizado con las diversas muestras obtenidas de los estimadores.

^{*} En el apendice A pueden encontrarse ejemplos de las corridas del simulador realizadas para la presentación de este problema.

RED CON CONMUTACION DE PAQUETES

RETARDOS DE TIEMPO

2			_	.1.2	0\$		•	n	١.	
۲	r	Om	ρ	กา	os	:	1	Υ.	1:	
•	•	V.11	_	٠,		•	١,	•	<i>,</i> .	

				2006							A	Sa is	1.00		e 44 / 1				. ,	7.35	- 1		3.73		70.00	100		diam'	245		for go		16.0	100	2000
		V 1		de N			ω'n,		^	_	~	_		35.		130	\sim		~ ^	_	64		-4		37					9			·) ·	100	
		_			1.5	200	36.7		7	ે	8	h :	7	200	-	132	~	Au.	44	h				32 B	10.0			4.0					Sec. 25.		
				Sec. 1				10	4	, ,	U	J	100	100	53	V. 3	: (-		رر		1		.60 V	F-41			750	600		40.00	4.3		11 11 2	~-	1000
			200	1.4	10.	1.10	9.3.5	210			1.4	15.5	100	1-58	7.10			4.1.1		Sec. 1		Sec. 3		AM.	7.5		3.00	100					Trong	1.00	1.
1	71		4010		de de	100	0.5		130				100	30	400	0.55	100	44.5				60.7			213			80Ç**;	4.		350		想道:	. 114	, 11 d
	^	-	187	7						1.92	200	1-12				1.	\sim		~ ~	4			900	100			1			Die.	90 M.S.		2		11
	/		(8)	100		12.5		100	41.7	-			350		3.5		1		۲n	100	17.4%		100	41,57	3. O			J. 3				-11	. /	- 41	ır
33	-	• •	, . ,	100		100		200	٠	100								• •	, ,	•		100							2.5	ΟŅ.	100	**.		• (
7.4	177					3.3		100			1.511	100				1, 1, 1		1	1.	Y	200	Miller.					100		* '	- 17.0		114	3.00	113	1.54
ė,	-24		1.20	1800	50			N.		7.0						Sec.		, A. A.		2	700		77.5				-140		8.0	S. 188		4.00			e 1
	2		343)		19.5		100	n .	ൗ	8	י כ	100		0.00	in it.						14.5	1. 33		ൗ		つつ	2					2		ΛE
47	~		54.	•	灰泥	. 114			6.		O	Z	100	e e 🦠	x_i				- "	373	S .	4.50				/ 1) (.)		W.	9. 5		· (.	. 4	UC
100	-	2.2			1.		经装		- 1	design	2012	or all	41.			1.1		13		7.6	7.6	9.75	800	E		1000		100							~~
-77	100	100					::::-		370	1	100							121	100		1. 50					1.5			2111					1- 1	
923			4.												7.		(<u>'</u>		24	_			16	100				2 4 5 15	: "P		٠.	•			
		7.0		4.0					1.0			100		10			"		マᠺ	6	16				3.75	11.1					: : <u>*</u> .	. N.	2	- 3	Q /
	·./>				111	Cart	1					10.5		100			Ĺ.,		Jυ	v		1.00	2017	100	100				44	1,47	-, -:			. J	O٦
	0.00	- 1		(4°5.)				414		7 155							Siv t	9-9-	4/L.,	41.	3.1	1.5		香油					4.1			11,			
		11.	1.00			mail.	100	***	4, 117				1				٠.	3 A.	14, 5	1	1.1			4.3	13.14		11.34			1.1	e a	53		. 11	1000
	100	9,00	10.00	1,54	177	1.5	51	100	ഹ	_	4	~	, S. C.	2234	7.4		0	7.0	•	•				G- 3.	^	162	•	\sim	6.0	100			and the second		95 E

Desviacion estandar (S):

			- Fa .							1 27		5. " -		- 1				eta a in	1.50	- '-	200									17.00		250				1 4 6		200	
							4. 5	11.2	4,0	. (Λ.		חו	1	11.	100		·		റ		റാ		1117	100			***	4		4 1	1			3				
						111	12.		1800	40.00	1.1		1/	J 1	8	17.75		(F)		11	Ψ.		. ~			//	100			100			J 16		1	11.00			4000
			16.2	_			200	. 11			v		,				70.0	100				v.		100	1 5 6			7,79		4.11			1000		4			- 5	
				3.3		1.7				•	50,29	Ja 5	A	200		"Lizi"		100		3.5			40.00			1.0	100		44	1.137			200	100	Same			1.0	
						- 1			4 2	464				3.3		13.5	A	200		100	1.5	4.4		·	2		100		4.00	医线性	4 5		100	7.	or the	45	4 - 1 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2		
		- /	200	1315					- 1.	. 10	100	1				-2.35	200		, A	. 11				100		100	3.0		1.75						1.77	i		· ·	. 1 - 11
		_		~ ~		11.5		900		1.0	(h		- 5		3.0	. "A ?			1	^		~ .	• ^	400		an de la compansión de la	変え	100				(v)	6 .	$\tilde{c} \sim F$		11.	^	^	~ ~
		- 1	1.0	03	' /I '		N .				4.0				11.	1.00	20,000	4 .	5 T				4 1	100	9-1	i he-i			50 60						10	100	: / I	.0	h 1
		u		บอ	4	1.0		100	100		1.30		• , .		e in							v	tu				2							113.55	visio.		· V	. U	บบ
	600	•		~ ~		124	20.00						9.50	15.15			A., E.			_	3.33	-				4.45				14.2 .	-	2007			1.50	100		• •	
				T	47	die i	160		137			10.5			5.5	4.0		20.00			11.14			35	2	1.1.1.		2.50		100		15 7 11		1.5					
	1		110	100		g. 144.	7.0			11.0		14.15	0.74	1		99 F	3.7	. ·	4.11	1.00	4	1.12	· 3					11.5	30.00	4			7. YÇ		215				
	·	31.4	4, 2		-	1000								-	31.1			1.6								1.0							100	1	5	i	-	-	
	7.5	·n		กว		112		16.0	7		n		כו	n		400	1.	1 -	?		200	. 1		200	1.0	S. 50			n		17			1			- n	ന	α
	7		7.	03	m.	3.2		300		7. Y	11		1.7	0	13.	-41	3 70		240			-	17.0				2.1		: I J	334	1	<i>-</i>	V		1.11	-	: 1 J	.0	71
		·	•	v	•	BU:	100	4			•	• `	,,				3.7							5 - 1 6	. 57.3			· 5-4.		• •		-		 3.7 			~		-
	-14	. 1.			Milita 🗀	100	10.01	100		1.60			4.17			127		50 %	1000		200	1000		C-ve		100		300		1.			2.7						
٩.	1.1							2					100	700			- 3 -	93.7			- 1	4						20.1	2. July 1					1.1					
117		• 10		2000	1.0				500		2013					15.6	2.0			100		7.30	W. Car			1.5	1.60	- W-	1.0		115.50	A Section	7.1	25.0				.0	
	- <i>i</i>		1		1 6				7.0			- 141				100	199			\sim		nr	` "	•				. 711				1	1400	35.55			\sim		77 1
- 7	10.77	1 (EV)		_					1	4×				500	24		100		200	- 1 1	100	11/	, ,	100	4.00	3.60	1			10 m				3577			-11	11	./ 1
٠.	4.65	化烷基	160				1.20	100	· .					12.70	3	100			i	···	• :	v	- 6			1000	6.43							3000					7 4.
			1			- 10	· 1	-0.10	1121	- 2	9.39		1.7		172		1.00			34 %	4.31	80.50	100		1.1	r_{ij}		/			7.5		100	3.197					
140				W 7 17	- 0	71 ·	200		3. 3	G., 19			110					100		100			- 1	1.4.7	0.114			14.97				3.7	1.17	30.					
-3	200	100	· 1		100		16			2 .	1.13		. 6		100		177		97.3	250	30.0						(1)	o an	471		25.0	V40	0.13	14.					
	100					100	8 300				_					7 A.	10.00	210				^ .					4.5		~		-	•							- 7
40		2.0	57:1	10.7			1.0	4 .		te to	71	· 1	1.7		100				3	- 11		11.	11		6 64		200	700	11	- 1	1:7		13. 4		A		·	7	
٠.	16	41.	14.	-		13.17		Y	∵ ફ.		1)	- 1	1.7	1				475.5	7 10			u.	, 4			6 . 19	الإبلاءات		L.	٠.	17		18. 1	100	3.55			-	
•	1.0		1,	77 S. T.		700		1.00			٠.	• •		-	27	14 1.7	100			~				. 9 **			11. 1	100	•	100	11000	~ .			10.00				

Error (%)= (Vest-Vcal)*100/Vcal:

0.0	2 (20)	100		2 5 5									1.7	100					A	18 . C									1000				14-15-6	
10		200					100			*			11.		7		100	-7.7	1				11.			200	1.5		1. 34. 7	die o	100			
			50 E 1	4 1 1					•		1		1 119		7.1	_^	. {	100		To 2 14		37.75	11.5%	10.5	6	. 11.45					70	100		00%
. 2:		1.7							1	71.7		1.10		2.00	10.00	7 T.		3		4.00/2	740	2500		25.0	11			1 2 3			1 2 %	2.95	- 1.853	٠.
	14.		-							4		4.0					: 1	1.0	10	2.7				5000		1.7 (3)	S			30.75				
٠.,	1.00								•	∵1 ←						. •				100			200		C 5550 x		4 in 1 .			1. 2. 4. 4.				15
					1.6		2.0				7.15						41 CZ		G						C. Carrie				· · ·		1	1. 77.	Sec. 16	
12 45		11.7								4.1			11.00	4, 49,5				- 1		1111111		100 10	4.	100	1000		21.00		100				6 . 3	
			4.						- 11.	40,000	144	35.1			100	. 11			100			, "	177	0.00		きょうか						*	. 1	
٠,,	0.4	. 1		_	. * .	100					10 100	3.5					_		_	_ :			V	· 100	72. 9	1. 17	100	1200		1 4 1				
	. ^	13	46	~					40						100	6 **	~		~			100	256		551	51.73		776 1	100				าก	л
	-11		46	~										1.50	100	-	0.	-		٦.	* . · · · ·	1137			131	1. 1.		こないない	200			Ş	4 X.	u
	്		••												100				v	J 25		120.0	A	- v.10	2.7				1,000	100			ľ	-3
21.5		•	•,-	_	1.5			·		16.7	26 6	7.7	24	100				-				. 14			12.0	100			2.0		,			
e	W. 15								2.44			20.0			1000		65.00	100		erger.	200		1 4 7	5 174	need 1	100		4-12-17		1000	1.00			٠.
		· 50.				" • • •		2 1 1 1 1	100		4	15.	6 J 1.64	e 1 2 2 2						95 (3)	35		16.5			1.1	200			55-10-5				- 3
					100					4	- 1	1600	A . 122	100	17.74	- 7: W	47.		en de	500	. 5 5 5.		19 . 19	1. 2. 2			100	. *- **.	3.5	3		10,700,000		
		-		-		17.			•	50		32.3				4 1 3 3		- 1		148.00		100			^	~	31	* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *	100	1000	-		. ^	
- 41	100			UU.		11 3.4	4 10 50		1 7	_ ' '	16	101		1100	200	A			30.00			. *				1	<i>a</i> ı		5.00	A . 46	5.7 P		۱° ₹.	/1
			- 1	~~	٠.	S 1 13					JC 1	111			1.00				. /	0.000		10.00		-	r	1	1 1	5. 1. 1		7.	a*		٠. ı	~
		•	. 3	-		100			_	v		125.0		1 160			5 . T.	. 6. m		7	14.1	17.00			-	-,	~~		44 6 6		-	. 4		•
					, ,	2					25 11 1		100	1. PT	3.345			4-12	3.5	60 A. 11	1 to 1	100			1000	1.50	1.00					. :534	Sec. 16.	10
100	1 12				40.00	437	***	200	1.00	2			10.7	10	2000				200				and the		4 m.	A. 33			V. A.	5 (8)			100	
					2 3	3 1 E	100									1M : 4	es is a	11 14		5		W. 15		3.77	ritina.		1		200			100		
						2.5						3.50			7.5			-		- 1.7 C		100	1.00%		5.60	4.5	4.6							
- 2									40.00			1.4		おきっき			0.		n i	200		200	427	. 30	10054	17.15		1.				. 4	14	л
100	100			100			16 21	100		_ ~					,	· 🕳		•	ч.		1 10			. 95		1							LD	4
				7 14		7 .				_	31.7	50.0					v.	_	_,			4			1.3	2							rv.	7
	1.00		5,74			,		3.5						1.12.4		7					112			1.00			e - 6.41	7.0	A					
	27 3		- 27								. 27 7 1 1 1	100	1	10	130 E.		Sec				10.00	9	10,000	700		1.00					9 1 2	100		
					100						4	. 3. 4	1		1. 200			* 1 2 july		0.00	* F 5 5	100	41		100		0.00		0.00		A			
												- 45%			1 (1)						4.5	y 11 19		2 44	_ 5.				1.11	10.7			200	٠.
							-		- 4			A			- 64 c	. ^		•	~			الأكر ماده		200	~	Λ.	80		11.52		4.			4
	y .				*				_ 1.		154				100		. (•	· white			west T.		200	111	12	A . W	341	14 1 11		· · · -		٠
			_						- 1	- 1							A . I.	J 7.			Sec. 15		- 1971 -	,1,		v	+7							Α.

Variation (%)= S*100/P:

	0.880	0.752		
1.424		1.694		2.608
1.536	1.259		0.517	3.784
		1,141		2.978
al Property	1.321	3.1	3.083	**

RED CON CONMUTACION DE PAQUETES

INTENSIDADES DE TRAFICO

Promedios (P): $(x10^{-3})$

																														0.	
	4								95																						
																														1	
																i v														2	
			. 1 15 . 5	- 1 . F		7,2 7	- 0 1					3 ° ° .		3707			14.00		en in the	 1600		. 200									
	·				 		-	100		4.1	100	Sec. 22.	2.00	111		100		, 3147. 		 40.00		~	Ω	7 /	10.00	6 C. A					
1 1 7	15.	100	3.407				• • •					. # CY.	. 75		4.00		121 6 2	S. Miles			12.0	1.1			1000	200	1.1	at the fire	1 . 3		

Desviacion estandar: $(x10^{-4})$

					1.				-						1,10 1						7						25. 100	200 × 0	13. 3	A			1.0		1000	1	2.5
									л	- 15	1, 1	24.4				100	Bart Gar								14 1	400		- 1 1	100		100		7-11-17				arrest.
				1 1 4	100				"				3					140	-	****		9 1 .		- 61					27.4	. 4. 1. 1	21.77						
		7.0				*						- "Total	arri.	14. %				14	-			2.4					-				* . 5						400
									•	200	ere te .		100	10.0		77.	12.7				1.0				*	1/11	A 10.00				1711	. 164	1044.0		A 200		5
					3.5											1 . 3		1.5	4 1 4					2.4		1.00		4.50			W. C. C.		1960				200
						2. 15.					2.77		_ / •			4.0		1.0	100			100				200	11 . 12	7 P	65				1 1114		2000	* 1 * *	100
4.5								4.1				- 25												200			4			7.		1.74	12 1 3		1 4 1	10.00	
				9 6 9		200				334 7	-27 - 5			100					* 11						117.	6.5					65 S	1000				2.3	100
					4 1 1			2 **	1.7.			100				- 3		10.00	41.15				. ** . *				100							0	•	_ ,	
29			100	2	14.5				200			* * * *			T . 17									4		- Mr	u. 15		7.6	4				11.		_	1.0
	21									20.00		10.45			·		100		-							4.7	-	100						4 1 /		_	
A 4.		. 1666				- 17							40.0		4											100				1000	100					۔ ت	
		1000	200		. 277			18.	- 14	4.0	4	11 7 7 7	100		1. 1. 4													7. 3.	1 1.	Michigan.		1 100	1.65				_
	200	2000	100		2 17			h					. 7 . 7 . 7 . 7													4.84				1 1 1 1		4	11 0		1.7		
1 -0						(1)					1, 1,1	1.00	21. 17.	14.	** 6.			91 .											1.0			5 77 1		1.1	2 - 20		
				9	- 27		100	11.0	2 15 1 T	1000	10.00	Sec. 250	20.7	40.00			P		. 10.00							- 33					134,7	1.71	5 - 5 - 6		1.0		
		0.00	and the				- 3. 1		4				77.5				4.1								1.0		1777	1.00			1000	100					
					1 5				. ^		. ~						200						٠,			- 2			1.1				1201			计多元 计正字	- 7 -
	× 10	50.00	100		25 m	100		1 1	. f 1:		,,,	/ 1	6.00	A		2.7												1.00		1.00		100	12.0	/1	1.0	9. 2	100
100							0.00	. 6	0	_			100			5 4			_										11000								1.5
							14 " "	1. 1				100	200			1.00													4,6					1. 1.3			
		. 10	1.00	100	6				14 70		es la la															50			1111							. 5	
		e est	100				14:11	A 61 2	·	to Mile		200	da: •					100								11.		1100		100		. * 1	No. 3				
o.,	12.00	4	5.0	2.25		and the	12.14	1 4.0			7.1.0	10.11		S . 14 3*	t,. · .	40.00								,			0/46	. 7 . 1 13	1	40. 200		*	1.1	21. 5. 2			
			24		100	A.C				* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *																	V			1000							
			Cal ta	Th. 20.		6.5		A		1997				100				- 1	_									(mag)	***		100		1 272		120	1000	
1.50						100				2. 1				2 4 7					- (1)	99						1 4 1					Sec. 1		1.5		13 CM 1		2
1 1 10			4.3	200		1.00			144	-			4.4					1	- ×	u									4 950	100	** 24				-		***
100				18.00	7.1,35		100	. 7.7	431 1	alia -		543		200				٠.	L)	. 7 . 2					194	T:		Ste 25	1	Contract.	4 . 75	111					
		7 . 1		6.71			-13		C = 5.		1.00		- 49	er . * *	2 de 1		- 2						2.				2.	21.57.0	- 57 A		0.14.13						
7 65		Sec. 3.	11.	7.1	79.00			** ,	2 4 2 15 1				100						100										1,000				1000			7.2	
1.0			44									5 T F .	17.5						2.0						4 0.85	** Co.	26.01		40 1 550 1						200	7 tean 2	
4 10	. 2012		40.0	7 7 1	63.1		1.00	1.1	2 1 . Y				9.60	A			** * .		1						4 47		44.5						1777				1 2
200	10.4	17.7		6.			-	200		4			177		200	. 1						200		- 1					110		20 10 14 1						
,	11.	11.0	3 T		50 a ab	Acres 1		Y 22 7 1			1.64	. 9.	100	200			1.1	•						- 1	6.1	•	_	~ *	1 53 C				3.31				
100					2.5	1.11	5.5	1 10 11	1.5	0.1		1.00	1.16	1.75							6			- 10.		1 .		1 I L				1.00		17.0	1000	11.5	
	100	7 10 4	10.1		6 4	1771 7			1 27 11			J. P. 17. 1	10.1		110			1						+ 144	11 10			05	111		* * 2 5				***	4 11 6	5 60
				100	in June		والمراز ومد					4 100		1	* · ·	1. 5	-	•									_	v			2000			100	4		

<u>Error (%):</u>

	130		1	1	Fig			110		100	Tide a	T 6.		300				4:50		- / -	12.12	11. 18			1146	1800	14.				1.5	3.F.	1.50	112			
. 1	- 3.3	1.			7.00	9.0		. 1		4.7		7.70				100			1			· 5%		110	·	400	1112	1	. a.			, P	100			ber Sig	
4				1.1		1 334		÷		-	200			1.1		3.1			323							. 12	-	有氧		10	the Time	100	120	1			36
16.	100	500	100	an X		10.0	1			100	A. A.	3.3			20					600		ř. (*)				100	0.0			72° 3			200	de to			15
		2.34	45		1 2	Sec.			1000		1			3 .			40					2.7							1.	1.0	1,31	160	1			10	
			2.516		4	4.5	5.5					21.7	1.4		100	-	100																12. 13				
	- 7.	1.75	200					40			F 1	200	30.50							100	200		100	. 72	100		60.00	36.	25.5	Charles.	9 3. 4.	, i	27.4	•	\sim	١1	77
			W		100							2.7		¥4.	1			-	313	e di.	(a) 🔑	100	13.0	1	,		-	day		300		100		~ ".	111	1.1	10
£:	di.	7.99	100				. 3	9.30	- 2 - 7 -			ar year					100	4.30	A	150	W.	1711					100							5 .	~	-	• • •
. 1		100		1 1 4100			13 3			100			-3.5	J. 1971.		2.14	1.54							400	. 24												
14				HILL	t.					4	100		100	1.0		100	1.5							100			11					100		100	1		
Ù.	100	5 %	100	1e		O. 1.3			•	\sim	~		×.	250		4		100.2	1		17		1797	27	*;; ·	1.15	34.3					12	- 11	100	28		
			340	100	1.1		7		11		uı	100			31.0	1.11	s : a					500	Sec. of	A.	453	1.	_	10					- 1.3				
		.000		1.35		100	10		v		9(, .		100					200						. 5		7		100	olj o	7.			13.5		. , 1	-,1
	41.5				13.	24.0			14,550	411	41.51.13	95.1	100	577.0		5.0	15.	17.	4.1				1.00		Acres .		633 8	115	42 (.)	100		,		3500	. 11	1	٠,٠
٠.		355	100	1		115	1				3 7 3	100	8.5	-10				1.	1, 10 1	· .	361		€ . ÷.		- 7 - 6	3.3			-7	20.0	1.0	- 22	1800	11			- 1
-			3 1-2	1.5		13.1		9 Ja 1		٠,	144		Sagt.			12.			5 %		100		1123	20	j , 0		: 100		1	りが	•					586	: :::
0.7					1 1	200		0.0					1.	5.53	7.		1			7.	12.77	3				- 3 3	20	· 7. :	1	111			4 1 x 3				
					1.7	100						1400		1	400		J			25.75		160					_	6.50		+-9	1.11		200		_		S.,
٤,	, S.	11.	10.7	4.1	100		Set 3			3.5	1.0			1.74	70.00	201			t	right.	4:	100		100	100	100			*	200		< 1 ¹⁰					4
		- 1		46.5	4.7	100	Sec.		4.7							2.1				100	4				1 3 7	1.0		1		11.5		3 ⁷ 3	37.15		7		T
10	10			1.5		144	70.1	31.7		٠.			7/,			71.		10			15.5			1.00						25.0	. ,			3 ()	4.75	(i i	
	25.	1.11				10		17	100	1.11		1000	٠		-30		71, 12		100	1			2.75,	72.		. 1	2.1	n	7		p 108	29	1.5.		12 999	11.1	÷.,
																																			-		

9	7				. 1	١,	37		3	. 1	vij.	٠.	4			1	٠.;	()	d	á.,	3.	1	Ž.			, di		, i.e.			, in	e i			÷.,				أتوفده			بنيه	مهامتر أط	,		er. t		r
		1.698							er te			7	1	100							7	,-							أثقن	'n.,							•			100			a'.	Ű.,		•	787	ì
***	Υ,	'n.	1	1	10		4	-0	75	•	1		-	zt.	۲.,				<u>ان</u>	4			- 2				1,5		: :	1%	٠.	٠, .	٠.,			1		1.	실	1	46		- 1		peter.	A,	: 3	
i	Ŧ,				t d			1	D.	31,			2		è	H		, i i	1	Ι.									٠.		,	٠.				- :			1	1				-			_	٠
		٠.'	1		1		10		• -		10	vii.	11		A C	100	, 35	٠,			10			20	4.	_			10									. E.	Ų.	ol:	·		i i	5	F	15	1	•
ť,		•	٠.		-			1	1	10		5.			Τ.:			1		45					٠.,			1.								e j	74.		ji.					Ų	• •	~	•	
	٠,	Ţ	17			٠.		G.				10	į.	11		10			٨,	à	e	٠,	٠,	٠.				ř.	51	. 4			- 1			13	Ĩ.,	σý	14				4.5				20	٠
-	÷,			_		ş i		. 1	10			7.1	2		4	1 /	1		1							_			:						i.	٠,	4		V.	1	, ob			Δ		i i		
	÷			-	٠,٠			٠.				. '	۲.	٠,	7.	Τ.	T						1.			7			i ,										- 10	14			- 1	· •) 설	1		
										1.,										**							10											٠, ١,	., %		\\ \'	- 1	Ŋ.,			1	113	
٠,				• [1				·	٠.,			4	11				Ĺ						1	6	ं	3	2	Λ							ė,			٠.,	ď.	٩,	10						
									11	1.0		* 17.		•	-				1					7	Ų	٠.	Ų	J	v		4						7					.,				-		
				. · .		٠.				43		40	٠.			٠.	,			. 1														÷.	: :			ta)	Ú.	ij.						6.5		
						14.11			٠.,															. /	ı.	31	. "		'n. '						2	1	50	۱۲	r, P			. :					12	
				. •	•			, i.,							٠,	. 4								4	r		43								4	•	ノし	IJ			. •					-		

RED CON CONMUTACION DE PAQUETES

LONGITUD PROMEDIO DE COLAS

Promedios $(x10^{-3})$:

			 6 (4) 1 (1) 1 (1) 	the series of the first on the first of	
	Λ	Λ			8 - 27 - 12 - 380 x 0.53 2 15 11 11 11
_	4		The area of the section of the		
	7				
	The second secon		 Application for a finite probability 		
					海洲人名英格兰姓氏 计电话记录员
			型,由中央中国部门基础设施的基础。		
	A STATE OF THE STA		化化二氯化二甲基乙烯 医二甲基乙烯		0.623
Λ.		and the state of the state of	 A SALE CONTROL OF STREET AND ADMINISTRATION OF STREET ADMINISTRATION OF STREET AND ADMINIS	化基金化铁 医双氯基酚 经存货帐 电压电流	^ <i>_</i>
41	an a	and the state of t	(a) All Call Call Call Call Call Call Call	and the second second second second second	LI DZ
				ALC: U.S. T. STORY BENEVIAL TO THE	U L U L L
The second of the second of the second of the	and the control of the second of	그리 선생이 되었습니다.	的名词复数海洋医院等的 医乳管管 经		
grilling in the company of the ball of the ball of the company of	and the first of the first that the first state of		an an Maratin Sin Andrew William Prof.		
	医克里氏性小型 医皮肤 经实现的 医异苯酚 法特	and the property of the second	"你可以好"等这种是"不是"。这样"用"是不		
		机设置 医外侧侧侧 医多种性皮肤炎			
는 그 소리를 가게 되는 것 같아요? 이 불만하다 일을 받았다.	0.956	of Mark Michigan Street, Mark	网络金属属 经免债付款 医水流管 医毛线	A compared to the contract of	(2) かずみばい事 ************************************
	20 II (Yan ows):		· 熟虑性糖类的遗传的激化。	■ 0. 36 of 25 (2.5 to 1.35 to 1.	最高级的复数 二二十八十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十
(4) 54 事 1 (4) 7 (4)			· 福州 经国际股份 经基础 医多种		
	化有效 医环状菌素 医维维氏病	化环烷 化二进二烷烷 結 化放射			
 [4] A. A.	化二溴基酚 医多种性性神经性神经病		\$P\$中国联系的标准。2014年12月	医阿克斯氏 医多种性性病 化对邻甲基苯基	医乳性畸形 医外丛多种 医前足术 医抗生物
[14] A. M.		 The reference of the rest of the rest 	化连续性精神操作机 电中心设备 医氯甲酚二甲	1000年,1975年在1966年,1975年,1986年	
(大)(A)(A) (A) (A) (A) (A) (A) (A) (A) (A)	经成本经济的 医皮肤 医皮肤 化二氯化二氯化		DELCOMERCIAN PROPERTY OF THE P	新 化邻溴化物 化二甲基酚 经债务法 医血管 化邻	
	[1] [1] [1] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2	けっか かいたい 🐧 ちょうぶ		ele la la la subservició NAS Diversión (C	264. 📑 ta 🖪 (255.256.266)
ali, ali (1917), fri 📥 📝 ali Aligaggi (1917), fri	P. P. Charles and Property and Control of the Contr	ay are ya Kibala 🐧 e si ji iliki	可有特別 數學的數學。所以,一般時代	요즘 문문 🕳 경기 되었다면 하는 항상 다음	
그런 경기를 가는 그 그래요? 그렇게 하셨다면 없다.		9 participada 🔰 (1.397	44.00 数量不及5.00 A 在 2000 C	ARREST CHARLEST FROM A COLUMN	
2017年1月1日 1月1日日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本	Control of a Control of the section of the con-	and the second second second second	,我看到她的"我们"的"说话"。"我是这样的话,我	PROBATE AND SHOULD BE SET OF THE SE	the Contract of the state of
그림 시민 나는 사람들은 시간 사람들이 되었다. 그는 사람들은 사람들이 없는 것이 없는 것이 없다면 되었다.		使热热性 医性乳管节的性征病 法			
化基金分配 医二氏性内侧畸胎 化二氯甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基	· 建乳糖性质的复数 [178] [199] (199]		1、 人名西西纳维亚特人名英格兰人名 经金额	人名英阿西西克莱克 医精髓 化甲基苯基丁基	
[2016 - 1905년] [2016년] [2016년] [2016년]		C . A			。他是,不是你好好的。""你就是我
		 A finish to the second of the s	网络克拉克斯特拉克 医乳发性 医抗原毒素	N 5 C 7 C 13 C 15	
	11 F (40) 10 1 10 10 10	医生物性性病 医肠囊样 精神的现在分词	and the second reference of the second residence of the second reference of the second residence of the second	0.819	St. Surveyanaer 🕳 Aliek
	The 📟 Country of the	그 선생님 하는 사람이 📥 하셨습니다.			とからいととおり等に同様を論

Desviacion estandar $(x10^{-4})$:

٠,			1000		100		3 16		200		47.5			4.	112		Charles .	2 - 4	A	* Y. S.		7-14 9	m					- mail 11				100					
		6.4	15							ъ.			100	Sec. 15.	4 - 10	2.1 15	100	S. 1872		4 . S. W.				100		100,50	15 5		553								33.
										1				12. 25	. P					12.1		100		100			4.77	4 6%				0.00					200
			_	4.00	4 1 1 1 1 1 1 1	4.				т.			200	2 C 3	- 24		1 7 74	*	_	7.3%				-1 1	- 2 %			- /	200	A 15 15							
		2.			4.11					•	100			0.5	100	1		1	600				11.0			11.0	100			1 62	3	100	V . 14	1 2 1			
				4.1			2.0				2 12 1	· · · · ·		1.0							3.10	N. O. J.	100				40.00		55.0	100	1.3	5. July 19		1.26		40.000	\$3.54
			5.0				1000			1.00	4 4		* . ** * *	5 N	9.0			O				0.00	* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *				1.75	7			1964	. a		5 68 40		. + 31	1.5
					1.0							100		5.00				100	11.5	45.00	1.0	1000	200	100	100	1		* 1 / n. r.	1	2.74	A	1.50			200	7000	44
				. 7 *	100	+ 1		5 6	1.5%			×. * .			1 1	- (a. 1. 1)		. 4		t 1/2.		100						7 .7%		7.5 74	10.7			0			_ :
		100		1 -7 1 -						10.5		4.4.						Section 2					24.0					2000	100			****	h.t	$\boldsymbol{\alpha}$		_	_
	//	1				11.1 F				100		4-17	100					4.			22 T F	5 5 77	177	14 C 3		6.000			1.000	F						-	ш.
		P. (100		*		11.			** 1. E	100	115	4.17				1	*		2.0		Sec. 1.	5.000	1.17	100	1.0		•	116 2.5			1.00					71.5
					1.3		1. 19 %	200	1.0	7		100	100		٠.			. 110			1				Y			contract in			1. 1. P. S. S.		4	•	•		
		11.0						1 11		2. 3. 4.			100				2. 74 6.			*			1 - 1-		1.6	7 4	7.25			4				12.	41 11		
. :		A. S		A-71 - 24	. 23.4		20.00	10		100	T		1.76		C	3	v				34.	5, 17,			aris 6		374	11.11	21.83 6		9.7 5			3.2			
			300				400	A 2 - 5		1.00		1.3				0.10	2000		. 10			V						10.5	4 1 30	N. 45		S 18 .	í			1.0	1.0
11			5	.1 *	f	7							De 6.2	1133	A 11		12.0				. tr 1. 1.					1000		5 . 7 . 1	100							1.00	
	٠.	4.0			die i		1 8			•	nn	2	11111			. 1.35	n i i i			. 7		100							1. 15. 1		V 10	7		· A	e 15.	2 157	
				8			2000		- 5,						· 1					100		1.7	3 10							4000	40.0	* 1 to 1	4	7.			7600
	3.	1.	-		1.00	200	S 40	, e e e	1.71	1	22	~()	12		86 J. 1	100		2.1	_	1150		29. 1	** 1.1		1			• 0	46.23		11	100	100	-		1.2.3	
	- 1		9.00			1.2511	(n. 1844)	.1				•	1.0	5 535	de to		1 1	200		1	9		n - 30			5	7.3			50	1000					20.5	
	11.						1.1	2 7 17	100	100	1			4 200		4	100	4.72				,					10.5			101.		1000		100	7 5 5		20
		100	10 190		100	Sec. 10.									1.15	1			14.				27.	, F 24 1						en a e						200	11:00
		10.0	1.5	- 2		2000	0.13	1.75	2.84		17 344		1.00	197.7	500	100	100			7	. 37			N 1 1 1 1 1	1.0	7000				F. 11.	2000		21 11	. **. 9	2.4		4 7.5
		11.	- 25			77.14	A		1		6 10 10 0		S. 194.		9			- 00	8	_			1	Section 1			400	1111	1		10	10.7	T. 1		12.10		- 1
			· - 7	/ a * *	1.64.3	21.0	17.5	5 27 3		1.0	2.5	4.15					100	Λ.	്ന	nr	٦.		100	· ·	1.6.4	S 15			47.8	The Contract of the	1.10		4 4 4				" t.
	2.5				1.00	23.00	115. 95.0	2 140	1. 160		100		14 15	1.0	: 1,2 - 1	164.		/ :	· ×	u	4	3.7		Sec. 1				40.00	100	48.64 7	140.54				-		100
		-01	_			100	100		10.0			.* / T.		100	1.0		7 - 1	ч.	. LJ			100							1.5	3 150	1	1000	6.2 K/S	3717			100
			1.00				1.464		1.00.15						1.0	4.		•	_				1. 5. 1		4.5		100	2				1000				1 10 10	27
	100		1.17	25 725		1000	200		1.1					100				1340												1.		A. 16			100 11	1 300	
		7 /		1		100	200	10.00	15.7.6			23° %	41.50	7.7	1770				19 2	19. 19		1000	0.0	2.0		5 6	1 2 3			1000	1.5		7 .				
		75.5	0.15	-12 1		7.					3.7	4.44.		117 112		100			15.77	1.2			1.50	, =,	1 351		5.635							100	, 7	4	
						. 42			· 0 · .				7.7					_ `			200	- S. S	7.0			_		_	_	-1 500				100			
٠.			400		+ + 1	12 7:		1	age to	1,		44-51	1 64	A	A 6.		25, 27	Λ.		1.0			12.	,	1 - 1	ം	- 1.5	חו	n .			100	t direct				
		. 1 .		Section 1	A 16			212.7	10.00		_	* C	1000	10.50	10.0		1.5	/!-	Acres .			Section 1		100		9		, , ,	11	1000					-		
		1 3	_	2		A British					_	1.16		100	1.5	**		-					2.5	5 B. C		9 U		·u	2	100		1			-	100	20.0
			500					1 11/11		3 10 19			Sec. 25.	4.4	15,1	35 2			11117	-, "				4.6	1.0			-									
			200	2 20 5	* * * .	219 10		1.00	100	- 11 M		1.5	3.7%		49.00						1000	A 10	S . 15 .	35.7	100	100			4 1					Sec. 17			100

Error (%):

				16 1	100	100				1		10.00		000			141.75			11:11	100		₽'n'n,						
A O	-				, y		-	300						•	(44)						٠,		1	4,000		12.0	3.5	-	1.3
7		31300		200	1. 6	3614		40		W. W.	Carry Garage	i de		1.50	1							10,000					137		
						1					1.	100	6.) <u>(</u>				j del	1					1,15		•	4 14	^
	-	144			1.1		-		1.1			ા િ		₩ :		111		110								(a)	า :	15	ıU'
1.3		33.5					7		legi-									Vite						v					~
	17.				$M_{\rm col}$						(i)							Section		20					- 1				
	Ç.,					Λ.	്റ	17	169				+		- Ti	100				4.0		11. A	6,41	7565					
100	-					0.	O	1/		1.	25.1		1-1	•		4.		şi.V	. 49	•	•	Y.		4.5			110	•	
	-				7	A. Tree	Bary"	14,54			300	- J			4.5			¥.	Say!	i pira	110		331.			医髓	4. 14.		1
	7	13.16			150		1777	\$ G.J		OX.	Y. W						100		34	4	100	10							
, O	_	41.0				de la l	-	-0.3		71.4		٠ ٦	١	4 1/2			36.5	. De 1						11.00				-	
	100						deber			4.35			110			500				174						11	1		
				1794			: M.			1.0	100			1. 10		80				330		11			13		1. 1		die ee
		1.00	" Sec. 11	1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2			4		100	S 4 27								W.											

				1, 41			· 1.				1.1	1.75						.5 .			1						. T.					** .	100	
٠.					100 3		· 4. 4	100								1.0		4.0				4.1					7.				4 .		100	100
12.1	- *-	94	_															-	. C. 45	diam'r.						- .							_	
٠,٠,٠				-600	Property.	Section 2	co-	100		100	- 4		100	Second	والمغروان	in .			5971			a ca	a si k				i a i i s	Section 1		44.				
	٠,				1,110	100	. 11			-					4.1												1.0.000	,	,					
		11					N 12			- 0		11.0								3 . 6	n .													16.7
7.7								1.15	3 .															4.4		2.5		100	 4 			_ /		
100	4	5.0	7.7		100	11.4	a.1 %	4.5					4.1		· "					300	' A.A	100		1.1					J. 1993	100			1 1	α
Ν.,		1/2				5.4.5			1,000		_		100	4	15.1			_			100	11:12	100			-			100			١. ١	41	×
	•			2.4				- 1	100		_		17. 5	100	1.0			- 7.7	100	3.5	1 1	. 2. 2.					2.75		1			5,9	·-	·
	100				200	2.5				1.75		S. 15	1.47					1.													Sec. 1		1.00	5 44 6
								. `. '		٠.		1 44.5					1.5								1.0						- 4	1 - 11 -		432
				100	2.00							36	-						100			1.7							1.11				3.5 1	
٠,				- 1		1 .	- 7	A 1		, .	20	16.			0.0		*				-7"						1 26						1100	
			-			1.34			: (.76	M)			11.5			-		100					,	₩,			100			.	11.	
	٠.			-				- 5			~~				1.9				11.0	. i		٠,٠٠												
							1.6					157					14.7									0.5							10.0	
						11.		1.1	4.		m				· . ii .											4 G. 1				100				1. 7
			· .			. 3.4	- 1				1 2 1 1				 4 		· 64 4	~	~	30					5.2									
		٠.		- 5											1.	1.0	.15	•	- 4	ai I	. 77	4. S.	4 1						1.0		4	100	_	9.0
					41.5			1.0			~			- 7			7	<i>.</i>	U	v	13.0	7 7			1 5	-	41.	100	100				7.	
								- 1									. 1	:						通信 46		* '								
								. "									1.4	. 5.5	. 10			1.1					i.		1.15					
						1								·											_									
						í								6 4			Α.	2000		5		2.00		•)	A C	1							
			-								-						∙41	100				1 .				46								

RED CON CONMUTACION DE CIRCUITOS

CARGA DEL SISTEMA

	요하다 : #	MUN DEL 3131	<u> Lrin</u>		
<u>Promedios</u>					
	-	11.763	31.154		
	11.922		19.473	- 1	18,978
	29.957	19.599	-	9.845	26.923
			9.879		26.095
	-	18.872	28,412	25.707	7
Desviacio	on estandar:				
	•	0.278	0.555		
	0.362		0.742	-	0.533
	0.560	0.380		0.249	0.841
		.	0.277	-	0.506
		0.310	0.726	0.595	
Error (%)	<u>:</u>				
		-1.975	6.342	-	
	-0.65		1.422	47.0 -	0.925
	2.256	2.078		7.127	-1.615
			7.497	-	0.327
		0.362	3.826	-1.165	
Variacion	ı (%):				
		1.363	1,781		
	3,036	and the second	3.810		2.809
1	1.869	1,939		2,529	3,124
	-		2.804		1.939
	-	1,643	2.555	2.315	

RED CON CONMUTACION DE CIRCUITOS

PROBABILIDAD DE BLOQUEO

	m				. 1			
1	u	ro	m	\sim	~	• ^	~	
	•	1.1	HIII	-	"	11	•	-

Promedios:					
		7.461	8,186		
	8.324		9.157		7.527
	9.020	9.725		11.153	7.947
			9.202		7.070
	-	8.127	7.731	7.476	
Desviaciones	<u>s estandar</u>	<u>.</u>			
	i.	0.716	0.731	-	
	1.059		1.484		1.139
	1.008	0.809		1.384	1.542
			1.216		1.185
		0.689	0.918	1.180	
Error (%):					
		-1.112	-4.134	-	
	-2.904	-	2.359	•	-7.360
	5.633	0.779		24,267	-9.405
		•	2.529		÷14;313
		0,025	-11,867	-9,393	
Variacion (%).;				
		9.597	8,930		
	12,722		16,206		15.132
	11.175	8,319		12,409	19.404
			13,215		16.761

11.874

15,784

RED CON CONMUTACION DE CIRCUITOS

PROBABILIDAD DE BLOQUEO CALCULADA

Promedios:

		J. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.		- Table	11.0			14.3	200	200				100				100				70.00			1.0				
				41 W		· 7	.91	ייו				- 1	1	4	$^{\circ}$	10.00	٠.			100		100	250		医水杨醇	311			it
		-			- 1		- 49	1 3		100		· 1	- 1 -	ω	400		1.5	7.5		-		1.00		1.67	1000		-		
					e de la compania			L U.		Company of		-	-		~	41.4	0 - 125			10.00	0.4	·	19.00		1.0		S 71 .		
100				41	100	2		17.00	100	5 N			10.00	12.	1000	1000	40000	. O . O . O .		. * .			200		Sec. 1	71.77	100		
100			100						Sections					130		12.1	47.1					5.8%	100		1.0	1.50		476	×
										1. 14. 1	\$1. T. T.				200	1.69		100	1.50				200	·	100	11	ا ناست		1
100	വ	36	1	4.10		1.7	1.0	4. 60	11 6 6 6			- 0	⊢ E	6	13.00	17.97	2 (3)	2 " "	100		1887	1.1				8.		ገር	: 5
	Λ.	.50	1			1	· •	13.15	73700		100	- 4		าก	350.7			100	660	: ••		2.157		100		Α.	ារ	כינו	12
	\sim		-			4 65 4	- 12	J ".		5 t				<i>,</i>	•	西美国	4.00			10.0	177		1.0		13.78		•	~~	27
							de la la	100		10.00	V. A				7. S.	27 14		Fig. 7.	100		Sec. Sec.			1.5		-10	1	Pr.22	4
	100				100		1. 1. 1. 2.			1,000		3.54		1.5	100		114 114			. 200		47.	5.104	10.13	1.5	1000	1 *		2
	-		_						462.4	489	100		: 1. 127								1 -		1111		(K., 1977)				
1	റ	56	n			. n	.80	า 7 :	11.11.2								a. 200	91 Y	1:		วก	1 4			100	8.	. T. 73		ď.
100	٠٧.	. nn	7			7	- 01	11	100		روفا فالعراة		. •	•		S Africa			9	2.1	מיני	1.0		3.7		n .	0 10		
	~ .		♥.		. 5			•	3000	e dite			Sec. 198	2.0			42.77				~~	-				~,	-		۲.
	4.7				,	7.5	100		1116	7	1.76							100	2 74 1	18:14	10.29	27.5	A 6 7	1. 1. 1. 1.		100	5.5	13 15	20
	100					1.0		11.00			3.40	7.2.5	45. 8	11		JE 200	1.5	6.20	a 700	1 50	75.25.26		i carre		73.9			1.5	. %
100						1000	1.0			100				-			18. 117.	44.5	1.00		1.1	1.			1,000	41			10
		and the second				<i></i>		24.5				· 1	-1 bi	5) N	1000	100	1000	11	× 19 (43.77	142 3	4 100	8.	νЛΙ	т.	
		_					-	11,000		a 955		. 1	11/4		- 4	7771	46 M	A 180	2.9	ુ 🕶 '					1	ന :	41		÷.
	100						A 6 4	110132	100	4.5						823.5	1				4.6		1000		(i)	~ .			14
200						31.73	100	100		3 . 5		- 1	1988 2						0 10 7	A16.5		1133	4			20	1.		13
	9 1 1	4 . 1		40.00	1.1	er e list		1777		10.3	100				1., 1		N. 599 C	4							- 1		4.7		Œ
	150				100	_			10 10 21				•	-		100	3.		-	-	~~	11.75			91.50	100 M		1.340	į.
. * *	100			100	14.75			12:		5.1	1		H	- h	10		1.01		0.7	Sec	いソ		h			1000	//C2/3		'n.
11.5						ം വ	.27	<i>i</i> .			100	- 1	U.	5.	ıΩ		3.11	1.00	. /	F 1.	82		0.0			. 17	5 - 2		Ů.
. 25		1			100			17.07	are the r	1000	78.50					100		. 115				-	34	100	3196	17.0			A.

<u>Desviacion estandar:</u>

											77									9																	
-9-1					100	+ 5			11.		CX				100			10 15				n for	5 6 8			100		1 500	100		for a new	7 5 6 5	1.0		11.15		F
1.40				** .			13.			10.0	97. 3	C + 124	4 - 1	- 7:57	1.125	1.00	*, . ,	200		17.7	4	11.7		CONTRACTOR		11.0			130	200		11				- 2	
4.1	8.7.7				447 .		1,000	2 1		1.71				- 1		A	A 4 3													2	100	1.0			7 7 1 1 1		
		7.	1 -		2.1		***				Tu 1 1			11.0			77.7			2.0	40	100									114 114			7/ 1/2		.,	
. 1.1	- 1								100	, · · · ·	119 140							-		- :	-					500		145			112		1 6 6	-4		_	•
· .	7 ./		6		- * * : *							7		Distance.	11.72			7 :		-			1 2 3000		7.0				400				110		. 1	• • •	3.
. **	100													4.1	3.40						,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,															/	٠.
100	E .			1	1.15		** C	A 1.7	(M)		■ .	1 1 v	1.42				0.275				•	J. 65 . 1	Se 11 1	7 "								A			. 1	£- 's.	Э.
	-	, .	•	•		· .		100	91.00		2000	24.27	4.					•	• •	1			114.50				100	2 4 . 3		100	100	5. "		_	• •		•
11.00		41 11			200	2.54				100				100	*** *			S		132.77	B . C.	1 5 5	100		100			1.7	21.5	4 1 1	一天统治		200				
		1.00		1.0						1.0					14 1 7			4000	****			100	1.47.5	. 5					200		0.5				200		
			71.13	100	1. th	9 .	4.7	1.			10.00	57.7	Sec. 35.		· .				. F 1. 2				100			10.0	2000		-	S. 2	- 2 t	1. 2. 1.		100			
		12.5	7			6				11.0	82	2 _ 42					3.77			.5 "			280.0	P 2 1 1	* * 9		6.62.	94	7.1.4.	11.13.1			- 4		. 3		
	_								_		~~	_			100	12.00	100					2.0				. ^		- A	P 7.	A 2 8				. 4	•	~ .	4 "
				7 "		41. 12				27 1						4.7	25.		75.00	1				. S E .	Maria a			1 //	_								Į.
100				10			1116	14.			~/	_			* 4.3.		3 1 3				200		150	100	47.4			74	71"		7					· 7 6	
	.									• 1			医甲烷二	1.60	1. 14.2	4 .	2.54	1.00			17.7					•		<i>-</i> - 5	•		100			-			•
	—∵			1, 15	. 1	35.00	200		·		•			7.7.2		12. 1					2018				1000				N. A.			2000					
	- No -	1.5	900		* 1.			1000		100			100	4000	97.15		Acres !	2.4	100		D			4:12				10 è 1	12. 3	4-1					* 5 °		
			A	> 0		15 1 2				Sec. 25.	4		· •		10.00	40.00				description of					15 11.						116						
7 25	50.0	1.1		S	*							100		N 2 4 5	A \$7.00 "		i						Sec. 7.5			Sugar	44	1			200						
	100	0.35	1, 55			A		1.7						1. 1. 1.		34. 34				4	_	17 V.	5 527				6				e :		200	-	. 8		• '
	10.10				- T		100		- 7		4	500	1.		1000			п.			n.	1.4.1			77. 7			Sec. 19 19	A 10			7	7.1	n	n	71	-
200			. 1 - 2	11.				5 1 1	4.5		-			100	200			. 1 2	~ I I	171 :		100000			100	100			100	1.14	0.00		0.7		` ?≺	- 4	١.
-252	F	1.7				1.1		1 2000		40,000	-		40.70		100	- 12 E		1 4 3				200 36	1 35											1.	. ()	. 11	
		61		1100				37.11	10.25	1.1	2119 0	41.5			100	V 1 1			, .	4.1	•		2.0				. 171,3							•		~ ,	•
100					100	4.47					4 6	しっさける				3.7	100	S 1.		1 5		100					1. 1.7		1000								
	100,000	* * * * * *				Sec. 25		11.00	7 1	100						100	20,16		3.54	454 411				2.0	data.			1.20	14	4-60					100		
10.00		115.4	40.0	0.133			33.		1000			7. 10.			1 1			100									1.1.		100					- 1	5		
200	1.		1.00	1.	• •			Oc. 24	200	20.00		0.00			- 44.70	1000			11.0	1150		1.0	200			1.5			2	1.1.1.7			4.0				
	7.5	10.0			1.5.5					7	5/	~			4.55					Ω	■ 33 ·		47 e.C	4-11	A 15	•		à٨	^		1765				100	4	
			10000		12 0.6			1 11		- 51					1	11/2			0.1		A 22			7 F .	9			1 /1								1.5	- 6

Error (%):

7.699 34.442 -2.473 - 6.875 -/ 4.677 12.062 9.624 - 26.919 -7.661 - 28.401 - 1.818 - 1.822 19.916 -5.684 -	900	0.53		2.52				10.00	S 193		7					1.0	50.00	1.000		7.1	100	1.0		1600 6		100				700	2.8			41.	7.	
-2.473 - 6.875 -/ 4.677 12.062 9.624 - 26.919 -7.661 - - 28.401 - 1.818			1		40	41 10	1.0	Y	1.1	Vi			^	10 to 10.		1					~ *	i	45.6	44.33	market.			101	200	A.P. C. L.			are or to	ar in		
-2.473 - 6.875 -/ 4.677 12.062 9.624 - 26.919 -7.661 - - 28.401 - 1.818	7.1.7	11 20		in the San	43.5		10.00	10 i i i i	1	- 7	97.6	. ()	(1)	30.00	200	3.5	3.4		- 1	. /ł'				**		27						at prince		1000	Sec. 14.	
-2.473 - 6.875 -/ 4.677 12.062 9.624 - 26.919 -7.661 - - 28.401 - 1.818	•		:		2.30		13			~ /	: 'T	13	7			7	- 1	14	. 4	. 4	C ::		43.						- 6		100	77.55	A 100	•	-	
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818		1	Sec.		100	14 1 1		510	2 / 20			•		1.77		100			11.7	10. 11.					100	P3 (10 1)	2.555		A		Sec. 1. 5		1.1 4 4	1 .5	S 10 12	- 5
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818		4: 7-1		1. 12.				250	5. 3.23	Sec. 1							- 11	3.0		3.7		111		21600						10.0				100	100	•
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818	Sec. 25	0.00	14-1		1000	200	312.5	110	4-1	100									7.50	-3 :	4.00	24. 72.				The second		. 21.		13.00	4116		41.	100	15 183	4.3
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818		o PC		1	1.42	2.17	100		16 25	100		100	1000	100	100		10 a				900					9.00		Sec.		11.00	77.5		4	:	_	40
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818	V 10.		3	ം -	7.0				1.3.2		1.00	1				1.	- T	4.5	דח	7 E	1.45	2 400	20.10		13				3.7.3				L	: 7	7	
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818	2.5.2	/		и.	/ · ĸ		Sec. 5		100		-			32.	07			1.0	~ /				200		100			41.						1/	•	20
12.062 9.624 - 26.919 -7.661 28.401 - 1.818				- T 1	\sim	200	1 77	2475						200					v	: U		11.	200			S		2018	3.16	1997	100			, e.,	10.	
- 28.401 - 1.818		N. 15	93 B		695 P		100		4	6-1			خرا بالغو	1200				100	100	1.	U.S.	18. 1			6 3 6						*/* y	/	100	6.12		6
- 28.401 - 1.818		1			Shilto	1.0	100	1000		1.20						100			25.0		10			200		135	1	4 4.7.			5.050	 1 (2) 			121 111	٠.
- 28.401 - 1.818	120		1	11.13		2		1,005		7 To 16				11.00					1.1		1		1.5%	200	1.00	100	: E		5:3:5					12		
- 28.401 - 1.818	100	41	•	^ ^ /	~ ^		2103	Sir Se			~ ~	١.			1 77, 1		100	J. 1		4. 5	3		10.		. ^	_	· ^ ·	1 1			1		· •	C	<i>c</i> 1	
- 28.401 - 1.818	18 A	1.4	/	"(L#	١ ٧.				300	- 1 K - 1	n	<i>/</i> / _	M.		4 4	604	100		_			A	71			n	· ч	14			4 . 7		. /~	n	n i	
- 28.401 - 1.818	111	T		·V	<i>J</i> 6.	- 18		Sec. 14.		7 .	U٤	- 7	O.7.	315: 5					100	1.16%			7.60		- 6-	•	· •	4, -	100	9.76.9			., .	, •	~ ~	•
	- 22		22.	15 64	31.25	1.0	100		40.00		Vis. 1		-	****				u 173	1. 1.3	2123	1335	10.11		1500	Sec. 35.4	A. Ash		100		1000				9.3	. "	
	- A														20. 4		1. 1	李文文語		1000	25.5		1.79	1.7			100			18.00		100	1.1			35
		2.15				1.50	15.74	11.7	350		7.1	554	4			100	-	4.00		100			344				1. 72									
				100		· · · · ·	er o th	activiti	7.5				de la la			90		~	N. 1	-	4	100		177 23	1.			100		A. 18.	6140	24 C		11	\sim	÷
	35. 4	7.7	1792	10000	1.4.		1000						v	200				יצי	2 I	11)	74.	41.64			re to	4.14			35. 2					∢ ≀ ∶	×	
				11.0			30.4	0.00	N 334	1 20	-					- 16.	L	. U		tu.				1.		22.5			0.00				(31.	.	ď
1 922 10 016 _5 694 _		2 5	4.5	11/14	101	1.1					116	7.2.	1. 150	170		. 1					7.				100			M. W.		100		. : : e-T		7 7	7.0	
1 022 10 016 5 694 -	- 7	13/40	100		. Ji	1.0				0 f fr	in the first				90.3			- Carrier 13	-		550h			/ D	100			1.2	34 N	100	100		1 5	5 340	. Obs. t	٧.
1 022		. / 7	7	Jane		74.0			3.14	200		100	4.	4.7					1.1	* 12 m		A		4 1 1 1				1.5	e 1 e 1 1 1 1	100		M		200	18 11	
这种心理是我们的对象,我们就没有这个 是为 为人的人的,我们就是一个人的人的人的人的人,我们就是一个人的人的人,这个人的人,这个人的人。	141	:	·	200	1.7		100	1.00		• 6		• ^	1.00			S 1 - 2 - 2		_						44.5		-	_	~ *	74.1		100					
	1.11	40.0	128	1	3 6	1.2				1000	·U'	,,,				***		u	. L	17.		000				h	h	u /\	30.10			Y 20	100			
			-	• / /							n/		1.132			100	1.5			3 .L	O:		100	400	· -		U	O٠	1477	1.				7	400	٠.

	9.832	7 005	
	9.832	7.805	
12.690		16.881	- 13.204
9.165	8.382	- 8.	.296 16.469
		0.004	0.001
		9.094	9,951
	7,796	13.158	2.105 -

CARGA DEL SISTEMA (CIRCUITOS)

Promedios:

- 12.251	30.399	
11.826	19.231 -	19.49 1
29.328 18.822 —	9.24	8 27.175
호텔 등 설립 - 발생 수입 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -	9.472 -	26.661
- 19.147	28.999 26.2	53

Desviacion estandar:

			100	150			$^{\circ}$	93	71	Ma, 45	4.4	Λ.	12	\circ	19 4 6	7.0	4	4.0	100		44/4/30	
, i		4 3.1			46 (2)		: U	. J.	31			U.	421	U		100		-	A		34.000	.=
		60.0		20.14		3400	e. e.		0; a		200		45,50	٠		100		1)	40.5		San i	D 44 (57)
	hija		260	÷.	#####			200	at digitary for	1 2		30.00			100	100			1 6 4			
	2.11	n '	789)				2.5	1.7	14 16 14	e 201	വ	65	7		100			1000		ി	632
93	34.	$oldsymbol{ u}_{oldsymbol{\circ}}$	/ () :	1.15				100				୍ ୯ (, 03.		1000	ta di l	7. 3	7 100		file of their	∵ •	001
90						30,000	1.0									1 1 1	s. 195	14.0				
		A	^^	100	O. Salah		. ^	^	પદુર્વેટ્ડ		3000				100		^	101	أحفر أيفلأ		Λ.	257
84		U . I	301		1.1		··U	. 2		i i i	era i i i i	4.1	. •	*:			U.	401	1367		· U.	357
	(Street) (S Lance (C	300				100	111	2.0		M. Oak	(12 h				21975		17.0		444.5			
				1.0	17.7	1		•	1													
W		\$						2 2			7	ഹ	. 32	Q	1	1117	100	-			. n	205
		116.0	53°5								7 m. m		ا عال ا	U	that is	1.0	artinett.	4.00				200
i i		11.												4			100			W. W. 18		
					772			P .	A A	41.		^	100	_	taliki:		^	-00	J. 500	100		
	Single	Sign to			G 1		: I I	: h	24			~ (J.	.66	b i	100	11.11	U.	520]	5 M S		-
1 1		100	1.0			2 1				n fariation	2.47			~	100	4 4 7 7 4				100		

Error (%):

3		4										. 11.	100	100	100	1.00	1.	100	tier e		1.00	
		をは					2.0	102		10		.76	F	· - 1.	: 1 T							Same.
	1270			140	7. 7.00			176			. رين ا	. / U	J		1.	4.		1.45				
		A 12)	100					1		100						4.00	1.		di ber	\$41 miles	200	
				14.0	1.5	5 (b) (a)	10.12		3-177	78.	· · · · ·		4			100	14 7	1911		\$100 E	100	- ^ `
	- 1	. 4	50			3.4	•	10.27			- ()	.16	L	. 2.0			-		1 (2)		3.6	აა
	ា		••		特別	1375	45.5		4				7.			. 15 %				1.00	,	
	1			100				7 50	A 3 5 5	A.S.										1		_ 1"-
	ስ -	10	۵.		1,00	6	-1.	06	٥ -		200					- N	· 61	1	The second		-0.6	594
	U .	TO	フ		v. / /		<u>, , , , , , , , , , , , , , , , , , , </u>	JU)	. 47 1	249.7	-			5. 4	· U		J T .	-	1.7	-0.1	777
٠,	8 () S		I. M.A	die.		3.47		100					1.5			كارزار	•		學者務定	tropic contracts		
						frid'	الكامر		1.1		•	00	Λ .		4		1.8478			7.70	2 5	10
1.5		•	Marie.	. 7	4.19	13.70					್ರು	.06	9		1. 3	r, sia					2.50	JO
		. 11				4.00		100								9.8			(16.5)			
$M_{\rm c}$		100		17.					14.5	. 11.11					5.4	_		Trans.		4	· .	
	2.42			trans.			1.8	2フハ	-1555	410000	ร	. 97	1	. 1	3.00	ิก	.9	₹Δ₿	38 M		-	* .
	30000	-	100	1				<i>)</i> (_ "T				, ,						J-T	1 2 h 1 h			

and the second s	2.702	1.382		
6.672	The second secon	-3.385		3.243
2.731	1.063		4.336	1.314
_		3.463		0.769
- 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1	2.737	2,297	1.981	i

PROBABILIDAD DE BLOQUEO (CIRCUITOS)

Promedios:

	9.604	6.994	
7.	.786 -	8.495	- 8.711
7.	.911 7.901		9.163 8.226
	-	8.353	8.051
	- 8.830	8.880	9.099 -

Desviacion estandar:

	* .	10.40	100	11.00	100				1250	V* 14.2		200	A 400				4,2-04,			1.5		1 4 . 2	21 10						100			2.70	٥.
	100		America 17		4.9. 10	13.		0.	_	~	A		9.13	er 30		4	4 "	0		100	4		2. 1. 14			200				100	2.5	m je.	
				1.0				11	്വ	u	4.4	1.0	100		1000	1	. I F		100		ča neri.	1 197	100					- 12.				100	- 1
11		. 33						u.		21		100	5.3	2000		4		"	- 22	المراؤون	-	1-11-1	(** **	-		100		4 1 1 1 1	1927	130			
: . ·			12 9 6 -				44.				1000	7.5								Sec. 23		10.00					· · · · · ·		1 4 1 4		400 30	42.1	
ú.	4.79			7	1177	5. 54 ;		100	1.026		J. 17.	100	4.1	2013		5	1000				e e e e e e		5 .55	. Jan. 3	31 65		- 14			100	V 1 7 37	200	
	19,500		4.5	100				() () ()	7.5	100	1.0			10 La	91		200	· .	7 1 1 1		100		115.7	11/20	100	Same	die	· 10 9	1906	5 * 1 *	74.10		
	^		549			1	200	4.78	731.3	使伤门	7.7	- 11	5.			•	C 1	9	1		1. * *		4 T.S				0.33		4.75	. 1 .	5.	~ ~	
40	~	7 % P	14		100			100	_						100		n	ч				. 77.4		، نے	35 16 1		300				. h	< 1.	
4"	-		<i>7</i> .T.	1.75			·				distribution.	e in the	Miss.			⊥ •.	v			- 10° 10°	14 75	1.00	4 1.72								. • •	<i>.</i>	
5	· L.L.				T 6 1.2				V	301		5.00	*				العواك	 5. —if 			. 6		-71	100			314		****	10.00			
14.		1. 1. 1. 1. 1. 1.	GYON			10.0	15.7		4.35		Page 1.			100	1.0	· · · · ·	1.0		****				100	100	200 0	1.00	200						
100		6. 7					100		100		4. 7.65 5			419.74			1,000								_ 1	18 24	أو الأرازال	7.3:.	100		7-7-	111	40
	•	200	\mathbf{r}	100				^	-7	2	~	8 m	100	100			4.	- 77	57 . 17		100	100	4	.7 <i>I</i>	1 Л			1 7.		\mathbf{n}	7 (\neg	٠,
٠.	- 1		380	4.17.			12.5		: I.	4	40.00	200	110		40.		-		2 · **	. " i			1.	- 1 6	111	11.4	37.7			11.	. 78	43	
				4	100		. N.	0.		J.,	1	N. 344		a in		,			- 4					74 J	\mathbf{r}	No. 1	100	will a	1.00	· •	,,,,	JU	
31	0.56		Shirt .			100	. 4 8	1123.				100	100		10.77		200	100	500	200	41 M	10.00				1.41		100		s (1)	1 400		
		11.				34 3 36	14.77	0.7					W 1		100					100	1	1.7	- 15		100					*	7" "	44.5	-
110					200		110	14 A.			V. 1		() 1 T =	vita 1.	100	_ ' ' '		'					. 114.6	100			100	6.00	100	4.2			
			S						7 ES),	1			100			1	IΓΓ) T		1.0		100		1000	12.4	410				n	ാദ	7 (7)	
20	. 30	** •			3.7			1	. =	0.5			à Gr	4 m		1	7	25											11.0	11.	. 3!	כנ	
28						431.77	100		1.3	1.00		13.20			"	••	~ .			4 To 10			65.00	10.1	C 4 . 4		1000		100	~ ,	. ~ .		
		300	.0.4			- 40 (A)	1.73			700 t.	116.5		64 B		200						1 43	200	100	-57		15.75			a 1 ()	100		7	
		1.95%					1000	100	1				100				5.0						· 'Y	in di		200			4 6 4 7	•		. 6	
20			55.75	20.00					_				177								2.1	1. 1.	- A				200	100	1000000		21 P.	345	
Š.			類為					1	7	O'	2	45.	. 7			1	71 1	10	100		. 7.		1.	n	1				augusti Takin				

Error (%):

199	12.76		1	100	4.4		1	1.19					11	0.00	100	电多斯力				_			4		,	1000			100	51.10		, i				3.500	45
1			18 1 4 4		50.00	100	9.9	7	12		α	"	.74.0		9 196		-	76	ъ.	\boldsymbol{n}	יח	•		- 1					N 12			1.12	100	46. 44.		100	- 4
	法存款	_	- 17				1.5			7.5	11/	יחי	40.5				-	1 >	•	1)	ч.	4		100	100	1	-					10.00				100	
			200								v	- 0.	100 100	21	5 10 100	1.00	т,				<i></i>	,						4.1		74	1	1 - 25	S		A 10		
			1.12	1 , 1			4.5	1000		·	J			7		100	4.1			٠				, i' a	. 1	10.00	1000	· ".						1600			
V-35	100	200		• 1	1000	11.	9.		4 ****	200			1.4					100	· . ·	5.5				1.				100	100	40	or the second						
:	医直肠管				100	- 11				-0.12				7.100			-30° J	A							100	1.5		· 14 1/13	140								
1 .	2.3	21.74	1000		٠.,	***** **	27 44		137	11.	1.1				1.11	Sec. 2	9.0			5 2		4.00			· .			医生物性								40.0	
		•	. 3	ററ				5 V.	50.00								100	_ /	റ		٦.		1.0			44,50					1. 1.	/ i.	7	்ர	7	3	
	_ `		: D	XI I	11.75	9.7			. 1 h		Section .	10.0	100		100	- 1	_	_	ા	1.1					4	10.00	-			1 10	50.0		· /:	. 2		•	
	┈.	,		80	10.0	A 11			1,100				100					5.		т.					· *			11.		89 B.	11.		110		-		3
				Z		5 - N - 1	100		16:1: 6		200	11 1		ارافرو والأر	71		100				7 7		4.7			. "	6					* v/4		70.0		100	
		10,000	. 17	The said	17.7	2.4				1							1.154		1.6							** ·		3 J 🕡		13000	4 94			1.16	4 7 7 1	1. 2.427	
1.4 (1)		11		9 13	40		1.5	1.0	1. 617.1		Section 2	20.00	1 1					41.0		١ ٠,				6			11.	11.40			100	W. C.	10.00			3.95	
					110		4.00			-						- 15	18				100			4. 5.5.	1111		~ *				1 1 2 2 3	in the		•	~ /		
		7	. 7	\Box Λ	100	11.0			- 7	т.		- 0	ъ.	9.4		377	1.3		* 7 %	1.7		* **				,	111	1 =	11/11/2						.,,,	JK	i -
	-		- 5	54					-1		. · ·	תו				*	4.0		-				100	100)	٠,,	3:1			23.7			6.	7.1	્ય	
700		<i>-</i>	•	V 1				1.50	🖛		• •	,,,	-		100	12. 1	12.5	100	. ** * *	100		٠,	. 33			• • •	V-			100			1111	•	-		٨,
1.12	100			11.5		. 14	- 1				Section 1	14 35			ورثرة	2	. "	1.1			1.5		100		1.00		100		a the co					100	5 : s 12	100	
		5.3		-10				4000	200	100	100		· · · · ·		11 4 7 3	100								2000		* 5 %	. 1 1 3	7.			1. 117		S 6		1.0		9.3
	4 1 1	i 9								n : .		10. QC	4.7	15.11	1111		11 96			aris is						 4 	100	17	100			100	1.5	- 616 4		-30.0	
								. 12		100							1.0	~	•	•	•			11.00	100	7 T. S.		31 - 75 6	11.	are to	10.0		40.00	_		` ''	
1								6. 1.					Sec. 15	C . 1 . 2		1.5	V 1	6.			11					113	1 1 72			400		100		2.	/I :	<i>/</i> /\	
			•						7				33.5	6. 5. 5	H / 1	* 1.1	_				L J (100	1 5 1		666 §	T. 1. F	200	A 10		200	_				٠,
			100						2		Section .	5 / 5 / 5 / 5				100	i '	~ (•	•	•	1	40.00		Sec. 10.	. 31.2	W	of the Co	3.50			100	50.00	~ *			
•	٠.		100				1.50		100	200	1 1				1.0		4.3		75. T	٠.,		•				1.0		Section 2		14. 0	1000			m		100	
					- 5					. 75 .	200 5 7			100	to the said					11. 1		1000	100	100	17.75				Sec.		3.1	1, 12 %			10 75		
	2.7		111						14.5	245	0.1	100					4.37							. 1	1		111.		100	100		2.37		医甲酚二甲		·	
									^	_			1 11		100	5 65 5	- 4		30			* .	٠.	1000	100	. ^	15.0	\ -	^			14.5		e		5.4.5	11
								10.0	8.	'n	: /		100		4 5		1								10	11	11.0	7	×	10.00		1 in 11					
									11.			100	27 6		47.45	- 11		_ /			5										4 . 2	ALC: NO		4 / 1			

—	14.519	15,878	11,221	4
		18,257		4.409
13.753	10.113		19,033	9.519
32,738		19,058		17.575
	10.308	16.443		
		The second secon	the second of th	

PROBABILIDAD DE BLOQUEO CALCULADA

Promedios:

				17 70	177	100	C 70	10.0	3.13	900	47	123.5	100					- 3	14 -		66.0	4. 9.			24100	Sign .	in the	100		1000	1.0	
				11 1		20.00).;	γ	2					1 ^	١.	26	· ^		4	法总法			71.51						100		
		-		. 111				1 .	3/	11	1.00		20.0		11	l	/r	1/			3.14		. 50	~ ∴		4.5	3 III e	900	1		- :	
		100				100	A	•		~		1500	V 20.	200		•		-		. 2.5	12.0	- 147		1,740					100	4.13		
				1.72		Na is	12.0	11 in the	有效的		1,00				4.		100		3.48			ď., .,	100					1967	1			
		1.50		S. 31	1.5			S 14.7		33.3			急,我	41 × 1.	<u>.</u>	همد تو		14.0				1 1 1 1	71.		1		3. 10			15.00	4 1	
	0	10	7			16.6	Sec.	113,5	1 (10)	21		100	100	100	Λ.	^	1 1	P 3						1		1. 368			. 1	n .	こつ	М
	Ж.	18	7 :	100				F	- "	300			0.00	te de l	7 .	ŧJ.	44			3.00		. (),		-	100	23.5		250		7.	59	14
	Ο,			机设定性	. 3.5	200	1	1 4 1	1-1:27			11 200	12		- •	~	1.1		1.1	1.12		300	-1.01			150	ario		100			
			7.3	5.5	26	V.M.	9.11	14.14		*	900		11.1			ar i	(2),0	177	11.0		. 0	48.C					\$1.0	3.1				
		4 10 15	5.0	100	(200	C 1 4 5		- 100			1.5	83.0	100					4	- A - 3				333	135.5	- 27	11.	ΔTT	12116	12.			
11.5	·O ·	61		17.0			ani C	3.	16	E		416.75		-205		-1,5		2.1	44.1			ិ	1	つ1	4		Tree.		3,13	0	47	ワ
10	ο.	OT	. O		ATOM:		. () .	ΤO	J		200	0.	0 K.		•	110	19:13	100		- 7	, .	7	C T	4		2.57	1, 150	`.A.	ο.	41	4
133			~ ·		0.00	:	5 15	80.0		T.	577	15.5	S 8	3 F 4 1	3.1	100		A			100		71.0	5 / T	U.S.	7. 0.	w. 0		45	T		
16	3000	1000					1. 1.		7.	100	1292	200	1.5	V (1)	4			17	dia.		4.3					100	-31				· 5 * 1	
100	11		1. 7	1, 41		新文學			W.	100	100			1.3.4				_	34			0.1		1.0				e in	13.67	~ ``	~ ~	
		144	25. A.	20 A 4	Jan.		3			100				300	и		01	∵ર.				4.1	فرشل				Tallet.			u ·	33	ш
10		-	orași.	- 71		, i 46	1.00		T		500V		19 (4)	1.	エィ		$^{\prime}$. •	1.19			7	0.5	400		9516	35			∕•	Ų	ידי
			15-16		1111		1.5		50,0	19.50					GO:	10	100	3.3		100			1	100	200	110	er. 50			11, 10,		
Υ,	J. 19	100			100	1.5		100		11.7			1.11		195	7	- 7	1.5	1				7.		110		30	المزوات			100	1.77
			ş		100	460		•	^-	P		10 - 1	165	7.7	4 4	100	r -	м	100		100		1.7	~~	4.	8. Car			1.5	- 21	100	
2.3	1.5		200	2.0	100	4.75		(C)	หห	6		100	1100	6.73			51	ш.	9.47		17.7	27, 18	< ∵	hh	1		10.00	W 35.	والمراجون	11.	₩.	201
			100	to the second		Cr. 11. 14				•		C. C. C.					·			2. 2 6.		200				15.117						- 1.h-

Desviacion estandar:

									240	111-12-11	12.						3.50	31000	A 11		9 10					A(Alte)	3	100
		_			4.0	- 11	. 9	hh.	1.5		12.114	[1.6	hhr	.	1									44	-		
		_						UU:				, ,	' • ·	,,,	J:00		100	1.120	127	77.19		100		100				М,
			- 1		41.00	Marie 1				ASSET GA	25 D.								1.3%					11.5	10.	Sec.		
						7.	19. Oct.						11.0	100	100		14	100		19.5								
	_		_ `			100	4000	7440	المراوا أواله				\$				40.00	13.7	99.75			17.		100				٠.
	7	10	. ·	100		100		4.1			eria.	. 7	0.00	76		23.0			3,850	- Name	Francisco		O 19	S. 18 11 11	- 7		ייי	
	L .	.183			3000		-	-30.0		11300			ે 3) / i) "	1.61				-		10.00		4		. 3	·	L
	_ ,		_		4 1 1		Section .		6.5			100					100				2004			Y	100	•	13.7	٠.
		4 4 4 4 4					000	10.00	1 to 1 to 1 to 1		er Gerja		.e. 1		1.1				1. 10.	100	, i 11 a		4.5		100	3 23		40
					300		12.00	4 . 1											1:4	92 P.			H12 - 20		1000			<u>.</u> .
1	7	. 19.	•	1.00	Arrive.	\sim	. 4	1 /				12.0	1.0		. 11	· 1.4		S 10 1	1.	AD.	0		1.54		െ	. 5	CL	Ζ.
		19.	4	A Plan			- 4	111	7.0	37.00		9.9			1. 1.		2.2	12 15	1	4.1	ਨ .				- 11		n	
	-	120	•	100	11114			70		17.	100	100	. 1.1.			- p - 53	100	4	- •		•		76.16			• •		
				100	1.0	100	3.50		6		Same?		100	40		3.7		1. 15.5		4.5	100 A		250	AL	100		1000	d.
	2.7.24				. 2 . 3			1.5	13.74	71.5.3			13. 4	13.1		2 m	3 21 3	و بدورون	100		N					100		200
1.5	46.00		8 to 1 to 2	1 4 5.	400	100		800 B		50 P		- 1	. 4	^r	•			A	15. 竹	151		4,50			\sim		111	•
		_		1.00		4		185.50	しきごう	Contract to the second	2.7	0.334	. 1	ч۰	١.	5 3 2 5				- C		4 11 1			- []	. 3	ur	١.
14	. 7 50	_		1 12		11.7	100	600							/ G.				5			100			····	• •	' T S	•
1, 1		Add to	Po 63.							1123 3	120			100	4.1	note in	100	100			1		A 76 1					113
	1.34			S # 32		1.3								1.0	1							466		0.547				1.0
,	100	The same		歌り巻					4 in 1997						•	DAL S	1.00	4. 强。	^	~~	4 32						71 (6)	
		1.1.1.1.1.1	51		100 100	\$1.5mm	2011	OT:		100		100	1.5	71 1-		11 1 12	2.0	100	9.5	Yh'	1 2 3 3	- 17	11.00			_		41
141	Sign of	•		100	11 2 2	1	.0	OT:					. 1	٠т.	,	A 19 15			0.	UU.	1		10.00	dist.				20.

Error (%):

	1000	200			100	10.000, 1000, 1				1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	A3	Carlotte Contraction	[*于1]茅护。	1 19 19 19							A. 300 S	1	2 100		
		1.5		girlight sin			.74	1 A	1	31.	~ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0.1	70				. 100	100	1. 1.		Section 1		1.5		
100	1			1. 4 4 4 7			· / /	LX				26.1	: / X				_	100	200				· ·	200	٠.
		-		 10. 	. 1110	- U		ru .	3.7	1, 10	- 4	O . T	10	100	100	1					128.0			4 4	40
		. 100 - 11		 (a) (b) 	40.00	11.		1 7. 24.	364		10 m	120 12 12,		2001			6 70	100	4	11 11 11			1.1		
100	200			1	医电子流流	4. 10. 17.		1000				. 1 (6)	1 / 196	12.5	100	**: 13 *	2 - 1								
		44. T		100				1.10	医乳腺 化		100			430 ASS					138 G			* ·			
	100		^ ^	100					4-414 196		7.2	\sim \sim						146.50	16330	0.00	1237	· •	\mathbf{a}	ገ በበ	w
	/	1 h	() <			Sec. 15 . 16	- may 12			3.1	200	.09				14.6	-	100				3 3 U	X 1	080	m
e . E		1.5	vJ	4 144	1.0	. 妖、花刺	· -		3 3 3 5				•	第五十万万00°0	· •) . () . ()	4	17.7	O. Oak			11		\mathbf{v}	- UV	
·						. 4.3.11		- 200 · G	2.75			1996年2月	A MARCH		mercan fire			*** / \						1. W M	
				1.0	- 1	1. 34 950	100		1	200	4.70	4 1 Jan 19	11/22	1,000	Action 1	Y 15	₹ • # 11°		80.00	10.00	3,310				
· • · .		100		1.0			19.00	1.00			40.0		1. 1.	44.45		71-21				表法法院	14.15	11			
200	Λ.	$-\alpha\alpha$	Λ.		19 1. 11		^ •	ナヘハ	TYPE.	14		1.11.51			7.			c	450 1	11.7.0	· margaret	12:75	2	ለባለ	١.
1.0	"																								
6.54	υ.	עם .	v			୍ " (0./	130	3.0	3.5		- - T /-			# O		. 0	63			9.20	30.7	U • !	420	١.,
S.	υ,	89	U .			- 5	0./	ာပ									٠,	UJ			7.0		J.	720	. :
	υ,	י טא	U	4.4			0./	JU								_	• 0	US					٠.	720	1
	υ,	, פא	U				o.,/	JU								_	• 0	US							1
	υ,	י פא	U				0./	JU			1	7	CE			4				W.					1
	υ,	. O3	U				o./ 	30			1	7 1 5	65												1
	υ,	. 6 9	U				o./ _	30			1.	7 1.5	65											126	1
	υ,	. 6 9	U				o./				1.	7 1.5	65												1
	υ,	- -	U				0./	30			1.	7 1.5	65												1
	υ,	-	U				-																		1
	υ,	- -	U				o. /					7 1.5 1 2													1

•••	10.361 6.490		
26,664	- 15,203	- 13.7	69
13.848	5.021	15.607 6.68	1
-	- 11.934	3.70	7
	12,206 9,944	9.941 -	

RETARDO DE TIEMPO (PAQUETES)

D	rom	24	30		
	1 OIII	cu	10	J	٠

	1.00		그 있다. 그리고 그 영화를 가운 경험을 했다.		
		2.210	2.187		
	2.196		2.161	2.17	6
	2.16	2.204		2.166 2.18	7
			2.169	2.18	7
		2,203	2.176	2.173 -	
Desvi	acion estand	iar:			
Eller German	Segue a San Service				

. 10					- 17		100	r		าว	1	MA			. n	7.	03	'n					Cont			17.1		40.7	1		140	
		-						۲	•	U	L				· U	•	Ų.	v													•	
- 10	4,1						100	13	ú.,		2	10					v								1							Ψ.,
0	. ()2	3	j.				ŢÞ		•					0	١.	02	2			144		-	-			85			0.	04	4
Ţ											37) jed									3-4								•
n	1	12	7	4				្រ	١. (N //	5			1.10			_						n	r	20	ì				n	04	ß.
u	4.5	,,	• 🕖	4.				•	•	רע	٧.			Wil a			54		22		1		v	• •	-	1				٠.	VΤ	U
						914								47	_		^ '		316			1		から		100 T 1				_	~ ~	•
			de d							• 7.					U	١,	04	łb	\$		77:	. ,		-						U.	03	/
													10.0						١,			1 3 1										
Á								ſ		7	5				በ)	NE	iñ					n	ា	12	₹.	1. NO.		W. 1	31.74	44	

Error (%):

	a 1 %	4.43	W. Carre			100		4000	9. 10.00	5 1 1 1 4	15 .	1000	7.1					100		4.1	2000		100						100		3	4.2	2000	90. t. j.	1
. 95	100	· *	7.5	3.17	1.31		Carlotte	100	e	~	್ಗ	~	7		31.5		5.0	7.	\sim		145		100	100	1	18 5.	- 1					50003	2.144	X	. 5
	100	55 A.			5 6		100		_	-6	· u	H .				100		1 5 5	ч:		(Tab)		Α.,	100	100	-	2.74	30 E	- ,	ALC: YES	A 18	Y	_		0%
·′.		1.		6.64			2.3. 1.	1.5		υ.		'0/			2.5.2		70		J,	J		200			257				7.7			200	_	Marie 1	100
	7						,													1,198				7.413		3400	U. 30	10.3			9 19 23	100	6. *.		1.
		100	2	8 ° 7 °	125.	20.00	9.15	1.8	Fr 1	5.7					146	98.35	3	100	15.55		1					· 120-1			300			. Jac. 19	100	. 1	100
17.5			35,000	19 30	100		1. 11		1000							13.77		1 20	20.0	356			Ores.	4			91.50		10 Ale			10 12 1	67.5	1 W.	20
11.1	1.0		. [~			19.00	15 16	27.			4.1	9 T 4				8	~	1.0	The second	0.00	1	5 33	2.5	المرازية	1				Jane 1	-8		7 ~	^
		- 1	327	\ '/	h								1.51		2.400			× ·	×	IЧ		7	100	200	10.04	-		4.5						/h	٠.
		-,		"	u				$X^{-1} \cap X^{-1}$	167		1	4	357.1	12.0	19.35		U 6:	U.	LJ								1000		500					u
	8000	· .	5 To 10					2 1 10 1	1.00			· 40.00		100		100		W 18	134.	-82 T			100		0.00		1.00	- 100	10 19	1		14 1	100	2010	
			7.3				500	20		10 H F	100				16. 47		72 F	40.4	. 30		. 7 1	3.5	- 7	150			45.00				(S. J.	1.4	1.00	100	
	9-10-1	100	100	100						11.00		1.713		100	v • 17				477		300		100			100	7	10 Jan 1	1000						1
			١ /	$^{\circ}$	\sim	٠.			30.00	-	\sim	\sim	4.1				41.	11			A. 160		1	100		1.	70	2			77 10	-		76	\sim
1			3.8	чχ	11					٠7.	. 11	1111		1-1-5		100,145	100	(S 🗪		1				1.0		•	72	٠.	100	1.00		-7	12.0	וח ו	1)
3.4	100	. ·	/ O.V	JU	v			7.50				V-1	6	500	1.00	200	4. 1				100	300	177. 5	- 1			/ 🛏	•		9 F			. • .	, •	v
943	26 6 8	٠.						1.15	30.00	F. 6.			es ta			100	7			A						13.75					* i : :				N.
			1.5	D				- 17	20 4	J 198						30.7					34.3				1	1000		~ (M.)		100		11			
	13.71		12.37						1.1.1	4 15 4 7	21.	75.1	6.67		1. 1. 2.	40.00	11.	27.63	<u>. " بـــ</u>			100			1124	100						-			_
	1.4	- 5					100		. *			. 18			North	Sec. 16.4		В.	E (77	A 36	15	200	4 A.		20.5		11		ai i	19	-7		יככ	O.
		4.	-				m 1.	4.7	- 15.7		₩ `					100	-		ית	41		Ser.			4.5	_	1.3.	- 15				-/		ר.ר	Λ.
	7.1							- 40		10.00		100	e	100	100	. **		Y•.	•	-:-					11. 4	4 2 1/2 1	1. 1. 1	- 1	14.5	644 . h	100			-	·
	1. 16.	, î.,		í .			7. ,	1.77	p 1000	100	5.75	200	100	11.5			100	400		1.7		100	1.0	114		115	200		1127	100					
10	4.13								1000	12.00	100	55.5	9.0	1 1 A	100		3.3	100	2.1		1 6 8		948	1100	100	4.00		200				0.000			
	A	1.00					- 3	1.0	1000		_								_					100		120		_ `		Section 1					
			* 1					* ''	20.00	ଂ 7 ା	ി.	ם כי		9.00	2.5	10.00		0 1	יכי	7 /	3.5					•	כית	Ω.		200 J. J.		1.7			
2.5		31					1.5			• 7	23 1	7.5	١			1.0	-	8.	,	. 4		1.1.3	200			١.,	42	n	2.37		1.0		-		

				Y.		1.	403		1.3	72	774 L		_		in .
	ا مورا داد			ا الله الأراث	يود مجاونا من	sione e President		a last comme	m die jeg	and indicated to	engleger T				0.000
	1.	047	/						1.0	18			•		2.022
	1	247	7			2	042					n.	923		2.195
	••	<u> </u>					J74					•	7.0		
		-					Π.	art or a	2.0	75			•		1.692
1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4						1	589		3.0	122		1	289	A Section	
	- 1	-				~ ± •	202). (733		11 mg 📥 🌯	203		. i.e.

INTENSIDADES DE TRAFICO (PAQUETES)

Promedios $(x10^{-3})$:

									1.00			200																	4					
									_	1.77				100		-									4 13	5.00			40.00			The		- 3
																- 71															199	110.1	1.0	
			-					1.15	•							- 41		4.5										111				11. 1	100	-
			_			2.00				1 2 1 .	1								2.7								eriedi i	T 60 1				121 1		
									100.00						4.				٠.							** **					14.5	40.0		Α,
				74.4		1.37		4.0	4	5 6 4 4			7.55			11						1.00							100 5 1				25.5	
																5 Ac.					100						A. C.		al 40 13			1 2 2	1000	* -
				741 mm			e			48.2	4. 6	4-9-1												77 3	1.5				9 F C.					
							41. 25.		V																	- 12		· • · · ·	77		200	_	101 3	
		٦.						111. 112.		2.7							1	\sim														- ^		
	1.14	•			2.3.3	1 4 5		111 11			11.5	1000						w	· /				1.14	100		_			1.1				7.	
						. 27. 15								70 ×			-	e 11	,,					100		_							1.00	10
										- 1 - 1					A	_		~	,,		A . 65						1.0	1	47.7	*******	3000			
		3					V 4.5				Section 1		* · · · · ·						57	4 1.				100 200				100	F 15.		4 1 1 1	2	G. C.	20
		5.7		11.5	S 22	* 3.2		100					116.00	m 4.5					77.			11.0	10.60%		الواك ال		144	1.310		100	1.515		5.000	
	10.0						41.77							14-16	8 7			***		18.00										40.00			100	3.5
6.			2 3 3 5	4.5		73.7L		54 11	. 10	14.0	1.0		1000		100	eritait.	5. 45		150	15. 57			100	3192	100			300			20.00			
70.0	200	. .		1 . 35 1		11 1 1		500 300	0.	^ ^	A .						26 2	d										A		4.7.		1	42.45	٠.
			0.00		226 6		100		. 3	uu	/1	50 "		41.0								e . 4:	2000		1 44 . 3		10.7	. 159. 2		7	200	. 1	. 41.1	
				1 1 1 14.				200 m Err	1 1 1	~	₩.	(Ot. 5)									Section 1	1.00	41 W.			2 4		sati ta	100		4			٠.
	5.7				m 33		1000		~ • •	99				1.44	13.45		i			10.1					4, 2,	2.56				0.40	Section 19		1700	
27.5		经产品的	200		03 1 1			40.00			1.00					Acres Circ	1.6.4	·	21 1						4 7	200				200		·		
τ.					1100			400				Sec. 1.		1					1 21	11,14	2 12		. 41.75		S	2. 9	Crist.	12 17	2.3.	11.7		200	e 11 .	
2.5	1.75		1964		1.87 16			1211		17 . 15	give only			200			4.3		1.1.1		41	1	1100					1. 2. 2.4	20,000				100	
			ゆうこど	1 18.1	200		9 16			100		49 m. l		100	10.75	10.00		F. G				. 1 1 1 2		400	100	1.0	100	100	. 1 1		1000		4.4	
1000	10.00	200				1.7								100		2	100		9.			e 1 4 1	\$ ** t.	100		1 100					100	_^	· · (40
		4-14						500		" ve, N	6			1.45		٠,			11.74							44.0		100	1. 3	1000	4.1			
		S . pr	-				7.7			-		40.00												· · · ·				U 3 A			17.7			
	11.15	5 - 1.		1000	1. 176					J 1 * '	27.55	100	100		* ***		12 .	1.0		Y		34	100	100		4				21.27	5.		0.00	15
111	10.00	0.00		4 1 1	100				S 44 .	11.50			7.1		200												20.00							
	200						1.5		37 4			100	415.00		*** T	10.1	45				Acres 6	4				S 40 "	100	1.1	1. 1. 1.			1.50		1
	100			16' 4 4				1000	1.1 (.1)	· //	9.00	1.5				6.50	3/ 3	* * * * * *			1.4.3	1000			200		10.00	6		10.00			1000	
										1 15				10.00	2000	11	1.70		2 4 4 7		100		e 1.00	41			16.				Ver		0.00	
66.		4	医二氏原谱	1,					2	1000		8	5 70 0		1.2.1	_							-		125.4				a - 11.	4.00		7.2	200	
100		4.0		5.5	1 . 5						200		11.7			1.0		7:177	1		11.00					1	A 100	116.20	1		- "11 / "		1100	
			-	11.00	200	0.00	1		<i>•</i> • • • • • • • • • • • • • • • • • •	1000				1111	1 72	1.00	1. 1	Sec. 2			1,500	2002			* 2	2 30°	7.15		2	499.00	60.15		£ 1	
	2.33			2	2									65.5		126 4				2.4.7	11. 40.10		ia wa		100	77.4				4				

Desviacion estandar $(x10^{-4})$:

								2 *		A.544		1.0	10.15		y.,	1.1	2.0	4.27	40.0	200		100	0.00		6 1	1.1	1 4 10	9 10				10	1.11					
								*	1.1			100	7.3		0.00	4 32	-				89	_		·			A . P. 65.		2.0				. 74	6.50	9 4 5 4 5		1000	:: 3
				10.4			10			116		120				21 13		200	6 1	2.50	nг	36	1	2.5			100	110				100		4.1	1,76	6 13		
		-	_	- 41.7							-			4.5	1,387	1		200	. 71		ж٧			1.			10.00			-		2200	* . 7	95 J	200		. 1 11	
			•. •				2.5	5.5	. * *	1.00				100	1			120		•	() .	,,,										100				e 1975	17.47	1.7
				4.3		2.00		3211		1 to 18 to		10.00		1.0		4.4		100		· • ·				1.0	17.			. 3.	200			4. 1.				, a 119		
			2. 1		2.0	- 1				200		v.		4.4	10			10.00	Action .	200	V 123	1275	1.1	14 h	10.00	1 44 2	11.17.5	. 1.1		100	10.00	12.1			e 124.	りなだい		
					1500	. *:	. 2 .	3.7								100		Sec. 16.		£				1000	S- 43	4.14	100	Section.	100		.1.04	2011			A 25 1	55 E	Sec. 16.	. 10
								9		8 1	10.0		1000		7.5						3.3	100		1.36			200		1111111		11.				75. 46			
					2 4			4					10.00	100	10.0	100	24.0	wier.	-		28					100	100	. 1. 1.7	4 66 6		11				1000	3.74	100	
							151	" AC.		600		10. 5	1.000	1.5	13.5		7.0	1.00	റ	200	r) (") .	1.38		100				· Same		· .			20.00			
			_			100	600	1.0		100	_	100	25 4.	5 . 1						~ N.	,,	•				100	A 11			•	- 31	1 1 1	- 44			100		
7.0		-	•						27, 1	ari es		78.A	- 27 ."		17.3			200		•	. .	3.4	2.2	17.5	J. 1970	100	100	100	20.00				1875	1	400	125 6	1. 2.3	· •
						12.1	1.72	6 5 -		200		100	Y			1000	, F 20			7.			27.15	100		- 10	10.54	100	100		1 -1.63				2500		4.50	
								36.50		*					1.0		64 A.	12.	1.50					1.4	300	50 E 3	1	Sec.	production of the			24.1			12.00			
								40.00	1.51	100		6.7						50				7.1	1.76	77.	1	1 1			7. 27.	1. 600					100	- 1		
			*			4 9	1.00						1100			3.00						100					0.00		Jan San	100	1000				200			
8.			•	A:				* (**)	2500	~		~	^ -			110			11/10	5. 0		1.41				10.3	11 1		A 16.50	1.00	7		4 11 1			14.1	 NO.5 	4
21	n.	٠.	39						7.54		4	5 a a		27 1.	1. 13					و رث		libs on	Jan. 19			111	12 0		-13 m -			1.			200	42.		
6	_		١,٠٠	∾	11 5 6		Sec. 12.				- 4	1)	•		N.	9.00					-	.00	1.15		41.7		100	1 1		•	2.57.17	· ·	* 1 3				1.5	
	T (,,	•	1.00	Maria.		6.1	100	•		v	-			2.5				40.0									100		- 14	Miller of					197	Α,
			1.75			1 14.								100	S. 1.57				1.4	C .	e e					500		19. 19		24.	10 Car	1000	14.75		100	11.00	11111	× .
- 3.	200					4			4 4 4 7	4 50		0.00		100	. 7 5.		11/20		10.00	20.0	1000		5 × 4 5 1		15.7	White.	. 10 - 3	34.0					12 6	200		4 10 1	·	
									Z	1-145			. 75					100		7		100			200			F				100	200			4.4	A	
	100			A		45 1 11	100		150	35.3	23 × 5	4				4.00				1.7	1.1	20	diam'r.				and the se			3 . 0	1. 2.1		+	12.33				
٠,	1,1	2.4		130			7 (30				3500		1.75	J. 37			ĕΥ		W 415			1.19				1.131	11 44 1	4.5	A 41.50		1.512		7.10	1 6 35			100	٠.
			100	400		40.00		3 1 1	110	100			5.500000			A 160		1.0	100	45.0	٠٠.	1 1 1	0.00			1.0	3	1		5.0	- 2 4		1				11. 6	7
0.0					1 1		, 14.	1.1	. "	100	-				400	1	100	Vote:	200		•	·	1 2 10	22.50	34	\$ 20	t. Pro-		· 7		1,500			1 P.		-9x 3	100 110	. •
	1.0							P 1.4.	1.0.		* - L	1.0	a si								S 6.		1. 1			S. 500		医硫镍矿	15, 20	1000	1 1		200		100	4		i.
	e 15	٠.,		11000			900	Si inter-	. 4.			7 .:	4.75	4. 5. 1	*		123						10.30		1	77.4		1			Sec. 15.6		100					
		100					940		. :Oc	100	100					15-10	21		S		100	100		11.01			3 Marie	100						y Teen	: 4:M.		4	77
						7	12.67	2 6	2017	100	Maria C		20.75	100	4.1	6.7	2.1				Albert .	150		Sec. 2.		7. 27.	f		10 A 16				were.			200	15. 1	
13.		10		1	100					Sec.	A 5 1	200	10	4	4.7	17.7		0.00	10 11	苦じ	100	1.00	100	113.3	1 695	S. 100	17.7	1236		4					, N	9777	100	
	11.	100	200	44.	1.59	· 1	MI 1, 1,	4.0		100				9894	14	1 1	100		14.	100			1. L. F	4 4			1.3.			42.00				4.73	1800	45	1	
	14.	· ' -	- 0	-	< - 1		文化 横顶	4.1	3.5	. 3	125	11.5%		3 + 7/2					8			17.7							7		11.	St 2 1		人名萨			. 4 - 2 2	
		•		100		4-9-0		11.0	1000				. 10		4112	Second Sec	100	A Sec.			-		1.77		2.0				11.5	•	1.5		2000			1.200		

Error (%):

			1						3.1			10		16	-4			100				1.1	110			1				10						, :	3			170	- 10
Α.			-			Single			14		~		-			8							11,	77.	10			,					1.0	7			45				
9		1	_		100	1.45			2.5		.,		10	46	1		2		37.3		1.4	_	100	5		100			1		100				14.2	3.3				10	
	1.7					2016	50			4.7	_	• :	•			100	.00		119			125	1	15		10			- 9		20	27.		33.4	Š.	413		33			
₹.	11		1.4	4.1		471.7	1.0					10.5				- 6			1,7		100	à i			1	3 - 6		1	7.74	15		3			7	2000	1.7		135	1.	
	-10	-		2.39	4	+					din.	10			711	1.	17.	-		*			3.9		17.7	L.					0.1				1						, etc.
1)	ा									_	1	12	o h	10				₹ <u>°</u>	. Q	1	П	15	U.	1.	15			340						٩,٠٠.				٠,	
	331	٠.	٠,٠	5		44			10	47.7	s. 9	100						1			·U	•	т.	18					10	00		302.					1		. 34	100	Ţ.,
3		4	96		-2.1	34			4.								Sir.						12	Y.7	î -			10			0.7		10	30		6.7	200	4			17
	13			13.2		40					22			54	· v				112	1							20	3					5.9		1		No. 1	0.11	100		
13			23		11.		aide,			(C)	. 5	¢*;*	T (Ξ/	35			1										J	100		23		1		100	100	?	0.10			<u></u>
F.		1.5							347		U		J (JH	2.3		2.5	11.	10			-				8-31	11	1	14	(O)	20	1		1				Nic.			⋾
٠.		5	77.	. ,			40					17	W			4.		. 6			- 10	3.7					X :	7.	1	1.5	· .		1			a) b	2.0	100			Ţ
13	1		90 4 9		-		推進	100					. 1	ď.,							- 0					- 3									-			4	16)	1.	
20	40		10		9	3	1		を言	10.	1			477	10	. 3				7.0	86	139			10	, E.	3		\$ 154.5 6 \$200	G.,	3	_ :	0.0			- 23	34.0				-
À	7,1		30			100	300	* 1	Y.,	100		_	100			. 10			1. 2		. 1	₹.	17:		4.7	100				r. i	2	10.		,			200				~
	-	700				7		97		100	Sa.		1.		٠.,										10				10	ā.	1.5		4	O.		2	31	950	0.1		

	A.			~					2 82 83 83					ij				31		j. L	1	.2		2	4	8						-		 }		6, 3				-
**				· (*)					ř _{az}		••••				No Pi					1,41	•	}		13	2)	 						i i							
1		े	_		^	n /					٨			71				Š	Š,			•	٠	,,	· L.	•														- 1
		1	۷	•	24	†	غ				4	. [)	/:)		Ŷ,						٠	•							·	1					.,	2 - 1 4 - 1		-
		i G		~									-			Ä		٠٠, ٠٠,					•					į				-							1	-
			, iii									i d						٠.																	,					

LONGITUD DE COLAS (PAQUETES)

Promedios $(x10^{-3})$:

Promedios (XIU):				
해 중요 합니다. 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -		4	*	-
3		0.87		2
3	0.894		2	1
	-	2		2
-	2	1 13	2	• • •
	-4			
Desviacion estandar (x10 :):			1 2 201
		4.899	erra (1)	
•		0.289		_
4.899	0,409		-	•
		- 7.4.	av e	
-		-	-	-
<u>Error (%):</u>)
	-25			
-25		-8,218		
-25	-5.655		•	
				19 : 조심 19 : 19 : 19 : 19 : 19 : 19 : 19 : 19
Variation (%):				
		12.248		
		3.329		
16.330	4.578			
		the state of the s	The second second	

5.7 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Resumiendo los resultados obtenidos con el simulador se tiene que:

<u>PARAMETRO</u>	<u>ER</u>	ROR	VARIAC	ION
	PROMEDIO	DESVIACION	PROMEDIO	DESVIACION
PAQUETES				
Retardo de tiempo	+ 0.876%	± 0.631%	± 1.863%	± 1.001%
Intensidad de trafico	± 0.864%	÷ 1.728%	± 2.638%	± 4.204%
Long, de colas	± 0.879%	± 1.754%	± 2.650%	± 4.219%
CIRCUITOS				
Carga del sistema	± 2.683%	+ - 2.418%	± 2.465%	± 0.592%
Prob. de bloqueo	± 6.863%	± 6.420%	± 12.858%	± 3.306%
Prob. calculada	12. 148%	± 10.414%	± 11.059%	± 2.954%
RED HIBRIDA 5				
Carga del sistema	± 2.059%	± 1.581%	± 2.720%	± 1.477%
Prob. de bloqueo	+ 7.746%	± 4;340%	± 15,202%	± 6.387%
Prob, calculada	± 9,873%	± 8,246%	± 11,527%	± 5.536%
Retardo de tiempo	± 8,013%	± 0.637%	± 1,639%	± 0.561%
Intensidad de trafico	± 4.572%	± 8.7%	± 2.315%	± 4.285%
Long, de colas	÷ 6,348%	± 10.037%	± 2.606%	± 5.026%

Puede verse en esta tabla que con el simulador de redes de CP se obtienen estimadores con un error de aproximadamente 1%; esto se debe a que con el numero de mensajes con el que se simulo (30,000 mensajes) la red alcanza un estado estable y el error en los estimadores debido al estado transitorio desaparece. En el caso de la red

de CC se pueden observar 2 casos:

- (1) El error en la estimacion de la carga provoca que la probabilidad de bloqueo calculada al final de la simulacion sea diferente de la probabilidad de bloqueo calculada en un principio. Esto apoya la afirmacion de la sec. 5.3, ya que se comprueba que pequeñas variaciones en el trafico provocan grandes variaciones de la probabilidad de bloqueo. Sin embargo, tambien puede notarse que la probabilidad de bloqueo estimada se aproxima mas al valor real debido a que esta es calculada sin las suposiciones anteriormente planteadas.
- (2) Esta red requiere de mas mensajes simulados ya que de lo contrario se tiene una gran variación de los valores estimados con respecto a los valores reales. Esto se debe a que generalmente el simulador se utiliza en regiones de la probabilidad de bloqueo que presentan una gran variacion con respecto al trafico (ver Figura 9), ocasionando con esto que el simulador alcanze un estado estable mas lentamente. En caso de que se quisjera salir de estas regiones (por ejemplo: una probabilidad de bloqueo de 20%), la estimación de la carga del sistema empieza a degradarse debido a que los productos de las probabilidades de bloqueo entre nodos con puntos intermedios ya no son despreciables. Por el contrarto, se observo que en el caso en que se desee una probabilidad de bloqueo mas pequeña (alrededor de 1%), deben correrse simulaciones bastante largas ya que el efecto de estas variaciones sobre la probabilidad ocasiona que los valores estimados sean muy diferentes de los valores reales y debe darse tiempo de que el simulador "ajuste" las estimaciones al desaparecer los efectos transitorios.

Por ultimo, en el caso de la red con conmutacion hibrida, se conjugan estos problemas, por lo que también deben correrse simulaciones largas con las cuales sea posible obtener buenos estimadores. Ademas esta red posee una caracteristica especial ya que debido a que la generación de los tiempos de servicio se hacen a partir de una distribución aleatoria, la longitud encontrada del mensaje puede rebasar los limites del marco, violando asi una de las principales suposiciones hechas para modelar este tipo de redes. Es por esto que se limita la longitud del mensaje a una longitud maxima (ejemplo: 1008 bits), suponiendo que en caso de llegar un mensaje de una longitud mayor, este sera dividido en varios paquetes. Sin embargo, este hecho modifica a los valores utilizados para estimar los parametros de la parte de CP, por lo que se trata de minimizar su efecto al vigilar que el numero de mensajes truncados o divididos (que aparecen al final de la simulación) sea mucho menor que el numero de mensajes simulados.

Puede verse que con la frontera movil se obtuvo una reduccion del retardo en paquetes de aproximadamente 8%. Este hecho, apoyado por las ventajas anteriormente descritas para este tipo de conmutacion indica que es conveniente utilizar en el ejemplo planteado, un esquema de conmutación hibrida.

Con este ejemplo se ha tratado de mostrar como se diseña una red de comunicación entre computadoras tomando en cuenta solamente las variables de retardo y la probabilidad de bloqueo sujetandolas a la minimización del costo total de la red. Ademas, puede verse la utilidad del simulador ya que se pueden obtener buenos estimadores con los cuales es posible juzgar el desempeño obtenido de la red bajo las condiciones propuestas.

CONCLUSIONES

En general, el campo de redes de computadoras esta emergiendo y se encuentra aun en la etapa de experimentacion. Existen muchos problemas abiertos a la investigacion de los cuales pueden mencionarse:

- 1. Enrutamientos: aun cuando existen ya diversas estrategias que dan buenos resultados, deben buscarse estrategias que puedan manejar "inteligentemente" la informacion que poseen sobre el estado de la red, ya que al aumentar el numero de usuarios y el trafico de la red, debera utilizarse la capacidad de transmision mas en la transmision de datos que en la transmision de informacion de control.
- 2. Prioridades: al incrementarse el uso de las redes de computadoras deben proporcionarse distintos servicios para distintas clases de usuarios (por ejemplo: usuarios de bases de datos en tiempo real y usuarios de impresoras en batch). El efecto que presentan estas prioridades en los sistema de comunicación representa una mayor complejidad en el modelo que fue planteado, ya que algunas de las suposiciones utilizadas para simplificarlo no siguen siendo validas.
- 3. Protocolos: se esta (intentando implementar protocolos que proporcionen una mayor confiabilidad a la red (menor error en la entrega de mensajes), ademas de incrementar la seguridad en el acceso y uso de ella.
- 4. Sistemas de computo distribuidos: aunque ya se conocen varias ventajas que presenta un sistema de computo distribuido (especialmente en bases de datos), se esta investigando la posibilidad de tener sistemas operativos totalmente distribuidos en

la red que tomen ventaja de los diferentes componentes que participan en ella (procesadores, perifericos, etc.).

5. Integracion de la Subred del Usuario: existen muchas interacciones entre las dos subredes que no han podido ser estudiadas (ejemplo: eficiencia de nuevos protocolos y su impacto en la subred de comunicacion). Al obtener simuladores mas poderosos se podran implementar redes en las cuales pueda estudiarse estos fenomenos.

Ademas existen ya aplicaciones que utilizan los principios de las redes de computadoras pero que estan construidas enfocando otro tipo de problemas. Una de estas aplicaciones es la red local de acceso en la cual se conectan todos los instrumentos de comunicacion de una compañía (como: telefonos, maquinas de escribir, computadoras, etc.) y se automatizan todos sus movimientos o transacciones. Tambien existen ya "super-redes" que conectan a diferentes redes de computadoras (generalmente redes locales de acceso), que presentan nuevos problemas de diseño e implementacion (ejemplos: protocolos, medicion del desempeño, coordinacion y control de la "super-red", etc.).

Es por esto que existe aun mucho por hacer en el estudio de redes de computadoras. En este campo puede profundizarse en diferentes problemas interesantes y que tienen una aplicacion casi inmediata en la realidad. Espero que este simulador sirva como una base experimental para tratar estos problemas, ademas de auxiliar en el problema tan intrincado de diseño, en el cual considero que Mexico debera adentrarse lo mas pronto posible para no quedar relegado de lo que esta sucediendo alrededor del mundo. Ademas,

este simulador puede servir como una herramienta educativa para el estudio de redes de computadoras.

Existen aun muchas mejoras posibles al simulador (como: manejo de prioridades, integracion de la señalizacion de cada trafico, implementacion de protocolos reales, etc.) que creo podran ser implementadas en etapas posteriores de la construccion de este simulador.

APENDICE A: CORRIDAS DEL EJEMPLO DEL SIMULADOR

STANULIA C X O NEEDS ENTREED EXSTED TO M P U TAD O R A S

CONDICIONES INICIALES:

SEMILLA INTOTAL:
NUMERO DE NODOS:
FUNTOS DE REGENERACIOM:
SÉRVICTOS EN BOO. ESTABLE:
SERVICTOS EN BOO. TRANSTORIC:
CAPACIDAD TOTAL DE LA BED EFPST:
TRAFICO TOTAL DE LA BED EMBAZEGI:
LONGITUD PROMEDIO DE MENSAJE EBITS!:

4.4728+06 1.4784+1.6

OPCIONES DL ASIGNACION DE CAPACIDAD:

VALOP MEDIO CUADRATICO, PROPORCIONAL, UNIFORME, CHERYSHEV O MINHMAX.

12:34:

OPCION: 35 CONS

CONECTIVIO ADS:

1111 111111

TRAFICO PELATIVO EX-MENISEGO:

15.000 15.000

TRIAMCIAG CMIRE MODELLANTRE

MEDIAS DE TIEMPOS DE LLEGADA EMENISEGI:

1.500 1.500

CAPACIDADES [BPS]:

19566 10560 10560 17560 100 17560 100 1056

PARAMETROS CALCULADOS:

RETARDOS DE TIEMPO EMSEGA:

0.000 2.376 2.376 0.000 2.369 0.000 2.376 2.376 2.376 2.376 2.376 2.376 2.376 2.376 2.376 2.377 0.000 2.377 0.000 2.373 0.000 2.377 0.000 2.373 0.000 2.373 0.000 2.373

INTENSIDADES DE TRAFICO:

0.779 0.904 0.004 1.000 5.105 1.000

				1															

LONGITUD PROMEDIO DE COLAS:

HEREMETERS ESTYMAROS:

RETARDOS DE TIEMPO EMBIGO:

								1.00			5 1775	100		1.3			2.0	5.00			5000			*		10.71					Description of the			20.5			257 1. =	marin.
			* 1	-					7	7					200	12 . 1 . 1		-	**************************************								. 1 2.4					2.047			1000			
41	1177	1.0			1					200	•	. 5.	7 7 7	20	1.00				- OF	7	7 7							100		1			3 . 2			25 2 28	6 a 25	
	1 7				fr : .			 1.11	1.2								. 100 100				r. /*		. 2 14	1.4	1		31.	1.0	7 (2.1)									
2.4		· 84	1	2000				23.17					C i fall	- 1 h					21	7. 1				3		73 1		5 4 4			1000	100	2347					10.35
														15 16	, Tex			-								6 1		1			3 41 6							
	. 2			1	2 : :		100		7 .				100	7.00			1.000			. 4	1	4675					1000						33					1
				41			1000	 100		_	1.1	. 5.1										4		200				1.0		e . 1-	2000		441			1.1	7.97	1.
	- 1₩	-	3	-r.,					.43	•	100							2.5		—						C 6.	_		()]			3		1.07		. 4		
4	-			-		A 4 10	T ()	. "					-		4 37	tall to				100		4.5		e. 5.		7 . T		(mail			4.0							
4.1	~		7.					A			9	4.5	100		200			7.4			11.0	474,79		1.0		7.7									٠ ٦	- 1		17.85
	٠.	_	. "	1					,-	- 1		1	•		1 200			ъ.	200		1.1	177	*		. n. * + i	18 14 1	- 1 L					5.00				. 64		111
					٠.,			i			7.7											1.4				10.1	. ≥ ■	4 - 6 1		Ψ			200					
			¥ .	.,				 11.		-	.,,		•						_					1917		r 100 .		10 10	16 A		A 2 1	1.00	C. T. A		•	-		w. *** 5.
	4 1				4 .				· · ·	200	, į r	0.7	•							, ,			- 75		1.5	1.3		10.00						44				
- 1	1 :	-	1	٠,						_			7						- 1							- 5			1.21			97.7					3	
	100	₩.		erit.		200				т,	40.0		V					. 41,	F Y		- I.	•		16 6				*** * **	4.15.1	S		4 - 12	at or					
	40.				Ψ.					1, 14	* * 4	1.5	4		. 10.	100		•		**		200	100		100			-		4	100	27.54 2						•
			4 9 7					1. 1. 1.					•						f " .		•	 1 2 3 		1	5	4 4				•	-1						4-11-1	
		-	6 5										,	100	1	1	4	•	-		r '2					1		. 1						day - e				m 1 6
	٠,	-		. 17		100		Acres 1	7			, ·					1 .		# #	••	1.75		7 10 4 1		200					13. 1	6 22			1.00		* Section 1	T in	

THTENSIDADES OF TRAFACO:

6. (901)		() ss *	: L		0.0	:14		(.000		3 ()	
th, 663		- 13 : F	CHAS	ant sa ing Arit	1.1	(2				133	Em. 4
6.004	P n 4	748 .	<u>(</u>) 4		().1	12(1		1 .04	•	l)	• (15 1
0.000					* * * * * * * * * * * * * * * * * * *		7 74	66C	<i>.</i>		166
i i i i i i i i i i i i i i i i i i i		rata 🦡 🏚 🏗	4.0		- N ■	13	் 6.p ነፍ	3 (3 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5 (5	+		💣 👬 🦫 ikari

LONGITUD PROMEDIO DE COLAS:

	•					1											l. 2					<i>!!</i> :-	16		1		ć		13	3	# \ E #	֓֞֜֝֞֜֜֜֝֓֓֓֓֓֓֓֓֓֓֟֝֓֓֓֓֓֓֓֟֝֓֓֓֓֟֝֓֓֓֓֝֝֓֓֝֝	4
	-		4	ያ.	4	97	Ē			40			1		ř.	្រំ	2 .								4		Ť	•		11,	١.	١,	1
(1 , 1	·	_		1	•		•	À			1	ı,	. ;	$\langle \cdot \rangle$		1.0		6		•	. (11	Ü	i.				()	. (\ { }	2
								213	: ()	2			Į.	•			1	ν	7	. 8	7	5		Ų	4				٠,		• (<u>.</u>

SIMULACION DE PEDES DECOMPUTADO

COMDICIONES INICIALIZA:

SEMILLA IRLETAL:
HUMPFO DE MODOS:
PUNTOS DE MICAMORGERACION:
TAMANO DEL HOMEO ESEGI:
TRESTLOM DE COMVERGEMENTA:
SETVICIOS EM HODA ESTABLE:
SERVICIUS EM HODA ESTABLE:
TAMESCO TOTAL OF LA MED ELLAMISEGI:
PADEMBRITONO MANIGA DE BLOMUTO ESTABLE
TIMPO PROFIDO DE AZIEMOZOM ESTABLE:
ESZON DE DIGETAL ZATION DE VEZ EBPSI:

4.5416+66 5. 0.616 1.0446-65 36466 12.466 11.4666 24.444

COMECTIVIDAD:

THAFICO RELATIVO CLOCKAM/SPG1:

2.000 5.000 2.000 2.000 2.000 2.000 3.000

DISTANCIAS ENTRE NODOS:

MEDIAS DE TIEMPOS DE LLEGADA [LLAM/SEG]:

SLOTS POR MARCO:

CAPACIDADES CHEST:

PARAMETROS CALCULADOS:

CARGA DEL SISTEMA CONLANGSI:

0.000 12.000 29.296 0.000 0.000 12.000 19.200 0.000 18.804 29.296 19.20 9.190 27.365 0.000 0.000 9.190 0.000 26.010 0.000 18.804 27.365 26.010 0.900

PROBABILIDADES DE BLOQUEO CAI:

-100-000 9-573 8-530 100-000 100-000

8.573 100.000 100.000 100.000 100.000 100.000 100.000 100.000

PARAMETROS INTERMEDIOS:

LLAMADAS NO SERVIDAS:

109 109 243 21 113 174 276

LLANADAS SERVEDAS:

1272 3164 1221 (1 2762 (1 2767) 3105 1972 (6 772 2852) (1 366 7766 2726)

LAMAPAS TOTALES:

1336 2756 0 2215 3348 2773 0 1114 3947 (2131 3311 2960 0

PERATTEOS REALEST

CARGA DEL SYSTEMA CERLANGSI:

0.010 11.577 31.682 (.30) 12.000 11.669 4.000 19.450 (.00) 19.441 29.132 19.084 (./95 16.218 25.750 6.006 13.600 28.32 24.743 6.04

PROBABILIDADES DE BLOQUEO (XI:

0.000	\$ 9 8 2 8 5 9 8 2 8 5 9 8 2 8 8 5 9 8 2 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	p.030	
	\$60 mm 10 8 . 5 9 9 1 1 1		
7.258	25% 10.598	12.747	
	165	3.917 5.811	

PROB. DE BLOQUEO CALCULADA:

100,000	6.843	17.339	144.	860 1	Ji. Aula
100.000	6.843 10.000	9,499	100.		3.514
	5.702	1	12.		0.588
100 000 100 000	7 011	11.234	1.0	775 1.	7.742

CONDICIONES INICIALES:

SEMILLA INTCIAL:
NUMERO DE NODOS:
PUNTOS DE REGENERACION:
SERVICIOS EN EDO. TEANSITORIO:
SCOVICIOS EN EDO. TEANSITORIO:

4.6396+06 5 304.0

CONECTIVIDAD:

	١,			. 1		·.		1		1	÷					٠,			4.1		÷					
1					Ġ	:				<i>"</i> .				١.			٠.		÷					i.		
1		3					٠.		4	٠.		i,								Ĭ,			3			*
			•					•	÷			٠,		1					i.	17,					. 4	:
		~		٠.								Ů,	a, i	•			:	91		1	٢.					į.
		•	j						•	ű.		į,	55	í			÷				7 e	-	ļ.			•
	٠.,	3			'			1			. î.,			•	1	à.				•	٠.	÷,	ď.			
3							Ε.		::		100	Α,		٠, ١	.,: 1			~	Q.	'n				1	٠.	

DISTANCIAS ESTRE MODOS:

	i.	Ġ				 							å	ť,					Ņ.		Ŋ		i i jiri je								
	-							i.	2	7		Á	ď,	7	1		٠	•		1		å	533		•	्र	- 2		į		ુ
١	Š	٠	÷				ŗ						Š		1	į.	4			6			2	3	۲.			ं			<i>(</i> .
. :	Į	•	7		9	÷		¥.		7		٠.		£.					e ia Co	j	, i		S.	:	i		्				•
	ŧ.	į	2	٠.			· · ·		1			Ċ,	١.,	· .							j.		á	-							į
	í		>		-7	÷	٠.,		2	ī			÷	À			ż	37	5.	H			ŝ					, , 4,		ો	Ĺ
	Ċ	•	•				٠, '	,	. '	٠,	."					٠	,			1	١,				4	1	- 3	Ä		٠,	3

C I R C I I T D S

todottions iditiation:

THE SECTION OF THE PARTY OF THE

4.	3.122 3.122 5.123 5.123			7.373 6.105 5.100 9.100
				3. (0

MEDIAS DE TIE APOS DE LLEGADA ELLAM/SEGI:

	65	
		999 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1
	50	9. 1.363
	15	1.79
		경영 (1995년 - 1995년 - 1 1987년 - 1995년

SLOTS POR PAPER:

		4.0								
		* 55	7							
	,	. 1				3				
-		: ?			•				4.44	
						ិក		引起了		
		2.5	.	* * *	•					
						N. 2 (1) (1) (1)	· 医乳腺性溶液	100	そのかれ、本事	100

EFFACIOADES E H 50:

			60; 3-7	•	
		76. F.			

BELLINSTRACE COLUMN

PROBABILIDADES DE BLOADED EXT:

10.000 5.573 8.539 100.000 100.000 8.573 10.000 8.975 8.77 9.539 10.000 8.975 8.77 100.000 10.000 8.975 100.000 8.255 100.000 3.125 8.772 8.251 100.000

P 4 Q U E T E S

CONDICIONES THICLALES:

TRAFICO TOTAL DE LA RED ÉMENTSEGUE LONGITHO PROPERTE DE PENSAJE ENTEST:

10.225 250.

OPCIONES BE PARTICION DE CAPACIONDES.

7: FIJA. 2: VOVIL.

APCION: 2

TRAFICO PELATINO TEMIEN/SEGI:

				1	4 1		200			1.0		19.4		S 19			2.7					2 3			100	1		9,142	1. 3. 6	
		.).	100				200	200	-4 5°		1.00				1									1.194				100		
7.	-		10 P.	97			4.10			1000	11.00		- 0.0	_					1,3,5	500	_	4	400	24		A 100	PH. 7			
. 1		4.5	5 4		the fact		` . ·		75.7									No.	100									-	7	
	. *		- 1	J. 17 J. 19	A 14	·		1.1		17.7				- 4						1.65	<u></u>			4.1		The art		_ •	1	•
~ ×			¥				1					34.		7	₹		** 18 A		71	4		2.7	1 - 2	Da Si	100	3000	98 W.S		-	
		- 1		100			્ર 🛣	35.0			100	1000	£			A. 5-1.		5 A. G										50		
. 7				1. 1				1.				7. 3.7	2.5					4.5	14 - 17 3	4 1 1 1					-1-51	1000		₹ :	100	٠. د
	. •	200	*			: :				34			100	200		() f	. G. 194				r- •			100	97.1		2.00		7 /	1
	×		•			1.9	_		3.3.				111			, N	. 3 %				Professional			1.7		. 561		Z 🕝	=	
		€ orbi	•	100			🗰	•				100	100		- : ' '				grint.				1.2 %		uf vitt	3 100		- 8	ومحوا	
•	20. 1		(: · ´.	1.0		٠	2			100		_ `r'		4	100					3.50	All of			5 Y.	- 1'A'	10 m		42113	7 .	7
	٠,		ī,	1.0	٠.		- 2	-	<i>.</i>		G., .			1 4			10.18		y200 h.	3.3					- 4			÷ 🗷	6.3	J
						4.75	2.0	*** : .	100			44.4		0.00								200	11 de	200		Arrigor &	100	200		(A)

				- 4				"
	1	5	40%		3.3		4.1	
						. 1		
5		1,20	1.35					 5 = 5 a 4 .

1.750 3.700 4.700

) . (() (: 55) 6.55

SLITS POR MAKEG:

22 22 22 0 22 2 23 22 23 23 23 23 23

CIPACIDEDES CONJUNTAS CORSI:

PARAMETROS CALCULADOS:

RETARDOS DE AZEMPO [H356];

2.000 2.376 2.376 2.376 1.370 1.370 1.370 1.370 2.377

INTENSIDADES OF TRAFACOS

LONGITUD PROMEDIO DE COLASE

1.700 C. 4286 4 (.600)

LLAMADAS NO STRADAS:

(4)) / 70fo.)/.

LUAMADAS SERVIDAS:

LLAMADAS TOTALET:

PERAMETROS REALES:

CARGA DEL SISTEMA CERLAIGED:

		٠		1.	1.1	100		100	•				-	١.	511	12	. ii.	25.7				10	* 1								13					Α,		i.						1		٠,			· 1				- 1		
100		53		٠, •	11	$T_i =$	 - '	100		100	: *	1.	٠,		2	• (١.	Ð.			1	. 1	14		- 5		٠.		٠,	Э.	i	. 197	1.5						-					1						1.		i.	<i>t</i> .	1.	
		1		٠,	1.1	100				- 31,	. ,,			10	Û	1	٠.		٩.	jir.	: [1]	12	45			1.	٠.			,	٠.						•		41		14,1	٠.		٠.	11				1	1		1.	100	ા	
	1	4		. (1	103		٠	1 4	٠í,										٠,	ų:	30		44		٠,	. >	10		•	ŧ.	**			ं		- (. •	.,	1. 3	٠.	0.0		- t '		٠.	- 6	•	4)		*	٠
	٠,)		O.	350	- 1				. 9	1:	•			3	,1	• 1	`•				- 9	7	i s		· ?	٠,		i.	ļ.	1				- 4				1	•	ü	1.	1	. 10				٠	- 1	à	_	٠,	٦,	_	
	າ	. ~	٠.	~	· /-		- •			5	16		i.	•	•		. 7	ă · ·		П.		. ° ;						٠.	•		j,			-:										· · ·		17			٠.	. 1	•	-	7	7	
: 1	u.	**		?	.4					1.1	J.	:		٠.	- 11	٠,		1		: ; ;			1.38	٠				٠.									v.		• •	_	6.	•	4	10						Ó	_	14	1.	٠,	
		2		Ĥ,		4.0					j, i					٠.		*		٠.	14		1.0	٠.	S 4	-1	٠,	٠.		٠.	•	1						1	,	•	*	-	7												
		1	_		1	5.) ·		<u>.</u>	: 1	7	- 1				14		٠. :	113	÷.	٠,٠) [٥. ١	٠,	•	٠,							٠.		_	:	. *	1							7		1		ંદ	
		-11	-	1.0	- 1	. 1				•				u	7.	٠.					cí.	,	- 17	, i			•	•		-	ii.								١.	•		14.	•		. 7	٠.			4			3.			
		1		. 6	× (Ü					•	1			2	•					S. 1					۶, ۶	•			ζ.	O			100		7.5	· · ·	•	Ŕ.		1		3							1				11	
		્ ?		13.		1.						7 .	٩.	į.	-	١,	• :	-,							٠.	• •	•		٠,	٠.	₹.		1.5					٠.		•	.,	1	•		2.7					ļ.,	E	•	٠, ۲		٠

40																																																			
2.00							***				- 1	,		10.0							. * .						15.1							1.34	*	20.0								4							
		h		: /*·			4.2		160			-					***							6				-							F (** *** 1					
				1.1.	1					200					2.1	11			-, ""				21					. 7		77.4					-1-	•				٠.	1.6	783						1. 1	. ,	•	
- 21			. 7	1 .							- 1	•	. ' '			•								•		- 1		٠.							· F		- 2	- 73		-										*	
. :						٠.							-				1 1							,		•												114				- 1			. !		- 1			. •	
					_				- 1	1 1						• 1	200	- 2						_	•	•••	•••	•						1 2.				- 12		•			4				, ,		٠,		
	. 5					,						17.1			-								. ' .'	•		~.	•	٠,							4	10.0	100			٠.					•	. ••	•		* *	~	
		,	- 4		• •							٠.	7 -								2.0			•				٠.																	 •	w/	٠,	•	4	4	
) () ()							** ;				1 1	V.									-			7.7			- 11		10.5		- 1													~.	•		
				ک د است	_								•		.*					4.00			3		-												•		,									- 1	5	•	
	-	,		т јч					7				100		٠.	-	1 P.Z						1 5			· .	* .											٠.	••		S			• .						-	
		r	20.0	1		٠				10.1		7		• т.	4 7	1.	*					 200				2 - 1		2			14.5		. =	2. 5	3	: :	: : \	1.	4			2. 17.2		. 1777					h :	,	
					L.							4.	-	. ,	•	•							•		-	: :									-			-		1		٠.					1		-	•	
	- 1	_			-											• •									B.	•		•							•			-	• ' •	,,,							•				
		A .	•						'			1.44					× .						-			. .		•												2.1									_	-	
	* 5.	,		1 7 '		•						- 4		- 1												• :	•								,		,		٠. ١	1.5								٠. :	۲. (,	
												3 .		. ,	- 1											• • •									7			- 1	•									•	- 1	/▲	
					•								- 21		٠,																							- 3	•											~	
	•		- +													≠							-	-	•		-			4.7					٠.		2.0	7 7	-:	4								-,	-	•	
	- 1	2	1.00	1										1		" [,			- 1	- 2	•								_		~ .	đ											
	- 7	•															1										.3	- / 4					19		- 21			•	•								,	- 1 5		,	
	٠.						1.								•													1																			•				
													•												-	٠.	77								,		•			•						• ,		1 1		•	

PROS. DE SLOQUEO CALCIDADA:

							17											3	
														Ģ			1		

VETAPOOS DE ALSUPO CISTOR

è.		1.7	V.,	100	F	1.1.			1000	1.11				- 11	7. 1.	٠	1.15	7 1	60.0		100	-115.		7.7		1.00					1			133.5	4.3	0.00		g segret		ď
4		. Y	1 to	5			110	1		4	7	100	1			100		34	٠,٠٠		100	; ; ;		苦辛的	7500		100		200		10.			170					,	٠
		100	_ 1.			s el Ki	13114	.91.			٠				V. 1		1	1,143	100		200		າ "າ	13.9	40.30					٠.								. f 1	11	
.,								· .	15.44			9 ()			e	10	1.50		11.	*				33.75	1.0	10 M	200		• •	. ^		V.4-	11.	A-36			•	. 12		
'n.		,	1	ď., j	- 7	- 1		100			+ F :			100	70 s	: 14		3.11		100	2.31	١.	17.		- 1 tr			11		See.			141			~ 7	2.55	ソフ	10	
٠.,	. 6										1.4	•						3111	19 15		•		٠,	100	417	200	iv.,i.	3 3 4 6		į, i,			1.20	1.		-			••	
	• •	1	•	3 C		11 5	1. 11	123		2.7	~	. ***	~ "				100		D.				. 51		2.23	2.70	1000		1997	1 1	- 7	1.15							4 .	
<i>j</i> ?			e ť	: .J	10			12.		. 50	2.	. /-) :	g W	3 7 30		100					200	. 10			. r'. '		١.						-	. 1		- 1	
						1775	4. 4	4.50				٠,	4,1.5	200				1.10	7		1000			1750		1.00					0.44	M.		1000	in the	- 7		.41		ď
	ः ।	٠.			٠.	4	41.0	/-		11. 1	1 7	100	10		1			1,10		- 1		• . <i>i</i> .					17.3.		_ 1			9.40				100				
1			٠.		130	123 E		O.	- 12.7		25,007						200		200	bee		÷ "			- 776		100					1.0	A + 6-3			١.	- B - F	⊸ ¬		
	•	7	J.		1			- 1	2	14	ij	•				70	4 - 2 .					110					17-6-1	;;		٠.			4.				• 4	ં 😘	F7	
, •	্	÷ (100	. 1	110			di Yo		100	•	16			113	1. 3.	(50)		60a.		1	1.	3.5			37, 54	٠,		1				2.0	4.5		•	y	?: }	
		20.0										10.15	2.4		271	1.1		100	1	111 2 1																				

INTENSIDEDES DE TRAFFED:

LONGITUD PROMEDTO DE CULAS:

	Saturday Co.					. /	200
1) _ (\100	 The Olds		. 12	70.00	i)	0.000
F	. 0.13 . 0.13			[]	1.50		0.1.06
į	1 7 7 7					i,	
1	₹ *2,88					<i>,</i> 7, 1	6:657
- 3	8	A Marine	, •		• \ \	y	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *
3				1154	1 200	()	in Parkle

WENSIJES TRUNCADOS:

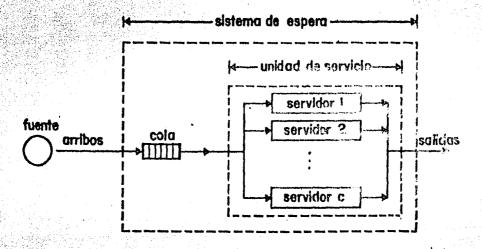


Figura 1. Componentes de un sistema de espera.

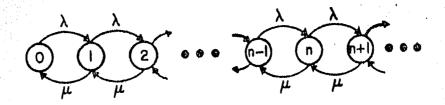


Figura 2. Diagrama de intensidades de transicion para la cola M/M/1.

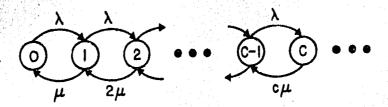


Figura 3. Diagrama de intensidades de transicion para el sistema M/M/c/c.

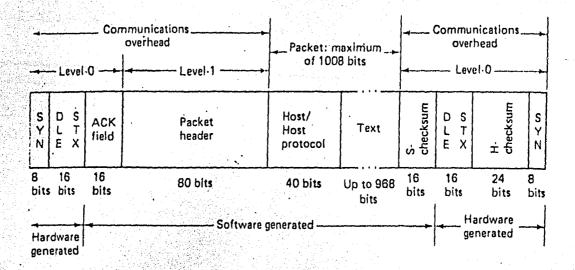


Figura 4. Formato del paquete de datos en la red ARPA.

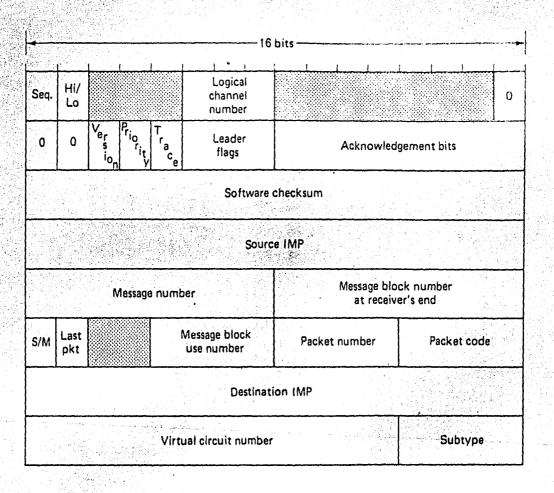


Figura 5. Encabezado de un paquete de datos en la red ARPA; los campos sombreados estan reservados para uso futuro.

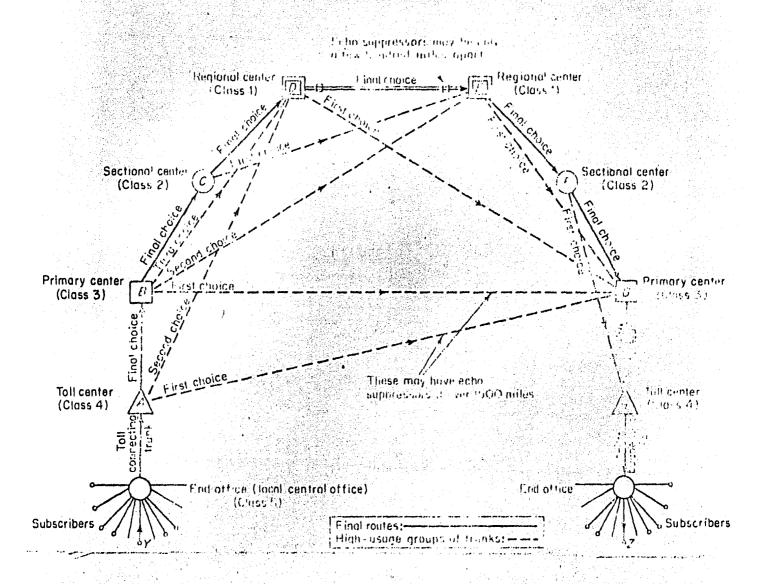


Figura 6. Diagrama de las jerarquias del sistema telefonico.

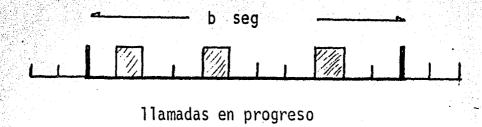


Figura 7. Estructura del canal con conmutacion de circuitos: marco con multiplexaje por division del tiempo.

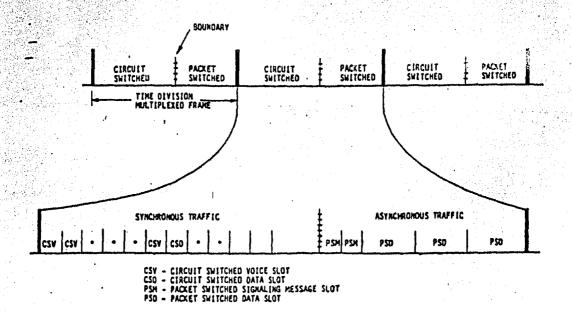


Figura 8. Estructura del canal con conmutacion hibrida: marco con multiplexaje por division del tiempo.

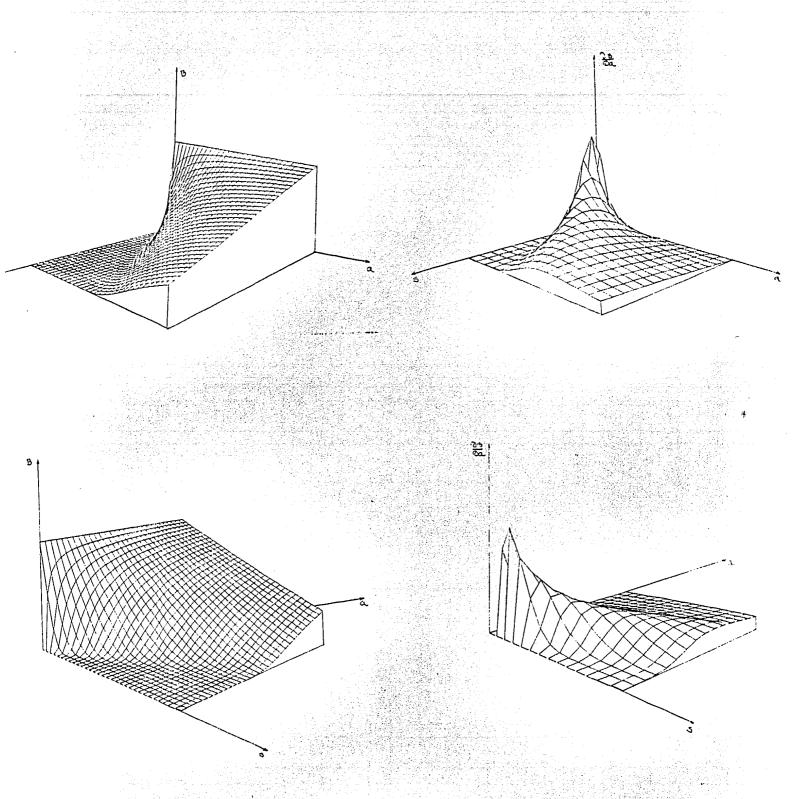


Figura 9. Graficas de la probabilidad de bloqueo y de su derivada parcial con respecto al trafico.

```
SIZE=largest subscript in array (SIZE=5 for 6 \times 6 array);
DO ITER = 1 to SIZE - 1;
   DO I=0 to SIZE:
       DO J=0 to SIZE;
          IF X(I).Y(J) = ITER
             THEN DO K = 0 to SIZE:
                      IF X(J).Y(K) = 1 AND X(I).Y(K) = 0 AND I \neq K
                          THEN X(I).Y(K) = ITER + 1;
                 END;
       END;
   END;
END:
DO I = 0 to SIZE:
 DO J=0 to SIZE;
     IF I \neq J'AND X(I).Y(J) = 0
       THEN X(I).Y(J) = SIZE + 1;
 END;
END;
```

```
Set DEST=destination node:

TEST, NEXT_NODE=SIZE+1,
IF DEST=N THEN GO TO WE_ARF_DESTINATION;
DO I=O to SIZE;
IF X(N).Y(I)=1 AYD X(I) Y(DEST) < TEST
THEN DO:
TEST=Y(I).Y(DEST);
NEXT_NODE=I:
END;
IF NEXT_NODE=SIZE+1 THEN GO TO NO_PATH;
NEXT_NODE now contains proper value for next node
Unless:
```

- (1) the routine jumped to WE_ARE_DESTINATION, in which case it was asked to find a path from a node to itself, or
- (2) the routine jumped to NO__PATH, in which case there is no path of any length to the desired destination.

Figura 10. Programa para transformar la matriz de conectividad en la matriz de distancia (parte superior) y calculo del siguiente nodo (parte inferior).

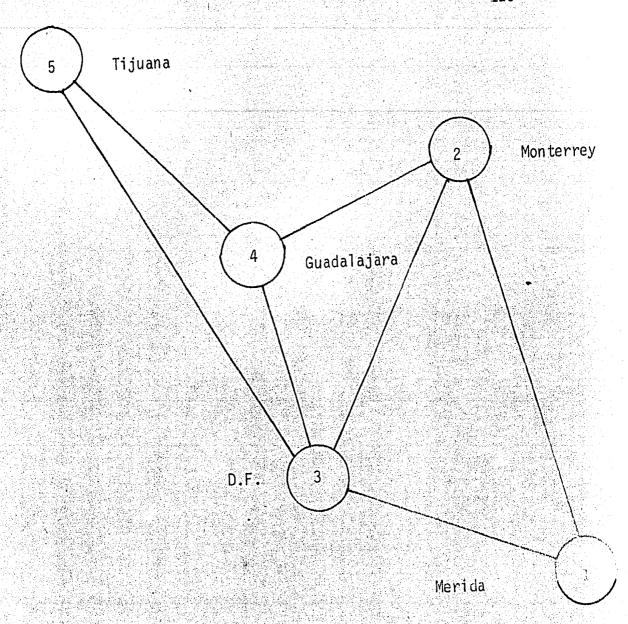


Figura 11. Configuracion de la red propuesta como solucion al ejemplo presentado.

· ·

REFERENCIAS

- Tanenbaum, Andrew S. "Computer Networks". Prentice Hall Inc, 1981.
- 2. Rudin, Harry. "Studies on the Integration of Circuit and Packet Switching". International Conference on Communications (ICC), 1978.
- 3. Kleinrock, Leonard. "Communication Nets". Dover Publications, 1964.
- Gitman, Israel; Hsieh, Wen-Ning & Occhiogrosso, Benedict J.
 "Analysis and Design of Hybrid Switching Networks". IEEE
 Transactions on Communications, Sep 1981.
- 5. Schwartz, Mischa. "Computer Communication Network Design and Analysis". Prentice Hall Inc., 1977.
- McQuillan, John M. "Routing Algorithms for Computer Networks -A Survey". National Telecommunications Conference (NTC), 1977.
- 7. Rudin, Harry. "On Routing and Delta Routing: A Taxonomy and Performance Comparison of Techniques for Packet-Switched Networks". IEEE Transactions on Communications, Ene 1976.
- 8. Tobagi, Fouad; Gerla, Mario; Peebles, Richard & Manning, Eric G.

 "Modeling and Measurement Techniques in Packet
 Communication Networks". Proceedings of the IEEE, Nov 1978.
- 9. Papoulis, Athanasios. "Probability, Random Variables and Stochastic Processes". McGraw-Hill Inc., 1965.
- 10. Hernandez L., Onesimo. "Procesos Estocasticos: Introduccion a la Teoria de Colas". Segundo Coloquio del Departamento de Matematicas del CIEA del IPN, 1981.
- 11. Jacoby, Samuel L.S. & Kowalik, Janusz S. "Mathematical Modeling with Computers". Prentice Hall Inc, 1980.
- 12. Martin, James. "Telecommunications and the Computer". Prentice Hall Inc, 1969.
- 13. Pazos R., Rodolfo A. y Samadi, Behrokh. "Panorama sobre Redes de Comunicación Integradas para Computadoras". Teledato Revista de la SCT, 1981.
- 14. Leon-Garcia, Alberto; Kwong, Raymond H. & Williams, Gilbert F. "Performance Evaluation Methods for an Integrated Voice/Data Link". IEEE Transactions on Communications, Ago 1982.

- 15. Occhiogrosso, Gitman, Hsieh y Frank "Performance Analysis of Integrated Switching Communications Systems". Proceedings of the National Telecommunications Conference (NTC), 1977.
- 16. Brayer, Keneth & Lafleur, Valerie. "A Testbed Approach to the Design of a Computer Communication Network". IEEE Computer Magazine, Oct 1982.

OTRAS REFERENCIAS CONSULTADAS

- Fischer, M.S. & Harris, T.C. "A Model for Evaluating the Performance of an Integrated Circuit- and Packet-Switched Multiplex Structure". IEEE Transactions on Communications, Feb 1976.
- Maglaris, Basil & Schwartz, Mischa. "Optimal Bandwidth Allocation in Integrated Line- and Packet-Switched Channels". International Conference on Communications (ICC), Jun 1979.
- Reiser, Martin. "Performance Evaluation of Data Communication Systems". Proceedings of the IEEE, Feb 1982.
- Aburdene, Maurice F. "Computer Communication Networks: a Case History" . IEEE Potentials Magazine, Fall 1982.