

Evaluación y Predicción del Desempeño de Sistemas Computacionales

*Ignacio Casas
Francisco Aurtenechea*

Depto. de Ciencia de la Computación
Escuela de Ingeniería
Universidad Católica de Chile
Casilla 6177 (143), Santiago, Chile

Resumen

El desempeño de un sistema computacional puede verse afectado por un gran número de decisiones que deben ser tomadas durante las distintas etapas de análisis, desarrollo y puesta en marcha del sistema. Debido a la complejidad de las alternativas (trade-offs) de dimensionamiento, adquisición, diseño e implementación, es difícil predecir el impacto de las decisiones en el futuro desempeño del sistema. En este artículo se presenta una introducción a las técnicas de evaluación del desempeño de sistemas computacionales basadas en modelos analíticos de redes de espera. Como una aplicación práctica de estas técnicas, se describe un modelo específico para un sistema computacional en operación. Se presentan los resultados de validación del modelo contra mediciones efectuadas durante un período de observación de una semana. La validación del modelo indica un nivel de precisión adecuado para los objetivos del estudio. Se presenta también un estudio de proyecciones donde se utiliza el modelo para predecir el efecto de cambios tanto del sistema como de la carga de trabajo.

1. INTRODUCCION

El desempeño de un sistema computacional puede verse afectado por un gran número de decisiones que deben ser tomadas durante las distintas etapas de análisis, desarrollo y puesta en marcha del sistema. Debido a la complejidad de las alternativas (trade-offs) de dimensionamiento, adquisición, diseño e implementación, es difícil predecir el impacto de las decisiones en el futuro desempeño del sistema. De igual manera, es difícil planificar la forma en que debe crecer la capacidad de procesamiento del sistema, en función de la evolución de la demanda de servicio (nuevas aplicaciones, aumento de la tasa de llegada de transacciones, etc.).

Actualmente, se están desarrollando nuevas técnicas de modelación, basadas en modelos analíticos de redes de espera, que pueden ser utilizadas para ayudar en la evaluación y predicción del desempeño de sistemas computacionales ([Grah78], [Saue81], [Lazo84], [Casa86]). Estas herramientas y metodologías sirven de apoyo al experto en evaluación y selección de equipamiento. Con estos modelos, el desempeño de un sistema computacional se evalúa en términos de tiempos de respuesta para transacciones típicas, "throughput" o cantidad de procesos por unidad de tiempo (en modalidad batch), utilización de centros de servicio (CPU, discos, canales, etc.) y largo de colas en los distintos centros.

Uno de los aspectos más importantes de esta metodología es la capacidad de predecir el impacto en el desempeño del sistema de eventuales modificaciones al hardware (por ej., cambiar a

una CPU más rápida o agregar una segunda CPU, agregar un nuevo canal y redistribuir los discos) y variaciones de la carga (por ej., incremento de la tasa de llegada de transacciones, procesamiento de nuevas aplicaciones y redistribución de archivos en los discos). Al mismo tiempo, la evaluación de un sistema en funcionamiento permite la identificación del "cuello de botella" (unidad más cargada que impide un mayor nivel de procesamiento en el sistema), la utilización de las unidades y la identificación de los tipos de procesos que consumen más recursos, entre otros.

En este artículo se describe un modelo de desempeño para un sistema computacional en operación, su validación y utilización para la predicción del desempeño ante eventuales cambios al sistema y a la carga de trabajo. El sistema computacional estudiado consta de un computador DEC-1091 con 10.7 MBytes de memoria principal, 7.8 Gbytes de memoria secundaria, 2 procesadores de comunicaciones, 187 terminales y 98 impresoras distribuidos a lo largo de todo Chile.

En la sección 2 se entrega una breve introducción a los modelos de desempeño basados en redes de espera y su utilización para la predicción del desempeño. En la sección 3 se describe, en líneas generales, el sistema computacional en cuestión y se define para él un modelo base de desempeño. Se presentan estadísticas de utilización de CPU y discos, tasas de llegada de transacciones y consumo de recursos por procesos, obtenidas de mediciones efectuadas por los monitores de software del sistema. En el mismo capítulo se indica como estas estadísticas se utilizan para caracterizar la carga de trabajo en el sistema y producir los datos de entrada al modelo.

En la sección 4 se presenta la validación del modelo, comparando las mediciones de utilización de CPU y discos contra las estimaciones del modelo. En la sección 5 se presenta un análisis de modificaciones donde utilizamos el modelo para predecir el desempeño del sistema frente a variaciones de tasas de llegada de transacciones, cambio de CPU y cambios en la modalidad de procesos.

2. CONSTRUCCION Y USO DE UN MODELO DE DESEMPEÑO

En esta sección se describen los componentes básicos de un modelo de desempeño y su relación con los componentes de un sistema computacional de producción. En seguida, se indica como se obtienen los distintos parámetros del modelo a partir de información de monitoreo obtenida durante un período de observación del sistema. Finalmente, se indica como se utiliza el modelo para la predicción del desempeño frente a eventuales variaciones de la carga de trabajo y variaciones de los componentes del sistema.

2.1 Componentes de un modelo de red espera

Un modelo de red de espera consiste de los siguientes componentes:

- (1) *centros de servicio* , que representan a los procesadores (CPUs) y dispositivos, tales como discos, canales y controladores, que al ser compartidos por distintos procesos producen congestión, formándose colas de espera;
- (2) *clases de procesos* , que representan las tareas (transacciones o jobs) con características similares de consumo de recursos; y
- (3) *dominios* , que indican la competencia por recursos (como la memoria principal) de las transacciones dentro de una clase, y entre distintas clases.

La definición de un modelo de red de espera, de un sistema computacional dado, incluye la identificación de todos los centros de servicio, las clases de procesos y sus respectivos dominios, junto con los valores de los parámetros asociados a cada componente. Estos parámetros incluyen las características de servicio de los centros y la carga de trabajo impuesta por las clases de procesos en cada centro de servicio.

Utilizando un software de evaluación de redes de espera (por ej: MAP [Lazo84]) un estudio de modelación del desempeño de un sistema computacional en operación, comprende tres etapas, a decir:

- (1) creación de un modelo base,
- (2) validación del modelo base, y
- (3) análisis de modificaciones o proyecciones

Un modelo base debe representar fielmente al sistema actual con una carga de trabajo promedio para uno o más intervalos de observación (turnos) considerado para las mediciones del sistema. La validación del modelo base implica el asegurar que las medidas de rendimiento que arroja el modelo sean correctas.

El análisis de modificaciones se refiere al uso del modelo para la predicción (o proyección) del desempeño del sistema ante eventuales variaciones de la carga de trabajo y del sistema mismo (hardware y software). A continuación describimos estas tres etapas.

2.2 Creación de un modelo base

Para crear un modelo base, se siguen los siguientes pasos:

- (1) medición del sistema computacional, mediante un monitor de sistema, durante períodos de carga significativa;
- (2) definición de los componentes del modelo (centros de servicio, clases de procesos y dominios de memoria), identificando aquellos procesos que tienen un mayor consumo de recursos;
- (3) utilización de las mediciones entregadas por el monitor del sistema para dar valores a los parámetros de los componentes del modelo.

Medición del sistema

Las mediciones del sistema, obtenidas por medio de un monitor, deben ser efectuadas en un período significativo que incluya una buena muestra de todos los tipos de procesos. Típicamente, se considera un período de una o dos horas de duración cuando la carga alcanza valores peak.

Las mediciones deben incluir estadísticas de uso de CPU y discos por cada tipo de proceso, número de ejecuciones de cada tipo de proceso, utilización global de CPU y discos, tiempos de respuesta por proceso, número de terminales activos y tiempo de retardo entre interacciones, y razones de "swapping" y "paging" por proceso, entre otras.

Identificación de centros de servicio

Generalmente, los centros de servicio que se definen en el modelo corresponden a las unidades de CPU, discos (incluyendo canales, controladores y strings) y terminales activos del sistema real. Para la definición de los centros de servicio que representan CPUs se debe indicar si la disciplina de encolamiento es normal (por ej., FIFO o time-sharing) o si utiliza prioridades. Para los centros que representan discos se asume una disciplina FIFO. Para los centros que representan terminales se define un tiempo de retardo promedio entre interacciones que ingresa el usuario.

Cuando se desea determinar con precisión la congestión producida por los accesos a las unidades de disco, es necesario que la estructura de canales y controladores, que conecta los discos con la(s) CPU(s), sea representada en detalle en el modelo.

Definición de clases de procesos

Para la definición de las clases de procesos se deben identificar y representar aquellos procesos que consumen la mayor cantidad de recursos. Una clase de procesos está constituida por jobs que tienen un origen común y que poseen consumos de servicio similares. Para cada clase de procesos se define el consumo promedio (segundos) que una instancia del proceso impone en la CPU y en cada disco, en base a las mediciones del monitor.

Las clases de proceso, las cuales representan la carga de trabajo en el sistema, pueden ser de tipo transacción, batch o time-sharing ([Lazo84]). Una clase de proceso tipo transacción puede ser un módulo de software (como por ej. un conjunto de rutinas para procesar una cédula de identidad, o un editor de texto) con una cierta tasa de llegada (número de ejecuciones por unidad de tiempo medidas durante el período de observación). Una clase de proceso tipo batch representa procesos cuya única limitante es el nivel de multiprogramación impuesto por el sistema. Una clase tipo time-sharing representa una carga de trabajo impuesta por un número de terminales activos con un tiempo de retardo promedio entre interacciones.

En un estudio de modelación típico, se representan como clases de procesos en el modelo sólo aquellos jobs que son más frecuentemente utilizados y/o que consumen la mayor cantidad de recursos. Aquellos otros procesos que individualmente no son muy significativos, son agrupados en una clase "otros" con un consumo promedio que representa la suma de los consumos individuales. Se entiende que el interés del estudio es observar cuidadosamente aquellos procesos críticos que imponen una mayor carga en el sistema.

Identificación de dominios de memoria

La cantidad disponible de memoria principal impone al menos dos grandes limitaciones al desempeño del sistema: un nivel máximo de multiprogramación y un nivel de overhead producido por paging y swapping. Ambas limitaciones pueden ser representadas en un modelo de desempeño.

La limitación en el nivel de multiprogramación del sistema se representa por medio de dominios de memoria. Un dominio tiene asociada una capacidad que indica el número de jobs que pueden estar residentes simultáneamente en memoria. Una vez que un dominio está lleno, otros jobs que llegan requiriendo memoria tienen que esperar en una cola de memoria asociada con ese dominio. En el modelo se puede representar un número arbitrario de dominios, de tal modo que cada clase de proceso se define como asociada a uno (y sólo uno) de estos dominios.

El segundo efecto de una memoria principal limitada se incluye en el modelo por medio de la especificación de razones de paging y swapping para cada clase de proceso, según las mediciones entregadas por el monitor del sistema.

2.3 Validación del modelo base

Una vez completado el proceso anterior, la definición de componentes y sus parámetros son ingresados al software de evaluación de redes de espera para obtener estimaciones de desempeño tales como el "throughput" (rendimiento del sistema) y tiempos de respuesta para las distintas clases de transacciones.

Enseguida, las estimaciones del modelo son comparadas con las mediciones recogidas por el monitor del sistema durante el período de observación. El modelo base se considera validado una vez que las estimaciones proporcionadas por el modelo coinciden con las mediciones reales observadas directamente en el sistema.

La construcción del modelo base validado, además de ser la etapa previa a la de predicción del desempeño, es un excelente ejercicio en sí mismo. Durante esta primera etapa se puede observar las características de las transacciones más frecuentemente utilizadas y aquellas que consumen una mayor cantidad de recursos, la utilización de los centros de servicio, la unidad "cuello de botella" en el sistema, etc.

2.4 Análisis de modificaciones

Una vez que se obtiene un modelo base validado, la etapa de análisis de modificaciones (proyección) involucra efectuar cambios en la definición de componentes del modelo y sus parámetros y obtener del software de modelación las estimaciones del futuro desempeño (por ej., tiempos de respuestas) correspondientes. Las modificaciones al modelo utilizando el software de modelación son fáciles de realizar y las mediciones estimadas son entregadas en cuestión de segundos.

Típicamente, en esta etapa se responden preguntas tales como, ¿cuál es el efecto en el desempeño del sistema de:

- cambiar la CPU por una x veces más rápida que la actual?
- agregar una segunda CPU?
- agregar un nuevo canal al subsistema de Entrada/Salida?
- aumentar x veces la memoria principal?
- agregar n nuevas líneas de terminales?
- redistribuir la carga en los discos?
- aumentar la tasa de llegada de un cierto tipo de proceso?
- procesar una cierta carga batch en otro turno de trabajo?
- definir nuevas prioridades de procesamiento?

Para facilitar la etapa de proyección de este estudio, se ha construido un software front-end para la preparación de parámetros de entrada para el software de evaluación (MAP). Este software permite especificar en forma muy simple y rápida la carga en los archivos (operaciones de I/O) del sistema en estudio y la distribución de archivos en los distintos discos.

3. DEFINICION DEL MODELO BASE DEL SISTEMA EN ESTUDIO

En esta sección entregamos una breve descripción del sistema computacional en estudio y definimos el modelo base de desempeño que lo representa. Junto a esto, identificamos la carga de trabajo en el sistema y su parametrización en el modelo.

3.1 Descripción general del sistema computacional

El sistema computacional bajo estudio está compuesto de un procesador DEC-1091, con 10.7 Mbytes de memoria principal y provee de acceso a aproximadamente 200 terminales.

El almacenamiento secundario está compuesto por 3 discos RP06 (176 Mb cada uno), y 14

discos RP20 (483 Mb cada uno). Los discos RP06 están conectados a un canal de acceso, y los discos RP20 tienen dos canales de acceso, cada uno administrado independientemente por un controlador (uno controla el acceso a 8 discos RP20 y el otro controla el acceso a 6 discos RP20).

Los procesos que interactúan en el sistema computacional consisten fundamentalmente de procesos de tipo transaccional, administrados por un sistema controlador de mensajes. Este sistema permite el control de las comunicaciones entre la red de terminales y los programas de aplicación. Entre estos últimos cabe destacar a los programas de procesamiento de mensajes (MPP) que son los que demandan el mayor uso de recursos dentro del sistema. Además, existen otros utilitarios que realizan labores de administración y apoyo a otros sistemas.

3.2 Definición del modelo de red de espera

En la primera etapa de este estudio de evaluación de desempeño se ha construido un modelo abierto (transaccional) que no incluye explícitamente el manejo de terminales (ver figura 3.1). Sin embargo, se realizaron las mediciones necesarias (tiempo de respuesta a los terminales, throughput del controlador de líneas, etc), para la modelación de la red de terminales, en una segunda fase de este estudio.

En el modelo base de desempeño del sistema computacional se representaron explícitamente, como componentes de hardware, la CPU (DEC-1091), los 3 discos RP06 y los 14 discos RP20. Junto a esto se incluyeron los 3 canales con sus respectivos controladores y strings.

Es importante notar que en el modelo no se han incluido dominios de memoria, dado que los procesos que interactúan en este sistema computacional no están limitados por memoria principal. Cada proceso ocupa una partición específica de memoria, la que se mantiene mientras el proceso esté activo.

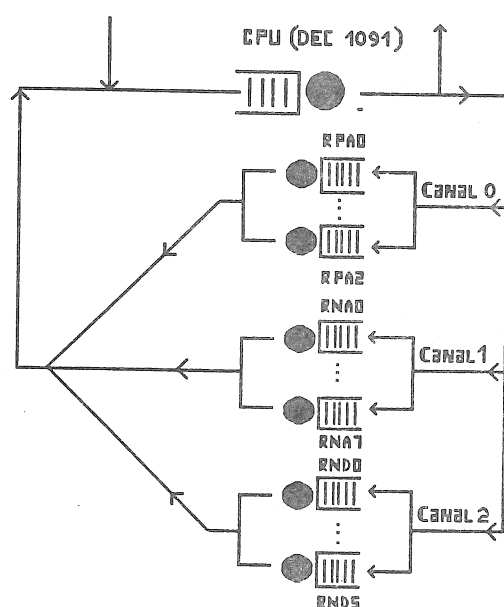


Figura 3.1 Modelo de Red de Espera para el Sistema en Estudio

En la modelación se caracterizó en forma desagregada la demanda de servicio y tasa de llegada sólo de aquellas clases de procesos que en la actualidad aportan más de un 90% de utilización de los distintos centros de servicio. En este caso se consideraron 7 tipos de procesos MPP, llamados Canmpp, Leempp, Rvmpp, Filmpp, Cidmpp, Matmpp y Defmpp. Los procesos MPP restantes fueron agrupados y representados como una sólo clase llamada Otrmpp con una tasa de llegada y consumo promedio, de tal modo de representar el consumo del resto de los procesos.

Cabe hacer notar que existen otros procesos que están interactuando en el sistema, tales como subprocesos de algunas clases MPP y otros programas administrativos que no fueron detectados por el monitor de programas pero si son considerados por el monitor de utilización de CPU y discos. Estos procesos son representados en el modelo como una clase adicional, denominada clase BACKG.

3.3 Estadísticas de uso del sistema

Las estadísticas de uso del sistema computacional, se refieren a datos inherentes al sistema computacional (cantidad de transacciones, tiempos de respuesta, demanda de servicio, etc.), obtenidos ya sea mediante observación directa (p.ej. cronómetro), a través de monitores de software o en algunos casos mediante referencia de catálogos (p.ej. tiempos de acceso a disco). Estos datos constituyen la base para la implementación del modelo del sistema y su posterior validación.

En relación al perfil de uso del sistema, se cuantificó por separado la carga de trabajo de cinco períodos del día, que representan los distintos perfiles de carga (turnos de trabajo) a que está sometido el sistema (ver tabla 3.1).

Todas las clases de procesos observados durante la semana de mediciones son claramente de tipo transaccional. Es decir, sus cargas en el sistema se pueden representar en base a tasas de llegada y demandas de servicio en la CPU, discos y canales.

	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	TURNO 4	TURNO 5
Horario	23:30-05:30	07:00-13:00	13:00-17:30	17:30-19:00	19:00-23:00
Tiempo (segs)	(21600)	(21600)	(16200)	(5400)	(21600)

Tabla 3.1 Períodos a Considerar en la Modelación

3.4 Porcentaje de uso de CPU y overhead

Además de caracterizar la carga de trabajo que ejercen las distintas clases de procesos en el sistema, se midió el perfil de carga global a que está sometido el sistema, en términos de utilización de CPU, durante cada turno. Adicionalmente, se midió el overhead inherente a la actividad del sistema operativo (porcentaje de CPU utilizado por el sistema operativo).

El porcentaje de uso de CPU es un dato muy útil para la validación del modelo. Por otro lado, conociendo el overhead del sistema, se tienen básicamente dos opciones: considerar esta carga como sometida por una clase especial (la clase overhead) o bien distribuir el overhead porcentualmente, de acuerdo al uso de CPU, en cada una de las clases de procesos consideradas en la modelación. En esta modelación se procedió a considerar la segunda opción ya que aparte de ser más representativo de la realidad, facilita el proceso involucrado durante la fase de análisis de modificaciones en el modelo.

En las figuras 3.2 y 3.3 se muestra la utilización de CPU y el overhead soportado por el sistema (a intervalos de media hora) para los turnos 2 y 3. Estos valores y el monitoreo (WR) de uso de CPU por los programa MPP (ver punto 4.6) proporcionan antecedentes para estimar la demanda de CPU de la clase BACKG.

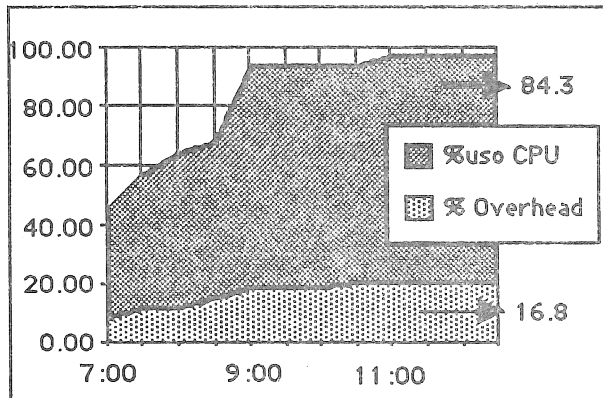


Figura 3.2 Utilizacion CPU - Turno 2

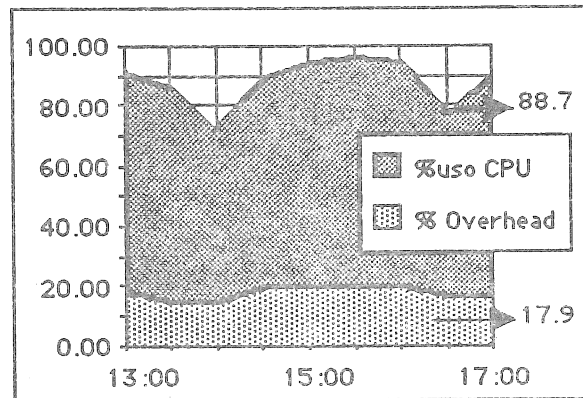


Figura 3.3 Utilización CPU - Turno 3

3.5 Tasa de llegada de transacciones

La tasa de llegada es una medida de la cantidad de requerimientos (transacciones) que llegan al sistema por unidad de tiempo. Para estimar este parámetro se midió el total de transacciones de cada clase de procesos, en cada uno de los turnos.

Si $TOTR(p,t)$ es el total de transacciones de la clase de proceso p en el turno t , y $T(t)$ la cantidad de tiempo del turno t , entonces la tasa de llegada promedio, en transacciones por segundo, para la clase de proceso p en el turno t está dada por:

$$Tlle(p,t) = TOTR(p,t) / T(t) \quad (3.1)$$

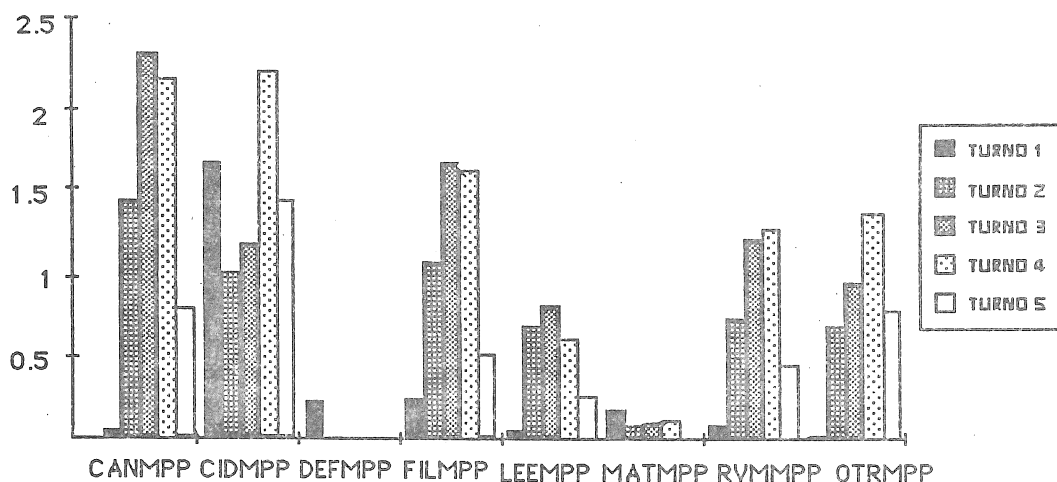


Figura 3.4 Tasa de Llegada (Transacciones/seg.) por clase de proceso

En la figura 3.4 se ilustran los valores de Tlle, obtenidos directamente del monitor de programas. Estos valores se incorporan directamente como datos de entrada al modelo.

3.6 Demanda de servicio en los discos

La demanda de servicio que ejerce una clase de proceso p, en un disco d, para un turno t, está dada por:

$$D_{\text{dsk}}(p,d,t) = FIO(p,d,t) * Tac(d,t) \quad (3.2)$$

Donde, $FIO(p,d,t)$ es la fracción de accesos al disco d realizados por una instancia promedio de la clase de procesos p, en el turno t; y $Tac(d,t)$ es el tiempo promedio de acceso al disco d, para el turno t. Nótese que Tac es dependiente del turno, dado que el perfil de requerimientos a los discos es diferente en cada turno, lo que influye en la fracción del número de seeks por I/O. En efecto, Tac está dado por:

$$Tacc(d,t) = \mu(d,t) * T_{\text{seek}}(d) + T_{\text{lat}}(d) + T_{\text{trans}}(d) \quad (3.3)$$

Donde, $\mu(d,t)$ es el número de seeks por I/O en el disco d para el turno t, $T_{\text{seek}}(d)$ y $T_{\text{lat}}(d)$ son los tiempos de seek y latencia del disco d respectivamente, y $T_{\text{trans}}(d)$ es el tiempo de transferencia de un bloque de datos entre el disco d y la memoria. El valor de μ se midió directamente mediante monitores especiales (es normalmente igual a 1 en los discos RNA y fluctúa entre 0.3 y 0.6 para los discos RPA). Por otro lado, FIO está dado por:

$$FIO(p,d,t) = f(p,d,t) * [TOTIO(p,t) / TOTR(p,t)] \quad (3.4)$$

Donde, $TOTIO(p,t)$, $TOTR(p,t)$ y $f(p,d,t)$ corresponden al total de accesos a disco, al total de transacciones y al porcentaje del total de accesos a disco que le corresponden al disco d, respectivamente, de la clase p en el turno t.

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEENOM	MATMPP	RVMMPP	OTRMPP
RPA0	5.0	52.0	0.0	6.0	10.0	95.0	22.0	42.0
RPA1	3.0	33.0	0.0	5.0	7.0	49.0	12.0	34.0
RPA2	5.0	62.0	0.0	7.0	17.0	104.0	11.0	39.0
RNA0	1.0	12.0	4.0	2.0	4.0	10.0	0.0	22.0
RNA1	3.0	6.0	10.0	1.0	4.0	11.0	36.0	10.0
RNA2	3.0	12.0	0.0	19.0	76.0	0.0	0.0	0.0
RNA3	6.0	30.0	96.0	18.0	71.0	46.0	8.0	27.0
RNA4	3.0	11.0	1.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0
RNA5	2.0	28.0	1.0	2.0	8.0	25.0	15.0	36.0
RNA6	75.0	21.0	75.0	32.0	12.0	195.0	0.0	35.0
RNA7	9.0	21.0	0.0	13.0	7.0	0.0	0.0	0.0
RND0	12.0	10.0	95.0	1.0	5.0	139.0	15.0	9.0
RND1	2.0	91.0	2.0	2.0	7.0	20.0	0.0	26.0
RND2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0
RND3	3.0	15.0	31.0	4.0	11.0	91.0	0.0	22.0
RND4	4.0	5.0	2.0	1.0	4.0	10.0	8.0	9.0
RND5	12.0	3.0	22.0	12.0	2.0	86.0	0.0	13.0

Tabla 3.2 Demanda de Servicio (milisegs) en cada disco (Turno 3)

Los valores de TOTIO se obtuvieron directamente a través de mediciones, y los valores de f fueron estimados en base al conocimiento del perfil de acceso a los archivos por cada clase de proceso y la localización de estos archivos en los discos del sistema (no se contó al momento de la modelación con un monitor que permitiera obtener directamente el factor $f \cdot \text{TOTIO}$).

Por otro lado, y a fin de disponer de un elemento de validación de las estimaciones anteriores, se midió directamente, en forma independiente de cada clase de proceso, el número total de accesos a cada uno de los discos en cada turno.

Para facilitar el ingreso de datos, modificaciones al perfil de acceso a los discos, y la obtención de datos de validación, se construyó un software front-end, que además estima la demanda de servicio ($D_{\text{dsk}}(p,d,t)$) en los discos. En la tabla 3.2 se muestran estos valores, sólo para el turno 3. No se incluye la clase BACKG, cuya demanda de servicio fue calculada por el software front-end y modificada por MAP para incluir el tiempo de contención en los canales.

3.7 Demanda de Servicio en la CPU

La demanda de servicio promedio en la CPU que ejerce una instancia de una clase de proceso p , en el turno t , se estimó como:

$$D_{\text{cpu}}(p,t) = [T_{\text{cpu}}(p,t) + T_{\text{ovh}}(p,t)] / \text{TOTR}(p,t) \quad (3.5)$$

En que, $T_{\text{cpu}}(p,t)$ y $T_{\text{ovh}}(p,t)$ corresponden al tiempo útil de CPU y al overhead de CPU respectivamente, que requiere, en promedio, la clase de proceso p durante el turno t . $\text{TOTR}(p,t)$ es el total de transacciones de la clase de proceso p en el turno t (ver punto 3.5).

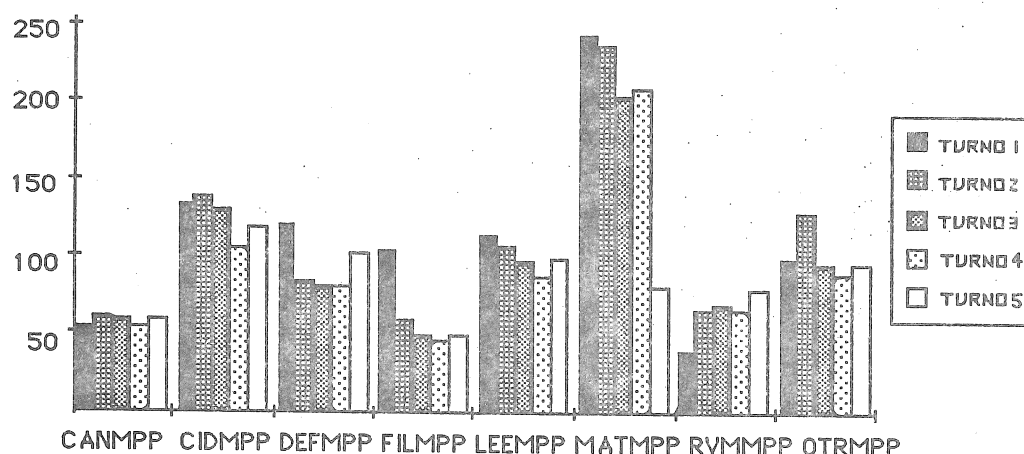


Figura 3.5 Demanda Total de CPU en milsegundos

El valor de T_{cpu} se midió directamente mediante monitores. El valor de T_{ovh} se calculó como el porcentaje promedio de overhead del turno (ver figuras 3.2 y 3.3) multiplicado por la cantidad de tiempo del turno. En la figura 3.5 se ilustran los valores correspondientes a la ecuación 3.5.

Las demandas de servicio indicadas en la figura 3.5, junto con las demandas de servicio en los discos de la sección anterior, y la carga en el sistema (tasas de llegada) son los parámetros (de entrada

para el software de modelación) que representan la carga de trabajo de los programas MPP. El consumo de CPU de la clase BACKG ha sido estimado en base a la diferencia entre el total de uso de CPU entregado por el monitor de CPU y el total de uso de CPU entregado por el monitor de programas. En forma similar se ha estimado el consumo de disco de la misma clase BACKG.

4. VALIDACION DEL MODELO BASE

En esta sección presentamos las estimaciones de desempeño obtenidas de la evaluación (por medio del software MAP) del modelo descrito en la sección 3. Se discuten, en este artículo, sólo las estimaciones de desempeño para los turnos 3 y 4. (En [Casa87] se presenta una discusión completa de este estudio de modelación.) Junto a esto, se indican los resultados de validación del modelo frente a medidas de uso de CPU y accesos a las distintas unidades de disco.

En la sección anterior se indicó que mediante un software front-end, y mediciones de acceso a disco, se realizó una validación de las estimaciones de accesos a disco por cada una de las clases de transacciones. En el turno 3, las estimaciones de acceso a discos tienen un margen de error menor al 5%. En los otros turnos el margen de error es menor al 20%. Esta precisión de las estimaciones de accesos a disco es considerada adecuada, considerando los objetivos que persigue el estudio. Con este margen de error, podemos esperar estimaciones de desempeño del software de modelación cercanas a la realidad.

En las tablas 4.1 y 4.2 se muestran los resultados de desempeño más importantes del software de modelación, para los turnos 3 y 4 respectivamente.

El primer informe de desempeño "Response Times" en la tabla 4.1, indica para cada (instancia de) transacción, el tiempo de respuesta en segundos. Nótese que el mayor tiempo de respuesta es para MATMPP y CIDMPP. Este resultado era esperado puesto que ambos tipos de procesos consumen más recursos que los otros procesos. Es importante destacar que estos tiempos de respuesta no incluyen el delay en el sistema de time-sharing, sino que sólo el tiempo de residencia en el sistema central (DEC-1091).

El informe de desempeño "Device Utilizations" (tabla 4.1) muestra el porcentaje de utilización de la CPU y discos durante el turno 3. El informe indica una utilización total de la CPU del 88.9%. Esta estimación puede compararse con las mediciones entregadas por el monitor de CPU (ver figura 4.3), que indican una utilización del 88.7%. Se tiene entonces un error de menos del 1%, lo cual es indicativo de la precisión del modelo. La misma precisión se repite para los otros cuatro turnos. La utilización de la CPU, que indican tanto el modelo como el monitor de CPU, muestran que el sistema está cercano a la saturación.

En el mismo informe se puede apreciar que la utilización de los discos es bastante baja con respecto a la utilización de la CPU. Definitivamente, el "cuello de botella" del sistema es la CPU. El disco más cargado es el RNA6, el cual tiene aproximadamente un 33% de utilización. Le siguen los discos RPA0, RPA3, RNA3 y RND1 todos con menos de un 25% de utilización. Por consiguiente, cualquier redistribución de archivos en los discos, con el fin de uniformar la carga en el subsistema de I/O, no tendría mayor efecto en el desempeño del sistema debido a la gran contención producida en la CPU actual. En todo caso, una vez que se haya cambiado la CPU por una más rápida, se podría obtener una mejor utilización del subsistema de discos haciendo una redistribución de archivos. El software front-end puede ser utilizado para evaluar distintas distribuciones de archivos en discos.

El informe "Device Queue Lengths" (tabla 4.1) muestra el largo promedio (número de transacciones) de las colas de espera en cada centro de servicio. Naturalmente, la cola más larga se produce en la CPU. El informe "Device Residence Times" muestra los tiempos promedio de residencia (en segundos) para cada tipo de transacción en cada centro de servicio. El tiempo de residencia en un centro de servicio incluye tanto el tiempo de servicio como el de espera en la cola.

RESPONSE TIME:

- 900 -

CANMPP CIDMPP DEFMPP FILMPP LEEMPP MATMPP RVIMPP OTMPP BACKG
0.7278 1.6793 1.1434 0.6058 1.1749 2.9361 0.8339 1.2487 0.9491

DEVICE UTILIZATIONS

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVIMPP	OTMPP	BACKG	TOTAL
CPU	0.1358	0.2058	0.0006	0.0822	0.0775	0.0203	0.0834	0.0875	0.1960	0.8890
RPA0	0.0116	0.0823	0.0000	0.0099	0.0080	0.0095	0.0264	0.0390	0.0564	0.2432
RPA1	0.0069	0.0521	0.0000	0.0083	0.0056	0.0049	0.0144	0.0315	0.0141	0.1377
RPA3	0.0115	0.0978	0.0000	0.0115	0.0135	0.0103	0.0131	0.0361	0.0120	0.2059
RNA0	0.0023	0.0190	0.0000	0.0033	0.0032	0.0010	0.0000	0.0204	0.0020	0.0512
RNA1	0.0070	0.0095	0.0001	0.0017	0.0032	0.0011	0.0433	0.0093	0.0040	0.0792
RNA2	0.0069	0.0190	0.0000	0.0314	0.0605	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1178
RNA3	0.0139	0.0474	0.0008	0.0297	0.0565	0.0046	0.0096	0.0250	0.0040	0.1914
RNA4	0.0069	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0000	0.0020	0.0443
RNA5	0.0046	0.0442	0.0000	0.0033	0.0064	0.0025	0.0180	0.0333	0.0000	0.1124
RNA6	0.1734	0.0331	0.0006	0.0528	0.0095	0.0194	0.0000	0.0324	0.0060	0.3273
RNA7	0.0208	0.0332	0.0000	0.0215	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0831
RND0	0.0277	0.0158	0.0008	0.0016	0.0040	0.0138	0.0179	0.0083	0.0020	0.0918
RND1	0.0046	0.1432	0.0000	0.0033	0.0055	0.0020	0.0000	0.0240	0.0000	0.1827
RND2	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0454	0.0000	0.0000	0.0500
RND3	0.0069	0.0236	0.0002	0.0066	0.0087	0.0090	0.0000	0.0203	0.0000	0.0755
RND4	0.0092	0.0079	0.0000	0.0016	0.0032	0.0010	0.0096	0.0083	0.0000	0.0408
RND5	0.0277	0.0047	0.0002	0.0198	0.0016	0.0085	0.0000	0.0120	0.0000	0.0745

DEVICE QUEUE LENGTHS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVIMPP	OTMPP	BACKG	TOTAL
CPU	1.2235	1.8547	0.0058	0.7403	0.6986	0.1829	0.7513	0.7885	1.7663	8.0119
RPA0	0.0152	0.1077	0.0000	0.0130	0.0104	0.0124	0.0345	0.0510	0.0738	0.3180
RPA1	0.0080	0.0601	0.0000	0.0095	0.0064	0.0056	0.0166	0.0363	0.0162	0.1587
RPA3	0.0145	0.1225	0.0000	0.0145	0.0169	0.0130	0.0165	0.0452	0.0151	0.2581
RNA0	0.0024	0.0199	0.0000	0.0035	0.0033	0.0010	0.0000	0.0213	0.0021	0.0536
RNA1	0.0075	0.0102	0.0001	0.0018	0.0034	0.0012	0.0465	0.0100	0.0043	0.0851
RNA2	0.0078	0.0214	0.0000	0.0354	0.0681	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1326
RNA3	0.0171	0.0582	0.0009	0.0365	0.0694	0.0056	0.0118	0.0307	0.0049	0.2352
RNA4	0.0072	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0187	0.0000	0.0021	0.0461
RNA5	0.0052	0.0495	0.0000	0.0037	0.0071	0.0028	0.0201	0.0373	0.0000	0.1258
RNA6	0.2560	0.0489	0.0009	0.0780	0.0141	0.0286	0.0000	0.0478	0.0089	0.4832
RNA7	0.0226	0.0360	0.0000	0.0233	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0900
RND0	0.0304	0.0173	0.0008	0.0018	0.0044	0.0151	0.0197	0.0091	0.0023	0.1008
RND1	0.0056	0.1748	0.0000	0.0040	0.0068	0.0024	0.0000	0.0293	0.0000	0.2230
RND2	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0476	0.0000	0.0000	0.0525
RND3	0.0075	0.0255	0.0003	0.0071	0.0094	0.0097	0.0000	0.0219	0.0000	0.0814
RND4	0.0096	0.0082	0.0000	0.0017	0.0033	0.0010	0.0099	0.0086	0.0000	0.0424
RND5	0.0298	0.0051	0.0002	0.0213	0.0017	0.0092	0.0000	0.0129	0.0000	0.0802

DEVICE RESIDENCE TIMES

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVIMPP	OTMPP	BACKG
CPU	0.5317	1.1806	0.7300	0.4506	0.8832	1.8474	0.6308	0.8561	0.8832
RPA0	0.0066	0.0685	0.0000	0.0079	0.0132	0.1252	0.0290	0.0554	0.0369
RPA1	0.0035	0.0382	0.0000	0.0058	0.0081	0.0568	0.0139	0.0394	0.0081
RPA3	0.0063	0.0780	0.0000	0.0088	0.0214	0.1308	0.0138	0.0491	0.0075
RNA0	0.0011	0.0126	0.0042	0.0021	0.0042	0.0105	0.0000	0.0232	0.0011
RNA1	0.0033	0.0065	0.0109	0.0011	0.0043	0.0119	0.0391	0.0109	0.0022
RNA2	0.0034	0.0136	0.0000	0.0215	0.0861	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RNA3	0.0074	0.0371	0.1186	0.0222	0.0877	0.0568	0.0099	0.0333	0.0025
RNA4	0.0031	0.0115	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0000	0.0010
RNA5	0.0023	0.0315	0.0011	0.0023	0.0090	0.0281	0.0169	0.0405	0.0000
RNA6	0.1112	0.0311	0.1112	0.0475	0.0178	0.2892	0.0000	0.0519	0.0044
RNA7	0.0098	0.0229	0.0000	0.0142	0.0076	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011
RND0	0.0132	0.0110	0.1046	0.0011	0.0055	0.1530	0.0165	0.0099	0.0011
RND1	0.0024	0.1113	0.0024	0.0024	0.0086	0.0245	0.0000	0.0318	0.0000
RND2	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0400	0.0000	0.0000
RND3	0.0032	0.0162	0.0335	0.0043	0.0119	0.0984	0.0000	0.0238	0.0000
RND4	0.0042	0.0052	0.0021	0.0010	0.0042	0.0104	0.0083	0.0094	0.0000
RND5	0.0130	0.0032	0.0238	0.0130	0.0022	0.0929	0.0000	0.0140	0.0000
TOTAL	0.7278	1.6792	1.1434	0.6058	1.1749	2.9361	0.8339	1.2487	0.9491

CONTROLLER UTILIZATIONS:

CONTROL-0: 0.22; CONTROL-1: 0.24 CONTROL-2: 0.12

Tabla 4.1 RESULTADOS DE LA MODELACION PARA EL SISTEMA ACTUAL -TURNO -3

RESPONSE TIME:

- 901 -

CANMPP CIDMPP DEFMPP FILMPP LEEMPP MATMPP RVMHPP QTRMPP BACKG
0.6393 1.3983 1.1640 0.5639 1.0556 3.0192 0.8141 1.1378 1.8688

DEVICE UTILIZATIONS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	QTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	0.1157	0.2331	0.0006	0.0751	0.0500	0.0216	0.0831	0.1202	0.1920	0.8915
RPA0	0.0325	0.0932	0.0000	0.0129	0.0070	0.0115	0.0275	0.0391	0.0263	0.2500
RPA1	0.0216	0.0598	0.0000	0.0096	0.0046	0.0062	0.0200	0.0323	0.0050	0.1592
RPA3	0.0344	0.1104	0.0000	0.0144	0.0110	0.0138	0.0137	0.0537	0.0100	0.2614
PNA0	0.0000	0.0177	0.0000	0.0016	0.0012	0.0005	0.0000	0.0174	0.0040	0.0424
RNA1	0.0043	0.0066	0.0001	0.0000	0.0012	0.0006	0.0462	0.0054	0.0010	0.0654
PNA2	0.0065	0.0221	0.0000	0.0273	0.0387	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0955
RNA3	0.0086	0.0088	0.0008	0.0192	0.0277	0.0022	0.0087	0.0201	0.0020	0.0982
RNA4	0.0194	0.0199	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0187	0.0000	0.0050	0.0629
RNA5	0.0043	0.0375	0.0000	0.0016	0.0040	0.0027	0.0187	0.0134	0.0060	0.0883
PNA6	0.0495	0.0353	0.0007	0.0385	0.0063	0.0207	0.0000	0.0268	0.0030	0.1807
RNA7	0.0151	0.0331	0.0000	0.0176	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0676
PND0	0.0193	0.0154	0.0008	0.0016	0.0029	0.0081	0.0087	0.0094	0.0070	0.0733
RND1	0.0150	0.2246	0.0000	0.0112	0.0127	0.0080	0.0000	0.0776	0.0060	0.3552
RND2	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0460	0.0000	0.0000	0.0503
RND3	0.0022	0.0132	0.0003	0.0016	0.0029	0.0091	0.0000	0.0174	0.0040	0.0507
RND4	0.0065	0.0044	0.0000	0.0016	0.0012	0.0005	0.0087	0.0040	0.0000	0.0269
RND5	0.0086	0.0022	0.0002	0.0176	0.0000	0.0074	0.0000	0.0040	0.0000	0.0401

DEVICE QUEUE LENGTHS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	QTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	1.0665	2.1483	0.0060	0.6918	0.4611	0.1994	0.7657	1.1082	1.7696	8.2164
RPA0	0.0427	0.1228	0.0000	0.0170	0.0092	0.0152	0.0363	0.0515	0.0746	0.3291
RPA1	0.0255	0.0705	0.0000	0.0114	0.0055	0.0073	0.0236	0.0381	0.0059	0.1877
RPA3	0.0464	0.1486	0.0000	0.0194	0.0148	0.0185	0.0184	0.0722	0.0135	0.3519
PNA0	0.0000	0.0184	0.0000	0.0017	0.0012	0.0005	0.0000	0.0181	0.0042	0.0441
RNA1	0.0046	0.0071	0.0001	0.0000	0.0012	0.0007	0.0491	0.0057	0.0011	0.0695
RNA2	0.0071	0.0243	0.0000	0.0300	0.0426	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.1051
RNA3	0.0095	0.0098	0.0009	0.0212	0.0306	0.0024	0.0096	0.0222	0.0022	0.1085
RNA4	0.0206	0.0211	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0198	0.0000	0.0053	0.0669
RNA5	0.0047	0.0410	0.0000	0.0018	0.0044	0.0029	0.0204	0.0146	0.0066	0.0964
RNA6	0.0601	0.0429	0.0008	0.0467	0.0077	0.0251	0.0000	0.0326	0.0037	0.2197
RNA7	0.0161	0.0354	0.0000	0.0188	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0721
RND0	0.0208	0.0166	0.0009	0.0017	0.0031	0.0087	0.0094	0.0101	0.0076	0.0788
RND1	0.0232	0.3476	0.0001	0.0173	0.0196	0.0124	0.0000	0.1201	0.0093	0.5496
RND2	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.483	0.0000	0.0000	0.0528
RND3	0.0023	0.0139	0.0003	0.0017	0.0030	0.0095	0.0000	0.0183	0.0042	0.0532
RND4	0.0066	0.0045	0.0000	0.0016	0.0012	0.0005	0.0089	0.0041	0.0000	0.0275
RND5	0.0089	0.0023	0.0002	0.0183	0.0000	0.0077	0.0000	0.0042	0.0000	0.0416

DEVICE RESIDENCE TIMES

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	QTRMPP	BACKG	
CPU	0.4977	0.9769	0.7465	0.4332	0.8018	1.9354	0.6175	0.6295	1.7696	
RPA0	0.0199	0.0558	0.0000	0.0106	0.0159	0.1475	0.0292	0.0385	0.0346	
RPA1	0.0119	0.0321	0.0000	0.0071	0.0095	0.0713	0.0190	0.0255	0.0059	
RPA3	0.0216	0.0676	0.0000	0.0122	0.0257	0.1798	0.0149	0.0541	0.0135	
PNA0	0.0000	0.0084	0.0042	0.0010	0.0021	0.0052	0.0000	0.0136	0.0042	
RNA1	0.0021	0.0032	0.0118	0.0000	0.0021	0.0064	0.0396	0.0043	0.0011	
RNA2	0.0033	0.0111	0.0000	0.0188	0.0740	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	
PNA3	0.0044	0.0044	0.1164	0.0133	0.0532	0.0233	0.0078	0.0166	0.0022	
RNA4	0.0096	0.0096	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0000	0.0053	
RNA5	0.0022	0.0186	0.0011	0.0011	0.0077	0.0285	0.0164	0.0110	0.0066	
RNA6	0.0281	0.0195	0.1012	0.0293	0.0134	0.2439	0.0000	0.0244	0.0037	
RNA7	0.0075	0.0161	0.0000	0.0118	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
RND0	0.0097	0.0076	0.1133	0.0011	0.0054	0.0841	0.0076	0.0076	0.0076	
RND1	0.0108	0.1581	0.0077	0.0108	0.0341	0.1209	0.0000	0.0899	0.0093	
RND2	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0390	0.0000	0.0000	
RND3	0.0011	0.0063	0.0348	0.0011	0.0053	0.0927	0.0000	0.0137	0.0042	
RND4	0.0031	0.0021	0.0021	0.0010	0.0021	0.0051	0.0072	0.0031	0.0000	
RND5	0.0042	0.0010	0.0240	0.0115	0.0000	0.0750	0.0000	0.0031	0.0000	
TOTAL	0.6393	1.3983	1.1640	0.5639	1.0556	3.0192	0.8141	1.1378	1.8688	

CONTROLLER UTILIZATIONS:

CONTROL-0: 0.25 CONTROL-1: 0.17 CONTROL-2: 0.14

Tabla 4.2 RESULTADOS DE LA MODELACION PARA EL SISTEMA ACTUAL -TURNO 4 -

Como era de esperarse, para todas las transacciones el mayor tiempo de residencia es en la CPU.

En el informe "Controler Utilizations" de la tabla 4.1 se muestran las cifras de utilización de los controladores. La mayor utilización (de 24%) se produce en el EJE1 que controla los discos RNA. Sin embargo, un 24% de utilización muestra que el canal y controlador correspondiente no producen mayor contención en los accesos a los discos RNA. De todos modos, se podría redistribuir mejor la carga en los discos, y la asignación de discos a canales, para obtener una utilización más uniforme de los 3 ejes de canales y controladores.

En la tabla 4.2 se puede apreciar que, al igual que para el turno 3, la utilización de los discos en el turno 4 es mucho menor que la utilización de la CPU. Los discos más utilizados en este turno son el RPA0, RPA3 y el RND1 con una utilización menor que 36%.

5. ANALISIS DE MODIFICACIONES Y PROYECCIONES

En esta sección se discuten las estimaciones de desempeño obtenidas, por medio del software de modelación, para algunas modificaciones tanto a los componentes del modelo como a los parámetros que representan la carga de trabajo en el sistema. Nuevamente, se discuten las predicciones de desempeño sólo para el turno 3, por ser este el turno más crítico en cuanto a saturación de la CPU. En todo caso, las predicciones para el turno 3 también son aplicables para los turnos 2 y 4, por ser estos tres turnos de características muy similares en cuanto a la carga de trabajo que presentan.

Cambio a Una CPU Más Rápida

En esta sección se observa el desempeño que tendría el sistema computacional si se cambia la CPU actual por una dos veces más rápida. Todos los demás componentes del sistema permanecen sin variación, al igual que la carga de trabajo en el sistema.

En tabla 5.1 se muestra el informe obtenido del software de modelación, para los mismos parámetros de desempeño descritos en la tabla 4.1.

En el primer informe de desempeño ("Response Times"), se puede observar una reducción de los tiempos de respuesta del orden del 65%. Por otro lado, el informe de desempeño ("Device Utilizations") indica una utilización total de la CPU del 44.45%. Esto representa una reducción del 50% de la utilización original de la CPU, tal como se esperaba.

Aumento de la Tasa de Llegada de la clase CIDMPP

En la tabla 5.2 se muestra el informe entregado por el software de modelación con los principales parámetros de desempeño, para el turno 3, con una tasa de llegada, para la clase CIDMPP, 1.5 veces mayor que la original. Todos los otros parámetros del modelo, incluyendo la CPU, permanecen sin modificación tal como son en el sistema real.

En el informe de desempeño "Response Times" se observa que los tiempos de respuesta para las distintas transacciones aumentan considerablemente. Esto se debe a que el sistema actual se encuentra muy próximo a la saturación.

En el informe "Device Utilizations" se muestra una utilización total de la CPU del 99.19%. Esta cifra indica que el sistema ya no puede tolerar más carga y lo más probable es que entre en estado

RESPONSE TIME:

CANIMP	CIDIMP	DEFIMP	FILIMP	LEIMP	MATIMP	RVIMP	OTRIMP	BACKG
0.2492	0.6165	0.4864	0.2002	0.3799	1.2732	0.2661	0.4781	0.1542

DEVICE UTILIZATIONS:

	CANIMP	CIDIMP	DEFIMP	FILIMP	LEIMP	MATIMP	RVIMP	OTRIMP	BACKG	TOTAL
CPU	0.0679	0.1029	0.0003	0.0411	0.0366	0.0101	0.0417	0.0437	0.0980	0.4443
RPA0	0.0116	0.0833	0.0000	0.0099	0.0080	0.0095	0.0261	0.0390	0.0564	0.2432
RPA1	0.0069	0.0521	0.0000	0.0083	0.0056	0.0049	0.0144	0.0315	0.0141	0.1377
RPA2	0.0115	0.0978	0.0000	0.0115	0.0135	0.0103	0.0171	0.0361	0.0120	0.2059
RNA0	0.0023	0.0190	0.0000	0.0033	0.0032	0.0010	0.0000	0.0204	0.0020	0.0512
RNA1	0.0070	0.0095	0.0001	0.0017	0.0032	0.0011	0.0437	0.0093	0.0040	0.0792
RNA2	0.0069	0.0180	0.0000	0.0314	0.0605	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1175
RNA3	0.0139	0.0474	0.0008	0.0297	0.0565	0.0046	0.0096	0.0250	0.0040	0.1914
RNA4	0.0069	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0000	0.0020	0.0443
RNA5	0.0046	0.0442	0.0000	0.0033	0.0064	0.0025	0.0180	0.0333	0.0000	0.1124
RNA6	0.1734	0.0331	0.0006	0.0528	0.0095	0.0194	0.0000	0.0324	0.0060	0.3277
RNA7	0.0208	0.0332	0.0000	0.0215	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0831
RND0	0.0177	0.0156	0.0008	0.0016	0.0040	0.0136	0.0174	0.0053	0.0020	0.0918
RND1	0.0046	0.1432	0.0000	0.0033	0.0055	0.0020	0.0000	0.0240	0.0000	0.1827
RND2	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0484	0.0000	0.0000	0.0500
RND3	0.0069	0.0236	0.0002	0.0066	0.0087	0.0090	0.0000	0.0203	0.0000	0.0755
RND4	0.0092	0.0079	0.0000	0.0016	0.0032	0.0010	0.0096	0.0053	0.0000	0.0408
RND5	0.0277	0.0047	0.0002	0.0198	0.0016	0.0085	0.0000	0.0120	0.0000	0.0745

DEVICE QUEUE LENGTHS:

	CANIMP	CIDIMP	DEFIMP	FILIMP	LEIMP	MATIMP	RVIMP	OTRIMP	BACKG	TOTAL
CPU	0.1222	0.1852	0.0006	0.0739	0.0693	0.0183	0.0750	0.0788	0.1764	0.6002
RPA0	0.0152	0.1077	0.0000	0.0130	0.0104	0.0124	0.0345	0.0510	0.0738	0.3180
RPA1	0.0080	0.0601	0.0000	0.0095	0.0064	0.0056	0.0166	0.0363	0.0162	0.1587
RPA2	0.0145	0.1225	0.0000	0.0145	0.0169	0.0130	0.0165	0.0452	0.0151	0.2581
RNA0	0.0024	0.0199	0.0000	0.0035	0.0033	0.0010	0.0000	0.0213	0.0021	0.0536
RNA1	0.0075	0.0102	0.0001	0.0018	0.0034	0.0012	0.0465	0.0100	0.0043	0.0851
RNA2	0.0078	0.0214	0.0000	0.0354	0.0681	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1326
RNA3	0.0171	0.0582	0.0009	0.0365	0.0694	0.0056	0.0118	0.0307	0.0049	0.2352
RNA4	0.0072	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0000	0.0021	0.0461
RNA5	0.0052	0.0495	0.0000	0.0037	0.0071	0.0028	0.0201	0.0373	0.0000	0.1258
RNA6	0.2560	0.0489	0.0009	0.0760	0.0141	0.0286	0.0000	0.0478	0.0089	0.4632
RNA7	0.0226	0.0360	0.0000	0.0233	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0900
RND0	0.0304	0.0173	0.0008	0.0018	0.0044	0.0151	0.0197	0.0091	0.0022	0.1006
RND1	0.0056	0.1748	0.0000	0.0040	0.0068	0.0024	0.0000	0.0293	0.0000	0.2230
RND2	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0476	0.0000	0.0000	0.0525
RND3	0.0075	0.0255	0.0003	0.0071	0.0094	0.0097	0.0000	0.0219	0.0000	0.0814
RND4	0.0096	0.0082	0.0000	0.0017	0.0033	0.0010	0.0099	0.0086	0.0000	0.0424
RND5	0.0298	0.0051	0.0002	0.0213	0.0017	0.0092	0.0000	0.0129	0.0000	0.0802

DEVICE RESIDENCE TIMES

	CANIMP	CIDIMP	DEFIMP	FILIMP	LEIMP	MATIMP	RVIMP	OTRIMP	BACKG
CPU	0.0531	0.1179	0.0729	0.0450	0.0392	0.1645	0.0650	0.0855	0.0882
RPA0	0.0066	0.0685	0.0000	0.0079	0.0132	0.1252	0.0290	0.0554	0.0369
RPA1	0.0035	0.0382	0.0000	0.0058	0.0081	0.0566	0.0139	0.0394	0.0081
RPA2	0.0063	0.0780	0.0000	0.0088	0.0214	0.1308	0.0138	0.0491	0.0075
RNA0	0.0011	0.0126	0.0042	0.0021	0.0042	0.0105	0.0000	0.0232	0.0011
RNA1	0.0033	0.0065	0.0109	0.0011	0.0043	0.0119	0.0391	0.0109	0.0022
RNA2	0.0034	0.0136	0.0000	0.0215	0.0661	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RNA3	0.0074	0.0371	0.1186	0.0222	0.0877	0.0568	0.0099	0.0333	0.0025
RNA4	0.0031	0.0115	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0000	0.0010
RNA5	0.0023	0.0315	0.0011	0.0023	0.0090	0.0281	0.0169	0.0405	0.0090
RNA6	0.1112	0.0311	0.1112	0.0475	0.0178	0.2692	0.0000	0.0519	0.0044
RNA7	0.0098	0.0229	0.0000	0.0142	0.0076	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011
RND0	0.0132	0.0110	0.1046	0.0011	0.0055	0.1530	0.0165	0.0099	0.0011
RND1	0.0024	0.1113	0.0024	0.0024	0.0086	0.0245	0.0000	0.0318	0.0000
RND2	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0400	0.0000	0.0000
RND3	0.0032	0.0162	0.0335	0.0043	0.0119	0.0984	0.0000	0.0238	0.0000
RND4	0.0042	0.0052	0.0021	0.0010	0.0042	0.0104	0.0063	0.0094	0.0000
RND5	0.0130	0.0032	0.0238	0.0130	0.0020	0.0929	0.0000	0.0140	0.0000

TOTAL 0.2492 0.6165 0.4864 0.2002 0.3799 1.2732 0.2661 0.4781 0.1542

CONTROLLER UTILIZATIONS

CONTROL-0 0.22 CONTROL-1 0.24 CONTROL-2 0.12

Tabla 5.1 CAMBIO DE LA CPU POR UNA 2 VECES MAS RAPIDA - TURNO 3 -

RESPONSE TIME:

CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	OTRMPP	BACKG
7.5193	16.773	10.469	6.3513	12.455	22.553	8.8903	12.1921	12.223

DEVICE UTILIZATIONS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	OTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	0.1358	0.3087	0.0006	0.0822	0.0775	0.0203	0.0834	0.0875	0.1960	0.9919
RPA0	0.0116	0.1237	0.0000	0.0100	0.008	0.0095	0.0265	0.0391	0.0565	0.2848
RPA1	0.0070	0.0784	0.0000	0.0083	0.0056	0.0049	0.0144	0.0316	0.0141	0.1642
RPA3	0.0116	0.1469	0.0000	0.0116	0.0135	0.0103	0.0132	0.0361	0.0121	0.2552
RNA0	0.0023	0.0285	0.0000	0.0033	0.0032	0.0010	0.0000	0.0204	0.0020	0.0607
RNA1	0.0070	0.0143	0.0001	0.0017	0.0032	0.0011	0.0434	0.0093	0.0040	0.0841
RNA2	0.0069	0.0285	0.0000	0.0314	0.0605	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1274
RNA3	0.0139	0.0711	0.0008	0.0298	0.0565	0.0046	0.0096	0.0250	0.0040	0.2153
RNA4	0.0070	0.0261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0000	0.0020	0.0531
RNA5	0.0046	0.0664	0.0000	0.0033	0.0064	0.0025	0.0180	0.0334	0.0000	0.1346
RNA6	0.1735	0.0498	0.0006	0.0529	0.0095	0.0194	0.0000	0.0324	0.0060	0.3441
RNA7	0.0209	0.0498	0.0000	0.0215	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0998
RND0	0.0277	0.0237	0.0008	0.0016	0.0040	0.0138	0.0179	0.0083	0.0020	0.0998
RND1	0.0046	0.2150	0.0000	0.0033	0.0056	0.0020	0.0000	0.0240	0.0000	0.2544
RND2	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0454	0.0000	0.0000	0.0501
RND3	0.0069	0.0355	0.0002	0.0066	0.0087	0.0090	0.0000	0.0203	0.0000	0.0874
RND4	0.0092	0.0118	0.0000	0.0016	0.0032	0.0010	0.0096	0.0083	0.0000	0.0448
RND5	0.0277	0.0071	0.0002	0.0198	0.0016	0.0085	0.0000	0.0120	0.0000	0.0769

DEVICE QUEUE LENGTHS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	OTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	16.8364	38.2841	0.0804	10.1880	9.6135	2.5169	10.3393	10.8508	24.3073	123.016
RPA0	0.0162	0.1730	0.0000	0.0139	0.0112	0.0133	0.0370	0.0546	0.0791	0.3964
RPA1	0.0083	0.0938	0.0000	0.0099	0.0067	0.0059	0.0172	0.0378	0.0169	0.1965
RPA3	0.0155	0.1972	0.0000	0.0155	0.0182	0.0139	0.0177	0.0485	0.0162	0.3427
RNA0	0.0025	0.0303	0.0000	0.0035	0.0034	0.0011	0.0000	0.0217	0.0021	0.0647
RNA1	0.0076	0.0156	0.0001	0.0018	0.0035	0.0012	0.0474	0.0102	0.0044	0.0918
RNA2	0.0080	0.0326	0.0000	0.0360	0.0694	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1460
RNA3	0.0177	0.0907	0.0010	0.0379	0.0720	0.0058	0.0122	0.0319	0.0051	0.2744
RNA4	0.0073	0.0276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0190	0.0000	0.0021	0.0561
RNA5	0.0054	0.0768	0.0000	0.0038	0.0074	0.0029	0.0208	0.0386	0.0000	0.1555
RNA6	0.2646	0.0759	0.0009	0.0806	0.0146	0.0296	0.0000	0.0494	0.0092	0.5248
RNA7	0.0232	0.0554	0.0000	0.0239	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.1108
RND0	0.0308	0.0263	0.0008	0.0018	0.0044	0.0153	0.0199	0.0092	0.0022	0.1109
RND1	0.0062	0.2883	0.0000	0.0044	0.0074	0.0027	0.0000	0.0322	0.0000	0.3412
RND2	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0478	0.0000	0.0000	0.0527
RND3	0.0076	0.0389	0.0003	0.0072	0.0096	0.0099	0.0000	0.0223	0.0000	0.0957
RND4	0.0097	0.0124	0.0000	0.0017	0.0033	0.0010	0.0100	0.0087	0.0000	0.0469
RND5	0.0300	0.0077	0.0002	0.0214	0.0017	0.0093	0.0000	0.0130	0.0000	0.0834

DEVICE RESIDENCE TIMES:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVMHPP	OTRMPP	BACKG
CPU	7.3170	16.2462	10.0453	6.2008	12.1536	25.4234	8.6812	11.7816	12.1536
RPA0	0.0071	0.0734	0.0000	0.0065	0.0141	0.1342	0.0311	0.0593	0.0395
RPA1	0.0036	0.0398	0.0000	0.0060	0.0084	0.0591	0.0145	0.0410	0.0084
RPA3	0.0067	0.0837	0.0000	0.0094	0.0229	0.1404	0.0148	0.0526	0.0081
RNA0	0.0011	0.0129	0.0043	0.0021	0.0043	0.0107	0.0099	0.0236	0.0011
RNA1	0.0033	0.0066	0.0110	0.0011	0.0044	0.0121	0.0396	0.0110	0.0022
RNA2	0.0035	0.0138	0.0000	0.0219	0.0877	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RNA3	0.0077	0.0385	0.1231	0.0231	0.0910	0.0590	0.0103	0.0346	0.0026
RNA4	0.0032	0.0117	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0000	0.0011
RNA5	0.0023	0.0326	0.0012	0.0027	0.0093	0.0291	0.0174	0.0419	0.0000
RNA6	0.1150	0.0322	0.1150	0.0491	0.0184	0.2990	0.0000	0.0537	0.0046
RNA7	0.0101	0.0235	0.0000	0.0145	0.0078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011
RND0	0.0134	0.0112	0.1059	0.0011	0.0056	0.1550	0.0167	0.0100	0.0011
RND1	0.0027	0.1223	0.0027	0.0027	0.0094	0.0269	0.0000	0.0350	0.0000
RND2	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0402	0.0000	0.0000
RND3	0.0033	0.0165	0.0341	0.0044	0.0121	0.1001	0.0000	0.0242	0.0000
RND4	0.0042	0.0053	0.0021	0.0011	0.0042	0.0105	0.0084	0.0095	0.0000
RND5	0.0131	0.0033	0.0239	0.0131	0.0022	0.0935	0.0000	0.0141	0.0000

TOTAL 7.5193 16.7734 10.4696 6.3513 12.4556 26.5530 8.8903 12.1921 12.2235

CONTROLLER UTILIZATIONS:

CONTROL-0 0.26 CONTROL-1 0.27 CONTROL-2 0.14

Tabla 5.2 TASA LLEGADA DE CLASE CIDMPP SE AUMENTA EN 1.5 - TURNO 3 -

RESPONSE TIME:

CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVHMPP	OTRMPP	BACKG
3.7438	2.3805	1.3740	2.6974	6.0952	1.9220	2.7325	2.4662

DEVICE UTILIZATIONS:

	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVHMPP	OTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	0.4116	0.0006	0.0822	0.0775	0.0203	0.0834	0.0874	0.1960	0.9591
RPA0	0.1652	0.0000	0.0100	0.0080	0.0095	0.0265	0.0391	0.0566	0.3149
RPA1	0.1047	0.0000	0.0083	0.0056	0.0040	0.0144	0.0316	0.0141	0.1837
RPA3	0.1960	0.0000	0.0116	0.0135	0.0104	0.0131	0.0361	0.0121	0.2929
PNA0	0.0379	0.0000	0.0033	0.0032	0.0010	0.0000	0.0204	0.0020	0.0678
PNA1	0.0190	0.0001	0.0017	0.0032	0.0011	0.0433	0.0093	0.0040	0.0817
PNA2	0.0379	0.0000	0.0314	0.0605	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1298
PNA3	0.0947	0.0008	0.0297	0.0564	0.0046	0.0096	0.0250	0.0040	0.2248
PNA4	0.4034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0000	0.0020	0.0548
PNA5	0.0685	0.0000	0.0033	0.0064	0.0025	0.0180	0.0333	0.0000	0.1519
PNA6	0.0664	0.0006	0.0529	0.0095	0.0194	0.0000	0.0324	0.0060	0.1873
PNA7	0.0664	0.0000	0.0215	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0954
RND0	0.0315	0.0008	0.0016	0.0040	0.0138	0.0179	0.0083	0.0020	0.0800
RND1	0.2864	0.0000	0.0033	0.0055	0.0020	0.0000	0.0240	0.0000	0.3212
RND2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0454	0.0000	0.0000	0.0454
RND3	0.0473	0.0002	0.0066	0.0087	0.0090	0.0000	0.0203	0.0000	0.0923
PND4	0.0158	0.0000	0.0016	0.0032	0.0010	0.0096	0.0083	0.0000	0.0395
RND5	0.0095	0.0002	0.0198	0.0016	0.0066	0.0000	0.0120	0.0000	0.0516

DEVICE QUEUE LENGTHS:

	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVHMPP	OTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	10.0582	0.0158	2.0075	1.8943	0.4959	2.0373	2.1381	4.7896	23.4368
RPA0	0.2411	0.0000	0.0145	0.0117	0.0139	0.0387	0.0571	0.0826	0.4595
RPA1	0.1283	0.0000	0.0102	0.0069	0.0060	0.0177	0.0387	0.0173	0.2250
RPA3	0.2772	0.0000	0.0164	0.0191	0.0147	0.0186	0.0511	0.0171	0.4142
PNA0	0.0407	0.0000	0.0035	0.0034	0.0011	0.0000	0.0219	0.0022	0.0728
PNA1	0.0207	0.0001	0.0018	0.0035	0.0012	0.0472	0.0101	0.0044	0.0890
PNA2	0.0436	0.0000	0.0361	0.0695	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1491
PNA3	0.1222	0.0010	0.0383	0.0728	0.0059	0.0124	0.0322	0.0052	0.2900
PNA4	0.0368	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0190	0.0000	0.0021	0.0579
PNA5	0.1043	0.0000	0.0039	0.0075	0.0029	0.0212	0.0393	0.0000	0.1791
PNA6	0.0817	0.0007	0.0651	0.0117	0.0239	0.0000	0.0399	0.0074	0.2304
PNA7	0.0734	0.0000	0.0237	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.1055
RND0	0.0343	0.0008	0.0018	0.0043	0.0150	0.0195	0.0090	0.0022	0.0870
RND1	0.4220	0.0000	0.0048	0.0082	0.0029	0.0000	0.0353	0.0000	0.4733
RND2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0476	0.0000	0.0000	0.0476
RND3	0.0521	0.0003	0.0073	0.0096	0.0100	0.0000	0.0224	0.0000	0.1017
RND4	0.0164	0.0000	0.0017	0.0033	0.0010	0.0100	0.0087	0.0000	0.0411
PND5	0.0100	0.0002	0.0209	0.0017	0.0090	0.0000	0.0127	0.0000	0.0544

DEVICE RESIDENCE TIMES:

	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	RVHMPP	OTRMPP	BACKG
CPU	3.2012	1.9794	1.2218	2.3948	5.0095	1.7106	2.3215	2.3948
RPA0	0.0767	0.0000	0.0089	0.0146	0.1402	0.0355	0.0620	0.0413
RPA1	0.0408	0.0000	0.0062	0.0087	0.0606	0.0146	0.0421	0.0087
RPA3	0.0882	0.0000	0.0100	0.0242	0.1460	0.0157	0.0555	0.0085
PNA0	0.0130	0.0043	0.0022	0.0043	0.0108	0.0000	0.0237	0.0011
PNA1	0.0066	0.0110	0.0011	0.0044	0.0121	0.0396	0.0110	0.0022
PNA2	0.0139	0.0000	0.0220	0.0878	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PNA3	0.0389	0.1245	0.0233	0.0920	0.0596	0.0104	0.0350	0.0026
PNA4	0.0117	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0000	0.0011
PNA5	0.0332	0.0012	0.0024	0.0095	0.0296	0.0176	0.0427	0.0000
PNA6	0.0260	0.0928	0.0396	0.0148	0.2413	0.0000	0.0433	0.0037
PNA7	0.0234	0.0000	0.0145	0.0078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011
RND0	0.0109	0.1037	0.0011	0.0055	0.1517	0.0164	0.0098	0.0011
RND1	0.1343	0.0030	0.0030	0.0103	0.0295	0.0000	0.0384	0.0000
RND2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0400	0.0000	0.0000
RND3	0.0166	0.0343	0.0044	0.0122	0.1006	0.0000	0.0243	0.0000
RND4	0.0052	0.0021	0.0010	0.0042	0.0105	0.0084	0.0094	0.0000
RND5	0.0032	0.0233	0.0127	0.0021	0.0911	0.0000	0.0136	0.0000
TOTAL	3.7438	2.3805	1.3740	2.6974	6.0952	1.9220	2.7325	2.4662

CONTROLLER UTILIZATIONS:

CONTROL-0 0.29 CONTROL-1 0.24 CONTROL-2 0.14

Tabla 5.3 SE ELIMINA CANMPP Y SE AUMENTA TASA LLEGADA CIDMPP AL DOBLE
- TURNO 3 -

RESPONSE TIME:

- 906 -

CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	PVMHPP	OTRMPP	BACKG
0.4546	1.3959	0.7795	0.3767	0.7331	2.2286	0.4935	0.9425	0.4481

DEVICE UTILIZATIONS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	PVMHPP	OTRMPP	BACKG	TOTAL
CPU	0.0679	0.5145	0.0003	0.0411	0.0388	0.0101	0.0417	0.0437	0.0980	0.8561
RPA0	0.0118	0.4175	0.0000	0.0101	0.0081	0.0096	0.0268	0.0395	0.0572	0.5806
RPA1	0.0071	0.2660	0.0000	0.0084	0.0057	0.0050	0.0147	0.0321	0.0144	0.3534
RPA3	0.0117	0.4948	0.0000	0.0117	0.0137	0.0105	0.0133	0.0365	0.0122	0.6043
RNA0	0.0023	0.0954	0.0000	0.0033	0.0032	0.0010	0.0000	0.0205	0.0020	0.1278
RNA1	0.0070	0.0481	0.0001	0.0017	0.0032	0.0011	0.0437	0.0094	0.0041	0.1184
RNA2	0.0070	0.0953	0.0000	0.0316	0.0608	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1947
RNA3	0.0139	0.2381	0.0008	0.0299	0.0567	0.0046	0.0096	0.0251	0.0040	0.3828
RNA4	0.0070	0.0874	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.0000	0.0020	0.1145
RNA5	0.0047	0.2223	0.0000	0.0033	0.0064	0.0025	0.0181	0.0335	0.0000	0.2908
RNA6	0.1743	0.1666	0.0006	0.0531	0.0096	0.0195	0.0000	0.0326	0.0061	0.4622
RNA7	0.0209	0.1668	0.0000	0.0216	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.2170
RND0	0.0278	0.0791	0.0008	0.0017	0.0040	0.0139	0.0150	0.0084	0.0020	0.1556
RND1	0.0046	0.7174	0.0000	0.0033	0.0056	0.0029	0.0000	0.0240	0.0000	0.7569
RND2	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0456	0.0000	0.0000	0.0503
RND3	0.0070	0.1187	0.0002	0.0066	0.0088	0.0091	0.0000	0.0204	0.0000	0.1708
RND4	0.0093	0.0396	0.0000	0.0017	0.0032	0.0010	0.0096	0.0084	0.0000	0.0727
RND5	0.0278	0.0238	0.0002	0.0199	0.0016	0.0086	0.0000	0.0121	0.0000	0.0939

DEVICE QUEUE LENGTHS:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	PVMHPP	OTRMPP	BACKG	Total
CPU	0.4718	3.5759	0.0023	0.2855	0.2694	0.0705	0.2897	0.3041	0.6811	5.9502
RPA0	0.0271	0.9631	0.0000	0.0232	0.0187	0.0222	0.0618	0.0912	0.1320	1.3393
RPA1	0.0106	0.3987	0.0000	0.0126	0.0085	0.0075	0.0220	0.0482	0.0215	0.5296
RPA3	0.0287	1.2128	0.0000	0.0286	0.0335	0.0256	0.0326	0.0895	0.0299	1.4812
RNA0	0.0026	0.1085	0.0000	0.0038	0.0036	0.0011	0.0000	0.0233	0.0023	0.1454
RNA1	0.0079	0.0539	0.0001	0.0019	0.0036	0.0012	0.0491	0.0105	0.0046	0.1329
RNA2	0.0086	0.1174	0.0000	0.0389	0.0749	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2398
RNA3	0.0224	0.3821	0.0012	0.0480	0.0911	0.0074	0.0154	0.0403	0.0065	0.6144
RNA4	0.0078	0.0980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0203	0.0000	0.0023	0.1284
RNA5	0.0065	0.3109	0.0000	0.0046	0.0089	0.0035	0.0253	0.0469	0.0000	0.4066
RNA6	0.3203	0.3061	0.0011	0.0976	0.0176	0.0358	0.0000	0.0598	0.0111	0.8495
RNA7	0.0265	0.2114	0.0000	0.0274	0.0071	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.2749
RND0	0.0327	0.0930	0.0009	0.0019	0.0047	0.0163	0.0212	0.0098	0.0024	0.1829
RND1	0.0188	2.9223	0.0001	0.0134	0.0226	0.0081	0.0000	0.0979	0.0000	3.0832
RND2	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0477	0.0000	0.0000	0.0526
RND3	0.0083	0.1421	0.0003	0.0079	0.0105	0.0109	0.0000	0.0244	0.0000	0.2045
RND4	0.0099	0.0424	0.0000	0.0018	0.0034	0.0011	0.0103	0.0089	0.0000	0.0778
RND5	0.0305	0.0260	0.0002	0.0218	0.0017	0.0094	0.0000	0.0132	0.0000	0.1028

DEVICE RESIDENCE TIMES:

	CANMPP	CIDMPP	DEFMPP	FILMPP	LEEMPP	MATMPP	PVMHPP	OTRMPP	BACKG
CPU	0.2050	0.4552	0.2815	0.1738	0.3406	0.7124	0.2433	0.3301	0.3406
RPA0	0.0118	0.1226	0.0000	0.0141	0.0236	0.2240	0.0519	0.0990	0.0560
RPA1	0.0046	0.0508	0.0000	0.0077	0.0108	0.0754	0.0185	0.0523	0.0108
RPA3	0.0125	0.1544	0.0000	0.0174	0.0423	0.2590	0.0274	0.0971	0.0149
RNA0	0.0012	0.0138	0.0046	0.0023	0.0046	0.0115	0.0000	0.0253	0.0012
RNA1	0.0034	0.0069	0.0114	0.0011	0.0046	0.0126	0.0412	0.0114	0.0023
RNA2	0.0037	0.0149	0.0000	0.0237	0.0947	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RNA3	0.0097	0.0486	0.1557	0.0292	0.1151	0.0746	0.0130	0.0438	0.0032
RNA4	0.0034	0.0125	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0011
RNA5	0.0028	0.0396	0.0014	0.0028	0.0113	0.0353	0.0212	0.0509	0.0000
RNA6	0.1392	0.0390	0.1392	0.0594	0.0223	0.3619	0.0000	0.0650	0.0056
RNA7	0.0115	0.0269	0.0000	0.0167	0.0090	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013
RND0	0.0142	0.0118	0.1125	0.0012	0.0059	0.1646	0.0176	0.0107	0.0012
RND1	0.0082	0.3720	0.0082	0.0082	0.0286	0.0818	0.0000	0.1063	0.0000
RND2	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0401	0.0000	0.0000
RND3	0.0036	0.0181	0.0374	0.0048	0.0133	0.1098	0.0000	0.0265	0.0000
RND4	0.0043	0.0054	0.0022	0.0011	0.0043	0.0108	0.0086	0.0097	0.0000
RND5	0.0133	0.0033	0.0243	0.0133	0.0022	0.0950	0.0000	0.0144	0.0000
TOTAL	0.4546	1.3959	0.7795	0.3767	0.7331	2.2286	0.4998	0.9425	0.4481

CONTROLLER UTILIZATIONS:

CONTROL-0: 0.56 CONTROL-1: 0.45 CONTROL-2: 0.30

Tabla 5.4 SE DUPLICA VELOCIDAD DE LA CPU Y TASA DE LLEGADA DE CIDMPP
AUMENTA 5 VECES - TURNO 3 -

de saturación (tiempos de respuesta "infinitos") en varias oportunidades durante el turno.

Se puede concluir, entonces, que el sistema actual, sin modificación, no es capaz de tolerar un aumento de los procesos CIDMPP más allá de un 30 a 40%.

Traslado de Procesos CANMPP

En tabla 5.3 se muestra el informe entregado por el software de modelación con la definición del modelo y carga de trabajo, para el turno 3, donde se ha eliminado la clase CANMPP y se ha aumentado al doble la tasa de llegada de la clase CIDMPP (por ej. los procesos de CANMPP han sido trasladados a un computador de respaldo). (Se supone que los procesos CANMPP son trasladados al computador de respaldo de la institución.)

En el informe de desempeño "System Performance Measures" (listado 5.3) se observa que los tiempos de respuesta ("Response Time") para las distintas transacciones ha aumentado con respecto a los del sistema real (tabla 4.1). Sin embargo, estos tiempos de respuesta se mantienen dentro de un rango aceptable.

En el informe "Device Utilizations" se muestra una utilización total de la CPU del 95.9%. A pesar de encontrarse la CPU próxima a la saturación, estas cifras indican que es posible aumentar la ejecución de procesos CIDMPP hasta aprox. un 80%, manteniendo tiempos de respuesta relativamente razonables.

Aumento de Tasa de Llegada de CIDMPP con CPU más Rápida

En la tabla 5.4 se muestra el informe entregado por el software de modelación con la definición del modelo, para el turno 3, considerando una CPU dos veces más rápida, y una clase CIDMPP con tasa de llegada 5 veces mayor que la del sistema real. Todos los demás parámetros del modelo se mantienen igual que en el modelo original.

En el informe de desempeño "System Performance Measures" (listado 5.4.b) se observa que los tiempos de respuesta ("Response Time") para las distintas transacciones son similares a los tiempos de respuesta del turno 3 original (listado 5.1).

En el informe "Device Utilizations" se muestra una utilización total de la CPU del 85.6%. Esta utilización es muy similar a la del sistema original. Estas cifras indican que el sistema computacional, con una CPU dos veces más rápida que la actual, podría procesar aproximadamente 5 veces más transacciones CIDMPP manteniendo un desempeño similar al del sistema actual.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado una aplicación de la tecnología de modelos de redes de espera a un sistema computacional en operación. Para este efecto, se ha utilizado el paquete comercial de modelación MAP ([Lazo84]) y se ha implementado un software front-end que facilita la definición de la carga de trabajo, la estimación de la demanda de servicio en el subsistema de entrada/salida y la validación del modelo.

La validación del modelo entrega un margen de error del orden de 1% para la estimación de la utilización de la CPU en distintos turnos de procesamiento, y entre 4 y 20% para la estimación de accesos al subsistema de entrada/salida. Este nivel de precisión se considera adecuado para los objetivos del estudio. Las mediciones por medio del monitor de sistema y las estimaciones del modelo indican que la CPU es el "cuello de botella" del sistema, con una utilización mayor de 80%.

El modelo fué utilizado para predecir el desempeño del sistema ante eventuales variaciones del hardware (específicamente el cambio de CPU) y variaciones en la carga de trabajo, arrojando resultados que están de acuerdo con el desempeño esperado.

REFERENCIAS

- [Casa86] Casas I.
"Prophet: A Layered Analytical Model for Performance Prediction of Database Systems", Computer Systems Research Institute, University of Toronto, Tech. Rep. CSRI-180, Toronto, Canada, 1986.
- [Casa87] Casas I., Aurtenechea F.
"Modelación y Evaluación del Sistema Computacional de una Empresa Chilena", Depto. de Ciencia de Computación, Escuela de Ingeniería, Univ. Católica de Chile, Informe Técnico IT87-2, Santiago, Chile, 1987.
- [Grah78] Graham G.S. (ed.)
"Queueing Network Models of Computer System Performance", ACM Comp. Surveys Special Issue #10.3, Sept. 1978.
- [Lazo84] Lazowska E.D., Zahorjan J., Graham G.S., Sevcik K.C.
"Quantitative System Performance - Computer System Analysis Using Queueing Network Models", Prentice Hall Inc., New Jersey, 1984.
- [Saue81] Sauer C.H., Chandy K.M.
"Computer Systems Performance Modeling", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981.