Automatización - Simulación de

INFORME PRELIMINAR

TEMA : " UN MODELO DE SIMULACION PARA LA DETERMINACION DE POLITICAS OPTIMAS DE PRESTAMO EN LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE "

Alvaro Vilaplana B.
Pedro Gazmuri S.
Maria Luisa Arenas F.

FECHA:

INDICE

Pàgina

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes 1
1.2. Descripciòn del Trabajo 2

1.2.1. Objetivos 2
1.2.2. Metodologìa Usada 2

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

2.1. Introducciòn 4
2.2. Caracterìsticas del Sistema 5
2.3. Descripciòn de las Transacciones 11
2.4. Operaciòn Fìsica del Sistema 16

3. MODELO DE SIMULACION DEL COMPORTAMIENTO DE UN CURSO

3.1. Introducciòn 23
3.2. Supuestos y Paràmetros 25
3.3. Caracterìsticas de las polìticas de atenciòn 28
3.4. Variables que caracterizan la operaciòn del sistema 31

3.4.1. Calidad del Servicio 31
3.4.2. Recursos Humanos 32

3.5. Ajuste del modelo a un caso real 34

4. MODELO DE SIMULACION PARA TODA LA SECCION RESERVA

4.1. Metodologìa Empleada 39
4.2. Datos Empleados 40
4.3. Procedimiento de Ajuste 41
4.4. Resultados Obtenidos 42

4.4.1. Valores de los paràmetros 43

4.5. Anàlisis de Resultados y Comentarios 45

5. SIMULACION DE POLITICAS ALTERNATIVAS

5.1. Supuestos y paràmetros 46
5.2. Resultados de Calidad del Servicio 49
5.3. Resultados de la Operaciòn Fìsica 50
5.4. Tiempos de Operaciòn Medidos 51
5.5. Comparaciòn respecto al tiempo de operaciòn 52
5.6. Anàlisis de los Resultados 53

6. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS 59

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El Sistema de Biblioteca, dentro de su plan de desarrollo y como parte del Proyecto de Automatizaciòn, lleva a cabo la implementaciòn de un sistema de circulaciòn automatizada en la secciòn Reserva de la Biblioteca Central del Campus San Joaquìn. Para ello define una serie de modalidades de operaciòn del sistema y polìticas de servicio al usuario.

En la etapa de definiciòn de la misma, se detecta el problema de que la polìtica de Reserva que se pretende implantar no cuenta con el suficiente nivel de aceptaciòn dentro de los encargados de la operaciòn del sistema, como asì tampoco de algunos usuarios, habituados a otras formas de atenciòn existentes dentro del mismo Sistema de Bibliotecas.

Para enfrentar el problema antes mencionado, el Sistema de Bibliotecas se pone en contacto con el Departamento de Ingenierìa de Sistemas de la Universidad Catòlica, solicitando su participaciòn en un estudio conducente a evaluar distintas polìticas de Reserva y la factibilidad de su implementaciòn. El Departamento de Ingenierìa de Sistemas ha estado interesado desde hace algùn tiempo en desarrollar metodologìas referidas al modelamiento de sistemas estocàsticos, siendo una de las aplicaciones de estas metodologìas los Sistemas de Bibliotecas. Ambos intereses y el problema planteado determinan la realizaciòn de un trabajo interdisciplinario, con un beneficio directo y de aplicaciòn real.

1.2. Descripción del Trabajo

Para describir el trabajo realizado se definirán primeramente los objetivos planteados y la metodología usada para alcanzarlos.

1.2.1 Objetivos

1.- Conocer detalladamente el funcionamiento de la Sección Reserva, de modo de analizar a fondo los posibles cambios en la operación que hagan el sistema más eficiente.

2.- Determinar cual es la política que sería capaz de entregar un servicio cuya relación costo-eficiencia sea la más adecuada.

3.- Crear una herramienta que pueda ser usada en otras areas del sistema, en estudios futuros que se realizen.

4.- Plantear áreas de aplicación de la teoría de Sistemas, para resolver problemas como éste que se presentan en los escenarios Bibliotecológicos.

1.2.2 Metodología usada

Para abordar el problema concreto se usó la herramienta de la simulación, la cual consiste en representar a través de supuestos de comportamiento la situación real e ir ajustandola hasta que los parámetros sean consistentes y el modelo de simulación represente fielmente la realidad.

Además de la simulación se hicieron mediciones en el terreno de algunas variables de importancia que luego se incorporaron en otros modelos usados para medir la operación y eficiencia del sistema. Cuando tales mediciones eran difíciles de hacer o a veces imposibles, se hicieron estimaciones para poder obtener

resultados que reflejaran la situaciòn real y asì tener mayor informaciòn para el anàlisis.

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

2.1. Introducción

La sección Reserva de la Biblioteca Central, tiene por objeto proveer a los alumnos del material bibliográfico requerido como lectura obligatoria para el desarrollo de los cursos dictados por las Unidades Académicas ubicadas en el Campus San Joaquín. En este sentido la mayoría de los usuarios de la sección son los alumnos de estos cursos, aún cuando la bibliografía está disponible para cualquier usuario del Sistema.

El material disponible corresponde a los libros que los profesores de la diferentes Unidades Académicas han dado como bIbliografía mínima para el curso que se dicta. Por lo general, la cantidad de volúmenes disponibles es muy inferior a la cantidad de alumnos en el curso, por lo que el servicio de Reserva enfrenta una gran demanda. Esta demanda y la disponibilidad de tiempo de los alumnos para retirar material en préstamo de la Reserva (recreos), hace que se produzcan congestiones en el sistema durante parte del tiempo y en forma especial durante las épocas de evaluación. Esta situación ha determinado la necesidad de fijar plazos de préstamo y otras restricciones de modo de satisfacer de la mejor manera posible la gran demanda.

2.2. Caracteristicas del Sistema

La sección Reserva de la Biblioteca Central cuenta con un número aproximado de 4.040 títulos y 14.000 volúmenes.

La demanda por este material bibliográfico origina un conjunto de acciones, que se denominan transacciones, que son las siguientes :

- Prèstamos domiciliarios
- Reservas
- Renovaciones
- Devoluciones
- Consultas

En términos globales, la sección Reserva lleva a cabo 1.000 a 1.500 transacciones diarias (sin incluir devoluciones). El número de alumnos que accesa a este sistema es de aproximadamente 1.500 diarios. El sistema es atendido por 7 a 10 personas, que se encargan de llevar a cabo las transacciones referidas.

La Sección Reserva mantiene un número variable de copias para cada título, dependiendo del tamaño de los cursos que utilizan estos títulos y la demanda por los mismos.

No se dispone de información exacta respecto de la distribución del número de copias por título. Sin embargo, esto puede aproximarse en base a muestras de títulos obtenidas del catálogo de la Colección de Reserva. En las Tablas #1 y #2 se presentan los resultados obtenidos en base a 2 muestras aleatorias de 399 y 409 títulos (cada una corresponde aproximadamente al 10% del total).

DISTRIBUCION DEL NUMERO DE COPIAS POR TITULO

Primera Muestra

# de Copias	# de Titulos	# de Libros
1	131	131
2	82	164
3	51	153
4	35	140
5	33	165
6	17	102
7	8	56
8	4	32
9	5	45
10	10	100
11	3	33
12	3	36
13	3	39
14	0	0
15	5	75
16	3	48
17	0	0
18	3	54
19	1	19
31	1	31
39	1	39
TOTAL	399	1462

Número de copias por titulo = 1462/399 = 3.66

Tabla # 1

Segunda Muestra

# de Copias	# de Titulos	# de Libros
1	149	149
2	102	204
3	51	153
4	38	152
5	24	120
6	8	48
7	3	21
8	6	48
9	3	27
10	5	50
11	2	22
12	2	24
13	2	26
14	1	14
15	3	45
16	3	48
17	2	34
18	1	18
19	0	0
21	1	21
27	1	27
30	1	30
35	1	35
TOTAL	409	1296

Número de copias por titulo = 1296/409 = 3.17

Tabla # 2

En la Tabla #3 se presenta la distribución obtenida al promediar ambas muestras. De la inspección de la Tablas #1 y #2 se puede concluir que existe cierta variabilidad en los resultados de las muestras, pero esta tiende a concentrarse más bien los títulos con 6 o más copias, los que son menos significativos. Por estas razones, para efectos de este estudio, se consideró suficiente el grado de aproximación obtenido con el promedio de ambas muestras (esta información será utilizada en el modelo de estimación de la demanda agregada de libros a nivel de toda la Colección de Reserva).

Extrapolando la información contenida en la Tabla #3 (que corresponde aproximadamente al 10% del total) es posible estimar la distribución del número de copias por título para toda la colección, lo que se presenta en la Tabla #4.

Promedio muestras #1 y #2

# de Copias	# de Titulos	# de Libros
1	140,0	140,0
2	92,0	184,0
3	51,0	153,0
4	36,5	146,0
5	28,5	142,5
6	12,5	75,0
7	5,5	38,5
8	5,0	40,0
9	4,0	36,0
10	7,5	75,0
11	2,5	27,5
12	2,5	30,0
13	2,5	32,5
14	0,5	7,0
15	4,0	60,0
16	3,0	48,0
17	1,0	17,0
18	2,0	36,0
19	0,5	95,0
20	0,0	0,0
21	0,5	10,5
27	0,5	13,5
30	0,5	15,0
31	0,5	15,5
35	0,5	17,5
39	0,5	19,5
TOTAL	404,0	1389,0

Tabla # 3

DISTRIBUCION DEL NUMERO DE COPIAS POR TITULO

PARA LA COLECCION COMPLETA

# de Copias	% del Total	Total Titulos
1	34.65	1400
2	22.77	920
3	12.64	510
4	9.04	365
5	7.05	285
6	3.09	125
7	1.36	55
8	1.24	50
9	0.99	40
10	1.86	75
11	0.62	25
12	0.62	25
13	0.62	25
14	0.12	5
15	0.99	40
16	0.74	30
17	0.25	10
18	0.50	20
19	0.12	5
+ de 19	0.74	30
TOTAL	100.00	4040

Tabla # 4

2.3. Descripción de las transacciones

El sistema mantiene una copia de cada título exclusivamente para ser consultada en sala. El resto de las copias es utilizado para satisfacer los prèstamos domiciliarios.

En el siatema actual todas las transacciones operan en base a días fijos, esto es, los libros tienen plazos que se designan por Lunes-Jueves, Lunes-Miércoles-Viernes o Lunes-Martes-Miércoles-Jueves-Viernes. Un lector que solicita un prèstamo dentro del período sòlo cuenta con el libro hasta el próximo día fijo. Así, por ejemplo, si el día Miércoles solicita un libro que tiene plazo del tipo Lunes-Jueves, debe devolverlo el Jueves siguiente, reduciéndose el plazo de prèstamo a un solo día.

Un usuario que ingresa al sistema puede intentar realizar varias transacciones simultàneamente (para uno o varios títulos). En cualquier caso, para realizar una acción es necesario haber cumplido con los plazos referidos a transacciones previas (en caso contrario, el usuario queda en condicio de moroso, por lo que debe cancelar una multa).

Prèstamos domiciliarios

Un prèstamo domiciliario corresponde a la salida de una copia de un título de la sección Reserva, para ser utilizada por un usuario. Esta transacción puede producirse por una demanda generada por el usuario en el momento mismo de su llegada al sistema o estar asociada a una reserva previa que èste haya efectuado.

El prèstamo domiciliario se lleva a cabo por un cierto

número de días, el cual depende del título en cuestión y se determina en base a ciertos standards que utiliza la Biblioteca. El período de préstamo puede variar entre 1 y 4 días.

Esta transacción está sujeta a las siguientes reglas :

- El préstamo se lleva a cabo si existe una copia disponible del título al momento de ser solicitado.
- Cumplido el período de préstamo, el usuario debe devolver el libro, o renovarlo si es posible, antes de las 12 horas del día de vencimiento. En caso contrario, el usuario queda en situación de moroso.
- Si el préstamo está asociado a una reserva previa, este debe llevarse a cabo a partir de las 12 horas del día en cuestión.

Reservas

Esta transacción consiste en reservar un título para concretar un préstamo en una fecha futura.

En este estudio se analizarán 3 políticas de Reserva : Política Libre, Política de Colas y Política Híbrida, siendo esta última una combinación de las dos primeras.

Todas estas políticas operan bajo las siguientes condiciones generales (además de otras que son específicas de cada política que se detallan más adelante) :

- La fecha para la que se solicita la reserva debe corresponder a uno de los días fijos utilizados para ese título. Por ejemplo, un título que funciona con plazos del tipo Lunes-Jueves, no puede ser reservado para los días Martes, Miércoles o Viernes.
- Un usuario no puede llevar a cabo dos reservas de un título por

dos periodos consecutivos.

- Si un usuario no puede llevar a cabo la reserva para la fecha deseada y existe una copia disponible del titulo, puede solicitarla en prèstamo.

1. Politica Libre

Esta politica està sujeta a las siguientes reglas especificas :

- Para llevar a cabo la reserva, debe existir un libro disponible para la fecha que se solicita, la que debe ubicarse dentro de los pròximos 30 dias.
- El usuario no puede reservar el mismo titulo dentro de un periodo de 8 dias.

Esta politica tiene como objetivo producir una anticipaciòn de la demanda e incentivar una mayor planificaciòn de los requerimientos por parte de los usuarios. En este caso las reservas se ordenan desde el futuro hacia el presente, y los usuarios ingresan preferentemente al sistema a solicitar una reserva.

2. Politica de Colas

Las reglas especificas de esta politica son las siguientes:

- Una reserva puede efectuarse si al momento de solicitarla no existen copias disponibles del titulo.
- La reserva sòlo puede realizarse para la fecha màs pròxima en que exista una copia disponible.

Con esta politica los usuarios formulan sus requerimientos en fechas cercanas a sus necesidades reales. La reservas en esta

política se ordenan desde el presente hacia el futuro. Los usuarios ingresan preferentemente al sistema a solicitar un prèstamo, por lo que desincentiva la reserva.

3. Política Hìbrida

Bajo esta política, una reserva puede producirse si se cumplen las siguientes condiciones :

- Al momento de solicitar la reserva, no existen copias disponibles.
- El usuario no puede reservar el mismo título dentro de un período de 8 días.
- Debe existir un libro disponible para la fecha que se solicita la reserva, la que debe ubicarse dentro de los pròximos 30 días.

Bajo esta política se pueden producir distorsiones en las llegadas para producir artificialmente reservas. Esto se realiza agotando las copias, y luego efectuando las reservas para fechas posteriores. El objetivo de la política es desincentivar la reserva (incentivar el prèstamo inmediato).

Renovaciones

La renovaciòn de un libro corresponde a solicitarlo al momento de la devoluciòn por un perìodo de prèstamo adicional. Puede llevarse a cabo en forma directa o indirecta. La directa es una renovaciòn solicitada personalmente por el lector, contra presentaciòn del libro. La indirecta puede llevarse a cabo por telèfono, personalmente pero sin el libro, o por intermedio de una tercera persona.

En cualquier caso, una renovaciòn puede llevarse a cabo si

se cumple la siguiente condición :

- Existe una copia disponible de título de modo de poder realizar la renovación.

Devoluciones

Se lleva a cabo cuando el usuario entrega el libro en el mesón de devolución debido a que :

- Vence el plazo de préstamo y no desea (o no puede) renovar.
- Aún no vence el plazo de préstamo pero el usuario no necesita ocupar el libro por más tiempo.

El libro se puede devolver tanto en el mesón (directamente), como en el buzón de devoluciones (indirectamente).

Consultas en Sala

La consulta en sala corresponde a un préstamo por períodos breves, generalmente de 2 horas. Se lleva a cabo bajo las siguientes condiciones :

- No hay posibilidad de concretar un préstamo domiciliario.
- Es posible hacer una reserva para una consulta en sala, pero sólo dentro del mismo día y con un sistema de lista de espera.
- Es posible renovar un préstamo de consulta por un período adicional si esta disponible.
- Es posible efectuar un préstamo domiciliario de la copia de consulta si esta se solicita a la hora de cierre de la Biblioteca (en este caso la copia se presta entre las 18:30 horas y las 8:30 horas del día hábil siguiente). Este préstamo domiciliario también puede reservarse con anterioridad a la hora del cierre.

2.4. Operación Física del Sistema

La forma en que se llevan a cabo las operaciones físicas asociadas a las transacciones ha sufrido algunas modificaciones durante el período de desarrollo del estudio. Lo que se describe a continuación corresponde a la operación actual del sistema.

Los usuarios son atendidos en un mesón dividido en 2 secciones de atención; una dedicada a Devolución y Renovación (Sección # 1) y otra para Préstamos, Reservas y Consultas (Sección # 2), existiendo una cola de usuarios para cada sección. La sección # 2 se subdivide en 3 áreas : la primera en que se reciben solicitudes, con una capacidad máxima de 3 atenciones simultáneas; la segunda dedicada a la entrega a los usuarios de libros en préstamo o en consulta y al control de estas transacciones; la tercera dedicada a la devolución y renovación de libros en consulta.

Los libros de la colección de Reserva se almacenan en 2 estantes : el de Reserva, que contiene los libros reservados para el día en cuestión y el de Préstamo, que contiene el resto de los libros de la colección.

Existe un kardex para llevar a cabo el control de la Reserva, contiene una ficha por cada título, con información del número de copias disponibles para ese título, el plazo de préstamo, el mes en curso y un espacio para cada día del mes en el que se van anotando los números de carnet de los lectores que han efectuado reservas. Un ejemplo de esta ficha, denominada tarjetón_de_reserva aparece en la Figura # 1.

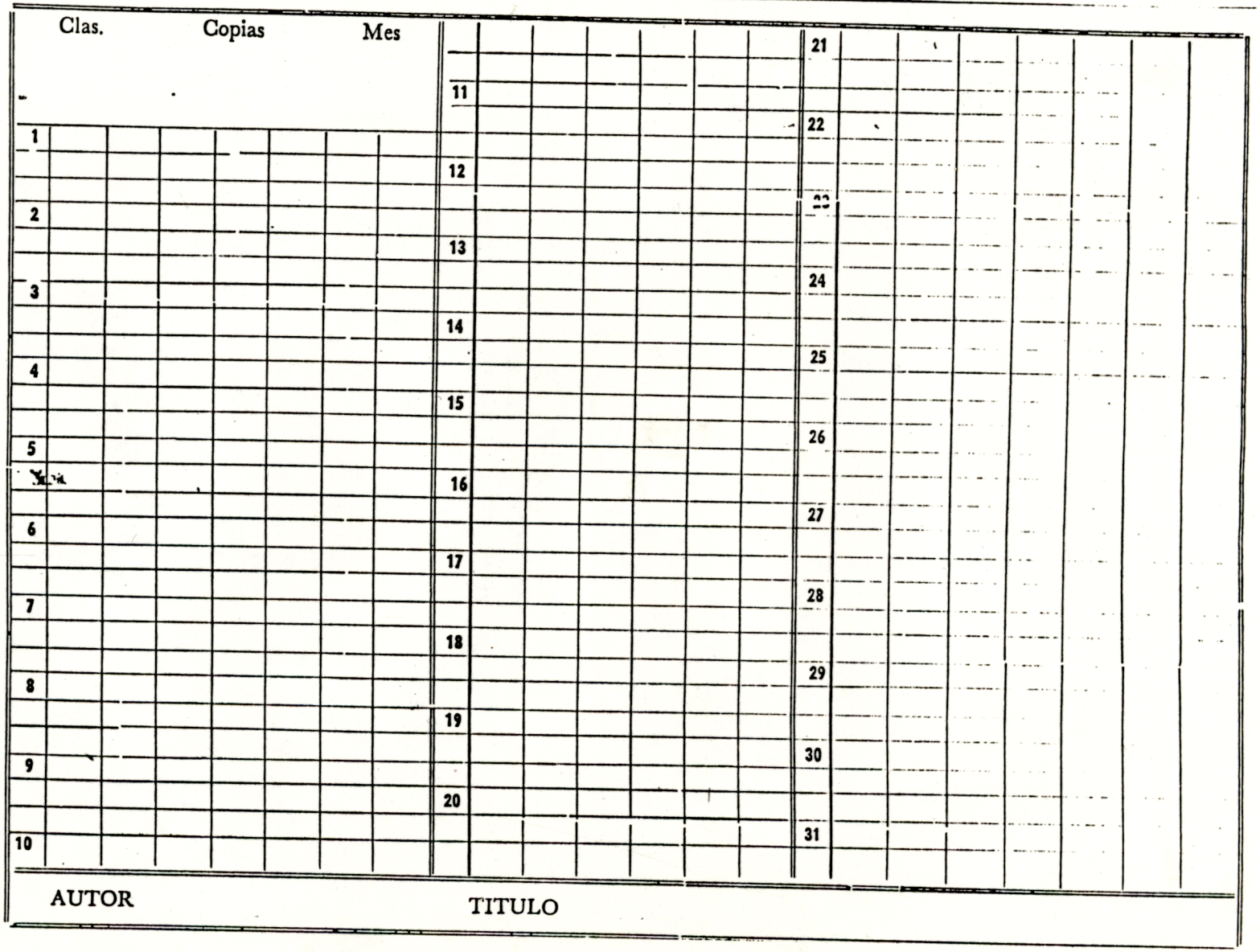

Clas.
Copias
Mes
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
24
25
26
27
28
29
30
31
AUTOR
TITULO

Figura # 1

Un diagrama de la distribución física del mesón de atención, los estantes y el kardex aparece en la Figura # 2, en la que además se incluye una descripción detallada de todas las operaciones y movimientos a que da origen cada una de las transacciones. A continuación se analizan estas operaciones y movimientos clasificándolas por el tipo de transacción que las origina :

Préstamo

1.- Llenado de solicitud y entrega de esta en sección 2 del mesón.

2.- Ida al estante de Préstamo a buscar una copia del título y retorno al área de entrega de préstamo.

3.- Control de transacción de préstamo. Para efectuar estos controles, cada copia de la colección dispone de una tarjeta (denominada tarjeta_de_préstamo) en la que se anota el número del carnet de usuario y la fecha de devolución.

4.- Se deposita la tarjeta de préstamo de la copia entregada al usuario, en la caja_de_tarjetas_de_libros_prestados.

En el caso de que el préstamo corresponda a una reserva previa, se llevan a cabo las siguientes operaciones :

5.- Recepción de la solicitud de préstamo con reserva previa y del carnet de usuario.

6.- Ida al estante de reserva a buscar una copia del título reservado, e ida al kardex para borrar el número del usuario del tarjetón de reserva.

7.- Retorno al área de entrega de préstamos.

3 y 4 : Idem al caso anterior.

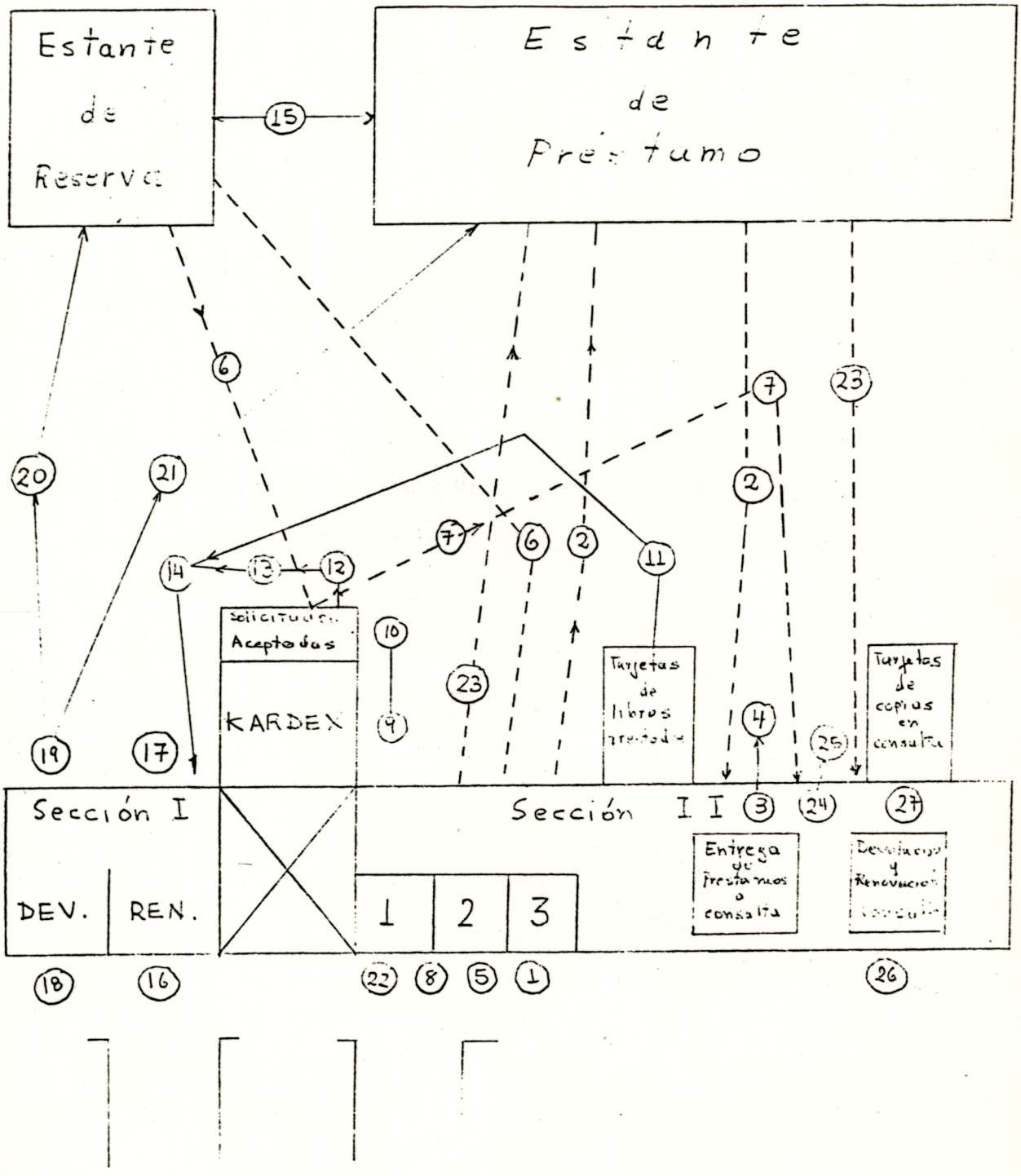

Estante de Reserva
Estante de Préstamo
15
6
7
23
20
21
2
14
13
12
7
6
2
11
Solicitudes Aceptadas
KARDEX
10
9
23
Tarjetas de libros prestados
4
25
Tarjetas de copias en consulta
19
17
Sección I
DEV.
REN.
Sección II
3
24
27
Entrega de prestamos o consulta
1
2
3
18
16
22
8
5
1
26

Figura # 2

Reserva

8.- Llenado de solicitud de reserva y entrega en el mesòn.

9.- Bûsqueda del tarjetòn correspondiente al tîtulo y registro de la reserva, anotando el # de carnet del usuario.

10.- Se guarda la solicitud en el espacio correspondiente.

Operaciones Internas

Para llevar a cabo la renovaciòn de un prèstamo es necesario realizar las siguientes operaciones internas :

11.- El sistema mantiene en al secciòn 1, en forma permanente, las tarjetas de los libros en prèstamo ordenadas alfabèticamente. Para estos efectos, en forma periòdica (varias veces al dîa) se incorporan a este conjunto alfabetizado las tarjetas que han sido depositadas en la caja de tarjetas de libros prestados.

12.- Ordenar segûn fecha las solicitudes de reserva.

13.- Separar las solicitudes de reserva para el dîa siguiente y alfabetizarlas.

14.- Con las solicitudes de reserva para el dîa siguiente se lleva a cabo una bûsqueda de estos tîtulos en las tarjetas de prèstamo (alfabetizadas en la operaciòn 11). En el caso de que una solicitud de reserva corresponda a uno de los tîtulos prestados, se adjunta la solicitud a la tarjeta de prèstamo. Es necesario tener presente que el nûmero de reservas para el dîa siguiente es muy inferior al de libros en prèstamo, lo que justifica el procedimiento de bûsqueda en base a las solicitudes de reserva.

15.- Las solicitudes de reserva que no han sido adjuntadas a las tarjetas de prèstamo en la operaciòn 14 deben corresponder a libros que se encuentran en el estante de prèstamo. Al final del

día se busca en el estante de prèstamo los libros correspondientes y se les adjunta la solicitud de reserva para su traslado al estante de Reserva.

Renovaciòn

16.- Usuario solicita renovaciòn de libro.

17.- Se busca dentro de las tarjetas de libros en prèstamo (ubicada en la secciòn 1), la correspondiente al libro. Si èsta no tiene una solicitud de reserva adjunta, se procede a llevar a cabo la renovaciòn. En caso contrario, no es posible efectuar la renovaciòn aùn cuando existan otras copias del tìtulo sin una solicitud de reserva. Con esto el sistema busca asegurar una copia para el usuario que efectuò una reserva previa. En este caso el usuario puede, si lo desea, mantener el libro en su poder e intentar una renovaciòn en otra oportunidad durante el dìa (antes de las 12 horas). Este intento podrà concretarse en la medida en que otro usuario llegue a devolver una copia del tìtulo.

Devoluciòn

18.- El usuario entrega el libro que tenìa en prèstamo.

19.- Se busca entre las tarjetas de prèstamo que se mantienen en la secciòn 1 la correspondiente al tìtulo que se ha devuelto.

20.- Si la tarjeta de prèstamo tiene solicitud de reserva adjunta, se traslada el libro al estante de reserva.

21.- Si la tarjeta de prèstamo no tiene solicitud de reserva, el libro se traslada al estante de prèstamo.

Consultas en Sala

22.- Se solicita la copia de consulta.

23.- Ida al estante de prèstamo para buscar la copia de consulta y retorno al àrea de entrega de consulta.

24.- Control de prèstamo de la copia de consulta : se solicita el carnet al usuario, el cual se adosa a la tarjeta de prèstamo, en la que se anota la hora de devoluciòn.

25.- Se deposita la tarjeta de prèstamo en la caja_de_tarjetas_de copias_de_consulta.

Devoluciòn de Consultas

26.- El usuario entrega la copia de consulta.

27.- Se registra la devoluciòn en la tarjeta de prèstamo, se devuelve el carnet al usuario y el libro se traslada al estante de prèstamo.

Renovaciòn de la copia de Consulta

Esta operaciòn se lleva a cabo siguiendo un procedimiento anàlogo a las operaciones 16 y 17.

3. MODELO DE SIMULACION DEL COMPORTAMIENTO DE UN CURSO

3.1. Introducción

Como se menciona en el capítulo 1 de este informe, uno de los objetivos de este estudio es cuantificar el impacto que puede tener sobre los usuarios y sobre la operación de la sección de Reserva, un cambio en la política de atención utilizada. Para conseguir este objetivo, se presenta a continuación un modelo matemático de Simulación que permite representar adecuadamente el comportamiento del sistema.

Una de las características del sistema bajo estudio es la incertidumbre asociada a muchas de sus componentes. Así, por ejemplo, nunca podrá predecirse exactamente los instantes en que llegarán los usuarios al sistema ni el tipo de transacciones que llevarán a cabo. A pesar de esto, estudiando adecuadamente la información histórica disponible, es posible extraer ciertos patrones de comportamiento de los usuarioa, en base a los cuales se puede representar matemáticamente esta incertidumbre. Ello se realiza mediante la definición de variables aleatorias y de distribuciones de probabilidades de estas variables.

En un modelo de simulación, el sistema se representa en base a un conjunto de variables aleatorias y de relaciones matemáticas entre éstas que permite estructurar la forma como el sistema opera. A partir de las distribuciones de probabilidades de las variables aleatorias definidas, es posible mediante procedimientos computacionales, generar instancias de esas variables lo que permite reproducir la trayectoria que seguiría el sistema si operara bajo las condiciones especificadas en el modelo.

En las secciones siguientes del capítulo se describe en detalle el modelo de simulación para describir el comportamiento de los alumnos de un curso que llegan al sistema a solicitar el uso de un cierto título. Se explicitan los supuestos y parámetros del modelo, se caracterizan las 3 políticas de atención que interesa estudiar y se ajusta el modelo a los datos reales disponibles para ese curso.

3.2. Supuestos y paràmetros del modelo

Los supuestos y paràmetros utilizados para construir el modelo son los siguientes :

1) El curso consta de N alumnos, los que se dividen en tres categorias : Estudiosos (categoria 1), Normales (categoria 2) y Flojos (categoria 3). Cada una de las cuales cuenta con N1, N2 y N3 alumnos respectivamente (N = N1 + N2 + N3).

2) Existe un proceso de llegada de los alumnos del curso al sistema los que efectuan requerimientos de prèstamos, reservas o consultas. Las renovaciones y devoluciones se consideran como transacciones asociadas a llegadas previas. Se definen probabilidades P1, P2 y P3 de que un alumno que lllega corresponda a las categorias 1, 2 y 3 respectivamente (en general Pi ≠ Ni/N , con i = 1,2,3). El alumno especifico de la categoria "i" se escoge uniformemente de entre los Ni que la constituyen. El modelo identifica a cada alumno del curso y almacena toda la informaciòn que caracteriza a las transacciones que èste efectua durante todo el periodo de simulaciòn.

3) Existen C copias disponibles del titulo (incluyendo la copia de consulta).

4) El modelo simula la operaciòn del sistema durante un horizonte que corresponde a un semestre acadèmico.

5) Un usuario puede solicitar una reserva dentro de un periodo màximo de T dias hàbiles. En todos los resultados que se presentan

en este informe se utilizò el valor de T = 20 dìas. La fecha correspondiente a la solicitud de reserva se genera uniformemente dentro del horizonte de T dìas. Si esta fecha no es factible (porque no corresponde a uno de los dìas fijos de prèstamo o porque no existen copias disponibles), el modelo busca la fecha factible màs cercana (hacia adelante y hacia atràs alternativamente). Este proceso continùa hasta que se encuentre una fecha factible o se sobrepase el perìodo permitido para la reserva.

6) El proceso de llegada de alumnos se representa en base a un Proceso de Poisson No Homogèneo con tasas de llegada variables por semana. Estas tasas se descomponen en tasas diarias de llegada, definiendo la proporciòn de llegadas semanales que ocurren en cada dìa hàbil. Estas proporciones son fijas para todas las semanas. En el momento en que ocurre una llegada en un cierto dìa, se genera el tiempo hasta la pròxima llegada de acuedo a una distribuciòn exponencial con paràmetro igual a la tasa de llegada de ese dìa. Si este instante sobrepasa el dìa presente, el modelo se ubica al inicio del dìa siguiente y genera un nuevo tiempo hasta la pròxima llegada usando la tasa de llegada de este nuevo dìa. Es necesario utilizar este procedimiento para asegurar que el proceso de llegadas se ajuste a la situaciòn real.

7) Se asume que todos los alumnos cumplen los plazos de prèstamos y retiran los libros que tenìan previamente reservados.

8) El tipo de requerimientos que efectua un usuario depende del dìa de la semana en que èste llega al sistema y de la polìtica de atenciòn utilizada. Para el dìa "j" de la semana (j = 1,2,3,4 o 5)

se definen probabilidades $Q1,_j$, $Q2,_j$ y $Q3,_j$ de que el usuario desee efectuar un prèstamo, una reserva o una consulta respectivamente ($Q1,_j + Q2,_j + Q3,_j = 1$). Si el usuario no tiene èxito en este primer intento, se le ofrece la posibilidad de retirarse del sistema o efectuar alguna de las 2 alternativas restantes (esta posibilidad se denomina segundo intento). Se define la probabilidad $Vi,k,_j$ de que un usuario que en el dìa "j" en su primer intento quiso realizar la transacciòn "i", en su segundo intento trate de realizar la transacciòn "k" (en este caso se debe cumplir $\sum_{k \neq i} Vi,k,_j = 1$).

9) Las renovaciones se consideran definiendo la probabilidad "r" de que un usuario intente renovar el libro (con probabilidad 1-r el individuo no lleva a cabo este intento de renovar y por lo tanto devuelve el libro). La renovaciòn se lleva a cabo si existe una copia disponible sin reserva previa.

3.3. Caracteristicas de las politicas de atenciòn

Uno de los supuestos importantes del modelo es que cada polìtica tiende a incentivar un cierto comportamiento de los usuarios en tèrminos del tipo de transacciones que intentan realizar. La desripciòn de las politicas presentada en el capìtulo 2 permite plantearlos siguientes supuestos de comportamiento de los usuarios en el primer intento :

- la politica hìbrida desincentiva en general la reserva ya que la restringe sòlo al caso en que no hay copias disponibles. Por otra parte se sabe que las transacciones de consultas son minoritarias respecto del total, por lo que se puede concluir que esta politica incentiva el prèstamo. Esto es especialmente vàlido para los prèstamos que se producen en los dìas fijos, ya que en estos casos el usuario obtiene el libro por un periodo completo. Por todo lo anterior, se asume que para la politica hìbrida la forma de las probabilidades $Q1,_j$ y $Q2,_j$ asociadas al primer intento es la que aparece en la Figura # 3 (en este caso los dìas fijos de prèstamo son el Lunes, Mièrcoles y Viernes).

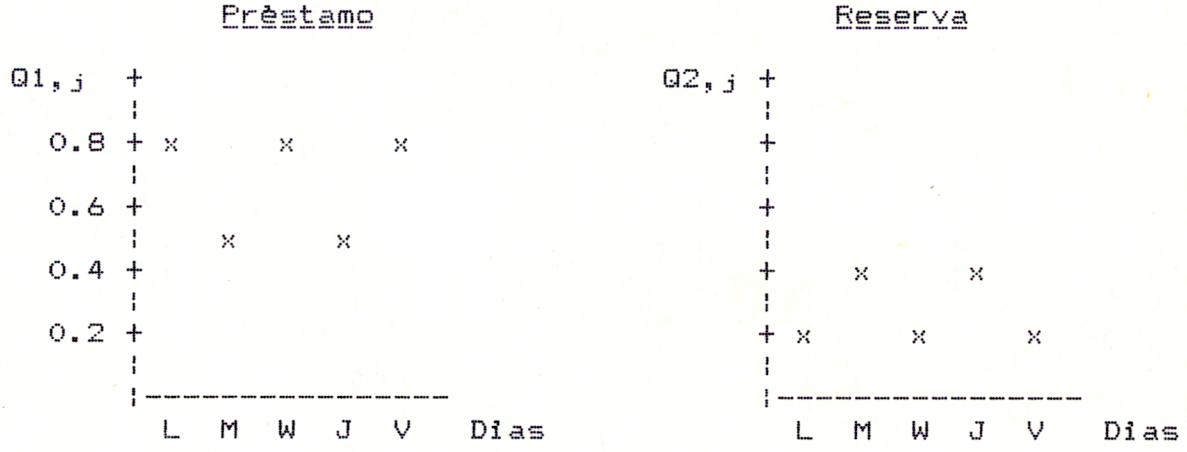


Figura # 3

- La política de colas es muy similar a la híbrida desincentivando aún más la reserva. Por ello, se asume en este caso que la función $Q2,_j$ se desplaza hacia abajo en comparación a la política híbrida y la $Q1,_j$ hacia arriba manteniendo ambas la misma forma. La Figura # 4 presenta estas curvas :

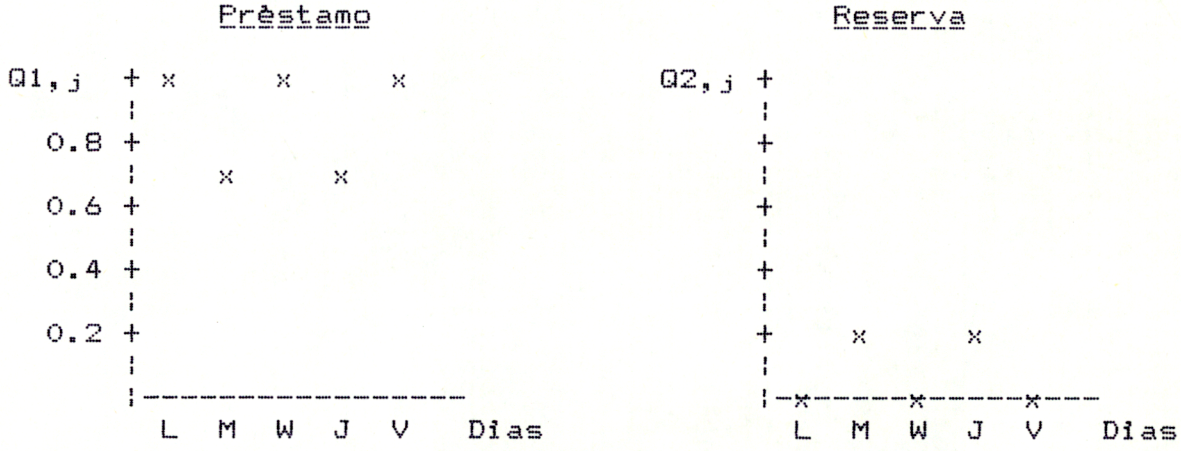


Figura # 4

- Las políticas híbrida y de cola quedan determinadas básicamente por el préstamo, en cambio, la política libre incentiva fuertemente la reserva y su comportamiento queda determinado por ésta. Se asume que no existen preferencias para efectuar reservas en los diferentes días. De este modo las funciones $Q1,_j$ y $Q2,_j$ se comportan en este caso como aparece en la Figura # 5.

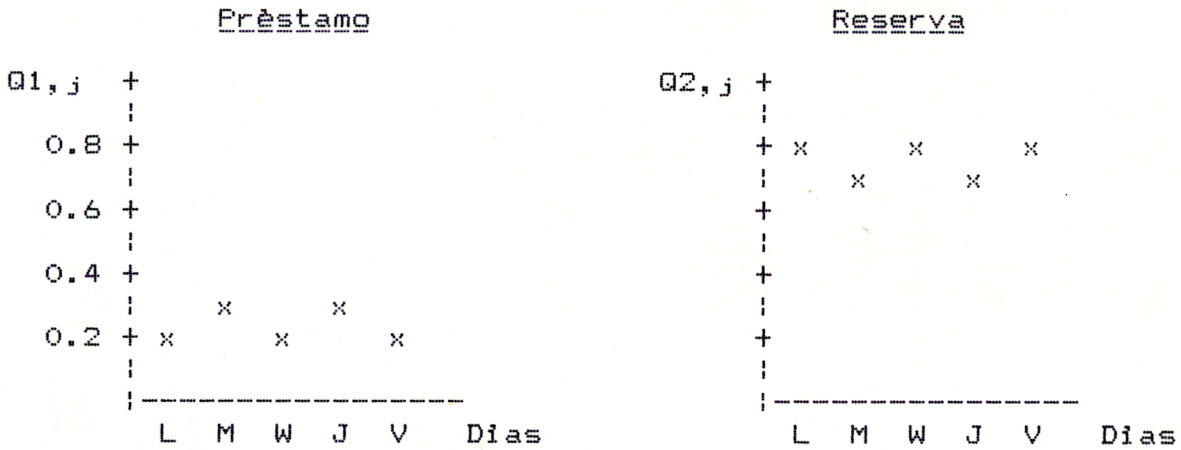
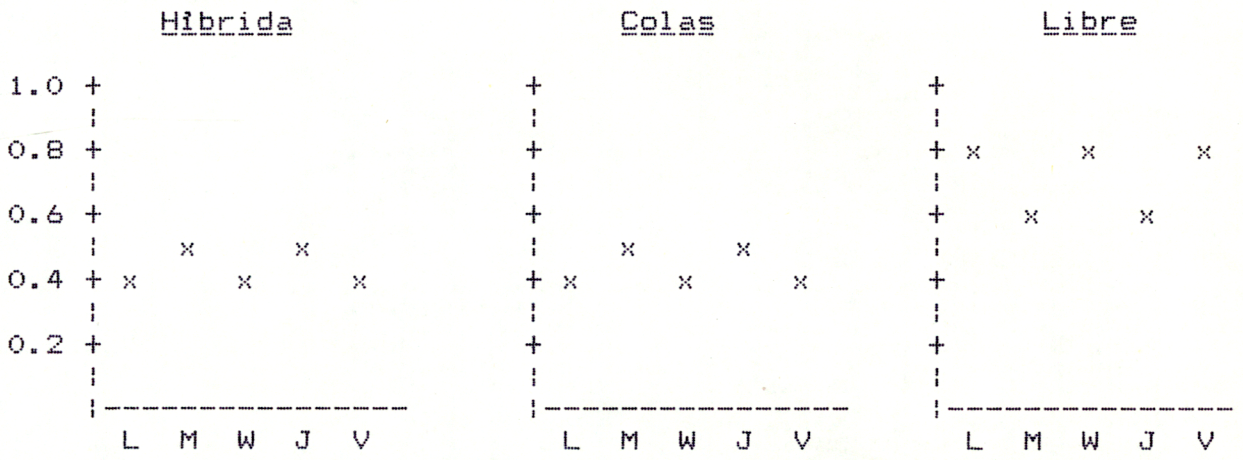


Figura # 5

- Las probabilidades $Q3,_j$ se obtienen como $Q3,_j = 1 - Q2,_j - Q1,_j$. Por la forma como opera la consulta, se asume que estas probabilidades son ligeramente inferiores en los días fijos.

En relación a las probabilidades asociadas al segundo intento, es necesario tener presente que la cantidad de transacciones en este caso es de bastante menor orden con respecto al primer intento. Por esto, en el modelo no se hacen supuestos muy detallados respecto al comportamiento del usuario, sino que se definen valores promedios en torno de los cuales deben oscilar estas probabilidades. Estos promedios aumentan o disminuyen dependiendo de la política en cuestión. La Figura # 6 presenta la forma de las probabilidades más relevantes asociadas al segundo intento:



$V1,2,_j$

(Probabilidad de sacar dado que no pudo reservar)

Figura # 6

Las probabilidades de consulta en el segundo intento ($Vi,3,_j$) se consideran fijas en valores pequeños para todos los casos. Las probabilidades de retirarse sin realizar un segundo intento se obtienen como complemento de las anteriores ($1 - \sum_{k \neq i} Vi,k,_j$).

3.4. Variables que caracterizan la operación del sistema

La operación del sistema puede ser descrita desde dos puntos de vista : calidad del servicio entregado y los recursos humanos requeridos para entregar ese servicio, los que en general serán contradictorios entre sí. Así, por ejemplo, una política que favorezca a los usuarios en el sentido de otorgar un servicio con una alta satisfacción de la demanda, tendrá como consecuencia un aumento en la carga de trabajo y en el costo de operación de la sección de Reserva.

A continuación se definen las variables de resultados del modelo que interesa medir para caracterizar el sistema desde estos dos puntos de vista.

3.4.1. Calidad del Servicio

Desde el punto de vista de la calidad interesa determinar, para una política dada, el grado de satisfacción de los requerimientos de éstas. Para ello, se definen las siguientes variables referidas a todo el horizonte de simulación :

- Número total de llegadas de usuarios al sistema y fracción de éxitos en el primer intento.
- Número de transacciones intentadas y fracción de éxitos para cada acción del primer intento.
- Número de intentos y fracción de éxitos en el segundo intento.
- Número de transacciones intentadas y fracción de éxitos para cada acción del segundo intento.
- Número de intentos y fracción de éxitos en renovaciones.
- Número de intentos y fracción de éxitos a nivel global (considerando el primer y segundo intento y las renovaciones).

- Número de días en que las copias del título estuvieron en poder de los alumnos.

- Fracción del tiempo que una copia cualquiera estuvo prestada.

- Número de alumnos que tuvieron acceso al título.

3.4.2. Recursos Humanos

Desde el punto de vista de los recursos humanos requeridos en la operación del sistema interesa determinar, para una política dada, el tiempo necesario para su implementación. Para ello se miden los tiempos de cada operación y las operaciones básicas definidas en el punto 2.4 se agrupan en otras operaciones (las cuales pueden ser medidas en la realidad) según la siguiente Tabla de variables :

Operación	Equivalencia (*)
Idas al estante	1 , 2
Préstamos	3 , 4
Reservas	8 , 9 , 10
Tarjetas de Reserva	11 , 12 , 13 , 14
Retiro y Control de Reservas	5 , 6 , 7
Traslados	15
Consultas	22 , 23 , 24 , 25
Renovaciones	16 , 17
Devolución Préstamo	18 , 19 , 20 , 21
Devolución Consulta	26 , 27

(*) : detalle en la Figura # 2

Tabla # 5

Con las variables antes definidas y con la medición del tiempo que se demora un ayudante en realizar cada una de las operaciones, se definen los siguientes indicadores con respecto a los recursos humanos requeridos para todo el período de simulación:

- Número total de operaciones.
- Número de operaciones totales separadas de acuerdo a las variables anteriores.
- Tiempo total de operación.
- Tiempo total para cada operación.

3.5. ajuste del modelo a un caso real

DATOS REALES

TITULO : Wittenbauer " Mecànica Racional "

CURSO : Mecànica Racional I

SEMESTRE : Primero 82

DE COPIAS : 9

PLAZO DE PRESTAMO : Lunes - Jueves

TAMANO DEL CURSO : 100 Alumnos

Los datos se tomaron de las tarjetas de prèstamo y del tarjetòn de reserva. Se contabilizaron el nûmero de transacciones de cada tipo que ahi aparecian y se presentan entregando los resultados finales del semestre, indicando el nûmero de transacciones efectivas de cada tipo ademàs de otros indicadores segùn la Tabla # 6.

RESUMEN

Transacciòn	Nûmero de èxitos
Reservas	19
Renovaciones	42
Prèstamos	109
Consultas	5
Dias en prèstamo	582
Nûmero de alumnos	64

Tabla # 6

Procedimiento de ajuste y resultados obtenidos

El ajuste se realizò simplemente variando los parâmetros màs importantes tales como : tasas de demanda semanales, probabilidades de llegadas en primer intento, en segundo intento, renovaciones, etc., hasta que los resultados que se obtuvieran fueran consistentes con los supuestos y similares a los datos reales que se tenìan.

El resumen del ajuste es el siguiente :

Transacciòn	Caso Real	Simulaciòn
Reservas	19	17
Renovaciones	42	43
Prèstamos	109	111
Consultas	5	6
Total	175	177
Dìas en prèstamo	582	582
Nûmero de Alumnos	64	65

Un detalle del caso simulado hasta que se alcanzò el ajuste se entrega en la Tabla # 7.

Por ûltimo se entrega en la Tabla # 8 el resumen de los parâmetros que definen la simulaciòn en el caso que se ajustò.

DETALLE DEL CASO SIMULADO

ACCION	# EXITOS	# INTENTOS	% EXITO
INTENTO 1	127	206	61.7
Prèstamo	111	148	75.0
Consulta	6	6	100.0
Reserva	10	52	19.2
INTENTO 2	7	11	63.6
Prèstamo	0	2	0.0
Consulta	0	0	---
Reserva	7	9	77.8
Renovaciòn	43	43	100.0
Resumen	177	260	68.1

DE DIAS : 582

DE ALUMNOS : 65

Tabla # 7

```
...AX_DAY : 20...   ...MAX_STOCK ...3 ...   ... DIAS RESERVA :20 ...   ... NUMERO DE ALUMNOS :100...
PROB DE GATEOS :0.30   GRUPO GATEOS :30.00
PROB DE NORMAL :0.30   GRUPO NORMAL :50.00
PROB DE FLOJOS :0.10   GRUPO FLOJOS :20.00

...RADA DE SEMANA  1 ES IGUAL A : 22

...RADA DE SEMANA  2 ES IGUAL A : 40
...RADA DE SEMANA  3 ES IGUAL A : 30
...RADA DE SEMANA  4 ES IGUAL A : 31
...RADA DE SEMANA  5 ES IGUAL A : 50
...RADA DE SEMANA  6 ES IGUAL A : 10
...RADA DE SEMANA  7 ES IGUAL A : 20
...RADA DE SEMANA  8 ES IGUAL A : 24
...RADA DE SEMANA  9 ES IGUAL A : 27
...RADA DE SEMANA 10 ES IGUAL A : 12
...RADA DE SEMANA 11 ES IGUAL A : 9
...RADA DE SEMANA 12 ES IGUAL A : 23
...RADA DE SEMANA 13 ES IGUAL A : 20
...RADA DE SEMANA 14 ES IGUAL A : 15
...RADA DE SEMANA 15 ES IGUAL A : 25
...RADA DE SEMANA 16 ES IGUAL A : 5
...RADA DE SEMANA 17 ES IGUAL A : 13
...RADA DE SEMANA 18 ES IGUAL A : 5

...AR DIA[1]=0.23  ...PROB RESER DIA[1]=0.20  ...PROB CONSU DIA[1]=0.02  PROB RENOV DIA[1]=0.25  PROB LLEGA DIA[1]=0.25
...SERVAR DADO QUE STOCK=0 DIA[1]:0.20  PROB CONSULTA DADO QUE STOCK=0 DIA[1]:0.02
...AR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[1]:0.75  PROB CONSULTAR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[1]:0.02
...AR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[1]:0.73  PROB RESERVAR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[1]:0.20
...AR DIA[2]=0.50  ...PROB RESER DIA[2]=0.40  ...PROB CONSU DIA[2]=0.10  PROB RENOV DIA[2]=0.00  PROB LLEGA DIA[2]=0.02
...SERVAR DADO QUE STOCK=0 DIA[2]:0.40  PROB CONSULTA DADO QUE STOCK=0 DIA[2]:0.10
...AR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[2]:0.50  PROB CONSULTAR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[2]:0.10
...AR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[2]:0.50  PROB RESERVAR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[2]:0.40
...AR DIA[3]=0.25  ...PROB RESER DIA[3]=0.70  ...PROB CONSU DIA[3]=0.05  PROB RENOV DIA[3]=0.00  PROB LLEGA DIA[3]=0.05
...SERVAR DADO QUE STOCK=0 DIA[3]:0.70  PROB CONSULTA DADO QUE STOCK=0 DIA[3]:0.05
...AR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[3]:0.25  PROB CONSULTAR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[3]:0.05
...AR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[3]:0.25  PROB RESERVAR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[3]:0.70
...AR DIA[4]=0.73  ...PROB RESER DIA[4]=0.20  ...PROB CONSU DIA[4]=0.02  PROB RENOV DIA[4]=0.25  PROB LLEGA DIA[4]=0.58
...SERVAR DADO QUE STOCK=0 DIA[4]:0.70  PROB CONSULTA DADO QUE STOCK=0 DIA[4]:0.02
...AR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[4]:0.75  PROB CONSULTAR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[4]:0.02
...AR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[4]:0.73  PROB RESERVAR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[4]:0.20
...AR DIA[5]=0.59  ...PROB RESER DIA[5]=0.30  ...PROB CONSU DIA[5]=0.01  PROB RENOV DIA[5]=0.00  PROB LLEGA DIA[5]=0.10
...SERVAR DADO QUE STOCK=0 DIA[5]:0.30  PROB CONSULTA DADO QUE STOCK=0 DIA[5]:0.01

...AR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[5]:0.99  PROB CONSULTAR DADO QUE NO PUDO RESERVAR DIA[5]:0.01
...AR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[5]:0.69  PROB RESERVAR DADO QUE NO PUDO CONSULTAR DIA[5]:0.30
```

Tabla # 8

Comentarios

Revisando el detalle del caso simulado y comparàndolo con los datos reales, podemos concluir que el modelo se ajusta notablemente bien al caso real, considerando la gran cantidad de parà-metros ajustados.

Es importante, luego de establecer la validez del modelo, analizar las potencialidades del mismo. Este modelo permite conocer la demanda por un cierto tipo de libro, el uso del mismo, las operaciones asociadas a su utilizaciòn, todos los factores que si bien se pueden medir en la realidad tienen un costo asociado muy alto. Permite ademàs establecer el comportamiento de los usuarios que corresponde a las probabilidades definidas cuando se produjo el ajuste, paràmetros difícilmente medibles en la realidad.

4. MODELO DE SIMULACION PARA TODA LA SECION RESERVA

4.1. Metodologia empleada

El modelo de simulaciòn para toda la secciòn Reserva que se presenta a continuaciòn se basa en el supuesto de que el comportamiento de este sistema puede representarse adecuadamente en base al comportamiento de un tìtulo de cada una de las categorìas de nùmero de copias por tìtulo. Esta distribuciòn aparece en la Tabla # 4. A partir de esta distribuciòn es posible concluir que los tìtulos con 1 a 10 copias corresponden al 95% de la colecciòn. Por ello y con el objeto de no aumentar demasiado la complejidad y tamaño del modelo, no se considerarán los tìtulos con 1 sola copia ya que en estos casos la copia disponible sòlo puede utilizarse para consulta en sala.

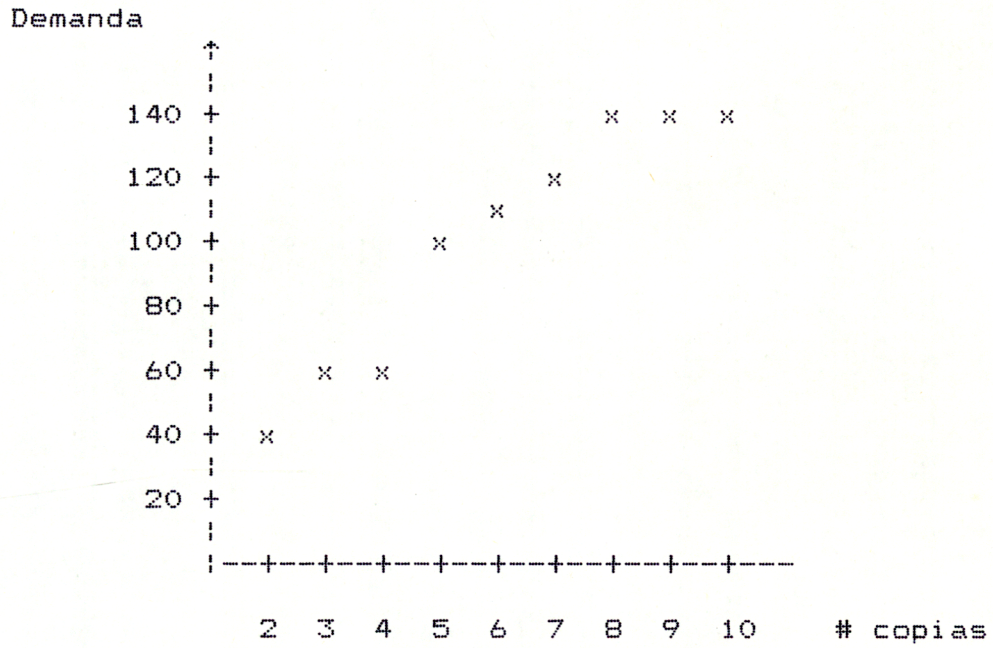
En concreto, el modelo que se propone lleva a cabo una simulaciòn (utilizando el modelo de simulaciòn para un curso presentado en el capìtulo 3) para cada uno de estos 9 casos. La operaciòn de toda la secciòn Reserva se representa en base a los resultados de estas 9 simulaciones ponderadas por el grado de participaciòn de cada tipo de tìtulo dentro de la colecciòn.

Otros supuestos utilizados en la construcciòn del modelo son los siguientes :

- Todos los cursos simulados tienen el mismo nùmero de alumnos (curso tipo) e igual composiciòn (probabilidades Pi son iguales para cada curso).
- Los alumnos son independientes (un mismo alumno no pertenece a 2 cursos a la vez).
- Todos los tìtulos tienen plazo de prèstamo del tipo Lunes-Miècoles-Viernes.

- El comportamiento de los alumnos es el mismo, independiente del número de copias que tenga el título (probabilidades "Qi,j" , "Vi,k,j" y "r" son las mismas en todos los casos).

- Las tasas de demanda semestrales dependen sólo del número de copias del título, de acuerdo al siguiente gráfico :



- Existe un porcentaje de los títulos que realmente circula (estos títulos se denominan títulos efectivos). Este porcentaje depende del número de copias del título.

4.2. Datos Usados

Los datos que se utilizarán para llevar a cabo el ajuste del modelo corresponden a las estadísticas de circulación del año 1983, de la sección Reserva. Estos se entregan en la Tabla # 9.

Estadísticas 1983

Mes	Reservas	Renovaciones	Prestamos
Enero	0	2	111
Marzo	1369	1546	7324
Abril	2654	3972	14671
Mayo	2815	4399	14942
Junio	2601	5049	14671
Julio	658	2491	10749
Agosto	1768	2861	12698
Septiembre	2342	4713	14198
Octubre	1909	4248	12418
Noviembre	199	5202	12591
Diciembre	353	2150	5555
Totales	16668	36633	119928
Promedio Semestre	8334	18316	59964

Tabla # 9

Se tiene además el dato de las consultas que es de 7189 en todo 1983, osea, 3595 semestrales, pero esta cantidad no es significativa ya que las estadísticas no se tomaron en forma consistente.

4.3. Procedimiento de ajuste

Al igual que para el caso de un curso, la forma de lograr el ajuste es a través de modificar los parámetros tales como las tasas de llegadas semanales, probabilidades que definen el comportamiento de los usuarios, etc.

Los resultados obtenidos en cada una de las 9 simulaciones se multiplican por el número de títulos efectivos respectivo y se obtiene el resultado global que es el que debe ajustarse a las estadísticas.

4.4. Resultados Obtenidos

Una vez realizado el ajuste los resultados son :

Acciòn	Estadìsticas	Simulaciòn
Prèstamos	59.964	62.737
Reservas	8.334	8.204
Renovaciones	18.316	17.712
TOTAL	86.614	88.653

% DESVIACION : 2,4 %

El detalle del ajuste se entrega en la Tabla # 10.

ACCION	EXITOS	INTENTOS	% EXITO
INTENTO 1	71.357	105.586	67.7
PRESTAMO	62.737	80.745	77.7
CONSULTA	4.991	5.353	93.2
RESERVA	3.629	19.830	18.3
INTENTO 2	4.594	6.644	69.1
PRESTAMO	20	20	100.0
CONSULTA	0	509	0.0
RESERVA	4.574	6.115	74.8
RENOVACIONES	17.712	19.368	91.4
RESUMEN	93.663	131.598	71.2

Tabla # 10

4.4.1. Valores de los paràmetros

Resumen de tasas de llegadas semestrales

# de copias	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total	37	58	59	99	112	119	141	141	141

El detalle de estas tasas para cada caso y de acuerdo a la semana se entrega en el anexo I.

Distribuciòn de titulos efectivos

# de copias	Total titulos	% efectivos	Titulos efectivos
2	920	90	828
3	510	90	459
4	365	60	219
5	285	40	114
6	125	40	50
7	55	40	22
8	50	40	20
9	40	40	16
10	75	40	30
TOTAL	2425	72.5	1758

Tabla # 11

Tamaño de los cursos : 70 alumnos

Dias de Simulaciòn : 90 dias

Las probabilidades que definen el comportamiento de los usuarios en el momento del ajuste se entregan en la Tabla # 12.

Primer Intento			Hibrida	
$Q1,j$	$Q2,j$	$j=1,3,5$	0.78	0.20
$Q3,j$	Rj	$j=1,3,5$	0.02	0.20
$Q1,j$	$Q2,j$	$j= 2,4$	0.50	0.40
$Q3,j$	Rj	$j= 2,4$	0.10	0.00
Segundo Intento				
$j = 1,3,5$				
$V1,2,j$	$V1,3,j$		0.40	0.05
$V2,1,j$	$V2,3,j$		0.40	0.05
$V3,1,j$	$V3,2,j$		0.40	0.40
$j = 2,4$				
$V1,2,j$	$V1,3,j$		0.50	0.05
$V2,1,j$	$V2,3,j$		0.55	0.05
$V3,1,j$	$V3,2,j$		0.40	0.40

Tabla # 12

Nomenclatura :

Qi,j : Prob. de realizar como primer intento la acciòn "i" el dìa "j"

Vi,k,j : Prob. de realizar como segundo intento la acciòn "k", dado que fracasò al hacer la acciòn "i" en el primer intento en el dìa "j"

i, k : 1 := Sacar ; 2 := Reservar ; 3 := Consultar

4.5. Anàlisis de Resultados y Comentarios sobre el Modelo

Es necesario destacar, comparando los resultados obtenidos, con las estadìsticas, el notable ajuste logrado considerando el gran nûmero de parâmetros, los cuales aumentan aûn màs debido al nuevo supuesto agregado, referente a los tìtulos efectivos. Un 2,4 % de desviaciòn es realmente despreciable, especialmente teniendo en cuenta que la mayorìa de los modelos de simulaciòn, se consideran aceptables si predicen en un rango de 80-90% de ajuste, o sea, 10 a 20% de desviaciòn.

Lo anterior valida aûn màs los supuestos del modelo original y tambièn el nuevo supuesto agregado, con el cual, observando la distribuciòn de tìtulos efectivos (Tabla # 11) , estamos diciendo que se tiene un % de los libros que realmente se mueven lo que es una medida de cuàn buena es la colecciòn para un tìtulo promedio con "N" copias. Tomar una muestra real de la coleciòn es otra forma de validar el supuesto, aunque tiene un costo asociado màs alto que si se usa el modelo.

A este nivel se plantea la posibilidad de usar el modelo para evaluar por ejemplo el impacto que tiene a nivel global el agregar màs copias a ciertos tìtulos, probar diferentes polìticas de operaciòn, etc.

5. SIMULACION DE POLITICAS ALTERNATIVAS

5.1. Supuestos y parámetros

Para llevar a cabo la comparación de las políticas híbrida, de colas y libre se hacen los siguientes supuestos :

- El proceso de llegadas de usuarios al sistema es el mismo bajo las tres políticas. Las tasas de llegadas semanales y su distribución diaria corresponden a las utilizadas para el ajuste del modelo a la situación actual (sección 4.4 y Anexo I).
- Las probabilidades $Q_{i,j}$, $V_{i,k,j}$ y r asociadas al primer y segundo intento y a la renovación dependen de la política en cuestión. La forma de estas probabilidades para el primer intento aparece en la Figura # 7.

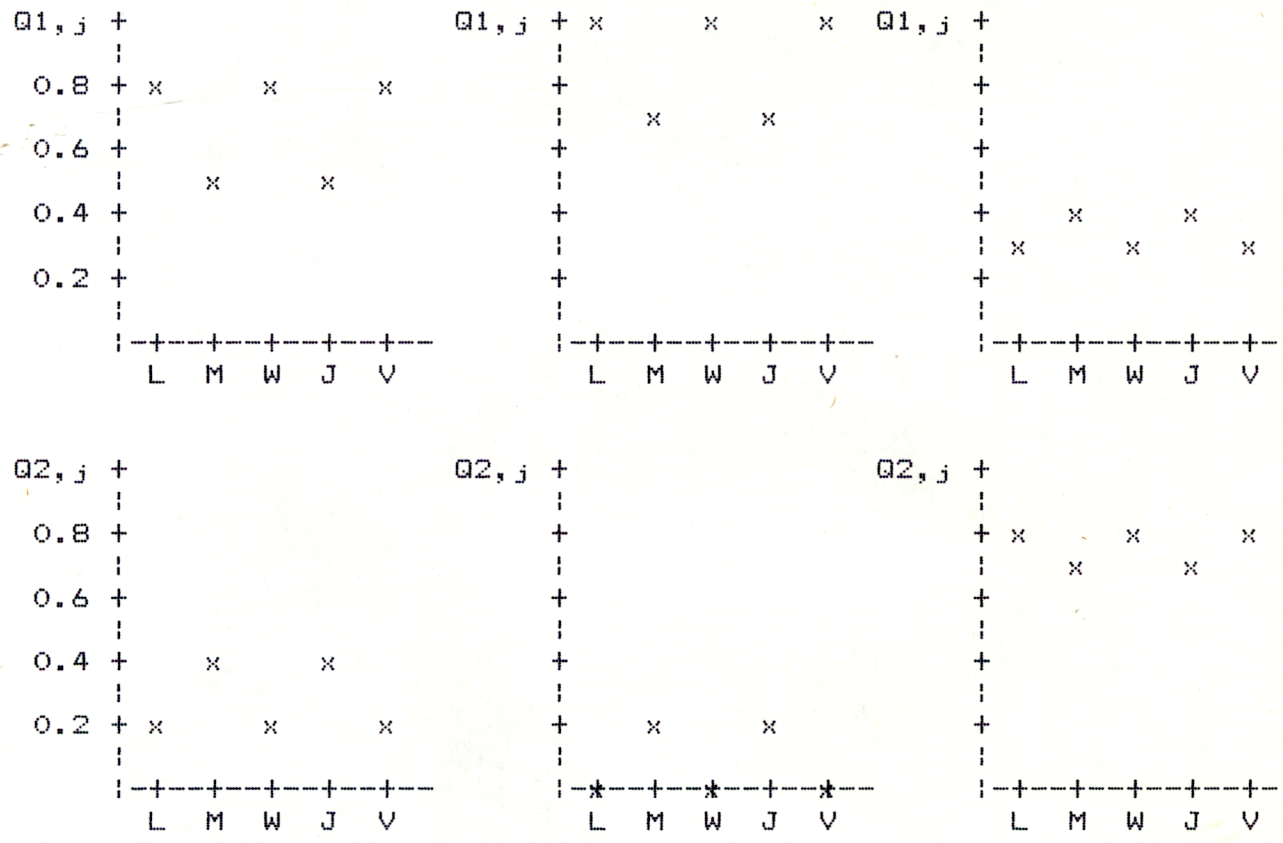


Figura # 7

La racionalidad utilizada para determinar la forma de estas probabilidades es la siguiente : la política de colas incentiva aún más el préstamo respecto a la política híbrida. La política libre, en cambio, incentiva la reserva por lo que se asume que las probabilidades de reserva se comportan de la misma manera que las probabilidades de préstamo de la política híbrida.

- Se asume que los paràmetros relativos a tamaño y composición de los cursos, toman los mismos valores para las 3 políticas, y corresponden a los valores utilizados para el ajuste.

La Tabla # 13 es el resumen de todas las probabilidades que definen el comportamiento del usuario en cada una de las 3 políticas.

DEFINICION DE PROBABILIDADES

Primer Intento	Hibrida		Colas		Libre	
$Q1,_j$ $Q2,_j$ $j=1,3,5$	0.78	0.20	0.98	0.00	0.20	0.78
$Q3,_j$ R_j $j=1,3,5$	0.02	0.20	0.02	0.20	0.02	0.20
$Q1,_j$ $Q2,_j$ $j= 2,4$	0.50	0.40	0.70	0.20	0.20	0.70
$Q3,_j$ R_j $j= 2,4$	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
Segundo Intento						
$j = 1,3,5$						
$V1,2,_j$ $V1,3,_j$	0.40	0.05	0.40	0.05	0.80	0.05
$V2,1,_j$ $V2,3,_j$	0.40	0.05	0.80	0.05	0.30	0.05
$V3,1,_j$ $V3,2,_j$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
$j = 2,4$						
$V1,2,_j$ $V1,3,_j$	0.50	0.05	0.50	0.05	0.60	0.05
$V2,1,_j$ $V2,3,_j$	0.55	0.05	0.60	0.05	0.50	0.05
$V3,1,_j$ $V3,2,_j$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

Tabla # 13

5.2. Resultados Obtenidos respecto de la calidad del Servicio

Los resultados de la calidad del servicio se refieren a las medidas del grado de satisfacciòn de los usuarios ante los requerimientos que realizan.

COMPARACION DE CALIDAD DE SERVICIO

	H I B R I D A			C O L A S			L I B R E		
	EXI	INTE	%	EXI	INTE	%	EXI	INTE	%
INTENTO 1	71857	105586	67.6	69206	105586	65.5	82893	105586	78.5
PRESTAMO	62737	80745	77.7	62303	97287	64.0	17489	23194	75.4
CONSULTA	4991	5353	93.2	6292	6406	98.2	4651	4673	99.5
RESERVA	3629	19830	18.3	611	1893	32.3	60753	77719	78.2
INTENTO 2	4594	6644	69.1	14582	15911	91.6	6690	9984	67.0
PRESTAMO	20	20	100.	0	0	--	2282	5001	45.6
CONSULTA	0	509	0.0	0	1155	0.0	0	44	0.0
RESERVA	4574	6115	74.8	14582	14906	97.6	4408	4939	89.2
RENOVACION	17712	19368	91.4	17347	19900	87.2	14546	21248	68.5
RESUMEN	93663	131598	71.2	101103	141397	71.5	104129	136818	76.1

Tabla # 14

5.3. Resultados obtenidos respecto de la Operación del Sistema

Los resultados de la Operación del Sistema se refieren al costo que significa realizar todas aquellas operaciones que permiten alcanzar los anteriores niveles de calidad de servicio.

Operaciones	Hìbrida	Colas	Libre
Idas al estante	80.765	97.287	28.195
Prèstamos	62.757	62.303	19.771
Reservas	25.945	16.799	82.658
Tarjetas de Reserva	8.203	15.161	65.111
Retiro de Reserva	8.203	15.611	65.111
Control de Reserva	8.203	15.611	65.111
Traslados	1.133	828	53.293
Consultas	5.862	7.561	4.717
Renovaciones	19.368	19.900	21.248
Devoluciòn Prèstamo	68.543	76.567	81.381
Devulución Consulta	4.991	6.292	4.651
T O T A L	293.631	332.870	491.397

Tabla # 15

5.4. Tiempos de Operación medidos

Para tener una idea del tiempo necesario para llevar a cabo cada una de las operaciones de la Tabla # 5 se midieron éstas en 2 escenarios :

1) Sección Reserva de la Biblioteca Central. Las mediciones se realizaron en un período de alta congestión, producto del traslado de toda la Reserva de la Biblioteca de Economía a esta sección. La inexperiencia de los ayudantes enfrentados a una colección mayor (B.Central y Economía) aumentó esta congestión por lo que los tiempos son considerados pesimistas.

2) Sección Reserva de la Biblioteca del Campus Oriente. Se realizaron en un período de operación normal. El espacio físico de esta Biblioteca es más reducido y la colección es más pequeña por lo que los tiempos son optimistas.

Para cada escenario se hicieron 20 mediciones independientes del tiempo de cada una de las operaciones. Con ambos tiempos (pesimista y optimista) es posible obtener el tiempo promedio.

Los tiempos medidos en cada escenario se entregan en la Tabla # 16.

5.5. Comparaciòn de politicas respecto del tiempo de operaciòn

TIEMPOS DE OPERACION
(segundos)

Operaciones	B.Central	B.U.C.O	Promedio
Idas al estante	37.75	17.00	27.38
Prèstamos	17.25	11.40	14.33
Reservas	38.20	22.70	30.45
Tarjetas de Reserva	31.47	16.00	23.74
Retiro y Control R.	49.55	26.50	38.03
Traslados	* 35.00	* 35.00	* 35.00
Consultas	** 11.33	15.00	13.17
Renovaciones	* 20.00	29.30	24.65
Devoluciòn Prèstamo	* 45.00	29.30	37.15
Devoluciòn Consulta	13.33	7.10	10.22
Total Tiempos (min)			
Politica Hibrida	157.192	96.037	126.595
Politica de Colas	177.656	101.724	142.208
Politica Libre	265.022	172.071	218.601
% de aumento			
Politica Hibrida	---	---	---
Politica de Colas	13.0	11.1	12.3
Politica Libre	68.6	79.2	72.7

Nota : (*) : son estimaciones del tiempo

(**) : no incluye tiempo de traer libro del estante

Tabla # 16

5.6. Anàlisis de los Resultados

El anàlisis de los resultados se centrarà bàsicamente en los aquellos referentes a la calidad del servicio y respecto a los tiempos de operaciòn de las diferentes polìticas. Se pretende con ello llegar a determinar si las ganancias en calidad son suficientes como para justificar un aumento en los tiempos de operaciòn. Los resultados que se analizaràn corresponden a las Tablas # 14 , # 15 y # 16.

Calidad del Servicio

1) % de èxito en el primer intento.-

Sin lugar a dudas el porcentaje de èxito en el primer intento es un indicador importante de calidad de servicio, incluso podrìamos afirmar que lo que uno primero viene a hacer es lo que tiene mayor valoraciòn para el usuario, por lo que las diferencias que se aprecian entre las polìticas son de importancia.

- Hìbrida y colas son muy similares. Libre es sustancialmente mejor (% de aumento de la libre respecto a la hìbrida es 16%).
- Hìbrida y colas : la transacciòn que determina fundamentalmente el % de èxito es el prèstamo. En la libre, en cambio, ete porcentaje queda explicado en igual medida por el prèstamo y la reserva :

	Hìbrida	Colas	Libre
Intento 1	67.6	65.5	78.5
Prèstamo	77.7	64.0	75.4
Reserva	18.3	32.3	78.2

- Hìbrida y colas : Nûmero de èxitos de prèstamo es aproximadamente el mismo lo que indica una situaciòn de saturaciòn (una mayor llegada a solicitar prèstamo no se traduce en una mayor cantidad de èxitos).

2) Renovaciones

La renovaciòn permite al usuario extender el plazo de prèstamo por un perìodo adicional y es de interès del usuario lograrlo, sin embargo, un gran porcentaje de èxito en esta transacciòn implicarìa que el tìtulo permanece en las manos del mismo usuario lo cual no es una medida muy justa.

- Menos reservas <=> mayor renovaciones
- Mayor renovaciòn => menor # de alumnos que obtienen el libro

	Hìbrida	Colas	Libre
Total Renovaciones	17.712	17.347	14.546
% èxito	71.2	71.5	68.5

3) Nûmero de Alumnos

Un objetivo fundamental de la Secciòn Reserva es permitir que el mayor nûmero de alumnos consiga tener el tìtulo alguna vez, por lo que es una medida de importancia, sin ser la que decidirà en definitiva cual es la mejor polìtica.

- El nûmero de alumnos tiene relaciòn directa con las renovaciones ya que a medida que èstas aumentan, el nûmero de alumnos que tiene acceso al libro disminuye , y viceversa.

	Hìbrida	Colas	Libre
# alumnos	51.401	54.132	61.605
Renovaciones	17.712	17.347	14.546

4) % de èxito en el segundo intento.-

Esta medida de la calidad del servicio si bien permite en algunos casos que el alumno realize una transacciòn exitosa no puede tener la misma valoraciòn que el primer intento. Algunas veces el usuario se ve obligado a realizar algo que no es de su mayor agrado o en otros casos este segundo intento le deja bastante satisfecho porque le da la oportunidad de no irse con las manos vacìas.

- Hìbrida y colas : el èxito se centra en las reservas como resultado del fracaso en el intento anterior.
- Libre : al igual que en el primer intento los èxitos se dividen entre prèstamos y reservas.

	Hìbrida	Colas	Libre
Intento 2	69.1	91.6	67.0
Prèstamo	100.0	----	45.6
Reserva	74.8	97.6	89.2

Operación del Sistema

1) Operaciones Físicas

Las operaciones físicas nos dan una idea de la actividad necesaria para poder implementar una política dada por lo que si bien no es lo determinante comparado con el tiempo de operación, es una medida importante.

- Las políticas Híbrida y de Colas tienen las mayores operaciones en las Idas al estante y en los Préstamos, comparado con la Libre que tiene muy pocas.
- La política Libre tiene las mayores operaciones en las reservas y en los procedimientos asociados a ellas (tarjetas, retiro y control de reservas), comparado con las otras políticas que son significativamente menores.
- Debido al mayor número de reservas y operando en la forma actual, es necesario hacer traslados, los que en la política Libre son importantes y en las otras son despreciables.
- Revisando las operaciones totales tenemos que la que tiene el mayor número de operaciones es la Libre, luego las Colas y finalmente la Híbrida. Esto resulta del mayor número de operaciones asociadas a las reservas que en el caso Libre son las operaciones más importantes.

	Híbrida	Colas	Libre
Operaciones	293.631	332.870	491.397

2) Tiempos de operaciòn

Los tiempos de operaciòn si son los verdaderos indicadores del costo efectivo de la implementaciòn de la polìtica por cuanto las diferencias a favor o en contra de alguna de ellas tiene gran importancia cuando se tiene que tomar una decisiòn.

- Revisando primero los tiempos medidos se observa que los màs elevados corresponden a las operaciones asociadas a la reserva, por lo que la Libre tiene sus màs altos tiempos en operaciones de reserva.

- Comparando los tiempos totales de operaciòn, sòlo para el caso promedio, se tiene que la polìtica Libre es la màs costosa desde este punto de vista, seguida de las Colas y luego la Hìbrida. Los porcentajes de aumento en tiempo de operaciòn si se compara la Hìbrida con la Libre son muy significativos :

	Hìbrida	Colas	Libre
Tiempo(min)	126.595	142.208	218.601

- Los porcentajes de variaciòn que existen entre las polìticas en los diferentes escenarios nos dan una idea de los rangos entre los que se mueve el tiempo total de operaciòn :

	Hìbrida	Colas	Libre
B.Central	----	13.0	68.6
B.U.C.O	----	11.1	79.2
Promedio	----	12.3	72.7

- Los resultados anteriores son razonables debido a que tanto la Libre como las Colas tienen màs reservas que la Hibrida y las diferencias se producen ya que los tiempos asociados a las reservas son los màs altos.

6. Conclusiones y Sugerencias

1) La política más eficiente desde el punto de vista de la calidad del servicio es la Libre, sin embargo, esta tiene el mayor tiempo asociado y con porcentajes de aumento realmente significativos, lo que hace pensar que si bien es la más positiva para el usuario, el costo tan elevado la hace imposible de implementar mientras los tiempos de las operaciones de las reservas no se reduzcan significativamente.

2) Una posibilidad de poder implementar la política Libre es reducir el número de títulos de la Sección Reserva. Por las mediciones hechas en BUCO se detectó que existen ahorros de tiempos relacionados con los procedimientos de reserva, debido al uso de la memoria del ayudante que después de reiteradas solicitudes es capaz de saber con bastante precisión y en un tiempo muy pequeño que títulos están con sus reservas completas, sin necesidad de realizar todas las operaciones asociadas.

3) La próxima implementación en la B.Central del sistema automatizado, plantea la interrogante de que si bajo esta nueva situación la política Libre sería implementable, sin embargo, la respuesta no es clara ya que los tiempos asociados a las operaciones automatizadas no han sido medidos en la realidad.

4) El mayor desafío que se presenta y que era uno de los objetivos de este estudio es encontrar otra política o variaciones dentro de las ya estudiadas que entregue una relación entre el costo y la calidad del servicio que sea más satisfactoria que las otras.

5) Finalmente podemos concluir que salvo el objetivo anterior, todos los demás se han cumplido en un grado más que aceptable ya que se ha logrado un conocimiento profundo del sistema lo que permite tener mayor claridad en la toma de decisiones, y se ha desarrollado una herramienta que tiene grandes proyecciones para ser utilizada en otas áreas relacionadas con Bibliotecas tales como determinación de estándares para la Sección Reserva o la posibilidad de usarla como apoyo para un modelo de asignación de presupuestos.