

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS ESTADO DE MEXICO



94177
BIBLIOTECA



**MODELO PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO DE UNA
BASE DE DATOS DISTRIBUIDA MEDIANTE TEORIA DE
COLAS**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO EN
MAESTRO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES
PRESENTA

Dafne Angelica Rosso Pelayo

Asesor: Dr. Juan Francisco Corona Burgueño

Comité de Tesis: Dr. Raúl Monroy Borja
Maestro Edgar Vallejo Clemente

Jurado:	Dr. Raúl Monroy Borja	Presidente
	Maestro Edgar Vallejo Clemente	Secretario
	Dr. Juan Francisco Corona Burgueño	Vocal

Atizapán de Zaragoza, Edo. de México, diciembre 4 de 1998.

RESUMEN

Este proyecto ha sido formulado con el fin de brindar una herramienta útil en área de cómputo distribuido, particularmente en la especialidad de Bases de Datos Distribuidas, dicha herramienta permitirá determinar si la base de datos distribuida en estudio cuenta con un desempeño adecuado en su operación. La complejidad de los sistemas de bases de datos distribuidas involucra no sólo los problemas que se encuentran en un sistema de base de datos central, sino que involucra toda una gama de problemas no resueltos aún. Es por eso importante el determinar si un diseño de base de datos planteado bajo un sistema de comunicación en cuanto a tiempos de transmisión y con un determinado modelo de distribución de sus fragmentos y réplicas, es factible de llevarse a cabo según se estime de acuerdo a sus tiempos y costos.

A lo largo del proyecto se establecerá una conexión entre los elementos de las Bases de Datos Distribuidas y los elementos de la Teoría de Colas, estableciendo una serie de métricas aplicables a las Bases de Datos Distribuidas a partir de la Teoría de Colas. Dado que el estudio del desempeño no puede evaluarse solamente desde el punto de vista analítico, se establecen las métricas necesarias que permitan conocer el desempeño de una base de datos distribuida y se crea un modelo para efectuar la estimación de estas métricas, ya que, la medición de alguna sección obtenida de éste puede ser usada para medir la misma sección de la base de datos distribuida que se está representando.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	11
OBJETIVO GENERAL	12
1 INTRODUCCION	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.3 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	17
1.4 MODELO DE SIMULACIÓN	18
1.5 MÉTRICAS PARA EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA	19
1.6 PROBABILIDAD	20
1.6.1 TIPOS DE PROCESOS ESTOCÁSTICOS	22
1.6.1.1 Procesos de Markov (Cadenas).....	22
1.6.1.2 Caminata Aleatoria.....	23
1.6.1.3 Procesos de Muerte y Nacimiento.	23
RESUMEN DEL CAPÍTULO	24
2 INTRODUCCIÓN A LAS BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS Y A LA TEORÍA DE COLAS	25
2.1 INTRODUCCION A LAS BASES DE DATOS	25
2.1.1 DEFINICIÓN.....	25
2.1.2 SISTEMA MANEJADOR DE BASE DE DATOS.....	26
2.2 INTRODUCCIÓN A LAS BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS	26
2.2.1 DEFINICIÓN.....	27
2.2.2 CARACTERISTICAS DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA.....	28
2.2.2.1 Autonomía local	28
2.2.2.2 No debe basarse en un sito central.....	28
2.2.2.3 Operación continua.....	28
2.2.2.4 Transparencia	28
Proceso de consulta distribuido.....	31
Control de transacciones distribuido.	31

	5
Independencia de bases de datos.....	31
2.2.2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	33
2.2.2.5.1 Ventajas	33
2.2.2.5.2 Desventajas	34
2.2.3 FRAGMENTACIÓN.....	35
2.2.3.1 Fragmentación Horizontal.....	35
2.2.3.2 Fragmentación vertical.....	35
2.2.3.3 Fragmentación Mixta.....	36
2.2.4 REPLICACIÓN	36
2.3 INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE COLAS	36
2.3.1 NOTACIÓN.....	37
2.3.1.1 Proceso de llegada	37
2.3.1.2 Distribución de tiempo de servicio	37
2.3.1.3 Número de servidores	37
2.3.1.4 Capacidad del sistema.....	38
2.3.1.5 Tamaño de la población	38
2.3.1.6 Disciplina de servicio.....	38
2.3.2 NOTACIÓN KENDALL.....	39
2.3.3 REGLAS PARA TODAS LAS COLAS.....	40
2.3.4 REDES DE COLAS	41
2.3.5 REDES DE COLAS ABIERTAS Y CERRADAS.....	42
2.3.6 MEDIDAS DE DESEMPEÑO	45
2.4 Aplicaciones de las Bases de Datos Distribuidas y la Teoría de Colas.....	46
2.4.1 BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS.....	46
2.4.2 TEORIA DE COLAS	48
RESUMEN DEL CAPÍTULO.....	49
3 VINCULACION ENTRE LAS BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS Y LA TEORÍA DE COLAS.....	50
3.1 INTRODUCCIÓN.....	50
3.2 RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA CON LOS ELEMENTOS DE TEORÍA DE COLAS	51
3.3 RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE TEORÍA DE COLAS CON LOS ELEMENTOS DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA	53
3.3.1 LOS PROCESOS DE LLEGADAS	53
3.3.2 TASA DE SERVICIO	53
3.3.3 NÚMERO DE SERVIDORES.....	54

	6
3.3.4	CAPACIDAD DEL SISTEMA..... 54
3.3.5	TAMAÑO DE LA POBLACIÓN 54
3.3.6	DISCIPLINA DE SERVICIO..... 54
3.4	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y PARÁMETROS INVOLUCRADOS..... 55
3.5	OTROS FACTORES DEL SISTEMA DE BASE DE DATOS DISTRIBUIDA 56
	RESUMEN DEL CAPÍTULO..... 57
4	<i>CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN..... 58</i>
4.1	INTRODUCCIÓN..... 58
4.2	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN 58
4.2.1	ESTABLECIMIENTO DE METAS Y DEFINICIÓN DEL SISTEMA..... 59
4.2.2	LISTA DE SERVICIOS Y SALIDAS..... 60
4.2.3	SELECCIÓN DE MÉTRICAS..... 60
4.2.4	LISTA DE PARÁMETROS 61
4.2.5	SELECCIÓN DE LOS FACTORES A ESTUDIAR..... 62
4.2.6	SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN 62
4.2.7	SELECCIÓN DE CARGAS DE TRABAJO 63
4.2.8	DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS..... 63
4.2.9	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..... 64
4.2.10	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS 64
	RESUMEN DEL CAPÍTULO..... 65
5	<i>MODELO DE SIMULACIÓN 66</i>
5.1	INTRODUCCIÓN..... 66
5.2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO 66
5.2.1	CONTROL DE ESCENARIOS 67
5.2.2	REPRESENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA 69
5.2.3	SIMULACIÓN..... 70
5.2.4	SIMULACIÓN GRÁFICA 71
5.2.5	OBTENCIÓN DE RESULTADOS 72
5.3	EJEMPLO DE ESQUEMA DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA 72
5.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS CENTRALIZADA 72
	RESUMEN DEL CAPÍTULO..... 76
6	<i>ADAPTACIÓN DE LA BDD PROPUESTA AL MODELO DE SIMULACIÓN..... 78</i>
6.1	INTRODUCCIÓN..... 78

6.2	ADAPTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN MODELO DE BDD AL MODELO DE SIMULACIÓN	78
6.3	ADAPTACIÓN DEL MODELO DE LA BDD PROPUESTA AL MODELO DE SIMULACIÓN	80
6.3.1	DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO UNO	81
6.3.2	RED DE COLAS	82
6.3.3	COMPARACIÓN DE ESCENARIOS	85
	RESUMEN DEL CAPÍTULO.....	85
7	<i>ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>.....	86
7.1	INTRODUCCIÓN.....	86
7.2	DIFERENCIAS CONCEPTUALES ENTRE LOS ESCENARIOS	86
7.2.1	REDISTRIBUCIÓN DE FRAGMENTOS (ESCENARIO DOS)	87
7.2.2	EMPLEO DE REPLICAS (ESCENARIO TRES)	87
7.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE OPERACIÓN DE LA BDD	88
7.4	COMPARACIÓN DE LOS ESCENARIOS.....	88
7.4.1	TASAS DE LLEGADA Y TASAS DE SERVICIO.....	88
7.4.2	ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LA BDD	91
7.4.2.1	Movimientos de las consultas.....	92
7.4.2.1.1	Consulta 1	92
7.4.2.1.2	Consulta 2	93
7.4.2.1.3	Consulta 3	94
7.4.3	COMPARACIÓN DEL λ_i (flujo de consultas para cada nodo)	95
7.4.3.1	Consulta 1	95
7.4.3.2	Consulta 2	96
7.4.3.3	Consulta 3	97
7.4.4	COMPARACIÓN DEL ρ_i (utilización de cada nodo)	98
7.4.4.1	Consulta 1	98
7.4.4.2	Consulta 2	99
7.4.4.3	Consulta 3	100
7.4.5	COMPARACIÓN DE L_i (Número promedio de consultas por nodo).....	101
7.4.5.1	Consulta 1	101
7.4.5.2	Consulta 2	102
7.4.5.3	Consulta 3	103
7.4.6	COMPARACIÓN DEL W_i (Tiempo de espera promedio por nodo)	104
7.4.6.1	Consulta 1	104
7.4.6.2	Consulta 2	105

	8
7.4.6.3 Consulta 3	106
7.4.7 COMPARACIÓN DE L (Número de consultas promedio en el sistema).....	107
7.4.8 COMPARACIÓN DE W (Tiempo de espera promedio en el sistema).....	109
7.5 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS	110
7.6 TRABAJO FUTURO	111
RESUMEN DEL CAPÍTULO.....	112
8 CONCLUSIONES.....	113
<i>ANEXO A. CÁLCULO DE LOS λ_i PARA LAS REDES DE FLUJO EMPLEADAS EN LA SIMULACIÓN.....</i>	<i>115</i>
Cálculo de los λ_i.....	115
Escenario uno.....	115
Consulta uno.....	115
Conjunto de ecuaciones.....	118
Consulta dos.....	118
Conjunto de ecuaciones.....	120
Consulta 3	121
Conjunto de ecuaciones.....	122
Escenario dos.....	122
Escenario tres	123
Consulta uno.....	123
Conjunto de ecuaciones.....	124
Consulta dos.....	124
Conjunto de ecuaciones.....	125
Consulta tres.....	125
Conjunto de ecuaciones.....	126
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>127</i>

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 Diferentes tipos de procesos estocásticos _____	23
Fig. 2.1 Niveles de transparencia _____	29
Fig. 2.2 Arquitectura simple de base de datos [14] _____	32
Fig. 2.3 Múltiple arquitectura para bases de datos distribuidas [14] _____	32
Fig. 2.4 Componentes básicos de una cola _____	39
Fig. 2.5 Variables aleatorias comunes empleadas en el análisis de una cola _____	41
Fig. 2.6 Una red abierta con salidas y llegadas externas _____	42
Fig. 2.7 Una red cerrada sin llegadas y salidas externas _____	43
Fig. 3.1 Atención de un proceso p_i por M servidores _____	52
Fig. 3.2 Relación de frecuencia entre los nodos i y j para el fragmento k _____	56
Fig. 5.1 Esquema de la base de datos que almacena los escenarios _____	68
Fig. 5.2 Representación gráfica de cuatro sitios y sus enlaces _____	70
Fig. 5.3 Representación de la generación de consultas _____	71
Fig. 5.4 Esquema global de la base de datos _____	73
Fig. 6.1 Representación gráfica de los cinco nodos y sus conexiones _____	81
Fig. 6.2 Red de colas y los flujos q_{ij} para la consulta uno _____	82
Fig. 6.3 Red de colas y los flujos q_{ij} para la consulta dos _____	83
Fig. 6.4 Red de colas y los flujos q_{ij} para la consulta tres _____	83
Fig. 7.1 Relación de la tasa de llegada y la tasa de servicio para el escenario uno _____	89
Fig. 7.2 Relación de la tasa de llegada y la tasa de servicio para el escenario dos _____	89
Fig. 7.3 Relación de la tasa de llegada y la tasa de servicio para el escenario tres _____	90
Fig. 7.4 Comparación de las tasas de servicio para los tres escenarios _____	90
Fig. 7.5 Comparación de las tasas de llegada para los tres escenarios _____	91
Fig. 7.6 Porcentaje de utilización de consultas por nodo para la consulta uno _____	95
Fig. 7.7 Porcentaje de utilización de consultas por nodo para la consulta dos _____	96
Fig. 7.8 Porcentaje de utilización de consultas por nodo para la consulta tres _____	97
Fig. 7.9 Utilización del nodo para la consulta uno _____	98
Fig. 7.10 Utilización del nodo para la consulta dos _____	99

	10
Fig. 7.11 Utilización del nodo para la consulta tres _____	100
Fig. 7.12 Número promedio de consultas por nodo para la consulta uno _____	101
Fig. 7.13 Número promedio de consultas por nodo para la consulta dos _____	102
Fig. 7.14 Número promedio de consultas por nodo para la consulta tres _____	103
Fig. 7.15 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta uno __	104
Fig. 7.16 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta dos __	105
Fig. 7.17 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta tres __	106
Fig. 7.18 Número de consultas promedio en el sistema por tipo de consulta _____	107
Fig. 7.20 Número promedio de consultas en el sistema _____	108
Fig. 7.21 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema por tipo de consulta _____	109
Fig. 7.22 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema _____	110
Fig. A.1 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo uno _____	116
Fig. A.2 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo dos _____	116
Fig. A.3 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo tres _____	116
Fig. A.4 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo cuatro _____	117
Fig. A.5 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo cinco _____	117
Fig. A.6 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo uno _____	119
Fig. A.7 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo dos _____	119
Fig. A.8 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo tres _____	119
Fig. A.9 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo cuatro _____	120
Fig. A.10 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo cinco _____	120
Fig. A.11 Probabilidad de transición de la consulta tres para los nodos uno, dos, tres y cuatro	121
Fig. A.12 Probabilidad de transición de la consulta tres para el nodo cinco _____	122
Fig. A.13 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo cuatro _____	123
Fig. A.14 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo cuatro _____	124
Fig. A.15 probabilidad de transición de la consulta tres para el nodo cuatro _____	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Métricas de desempeño I	19
Tabla 1.2 Métricas de desempeño II	20
Tabla 5.1 Áreas en que se distribuirá la información	74
Tabla 5.2 Fragmentación de las relaciones	75
Tabla 5.3 Distribución de los fragmentos en los sitios	76
Tabla 6.1 Partes parametrizables del modelo de simulación	80
Tabla 7.1 Porcentaje de consultas por nodo para la consulta uno	95
Tabla 7.2 Porcentaje de consultas por nodo para la consulta dos	96
Tabla 7.3 Porcentaje de consultas por nodo para la consulta tres	97
Tabla 7.4 Utilización del nodo para la consulta uno	98
Tabla 7.5 Utilización del nodo para la consulta dos	99
Tabla 7.6 Utilización del nodo para la consulta tres	100
Tabla 7.7 Número promedio de consultas por nodo para la consulta uno	101
Tabla 7.8 Número promedio de consultas por nodo para la consulta dos	102
Tabla 7.9 Número promedio de consultas por nodo para la consulta tres	103
Tabla 7.10 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta uno	104
Tabla 7.11 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta dos	105
Tabla 7.12 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta tres	106
Tabla 7.13 Número de consultas promedio en el sistema por tipo de consulta	107
Tabla 7.14 Número promedio de consultas en el sistema	108
Tabla 7.15 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema por tipo de consulta	109
Tabla 7.16 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema	109

OBJETIVO GENERAL

Efectuar la vinculación entre los elementos de las Bases de Datos Distribuidas y los elementos de la Teoría de Colas, para realizar el análisis y evaluación del rendimiento de una base de datos distribuida en base a las métricas de desempeño de la Teoría de Colas.

1 INTRODUCCION

El presente capítulo tiene como objetivo dar a conocer como se originó el proyecto y cuál es el planteamiento del problema bajo el que se desarrolla, introduce los conceptos a los que hace referencia e indica como está estructurado el proyecto.

1.1 ANTECEDENTES

El proyecto surge de la necesidad de contar con una herramienta que permita medir la eficiencia de una base de datos distribuida y brindar con esto parámetros que ayuden a la toma de decisiones para determinar si la base de datos a desarrollar cuenta con un rendimiento adecuado en su operación, vinculando para ello dos disciplinas computacionales: Teoría de Colas y Bases de Datos Distribuidas.

El proyecto pretende auxiliar en un futuro a la gerencia de control presupuestal del corporativo de Petróleos Mexicanos en la determinación de implantar una base de datos distribuida que permita el control y gestión de información que se encuentra en diferentes zonas de la República Mexicana, reduciendo así los tiempos de respuesta en la recepción y envío de información.

El motivo por el cual se vinculan las dos disciplinas es porque la Teoría de Colas cuenta con las métricas de desempeño necesarias para poder determinar el rendimiento de una base de datos distribuida, objetivo de este proyecto.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para que una base de datos sea distribuida se deben de cumplir ciertos requisitos:

- Debe de conformarse de varias bases de datos.
- Estas bases de datos deben de estar relacionadas entre sí.
- Las bases de datos deben de encontrarse en servidores ubicados en lugares geográficos diferentes sobre una red de computadoras.
- Las bases de datos deben permitir la comunicación entre ellas.

Podemos definir entonces una base de datos distribuida (BDD) como una colección de bases de datos lógicamente relacionadas, que se encuentran distribuidas a través de una red de computadoras. [3]

El sistema manejador de la base de datos distribuida se conoce como (DDBMS) “Distributed Data Base Management System” y es el software que permite controlar la base de datos distribuida.

En una base de datos distribuida, cada una de las bases de datos que la constituyen, alojan una cantidad de fragmentos, cuya unión da como resultado el esquema global de la base de datos. Estos fragmentos son la división de las relaciones globales bajo un esquema relacional que integran la base de datos. La obtención de los fragmentos y la forma en que se distribuyen, es uno de los principales problemas que se presentan al diseñar una base de datos distribuida. Este proyecto de tesis obtiene a través de la ayuda de la Teoría de Colas, los procedimientos adecuados para determinar, en base a la estimación de tiempos y costos de un modelo planteado de base de datos distribuida, cual es su nivel de rendimiento, permitiendo así estimar si el modelo

propuesto es factible de llevarse a cabo de acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación, o por el contrario si el rendimiento del modelo es deficiente. Esto será una pauta para considerar otros esquemas de distribución de la base de datos que presenten un mayor rendimiento.

Por otra parte, la Teoría de Colas es una rama de las matemáticas que ha crecido más allá del estudio del tráfico en lo que respecta a líneas telefónicas. Actualmente, debido al gran auge de las redes en telecomunicaciones, se emplea como una herramienta para optimizar el funcionamiento de las redes de conmutación de paquetes o de circuitos, esto es porque la Teoría de Colas permite manejar la naturaleza probabilística de los sistemas de comunicación.

¿Cómo puede la Teoría de Colas ayudarnos a optimizar la operación de una base de datos distribuida? Esta puede ayudarnos a decidir en cuantos sitios distribuir nuestra base de datos, puede decir también en que sitio es conveniente colocar una réplica, o bien ayudar a distribuir mejor los fragmentos en los sitios. Esto dependiendo de los parámetros actuales con que cuente el modelo de base de datos distribuida que estemos analizando, efectuando variaciones aleatorias de estos parámetros y realizando las comparaciones pertinentes de los tiempos de operación. Este proyecto de tesis realiza un análisis sobre el comportamiento de un modelo de base de datos distribuida, y efectúa variaciones al esquema original de distribución propuesto con la finalidad de medir y comparar su rendimiento bajo otros esquemas. En el presente proyecto, el rendimiento de una base de datos distribuida se evalúa en término de sus tiempos de operación de acuerdo a las métricas de desempeño de la Teoría de Colas

El comportamiento de la base de datos está completamente influenciado por el número de peticiones (consultas) que tenga la base de datos y de la distribución de los fragmentos de la base de datos distribuida. Así, para llevar a cabo un análisis comparativo es importante determinar el número de peticiones por unidad de tiempo que tenga el sistema.

Para que el modelo propuesto cumpla con las características lógicas, físicas y funcionales de la base de datos distribuida, éste se debe de apegar a las características del modelo real. En el caso de una base de datos distribuida es benéfico contar con un modelo de simulación que permita, bajo un esquema formal como el de Teoría de Colas, medir su desempeño, ya que los resultados obtenidos permitirán determinar si es conveniente o no llevar el modelo propuesto a la realidad.

En este proyecto no se pretenden dar alternativas que optimicen la distribución de fragmentos, sino elaborar un conjunto de procedimientos que permitan la medición del rendimiento que tiene la base de datos distribuida en base a la distribución planteada para ella.

El rendimiento de un sistema ya sea éste computacional o de otra índole puede conceptualizarse como el desempeño de dicho sistema. El rendimiento de un sistema puede entonces analizarse desde puntos de vista diferentes que evalúen ciertas características particulares del sistema.

El modelo de simulación como producto final de este proyecto, fue desarrollado en Java y se apega a las características de una base de datos distribuida. Los primeros capítulos de este proyecto presentan una introducción a las Bases de Datos Distribuidas y a la Teoría de Colas, los capítulos subsecuentes forman parte del análisis realizado al modelo planteado y del desarrollo del mismo.

Dentro del modelo planteado de una base de datos distribuida, la Teoría de Colas nos proporcionará medidas como el número esperado de peticiones, tiempo esperado de dos peticiones sucesivas, tiempos de respuesta calculados de acuerdo a un número propuesto de procesadores (servidores).

Se contemplan también varias combinaciones posibles de situaciones tales como; peticiones y servicios que ocurran siguiendo un patrón de tiempo, peticiones que sigan un orden completamente aleatorio, peticiones que encuentren inhabilitado su sitio de consulta y tengan que recurrir a una réplica ubicada en algún otro sitio. Se toman en cuenta estas combinaciones por que son suficientes para representar el comportamiento de la base de datos distribuida, dado que este comportamiento esta influenciado por las peticiones que se le hagan a la base de datos. El análisis de los tiempos de operación de este comportamiento permitirá evaluar el rendimiento de la base de datos en estudio.

Para llevar a cabo este análisis se tomarán una serie de supuestos como:

- La primera petición en llegar es la primera petición en ser atendida.
- Los sitios de la base de datos forman una red de colas.

- Las colas de cada sitio son colas con espacio de espera ilimitado.
- Las peticiones y servicios son aleatorios basándose en una distribución exponencial.

1.3 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

Este proyecto se encuentra organizado en siete capítulos, el capítulo 1 presenta una introducción a los modelos de simulación, las métricas empleadas para poder analizar el desempeño de un sistema, y la teoría de probabilidad como un auxiliar en el análisis del desempeño. El capítulo 2 presenta una introducción a las bases de datos distribuidas y la Teoría de Colas, se menciona el panorama en que se encuentran las bases de datos distribuidas actualmente, los elementos que las conforman, la problemática a la que se enfrentan, las ventajas que ofrecen y las herramientas con que se cuenta en esta rama, a su vez, nos ofrece un panorama de la Teoría de Colas, las aplicaciones más comunes en las que se ha desarrollado y cómo se encuentra vinculada con la computación. Una vez introducidos los conceptos fundamentales de las bases de datos distribuidas y la Teoría de Colas se efectúa, en el capítulo tres, la vinculación entre las BDD y la Teoría de Colas, es decir, la relación de los elementos de las BDD con los elementos de la Teoría de Colas.

El capítulo cuatro describe como se realiza la construcción del modelo de simulación. El capítulo cinco presenta el modelo propuesto para el análisis y describe cómo está conformado, determina sus características y establece los supuestos bajo los cuales se efectuará la simulación. En el capítulo seis se llevará a cabo la adaptación del modelo de base de datos distribuida propuesto al modelo de simulación, identificando las partes de la estructura de la base de datos y los elementos de la Teoría de Colas requeridos para efectuar el análisis del rendimiento de la BDD. Una vez efectuada la simulación, en el capítulo siete se lleva a cabo la evaluación de los resultados que arroja en base a comparativas propuestas sobre alteraciones al mismo modelo de simulación, dichas evaluaciones se llevarán a cabo de acuerdo a tiempos y a costos.

El proyecto contiene además, las conclusiones finales y un anexo en donde se pueden encontrar las gráficas completas de las redes de colas que se emplearon en el proyecto y las ecuaciones correspondientes a los porcentajes de consultas calculados para cada nodo.

1.4 MODELO DE SIMULACIÓN

El término modelo en la vida cotidiana, constituye una pequeña representación de algo mucho más grande, esta apreciación, es válida para cualquier ámbito de desarrollo, así, en computación los modelos nos permiten representar sistemas, objetos o cualquier otra entidad a un costo mucho menor que el que implicaría que el modelo fuera desarrollado en forma real. El modelo es entonces una representación a escala de una entidad más grande y por lo tanto el análisis aplicado a una parte del modelo, sirve como pronóstico para evaluar la misma parte del modelo en la realidad. Sin embargo, el modelo puede representar algunos pero no todos los aspectos del modelo original, los aspectos involucrados en la construcción del modelo serán aquellos que se encuentren afectados o determinados por la aplicación o problema a resolver.

El modelo de simulación es un modelo cuya función es simplificar la ejecución del comportamiento del objeto en estudio a través de la manipulación de valores que representan las observaciones físicas. Cada manipulación corresponde a una operación real del objeto pero bajo distintos mecanismos.

1.5 MÉTRICAS PARA EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA

El desempeño de un sistema de computadoras puede ser descrito de muchas maneras, esto es, se puede caracterizar la velocidad de una computadora en millones de instrucciones por segundo (MIPS), o bien, de acuerdo al tiempo de respuesta que da a los comandos, o bien a sus tiempos de acceso de I/O u otros factores. A pesar de que muchos factores pueden ser considerados para determinar el desempeño de un sistema, el modelo debe de comprender sólo aquellos aspectos que pueden ser medidos, o que sean de interés según el problema que se esté evaluando.

Las métricas son relacionadas con conceptos que permiten medir características del sistema, como: velocidad, tiempo de respuesta, exactitud, y disponibilidad de los servicios.

Comúnmente las métricas para evaluar el desempeño de un sistema de cómputo son las que se encuentran en la tabla 1.1 [21].

Medida	Unidad	Potencial de uso
Flujo de datos	Procesos/unidad de tiempo	Evaluación de productividad
Capacidad	Procesos/unidad de tiempo	Planeación
Tiempo de respuesta	Unidad de tiempo	Evaluación de uso
Utilización	Porcentaje de tiempo	Configuración
Confiabilidad	Tiempo esperado de falla	Mantenimiento de sincronización
Disponibilidad	Porcentaje de tiempo	Evaluación de uso
Velocidad	Número efectivo de unidades de proceso	Configuración
Backlog	Número de procesos	Evaluación de uso

Tabla 1.1 Métricas de desempeño I

Es claro que estas medidas dependen de la manera en que opera el sistema. Ninguna métrica de desempeño es válida o útil sin una descripción de las características bajo las cuales trabaja el

sistema mientras está siendo evaluado. Las características de trabajo del sistema pueden ser representadas por otro grupo de métricas que son hechas sobre el sistema de entrada, la tabla 1.2 se refiere a ese tipo de métricas. Sin embargo, errores en la caracterización del ambiente de trabajo pueden traer serias consecuencias. Aún variaciones muy pequeñas en las características bajo las cuales trabaja el sistema, pueden afectar a las mediciones del rendimiento del sistema.

Parámetro	Unidades	Potenciales de variación
Tiempo entre dos llegadas	Unidades de tiempo	Cambio en la carga disponible
Tasa de llegada	Número por unidad de tiempo	cantidad de procesamiento
Tasa de peticiones de I/O	Número por unidad de tiempo	Tipo de procesamiento
Tasa de servicio de I/O	Número por unidad de tiempo	Tipo de dispositivo de I/O
Tamaño de memoria	Kilobytes por acceso	Nivel de multiprogramación
Paralelismo	Porcentaje de programa	Vector/Secuencial

Tabla 1.2 Métricas de desempeño II

1.6 PROBABILIDAD

Los trabajos relacionados con la evaluación de rendimiento y/o eficiencia de cualquier sistema de cómputo tienen sus fundamentos en la teoría de la probabilidad, esto es debido a que la probabilidad resulta de gran utilidad cuando el resultado de un experimento no es conocido y es de naturaleza incierta. Para ejemplificar esto, supongamos el caso más simple: el lanzamiento de una moneda, el cual es un experimento aleatorio. El espacio muestral del experimento, es el número de posibles resultados que pueden ser obtenidos en el experimento. El evento en este caso es un subconjunto de este espacio de resultados, el cual comúnmente es afectado por las circunstancias que rodean al experimento. La probabilidad de que un evento ocurra puede ser empleada para estimar el comportamiento deseado de un sistema y así determinar que tan eficiente es este sistema. Por ejemplo, en el caso de las redes en telecomunicaciones, el medio físico de transmisión es uno de los factores que determinan que tan eficiente puede ser una línea de transmisión, en el caso de una trama que emplea fibra óptica la probabilidad de error a una

BIBLIOTECA 94177



velocidad de transmisión de 9600 bps. es de 10^{-9} por cada 3303 años mientras que en una línea telefónica empleando la misma velocidad de transmisión la probabilidad de error es de 10^{-4} cada 1.04 segundos, en este ejemplo el cálculo de la probabilidad de error permite realizar las comparaciones necesarias para determinar que trama es más eficiente para las transmisiones [27].

Para poder trabajar de una manera más precisa con el modelo de simulación es necesario que se describan los objetos y las reglas del modelo en cuestión, con la mayor exactitud posible.

Una distinción importante en el caso de los modelos de simulación es que involucran el cálculo de las métricas de probabilidad para los eventos en un sistema repetitivo y no la métrica obtenida en un evento aislado. Otro factor influyente en la simulación es que el tipo de métrica para las entradas y salidas de la simulación dependen del ambiente. Dos tipos de ambiente pueden ser modelados: discreto y continuo. Para nuestro caso de estudio el ambiente de simulación es discreto, dado que las peticiones a la base de datos son discretas en el tiempo y no continuas.

Los modelos que se aplican a sistemas de computadoras están más relacionados con la manera en que el sistema se comporta en un determinado periodo de tiempo que con una observación en particular. Es necesario el análisis de varias observaciones de muchos diferentes aspectos del sistema. Por lo tanto, es necesario generalizar los conceptos a experimentos sucesivos que son efectuados en intervalos específicos de tiempo, con lo cual cada uno de los experimentos puede observar un conjunto de salidas distintas.

La Probabilidad opera basándose en la teoría de conjuntos, ya que las salidas que se obtienen de la realización repetitiva de un experimento no son únicas y pueden tener un número de distintos valores.

De la misma manera que la teoría de conjuntos es empleada como una base para poder manipular los grupos de posibles resultados, otros principios y teorías como lo son principalmente los procesos estocásticos, las cadenas de Markov y las distribuciones estadísticas, son empleadas como bases para llevar a cabo una simulación con el mayor apego posible a la realidad.

Como se mencionó previamente, los eventos que se relacionan a modelos de simulación, son discretos, esto es, los trabajos, las llegadas, las terminaciones, los usuarios, etc. consideran

periodos de tiempo de forma discreta. Cada uno de estos eventos es un experimento con un espacio muestral y puede tener una variable aleatoria diferente, definida en el mismo espacio muestral. Estos experimentos serán observados como series de eventos en el tiempo. Un proceso (una serie de experimentos) que considera instantes en el tiempo en que se observa un evento del proceso, es conocido como proceso estocástico.

La distribución estadística empleada en la simulación de sistemas de computadora que consideran comportamientos en un instante del tiempo es la distribución exponencial, ya que permite estimar el tiempo de ocurrencia entre dos eventos, por ejemplo, la llegada sucesiva de dos tareas a un sistema de cómputo, tiempo de servicio de un CPU o dispositivos de acceso, tiempo de falla de un componente, el tiempo requerido para reparar la falla de un componente, etc. La propiedad más importante de esta distribución y que contribuye a que sea empleada para llevar a cabo los modelos analíticos, es que no tienen memoria, también conocida como propiedad de Markov. Esto significa que de determinarse la distribución de una variable después de que un periodo de tiempo t ha pasado, la distribución sigue siendo exponencial. Además de la distribución exponencial, dependiendo del objetivo del análisis, también son aplicables otras distribuciones estadísticas [21].

1.6.1 TIPOS DE PROCESOS ESTOCÁSTICOS

En los modelos analíticos no solamente se emplean variables aleatorias, sino familias de variables aleatorias que están en función del tiempo. Esta colección de variables aleatorias, $X(t) / t$ en T , donde $X(t)$ denota un estado y t el instante en que se observa ese estado en el tiempo T , es lo que se conoce como un proceso estocástico. La figura 1.1 muestra los procesos estocásticos más comunes y como se relacionan.

1.6.1.1 Procesos de Markov (Cadenas)

Este proceso estocástico restringe el tiempo entre eventos a ser sin memoria, pero la probabilidad del siguiente estado continua siendo arbitraria. Una secuencia X_n de variables aleatorias forman

una cadena de Markov si y sólo si cada vez que el sistema esta en el estado i , existe una probabilidad p_{ij} de que el sistema pasará del estado i al estado j en el próximo instante de tiempo. Los valores p_{ij} son llamados probabilidades de transición de la cadena de Markov [20].

Los sistemas de colas son un caso especial de las cadenas de Markov y se tratarán en el capítulo dos.

1.6.1.2 Caminata Aleatoria

Este proceso estocástico tiene una distribución arbitraria de tiempo entre los cambios de estado. Sin embargo, las probabilidades del nuevo estado dependen de la posición actual. En otras palabras, las probabilidades de transición dependen de la distancia a la posición actual y de otros factores que hagan atrayente al nuevo estado.

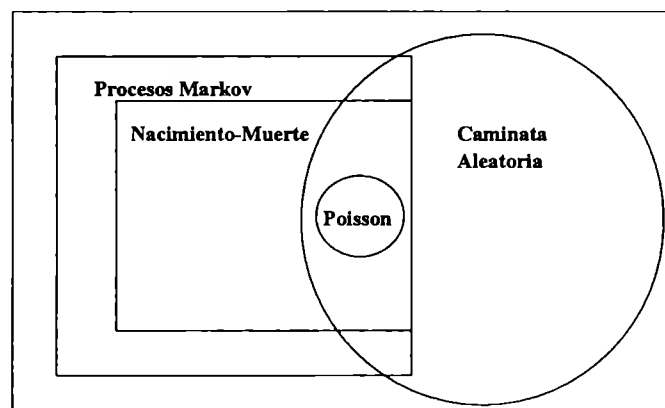


Fig. 1.1 Diferentes tipos de procesos estocásticos

1.6.1.3 Procesos de Muerte y Nacimiento.

Este proceso estocástico restringe el tiempo entre eventos a ser sin memoria y además restringe las probabilidades del siguiente estado a ser no-cero para sólo los estados vecinos cercanos $i+1$ ó

$i-1$. Esto es, restringe el espacio de transiciones a los estados vecinos de tal manera que un proceso en el estado i sólo puede cambiar al estado $i+1$ ó $i-1$.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se presentó el panorama bajo cual surge el proyecto de tesis, se describió como se encuentra organizada y se introdujeron los conceptos básicos relacionados con el desarrollo del proyecto sobre: Modelos de simulación, Métricas de Desempeño y Probabilidad.

El siguiente capítulo contiene los conceptos introductorios a Bases de Datos, Bases de Datos Distribuidas y Teoría de Colas.

2 INTRODUCCIÓN A LAS BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS Y A LA TEORÍA DE COLAS

2.1 INTRODUCCION A LAS BASES DE DATOS

Las empresas prosperan cuando su toma de decisiones se encuentra basada en información relevante. Para generar la información relevante y eficiente, es necesario contar con acceso rápido a los datos para producir la información requerida. El manejo de los datos, el cual se centra en la colección de los datos, su almacenamiento y recuperación, constituye una actividad importante para cualquier empresa.

El manejo eficiente de los datos requiere del uso de una base de datos.

2.1.1 DEFINICIÓN

Se define una base de datos como una estructura por computadora, integrada, relacionada y compartida que contiene una colección de:

- Datos finales.
- Metadatos o datos acerca de los datos.

Los metadatos dan una descripción de las características de los datos y del grupo de relaciones que ligan los datos que se encuentran en la base de datos. El controlador que permite manejar esta base de datos se conoce como sistema manejador de base de datos (DBMS) [31].

2.1.2 SISTEMA MANEJADOR DE BASE DE DATOS

El DBMS es una colección de programas que manejan la estructura de la base de datos y controlan el acceso a los datos que se encuentran en ella. El DBM hace posible compartir los datos en la base de datos por medio de múltiples aplicaciones o usuarios. El DBMS oculta a los programas de aplicación mucha de la complejidad interna de la base de datos [31].

2.2 INTRODUCCIÓN A LAS BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS

Son cinco los desarrollos que se pueden considerar como trascendentales en la evolución de las bases de datos que han impactado en la naturaleza de las bases de datos distribuidas:

1950's Bases de Datos Monolíticas.

1970's Bases de Datos Centralizadas.

1980's Bases de Datos Personales.

1980's Bases de Datos en Red.

1990's Bases de Datos en Redes de Redes.

Es de importancia determinar las diferencias entre las bases de datos centralizadas y las bases de datos distribuidas. Los beneficios y ventajas de las bases centralizadas fueron descritos en los 70's y actualmente se siguen aprovechando. En una base de datos centralizada el control total

sobre los datos lo toma el software de la base de datos, tanto en términos de seguridad, control de las transacciones y las relaciones que existen sobre los datos. El sistema se trata como una unidad independiente.

Las bases de datos distribuidas, es uno de los últimos avances tecnológicos en materia de Bases de Datos, ésta combina la tecnología que existe sobre sistemas de bases de datos con la tecnología existente de redes de datos. El principal propósito de estas bases de datos ya no es la centralización sino la integración de los datos.

El diseño de bases de datos distribuidas se orienta a la optimización del almacenamiento y la ubicación de los datos con respecto a las transacciones que se llevan a cabo con mayor frecuencia en la base de datos.

2.2.1 DEFINICIÓN

Una base de datos distribuida es una colección de bases de datos lógicamente relacionadas que se encuentran distribuidas a través de una red de computadoras [3]. Una base de datos distribuida ideal debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Autonomía local.
- No debe de basarse en un sitio central.
- Operación continua.
- Transparencia.
- Proceso de consulta distribuido.
- Control de transacciones distribuido.
- Independencia de bases de datos.

2.2.2 CARACTERISTICAS DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA.

2.2.2.1 Autonomía local

La autonomía local se refiere a que todos los datos en la red distribuida son controlados localmente. Esto es, que cada sitio debe de contar con sus procesos locales para controlar sus datos de forma independiente a todo el sistema distribuido y la base de datos local no depende del funcionamiento del sistema distribuido.

2.2.2.2 No debe basarse en un sitio central

Todos los sitios son igualmente remotos, y ningún sitio tiene autoridad para controlar o manipular algún otro nodo. Cada sitio mantiene su propio esquema de distribución de base de datos y tiene su seguridad propia.

2.2.2.3 Operación continua

Un sitio debe estar en disposición de poder facilitar la información requerida siempre que se le solicite, si este sitio no se encuentra en funcionamiento, la operación del sistema completo no puede detenerse, por lo que el empleo de réplicas es necesario para mantener la operación continua del sistema.

2.2.2.4 Transparencia

La transparencia en bases de datos distribuidas se refiere a la separación de la semántica de alto nivel de los detalles de implementación del sistema, la transparencia trata de ocultar estos detalles de implementación al usuario. [4] Mientras más alto sea el nivel de transparencia de un sistema distribuido, mayor será el soporte que brinde para el desarrollo de aplicaciones complejas. Los niveles de transparencia que posee una base de datos distribuida se observan en la fig. 2.1.

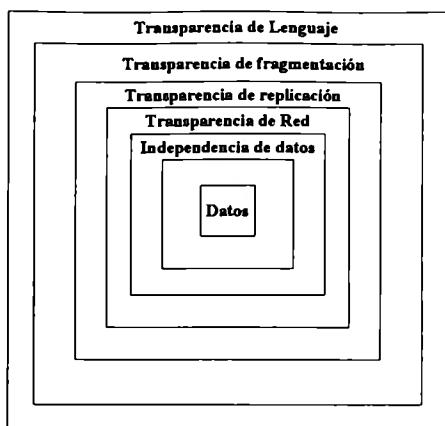


Fig. 2.1 Niveles de transparencia

Independencia de Datos

El nivel más importante lo ocupa la independencia de los datos, esto no sólo es importante en las bases distribuidas sino también en las bases centralizadas, ésta se refiere a la forma en que cada aplicación mantiene y define sus propios datos, esto resulta en la independencia de datos, en donde los programas de aplicación son inmunes a los cambios de la organización de los datos ya sean físicos o lógicos y a su vez los datos son inmunes a los cambios de los programas de aplicación. La definición de los datos se efectúa a dos niveles, en un nivel se especifica la estructura lógica de los datos y en el otro nivel la estructura física. Estos niveles se definen dentro del esquema de la base de datos, ambos niveles son independientes. El nivel lógico se refiere a la inmunidad de las aplicaciones a los cambios en la estructura lógica de la base de datos, mientras que el nivel físico se refiere a los detalles de la estructura de almacenamiento de las aplicaciones.

Transparencia de Red

Este nivel de transparencia también conocido como transparencia de distribución se refiere al detalle de ocultar la existencia de una red de datos, y que el sistema opere en forma transparente tal y como si se tratara de un sistema centralizado. Es recomendable que los usuarios de la base de datos distribuida operen las aplicaciones en forma aislada a la operación de la red, sin embargo

a nivel del sistema operativo en un ambiente de red, los sistemas operativos comerciales no proveen de este nivel de transparencia y se pierde tanto la transparencia de localidad que es donde residen los archivos, como la transparencia de nombre ya que es indispensable especificar la localidad del archivo como parte de su nombre.

Transparencia de Replicación

El uso de réplicas en las bases de datos es recomendable por motivos de eficiencia, rendimiento y disponibilidad de los datos. Cuando alguno de los sitios falla, el mantenimiento de réplicas permite que el sistema opte por consultar una réplica dado que encontró al sitio original inhabilitado. La transparencia de replicación radica en el hecho de que este proceso se efectúa sin que la persona que está llevando a cabo la aplicación en la base de datos distribuida se de cuenta de ello. Esta transparencia involucra sólo la existencia de las réplicas y no la distribución de las mismas, la distribución de las réplicas de una manera transparente es dominio del nivel de transparencia de red.

Transparencia de Fragmentación

En este nivel de transparencia la base de datos distribuida permite la ejecución de consultas sin necesidad de identificar a cual de los fragmentos en que fue dividida la relación en cuestión se consultará. Comúnmente esto requiere que una consulta global sea particionada en varias subconsultas. Es en el proceso de las consultas en donde se involucra el nivel de transparencia de fragmentación.

Transparencia de Hardware

Se refiere a la capacidad de poder efectuar los procesos de consulta y de actualización independientemente del tipo de plataforma en que se encuentre montada la base de datos.

Proceso de consulta distribuido

Es la habilidad de procesar una consulta a través de varias bases de datos. En algunas arquitecturas de bases de datos distribuidas, la consulta es ejecutada en el nodo en el que la persona está conectada, mientras que en otros esquemas la consulta es particionada en varias subconsultas y ejecutan cada una de ellas.

Control de transacciones distribuido.

Se refiere a que el sistema sea capaz de controlar actualizaciones, inserciones, o borrados a múltiples bases de datos a través de una sola consulta. La mayoría de los vendedores emplean el protocolo de *“two-phase commit”*¹ para implementar este proceso. Este protocolo asegura que todas las bases de datos remotas han completado exitosamente sus subconsultas antes de que la transacción completa se confirme en la base de datos. Una falla en alguna de las bases de datos ocasiona la falla en la transacción completa.

Independencia de bases de datos

Con independencia en la arquitectura de las bases de datos es posible consultar y procesar información de diferentes bases de datos y diferentes arquitecturas de bases de datos. Las figuras 2.2 y 2.3 ejemplifican estos casos de independencia.

¹ Protocolo de dos fases.

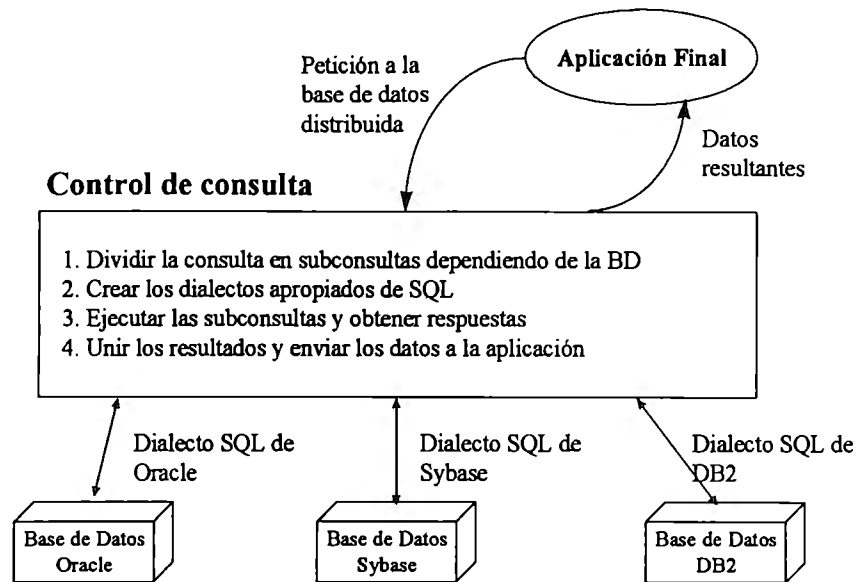


Fig. 2.2 Arquitectura simple de base de datos [14]

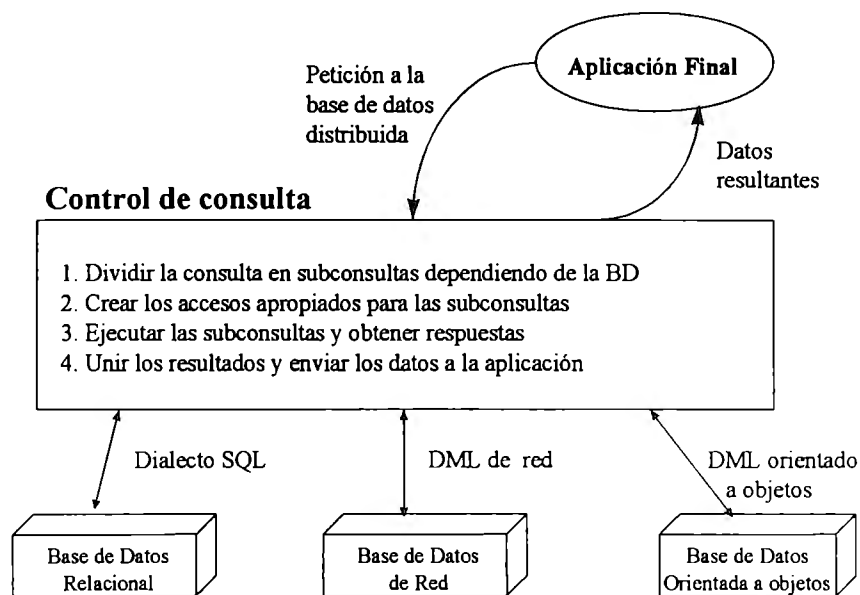


Fig. 2.3 Múltiple arquitectura para bases de datos distribuidas [14]

2.2.2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

2.2.2.5.1 Ventajas

Las ventajas de una base de datos distribuida que se enlistarán, deben considerarse en los objetivos de la base y tomarse en cuenta en el momento de efectuar el diseño de la base de datos distribuida, dado que estas ventajas vienen de efectuar la distribución de los datos. La proximidad de los datos y las ventajas que se obtienen de las características del procesamiento en paralelo proveen de un mejor desempeño a las bases distribuidas de datos. Dentro de las ventajas que ofrecen podemos citar:

- Autonomía local.
- Mayor rendimiento.
- Mayor Disponibilidad de los datos.
- Economía.
- Posibilidades de expansión de la base de datos.
- Compartición.

La autonomía local como se mencionó previamente permite que los datos que con mayor frecuencia son accedidos por un sitio se encuentren en él en forma local. Esto permite aplicar políticas locales al control de los datos. Dado que con regularidad los datos usados se encuentran próximos al sitio que los procesa y añadiendo las ventajas del paralelismo inherentes a los sistemas distribuidos, es posible aumentar la eficiencia y rendimiento de una base de datos distribuida. Los datos que son recuperados en una transacción pueden ser datos que provengan de distintos sitios, lo que hace posible que la transacción se lleve a cabo en paralelo.

Si los datos son replicados de tal manera que estos existan en más de un sitio, la caída de un sitio o bien una falla en el enlace de comunicación no impiden necesariamente que la consulta a los datos pueda efectuarse, además de que estas fallas no ocasionen que el sistema completo deje de operar. Aún en caso de que algunos de los datos no puedan ser accedidos, el sistema distribuido sigue operando ofreciendo un servicio limitado.

Los efectos económicos de las bases de datos se reflejan al descentralizar la base de datos, como ésta se encuentra dispersa geográficamente resulta más económico llevar la partición de la aplicación y realizar los procesos en forma local. De igual forma es mucho más factible llevar a cabo un incremento en el tamaño de la base de datos dado que es más fácil acomodar estos incrementos. La compartición es una característica inherente a los sistemas distribuidos y viene de la capacidad de poder compartir datos y recursos.

2.2.2.5.2 Desventajas

Los principales problemas que se presentan en una base de datos distribuida se encuentran desde el diseño de la misma al realizar la distribución de los datos. Estos problemas se presentan al particionar las relaciones en fragmentos, al efectuar la distribución de ellos en los sitios y al tratar de determinar las características de las réplicas y su ubicación, sin embargo, éstos no son los únicos problemas de una base de datos distribuida, también se presentan otro tipo de problemas tanto de diseño como de operación de la base de datos. Los problemas más comunes se refieren a:

- La optimización y simplificación de las consultas.
- Distribución y utilización de réplicas.
- Costos de operación y mantenimiento.
- Tiempos de respuesta.
- Seguridad de la información.
- Integración de la información.
- Tolerancia a fallas.

Estos problemas técnicos deben de ser solucionados para que se puedan observar los resultados del potencial que ofrece una base de datos distribuida

Además de estos, se debe considerar el aumento en la complejidad que involucra la operación de una base de datos distribuida dado que los problemas que se presentan son más complejos que un sistema centralizado. La dificultad al cambio también puede considerarse como una desventaja

dado que no existen herramientas que permitan convertir las bases de datos centralizadas en bases de datos distribuidas.

2.2.3 FRAGMENTACIÓN

Existen dos técnicas principales de fragmentación: horizontal y vertical, además que es posible obtener una fragmentación que involucre a estos dos tipos.

2.2.3.1 Fragmentación Horizontal

Una fragmentación horizontal particiona la relación a través de las tuplas. De esta manera cada uno de los fragmentos tiene un subconjunto de las tuplas de la relación. Existen dos versiones de la fragmentación horizontal: primaria y derivada. La fragmentación horizontal primaria se efectúa mediante predicados que son definidos por la relación. La fragmentación horizontal derivada, es la partición de una relación que resulta de aplicar predicados definidos para otra relación por medio de una operación semi-join.

2.2.3.2 Fragmentación vertical

Una fragmentación vertical de una relación produce fragmentos que contienen un subconjunto de los atributos de la relación. El propósito de la fragmentación vertical es el de particionar la relación en relaciones más pequeñas de tal manera que varias de las aplicaciones puedan trabajar sobre sólo un fragmento. Bajo este esquema la fragmentación debe minimizar los tiempos de ejecución de las aplicaciones que corren sobre esos fragmentos.

2.2.3.3 Fragmentación Mixta

En algunos casos, dependiendo de la aplicación no es suficiente efectuar una fragmentación horizontal o vertical, en estos casos se puede realizar una fragmentación vertical seguida de una fragmentación horizontal o viceversa. Dado que un estilo de fragmentación se lleva a cabo antes que el otro, este tipo de fragmentación se conoce como mixta.

2.2.4 REPLICACIÓN

La replicación resulta muy útil cuando consideramos los problemas de comunicación de una base de datos distribuida. La replicación es la copia total o parcial de los datos, a múltiples bases de datos que se encuentren en localidades distintas, a fin de que el servicio no se interrumpa y de minimizar los tiempos de respuesta en caso de saturación o falla de alguno de los sitios que contiene a la base de datos.

2.3 INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE COLAS

La Teoría de Colas es una técnica analítica empleada para la evaluación del rendimiento. Permite analizar sistemas en los que un conjunto de clientes entran a recibir un servicio proporcionado por un conjunto de entidades llamadas servidores.

En los sistemas de computadoras, muchos de los trabajos comparten los mismos recursos tales como CPU, discos y otros dispositivos. Como generalmente sólo uno de estos trabajos puede ocupar un recurso a un tiempo dado, los otros trabajos que requieran de este mismo recurso tienen que esperar a que este liberado, haciendo una cola. La Teoría de Colas ayuda a determinar el tiempo que los trabajos pasan en distintas colas, que es básicamente el tiempo total que el trabajo pasa dentro del sistema. Estos tiempos pueden ser combinados para prever los tiempos de respuesta del sistema.

Las siguientes secciones introducen los conceptos relacionados con Teoría de Colas empleados involucrados con líneas de espera.

2.3.1 NOTACIÓN

2.3.1.1 Proceso de llegada

Si los clientes llegan en tiempos t_1, t_2, \dots, t_j , las variables aleatorias $\tau_j = t_j - t_{j-1}$ son llamadas tiempos entre llegadas. Generalmente se asume τ_j que es una secuencia de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. El proceso de llegada más común se conoce como llegadas de Poisson, lo que significa que los tiempos entre llegadas son independientes, idénticamente y exponencialmente distribuidos. Otras distribuciones como la de Erlang o la Hyperexponencial también son empleadas. De hecho, varios resultados de la Teoría de Colas son válidos para distintas distribuciones de tiempos entre llegadas, en estos casos, el resultado se aplica para una distribución General.

2.3.1.2 Distribución de tiempo de servicio

El tiempo que cada cliente pasa en la terminal o servidor, es llamado tiempo de servicio. Es común asumir que el tiempo de servicio son variables aleatorias, que son independientes e idénticamente distribuidas. La distribución más comúnmente usada es la distribución exponencial. Otras distribuciones como la de Erlang, la Hyperexponencial y la General son también empleadas.

2.3.1.3 Número de servidores

El sistema puede constar de uno o más servidores, todos son considerados como parte del sistema de colas dado que se asume que todos son idénticos, y cualquier servidor puede ser asignado a cualquier cliente. Si no todos los servidores son idénticos, estos son divididos en grupos de

servidores idénticos con colas separadas para cada grupo. En este caso cada grupo es un sistema de colas.

2.3.1.4 Capacidad del sistema

El máximo número de clientes que pueden estar en el sistema puede estar limitado por la disponibilidad de espacio y además para evitar tiempos de espera muy largos. Este número es conocido como la capacidad del sistema, siendo finito en muchos de los sistemas. Sin embargo, si el número es grande, es más fácil el análisis si se asume una capacidad infinita. La capacidad del sistema incluye a aquellos clientes que se encuentran en servicio así como a aquellos clientes que se encuentran en espera.

2.3.1.5 Tamaño de la población

El número total de clientes potenciales que en alguna ocasión pueden solicitar el servicio, es el tamaño de la población. En la mayoría de los sistemas reales el tamaño de la población es finito. Si el tamaño es grande, otra vez, es recomendable llevar a cabo el análisis tomando en cuenta un tamaño infinito.

2.3.1.6 Disciplina de servicio

El orden en que el servicio es conocido como disciplina de servicio. La disciplina más común es la del primero que llega es el primero a quien se sirve. Otra posibilidad de servicio es, por ejemplo: el último en llegar es el primero en servir. Las disciplinas de servicio comúnmente empleadas en los modelos de simulación son:

- FCFS (First Come First Served): el primero en llegar es el primero en ser atendido.
- LCFS (Last Come First Served): el último en llegar es el primero en ser atendido.
- RSS (Random Selection for Service): la elección del cliente a ser atendido es aleatoria.
- Asignación de prioridades

- Sin desalojo

La prioridad del cliente que llega no desplaza al cliente que esta siendo atendido, a pesar de que su prioridad sea mayor.
- Con desalojo

La prioridad del cliente que llega al ser mayor que la del cliente que está siendo atendido hace que el cliente atendido en ese momento suspenda su atención por el servidor, aun a pesar de que no haya sido concluido el servicio.
- Combinación de prioridades con FCFS, LCFS, RSS.

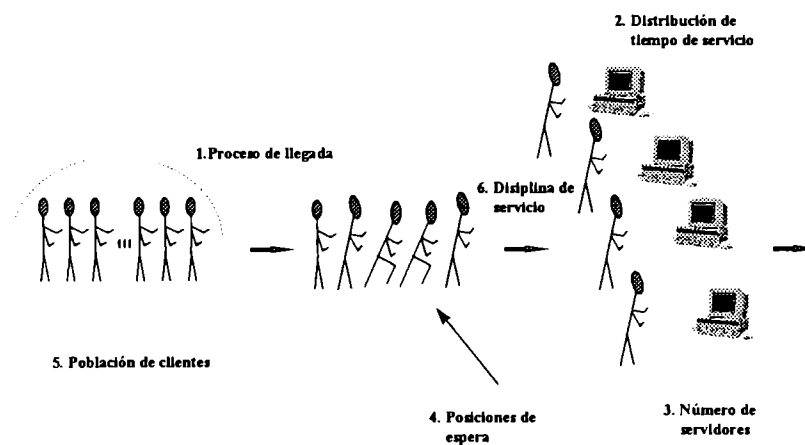


Fig. 2.4 Componentes básicos de una cola

2.3.2 NOTACIÓN KENDALL

En la Teoría de Colas, se emplea la notación Kendall de la forma $A/S/m/B/K/SD$, donde las letras corresponden en orden a:

- A Distribución de tiempo entre llegadas.
- S Distribución de tiempo de servicio
- m Número de servidores
- B Número de buffers (capacidad del sistema)

K Tamaño de la población

SD Disciplina de servicio

Para especificar un sistema de colas, es necesario determinar estos seis parámetros.

Las distribuciones para tiempos entre llegadas y tiempo de servicio son generalmente denotados por un símbolo de una letra como sigue:

M Exponencial

E_k Erlang con parámetro k

H_k Hyperexponencial con parámetro k

D Determinística

G General

2.3.3 REGLAS PARA TODAS LAS COLAS

Variables claves que son empleadas en el análisis de colas simples:

τ = Tiempo entre llegadas, esto es, el tiempo entre dos llegadas sucesivas.

λ = Tasa de llegada.

S = Tiempo de servicio por cliente.

μ = Tasa de servicio por servidor. Tasa de servicio total por m servidores si son independientes es $m\mu$.

N = Número de trabajos en el sistema. Incluye a aquellos trabajos que se encuentren recibiendo servicio, así como aquellos en espera de recibirlo.

N_q = Número de trabajos en espera de recibir el servicio. Este es siempre menor que N , dado que no incluye a aquellos que están recibiendo el servicio.

N_s = Número de trabajos recibiendo el servicio.

r = Tiempo de respuesta o el tiempo en el sistema. Este incluye ambos tiempos, el tiempo de espera por el servicio y el tiempo en que se lleva a cabo el servicio.

w = Tiempo de espera es el intervalo de tiempo entre el tiempo de llegada y el instante en que el servicio comienza.

Todas estas variables excepto λ y μ son variables aleatorias. La figura 2.5 muestra gráficamente las variables comunes empleadas en el análisis de una cola.

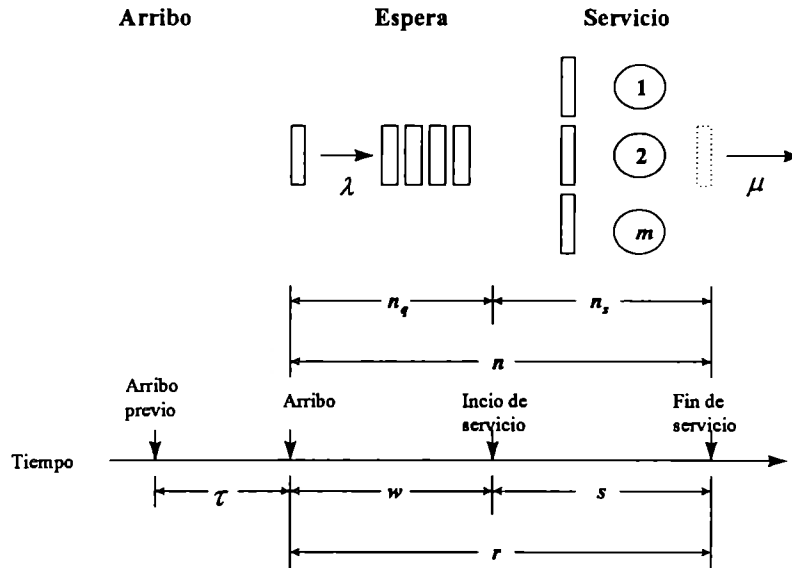


Fig. 2.5 Variables aleatorias comunes empleadas en el análisis de una cola

2.3.4 REDES DE COLAS

Existen sistemas que consisten de varias colas. Un trabajo puede recibir servicio de una o más colas antes de salir del sistema. Tales sistemas son modelados con redes de colas. En general, un modelo en el cual un trabajo partiendo de una cola llega a otra cola (o posiblemente la misma cola) es llamado una red de colas. Las redes de colas pueden ser cerradas o abiertas.

2.3.5 REDES DE COLAS ABIERTAS Y CERRADAS

Una red de colas abierta tiene llegadas y salidas externas. Un ejemplo de éstas se muestra en la Figura 2.6, en donde para una cola abierta se tiene una unidad de CPU que recibe la llegada de peticiones de servicio del exterior, éstas son atendidas por dos unidades de disco que representan los servidores y después de ser servidas salen al exterior. En el otro caso, en una red cerrada como en la figura 2.7, las peticiones generadas dentro del mismo sistema llegan a la unidad de CPU, éstas son atendidas por las mismas dos unidades de disco pero después de ser atendidas regresan nuevamente a la unidad de CPU para volver a ser servidas. El número de trabajos en el sistema varía con el tiempo. Al analizar un sistema de colas abierto se asume que el flujo de entrada es conocido (para ser igual a la tasa de llegadas), y la meta es caracterizar la distribución del número de trabajos en el sistema. Una red de colas cerrada no tiene llegadas externas o salidas. Como lo ilustra la figura 2.7, los trabajos en el sistema se encuentran circulando de una cola a la siguiente. El número total de trabajos en el sistema es constante. Los trabajos que salen del sistema, inmediatamente vuelven a entrar. Es además posible contar con redes de colas mixtas, que son abiertas para ciertos trabajos y son cerradas para otros.

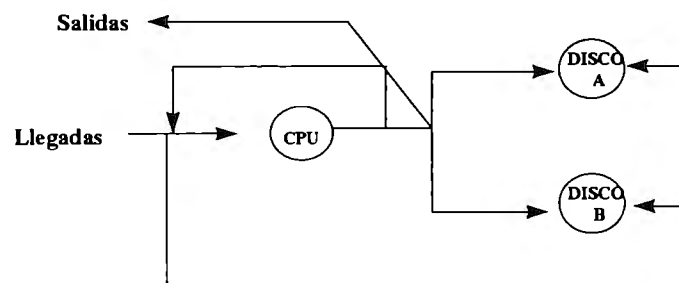


Fig. 2.6 Una red abierta con salidas y llegadas externas

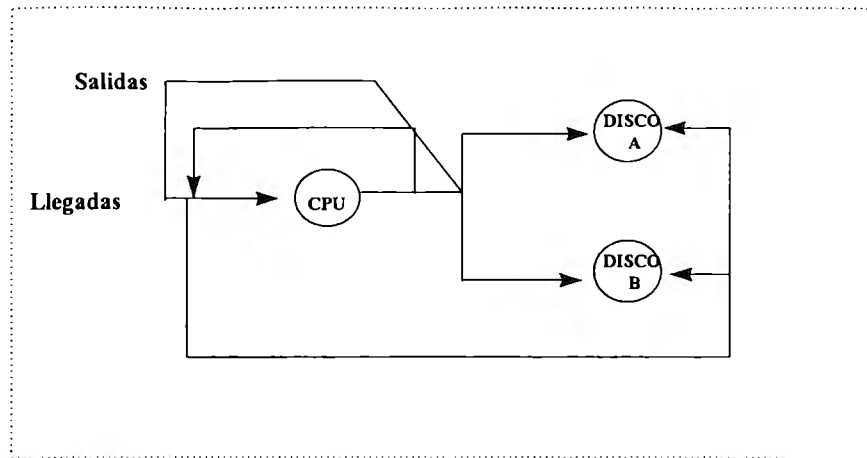


Fig. 2.7 Una red cerrada sin llegadas y salidas externas

El modelo más simple de redes de colas es una serie de M servidores con colas simples con tiempo de servicio exponencial y llegadas Poisson. El modelo de base de datos distribuida será analizado en base a este tipo de red de colas, este modelo de colas permite describir el comportamiento de los sitios al satisfacer una pregunta ya sea que ésta requiera de la consulta de un sólo sitio, en cuyo caso la pregunta que llega se forma en una cola para ser atendida y sale del sistema, o bien en el caso de que la contestación de la pregunta involucre a varios sitios una o más veces, en cuyo caso la pregunta llegará a un sitio inicial y de ahí partirá a otras colas simples hasta que se de su salida del sistema.

En este caso cada una de estas colas puede ser analizada independientemente de otras colas. Cada cola tiene una tasa de llegada λ , así como una tasa de servicio de μ . Si μ_i es la tasa de servicio para el servidor i entonces;

- La utilización del servidor i está dada por

$$\rho_i = \lambda / \mu$$

- La probabilidad de que se encuentren n_i trabajos en la i cola es

$$(1 - \rho_i) \rho_i^{n_i}$$

En donde los movimientos de transición en la red van a estar determinados por la siguiente matriz:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{00} & q_{01} & q_{02} \cdots & q_{0m} \\ q_{10} & q_{11} & q_{12} \cdots & q_{1m} \\ q_{20} & q_{21} & q_{22} \cdots & q_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{m0} & q_{m1} & q_{m2} \cdots & q_{mm} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Donde q_{ij} es la probabilidad de transición del cliente de ir al servidor j partiendo del servidor i .

□ La probabilidad de salida al exterior del sistema q_{i0} para un servidor i está dada por

$$q_{i0} = 1 - \sum_{j=1}^m q_{ij}$$

Todas las llegadas del exterior se basan en un proceso Poisson con parámetro δ . El proceso de estas llegadas del exterior a un nodo i es $\delta_i = q_{oi}\delta$ donde:

$$\delta = \sum_{i=1}^m \delta_i$$

De acuerdo al teorema de Jackson [25]. En una red en estado estable, es decir una red de colas con nodos M/M/1, cuyo proceso de llegada y de salida es un proceso Poisson con parámetro λ ; el número de clientes en un nodo es independiente del número de clientes en otros nodos. El nodo i se comporta como un sistema independiente M/M/ m_i con parámetro de llegada λ_i y tasa de servicio $\mu_i(n_i)$ para cada uno de sus m_i servidores.

Los servidores en cada nodo deben tener capacidad suficiente de atención, es decir;

$$\lambda_i < m_i \mu_i(n_i)$$

además las salas de espera deben tener una capacidad infinita.

2.3.6 MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Para determinar la eficiencia del modelo de la base de datos distribuida se emplearán las medidas de desempeño aplicables a una red cuando los nodos de la red son M/M/1, éstas son:

- Probabilidad de n_i trabajos en el sistema:

$$\begin{aligned} \Pr[N_1 = n_1, N_2 = n_2, \dots, N_m = n_m] &= \\ &= \Pr[N_1 = n_1] \Pr[N_2 = n_2] \dots \Pr[N_m = n_m] = \\ &= (1 - \rho_1) \rho_1^{n_1} (1 - \rho_2) \rho_2^{n_2} \dots (1 - \rho_m) \rho_m^{n_m} \end{aligned}$$

Donde $\rho_i = \lambda_i / \mu_i$ es el factor de utilización de la cola que representa al nodo i . N_i es la variable aleatoria que da el número de clientes en el nodo i .

- El número esperado de clientes en toda la red en caso de nodos M/M/1 es:

$$L = E[N_1 + N_2 + \dots + N_m] = \sum_{i=1}^m E[N_i]$$

$$L = \delta W$$

$$\delta = \sum_{i=1}^m \delta_i$$

$$E[N_i] = L_i = \lambda_i W_i$$

Donde:

L : es el número esperado de clientes en toda la red.

L_i : es el número esperado de clientes en el nodo i .

W : es el tiempo promedio total en el sistema.

W_i : es el tiempo promedio en el nodo i durante una visita.

□ El número esperado de clientes en el nodo i es:

$$L_i = \frac{\rho_i}{1 - \rho_i} = \frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i}$$

A continuación se presentan algunos trabajos de investigación y proyectos relacionados con las áreas y conceptos introducidos.

2.4 Aplicaciones de las Bases de Datos Distribuidas y la Teoría de Colas

Se presentan ahora como ejemplo, algunas aplicaciones y proyectos de investigación de las áreas que comprenden las Bases de Datos Distribuidas y la Teoría de Colas.

2.4.1 BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS

En lo referente al estado del arte de las bases de datos distribuidas, podemos encontrar proyectos recientes, enfocados a aumentar el rendimiento de la base de datos, entre estos se encuentra por ejemplo, el proyecto RAID[5] (Distributed Database System Research) el cual se basa en la

investigación de los principios necesarios para construir sistemas de bases de datos de alto rendimiento, confiables, reconfigurables e interoperables. Este proyecto conduce estudios experimentales y teóricos en áreas de larga escala de los sistemas distribuidos, soporte para sistemas orientados a objetos como el tope de una implementación relacional, computación móvil, y elementos de las bases de datos como adaptabilidad a fallas, control de la replicación, falla/recuperación del servidor, sistemas de comunicación y soporte a aplicaciones multimedia; otros estudios involucran el uso de las bases de datos distribuidas para mejorar una problemática, como es el caso de Event [6] (Distributed Database System in the Management of Environmental and Water Resource Problems in Eastern Europe, Russia, and the CIS), la principal contribución de este trabajo es el poder controlar a través de una colección de un buen conjunto de información y de datos, el problema de los recursos más importantes, sobresalientes y en crisis como lo son el agua y el medio ambiente. El ARW (Advanced Research Workshop) concentrará su atención en el rol central de los datos, su colección, proceso, distribución y compartición en una efectiva administración de los recursos de agua y medio ambiente. Podemos encontrar también estudios que involucran el paralelismo en la construcción de modelos de bases de datos distribuidas, como el modelo de ejecución para transacciones de bases de datos distribuidas con su implementación en VPL [7] "Vienna Parallel Logic", este modelo puede ser empleado por sistemas con múltiples bases de datos, utiliza el modelo Flex de transacciones que ha sido propuesto como una herramienta general y flexible para la especificación de transacciones en las bases de datos distribuidas y de posible extensión para considerar especificaciones de transacciones anidadas y recursivas. Otros proyectos recientes como el InfoSleuth [8] iniciado en 1995, intentan mejorar la tecnología existente disponible a las personas para localizar y recuperar información a través de redes distribuidas de información, incluyendo Internet y el Word Wide Web.

En el mercado también podemos encontrar productos de esta área como lo son: los pioneros SDD-1, R*, e INGRES y productos de punta como ORACLE7 y Sybase System 10 [9].

Existen otras investigaciones enfocadas a optimizar los tiempos de operación de la base de datos distribuida usando distintos modelos de distribución en el sistema, entre estas están: "Plant Automation in a Structured Distributed System" [23] en el cual se diseña e implementa un sistema jerárquico distribuido para llevar el control de manufactura de componentes electrónicos. La implementación incluye distribuir las bases de datos para asegurar una

capacidad de 24 horas de manufactura. Otro tipo de investigaciones se centran en el desarrollo de protocolos que permitan una optimización en las operaciones de la base de datos que involucren operaciones join, es decir una optimización a las operaciones de producto cartesiano necesarias cuando se combina información de varias relaciones en la base de datos. Un ejemplo es. “A Robust Protocol for Parallel Join Operation in Distributed Data Bases” [22] en el cual se estudia un modelo conocido como hipercubo binario, el cual se usa para la tolerancia a fallas en la interconexión de redes.

El uso de réplicas, el adecuado control y acceso a éstas es uno de los modelos en desarrollo a través del protocolo TSAE “timestamped anti-entropy” dentro del proyecto “Modeling replica divergence in a weak consistency protocol for global scale distributed data bases” cuyo propósito es que el tiempo de respuesta de la base de datos sea corto a pesar de que se cuenten con cientos o miles de réplicas en la base y seguir dando un resultado correcto aún en presencia de una temporal la falla en la réplica o en una parte de la red.

2.4.2 TEORIA DE COLAS

En lo referente al estado del arte en Teoría de Colas existen varios trabajos y varios autores que han estudiado a la Teoría de Colas como una herramienta de análisis del desempeño de sistemas computacionales así como de redes de telecomunicaciones. Para citar algunos de ellos se encuentran los trabajos publicados de A.O. Allen para efectuar un análisis del desempeño de sistemas computacionales mediante matemáticas, probabilidad, estadística y Teoría de Colas; R. Jain con trabajos publicados sobre técnicas de diseño, medidas, simulación y modelado en base al análisis del desempeño de sistemas computacionales. Por otra parte existen también publicaciones sobre la estabilidad y el desempeño de sistemas de procesamiento paralelo (Bambos NiCholas, Walrand Jan Journal of the ACM [1]), así como herramientas de software basadas en Teoría de Colas que sirven de soporte a la toma de decisiones obteniendo predicciones midiendo el desempeño de sistemas de manufactura. Un ejemplo de eso es el MANUPLAN II. Existen también publicados trabajos de proyectos de tesis, los cuales emplean la Teoría de Colas dentro de un modelo evaluador del desempeño del flujo de producción de una

fabrica de manufactura. Otro tipo de software se ha desarrollado también para efectuar el análisis del tráfico en las redes de datos, como el QROOT, QPACK, y TELEPACK.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se presentaron los conceptos teóricos relacionados con las áreas de Bases de Datos Distribuidas y Teoría de Colas que se vincularán en el siguiente capítulo, y se presentaron algunos proyectos de investigación que sirven como ejemplo de aplicaciones relacionadas con estas áreas.

3 VINCULACION ENTRE LAS BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS Y LA TEORÍA DE COLAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Como se mencionó previamente la Teoría de Colas funge como una técnica analítica para la evaluación de sistemas de distinta índole, como sistemas de manufactura, sistemas computacionales y sistemas de telecomunicaciones entre otros. Sin embargo, no es posible aplicar los mismos criterios de análisis en la evaluación de sistemas que tratan problemas de distintas áreas y aun tratándose de sistemas enfocados a resolver un mismo problema, no es posible aplicar los mismos criterios de análisis dada la diferencia de parámetros que juegan en el planteamiento y ejecución de cada sistema.

En este capítulo se efectúa una relación de los elementos que integran a las Bases de Datos Distribuidas y su funcionamiento con los elementos de la Teoría de Colas, que permitirán realizar la evaluación del rendimiento para un modelo de base de datos distribuida, lo que es el objetivo de este proyecto.

3.2 RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA CON LOS ELEMENTOS DE TEORÍA DE COLAS

Como primer punto, se debe ver a la base de datos distribuida como un sistema que brinda un servicio a clientes. El objetivo de que una base de datos sea centralizada o distribuida es el satisfacer las necesidades de información manteniendo la consistencia, integridad y seguridad de la base de datos. En el caso de una base de datos distribuida, el cumplimiento de este objetivo se logra mediante la operación de varias bases de datos que se encuentran alojadas en sitios dispersos, cada uno de estos sitios se puede conceptualizar como un servidor. Bajo este esquema, la base de datos cuenta entonces con un número de servidores que otorgan el servicio a los clientes, al número de servidores propuestos en el modelo se le denominará M .

Durante un tiempo de operación t de los M servidores que integran a la base de datos, cada uno de ellos dará servicio a un número n de peticiones o procesos. Los procesos corresponden a las consultas o actualizaciones a la base.

Cada una de estas peticiones será servida en un número de unidades de tiempo t_i ; dado que se trata de una base distribuida cada uno de los servidores podrá tener información distinta dependiendo de la distribución de los fragmentos.

Un servidor puede ser requerido por varios procesos. Estos procesos no podrán ser atendidos a menos que el servidor m_i se encuentre desocupado, en caso contrario se formará una cola de espera para el servidor m_i con una capacidad infinita para efectos de la evaluación.

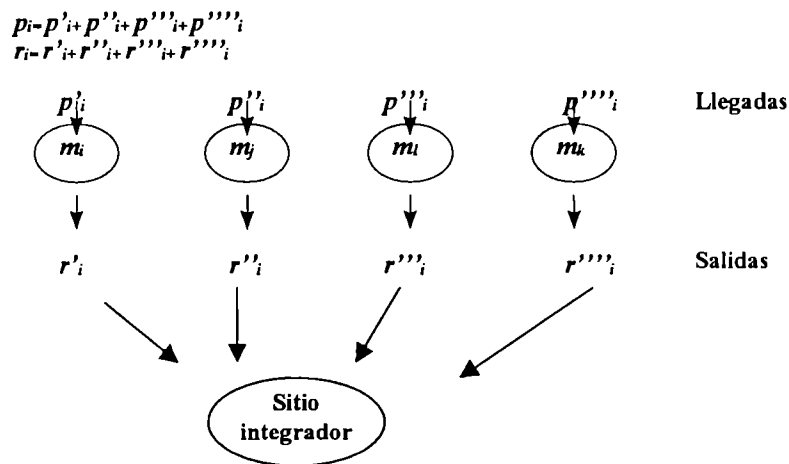
Cada proceso llega al sistema en un tiempo t_p , este tiempo de llegadas entre uno y otro proceso sigue una distribución de tipo exponencial, lo mismo que el tiempo t_s en el que se efectúan las salidas de los procesos del sistema.

El tiempo que pase un proceso en el sistema depende del número total de procesos en las colas de espera, así como del número de procesos en servicio. Además de un tiempo de espera distinto, cada uno de los procesos p_i tendrá un tiempo de atención por el servidor m_i diferente, ya que los

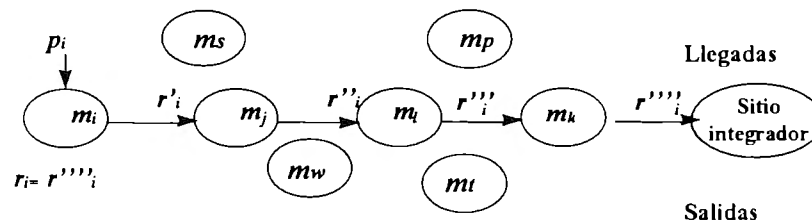
procesos pueden variar en sus niveles de complejidad y requerir del servicio de más de un servidor, lo que involucra una red de colas en la operación de la base de datos distribuida.

Los procesos pueden requerir de varios servidores siendo necesario el resultado parcial r_i del servidor m_i para pasar al servidor m_j , o bien, en caso de que no existan dependencias entre los resultados parciales el proceso puede ser atendido en forma paralela.

Mientras mayor sea la complejidad del proceso y mayor sea el número de servidores dependientes requeridos para satisfacer la petición, mayor será el tiempo t_i que el proceso pase en el sistema. La Fig. 3.1 ilustra estos dos diferentes casos de servicio; en el primero A) el proceso p_i no requiere de la terminación de una consultas parcial para llevar a cabo otra consulta parcial, en el segundo caso B) las consultas parciales son dependientes entre si.



A) Proceso p_i atendido paralelamente



B) Proceso p_i atendido secuencialmente

Fig. 3.1 Atención de un proceso p_i por M servidores

Una vez dada la salida del resultado r_i del proceso p_i , éste es enviado al sitio en donde se efectuó la petición local de información.

3.3 RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE TEORÍA DE COLAS CON LOS ELEMENTOS DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA

Para llevar a cabo un análisis de rendimiento mediante Teoría de Colas es necesario identificar los seis parámetros necesarios para especificar un sistema de colas, estos parámetros de acuerdo a las características de una base de datos distribuida se dan en las siguientes secciones.

3.3.1 LOS PROCESOS DE LLEGADAS

La llegada de los clientes, en el caso de una base de datos, se refiere a los procesos de consulta y actualizaciones a la base. Estas llegadas se efectúan de acuerdo a la tasa de llegada δ_i para cada uno de los servidores i con $i = 1, 2, \dots, M$, que para el caso de la BDD son los sitios, el porcentaje de llegadas a cada sitio λ_i depende del flujo que indique la red de colas para la terminación de la consulta y corresponde al número de consultas o peticiones por unidad de tiempo para el sitio i .

3.3.2 TASA DE SERVICIO

La tasa de servicio de cada servidor, μ_i , es el tiempo de servicio por unidad de tiempo que requiere el servidor para satisfacer la consulta. Esta tasa de servicio corresponde a la complejidad asignada a las consultas y esta dada por μ_i con $i = 1, 2, \dots, M$.

3.3.3 NÚMERO DE SERVIDORES

Una base de datos distribuida cuenta con un número M de bases de datos que se encuentran alojadas en sitios dispersos, cada uno de estos sitios es considerado como un servidor. El número de sitios requeridos depende del esquema de la BDD que se esté representando.

3.3.4 CAPACIDAD DEL SISTEMA

La capacidad de procesos en el sistema estará limitada por la disponibilidad de espacio, sin embargo, para efectos de análisis es conveniente tratar la capacidad del sistema como infinita, tomando en cuenta tanto a los procesos en servicio como a los procesos en espera.

3.3.5 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

Como el número de procesos que pueden solicitar de servicio se supone puede llegar a ser muy grande, conviene tomar un tamaño infinito para efectos de análisis.

3.3.6 DISCIPLINA DE SERVICIO

La disciplina de servicio para cada servidor es de FIFO, sin embargo, no todo proceso que llega primero al sistema, es el primero en salir, dado que la cola de cada servidor es independiente y que distintos procesos entrantes pueden ser asignados a distintos servidores. Un proceso puede llegar primero y requerir el servicio de varios servidores mientras que un proceso que llega tiempo después puede requerir el servicio de un sólo servidor y salir primero.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y PARÁMETROS INVOLUCRADOS

Los parámetros que se consideran en el análisis son los correspondientes a un sistema de red de colas con nodos M/M/1 en donde para cada uno de los servidores se identifican los siguientes parámetros de forma independiente:

δ_i = Tasa de llegada de consultas al sitio i .

λ_i = Número de consultas en el sitio i por unidad de tiempo .

μ_i = Tasa de servicio para el sitio i .

q_{ij} = Probabilidad de transición de la consulta de pasar del sitio i al sitio j .

N = Número de procesos en el sistema. También se conoce como la longitud de la cola. Incluye a aquellos procesos que se encuentren recibiendo servicio, así como aquellos en espera de recibir el servicio.

N_q = Número de procesos en espera de recibir el servicio. Este es siempre menor que N , dado que no incluye a aquellos que están recibiendo el servicio.

N_s = Número de procesos recibiendo el servicio.

ρ_i = Factor de utilización del nodo i .

L = Número de consultas esperadas en toda la red.

L_i = Número esperado de consultas en el nodo i .

W = Tiempo promedio total en el sistema.

W_i = Tiempo promedio en el nodo i durante una consulta.

Las transiciones de las consultas en la red van a estar marcadas por las dependencias que existan entre los sitios para satisfacer la respuesta de un proceso p_i , la fig. 3.2 muestra la relación que se tendrá entre los sitios, los fragmentos y la frecuencia de cada fragmento. En ella se representa la frecuencia en que el sitio i utiliza el fragmento k del sitio j .

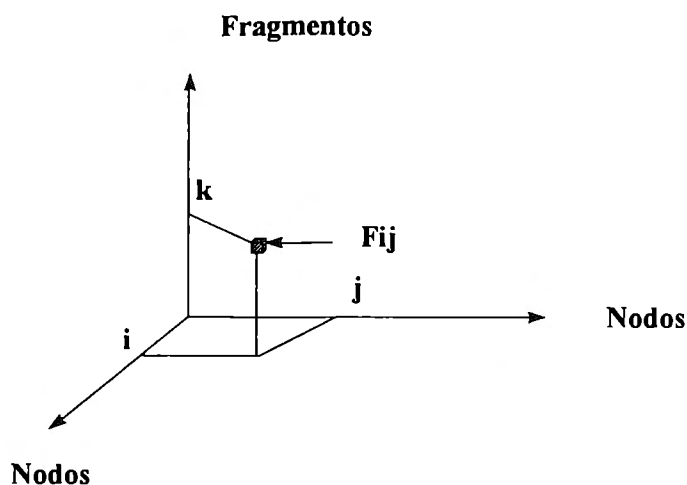


Fig. 3.2 Relación de frecuencia entre los nodos i y j para el fragmento k

Estos movimientos serán determinados por la matriz e transición (2.3).

El número de procesos que se encuentren en la cola de uno de los sitios, es independiente del número de procesos que se encuentren en la cola de otro servidor ubicado en otro sitio.

3.5 OTROS FACTORES DEL SISTEMA DE BASE DE DATOS DISTRIBUIDA

Ya se mencionó que el tiempo de servicio y de espera de cada proceso, es decir el tiempo total del proceso en el sistema es distinto, dependiendo de la complejidad del proceso y del número de dependencias que existan entre los servidores empleados para satisfacer el proceso. Sin embargo, es importante considerar otros tiempos involucrados, que afectan considerablemente el desempeño del modelo de una base de datos distribuida, estos otros tiempos están marcados por la topología de la red y el ancho de banda del medio físico de transmisión de datos. No es posible comparar dos modelos de bases de datos distribuidas sin considerar estos factores.

Otros problemas que se presentan en la operación de la base de datos distribuida tales como colisiones, pérdidas de paquetes de información, reenvíos, reordenamientos y control de tráfico, se relacionan y son controlados por el medio físico de red empleado en la conexión de los sitios.

Para que el análisis comparativo de desempeños sea real y pueda ser llevado de un modelo de simulación al mundo real, es necesario estimar para ambos modelos en comparación el mismo ancho de banda y la misma topología de red.

La topología que tenga la red afecta en los tiempos de transmisión y de respuesta, dado que entre dos sitios puede existir más de una vía de comunicación entre ellos y cada una de estas vías tener un tiempo de transmisión distinto. El caso del ancho de banda, de igual manera que la topología, afecta los tiempos de transmisión ya que dependiendo del medio empleado a mayor ancho de banda se puede transmitir paralelamente un mayor número de consultas. Para el caso de la simulación se asume que se cuenta con el mismo ancho de banda en la red completa y con la misma topología de conexión para cada una de las variaciones del esquema de BDD que se va a comparar, pueden entonces no tomarse en cuenta o bien estimarse como una constante.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se realizó la relación entre los elementos de las bases de datos distribuidas y los elementos de la teoría de colas, se establecen las métricas necesarias para calcular el rendimiento de una base de datos distribuida, se identifican los parámetros y variables involucradas para el análisis y se comentan otros factores que pueden afectar el rendimiento de la base de datos distribuida.

Una vez obtenidas las métricas necesarias de Teoría de Colas e identificadas las partes de las Bases de Datos Distribuidas que afectan su rendimiento, el siguiente capítulo presenta los pasos identificados en la construcción del modelo que permite la aplicación de las métricas obtenidas, indicadas en la sección 3.4.

4 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es determinar cuales fueron los puntos principales para llevar a cabo la construcción del modelo que permita evaluar el rendimiento de una BDD, identificando los pasos que se llevaron a cabo para lograr conformar cada parte del modelo.

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

La mayoría de los problemas de evaluación de rendimiento no son únicos, las métricas, la cantidad de trabajo y las técnicas de evaluación empleadas para un problema generalmente no pueden ser empleadas para otro, sin embargo, existen pasos en común para la evaluación de los proyectos [20]. Estos son:

- ❑ Establecimiento de metas y definición del sistema.
- ❑ Lista de los servicios y salidas.
- ❑ Selección de las métricas.

- Lista de los parámetros.
- Selección de los factores a estudiar.
- Selección de las técnicas de evaluación.
- Determinación de la cantidad de trabajo.
- Diseño de experimentos.
- Análisis e interpretación los datos.
- Presentación de los resultados.

A continuación se presenta la descripción de estos pasos.

4.2.1 ESTABLECIMIENTO DE METAS Y DEFINICIÓN DEL SISTEMA

El primer paso en cualquier proyecto de evaluación del rendimiento es fijar las metas del estudio y definir qué es lo que constituye el sistema, identificando sus características y fortalezas. Dado el mismo conjunto de hardware y software, la definición del sistema puede variar dependiendo de las metas de estudio. La elección de las bondades del sistema afectan las métricas de rendimiento así como la carga de trabajo usada para comparar los sistemas.

El objetivo principal del modelo es llevar a cabo la estimación del rendimiento de una base de datos distribuida, empleando para esto elementos de evaluación que pertenecen a la Teoría de Colas, sin embargo, durante el desarrollo del proyecto se identificaron algunas características adicionales que le dan mayor flexibilidad, tales como:

- Emplea una base de datos para controlar los parámetros de la simulación.
- Mediante la base de datos se permitir un control de todas las versiones de las diferentes estructuras propuestas para el modelo de base de datos distribuida que se esté analizando.
- Parametrizar las variables involucradas con el rendimiento de la BDD.

4.2.2 LISTA DE SERVICIOS Y SALIDAS

Cada sistema provee un conjunto de servicios. Cuando se efectúa una solicitud a un servicio existe un número de posibles salidas, algunas deseables y otras no. Por ejemplo, en el caso de una base de datos cuando se hace la petición de que responda a una consulta, los resultados pueden ser correctos o bien incorrectos debido a inconsistencia en las actualizaciones, problemas de interbloqueos o algún problema similar. La lista de los servicios disponibles y de las posibles salidas es útil en la selección de métricas y cargas de trabajo.

El modelo, para cumplir su objetivo principal, lleva a cabo la medición de los tiempos involucrados en tres consultas específicas, dichas consultas pueden ser lanzadas por cualquiera de los sitios que se encuentren en la estructura de la BDD y aleatoriamente dirigirse a uno o varios sitios para completarse.

Para calcular los tiempos de generación y de terminación de una consulta de una manera aleatoria, se emplea la distribución exponencial, dado que una de las propiedades de esta distribución, es su relación con el tiempo entre llegadas consecutivas de los clientes.

4.2.3 SELECCIÓN DE MÉTRICAS

Este es el paso donde se seleccionan los criterios para poder comparar el rendimiento. Estos criterios se conocen como métricas. En general, las métricas se relacionan con la velocidad, exactitud y disponibilidad de los servicios.

Los elementos de la Teoría de Colas son los que permitirán llevar a cabo el análisis del proyecto. Los elementos identificados son:

- Número de procesos en el sistema.
- Número de procesos en espera de recibir el servicio.
- Número de procesos recibiendo el servicio.
- Factor de utilización del nodo i .

- Número de consultas esperadas en toda la red.
- Número esperado de consultas en el nodo i .
- Tiempo promedio total en el sistema.
- Tiempo promedio en el nodo i durante una consulta.

Estos elementos se relacionan con los elementos de las BDD como se indica en capítulo 3.

4.2.4 LISTA DE PARÁMETROS

El siguiente paso es el efectuar una lista con los parámetros que afectan el rendimiento del sistema. Esta lista puede ser dividida en parámetros del sistema y parámetros de la carga de trabajo. Los parámetros del sistema incluyen tanto parámetros relacionados con hardware y software, los cuales generalmente no varían por las modificaciones de un sistema. Los parámetros correspondientes a las cargas de trabajo son variables de acuerdo a las peticiones al sistema.

A continuación se mencionan los parámetros que afectan el rendimiento del modelo:

- Estructura seleccionada para la BDD
 - Número de nodos
 - La Distribución de los fragmentos en los sitios.
- Estructura seleccionada para la red de Colas
 - Flujos de llegadas y salidas entre nodos
 - Tiempos de llegada del exterior a cada uno de los nodos

Uno de los supuestos del sistema es que, al efectuar el análisis del esquema de BDD con variaciones en los parámetros y la comparación de los resultados, el tipo de medio de conexión involucrado se supone el mismo en todos los esquemas del modelo, al igual que la topología de conexión, por lo tanto el análisis se concentra en los tiempos de operación de la BDD, siendo los tiempos de transmisión en este caso no relevantes, dado que son los mismos para cada esquema se podrían considerar como una constante.

4.2.5 SELECCIÓN DE LOS FACTORES A ESTUDIAR

La lista de parámetros puede dividirse en dos partes, aquellos que varían durante la evaluación y aquellos que no. Los parámetros que varían son llamados factores y sus valores son llamados niveles. Los parámetros que se espera sean de un gran impacto en el rendimiento son aquellos que preferentemente deben seleccionarse como factores del modelo, dado que la lista de los factores y valores que involucra el sistema puede ser muy grande.

En un análisis efectuado a un determinado esquema de BDD los parámetros que varían en la simulación gráfica de las consultas son:

- Los involucrados con tiempos estimados en base a la distribución exponencial, dado que estos son aleatoriamente construidos durante la simulación.
- Los parámetros que permanecen fijos durante la simulación son la estructura de la BDD propuesta y la serie de flujos asignados a la red de colas.

4.2.6 SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN

Las tres técnicas posibles para llevar a cabo la evaluación de un sistema son:

- Modelo analítico.
- Simulación.
- Medición de un sistema real.

La selección de la técnica adecuada depende del tiempo y los recursos disponibles para solucionar el problema y el nivel deseado de exactitud.

Las técnicas seleccionadas para la evaluación de este proyecto son la simulación y el modelo analítico.

La simulación se lleva a cabo para representar en forma gráfica el comportamiento de la base de datos. En ésta se emplea la distribución exponencial para generar tiempos aleatorios, la generación de consultas y la selección de los sitios se lleva a cabo en forma aleatoria.

El modelo analítico se aplica en el cálculo de las métricas de desempeño de la estructura de la base de datos distribuida, y permite realizar un análisis sobre éstas métricas para obtener el rendimiento de la base de datos.

4.2.7 SELECCIÓN DE CARGAS DE TRABAJO

La cantidad de trabajo consiste de una lista de los requerimientos de servicio para el sistema. Por ejemplo, en el caso de la base de datos, la lista de requerimientos la constituye el conjunto de peticiones de consulta o actualizaciones a la base de datos. Dependiendo de la técnica de evaluación seleccionada esta carga de trabajo puede ser expresada en diferentes formas.

Se seleccionaron tres distintas estructuras de red de colas para la evaluación del modelo, cada una con flujos distintos entre los nodos.

La simulación gráfica se realiza con un número parametrizable de consultas que simula el tiempo de operación de la base de datos.

4.2.8 DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Una vez que se tienen la lista de los factores y la lista de sus niveles, es necesario determinar un conjunto de experimentos que ofrezcan la máxima información con el mínimo esfuerzo.

Para satisfacer los requerimientos de información que permitan cumplir el objetivo de la Tesis, se plantean como prueba tres distintos esquemas de un modelo propuesto como ejemplo de una base de datos distribuida², el análisis a estos tres esquemas permitirá determinar en base al rendimiento obtenido cual de ellos es más eficiente. Dos de éstos contemplan variaciones en sus redes de

colas y en el esquema de distribución de la base, mientras que el tercero plantea la operación del modelo bajo el supuesto de la caída de uno de los nodos de la base de datos.

4.2.9 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Es importante reconocer que las mediciones de salida y las simulaciones están determinadas por cantidades aleatorias, por tanto las salidas pueden ser distintas cada vez que se repite el experimento. En la comparación de dos alternativas, es necesario tener en cuenta la variabilidad de los resultados. Este análisis producirá los resultados que conducirán a las conclusiones.

Este análisis e interpretación de datos se documenta en el capítulo 7.

4.2.10 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

El paso final en todos los proyectos de evaluación de rendimiento es presentar los resultados.

La manera en que se presenten estos resultados es de suma importancia, éstos deben ser claros de manera que sean fáciles de entender. Usualmente se requiere presentar los resultados en forma gráfica y en una escala apropiada.

Comúnmente, en este punto del proyecto, el conocimiento adquirido por el estudio, hace que se reconsideren algunas de las decisiones hechas en pasos anteriores.

La presentación de los resultados se efectuará en el capítulo 7.

²El planteamiento del esquema de BDD de ejemplo se presenta en el capítulo 9.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se lleva a cabo la descripción de los pasos que se realizaron para construir la aplicación que evaluará el rendimiento de la base de datos distribuida y que sirve de apoyo para cumplir el objetivo del proyecto de tesis.

En la descripción de dichos pasos se encuentran las métricas seleccionadas y la lista de parámetros de entrada y salida necesarios para el análisis de evaluación del rendimiento, la técnica de simulación empleada, la forma en que se llevará a cabo el análisis y como se realizará la presentación de resultados.

El siguiente capítulo describe el modelo construido para la simulación y presenta la base de datos distribuida dada como un caso para ejemplificar el funcionamiento del modelo.

5 MODELO DE SIMULACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es presentar una descripción de la aplicación desarrollada para estimar el rendimiento de una base de datos distribuida. El lenguaje en que fue desarrollada fue Java 1.0 empleando el ambiente que provee Microsoft en su J++. La selección de esta herramienta de programación se debió principalmente a que se deseaba que el modelo pudiera ser ejecutado en cualquier navegador y que pudiera interactuar con algún manejador de base de datos, características que son satisfechas con la versión de Java en el ambiente de Microsoft.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo de simulación se encuentra estructurado en cuatro módulos:

- Módulo principal:
 - Se encarga de la creación de escenarios. Cada uno de estos escenarios representa el esquema de una base de datos distribuida.

□ Segundo módulo:

El segundo módulo del sistema toma los datos contenidos en el escenario para representar la base de datos sobre la que se llevará a cabo el análisis. En este módulo se construye la base de datos en forma gráfica y se arman los arreglos y matrices necesarios para llevar a cabo la simulación.

□ Tercer módulo:

El tercer módulo se encarga de efectuar el análisis de la base de datos seleccionada mediante la simulación de su comportamiento.

□ Cuarto módulo:

El cuarto módulo del modelo se encarga de efectuar la simulación gráfica y presentar los resultados obtenidos.

Las siguientes secciones presentan como se realiza el control de la información, y como se efectúan los procesos de simulación.

5.2.1 CONTROL DE ESCENARIOS

El escenario se puede conceptualizar como una versión distinta de la base de datos en evaluación, dado que cada uno contiene diferentes esquemas de la base de datos, éstos se construyen con el fin de llevar a cabo el análisis comparativo del comportamiento de las bases de datos seleccionadas.

Cada escenario contiene información correspondiente al número de sitios que integran la base de datos, la distribución de los datos de acuerdo al número de sitios planteados, el número de réplicas empleadas y los fragmentos que se han replicado, la forma en que se encuentran conectados los nodos (la topología de red) y los porcentajes de consultas o flujos que dicta la red de colas para cada nodo.

Los datos que se contemplan por escenario son:

- Número de escenario.
- Número de sitios en que se distribuye la base de datos.

- Identificación de los fragmentos que se encuentran en cada nodo.
- Número de réplicas empleadas en la base de datos.
- Identificación de los fragmentos que se encuentran replicados.
- Especificación de las conexiones entre los nodos.³

Para llevar el control de estos escenarios se complementa el modelo con una base de datos. Los datos correspondientes a cada uno de éstos son almacenados en dicha base y son manipulados a través del módulo de control de escenarios, este módulo es el que se encarga del mantenimiento de los datos existentes para un determinado escenario y de la generación de nuevos escenarios. La siguiente figura muestra las relaciones de las tablas que forman la estructura de la base de datos ESCENARIO.

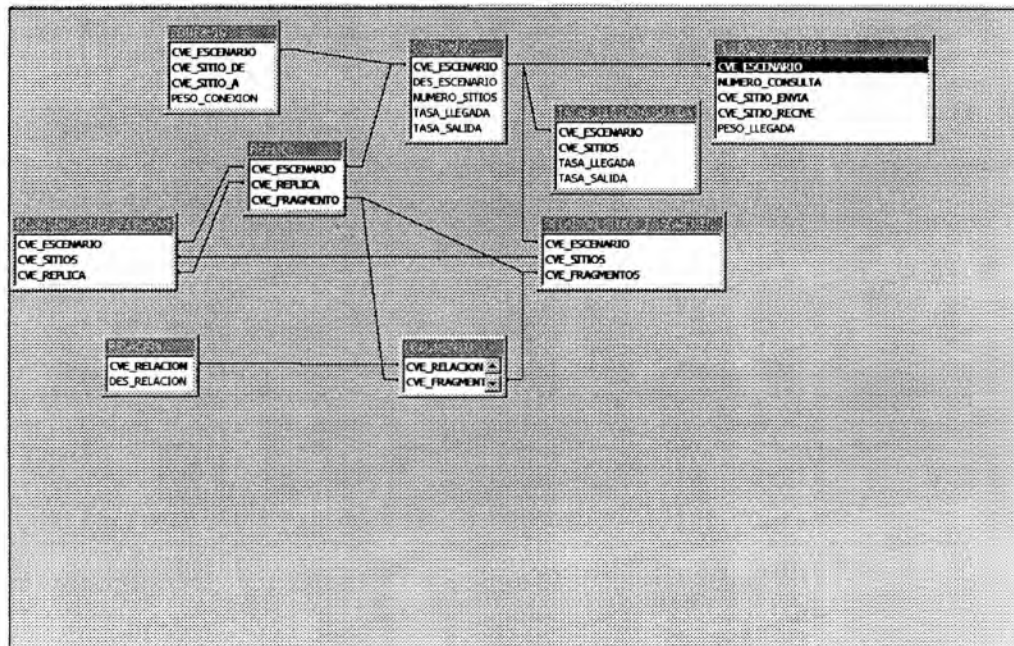


Fig. 5.1 Esquema de la base de datos que almacena los escenarios

El número del escenario es un número secuencial determinado por la implementación para diferenciarlos.

³ Para efectos de la simulación gráfica.

El número de sitios máximo permitido para efectos de la simulación gráfica es de nueve y el mínimo es de dos, igualmente el mayor número de réplicas permitido por el modelo es de nueve con la posibilidad de no manejar réplicas.

Para efectos de los cálculos realizados según las métricas de desempeño no hay límite en el número de sitios.

5.2.2 REPRESENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA

Con los parámetros almacenados en el escenario, el siguiente módulo del modelo construye los arreglos y matrices necesarios para efectuar la simulación del comportamiento de la base de datos. El número de sitios y la distribución de los fragmentos permiten determinar el número y secuencia de nodos necesarios para satisfacer una consulta, el flujo correspondiente a la red de colas que forman estos nodos permiten efectuar la estimación de los tiempos de operación de la base de datos distribuida que se está representando.

La figura 5.2 muestra el “applet” animado que contiene la representación de un escenario con cuatro sitios conectados entre si.

La especificación de las conexiones entre los sitios, permite simular como una consulta viaja de un sitio a otro para satisfacerse.

El tiempo de servicio estimado para un nodo involucra la solicitud del servicio, aunado al tiempo de espera del servicio, y al tiempo en que se encuentre la consulta siendo atendida, dichos tiempos son también variables de acuerdo al peso de la consulta efectuada, que en nuestro caso está determinado por el tipo de consulta efectuada.

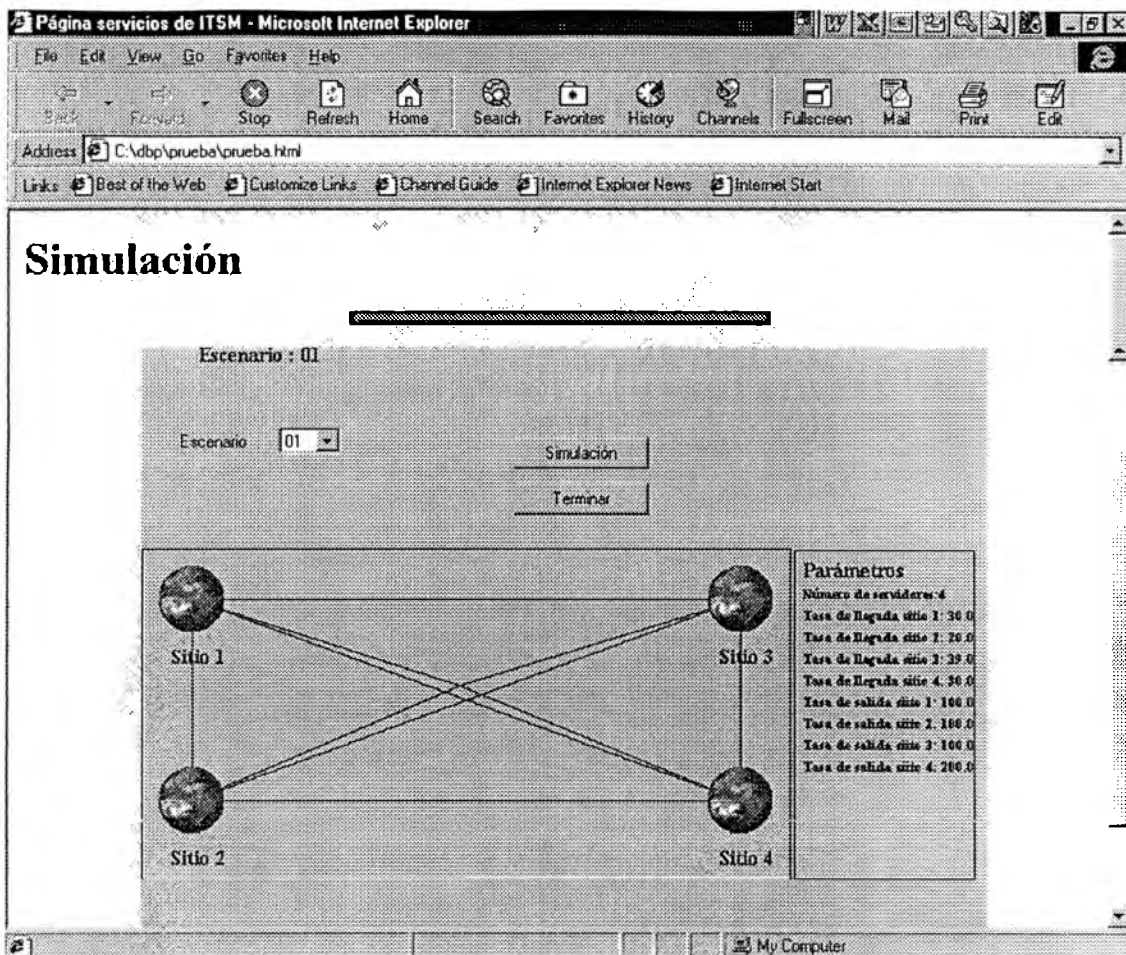


Fig. 5.2 Representación gráfica de cuatro sitios y sus enlaces

5.2.3 SIMULACIÓN

El tercer módulo que se encarga de realizar la simulación de la base de datos estima los tiempos de llegada y de salida de una petición de servicio en base a una distribución exponencial. El tiempo que se tarda una consulta en ser atendida por uno de los sitios es calculado de igual manera. Estos tiempos son estimados de forma independiente para cada uno de los nodos.

Los tiempos de operación de la base de datos son almacenados en arreglos durante el tiempo que dure la simulación. Este tiempo será especificado al inicio de la simulación y se determina en

base a un número de consultas N a ejecutar. Una vez terminada la simulación los tiempos almacenados en los arreglos serán procesados para obtener los resultados de la simulación, cabe mencionar que estos resultados, dado que se encuentran basados en tiempos calculados en forma pseudoaleatoria, no serán los mismos en cada corrida del modelo.

5.2.4 SIMULACIÓN GRÁFICA

La simulación gráfica del modelo se refiere a una representación visual del comportamiento de la base de datos. En esta se podrá observar de acuerdo a los tiempos calculados para la generación y terminación de consultas en cada uno de los sitios y a su flujo correspondiente en la red de colas:

- La transmisión y comunicación entre los sitios.
- La atención de las consultas.
- La salida de las peticiones.

La siguiente figura muestra el “applet” animado de la simulación representando dos consultas que se llevan a cabo del sitio dos al tres en forma secuencial.

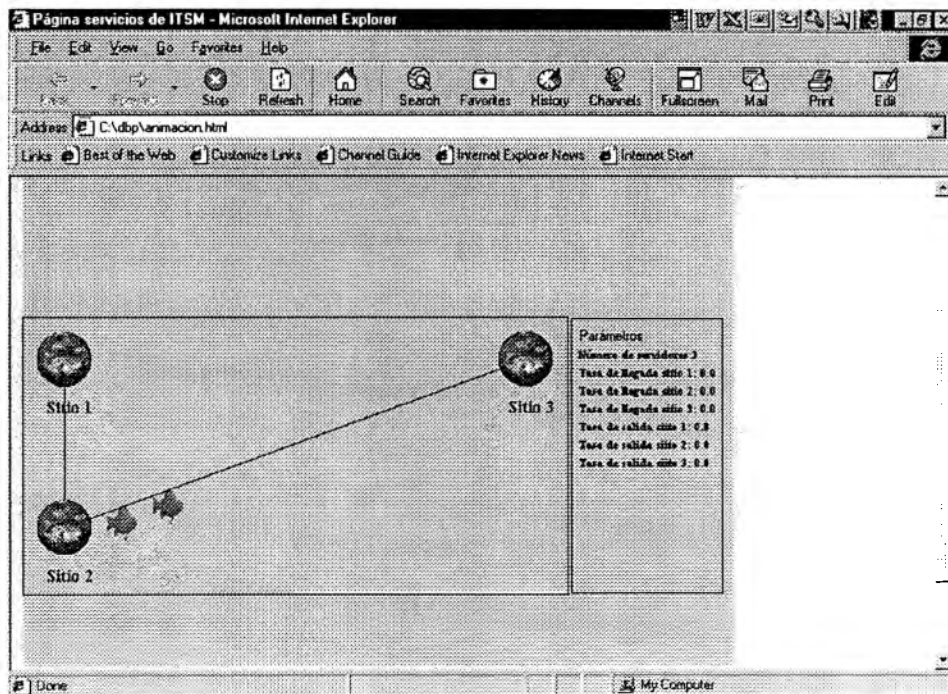


Fig. 5.3 Representación de la generación de consultas

La asignación de los sitios que tiene que visitar la consulta para satisfacerse se realiza en forma porcentual, según el porcentaje se indica el modelo de red de colas para la consulta lanzada.

La caída de los sitios se considera dentro uno de los escenarios a comparar; cuando se especifica la caída de un sitio, en la simulación se podrá observar cómo entra en funcionamiento la réplica y como afecta a las colas este evento.

5.2.5 OBTENCIÓN DE RESULTADOS

El último módulo del sistema trabaja con los resultados obtenidos de la simulación. El sistema permite la selección de los escenarios a comparar, de esta manera se contempla la posibilidad de evaluar estos resultados con varios esquemas de bases de datos distribuidas que se vayan generando.

5.3 EJEMPLO DE ESQUEMA DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA

5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS CENTRALIZADA

La base de datos, a partir de la cual se construirá el modelo de base de datos distribuida, pertenece a una aplicación de la Gerencia de Control Presupuestal que forma parte de la Subdirección de Programación y Presupuestación y ésta a su vez pertenece a la Dirección Corporativa de Finanzas de Petróleos Mexicanos.

La base de datos contiene información correspondiente al presupuesto y ejercicio de cada uno de los organismos que integran Petróleos Mexicanos.

El objetivo principal de esta base de datos es el de llevar el control mensual de los montos correspondientes al ejercicio y presupuesto devengables, permitiendo realizar una serie de

consultas correspondientes a los organismos agrupados por renglón de gasto, rubro, centro de trabajo, departamento, programa, subprograma, proyecto y meta.

La base de datos contiene una serie de catálogos que contienen la información correspondiente a La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y a través de los cuales se lleva a cabo la consolidación de la información.

La información se divide según su renglón de gasto en operación e inversión. El requerimiento de la información es mensual, por lo tanto ésta se encuentra versionada en meses de acuerdo al año de operación. Las consultas que se llevan a cabo en la base de datos corresponden a los requerimientos fijos por parte de la SHCP.

La siguiente figura contiene el esquema global de la base de datos centralizada.

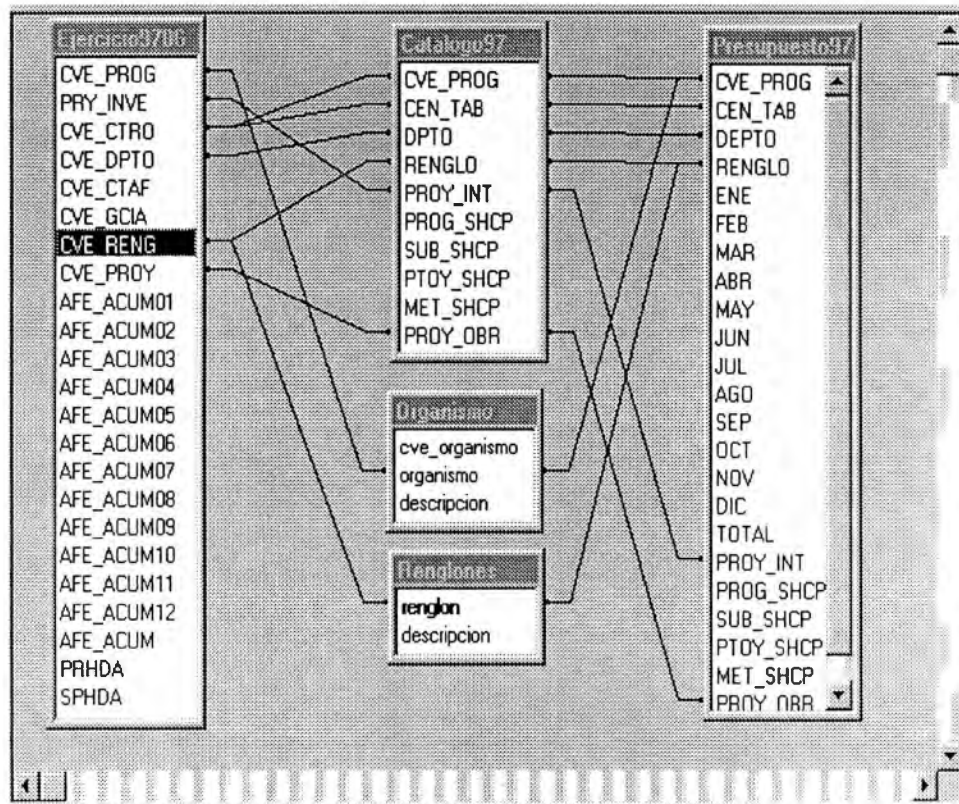


Fig. 5.4 Esquema global de la base de datos

Para efectuar el diseño de la base de datos distribuida es necesario determinar el diseño del esquema global y el diseño local físico de la base de datos en cada sitio; a esto se debe añadir el diseño de la fragmentación y la distribución de los fragmentos en cada sitio.

El diseño de la fragmentación se basa en una concepción lógica en el manejo de la información, en este caso, la generación de fragmentos partirá de dividir la información de acuerdo al área a la que pertenecen. Las áreas corresponden a cada uno de los organismos que se contemplan en la base de datos, (ver tabla 5.1).

ORGANISMO	IDENTIFICADOR
Pemex Gas y Petroquímica Básica	PGPB
Pemex Exploración y Producción	PEYP
Pemex Refinación	PR
Pemex Petroquímica	PP
Pemex Corporativo	CORPO

Tabla 5.1 Áreas en que se distribuirá la información

Los diferentes fragmentos en que se divide la información se alojarán en cinco servidores, cada uno de estos se encontrará en el lugar físico de trabajo de cada una de las áreas. El integrador principal de la información es el corporativo de Petróleos Mexicanos por lo cual requerirá de la consulta de información de cada sitio. Las áreas tienen inferencia en la información correspondiente a otra área.

Los fragmentos serán generados a partir de una fragmentación horizontal primaria, mediante la selección de ciertos datos en las relaciones a través de un predicado simple, con lo cual se generarán conjuntos disjuntos de información.

La siguiente tabla muestra la generación de fragmentos para cada una de las relaciones de la base de datos.

CRITERIO	Fragmentos de las Relaciones			
	EJERCICIO	PRESUPUESTO	CATALOGO	ORGANISMO
CVE_PROG = H	E1	P1	C1	O1
CVE_PROG = J	E2	P2	C2	O2
CVE_PROG = K	E3	P3	C3	O3
CVE_PROG = L	E4	P4	C4	O4
CVE_PROG = C	E5	P5	C5	O5

Tabla 5.2 Fragmentación de las relaciones

La distribución de los fragmentos en los sitios será de acuerdo a la información correspondiente a cada uno de las áreas para facilitar los procesos locales, estos es para que la información que con mayor frecuencia es consultada por cada una de las áreas se encuentre lo más cerca posible de su localidad. Los sitios que se contemplan en el modelo y su asignación de fragmentos se presenta en la tabla 5.2.

Sitios	Area	Fragmentos
1	PEYP	E1 P1 C1 O1
2	PGPB	E3 P3 C3 O3
3	PR	E2 P2 C2 O2
4	PP	E4 P4 C4 O4
5	CORPO	E5 P5 C5 O5

Tabla 5.3 Distribución de los fragmentos en los sitios

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se presento una descripción del modelo de simulación desarrollado, se explica como se maneja cada variante del esquema de distribución original de la base de datos distribuida en escenarios, se describe como se lleva cabo la simulación gráfica, el modelo analítico y como se obtienen los resultados. Se presentó además en este capítulo un ejemplo de base de datos distribuida, el cual se toma como ejemplo para efectuar las variantes de su esquema de

distribución y realizar con cada una de estas el análisis de rendimiento de la base de datos distribuida presentado en el capítulo 7.

El siguiente capítulo presenta como se adapta la base de datos presentada como ejemplo al modelo de simulación desarrollado.

6 ADAPTACIÓN DE LA BDD PROPUESTA AL MODELO DE SIMULACIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo, describir los pasos que se efectúan para lograr la adaptación de una estructura de base de datos distribuida al modelo de simulación desarrollado. Para realizar esta descripción se empleará la estructura de BDD dada como ejemplo en el capítulo anterior.

6.2 ADAPTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN MODELO DE BDD AL MODELO DE SIMULACIÓN

La adaptación de la estructura de una base de datos distribuida al modelo se limita a la identificación de las partes que le son necesarias al modelo para llegar a representar dicha estructura y la determinación del flujo de datos que llegarán de un sitio a otro. Tratando cada uno de estos puntos, tenemos que las partes que se identifican dentro del modelo de la BDD son:

- El número de sitios.
- El número de réplicas.
- La topología de conexión.⁴
- La distribución de los fragmentos.
- La distribución de las réplicas.

Por otra parte el flujo de peticiones que llegan de un sitio a otro permite la construcción del modelo de red de colas.

La simulación gráfica y el análisis del rendimiento de acuerdo al cálculo de los tiempos de operación, se basan en la red de colas.

Las partes que identifican a la red de colas son:

- El flujo de información del sitio i al sitio j denominado por q_{ij} .
- La tasa de llegada de cada sitio δ_i
- La tasa de salida de cada sitio μ_i .
- Identificación para cada sitio de su flujo de llegadas λ_i .

Uno de los valores agregados a la propuesta inicial de este proyecto consiste en la parametrización de la mayoría de las partes mencionadas anteriormente, tanto de la estructura de la BDD, como del modelo de red de cola empleado por la propia base. La tabla 6.1 identifica las partes que son parametrizables dentro del modelo.

⁴ Para efectos de la simulación gráfica.

PARTES IDENTIFICADAS	PARAMETRIZABLE
El número de sitios.	✓
El número de réplicas.	✓
La topología de conexión.	✓
La distribución de los fragmentos.	✓
La distribución de las réplicas.	✓
El flujo de información del sitio que i al sitio j denominado por q_{ij} .	✓
La tasa de llegada de cada sitio δ_i	✓
La tasa de salida de cada sitio μ_i .	✓
Tiempos de transmisión	x
Identificación para cada sitio de su flujo de consultas λ_i .	x

Tabla 6.1 Partes parametrizables del modelo de simulación

Nota : ✓ = Parametrizado x = No Parametrizado.

Para realizar el análisis de la BDD se lleva un control de estos parámetros en un escenario.

6.3 ADAPTACIÓN DEL MODELO DE LA BDD PROPUESTA AL MODELO DE SIMULACIÓN

El análisis de este modelo se efectúa mediante la comparación de tres distintas estructuras. El escenario uno contiene la estructura original planteada como ejemplo y el escenario dos y tres contienen variantes a esta estructura. El escenario dos contempla una variación del flujo de la red de colas motivada por una distribución diferente de los fragmentos en los sitios, mientras que el

escenario tres muestra la estructura original de la BDD funcionando con un sitio caído y el empleo de una réplica. A continuación se identificarán las partes que componen al escenario original así como los procesos involucrados en el análisis.

6.3.1 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO UNO

El escenario uno se compone de cinco servidores, cada uno de ellos contiene la información distribuida de la base de datos, cada uno de estos sitios se encuentra comunicado con cada uno de los cuatro restantes. Este es un ejemplo claro de como el modelo permite la representación de estructuras que de llevarse a la práctica resultarían seguramente muy costosas y no necesariamente serían óptimas.

La siguiente figura muestra la representación gráfica para el escenario uno.

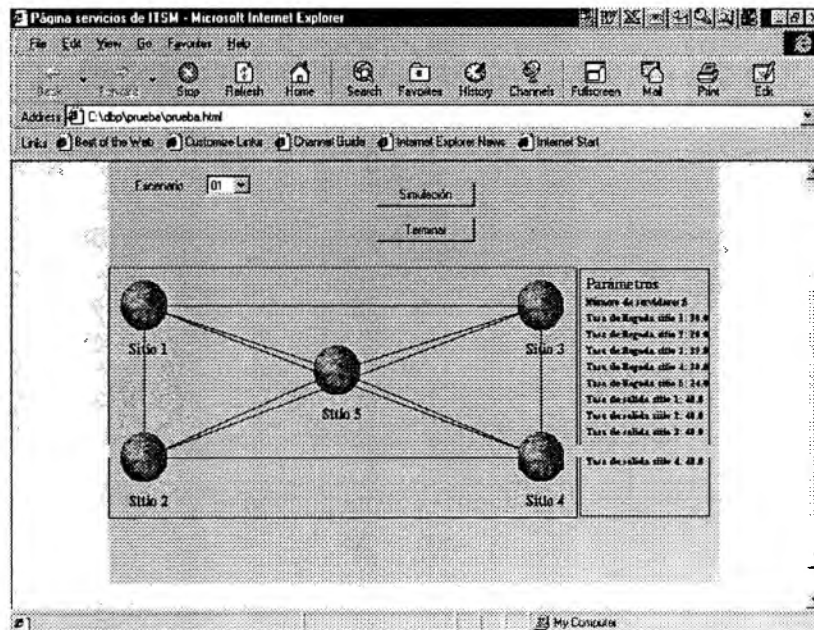


Fig. 6.1 Representación gráfica de los cinco nodos y sus conexiones

6.3.2 RED DE COLAS

La red de colas se refiere al flujo de entradas y salidas de las peticiones a los sitios. Estas peticiones pueden generarse en el mismo sitio y para satisfacerse puede ser necesario consultar uno o más sitios, o bien la petición puede satisfacerse y terminar en el sitio que la originó.

Para evaluar los tiempos de operación del modelo propuesto se crearon tres distintos modelos de red de colas, cada uno de estos modelos corresponden a tres consultas diferentes, indicando en ellos los sitios que deben ser visitados para satisfacer la consulta y el flujo de entradas y salidas a los sitios. Las siguientes figuras presentan las redes de colas empleadas durante la simulación para el escenario uno.

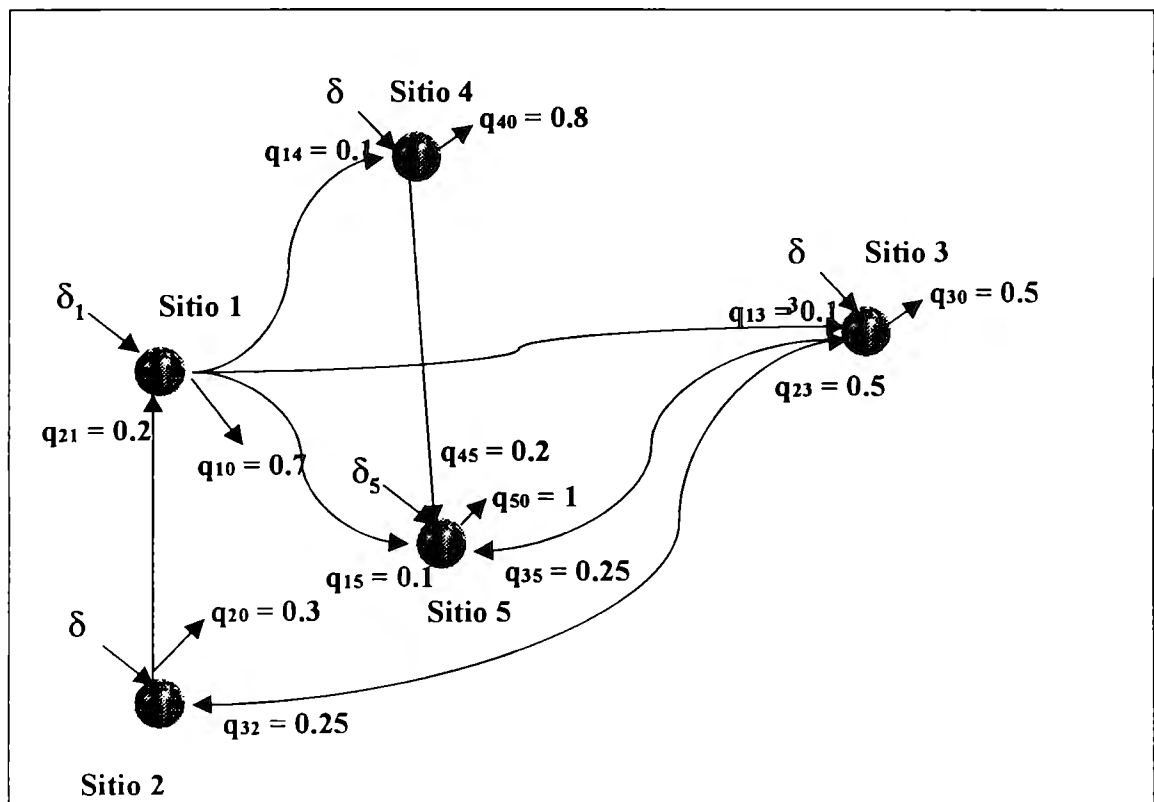


Fig. 6.2 Red de colas y los flujos q_{ij} para la consulta uno

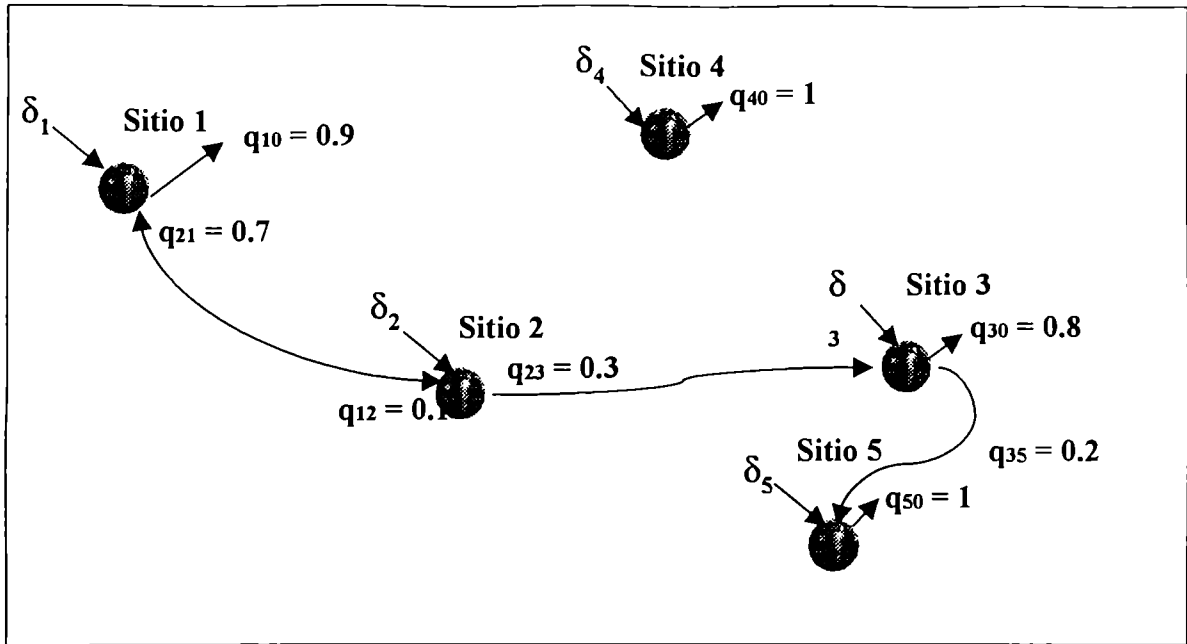


Fig. 6.3 Red de colas y los flujos q_{ij} para la consulta dos

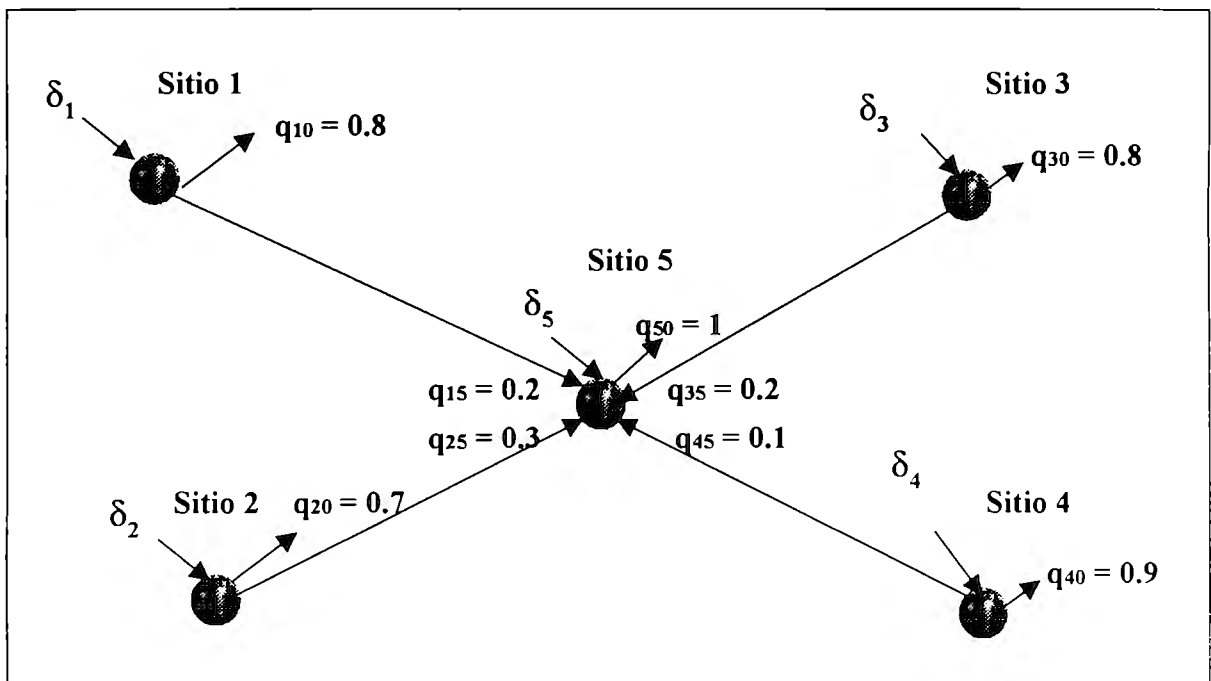


Fig. 6.4 Red de colas y los flujos q_{ij} para la consulta tres

Aleatoriamente es generado el número de consulta a ejecutarse. Este número determina la selección del modelo de red de colas con que se realizara la medición.

El modelo además indica aleatoriamente, de acuerdo a la red de colas, cual es el sitio que genera la petición y cual es el sitio donde termina.

El control de tiempos para la simulación gráfica se efectúa mediante la generación aleatoria de datos que siguen una distribución exponencial.

El control de las llegadas y las salidas de peticiones se realiza aleatoriamente dentro del modelo de la siguiente manera:

1. Se selecciona aleatoriamente el número de consulta, el sitio que lanza la petición y el sitio en donde termina.
2. Se calcula un tiempo de llegada y un tiempo de salida para cada uno de los sitios que tiene que recorrer la petición para lograr satisfacerse y terminar.

El flujo de cada una de las redes de colas es almacenado en la relación FLUJOS_CONSULTA que contiene en su estructura el número de escenario, el número de consulta, el sitio origen i , el sitio destino j y su q_{ij} . Los datos de esta relación son tomados para lograr llevar a cabo la estimación de los tiempos de operación y la simulación gráfica.

Para cada uno de los sitios internamente se estima λ_i , ρ_i , L_i , W_i teniendo como datos de entrada la tasa de llegada de cada sitio δ_i , y la tasa de servicio de cada sitio μ_i , y el flujo q_{ij} determinado por la red de colas.

6.3.3 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

La adaptación de las variantes del escenario original, a los que se nombra como escenarios dos y tres, se lleva a cabo de la misma manera en que se efectuó la adaptación del escenario uno.

La interfaz del modelo de simulación permite seleccionar dos escenarios. El modelo efectúa el análisis de cada uno de ellos y presenta los resultados en forma conjunta, de tal forma que resulte más fácil la identificación de las diferencias de su operación.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se identifican las partes de una base de datos distribuida necesarias para adaptarla al modelo de simulación desarrollado, presenta cuales son las partes parametrizadas y controladas mediante una base de datos, describe como se adapta el escenario original (escenario uno) a la aplicación desarrollada y presenta los modelos de redes de colas creados para el análisis del rendimiento.

El siguiente capítulo presenta un análisis de los resultados obtenidos en el modelo después de efectuar la adaptación de la base de datos distribuida y sus variantes de distribución.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo consiste en analizar los resultados obtenidos una vez completada la adaptación de la base de datos distribuida y efectuada la simulación con los parámetros establecidos para ella en el modelo de simulación. Este análisis de resultados mide los tiempos de operación de la BDD y los compara contra los tiempos de operación de otras estructuras que contienen algunas variantes de la original adaptada al modelo.

7.2 DIFERENCIAS CONCEPTUALES ENTRE LOS ESCENARIOS

Las variaciones a la estructura de la BDD y a su red de colas, se conceptualizan cada una de ellas como un escenario. Estas variantes se refieren a redistribuciones de fragmentos y al uso de réplicas en caso de la caída de un sitio. La distribución de fragmentos del escenario uno que corresponde a la distribución original se encuentra en el capítulo 5. A continuación describimos cada uno de estos escenarios.

7.2.1 REDISTRIBUCIÓN DE FRAGMENTOS (ESCENARIO DOS)

Cada uno de los sitios contienen un conjunto de fragmentos que integran en su totalidad a la base de datos centralizada presentada en el capítulo 5. El escenario dos contempla una variación a la distribución original de los fragmentos entre los sitios cuatro y cinco de tal forma que también varían los porcentajes de consultas que se dirigen a estos sitios.

La distribución de los fragmentos en la base es uno de los puntos principales que afectan los tiempos de operación de la base de datos. La variación de esta distribución permite llevar a término un análisis comparativo de ambos esquemas y contar con los parámetros para estimar, además del rendimiento de cada una de ellas, cual esquema es más conveniente de acuerdo a sus tiempos de operación.

7.2.2 EMPLEO DE REPLICAS (ESCENARIO TRES)

El uso de las réplicas en una base de datos distribuida permite mantener la información disponible aunque el sitio original que contenía la información no se encuentre en funcionamiento. La réplica contiene una copia total o parcial de los fragmentos que integran las relaciones globales y que se encuentran almacenadas originalmente en una o más bases de datos. El escenario tres, para ejemplificar el funcionamiento de la base y estimar su rendimiento, en caso de la caída de uno de los nodos, emplea una réplica, que fue asignada al sitio cuatro. El empleo de esta réplica hace que aumente el porcentaje de peticiones que eran recibidas por el sitio cuatro y además ocasiona que cambie la red de colas del modelo original, dado que ahora el sitio cuatro recibe entradas de otros sitios adicionales.

7.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE OPERACIÓN DE LA BDD

Los parámetros empleados para medir el desempeño de una red de colas permitirán estimar el rendimiento de cada uno de los escenarios de la BDD planteados, a fin de realizar el análisis comparativo entre éstos. Estos parámetros son los siguientes:

δ_i = Tasa de llegada de consultas al sitio i .

μ_i = Tasa de servicio para el sitio i .

λ_i = Número de consultas en el sitio i por unidad de tiempo.

q_{ij} = Probabilidad de transición de la consulta de pasar del sitio i al sitio j .

ρ_i = Factor de utilización del nodo i .

L = Número de consultas esperadas en toda la red.

L_i = Número esperado de consultas en el nodo i .

W = Tiempo promedio total en el sistema.

W_i = Tiempo promedio en el nodo i durante una consulta.

7.4 COMPARACIÓN DE LOS ESCENARIOS

A continuación se presentará una serie de tablas gráficas que corresponden a la evaluación de las métricas de desempeño para cada uno de los escenarios propuestos.

7.4.1 TASAS DE LLEGADA Y TASAS DE SERVICIO

En el caso de la BDD la tasa de llegada determina el número de consultas por unidad de tiempo que recibe cada uno de los nodos, está dada por δ_i , la tasa de servicio que representa la complejidad de la consulta de cada nodo está dada por μ_i , con $i=1, \dots, M$ donde M es el número de sitios.

En las figuras 7.1, 7.2, y 7.3 se pueden observar las diferencias entre las tasas de llegada con las tasa de servicio de cada sitio. Es decir, la relación entre el número de consultas por unidad de tiempo que llegan a cada sitio y la tasa con que estas son atendidas.

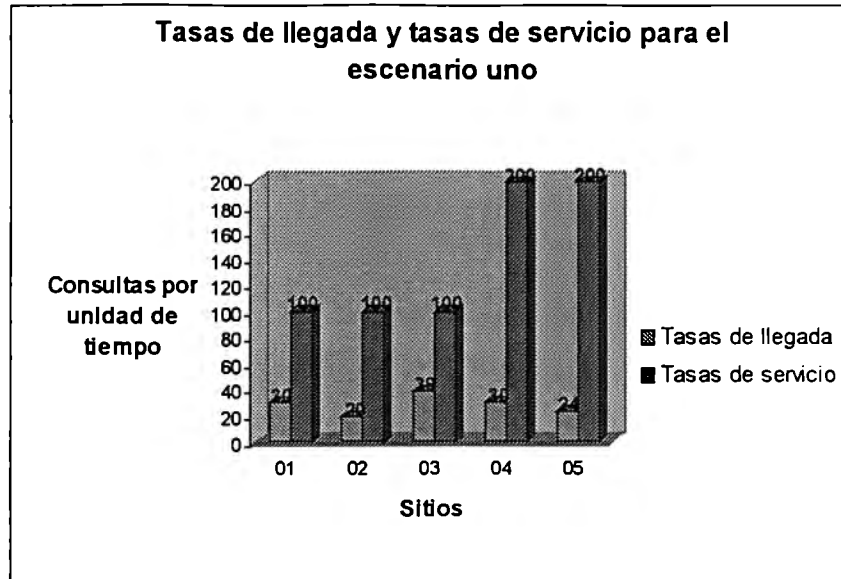


Fig. 7.1 Relación de la tasa de llegada y la tasa de servicio para el escenario uno

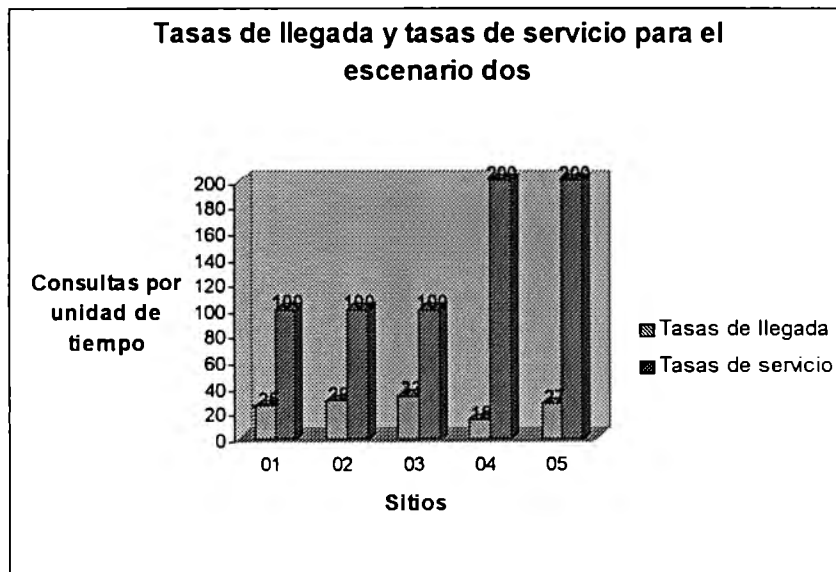


Fig. 7.2 Relación de la tasa de llegada y la tasa de servicio para el escenario dos

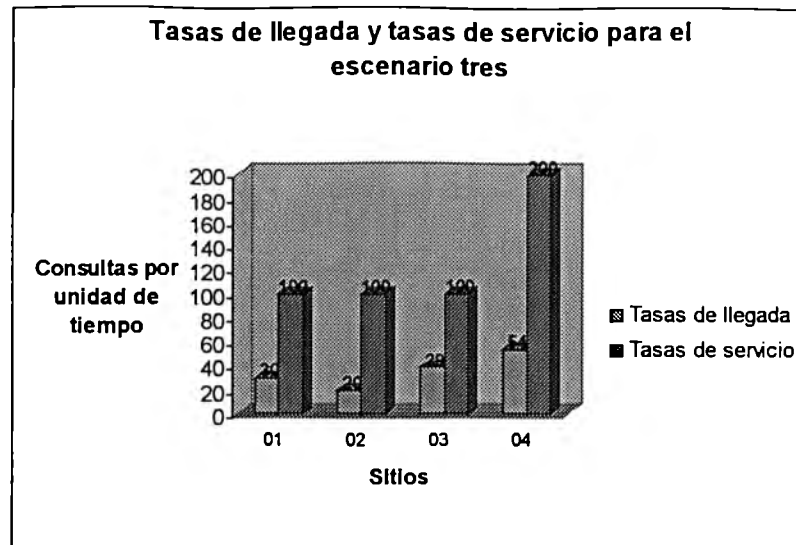


Fig. 7.3 Relación de la tasa de llegada y la tasa de servicio para el escenario tres

Las siguientes gráficas indican las diferencias entre los escenarios para las δ_i y μ_i .

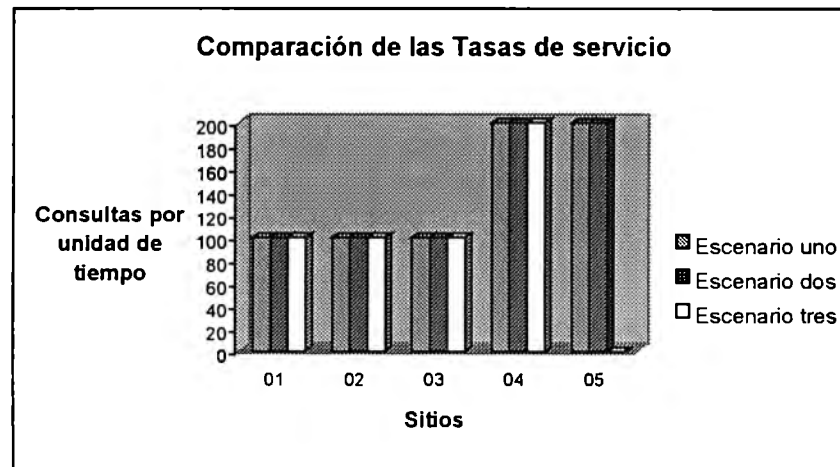


Fig. 7.4 Comparación de las tasas de servicio para los tres escenarios

Como puede observarse en la gráfica las tasas de servicio no sufren variación entre los escenarios. En cambio las tasas de llegada entre el escenario uno y dos sufren un decremento para los sitios uno, tres, cuatro e incrementos para los sitios dos y cinco ocasionados por el cambio en la distribución de los fragmentos. Las variaciones que se observan del escenario uno al tres es en

primer lugar la no operación del sitio cinco y el sustancial incremento en la tasa de llegada de peticiones al sitio cuatro ocasionada por el empleo de la réplica.

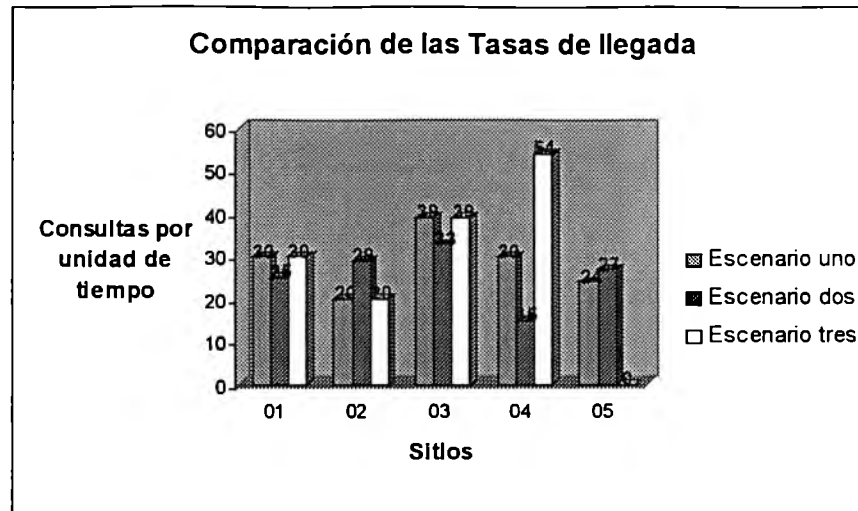


Fig. 7.5 Comparación de las tasas de llegada para los tres escenarios

7.4.2 ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LA BDD

Para estimar los tiempos de operación, tales como:

- Tiempo promedio total en el sistema.
- Tiempo promedio en el nodo i durante una consulta.

Y los parámetros:

- Número esperado de consultas en toda la red.
- Número esperado de consultas en el nodo i .

Se toma en cuenta el flujo que sigue cada una de las tres consultas determinadas para el modelo de simulación para cada variante de la BDD.

Las siguientes matrices indican los flujos determinados para cada caso. Estos flujos corresponden a la probabilidad q_{ij} de transición de la consulta de pasar del sitio i al sitio j .

7.4.2.1 Movimientos de las consultas

7.4.2.1.1 Consulta 1

Las siguientes matrices muestran para cada escenario la probabilidad de transición de la consulta uno de pasar del sitio i al sitio j con $i, j = 1, \dots, M$ donde $i, j = 0$ representa el exterior. Estas probabilidades de transición fueron asignadas empíricamente de acuerdo a la utilización de los fragmentos por cada uno de los sitios, en base a las frecuencias de consulta de información de un sitio a otro para la base de datos de ejemplo.

$$Q = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} .7 & 0 & 0 & .1 & .1 & .1 \\ .3 & .2 & 0 & .5 & 0 & 0 \\ .5 & 0 & .25 & 0 & 0 & .25 \\ .8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \text{Escenario uno}$$

$$Q = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} .6 & 0 & 0 & .2 & .1 & .1 \\ .3 & .6 & 0 & .1 & 0 & 0 \\ .1 & 0 & .45 & 0 & 0 & .45 \\ .4 & 0 & 0 & 0 & 0 & .6 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \text{Escenario dos}$$

$$Q = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} .7 & 0 & 0 & .1 & .2 \\ .3 & .2 & 0 & .5 & 0 \\ .5 & 0 & .25 & 0 & .25 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \text{Escenario tres}$$

7.4.2.1.2 Consulta 2

Las siguientes matrices muestran para cada escenario la probabilidad de transición de la consulta dos de pasar del sitio i al sitio j .

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \\ \mathbf{3} \\ \mathbf{4} \\ \mathbf{5} \end{array} \begin{array}{c} \mathbf{0} \quad \mathbf{1} \quad \mathbf{2} \quad \mathbf{3} \quad \mathbf{4} \quad \mathbf{5} \\ \left[\begin{array}{cccccc} .9 & 0 & .1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .7 & 0 & .3 & 0 & 0 \\ .8 & 0 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \quad \text{Escenario uno}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \\ \mathbf{3} \\ \mathbf{4} \\ \mathbf{5} \end{array} \begin{array}{c} \mathbf{0} \quad \mathbf{1} \quad \mathbf{2} \quad \mathbf{3} \quad \mathbf{4} \quad \mathbf{5} \\ \left[\begin{array}{cccccc} .7 & 0 & .3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .5 & 0 & .5 & 0 & 0 \\ .6 & 0 & 0 & 0 & 0 & .4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \quad \text{Escenario dos}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \\ \mathbf{3} \\ \mathbf{4} \end{array} \begin{array}{c} \mathbf{0} \quad \mathbf{1} \quad \mathbf{2} \quad \mathbf{3} \quad \mathbf{4} \\ \left[\begin{array}{ccccc} .9 & 0 & .1 & 0 & 0 \\ 0 & .7 & 0 & .3 & 0 \\ .8 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \quad \text{Escenario tres}$$

7.4.2.1.3 Consulta 3

Las siguientes matrices muestran para cada escenario la probabilidad de transición de la consulta tres de pasar del sitio i al sitio j .

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} & \mathbf{5} \\ \mathbf{1} & .8 & 0 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ \mathbf{2} & .7 & 0 & 0 & 0 & 0 & .3 \\ \mathbf{3} & .8 & 0 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ \mathbf{4} & .9 & 0 & 0 & 0 & 0 & .1 \\ \mathbf{5} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \\ \end{array} \quad \text{Escenario uno}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} & \mathbf{5} \\ \mathbf{1} & .2 & 0 & 0 & 0 & 0 & .8 \\ \mathbf{2} & .5 & 0 & 0 & 0 & 0 & .5 \\ \mathbf{3} & .3 & 0 & 0 & 0 & 0 & .7 \\ \mathbf{4} & .7 & 0 & 0 & 0 & 0 & .3 \\ \mathbf{5} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \\ \end{array} \quad \text{Escenario dos}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} \\ \mathbf{1} & .8 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ \mathbf{2} & .7 & 0 & 0 & 0 & .3 \\ \mathbf{3} & .8 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ \mathbf{4} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \\ \end{array} \quad \text{Escenario tres}$$

Efectuando el cálculo correspondiente de cada λ_i se llega a los resultados⁵ presentados en la siguiente sección.

⁵ Las ecuaciones correspondientes a las λ_i 's se encuentran en el Anexo A.

7.4.3 COMPARACIÓN DEL λ_i . (flujo de consultas para cada nodo)

7.4.3.1 Consulta 1

En el caso de la consulta uno, la variación de la distribución efectuada en el escenario dos causa que se incremente el porcentaje de consultas que van al sitio: uno, dos y cinco. Causa también una disminución en el porcentaje de consultas que se dirigen al sitio tres y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en el porcentaje de consultas del nodo cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 1			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	37.0114	55.6992	37.0114
02	35.0574	51.1653	35.0574
03	60.2298	49.2563	60.2298
04	33.7011	20.5699	76.4597
05	49.4988	67.0772	0

Tabla 7.1 Porcentaje de consultas por nodo para la consulta uno

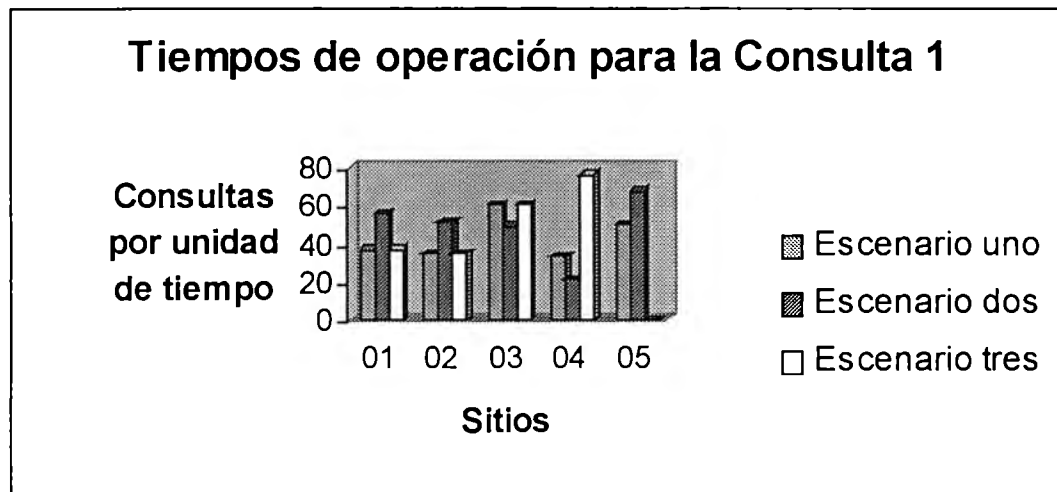


Fig. 7.6 Porcentaje de utilización de consultas por nodo para la consulta uno

7.4.3.2 Consulta 2

Para la consulta dos, la variación en el escenario dos causa que se incremente el porcentaje de consultas que van al sitio: dos, tres y cinco. Causa también una disminución en el porcentaje de consultas que se dirigen al sitio uno y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en el porcentaje de consultas del nodo cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 2			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	47.3118	46.4705	47.3118
02	24.7311	42.9411	24.7311
03	46.4193	54.4705	46.4193
04	30	15	63.2838
05	33.2838	48.7882	0

Tabla 7.2 Porcentaje de consultas por nodo para la consulta dos

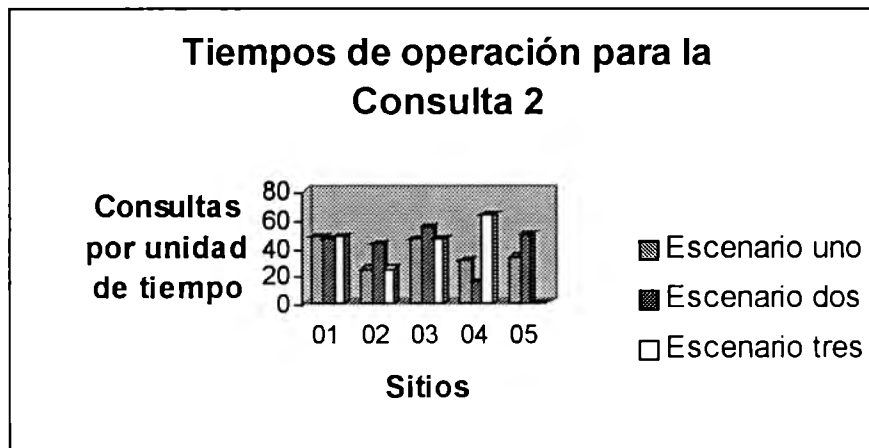


Fig. 7.7 Porcentaje de utilización de consultas por nodo para la consulta dos

7.4.3.3 Consulta 3

En la consulta tres, la variación del escenario dos causa que se incremente el porcentaje de consultas que van al sitio: dos, y cinco. Causa también una disminución en el porcentaje de consultas que se dirigen al sitio uno, tres y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en el porcentaje de consultas del nodo cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 3			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	30	25	30
02	20	29	20
03	39	33	39
04	30	15	73.8
05	46.8	89.1	0

Tabla 7.3 Porcentaje de consultas por nodo para la consulta tres

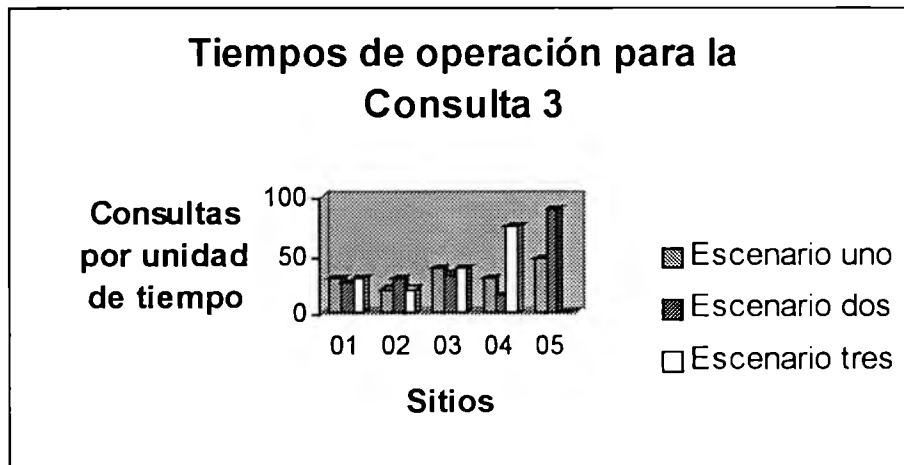


Fig. 7.8 Porcentaje de utilización de consultas por nodo para la consulta tres

7.4.4 COMPARACIÓN DEL ρ_i (utilización de cada nodo)

7.4.4.1 Consulta 1

La utilización de los nodos para la consulta uno por unidad de tiempo, se afecta de la siguiente manera con la variación de la distribución efectuada en el escenario dos; causa que se incremente la utilización de los sitios: uno, dos y cinco. Causa también una disminución en la utilización de los sitios: tres y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en la utilización del sitio cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 1			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.3701	0.5569	0.3701
02	0.3505	0.5116	0.3505
03	0.6022	0.4925	0.6022
04	0.1685	0.1028	0.3822
05	0.2474	0.3353	0

Tabla 7.4 Utilización del nodo para la consulta uno

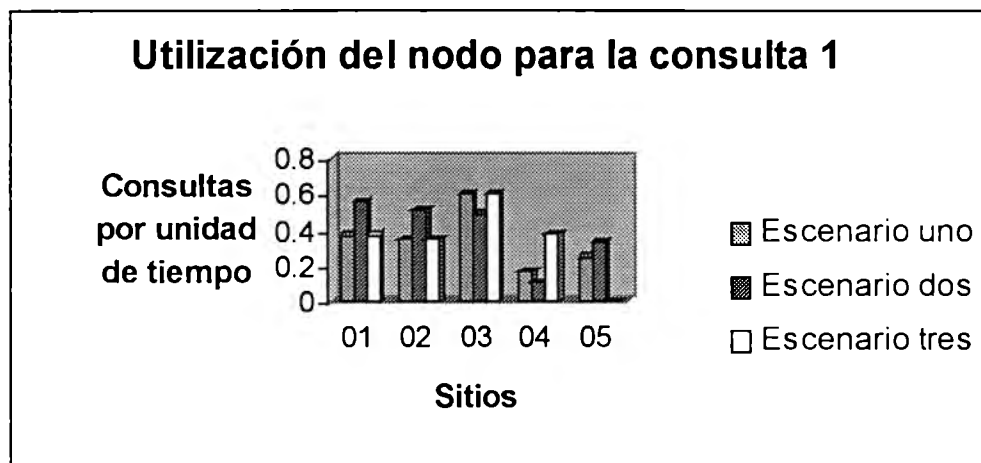


Fig. 7.9 Utilización del nodo para la consulta uno

7.4.4.2 Consulta 2

La utilización de los nodos para la consulta dos por unidad de tiempo, se afecta de la siguiente manera en el escenario dos; el sitio uno permanece casi sin variante, pero sufre un ligero decremento, causa que se incremente la utilización de los sitios: dos, tres y cinco. Causa también una disminución en la utilización del sitio cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en la utilización del sitio cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 2			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.4731	0.4647	0.4731
02	0.2473	0.4294	0.2473
03	0.4641	0.5447	0.4641
04	0.15	0.075	0.3164
05	0.1664	0.2439	0

Tabla 7.5 Utilización del nodo para la consulta dos

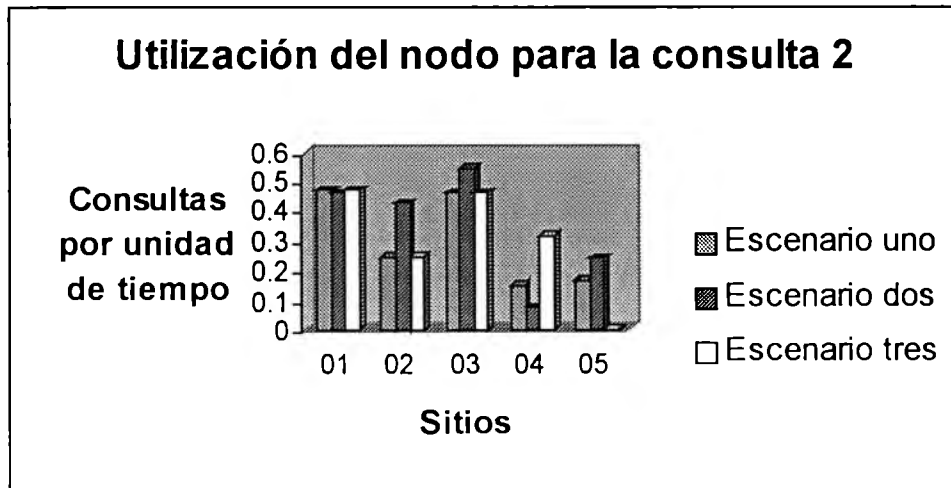


Fig. 7.10 Utilización del nodo para la consulta dos

7.4.4.3 Consulta 3

La utilización de los nodos para la consulta tres por unidad de tiempo, se afecta de la siguiente manera en el escenario dos; se incrementa la utilización de los sitios: dos y cinco. Causa también una disminución muy pequeña en la utilización de los sitios: uno y tres y muy grande en el sitio cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en la utilización del sitio cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 3			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.3	0.25	0.3
02	0.2	0.29	0.2
03	0.39	0.33	0.39
04	0.15	0.075	0.369
05	0.234	0.4454	0

Tabla 7.6 Utilización del nodo para la consulta tres

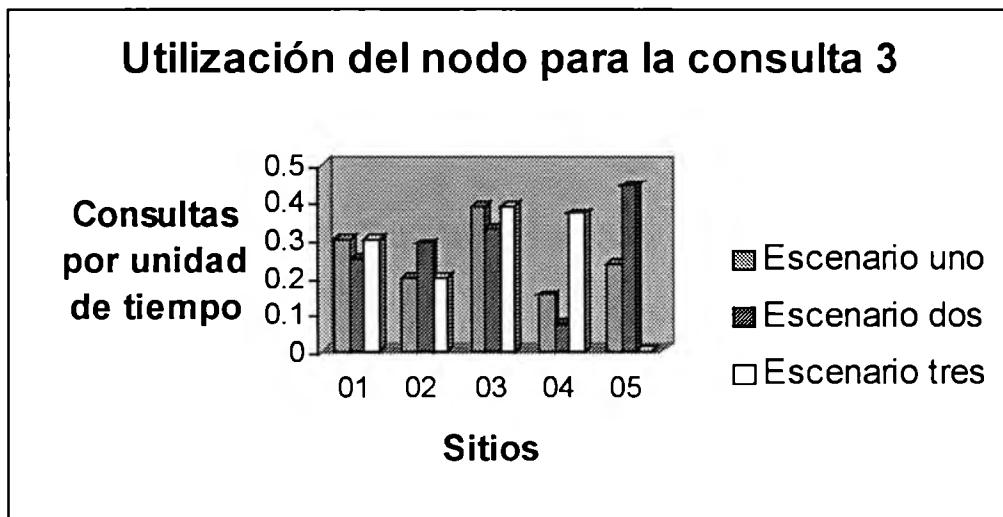


Fig. 7.11 Utilización del nodo para la consulta tres

7.4.5 COMPARACIÓN DE Li (Número promedio de consultas por nodo)

7.4.5.1 Consulta 1

En el caso de la consulta uno, el número promedio de consultas por nodo para el escenario dos, se afecta de la siguiente manera; se incrementa el número promedio de consultas de los sitios: uno, dos y cinco de manera significativa. Causa también una disminución en el número promedio de consultas para los sitios: tres y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en el número promedio de consultas para el sitio cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 1			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.5287	0.7426	0.5287
02	0.4382	0.7206	0.4382
03	0.9873	0.7351	0.9873
04	0.1982	0.1111	0.5236
05	0.2812	0.3353	0

Tabla 7.7 Número promedio de consultas por nodo para la consulta uno

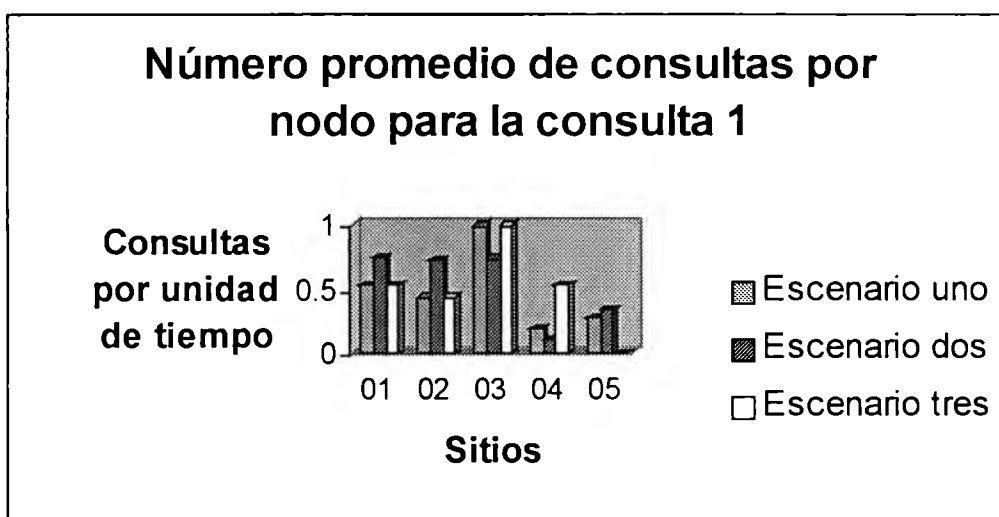


Fig. 7.12 Número promedio de consultas por nodo para la consulta uno

7.4.5.2 Consulta 2

El número promedio de consultas por nodo para el escenario dos, se afecta de la siguiente manera; se incrementa el número promedio de consultas de los sitios: dos, tres y cinco de manera significativa. Causa también una disminución en el número promedio de consultas para los sitios: uno y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en el número promedio de consultas para el sitio cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 2			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.6758	0.6196	0.6758
02	0.3091	0.6048	0.3091
03	0.7609	0.8129	0.7609
04	0.1764	0.081	0.4334
05	0.1891	0.282	0

Tabla 7.8 Número promedio de consultas por nodo para la consulta dos

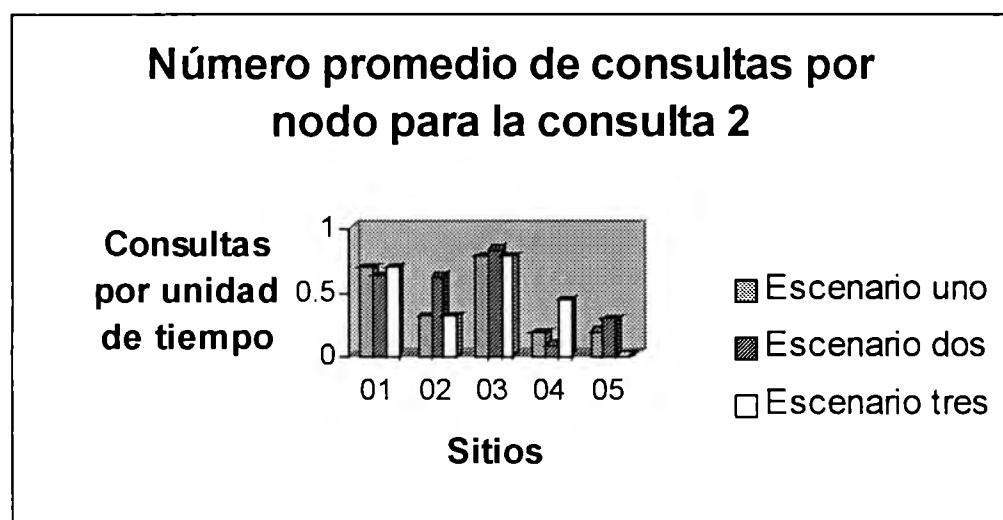


Fig. 7.13 Número promedio de consultas por nodo para la consulta dos

7.4.5.3 Consulta 3

En el caso de la consulta tres, el número promedio de consultas por nodo para el escenario dos, se afecta de la siguiente manera; se incrementa el número promedio de consultas de los sitios: dos y cinco de manera significativa. Causa también una disminución significativa en el número promedio de consultas para los sitios: uno, tres y cuatro.

El empleo de la réplica en el escenario tres causa un incremento considerable en el número promedio de consultas para el sitio cuatro manteniéndose los demás sin variación.

Consulta 3			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.4285	0.3333	0.4285
02	0.25	0.4084	0.25
03	0.6393	0.4925	0.6393
04	0.1764	0.081	0.5054
05	0.2659	0.515	0

Tabla 7.9 Número promedio de consultas por nodo para la consulta tres

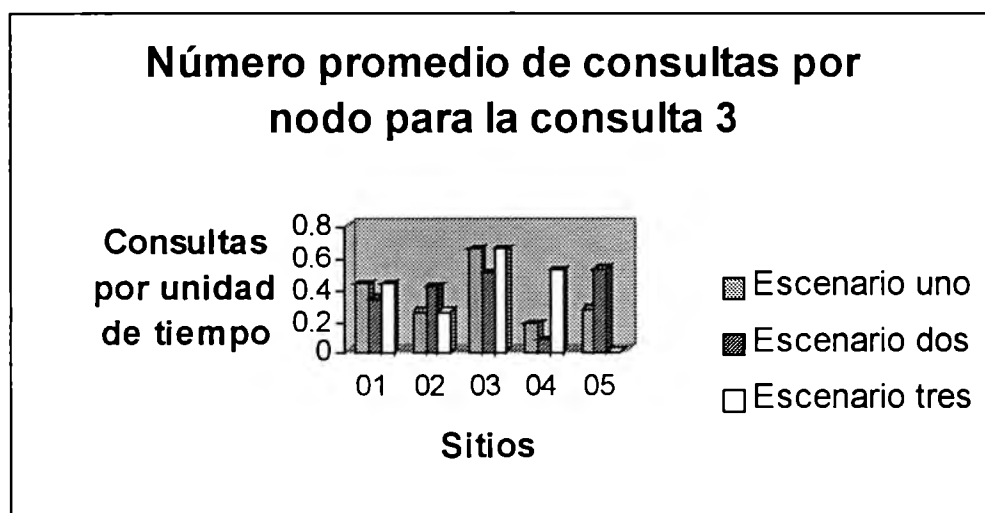


Fig. 7.14 Número promedio de consultas por nodo para la consulta tres

7.4.6 COMPARACIÓN DEL Wi (Tiempo de espera promedio por nodo)

7.4.6.1 Consulta 1

El tiempo de espera para el escenario dos se ve incrementado para el sitio dos y cinco, y disminuye en los otros sitios, sin embargo, la variación de estos tiempos no es significativa y se mantienen para las consultas dos y tres.

Para el escenario tres, el tiempo de espera se ve incrementado de manera no significativa en el sitio cuatro y permanece sin variación en los otros sitios. Estos tiempos se mantienen para las consultas dos y tres.

Consulta 1			
Sitio	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
01	0.0142	0.0133	0.0142
02	0.0124	0.014	0.0124
03	0.0163	0.0149	0.0163
04	0.0058	0.0054	0.0068
05	0.0056	0.0057	0

Tabla 7.10 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta uno

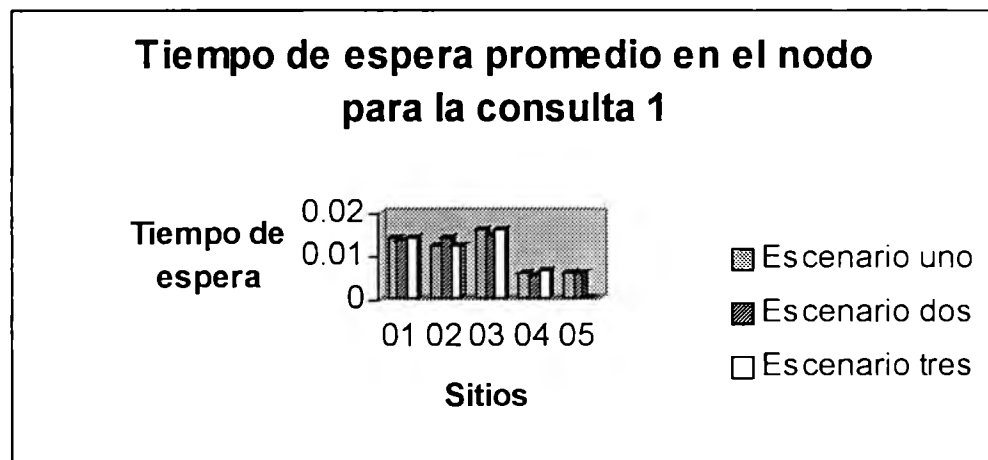


Fig. 7.15 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta uno

7.4.6.2 Consulta 2

Consulta 2			
	Escenario		
Sitio	Uno	Dos	Tres
01	0.0142	0.0133	0.0142
02	0.0125	0.014	0.0125
03	0.0163	0.0149	0.0163
04	0.0058	0.0054	0.0068
05	0.0056	0.0057	0

Tabla 7.11 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta dos

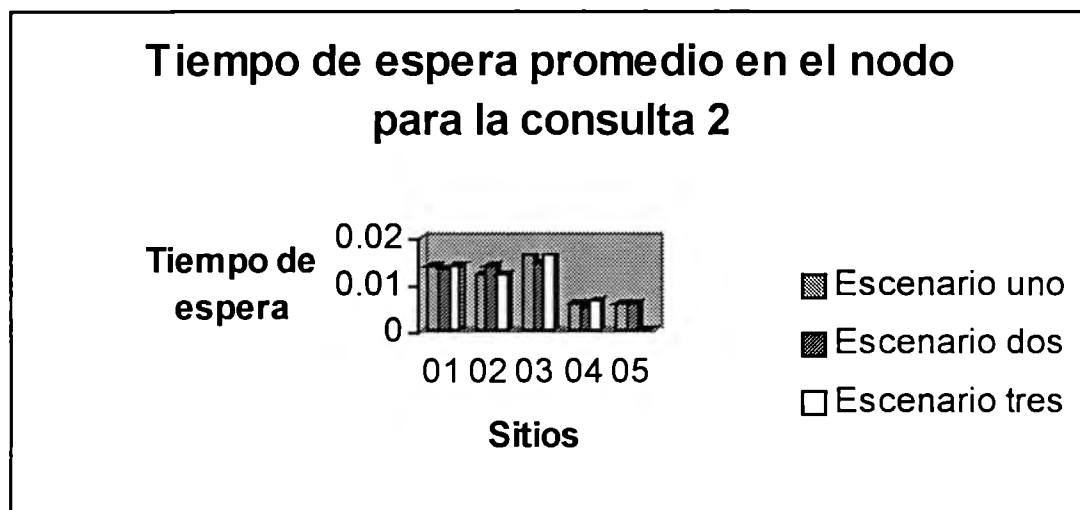


Fig. 7.16 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta dos

7.4.6.3 Consulta 3

Consulta 3			
	Escenario		
Sitio	Uno	Dos	Tres
01	0.0142	0.0133	0.0142
02	0.0125	0.014	0.0125
03	0.0163	0.0149	0.0163
04	0.0058	0.0054	0.0068
05	0.0056	0.0057	0

Tabla 7.12 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta tres

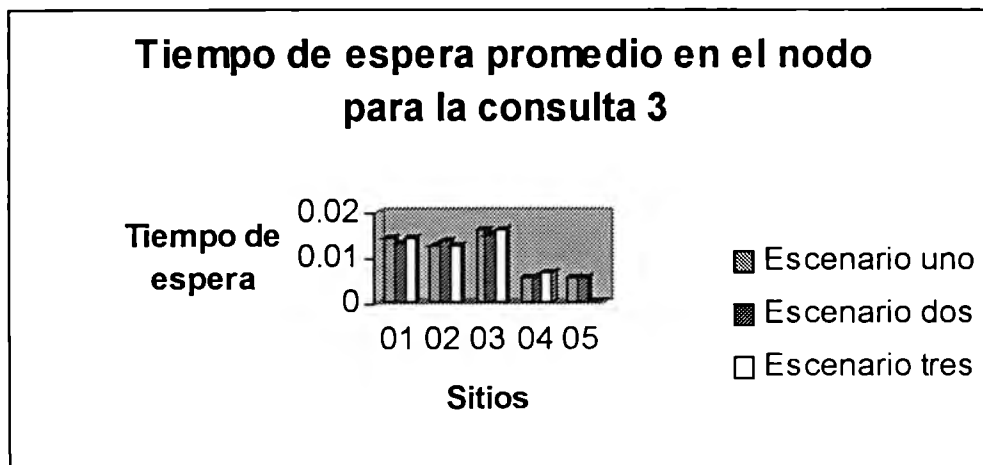


Fig. 7.17 Tiempo promedio de espera que pasa una consulta por nodo para la consulta tres

7.4.7 COMPARACIÓN DE L (Número de consultas promedio en el sistema)

El análisis de el número de consultas promedio en el sistema se efectúa en la sección 7.5

Consulta	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
1	2.4338	2.6973	2.478
2	2.1115	2.4005	2.1794
3	1.7602	1.8304	1.8233

Tabla 7.13 Número de consultas promedio en el sistema por tipo de consulta



Fig. 7.18 Número de consultas promedio en el sistema por tipo de consulta

Escenario		
Uno	Dos	Tres
6.3055	6.9282	6.4807

Tabla 7.14 Número promedio de consultas en el sistema

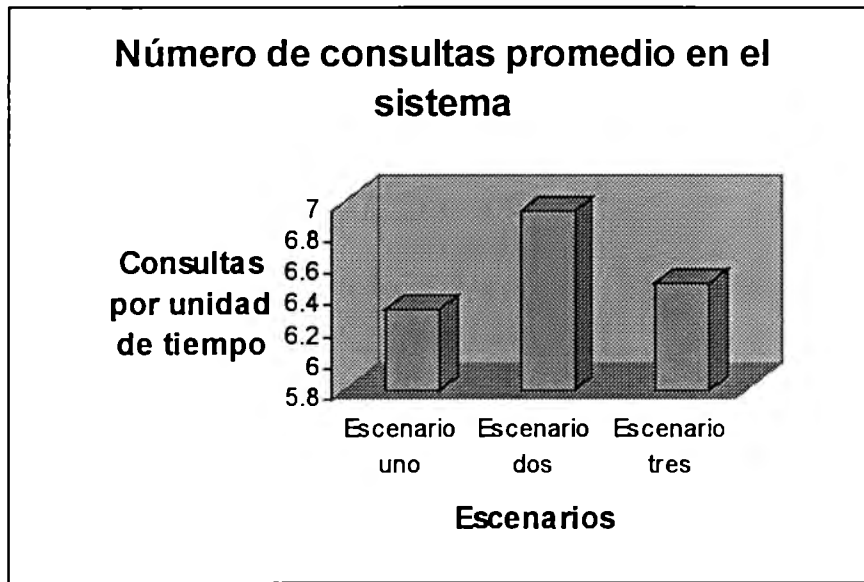


Fig. 7.20 Número promedio de consultas en el sistema

7.4.8 COMPARACIÓN DE W (Tiempo de espera promedio en el sistema)

El análisis del tiempo de espera promedio en el sistema se presenta en la siguiente sección.

Consulta	Escenario		
	Uno	Dos	Tres
1	0.0547	0.0535	0.05
2	0.0547	0.0535	0.05
3	0.0547	0.0535	0.05

Tabla 7.15 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema por tipo de consulta

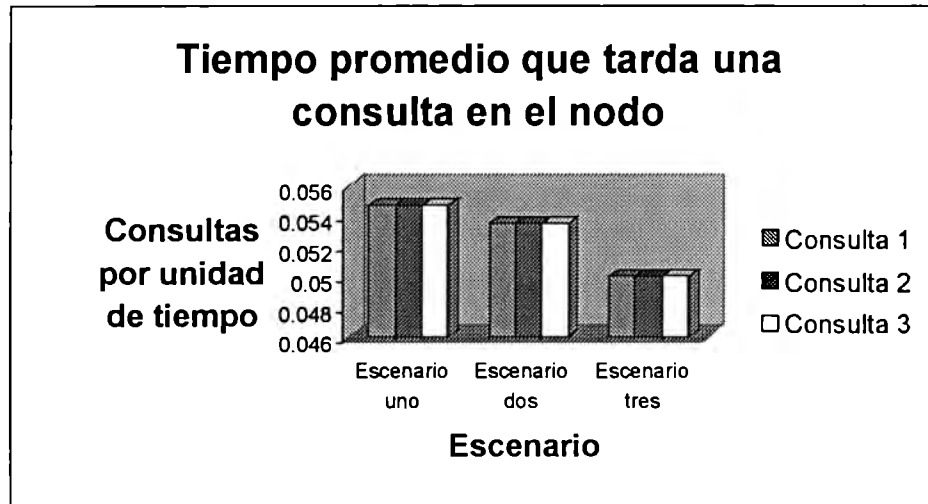


Fig. 7.21 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema por tipo de consulta

Escenario		
Uno	Dos	Tres
0.1641	0.1605	0.15

Tabla 7.16 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema

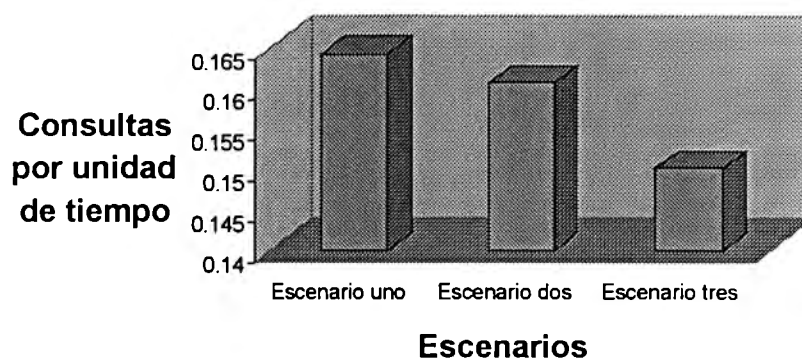


Fig. 7.22 Tiempo promedio que pasa una consulta en el sistema

7.5 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las gráficas presentadas se reflejan las variaciones en los tiempos de operación de los escenarios. Del análisis de estos datos podemos concluir para los casos propuestos:

1. La redistribución de fragmentos que contiene el escenario dos arroja un tiempo de espera menor para la mayoría de los nodos en comparación con el escenario uno.
2. La caída del sitio que refleja el escenario tres muestra como se incrementa toda la actividad del nodo cuatro, en comparación con el escenario base los nodos uno, dos y tres permanecen constantes en sus tiempos de operación mientras que el nodo cuatro los incrementa.
3. El tiempo de espera que pasa una consulta en uno de los sitios no tiene una variación significativa en los escenarios.

La comparación de los escenarios permite encontrar el escenario mas adecuado entre ellos, sin embargo, esta búsqueda no es exhaustiva. La obtención de un esquema de distribución óptimo es

un problema exponencial, dadas las combinaciones de distribución de fragmentos que se presentan. Para obtener el esquema de distribución con mejor rendimiento es necesario efectuar el análisis con un número mayor de escenarios, los cuales pueden ser aquellos que con mayor frecuencia se presenten en el entorno donde se encuentre la aplicación que soporta la base de datos distribuida.

Para lograr una mejoría en los tiempos de operación se necesitaría efectuar nuevamente una redistribución de fragmentos o plantear nuevas alternativas de distribución para la base que contemplen un número distinto de servidores.

7.6 TRABAJO FUTURO

Los puntos que pueden ser añadidos a este proyecto para enriquecer la herramienta son:

- Una investigación sobre los manejadores de bases de datos que existen actualmente en el mercado para determinar como influye el MDDB en las variaciones del tiempo de respuesta de la base de datos
- Se puede mejorar la interfaz a la base de datos que controla los escenarios.
- Considerando que el medio físico (cable de fibra óptica, cable coaxial, microondas, etc....) puede variar considerablemente en su velocidad de transmisión dado su ancho de banda y dependiendo también del tipo de protocolo de red que se emplee (TCP/IP, ATM, Ethernet, etc.), es necesario considerar tiempos de transmisión variables para las tramas de red.
- La inclusión de algoritmos distribuidos que incluyan la selección de rutas óptimas de acuerdo a los tiempos de transmisión que ofrezca el medio de la red que se emplee para las conexiones en cada trama.
- Los tiempos de transmisión especificados serán determinados independientemente de la aplicación y deberán considerar preferentemente tiempos promedios de transmisión dependiendo del tipo de trama y considerando condiciones que afecten la transmisión tales como ruido en el canal e interferencias. Debe de tomarse en cuenta que pueden

producirse errores, distorsiones, pérdida de paquetes, congestiones obligando a una retransmisión del paquete. Es conveniente que los tiempos especificados para la transmisión de un paquete entre dos sitios se calculen considerando la existencia de los problemas mencionados involucrados con el funcionamiento de toda red de comunicaciones.

- Incluir los tiempos de operación de la red seleccionada a los tiempos de respuesta del manejador de la base de datos distribuida.
- La inclusión de algoritmos distribuidos que seleccionen a algún nodo en particular (ej. El algoritmo de selección del Líder) que permitan seleccionar una réplica de varias que contengan la misma información.
- La inclusión de algún método numérico que permita replantear las ecuaciones generadas por un cambio en el flujo de datos de la red de colas.
- La inclusión de algunos algoritmos que permitan obtener, si no la mejor opción posible, si alguna aproximación.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se describen las variaciones que se efectuaron al esquema original de distribución de la base de datos, se identifican los elementos de operación de la base de datos distribuida, se presentan los resultados obtenidos del análisis de rendimiento de cada uno de los escenarios y se realizan comparaciones entre estos. Se dan las conclusiones obtenidas de la comparación de los escenarios y se presenta una sección donde se dan propuestas para la continuación de este proyecto de tesis.

8 CONCLUSIONES

La aportación del presente proyecto de tesis es la vinculación de dos de las áreas de importancia en el mundo de la computación: Bases de Datos y Teoría de Colas.

Aunque la Teoría de Colas se ha venido aplicando a sistemas de diversos tipos para la medición de su desempeño, el presente proyecto es innovador al relacionar los conceptos de la Teoría de Colas con los conceptos involucrados en una base de datos distribuida.

La vinculación de los conceptos de ambas áreas permite que el modelo desarrollado lleve a cabo la evaluación del rendimiento de la BDD con base a las métricas de desempeño que determina la Teoría de Colas.

El caso propuesto de una base de datos distribuida y los distintos esquemas de distribución permitieron ejemplificar la serie de métricas determinadas para medir el desempeño de la base de datos distribuida.

Uno de los valores agregados del proyecto es la flexibilidad de variar los datos correspondientes al esquema de la base de datos distribuida para agilizar con esto las variaciones de dichos parámetros. El empleo de una base de datos para almacenar el esquema original de la base de datos distribuida y las variantes que se generen a este esquema de distribución permite, llevar a cabo dicha parametrización y llevar el proyecto a la práctica más fácilmente.

La parametrización de los datos tiene la ventaja de que permite comparar el modelo que se proponga como base de datos distribuida contra un número distinto de variaciones del mismo, el resultado de efectuar este análisis comparativo, es la selección del esquema con un mayor rendimiento.

Así mismo, permite determinar si un esquema particular satisface los requerimientos de desempeño esperados.

Dentro del trabajo futuro se especifican las mejoras a la herramienta desarrollada para que permita un mayor número de parámetros y permitir así una ampliación a la aplicación.

ANEXO A. CÁLCULO DE LOS λ_i PARA LAS REDES DE FLUJO EMPLEADAS EN LA SIMULACIÓN

A continuación se presentan las ecuaciones para obtener los λ_i relacionadas a cada una de las redes de cola empleadas en la simulación.

Cálculo de los λ_i

Escenario uno.

Consulta uno

Matriz de probabilidad de transición de la consulta uno de pasar del sitio i al sitio j .

$$\mathbf{Q} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} .7 & 0 & 0 & .1 & .1 & .1 \\ .3 & .2 & 0 & .5 & 0 & 0 \\ .5 & 0 & .25 & 0 & 0 & .25 \\ .8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

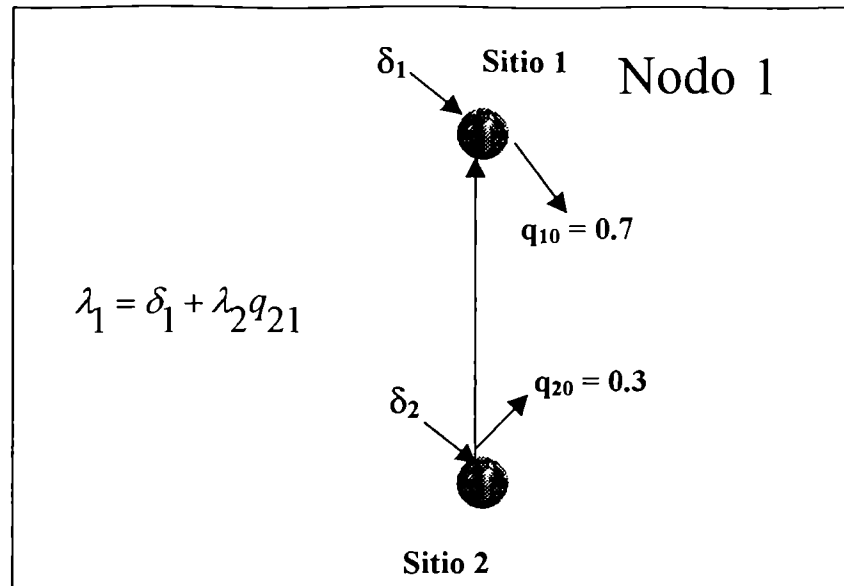


Fig. A.1 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo uno

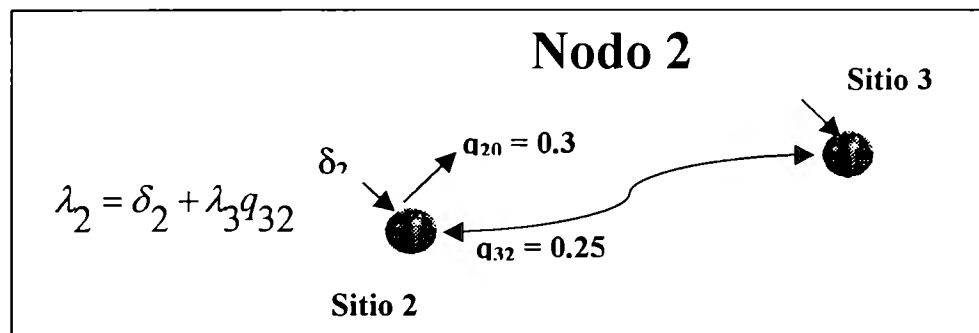


Fig. A.2 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo dos

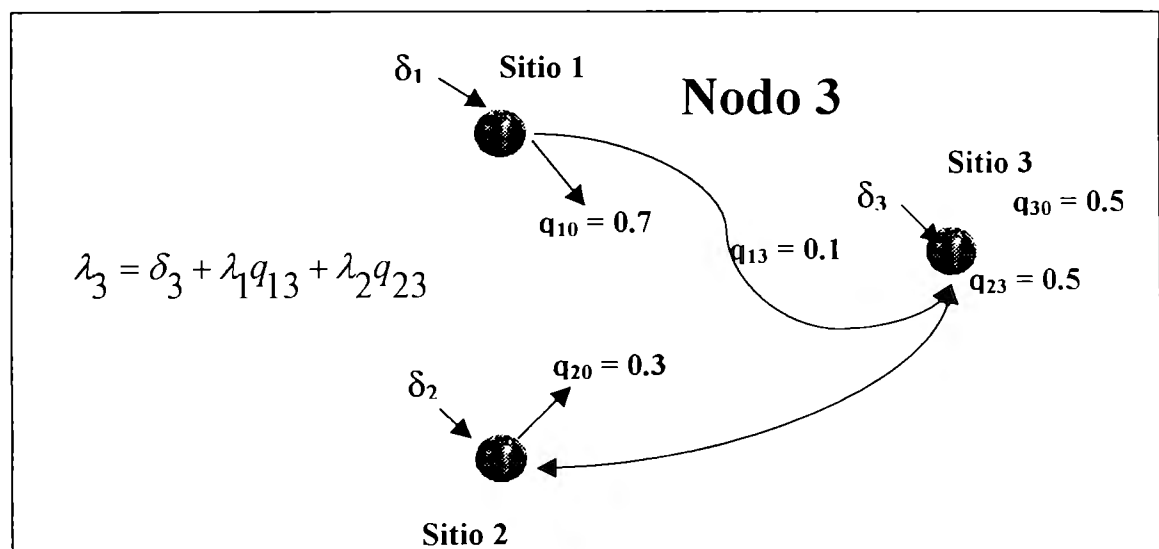


Fig. A.3 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo tres

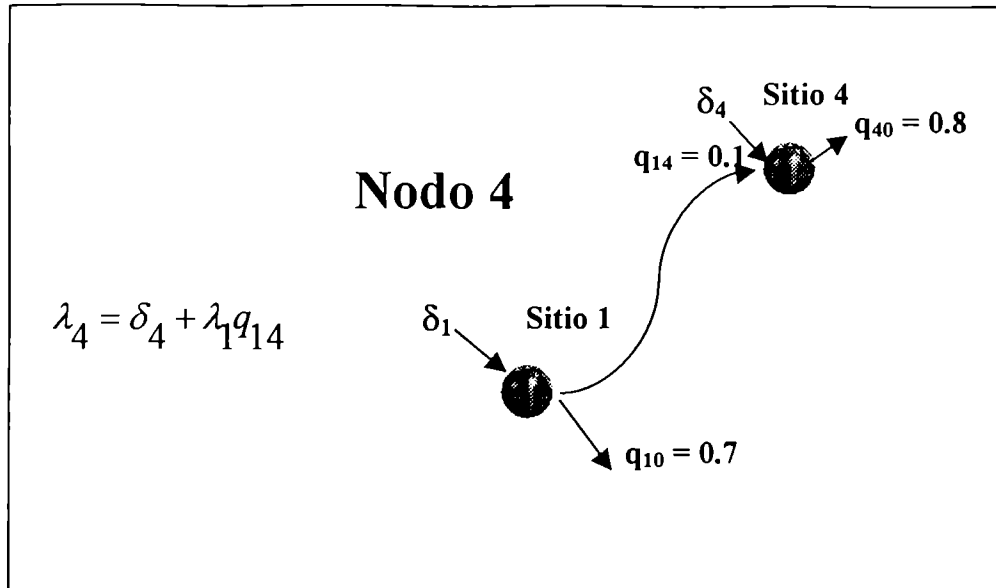


Fig. A.4 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo cuatro

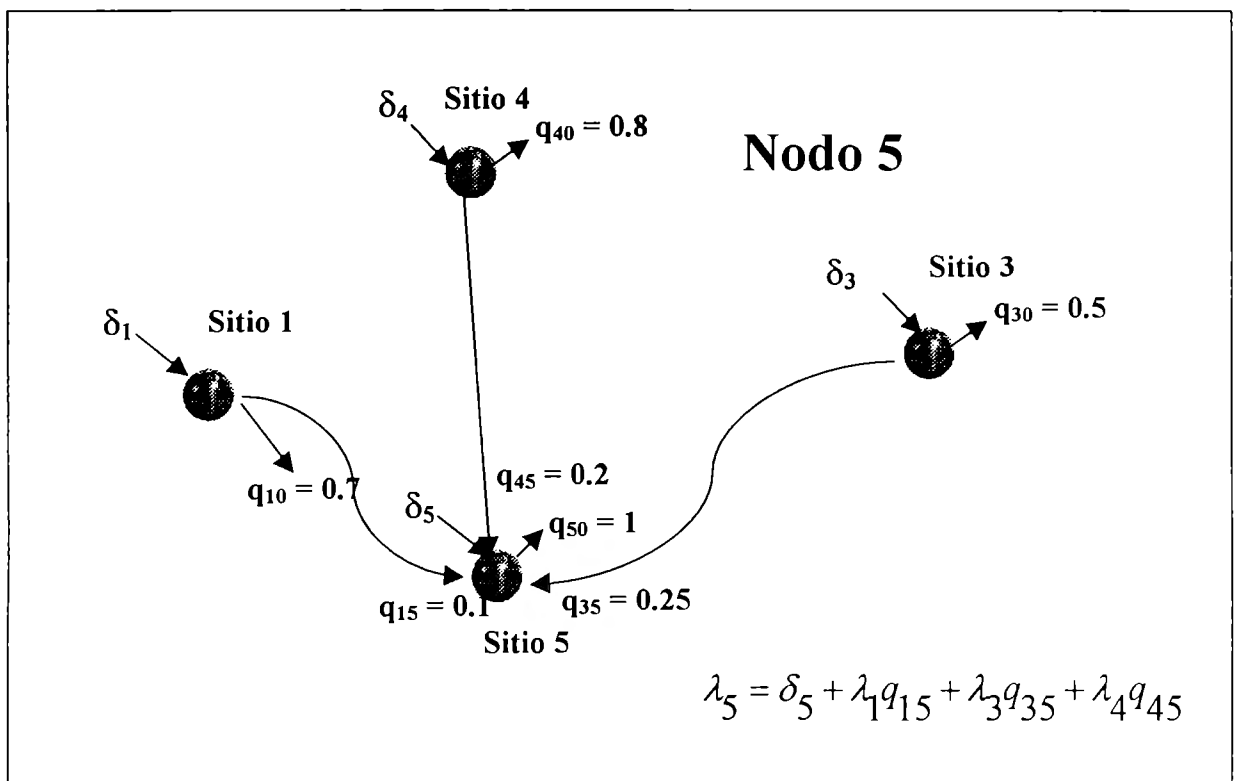


Fig. A.5 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo cinco

Conjunto de ecuaciones

$$\lambda_1 = \delta_1 + \lambda_2 q_{21}$$

$$\lambda_2 = \delta_2 + \lambda_3 q_{32}$$

$$\lambda_3 = \delta_3 + \lambda_1 q_{13} + \lambda_2 q_{23}$$

$$\lambda_4 = \delta_4 + \lambda_1 q_{14}$$

$$\lambda_5 = \delta_5 + \lambda_1 q_{15} + \lambda_3 q_{35} + \lambda_4 q_{45}$$

Consulta dos

Matriz de probabilidad de transición de la consulta dos de pasar del sitio i al sitio j .

$$\mathbf{Q} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} & \mathbf{5} \end{array} \\ \begin{array}{l} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \\ \mathbf{3} \\ \mathbf{4} \\ \mathbf{5} \end{array} \left[\begin{array}{cccccc} .9 & 0 & .1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & .7 & 0 & .3 & 0 & 0 \\ .8 & 0 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Las siguientes gráficas contienen la red de colas y el λ_i correspondiente a cada nodo.

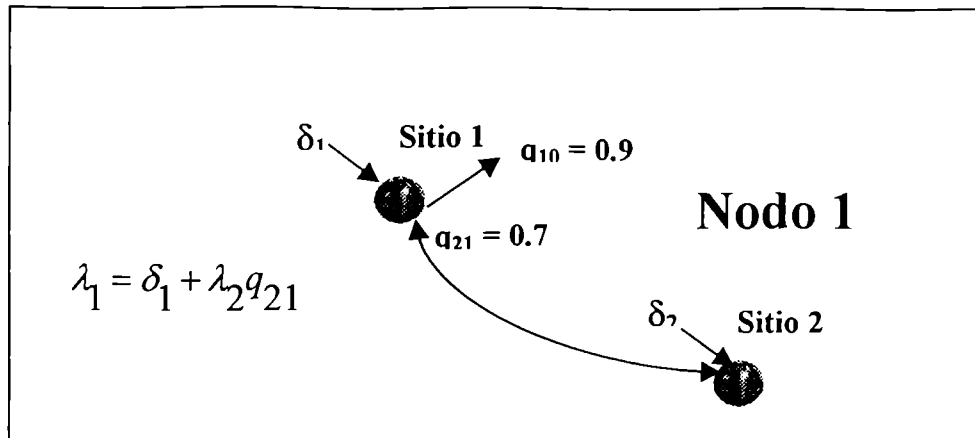


Fig. A.6 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo uno

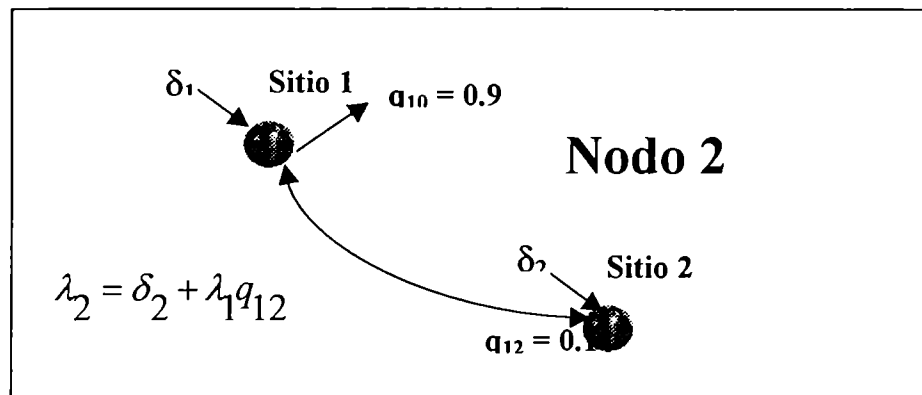


Fig. A.7 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo dos

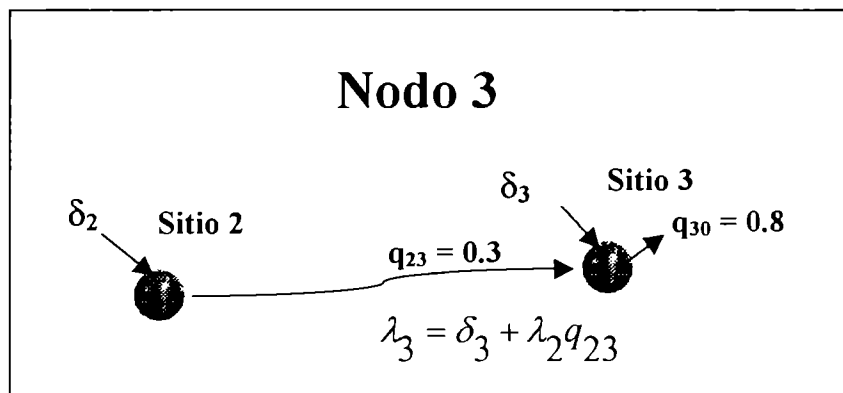


Fig. A.8 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo tres

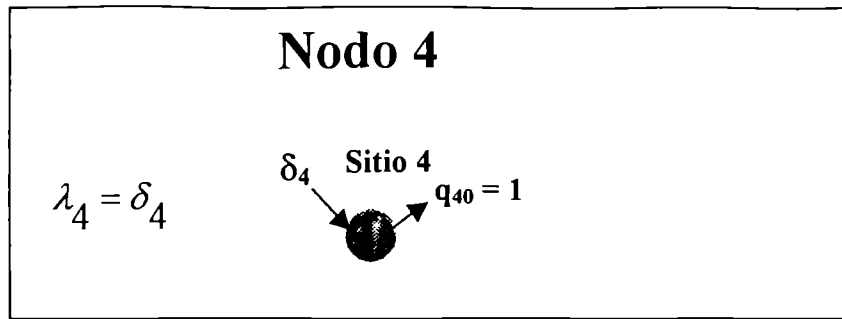


Fig. A.9 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo cuatro

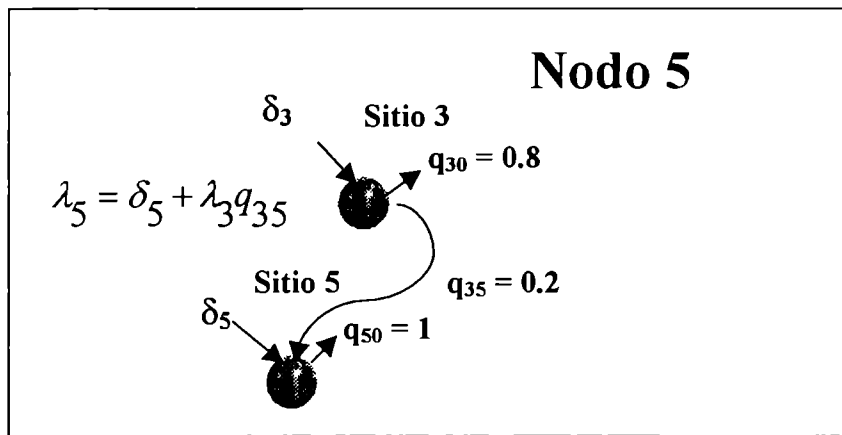


Fig. A.10 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo cinco

Conjunto de ecuaciones

$$\lambda_1 = \delta_1 + \lambda_2 q_{21}$$

$$\lambda_2 = \delta_2 + \lambda_1 q_{12}$$

$$\lambda_3 = \delta_3 + \lambda_2 q_{23}$$

$$\lambda_4 = \delta_4$$

$$\lambda_5 = \delta_5 + \lambda_3 q_{35}$$

Consulta 3

Matriz de probabilidad de transición de la consulta tres de pasar del sitio i al sitio j .

$$Q = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} & \begin{bmatrix} .8 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ .7 & 0 & 0 & 0 & .3 \\ .8 & 0 & 0 & 0 & .2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Las siguientes gráficas contienen la red de colas y el λ_i correspondiente a cada nodo.

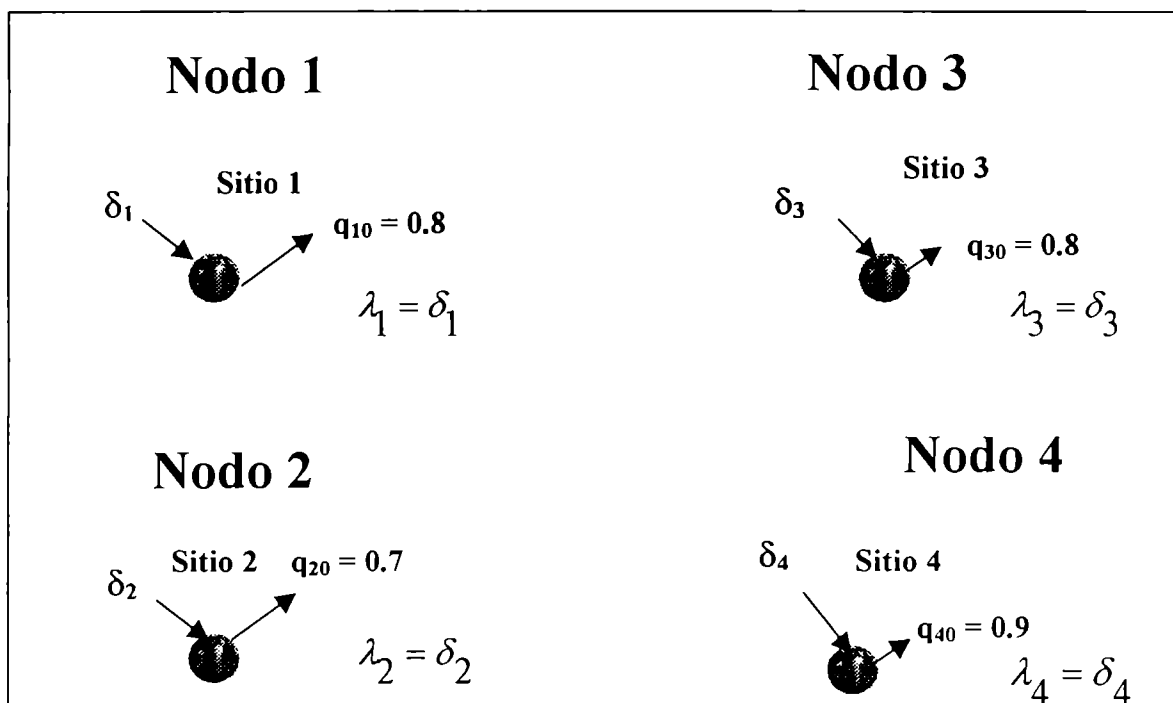


Fig. A.11 Probabilidad de transición de la consulta tres para los nodos uno, dos, tres y cuatro

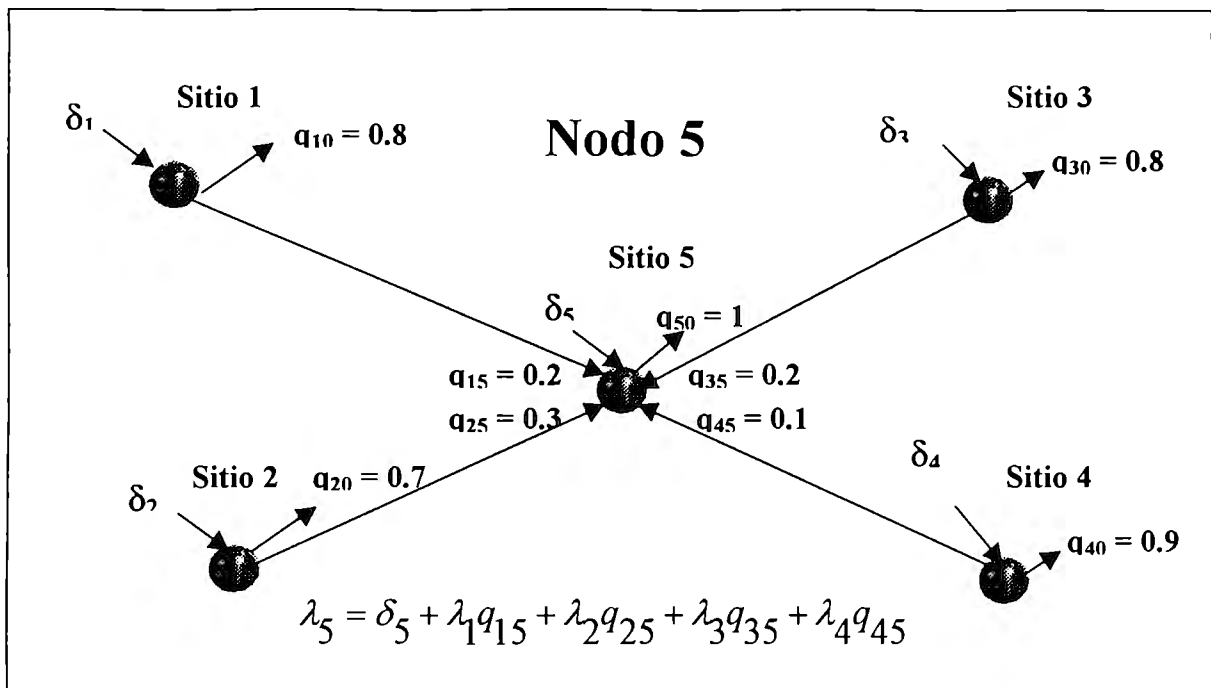


Fig. A.12 Probabilidad de transición de la consulta tres para el nodo cinco

Conjunto de ecuaciones

$$\lambda_1 = \delta_1$$

$$\lambda_2 = \delta_2$$

$$\lambda_3 = \delta_3$$

$$\lambda_4 = \delta_4$$

$$\lambda_5 = \delta_5 + \lambda_1 q_{15} + \lambda_2 q_{25} + \lambda_3 q_{35} + \lambda_4 q_{45}$$

Escenario dos

El modelo de red de colas empleado para el escenario dos es el mismo modelo que utiliza el escenario uno, la variación entre los dos escenarios se da en las diferentes transiciones que

existen entre los sitios, es decir la probabilidad de transición dada por q_{ij} , por lo tanto el conjunto de ecuaciones es el mismo que en el caso anterior para las tres consultas.

Escenario tres

El escenario tres contempla básicamente el mismo modelo de red de colas que emplea el escenario uno, la diferencia se encuentra en que emplea un sitio menos y los flujos que pertenecían a este nodo son asignados al nodo cuatro.

Consulta uno.

Los nodos uno, dos y tres permanecen sin variantes. La siguiente gráfica contiene la red de colas y el λ_i correspondiente al nodo cuatro.

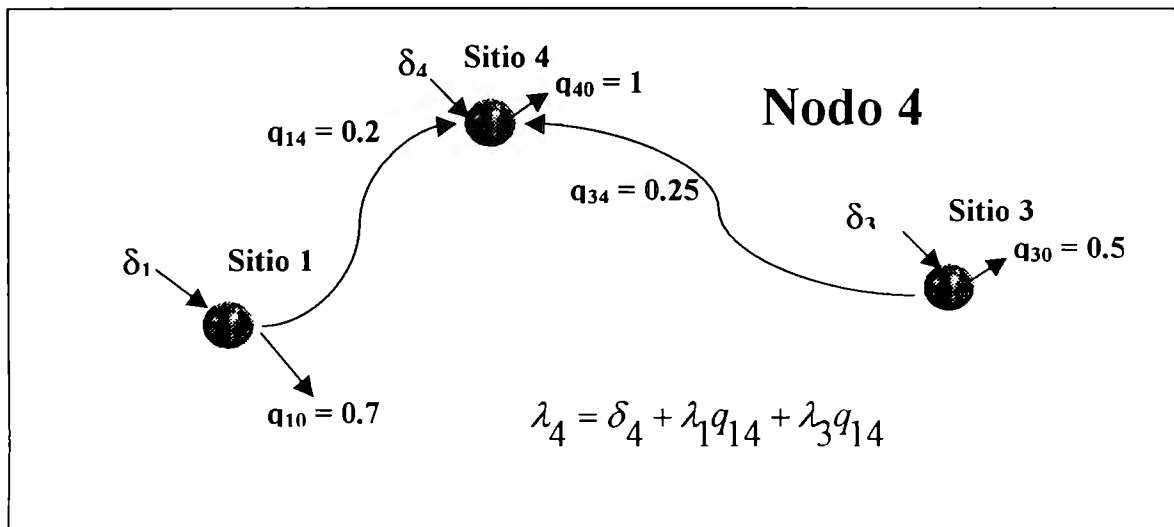


Fig. A.13 Probabilidad de transición de la consulta uno para el nodo cuatro

Conjunto de ecuaciones

$$\lambda_1 = \delta_1 + \lambda_2 q_{21}$$

$$\lambda_2 = \delta_2 + \lambda_3 q_{32}$$

$$\lambda_3 = \delta_3 + \lambda_1 q_{13} + \lambda_2 q_{23}$$

$$\lambda_4 = \delta_4 + \lambda_1 q_{14} + \lambda_3 q_{34}$$

Consulta dos.

Los nodos uno, dos y tres permanecen sin variantes. La siguiente gráfica contiene la red de colas y el λ_i correspondiente al nodo cuatro.

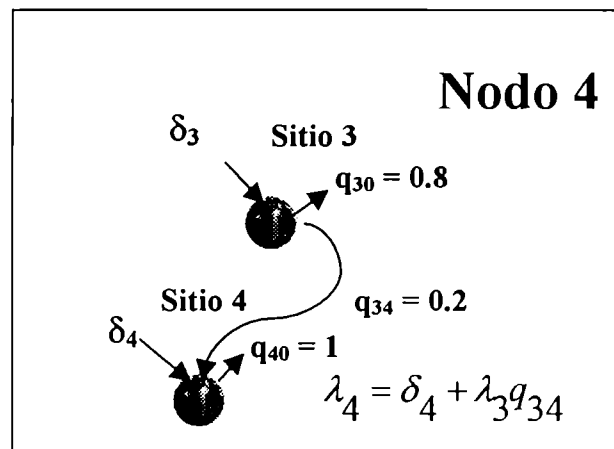


Fig. A.14 Probabilidad de transición de la consulta dos para el nodo cuatro

Conjunto de ecuaciones.

$$\lambda_1 = \delta_1 + \lambda_2 q_{21}$$

$$\lambda_2 = \delta_2 + \lambda_1 q_{12}$$

$$\lambda_3 = \delta_3 + \lambda_2 q_{23}$$

$$\lambda_4 = \delta_4 + \lambda_3 q_{34}$$

Consulta tres

Los nodos uno, dos y tres permanecen sin variantes. Las siguiente gráfica contiene la red de colas y el λ_i correspondiente al nodo cuatro.

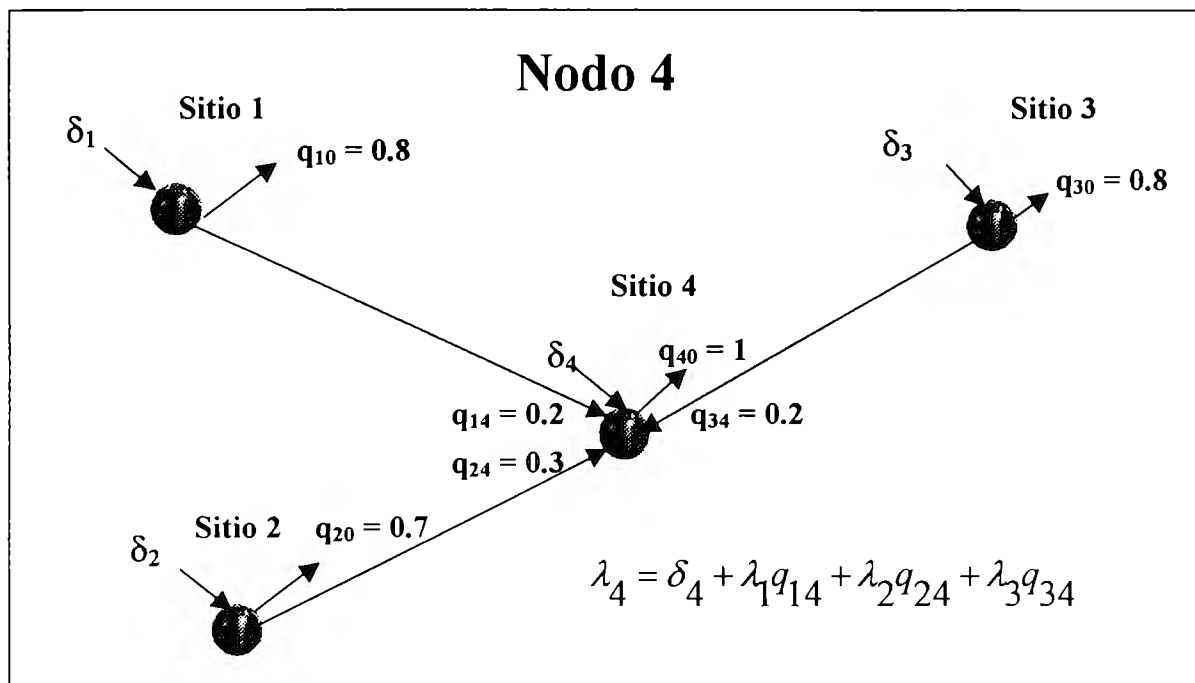


Fig. A.15 probabilidad de transición de la consulta tres para el nodo cuatro

Conjunto de ecuaciones

$$\lambda_1 = \delta_1$$

$$\lambda_2 = \delta_2$$

$$\lambda_3 = \delta_3$$

$$\lambda_4 = \delta_4 + \lambda_1 q_{14} + \lambda_2 q_{24} + \lambda_3 q_{34}$$

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BAMBOS NICHOLAS, WALRAND JEAN, *On Stability And Performance Of Parallel Processing Systems*, Journal of the ACM. Vol.38 Nº 2. 1991. 249-452 p.
- [2] PANKAJ JALOTE. *Fault Tolerance In Distributed Systems*, New Jersey: Prentice Hall, 1994. 30-44 p.
- [3] STEFANO CERI, GIUSEPPE PELAGATTI, *Distributed Databases Principles And Systems*. Singapore: McGraw-Hill 1985. 37-58, 127-131 p.
- [4] M.TAMER OZSU, PATRICK VALDURIEZ. *Principles Of Distributed Databases Systems*. New Jersey: Prentice Hall, 1991. 66-82 p.
- [5] BHARAT BHARGAVA. *Distributed Database Systems Research (RAID Project)*.
- [6] NATO/MEWIN. *Event*. Budapest 1997.
- [7] EVA KUHN , FRANZ PUNTIGAM , AHAMED K. ELMAGARMID. *An Execution Model for Distributed Database transactions and Its Implementation in VPL*. University of technology Vienna. Institute of Computer Languages.
- [8] INFOSLEUTH, *Intelligent Agent Project*. Austin TX, 1995.
- [9] JOEL M. CRICHLOW. *An Introduction To Distributed And Parallel Computing*. New Jersey: Prentice Hall. 1997.
- [10] MICROSOFT COPORATION. *Introducción a Microsoft Front Page 98*. United States of America, 1997. 133-275 p.

- [11] MICHAEL AFERGAN. *Java Soluciones Instantáneas*. New jersey: Prentice-Hall, 1997. 362-414 p.
- [12] GEORGE C. CANAVOS. *Probabilidad Y Estadística, Aplicaciones Y Métodos*. McGraw-Hill. 1996. 171-175 p.
- [13] RAMAN KHANNA, *Distributed Computing*. New Jersey: Prentice Hall, 1993. 45-65 p.
- [14] DONALD K. BURLESON, *Managing Distributed Databases*. United States of America: Wiley/QED Publication, 1994. 50-72 p.
- [15] STEVEN HOLZNER, *Visual J++*. United States of America: SYBEX, 1997. 307-308 p.
- [16] DAVID GULBRANSEN Y KENRICK RAWLINGS, *Applets Para WEB Con Java*, México: Prentice Hall., 1996. 112-198 p.
- [17] PATRICK WINTERS; DAVID OLHASSO; LAURA LEMAY; CAHRLES L. PERKINS, *Visual J++*. México: Prentice Hall, 1997. 184-282 p.
- [18] JAMES A. LARSON, *Database Directions*. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 63-95 p.
- [19] RAUL COSS BU, *Simulación Un Enfoque Práctico*. México: Limusa, 1990. 111-130 p.
- [20] RAJ JAIN. *The Art Of Computer System Performance Analysis*. United States of America: Wiley, 1991. 6, 25-27 p
- [21] MICHEL K. MOLLOY, *Fundamentals Of Performance Modeling*. United States of America: Macmillan, 1989. 1-61, 117-225 p.
- [22] S. BANDYOPADHYA, A. SENGUPTA, *A Robust Protocol For Parallel Join Operation In Distributed Data Bases*, Proc Intl. Symp. Databases in Parallel and Distributed System, IEEE Computer Society Press, 1998, 97-106 p.

- [23] N.C. MESCIA AND C. D. WOODS, *Plant Automation in a Structured Distributed System Environment*, IBM Journal of Research and Development. Vol. 26, N° 4, 497-505 p.
- [24] RICHARD A. GOLDING, DARRELL D.E. LONG, *Modeling Replica Divergence In A Weak Consistency Protocol For Global Scale Distributed Data Bases*, University of California, Santa Cruz, Jack Baskin School of Engineering. Technical report UCSC-CRL-93-09, 1993.
- [25] JUAN CORONA BURGUEÑO, *Teoría De Colas Material Complementario*, México: ITESM CEM, 1997.
- [26] ATHANASIOS PAOULIS. PROBABILITY, *Random Variables And Stochastic Processes*, Singapore: McGraw-Hill, 1984, 204-214 p.
- [27] GERARD J HOLZMAN, *Design And Validation Of Computer Protocols*, New Jersey: Prentice Hall, 1991, 43-44 p.
- [28] JHON FRONCKOWIAK, GORDON MCMILLAN, *Database Programing With Visual J++*, Indiana: SAMS NET, 1997. 58-85 p.
- [29] DEITEL AND DEITEL, *Java How To Program*, New Jersey: Prentice Hall, 1997. 67-88, 113-136, 159, 217-222, 380-400, 444-465, 674-695p.
- [30] SHELDON M.ROSS, *Introduction To Probability Models*, United States Of America: Academic Press, 1973. 107-117p.
- [31] PETER ROB, CARLOS CORONEL, *Database Systems*, United States Of America: COURSE, 1995. 1-3p.