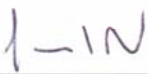
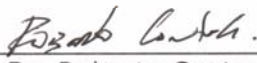


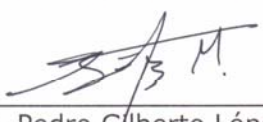
TESIS DEFENDIDA POR  
**Lizbeth Olivia Escobedo Bravo**  
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ


  
Dra. Ana Isabel Martínez García  
*Director del Comité*

  
Dr. Jesús Favela Vara  
*Miembro del Comité*

  
Dr. Roberto Conte Galván  
*Miembro del Comité*

  
Dr. Guillermo Licea Sandoval  
*Miembro del Comité*

  
Dr. Pedro Gilberto López Mariscal  
*Coordinador del programa de  
posgrado en Ciencias de la  
Computación*

  
Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla  
*Director de Estudios de Posgrado*

10 de Agosto de 2005

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DE ENSENADA**



---

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS  
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

---

**SISTEMAS DE WORKFLOW INALÁMBRICO CON SOPORTE  
A DESCONEXIONES INVOLUNTARIAS**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

LIZBETH OLIVIA ESCOBEDO BRAVO

Ensenada, Baja California, México, 10 de Agosto del 2005.

**RESUMEN** de la tesis de **LIZBETH OLIVIA ESCOBEDO BRAVO**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN. Ensenada, Baja California. Agosto del 2005.

### **Sistemas de workflow inalámbrico con soporte a desconexiones involuntarias**

Resumen aprobado por:

---

Dra. Ana Isabel Martínez García  
Director de Tesis

Actualmente los *sistemas de workflow* son considerados una herramienta importante para alcanzar la meta de mejorar la eficiencia, productividad y servicios en las organizaciones. Aunado a lo anterior, recientemente surgen en las organizaciones nuevos esquemas de trabajo, donde la movilidad de las personas que desempeñan sus actividades es un factor que va en incremento. Adicionalmente gracias a la expansión de dispositivos móviles como las PDAs, debemos considerar su incorporación y uso, ya que estos pueden brindar apoyo hacia los nuevos esquemas de trabajo móvil. En este sentido, los *sistemas de workflow inalámbrico* pueden apoyar estas nuevas prácticas de trabajo móvil en organizaciones con infraestructura inalámbrica.

En este trabajo tomamos como base la arquitectura de *SysCoor*, que permite la generación semi-automática de sistemas de workflow a través del uso de modelos de procesos descritos en XML para implementar extensiones a la misma, con el propósito de apoyar la generación de *sistemas de workflow inalámbrico* que cuenten con soporte ante posibles desconexiones involuntarias. Utilizamos el enfoque de transacciones para el desarrollo de este soporte ante las desconexiones involuntarias. Así mismo, realizamos dos casos de estudio en un hospital público con el fin de obtener requerimientos de apoyo al desarrollo de las extensiones, así como observar escenarios de uso real de *sistemas de workflow inalámbrico*. Con base en los escenarios seleccionados, realizamos un prototipo de *workflow inalámbrico* con el objetivo de probar el funcionamiento de las extensiones propuestas. Además, para conocer la percepción de los usuarios en cuanto a la propuesta de soporte tecnológico al proceso de *solicitud de medicamentos del área de medicina interna* seleccionado, realizamos una evaluación preeliminar a través de la presentación del prototipo y aplicación de algunos cuestionarios. Los resultados de la evaluación preliminar arrojaron que los usuarios encuentran útil el sistema para apoyar la coordinación, comunicación y control del proceso que desempeñan, así mismo, consideraron que el sistema es fácil de usar, están dispuestos a utilizarlo, y que un sistema como el propuesto podría apoyar otras áreas del hospital.

**Palabras clave:** Sistemas de workflow, workflow inalámbrico, dispositivos móviles, desconexiones involuntarias, transacciones.

**Abstract** of the thesis of **LIZBETH OLIVIA ESCOBEDO BRAVO**, presented as partial requirement, to obtain the **MASTER IN SCIENCIAS** degree in **Computer Science**. Ensenada, Baja California, México. August of 2005.

### **Wireless workflow systems with support to involuntary disconnections**

Abstract approved by:

---

Dra. Ana Isabel Martínez García  
Thesis Director

Nowadays, workflow systems are considered an important tool for increasing the efficiency, productivity and services of organizations. On the other hand, recently organizations are moving forward to environments where mobility is required. In addition, there has been an expansion of the use of mobile devices, like PDAs; therefore it is feasible to consider their integration to the work environments, as tools that could provide support to the new ways of work. Thus, *wireless workflow systems* could provide support to the mobility need of organizations with a wireless network infrastructure.

In this work, we use the *SysCoor* architecture as a base to develop extensions for the generation of *wireless workflow systems* with support to involuntary disconnections; *SysCoor* provides support for the semi-automatic generation of workflow systems through the use of models described in XML. To develop these extensions, we use a transactional approach. Likewise, in order to obtain requirements to develop the extensions, and to observe a typical use scenario of *wireless workflow systems*, we performed two case studies in a public hospital. With the selected scenarios, we developed a *wireless workflow* prototype, to test the operation of the proposed extensions. To know the user perception of the proposed technological support to the process studied, *medicament request of the internal medicine area*, we performed a preliminary evaluation through a prototype presentation and the application of some questionnaires. The results were that, the users think that the system is useful to support the coordination, communication and process control that they perform; they believe it is easy to use and want to use it; finally they said that a system like this could support another hospital areas.

**Keywords:** Workflow systems, wireless workflow, mobile devices, involuntary disconnections, transactions.

## *Dedicatoria*

*A Dios,  
por ser mi fortaleza.  
Gracias a ti estoy aquí*

*A mis papás y hermanos  
por su amor y apoyo incondicional.  
Gracias por estar siempre*

*A Omar,  
por su amor y por ser parte de mi vida, por estar siempre.  
Gracias por apoyar todas mis locuras*

## *Agradecimientos*

A la Dra. Ana Isabel Martínez García,  
por su ayuda, consejo y apoyo que siempre me ha mostrado.

A los que pertenecieron a mi comité de tesis,  
Dr. Jesús Favela Vara, Dr. Roberto Conte Galván, Dr. Guillermo Licea Sandoval  
y el Dr. José Rosario Gallardo López, por sus aportaciones en favor a este trabajo.

A mis maestros del departamento de ciencias de la computación,  
por la preparación que me brindaron.

A mi familia completita, por estar siempre al pendiente con todo lo que necesité,  
gracias por esa inyección de alegría que aportan a mi vida.

A mis nuevos amigos Mónica, David, Pedro, Leonardo, Luis, Milton, Diana, Albino y  
Elisa, gracias por su ayuda, paciencia y consejos, por aligerar este tiempo.

A mis amigochas de caricatura de algunos años atrás Rocio, Mónica y Elizabeth  
gracias por apoyarme siempre y por recordarme que la vida no solo es estudiar.  
Gracias a ti también Gabriel, por ser mi amigo.

A Caro y Lydia por su calidez humana, y a Jorge, por su ayuda.

Al personal de la Unidad de Medicina Familiar No. 8 del Seguro Social,  
por proporcionarnos información valiosa para esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,  
por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría.

## Contenido

	<b>Página</b>
<b>I. Introducción</b>	
I.1. Antecedentes.....	1
I.2. Planteamiento del problema.....	6
I.3. Objetivo general.....	7
I.4. Objetivos específicos.....	7
I.5. Contenido del documento de tesis.....	8
<b>II. Workflow</b>	
II.1. Introducción.....	10
II.2. Workflow y sistemas administradores de workflow (WfMS).....	10
II.2.1. Uso de los sistemas de workflow.....	12
II.2.2. Workflow en ambientes médicos.....	14
II.3. Trabajo previo.....	16
II.3.1. Apoyo a la movilidad.....	17
II.3.2. Workflow desconectado.....	18
II.4. Transacciones.....	22
II.4.1. Workflow transaccional.....	25
II.4.2. Transacciones móviles.....	26
II.5. Resumen.....	27
<b>III. Análisis de requerimientos para el apoyo a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias</b>	
III.1. Introducción.....	29
III.2. Caso de estudio.....	30
III.2.1. Escenarios obtenidos.....	32
III.3. Requerimientos obtenidos de los escenarios.....	38
III.4. Requerimientos obtenidos de la revisión de la literatura.....	39
III.5. Restricciones establecidas por <i>SysCoor</i> .....	40
III.6. Resumen.....	41
<b>IV. Extensiones a la arquitectura <i>SysCoor</i> para el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias</b>	
IV.1. Introducción.....	42
IV.2. <i>SysCoor</i> .....	43
IV.2.1. Arquitectura de <i>SysCoor</i> . ....	44
IV.3. Modelos de transacciones en ambientes móviles.....	47
IV.4. Extensiones a la arquitectura de <i>SysCoor</i> .....	49
IV.4.1. Extensiones en el servidor.....	50

## Contenido (continuación)

	<b>Página</b>
IV.4.2. Extensiones en el cliente.....	51
IV.5. Análisis y diseño de las extensiones a la arquitectura de <i>SysCoor</i> para el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias.....	52
IV.5.1. Casos de uso.....	53
IV.5.2. Diagramas de secuencia.....	57
IV.5.3. Diagramas de clase.....	61
IV.6. Resumen.....	63
<b>V. Implementación de las extensiones para el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias en <i>Syscoor</i></b>	
V.1. Introducción.....	65
V.2. <i>SysCoor</i> con el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias .....	65
V.3. Mecanismos en el servidor.....	66
V.3.1. Manejador de actualizaciones.....	68
V.3.2. Modificaciones al administrador global de procesos (AGP).....	68
V.3.3. Modificaciones al generador de sistemas de workflow.....	69
V.4. Arquitectura del cliente.....	70
V.4.1. Manejador local de bitácora.....	71
V.4.1.1. Registro de transacciones inalámbricas.....	71
V.4.1.2. Sincronizar un rol después de una desconexión involuntaria.....	74
V.4.2. Mecanismo verificador de batería.....	76
V.4.3. Coordinador local.....	77
V.4.4. Contenedor local.....	77
V.5. Resumen.....	78
<b>VI. Desarrollo de un prototipo de workflow inalámbrico con el soporte ante desconexiones involuntarias</b>	
VI.1. Introducción.....	80
VI.2. Desarrollo de un prototipo de workflow inalámbrico.....	81
VI.2.1. Generación de un sistema de workflow ejecutable.....	82
VI.2.2. Ejecución de un sistema de workflow inalámbrico.....	84
VI.2.2.1. Interactuando con bases de datos (BD's).....	89
VI.3. Evaluación del prototipo.....	89
VI.3.1. Actividades realizadas.....	90



## Contenido (continuación)

	<b>Página</b>
VI.3.2. Resultados y discusión.....	91
VI.3.2.1. Utilidad.....	91
VI.3.2.2. Manejo de información.....	92
VI.3.2.3. Facilidad de uso.....	92
VI.3.2.4. Propuestas de mejora.....	92
VI.4. Resumen.....	93
<b>VII. Conclusiones, aportaciones y trabajo a futuro</b>	
VII.1. Conclusiones.....	95
VII.2. Aportaciones.....	98
VII.3. Trabajo a futuro.....	99
<b>Referencias.....</b>	<b>102</b>
<b>Apéndice A. Caso de estudio proceso “Solicitud de medicamentos” en el área de medicina interna de la clínica VIII del IMSS.....</b>	<b>111</b>
<b>Apéndice B. Modelos de procesos en XML.....</b>	<b>129</b>
<b>Apéndice C. Servicios Web.....</b>	<b>137</b>
<b>Apéndice D. Guía de instalación.....</b>	<b>140</b>
<b>Apéndice E. Cuestionarios en la evaluación.....</b>	<b>147</b>

## Lista de figuras

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Flujo de tareas y elementos necesarios para generar un sistema de workflow a través de la arquitectura de <i>SysCoor</i> .....	44
2	a) Arquitectura básica de <i>SysCoor</i> . b) Arquitectura de <i>SysCoor</i> con las extensiones para sistemas de workflow desconectado.....	45
3	Arquitectura de <i>SysCoor</i> con las extensiones propuestas para el apoyo al trabajo móvil en sistemas de workflow inalámbrico.....	49
4	Caso de uso “Actualizar la Bitácora en cada transacción inalámbrica”.....	53
5	Caso de uso “Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado”.....	54
6	Caso de uso “Sincronizar transacción”.....	55
7	Caso de uso “Sincronizar transacciones desconectadas”.....	56
8	Diagrama de secuencia “Subflujo de una desconexión involuntaria”.....	58
9	Diagrama de secuencia “Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado”.....	59
10	Diagrama de secuencia “Sincronizar transacciones desconectadas”.....	60
11	Diagrama de clases de las extensiones propuestas a la arquitectura de <i>SysCoor</i> en el servidor.....	62
12	Diagrama de clases de las extensiones propuestas a la arquitectura del cliente para dispositivos PDA.....	63

## Lista de figuras (continuación)

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
13	Arquitectura de <i>SysCoor</i> con las extensiones propuestas de soporte a los sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias .....	66
14	Ejemplo de la vista del AGP en el escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna” del caso de estudio realizado.....	69
15	Extracto de un ejemplo de un modelo base de WF del escenario “Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna” del caso de estudio realizado.....	70
16	Diagrama de secuencia “Subflujo de una transacción inalámbrica”.....	72
17	Ejemplo de una transacción inalámbrica, que ejecuta el rol de la Jefa de piso en el escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna”.....	73
18	Ejemplo de <i>Bitácora</i> de transacciones, en el escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna”.....	73
19	Ejemplo de <i>Bitácora</i> de transacciones pendientes, en el escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna.....	74
20	Diagrama de secuencia “Sincronizar transacción”.....	76
21	Comunicación entre el cliente móvil y la máquina de coordinación donde se muestra la tecnología utilizada.....	81
22	Modelo base de WF del escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna”.....	83
23	Pantalla que se muestra en la PDA al elegir un sistema de workflow inalámbrico.....	84

## Lista de figuras (continuación)

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
24	Pantallas del estado inicial de los tres roles del proceso, de izquierda a derecha: el rol Solicitando medicamentos, el rol Autorizando solicitud de medicamentos y el rol Surtiendo medicamentos.....	86
25	Flujo de trabajo establecido en el sistema de workflow inalámbrico para el proceso Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna.....	88
26	Mapa del área de medicina interna.....	112
27	Gráfica rica del proceso solicitud de medicamentos del área de medicina interna.....	116
28	Gráfica RAD del escenario solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.....	118
29	Gráfica RAD del escenario solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.....	119
30	Gráfica DTE del rol Solicitando medicamentos del escenario solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.....	120
31	Gráfica DTE del rol Autorizando solicitud de medicamentos del escenario solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.....	121
32	Gráfica DTE del rol Recibiendo solicitud de medicamentos del escenario solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.....	121
33	Gráfica DTE del rol Surtiendo medicamentos del escenario solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.....	122

## Lista de figuras (continuación)

Figura		Página
34	Gráfica DTE del rol Solicitando medicamentos con receta del escenario solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.....	123
35	Gráfica DTE del rol Realizando receta del escenario solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.....	124
36	Gráfica DTE del rol Surtiendo psicotrópicos del escenario solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.....	124
37	Gráfica DTE del rol Solicitando medicamentos del escenario solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.....	125
38	Gráfica DTE del rol Surtiendo medicamento solicitado con receta del escenario solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.....	126
39	Documento DTD del <i>modelo base de WF</i> .....	133
40	Documento DTD del modelo base de actividades.....	134
41	Documento DTD del modelo base de transición de estados.....	135
42	Documento DTD del modelo base de información.....	136
43	Funcionalidad de los protocolos utilizados para el uso de un <i>servicio Web</i> .....	138

# Capítulo I

## Introducción

### I.1. Antecedentes

El nuevo milenio está caracterizado por un incremento en el número de cambios en los procesos organizacionales, por tal razón las organizaciones enfrentan los retos de brindar nuevas ideas y conceptos a sus productos y servicios para mantener su competitividad. De esta forma, cada vez más organizaciones han puesto atención a sus procesos, por lo que surge la necesidad de llevar a cabo estudios que les permitan comprender la forma en la que llevan a cabo sus actividades. Así más y más flujos de trabajo son sujetos a continuos cambios, con la finalidad de obtener procesos más eficientes y mejor coordinados.

Con el fin de cubrir la necesidad anterior y lograr un entendimiento de los procesos en las organizaciones, es necesario analizarlos a través del uso de metodologías y técnicas adecuadas. La *Ingeniería de Procesos (IP)* nos provee de herramientas para su estudio. En este sentido definimos un proceso como “*un conjunto de pasos parcialmente ordenados con la finalidad de alcanzar un objetivo*” [Humphrey y Feiler, 1992], y la *IP* como la colección de técnicas para el análisis, diseño y evaluación de los procesos organizacionales, basados en el uso del *modelado de procesos* [Wastell *et al.*, 1994], en donde los modelos nos permiten tener una representación abstracta de los procesos. El propósito de estos modelos es reducir la complejidad en su entendimiento, eliminando los detalles que no influyen el comportamiento de un fenómeno [Curtis *et al.*, 1992]. Algunos de los principales elementos que componen un proceso son: *agentes o actores*, que son las personas, máquinas o sistemas encargados de la ejecución de pasos en el proceso, *roles*, definidos como unidades funcionales de responsabilidad asignadas a los agentes, y

*artefactos*, comprendidos por productos modificados o creados durante la ejecución del proceso.

El modelado de procesos se realiza a través de técnicas diagramáticas para representar gráficamente las actividades que se llevan a cabo, lo cual nos ayuda a comprenderlo mejor. Entre estas técnicas encontramos los Diagramas de Rol Actividad (RAD por sus siglas en inglés) y los Diagramas de Transición de Estados (DTE). Los RAD han demostrado ser una herramienta para modelado eficaz y popular, en ellos se reflejan de manera clara a los actores involucrados, roles, actividades e interacciones del proceso [Miers, 1996; Ould, 1995], están basados en los conceptos de roles que interactúan para conseguir algún objetivo en específico. Por otro lado con los DTE se obtiene el comportamiento del proceso a través del tiempo [Greenwood, et al., 1998], es además una de las técnicas diagramáticas que proporcionan claramente el comportamiento del proceso, ya que con la información de este diagrama es posible obtener un modelo que proporcione los estados, eventos y transiciones del proceso y sus roles. El modelado de un proceso es su descripción abstracta actual o propuesta, que representa elementos seleccionados que son considerados importantes para el propósito del modelo y cuya realización o “*enactment*” se puede lograr por sus *agentes (o actores)* [Curtis et al., 1992]. El *enactment* es la ejecución simultánea y sincronizada de un proceso llevado a cabo por una persona a través de su modelo ejecutable, utilizando el soporte que brinda la computadora al hombre [Fernstrom y Lennart, 1991].

Sin embargo los modelos de procesos son solo una representación estática de la secuencia de eventos que ocurren dentro de una organización; el *enactment* de un proceso es llevado a cabo a través del uso de tecnologías como los sistemas de automatización del flujo de trabajo (*sistemas de workflow*).

Actualmente los *sistemas de workflow* son considerados una herramienta esencial para aumentar y mejorar la productividad y eficiencia de los procesos organizacionales [Luo et

*al.*, 2002]. La Workflow Management Coalition en 1996 define un *sistema de workflow* como “La automatización de un proceso organizacional total o parcialmente, en el que los documentos, información y tareas pasan de una persona a otra para continuar el trabajo, de acuerdo a un conjunto de reglas procedurales” [Nodtvedt, 2003], facilitando además la colaboración en el trabajo entre los miembros del grupo a través de soluciones innovadoras. Para lograr este objetivo se desarrolla software que toma la definición del proceso (los modelos de los procesos) para generar *sistemas de workflow* hacia el *enactment* de los procesos, este tipo de software es conocido con el nombre de sistema administrador de workflow (*Workflow Management Systems - WfMS*).

Un *WfMS* es un conjunto de herramientas que proporcionan el soporte necesario en *sistemas de workflow*, para su creación, en su *enactment*, y para la administración y monitoreo de los procesos que consisten en una red de tareas [Luo *et al.*, 2002].

Técnicamente un *WfMS* apoya el modelado, la ejecución coordinada y el monitoreo de las actividades que se llevan a cabo dentro de la organización que implementa un sistema de workflow. En estos sistemas el administrador define la estructura de un proceso y asigna roles a los trabajadores, mediante los cuales será ejecutado el proceso. Los actores cooperan en la ejecución del proceso delegando al *WfMS* la coordinación de sus actividades, de forma que estos actores solo se concentran en la ejecución de la tarea. La coordinación del flujo de datos y control, la localización de recursos y la asignación de actores lo hace automáticamente el sistema [Alonso *et al.*, 1995].

Los *sistemas de workflow* son capaces de apoyar el trabajo de los grupos en las organizaciones a través del uso de Tecnologías de la Información (TI) como computadoras, redes y sistemas que provean un ambiente de software para un proceso más eficientemente coordinado [García-Carrillo *et al.*, 2002].



Actualmente gran parte del soporte a los procesos mediante el uso de la TI en las organizaciones, existe de manera aislada. Dicho soporte ha sido diseñado e instalado para tratar problemas específicos del proceso, pero la evolución de éstos no ha sido considerada. El hecho es que estos sistemas deben evolucionar si las organizaciones evolucionan [Warboys *et al.*, 1999].

Tradicionalmente el enfoque de los *sistemas de workflow* se ha basado en una arquitectura cliente-servidor, en la que a pesar de que los actores que ejecutan roles pueden estar geográficamente distribuidos, la información sobre el proceso y sus estados se mantiene en una estructura centralizada, compuesta de bases de datos alojadas en un servidor. Esta centralización permite sincronizar y controlar la realización del proceso [Alonso *et al.*, 1995].

En la actualidad las organizaciones empiezan a trabajar en ambientes con recursos variables, heterogéneos y dinámicos donde es requerida la movilidad, o bien las conexiones a redes de comunicación son necesarias. Los actores de los procesos en las organizaciones se han vuelto incrementalmente móviles, desempeñando su trabajo desde diferentes espacios físicos. Recientemente se ha reconocido la necesidad de proporcionar soporte a las organizaciones en las nuevas formas de trabajo que van surgiendo de acuerdo a su naturaleza dinámica, considerando estos aspectos en sistemas con mayor flexibilidad. De aquí que se necesita desarrollar sistemas para el apoyo al trabajo en grupo en esos ambientes [Litiu y Prakash, 2000].

En años recientes se ha visto la expansión de la tecnología de computación más allá del enfoque tradicional de computadoras de escritorio, hacia nuevas tecnologías como asistentes personales digitales PDAs (*Personal Digital Assistants*) y teléfonos celulares inteligentes, en donde las personas pueden portar estos pequeños dispositivos de bolsillo (*handheld*) para almacenar y recuperar información personal relevante desde distintos lugares [Greenberg *et al.*, 1999]. Debido a la evolución de la tecnología inalámbrica y al

éxito comercial de estos dispositivos portátiles, su uso es cada vez mayor tanto en las organizaciones como por individuos para uso personal [Pepin y Kriger, 2002].

Aprovechando que tecnologías e infraestructuras inalámbricas están disponibles, integrarlas a las organizaciones en sus procesos organizacionales les brindaría grandes beneficios, donde los usuarios podrían desempeñar su trabajo y tendrían acceso a la información desde distintos lugares. Debido a esto se ha venido desarrollando trabajo en el sentido de integrar y apoyar la movilidad en los sistemas de workflow.

Estos dispositivos de bolsillo permiten una comunicación con acceso intermitente a infraestructuras inalámbricas de red. Además, tienen la característica de que están siempre a la mano de sus usuarios. De aquí se puede intuir que los actores de los procesos al estar desempeñando su trabajo desde distintos espacios físicos, constantemente podrían alejarse del espacio de cobertura de la red inalámbrica por lo que los sistemas debiesen ofrecer soporte en este aspecto. Lo anterior permitiría a los usuarios de estos dispositivos continuar en contacto con los procesos en los que intervienen, aún cuando no se encuentran conectados a la red en la que normalmente desarrollan su trabajo, o bien se desconecten de forma involuntaria. También podría brindar *soporte a los usuarios de estos dispositivos en sistemas de workflow de forma inalámbrica como apoyo a los nuevos esquemas de trabajo móviles en infraestructuras de red inalámbricas a través de dispositivos PDAs (workflow inalámbrico)*. Lo que se busca es permitir a los actores de los procesos continuar con la realización de sus actividades y seguir relacionándose con los demás roles y artefactos de los procesos en los que intervienen, de forma coordinada aún cuando no estén conectados a la red inalámbrica o no estén bajo una misma red. La idea es no perder información y no afectar la ejecución del flujo de trabajo y su coordinación.

De aquí que la idea de movilidad ofrece un aporte muy prometedor a los *sistemas de workflow* existentes, con la finalidad de brindar un soporte más flexible hacia estas nuevas formas de trabajo en el que las personas desempeñan su trabajo desde distintos espacios

físicos. De acuerdo con [Chang y Scott, 1996] se reconoce la necesidad de apoyar el concepto de movilidad. Se afirma que la siguiente generación en sistemas de workflow debe reconciliar los modelos de procesos con el trabajo real.

## **I.2. Planteamiento del problema**

El cada vez más amplio uso de dispositivos de bolsillo como las PDAs ha llevado a realizar esfuerzos para apoyar la inclusión de éstos a los *sistemas de workflow* existentes, de esta forma apoyar los nuevos esquemas de trabajo móvil en las organizaciones. Como primer paso para el soporte a la movilidad en los *sistemas de workflow*, los esfuerzos que se proponen en la literatura se avocan al workflow desconectado, donde los usuarios explícitamente indican al sistema que surgirá una desconexión; trabajos como los de [Alonso *et al.*, 1995], [Bolcer, 2000], [Seung *et al.*, 2001], [Yung, 2002], y más recientemente el de [Arroyo-Sandoval *et al.*, 2003]. Sin embargo en ciertos ambientes como en aquellos que involucran el uso de redes inalámbricas, es necesaria la asistencia ante posibles desconexiones involuntarias. Este soporte permite a las personas en movimiento, continuar con la ejecución de un *sistema de workflow* a pesar de este tipo de desconexiones, así como también no afectar el estado y la consistencia del propio sistema; soporte que aún no ha sido explorado [Arroyo-Sandoval, 2003; Nodtvedt, 2003]. Precisamente el trabajo futuro que se reporta en la literatura de *sistemas de workflow*, señala las áreas de interoperabilidad e integración a herramientas, soporte en la recuperación ante fallas, flexibilidad y movilidad, con tecnología de dispositivos de bolsillo en redes inalámbricas, como áreas que no han sido exploradas en el trabajo de *sistemas de workflow* [Alonso *et al.*, 1995, 2000; Bolcer, 2000; Hartleben y Felgar, 2002; Seung *et al.* 2001; Yung, 2002; y Arroyo-Sandoval *et al.*, 2003].

Hasta este momento no se ha encontrado trabajo previo en la literatura que reporte el soporte real a la movilidad en apoyo a sistemas de flujo de trabajo en redes inalámbricas, que asista desconexiones involuntarias, por lo que en este sentido se dirige este trabajo de investigación. El siguiente reto es lograr integrar a un WfMS el soporte a la movilidad y

manejo de transacciones que asistan a los sistemas de *workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias.

### **I.3. Objetivo general**

Definir los mecanismos necesarios para apoyar los *sistemas de workflow inalámbrico* ante las posibles desconexiones involuntarias, haciendo uso de dispositivos PDA con el fin de proveer soporte a procesos con roles móviles basándose en la arquitectura de *SysCoor*.

### **I.4. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión completa de la literatura existente en el área de *sistemas de workflow*, especialmente en aquellas arquitecturas que apoyen el concepto de movilidad utilizando dispositivos de bolsillo en infraestructuras de red inalámbricas, así como en el área de sistemas de bases de datos, particularmente en el aspecto de soporte a manejo de transacciones.
- Utilizar el enfoque transaccional en *sistemas de workflow* y en ambientes móviles, para definir los mecanismos de soporte en *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias. Adicionalmente, una vez encontrado este soporte, extender la arquitectura de *SysCoor* agregando dicho apoyo.
- Realizar un caso de estudio con el objetivo de seleccionar un escenario apropiado para el desarrollo de un prototipo de *sistema de workflow inalámbrico*.
- Revisar la arquitectura que actualmente existe en *SysCoor* para la generación de *sistemas de workflow*, así como las extensiones implementadas por [Arroyo-Sandoval *et al.*, 2003] para el apoyo a clientes móviles que utilizan dispositivos PDAs que trabajan con desconexión a la red.
- Analizar y obtener los requerimientos para proveer soporte al desarrollo de *sistemas de workflow inalámbrico* que apoyen la movilidad con asistencia ante desconexiones involuntarias.

- Rediseño de la arquitectura actual de *Syscoor*, para proporcionar soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias.
- Diseño y desarrollo de un prototipo de *workflow inalámbrico* con dispositivos PDA en base a los escenarios obtenidos del caso de estudio, utilizando los mecanismos propuestos para dar soporte ante posibles desconexiones involuntarias.

## **I.5. Contenido del documento de tesis**

Este documento de tesis esta constituido por ocho capítulos y cinco apéndices, que se describen de forma breve a continuación.

El capítulo II presenta una introducción al área de *sistemas de workflow* y el trabajo previo realizado. También se presenta el enfoque transaccional utilizado en este trabajo de tesis para proporcionar el soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias.

En el capítulo III se presenta un análisis de los requerimientos para dar soporte al desarrollo de *sistemas de workflow inalámbrico* asistiendo desconexiones involuntarias. Estos requerimientos fueron obtenidos principalmente de tres áreas: (a) de los escenarios obtenidos de un caso de estudio realizado en el área de hospitales, (b) de los obtenidos de la revisión de la literatura, y (c) de las restricciones establecidas por *SysCoor*.

El capítulo IV presenta las extensiones realizadas a la arquitectura de *SysCoor* para el apoyo a la generación de *sistemas de workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias. Inicialmente se describe en este capítulo la arquitectura inicial de *SysCoor*. Posteriormente, y de acuerdo al enfoque transaccional utilizado se muestran los modelos de transacciones en ambientes móviles, donde se analizan sus características similares al tipo de soporte requerido en este tipo de *sistemas de workflow inalámbrico*. Por último, hacia el final del capítulo, se presenta el análisis y diseño de las extensiones a través del lenguaje UML mediante diagramas de casos de uso y diagramas de secuencia.

En el capítulo V se presenta la implementación de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor* con el fin de apoyar la generación de *sistemas de workflow inalámbrico* con soporte ante desconexiones involuntarias. También se presenta la implementación de un prototipo de *workflow inalámbrico* con soporte ante posibles desconexiones involuntarias. Se ilustra detalladamente todo el proceso para generar el *sistema de workflow inalámbrico* desde el inicio: cómo se genera un *sistema de workflow inalámbrico*, cómo se lleva a cabo el *enactment* en el dispositivo móvil PDA y cómo es el funcionamiento del soporte ante desconexiones involuntarias

En el capítulo VI se presenta una evaluación preliminar, realizada con el fin conocer la percepción de los usuarios acerca de la propuesta de soporte tecnológico al proceso estudiado, donde ésta propuesta es un prototipo de *sistema de workflow inalámbrico*.

Finalmente en el capítulo VII se presentan las conclusiones y aportaciones de este trabajo de investigación, así como también el trabajo a futuro, como áreas de oportunidad hacia trabajos posteriores.

El apéndice A presenta el caso de estudio realizado de donde se obtuvieron dos de los escenarios de uso más útiles en este trabajo de investigación. El apéndice B contiene los modelos XML que se utilizan para generar el modelo ejecutable de un *sistema de workflow*. El apéndice C contiene una breve descripción de los servicios Web utilizados para establecer la comunicación inalámbrica entre el cliente móvil y el servidor. En seguida el apéndice D contiene una guía de instalación del servidor y la máquina de coordinación, así como del *sistema de workflow* en el cliente móvil con soporte ante desconexiones involuntarias. Por último, el apéndice E contiene los cuestionarios aplicados en la evaluación de los prototipos de *sistemas de workflow inalámbrico*.

# Capítulo II

## Workflow

### II.1. Introducción

Este capítulo presenta una introducción al área de *sistemas de workflow* de la cual se desprende este trabajo de investigación. El propósito es introducir aquellos conceptos básicos relacionados con el área, el trabajo previo existente hasta el momento así como la dirección actual del área de investigación.

Con el fin de exponer la utilidad y áreas de oportunidad de este tipo de sistemas se exponen algunas de las contribuciones que éstos han ofrecido, así como algunas de las áreas o dominios de aplicación. También se presentan el enfoque transaccional utilizado en este trabajo de tesis para proporcionar soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias. Finalmente, de acuerdo a la dirección actual de investigación y al trabajo relacionado más reciente relacionado y sus limitaciones, se busca sentar las bases que definen el objetivo general de este trabajo de investigación.

### II.2. Workflow y sistemas administradores de workflow (WfMS)

Como lo mencionamos en el capítulo anterior, los *sistemas de workflow* son herramientas que permiten la ejecución coordinada de múltiples tareas desempeñadas por distintas entidades de procesamiento [Rusinkiewicz *et al.*, 1995]. Una tarea define algún trabajo a realizarse y puede especificarse de varias maneras, incluyendo una descripción textual en un archivo o correo electrónico, una forma o solicitud, un mensaje, etc. La especificación

de un *sistema de workflow* involucra la descripción de aquellos aspectos que constituyen las tareas y las entidades de procesamiento que las ejecutan, que son relevantes para controlar y coordinar su ejecución. También requiere la especificación de las relaciones entre las tareas y sus requerimientos de ejecución. Esta especificación de los *sistemas de workflow* se realiza a través del modelado de procesos.

En los *sistemas de workflow* los usuarios colaboran entre ellos ejecutando sus actividades individuales dentro del proceso organizacional donde la ejecución es controlada y coordinada por los WfMS. La sinergia entre estas actividades es proporcionada por el diseñador del proceso organizacional, ya que es el que se encarga de realizar el modelo del proceso. Una vez que se define el proceso, el sistema provee su ejecución coordinada. El WfMS proporciona a cada usuario las actividades que les corresponde desempeñar, recoge los resultados, determina el siguiente paso a realizar, controla las actividades de todos los usuarios, y detecta cuando termina satisfactoriamente el proceso. Es importante resaltar que un *sistema de workflow* es totalmente automatizado pero no su ejecución, ya que es necesaria la intervención de personas para utilizar el sistema y en ocasiones determinar que hacer en caso de errores o eventos impredecibles. Sin embargo el uso de WfMS simplifica el proceso de coordinar a una gran cantidad de usuarios trabajando en ambientes heterogéneos y distribuidos.

A un alto nivel, todos los WfMS deben proveer soporte en tres áreas funcionales: (1) En la construcción de un *sistema de workflow*, refiriéndose a la definición del proceso; (2) En las funciones de control en tiempo de ejecución, concernientes a la administración del *sistema de workflow*; y (3) En las interacciones en tiempo de ejecución con los actores del proceso para el desempeño de varias actividades [WfMC, 1995].

Como hemos visto entre algunas de las contribuciones que los *sistemas de workflow* proporcionan a los procesos en las organizaciones encontramos: administración del trabajo, control del proceso, reducción en los tiempos, generación de la cooperación y compartir



conocimiento. Por lo anterior, estos sistemas han atraído la atención de organizaciones y son cada vez más utilizados.

### **II.2.1. Uso de los *sistemas de workflow***

El uso de *sistemas de workflow* se ha ido incrementando en gran variedad de organizaciones. Como se acaba de mencionar, algunas de las contribuciones que los *sistemas de workflow* aportan a las organizaciones son [Silver, 1999]:

- (1) *Reducción de tiempos*. Uno de los beneficios de mayor impacto en la utilización de los *sistemas de workflow* es la reducción de tiempo para completar un proceso. Eliminando el tiempo de transferir en espacio las tareas dentro de la organización, utilizando restricciones para encontrar la fuente de los problemas, y automatizar las tareas que no requieren la intervención de las personas, el ciclo de tiempo puede reducirse en gran medida.
- (2) *Administración del trabajo*. Los *sistemas de workflow* apoyan a cada uno de los usuarios en el ahorro de tiempo significativo en el filtrado, ordenamiento y organización de su trabajo diario; en asignar roles a los participantes del proceso, apoyando la delegación de trabajo; en balancear y optimizar la carga de trabajo, mejorando la productividad del trabajo en grupo en su totalidad.
- (3) *Control del proceso*. Mantener la calidad y consistencia es una tarea crítica en las organizaciones. Esto es una tarea difícil cuando se confían las reglas y restricciones de los procesos solamente a la memoria de las personas. En cambio si se establecen estas reglas de forma automatizada a través de un *sistema de workflow* se podría mejorar la ejecución y eficiencia de los procesos organizacionales.
- (4) *Soporte a la colaboración más efectiva y compartimiento del conocimiento*. Los *sistemas de workflow* pueden agregar mejores prácticas estableciendo el proceso organizacional en una computadora de tal forma que puede ser compartido dentro de la organización.

Estas contribuciones y el potencial para aportar otras más hacen que las organizaciones fijen su atención e implementen cada vez más este tipo de sistemas, como resultado esta tecnología se ha transformado gradualmente. La evolución de los *sistemas de workflow* como tecnología involucra una variedad de áreas distintas de aplicación [WfMC, 1995], como el procesamiento de imágenes, aplicaciones basadas en transacciones, administración de documentos, soporte a proyectos de software, reingeniería de procesos organizacionales, entre otros los cuales continúan motivando su desarrollo. Algunos ejemplos de áreas de aplicación de sistemas de workflow, se presentan a continuación.

- a) *Procesamiento de imágenes*. En una variedad de procesos organizacionales se involucra la interacción con información en base a documentos, en los que se puede requerir la captura de imágenes como parte de la automatización de procesos. Cuando esta información se captura electrónicamente, frecuentemente se requiere pasarla entre varios y diferentes participantes para distintos propósitos dentro del proceso, donde posiblemente se interactúa con otras aplicaciones.
- b) *Administración de documentos*. Los documentos forman parte de los procesos organizacionales, los que requieren el acceso a documentos por parte de los participantes del proceso en distintas actividades de acuerdo a un flujo de trabajo en particular.
- c) *Correo electrónico*. Los sistemas de correo electrónico, tienen por sí solos su procesamiento utilizando la funcionalidad de un workflow, en ellos se integran comandos de enrutamiento para definir la secuencia de utilización de contenedores, para los distintos tipos de correos de acuerdo a diferentes procedimientos y/o fuentes.
- d) *Soporte a proyectos de desarrollo de software*. El desarrollo de proyectos para la construcción de software frecuentemente tiene la funcionalidad de un workflow, en la transferencia de tareas entre las personas y el enrutamiento de información.
- e) *Reingeniería de procesos organizacionales (BPR – business process re-engineering)*. Las herramientas que proporciona la BPR proveen soporte basado en

TI para el análisis de las actividades, modelado y redefinición del proceso organizacional. Una extensión de estas herramientas para facilitar la implementación del proceso a través de una infraestructura basada en TI para controlar los flujos de trabajo y actividades asociadas dentro del proceso organizacional.

Otra de las áreas de aplicación de los *sistemas de workflow* que tiene poco más de 10 años son los ambientes de hospitales. La implementación de los *sistemas de workflow* provee un soporte fundamental para el flujo de información requerido por un proceso organizacional de apoyo al manejo de información en los hospitales [Murray, 2002]. Este trabajo de investigación toma como base un ambiente hospitalario para la realización de un caso de estudio, que ayude en la obtención de requerimientos para proveer soporte al desarrollo de *sistemas de workflow inalámbrico* asistiendo posibles desconexiones involuntarias.

### **II.2.2. Workflow en ambientes médicos**

Uno de los servicios más grandes de la industria en el mundo es el de salud, debido a la importancia de dichas organizaciones, éstas analizan opciones para mejorar sus servicios de salud [Goldberg y Wickramasinghe, 2003].

Las tecnologías de la información (TI), se utilizan ampliamente en muchos sectores de la sociedad con el objetivo de mejorar el manejo de sus sistemas, de aquí que su aplicación en las áreas de la salud, no está muy lejos de considerarse [Lederman y Morrison, 2002]. El desarrollo, implementación y uso de la TI en las organizaciones es una actividad social compleja, frecuentemente caracterizada por problemas y metas mal definidas, conflictos o alteraciones que resultan en cambios organizacionales. Si se traslada lo anterior a las organizaciones de salud, la implementación satisfactoria de los sistemas de información podría pensarse también que es una tarea difícil [Spil y Schuring, 2002].

Se ha realizado mucha investigación con el objetivo de mejorar la atención al paciente que pueda resultar en mejorar los flujos de trabajo en los hospitales. Buffone *et al.*, (1995) advierten que el enfoque en flujos de trabajo “permitirá a los hospitales coordinar mejor el uso de sus recursos para la diagnosis, tratamientos y manejo clínico, permitiéndoles preservar la calidad y control de costos” [Lederman y Morrison, 2002].

Distintas organizaciones de salud que trabajan con el mismo paciente pueden tener diferentes objetivos o políticas con diferentes estándares, por lo que están siempre a favor de su autonomía. Sin embargo, podría ser necesario rediseñar sus flujos de trabajo para permitir el manejo de *sistemas de workflow* [Michael-Verkeke, 2004] con el fin de mejorar la atención y coordinar el seguimiento del paciente. Por situaciones como la anterior las organizaciones que ofrecen servicios de salud deberán replantear sus metas y realizar alianzas estratégicas para ser capaces de enfrentar este tipo de retos donde los esfuerzos por coordinar los flujos de trabajo deberán incrementarse con el fin de mejorar la calidad de atención al paciente [Spil y Schuring, 2002].

En el departamento de neurología de un hospital público Australiano se investigó el impacto negativo de los flujos de trabajo interrumpidos y sus consecuencias tanto en el paciente como para el hospital, esto es, donde la información no está disponible en el momento y lugar esperados dentro del flujo de trabajo del proceso. Como resultado implementaron *sistemas de workflow*, que resultaron en mejoras en la atención y tratamiento a sus pacientes así como reducción de costos significativos [Lederman y Morrison, 2002]. De manera similar, en un hospital de rehabilitación para pacientes con esclerosis múltiple en Holanda encontraron en los *sistemas de workflow* una solución para ofrecer mejor atención (seguimiento de terapias) a pacientes que padecen de esta enfermedad [Michel-Verkeke, 2004].

Los *sistemas de workflow* han jugado un papel muy importante en el propósito de alcanzar la meta de mejorar la eficiencia, productividad y servicios a pacientes dentro de

las organizaciones que ofrecen servicios de salud [Murray, 2002]. Como resultado de la aplicación de estos sistemas se ha logrado mejorar los servicios de atención, eficiencia, control y calidad de atención otorgada a pacientes así como mejoras significativas en la organización, coordinación y eficacia del trabajo en hospitales [Lederman y Morrison, 2002; Murray, 2002; Spil y Schuring, 2002; Pappas *et al.*, 2002; Goldberg y Wickramasinghe, 2003; Michael-Verkeke, 2004].

Por otro lado considerando las características de los trabajadores en estos ambientes como su cambio dinámico de ubicación y necesidades de comunicación e información, recientemente la investigación en el área de salud muestra que las soluciones móviles/inalámbricas en estos servicios pueden alcanzar grandes beneficios. Entre estos beneficios podemos encontrar principalmente los siguientes: 1) Mejorar la atención al paciente, 2) Reducir los costos de transacciones, 3) Incrementar la calidad en los servicios de salud y 4) Mejorar la investigación y enseñanza. Las investigaciones en esta área visualizan las soluciones móviles como un aporte muy prometedor que permite lograr mejoras en los servicios de atención al paciente agregando la ventaja de ahorros significantes en el costo [Goldberg y Wickramasinghe, 2003].

### **II.3. Trabajo previo**

En años recientes han surgido importantes actividades comerciales en el desarrollo de *sistemas de workflow*, herramientas para el manejo de procesos, así como esfuerzos significativos en la investigación tanto en la industria como en la academia. Sin embargo, aún con este trabajo, es necesaria más investigación y desarrollo para alcanzar los retos de muchas formas complejas e interoperables de este tipo de sistemas a gran escala.

Para extender las oportunidades y misión de los *sistemas de workflow* como apoyo a la automatización de flujo de trabajo en ambientes complejos del mundo real, es necesario

incluir sistemas de información heterogéneos, autónomos y distribuidos así como las contribuciones relacionadas con la implementación y evaluación de estos sistemas.

El área de investigación en *sistemas de workflow* es muy vasta, su tendencia es la de apoyar a las personas en la forma en que realizan su trabajo. Como se mencionó previamente, actualmente surgen nuevos esquemas de trabajo donde la movilidad de las personas que desempeñan su trabajo es un factor que va en incremento. Esta movilidad es evidente y necesaria cuando los actores de los procesos requieren desempeñar su trabajo intercambiando entre diferentes espacios físicos. De acuerdo a estos nuevos esquemas de trabajo móvil, es necesario considerar *sistemas de workflow* que apoyen estos ambientes en las organizaciones. Adicionalmente se deben considerar la incorporación y el uso de nuevas tecnologías de apoyo al trabajo móvil, tales como dispositivos móviles e infraestructuras inalámbricas. Es por ello que se realizan esfuerzos para apoyar a las personas en sus nuevas formas de trabajo.

### **II.3.1. Apoyo a la movilidad**

Las organizaciones alrededor del mundo utilizan los *sistemas de workflow* con el objetivo de hacer más eficiente y aumentar la efectividad de un proceso organizacional desempeñado por un grupo de personas. Con este mismo objetivo y considerando los nuevos esquemas de trabajo móviles en las organizaciones, se han empezado a observar los beneficios de tener estos sistemas disponibles fuera de un espacio fijo de trabajo [Nodtvedt, 2003]. Lo anterior implica que las actividades realizadas en una oficina pueden desempeñarse ahora fuera de ella a través de dispositivos móviles, lo que anteriormente solo podía realizarse de manera fija en un espacio físico particular. Adicionalmente se debe considerar el tipo de tecnología que apoya el trabajo móvil, como los dispositivos de bolsillo, por ejemplo PDAs [Greenberg *et al.*, 1999]. Aunque el uso de este tipo de tecnología potencialmente pueda apoyar los nuevos esquemas de trabajo móvil en las organizaciones, la investigación para considerarlo dentro del área de *sistemas de workflow*

no ha sido aún muy explorada [Bolcer, 2000; Hartleben y Felgar, 2002; Seung *et al.* 2001; Yung, 2002; y Arroyo-Sandoval *et al.*, 2003].

Dentro del área de los *sistemas de workflow*, en los esfuerzos encaminados para brindar soporte a la movilidad en las organizaciones surge el concepto de workflow desconectado. Esta tecnología (workflow desconectado) es una opción que permite a los actores de los procesos en un *sistema de workflow* continuar con su trabajo y mantener interacciones coordinadas en situaciones donde la conexión a una red de comunicación no está disponible. Lo anterior implica que el actor del proceso puede desempeñar su trabajo fuera de un espacio fijo aunque no esté bajo una red de comunicación, por lo que esto representa una forma de apoyo a la movilidad en las organizaciones.

### **II.3.2. Workflow desconectado**

El workflow desconectado permite que se lleve a cabo la *operación desconectada* en los sistemas de workflow. El término *operación desconectada* se refiere a la habilidad de un cliente en un sistema de cómputo para continuar con sus tareas aún cuando no se cuenta con una red en donde está normalmente desempeñando su trabajo, y por lo tanto el acceso a un contenedor central de datos no es posible [Seungil *et al.*, 2001]. Con mencionar que “*no se cuenta con una red*” o “*que no se tiene acceso al servidor central*” se puede intuir que las actividades que se desempeñan de esta forma deberán desconectarse de un servidor central, por lo que se debe *desconectar voluntariamente* dichas actividades. Cuando se habla de una *desconexión voluntaria* se refiere a aquellas en las que el usuario toma explícitamente sus tareas y las desconecta de un sistema de comunicación central. Como se mencionó anteriormente el workflow desconectado representa el primer esfuerzo para apoyar la movilidad en las organizaciones, y a su vez es el primer esfuerzo encaminado hacia el *workflow inalámbrico*, por lo que a continuación se analizan algunos trabajos realizados que proporcionan este soporte.

- a) La arquitectura *Domino Everyplace Enterprise* [Pepin y Kriger, 2002]. Esta estructura proporciona una plataforma para el desarrollo de aplicaciones que se pueden utilizar en dispositivos móviles, las cuales se integran a la plataforma de *Lotus Domino*. Sin embargo la propuesta realmente se trata de aplicaciones móviles aisladas que apoyan determinada actividad dentro del sistema, por lo que no provee la funcionalidad total de un verdadero *sistema de workflow*. En lo que respecta al workflow desconectado, no permite evaluar factibilidad de la desconexión de las aplicaciones.
- b) Productos de la industria como IntelTrac [SAT Corp., 1999], The Aeroprise solution [Aeroprise Inc., 2001], OIT's Wireless Workflow [Optical Image Technology Inc., 2002], EXADEL Wireless Workflow [EXADEL Inc., 2004] aseveran proporcionar soporte a *sistemas de workflow inalámbrico*, pero el apoyo que realmente ofrecen es hacia workflow móvil. Estas propuestas son basadas en el Web, por lo que la idea de movilidad se mantiene pero el soporte inalámbrico no se contempla, además el uso de dispositivos de bolsillo inalámbricos no se considera en su totalidad. De esta forma el dispositivo de cómputo utilizado sigue siendo en su mayoría la computadora de escritorio. Además al igual que la propuesta anterior, éstas no proveen la funcionalidad total de un verdadero *sistema de workflow*.
- c) El proyecto *FlowMark* [Alonso *et al.*, 1995] desarrollado en IBM, representa el primer trabajo de investigación en el área de workflow desconectado. En este trabajo los autores proponen una serie de mecanismos que permiten, a la arquitectura que proponen, apoyar a clientes desconectados. Una de las principales contribuciones de este trabajo es señalar el impacto de clientes desconectados en sistemas WfMS. La propuesta de *FlowMark*, es implementar mecanismos relacionados con el manejo de datos, la notación de actividades bloqueadas y la introducción de mecanismos para establecer compromisos de los clientes para efectuar las actividades que se desconectan. Sin embargo no contempla el uso de PDAs, ni la factibilidad de desconectar actividades.
- d) La arquitectura para workflow móvil y desconectado *Magi* [Bolcer *et al.*, 2000] está implementada en términos de un servidor HTTP. Su implementación hace uso de



primitivas de servidor para la administración, sincronización y almacenamiento de información en línea. Aunque esta propuesta si contempla el uso de PDAs, gracias a su diseño específico, para el manejo de workflow basado en el paso de documentos, hace que su implementación sea robusta.

- e) El Dr. Yun Yang en la Universidad de Tecnología de Swinburne en su trabajo *Disconnected Workflow for Web-based teamwork support* [Yung, 2002] define algunos requerimientos y estrategias de diseño para el workflow, pero no se hace uso de dispositivos como PDAs. La premisa principal de su aportación es proveer al usuario de interfaces gráficas de usuario (GUI) idénticas aún cuando este se encuentra en desconexión. Los datos de los estados de los procesos son mantenidos en una base de datos, en la cual también se almacenan los cambios realizados a las entidades de información modificadas durante el período de desconexión.
- f) *ICU/COWS* [Seung *et al.*, 2001] representa un proyecto de investigación en el cual los autores analizan el modelo de una tarea, identificando el tipo y el ámbito de la misma, con la finalidad de evaluar una posible desconexión. Por el tipo de tarea, los autores se refieren al conjunto de actividades involucradas en el proceso, y mediante el término ámbito, se refieren a los servicios sobre los cuales se ejecutan las tareas dentro del sistema. Basados en ese análisis, los autores identifican tres consideraciones importantes para el apoyo a la operación desconectada en *sistemas de workflow*. Estas consideraciones son: la clasificación de la tarea, el manejo de las aplicaciones y los datos relacionados con el workflow y la emulación de la secuencia y transiciones entre tareas cuando estas se encuentran en estado desconectado.
- g) Bajo este mismo concepto de workflow desconectado en sistemas de workflow, Arroyo *et. al.* (2003) propone los mecanismos y extensiones a la arquitectura de *SysCoor* (un WfMS con una arquitectura) para el apoyo a clientes móviles que trabajan con desconexión a la red con dispositivos PDAs. La arquitectura provee soporte para la generación semiautomática de *sistemas de workflow* basados en el Web, también permite la creación de sistemas de workflow desconectado haciendo uso de modelos de

procesos descritos en el lenguaje de marcado extensible XML<sup>1</sup> (eXtensible Markup Language). Bajo esta propuesta, se distinguen dos tipos de desconexiones en sistemas de workflow, las voluntarias y las involuntarias. Las desconexiones involuntarias ocurren cuando una falla inesperada en el sistema de comunicación impide al usuario continuar con su trabajo, mientras que las desconexiones voluntarias como se menciona anteriormente en este capítulo, son aquellas en las que el usuario toma explícitamente sus tareas y las desconecta de un sistema de comunicación. El caso de la propuesta de Arroyo se engloba en desconexiones voluntarias ya que se establecen las bases para proporcionar apoyo al workflow desconectado, dejando como trabajo a futuro incorporar las extensiones para el posterior desarrollo de sistemas de *workflow inalámbrico*.

Todas estas propuestas se avocan a proporcionar soporte al workflow desconectado donde los usuarios del sistema trabajan conectados al servidor central desde una computadora de escritorio, y si desean salir de un espacio fijo de trabajo continuando con sus actividades requieren *desconectar sus actividades voluntariamente*. Este escenario de desconexión se refiere a la que es planeada y esperada, por lo que así es un tanto fácil estar conciente de los aspectos que se deben considerar para desconectar las actividades. Por otro lado ¿que sucede en aquellas organizaciones con infraestructuras inalámbricas de red?, donde al estar desempeñando una actividad de forma inalámbrica sucede una *desconexión involuntaria*, todos los aspectos que hay que manejar y cómo hacerlo, los toma en cuenta el *workflow inalámbrico*.

Este aspecto de las desconexiones involuntarias es importante en los *sistemas de workflow inalámbrico*, debido a que la ocurrencia de solo una de ellas sin considerar el soporte debido puede incurrir en la pérdida total de la coordinación del proceso. Un posible enfoque para el apoyo a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante *desconexiones*

---

<sup>1</sup> XML. Metalenguaje que define la sintaxis utilizada para definir otros lenguajes de etiquetas estructurados [Gutiérrez y Martínez, 2001]. Es similar a HTML, solo que éste último es solo un subconjunto de XML especializado en presentación de documentos para el Web.

*involuntarias*, puede manejarse a través del manejo de transacciones, que presentamos enseguida.

## **II.4. Transacciones**

Los sistemas de bases de datos se encuentran entre las aplicaciones de TI más importantes. Estos sistemas proveen una serie de métodos para almacenar y acceder a grandes volúmenes de datos. Tienen una gran cantidad de aplicaciones prácticas, como los sistemas bancarios, sistemas de reservación en aerolíneas, y sistemas de información organizacionales. Uno de los principales propósitos de los sistemas de bases de datos es permitir a varios usuarios interactuar simultáneamente con la base de datos preservando la ilusión de que es sólo uno.

Una base de datos es una colección de objetos que satisfacen un conjunto de reglas de integridad que permiten mantener su consistencia. Por ejemplo, en un banco, una regla de integridad puede ser que ninguna cuenta puede tener saldo negativo o éste no debe ser más alto a cierta cantidad. Los usuarios interactúan con la base de datos ejecutando programas que realizan un conjunto de operaciones de lectura y escritura, designadas por los mismos usuarios. Este conjunto de operaciones son conocidas como transacciones [Agrawal y El Abbadi, 1992].

Tradicionalmente se espera que las transacciones satisfagan cuatro condiciones principales conocidas como propiedades ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad). Estas propiedades tradicionales en las bases de datos, se encargan de garantizar un estado consistente e íntegro de la base de datos. *Atomicidad* es la propiedad del todo o nada: todos los efectos de todas las operaciones de la transacción, en el contenedor de datos, resultan con éxito o ninguna de ellas se ejecuta. *Consistencia* se encarga de que el contenedor de datos se mantenga correcto. Una transacción deja el contenedor de datos en un estado consistente, asumiendo que estaba consistente cuando

empezó; de otra manera aborta. Un resultado es consistente si el estado nuevo de la base de datos cumple con todas las restricciones consistentes de la aplicación. *Aislamiento* garantiza que la ejecución concurrente de transacciones no introduzca inconsistencias en el contenedor de datos. Un ambiente multiusuario se debe comportar como si fuera un ambiente monousuario, de tal forma que no se produzcan inconsistencias. *Durabilidad* es la propiedad que asegura que los efectos de una transacción que se ha ejecutado satisfactoriamente en el contenedor de datos (commit), sean permanentes y garantiza que van a sobrevivir a subsecuentes errores [Eder y Liebhart, 1996].

Con el objetivo de resolver problemas como los de fallas, consistencia y confiabilidad en *sistemas de workflow*, investigadores en el área de bases de datos proponen abordar estos problemas aplicando conceptos de transacciones [Eder y Liebhart, 1996; Tzvetanova, 2002]. Las transacciones en los sistemas de workflow incorporan las ideas básicas de las transacciones tradicionales, extendidas por varias características de modelos transaccionales avanzados requeridos por la ejecución de los sistemas de workflow. Las principales características de las transacciones en los sistemas de workflow que hacen que se asemejen a las transacciones en los sistemas de bases de datos según [Eder y Liebhart, 1996] son:

- a) *Analogías*: Una transacción plana es una secuencia de operaciones que transfieren una base de datos (BD) de un estado consistente a otro estado consistente. Una transacción en sistemas de workflow es una secuencia de actividades de workflow que transfieren un proceso organizacional de un estado consistente en un siguiente estado consistente. Por otro lado, una transacción plana se ejecuta de manera aislada de un conjunto de transacciones concurrentes, y si una operación dentro de una transacción falla, toda la transacción se vuelve a ejecutar. Las actividades por sí solas son transacciones de workflow. Desde este punto de vista, cuando se habla de transacciones de workflow nos referimos a un nivel más abstracto del que utilizamos cuando hablamos de transacciones tradicionales.

- b) *Estructura de las transacciones:* Las transacciones en sistemas de workflow deben permitir estructuras jerárquicas con el objetivo de que puedan aplicarse para aplicaciones complejas.
- c) *Atomicidad:* En general las actividades de workflow son de larga duración, dependientes de una aplicación definida por el usuario y requieren aislarse de fallas. El objetivo es no deshacer todo en caso de falla, sino seleccionar partes del trabajo a deshacer hasta que se alcance el estado consistente más reciente dentro de una transacción.
- d) *Consistencia:* Así como en las transacciones tradicionales, el ámbito de la ejecución consistente no se enfoca en el trabajo que se hace dentro de una actividad (una transacción) sino sólo en la correcta ejecución en orden de las actividades. De acuerdo a esto, las actividades deberán terminar satisfactoriamente para preservar la consistencia.
- e) *Aislamiento:* Por la naturaleza de los sistemas de workflow (larga duración, cooperación y concurrencia) no es posible ejecutar transacciones de workflow de una manera totalmente aislada de transacciones concurrentes. Esto implicaría que los resultados intermedios de una transacción de larga vida se mantengan privados a otras transacciones, y no puedan ser utilizados para ejecutar transacciones concurrentemente hasta que la primera transacción haya finalizado. Un aislamiento relajado en el sentido de subactividades, externaliza sus resultados tan pronto y haya hecho *commit* con el objetivo de incrementar concurrencia y desempeño.
- f) *Durabilidad:* Tan pronto que una transacción haya hecho *commit* sus efectos deben ser persistentes.

Sin embargo se debe poner mucha atención en la forma en que se aplica este enfoque en los sistemas de workflow, ya que un proceso organizacional no es totalmente equivalente a una transacción tradicional ACID. Con lo anterior surge en el área de los *sistemas de workflow* un enfoque conocido como workflow transaccional que permite estudiar estos aspectos.

### II.4.1. Workflow transaccional

El término workflow transaccional [Shet y Rusinkiewicz, 1993] surge con el objetivo de reconocer la importancia de las transacciones en *sistemas de workflow*, el cuál se ha seguido utilizando por un gran número de investigadores [Eder y Liebhart, 1996; Tzvetanova, 1996; Alonso *et al.*, 1996; Moreno *et al.*, 2003]. El workflow transaccional involucra la ejecución coordinada de múltiples tareas que requieren acceso a sistemas en ambientes heterogéneos, autónomos y distribuidos (HAD por sus siglas en inglés) y un soporte especial para el uso de las propiedades transaccionales en cada tarea y/o todo el sistema de workflow [Worah y Shet, 1997].

Workflow transaccional no implica que los sistemas de workflow sean similares o equivalentes a transacciones de bases de datos, o que ofrezca soporte a todas las propiedades ACID de las transacciones tradicionales. Sin embargo estos sistemas comparten los mismos objetivos del modelo de transacciones avanzado en términos de la semántica de las transacciones sobre un conjunto de actividades [Worah y Shet, 1997].

En el ámbito de las bases de datos, una transacción plana representa el tipo más común de transacción y el más simple. Sin embargo, estas propiedades son muy estrictas e inflexibles para las aplicaciones no tradicionales, como por ejemplo los *sistemas de workflow*, los cuales presentan las siguientes características según [Eder y Liebhart, 1996]:

- a) *Larga duración*. Las transacciones tradicionales fueron inventadas para ejecutarse en un período muy corto de tiempo mientras que las actividades en un workflow duran períodos más largos.
- b) *Cooperación y concurrencia*. En contraste a las aplicaciones tradicionales, las actividades de workflow son colaborativas por naturaleza donde diferentes

subactividades se pueden acceder concurrentemente de manera compartida, y se generan datos persistentes.

- c) *Estructura compleja*. Las transacciones planas tienen sólo una capa de control, la cual puede ser utilizada por la aplicación. Sin embargo, las transacciones de workflow requieren más dimensiones de control para manejar el flujo de control sobre aplicaciones distribuidas y autónomas dentro de un workflow.

Los defectos de las transacciones planas motivan el desarrollo de modelos transaccionales más sofisticados (extendidos y relajados). Sin embargo al definir nuevos modelos transaccionales se debe tener en mente que el éxito de las transacciones planas fue su *simplicidad* al aislar las aplicaciones de fallas [Eder y Liebhart, 1996].

Sin duda este enfoque permite analizar las transacciones en los sistemas de workflow, con el fin de proponer soporte en recuperación a fallas y mantenimiento de consistencia en este tipo de sistemas.

Por otro lado, y de acuerdo a los objetivos de este trabajo de tesis que involucran ambientes móviles con infraestructuras inalámbricas en *sistemas de workflow*, se debe considerar además otros aspectos de las transacciones, como la movilidad. En la siguiente sección se abordará esta vertiente de las transacciones en los ambientes móviles.

#### **II.4.2. Transacciones móviles**

Una *transacción móvil* se define como un conjunto de operaciones que transfieren una base de datos (BD) de un estado consistente a otro estado consistente, donde al menos esté involucrado un dispositivo móvil (ejemplo una PDA) [Serrano-Alvarado *et al.*, 2003].

Debido las características en ocasiones impredecibles de los ambientes móviles, el soporte a las transacciones es crucial para el manejo de datos en estos medios [Serrano-

Alvarado *et al.*, 2003]. Estas características especiales distinguen los entornos computacionales móviles de los tradicionales donde la movilidad no está presente. Estas características se presentan a continuación [Yasemin, 1998; Serrano-Alvarado *et al.*, 2003; Pitoura y Samaras, 1998]:

- a) Disponibilidad limitada de recursos en dispositivos móviles.
- b) Confiabilidad relativa. Las redes inalámbricas son menos confiables.
- c) Desconexiones frecuentes.
- d) La movilidad agrega complejidad (fallas, desconexiones involuntarias).

Todas estas características son aspectos que deben tomarse en cuenta al desarrollar cualquier sistema que se desempeñe en un ambiente móvil y además inalámbrico, como es el caso de este trabajo de tesis. En general estas características agregan complejidad en el manejo de transacciones móviles.

De esta revisión del enfoque transaccional en los sistemas de workflow y ambientes móviles se obtienen herramientas útiles que ayudan a proponer el soporte a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

## **II.5. Resumen**

En este capítulo se presenta una introducción al área de workflow, en el que se presentaron sus conceptos básicos relacionados con el área. Algunos de los principales beneficios de la utilización de los *sistemas de workflow* así como sus crecientes áreas de aplicación, es en los ambientes médicos.

En lo que respecta al trabajo previo realizado en *sistemas de workflow* se presentan algunos de los primeros esfuerzos en apoyo a la movilidad encaminados hacia el uso de *sistemas de workflow inalámbrico*, donde el más reciente es el workflow desconectado.



Este último esfuerzo apoya la movilidad de los actores de los procesos en las organizaciones, pero no toma en cuenta infraestructura de red inalámbrica, donde es necesario contar con un soporte ante desconexiones involuntarias durante el desempeño del proceso.

Se presenta también el enfoque de transacciones que se utiliza para proporcionar dicho soporte en los *sistemas de workflow inalámbrico*. En esta sección se aborda el aspecto de transacciones tanto en los sistemas de workflow como en los ambientes móviles.

En el siguiente capítulo se presenta el caso de estudio realizado y un análisis de los requerimientos obtenidos para el apoyo a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

## Capítulo III

# Análisis de requerimientos para el apoyo a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias

### III.1. Introducción

En el presente capítulo se presenta un análisis de los requerimientos para proveer soporte al desarrollo de *sistemas de workflow inalámbrico* proporcionando apoyo ante desconexiones involuntarias. Los requerimientos se obtuvieron de tres áreas distintas. La primera de ellas se obtuvo de dos casos de estudio llevados a cabo en un hospital público, particularmente en el área de urgencias y de medicina interna, de los escenarios obtenidos, y de la información analizada de otros casos de estudio y *estudios de sombra* realizados anteriormente en el mismo hospital. La segunda área se obtuvo de la revisión del trabajo previo reportado en la literatura, en las áreas de transacciones móviles, modelos de transacciones en bases de datos, workflow transaccional y del trabajo previo realizado en el área de *sistemas de workflow* en apoyo al trabajo móvil. Finalmente la tercera se obtuvo de las restricciones establecidas por la arquitectura utilizada como base de este trabajo de tesis, la arquitectura de *SysCoor*. Del análisis de estas tres áreas se proponen, en el siguiente capítulo, extensiones a la arquitectura de *SysCoor*, para proporcionar soporte a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

### III 2. Caso de estudio

Con el objetivo de explorar la utilidad y aplicación de *sistemas de workflow inalámbrico* en ambientes de uso real, se realizaron dos casos de estudio en un hospital público en las áreas de urgencias y de medicina interna.

La razón por la que se eligió el área de hospitales es que en estos ambientes los trabajadores cambian dinámicamente de ubicación, de actividad y sus necesidades de comunicación e información requieren apoyo tecnológico para ser más eficaces. La comunicación y manejo de información dentro de un ambiente hospitalario se caracteriza por el alto grado de colaboración y la integración de datos de diferentes fuentes [Reddy y Dourish, 2002]. Por esta razón se realizan estudios que analizan sus procesos con el objetivo de encontrar opciones que consideren estos y otros aspectos con el fin de mejorar las actividades que llevan a cabo.

La finalidad de evaluar los casos de estudio es obtener escenarios de uso real y establecer las bases que ayuden a fundamentar el diseño de los mecanismos de soporte a *sistemas de workflow inalámbrico*. Las características buscadas en los escenarios son:

- 1) Necesidad de coordinación entre las actividades y las personas que llevan a cabo el trabajo.
- 2) Actividades en las que se requiera movilidad física por parte de las personas que desempeñan el trabajo dentro de un espacio físico.
- 3) Que exista la necesidad de capturar información durante el período de tiempo que se encuentren fuera de un espacio fijo de trabajo.
- 4) Necesidad de obtener información de forma rápida debido a la naturaleza del proceso.
- 5) Que los espacios de tiempo en los que la persona se encuentra fuera de su lugar de trabajo sean períodos cortos.

Con el fin de aprovechar la información con la que ya se cuenta, además de evitar saturar de entrevistas al personal médico y administrativo que participó en el estudio, la obtención

de los escenarios se realizó de la siguiente manera: Se realizó un análisis de los casos de estudio realizados anteriormente por compañeros en sus trabajos de tesis de maestría entre los que se encuentran los de Méndez-Olague (2002), Ramírez-Fernández (2002), Arroyo-Sandoval (2003), Muñoz-Duarte (2003) y Pacheco-Soto (2004). También se analizaron varios *estudios de sombra* y entrevistas realizadas en el área de medicina interna por compañeros de maestría. Los *estudios de sombra* son estudios donde se sigue a una persona como “su sombra” con el objetivo de observar las actividades que desempeña, en este tipo de análisis no se tiene interacción alguna con la persona observada. Además persiguiendo el mismo fin de obtener escenarios, se realizaron varias entrevistas y observación pasiva de actividades en aquellos procesos que se detectó que cubrían las características buscadas en los escenarios, dentro del área de urgencias y medicina interna. De esta manera se complementó la información de los casos de estudio que se habían analizado.

- *Urgencias*

El área de urgencias es parte fundamental en los servicios que otorgan los hospitales, ya que el tiempo de respuesta a las solicitudes de servicio médico urgente deben ser los mejores. Este servicio es de gran demanda y el acierto o falla de la atención efectiva y de calidad depende de la cantidad de personal, el espacio del área de servicio, así como de la disponibilidad de medicamento, equipo y personal. Las fallas en el servicio son de consecuencias fatales para el paciente [Ramírez-Fernández, 2002].

En el área se realizaron nueve entrevistas, entre los participantes se encontraron médicos urgenciólogos encargados del área, médicos internos, asistentes médicos y enfermeras. En esta área se encontró un escenario que es el de *arribo de pacientes graves en ambulancia*.

- *Medicina interna*

Medicina interna (MI) es el área de hospitales donde principalmente ingresan los pacientes con enfermedades crónico degenerativas, como por ejemplo diabetes, cáncer,

entre otras, por lo que estos pacientes requieren hospitalizarse para que su salud sea controlada.

En ésta área, a partir de las entrevistas y *estudios de sombra* existentes analizados, se realizaron cuatro entrevistas a la jefa de piso del área para complementar la información. De las entrevistas se observó el proceso de *Solicitud de medicamentos*, realizado en esta misma área, como un proceso candidato que presenta las características que estábamos buscando.

Como resultado del análisis de los casos de estudio existentes realizados, así como del análisis de las entrevistas y la observación pasiva de actividades realizadas, se definieron tres escenarios. El primero de ellos se desarrolla en el área de urgencias del hospital, y los dos siguientes escenarios fueron obtenidos del caso de estudio del proceso “*Solicitud de medicamentos*” en el área de medicina interna. Estos escenarios fueron elegidos debido a que presentan las características buscadas, y a que la dinámica en la forma en que los actores del proceso desempeñan su trabajo es casi siempre la misma, por lo que se requiere apoyo tecnológico para hacerla más eficiente. El apéndice A presenta una descripción más completa del caso de estudio realizado en el área de medicina interna, donde se muestran los objetivos y se incluye la descripción y modelado del proceso, que sirvió de apoyo para la implementación de un prototipo.

### **III.2.1. Escenarios obtenidos**

#### *1) Escenario 1. Arribo de pacientes graves en ambulancia*

Este escenario inicia cuando llega al área de urgencias una ambulancia con uno o más pacientes. El médico encargado y el asistente médico deberán dirigirse de inmediato con el(los) paciente(s), que llegaron de la ambulancia. Mientras que el médico encargado atiende-valora al paciente también lo entrevista, así como también hace preguntas al personal de la ambulancia respecto al paciente. En caso de que el paciente se encuentre inconsciente, entonces entrevista al acompañante o en su defecto investiga entre las

pertenencias del mismo paciente. Mientras que el médico encargado realiza esta actividad, una de las personas encargadas de la ambulancia registra el estado del paciente según la exploración del médico encargado. Por su parte, el asistente médico anota los datos de identificación del paciente en dos formatos, en el registro de pacientes atendidos y en la nota médica que utilizará el médico encargado para registrar el diagnóstico inicial del paciente. Una vez que el asistente médico termina de solicitar los datos de identificación, se retira del lugar donde están atendiendo al paciente, deja la nota médica (con el encabezado que llenó) en el consultorio del médico encargado y se dirige a su escritorio con la forma de registro de pacientes atendidos. Posteriormente el asistente médico se dispone a investigar si el paciente está afiliado al hospital.

Cuando el médico encargado termina de realizar la valoración firma la hoja de registro de servicio de ambulancia y atención pre-hospitalaria SHAMPU-1, que utilizan las ambulancias cuando entregan pacientes a los hospitales. En seguida las personas de la ambulancia se retiran dejando una copia de esta hoja de registro al médico encargado. Posteriormente el médico encargado pasa con el asistente médico, le deja la copia de la hoja de registro SHAMPU-1, toma la nota médica que le dejó el asistente médico, se dirige a su consultorio y procede a realizar sus anotaciones del diagnóstico y observaciones en esa nota médica.

Una vez que el médico encargado termina de registrar su diagnóstico en la nota médica, deberá indicar el seguimiento del paciente, por lo que en primera instancia, y dependiendo del diagnóstico, el paciente se asigna a un médico interno y se continúa con la atención correspondiente.

Características del escenario:

- a. *Movilidad*: por parte del médico, asistente médico y enfermero al trasladarse al espacio físico, sea cual sea dentro del hospital, para atender al paciente.

- b. *Coordinación:* entre el médico y asistente médico al capturar los datos de identificación del paciente, así como entre el médico y enfermero para indicar el seguimiento inmediato para el paciente.
- c. *Información:* captura y entrega rápida fuera del espacio físico de trabajo, por la característica natural de emergencia del escenario.
- d. *Tiempo:* necesidad de hacer rápido los trámites para atender al paciente.

Como se puede ver, en este escenario se detectaron algunas de las características buscadas, tales como la movilidad física por parte de los actores participantes en el proceso, la captura de información fuera del espacio fijo de trabajo y la necesidad de obtener información de manera rápida. De este escenario, donde es necesario acceder a información de manera rápida y desde espacios físicos diferentes, se obtuvieron dos requerimientos: el requerimiento de que debe existir soporte a la ejecución de un rol para acceder a información que no está en el espacio físico donde se encuentra la persona en ese momento; así como también que debe existir un soporte a un flujo de trabajo coordinado aunque el personal trabaje en constante movilidad fuera de un espacio fijo de trabajo. Lo anterior se puede ver en el escenario, cuando el médico se tiene que desplazar al lugar donde está el paciente y enseguida determinar un diagnóstico e indicar su posterior atención, por lo que necesita conocer la disponibilidad de algún medicamento o la ocupación en otra área de hospital. En este escenario también se ve que tanto el médico como el asistente médico capturan información fuera de su espacio fijo de trabajo, por lo que esto confirma el requerimiento de que debe existir un mecanismo para reconciliar al flujo de trabajo la información generada fuera de un espacio fijo de trabajo.

2) *Escenario 2. Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.*

El proceso para realizar la solicitud de medicamentos es el siguiente: la jefa de piso (JP) toma la *hoja de solicitud de medicamentos* y se dirige a cada uno de los lugares (vitriñas, refrigeradores, estantes y cajones) del área de medicina interna (MI) en donde existe

medicamento guardado. La cantidad de cada medicamento que se solicita se hace en base a un fondo fijo, que es un documento establecido por los jefes del área donde se indica la cantidad de medicamento con que debe contar el área. Se revisa el medicamento existente, en esa misma solicitud se anota el existente y el que hace falta. Cuando se termina de llenar la solicitud, ésta debe firmarse por la JP y el jefe del área para su autorización. La solicitud la recoge el encargado de farmacia (EF), el cual pasa por el área todos los días por la mañana. Cuando esta solicitud no está lista a la hora en que pasa el encargado de farmacia, una persona de intendencia es quien lleva la solicitud de medicamentos. Regularmente el personal de intendencia es quien lleva esta solicitud.

Después de un tiempo un encargado de farmacia llega a MI a entregar el medicamento solicitado. La JP recibe el medicamento y una copia de la *solicitud de medicamentos* que hizo, y firma de recibido en la *hoja de control de farmacia* haciendo constar que recibió el medicamento. En la *solicitud de medicamentos* que la JP recibe, el encargado de farmacia agrega la cantidad de medicamentos surtido y no surtido por no haber en existencia. Para el medicamento que no viene completo la JP hace una *lista de negativas*. La *lista de negativas* refleja el medicamento que no hay en farmacia y no se surtió al área. Cuando la JP hace esta *lista de negativas*, la JP toma de referencia lo que está anotado por farmacia en la copia de la solicitud de medicamentos. Su utilidad es registrar el medicamento que no se surtió en el día y que el personal tenga este conocimiento para que no pierdan tiempo en volverlo a solicitar o en buscarlo en otras áreas.

Cada día la JP tiene que hacer esta solicitud de medicamentos, a este proceso lo llaman surtir el fondo fijo de medicamentos.

### 3) *Escenario 3. Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna.*

De manera frecuente durante el transcurso del día se solicitan medicamentos que no se encuentran o no pertenecen al fondo fijo de MI. En estos casos se hace la solicitud del medicamento mediante recetas. El proceso es el siguiente: la enfermera o jefa de piso



revisa la hoja de indicaciones médicas y detecta que se requiere una receta para solicitar el medicamento indicado, por lo que buscan al médico base para que la realice. Una vez localizado, éste expide la receta y la autoriza. Enseguida la JP verifica la existencia del medicamento en el fondo fijo. En caso de que sí se encuentre el medicamento, surte la receta ahí mismo, caso contrario, la receta se entrega al intendente para que recoja el medicamento en farmacia. Si existe el medicamento en farmacia, el intendente lo recibe, deja la receta original en farmacia y regresa con una copia de la misma. Al surtirse la receta, la JP firma la copia de la receta para hacer constar que se solicitó y recibió el medicamento. Si el medicamento tampoco existe en farmacia, el encargado de farmacia sella la receta para indicar la inexistencia del medicamento, y el intendente regresa con la receta sellada a MI, entregándosela a una enfermera o JP.

La solicitud de medicamento controlado tal como psicotrópicos es de manera individual mediante recetas. Cuando el médico base prescribe éste tipo de medicamento, se sigue el mismo proceso que la solicitud de medicamentos con receta, con la diferencia de que la única persona que puede recoger el medicamento es la JP.

Si se ocupa conseguir cierto medicamento que no hay en farmacia, la JP lo solicita en otras áreas y cuando se localiza se anota en una libreta de préstamos de esa otra área. Este registro de préstamos lo hacen algunas áreas para llevar un control del medicamento que circula por el área, aunque comúnmente este registro no lo llevan todas las áreas de manera estricta.

Características de los escenarios relacionados con solicitud de medicamentos en medicina interna:

- a. *Movilidad:* por parte de la jefa de piso al hacer la solicitud de medicamentos, enfermeras y jefa de piso al solicitar recetas al médico base, médico base al hacer recetas por cada paciente que visita y encargado de farmacia para entregar el medicamento solicitado.

- b. *Coordinación:* entre el médico base y la jefa de piso al solicitar recetas de medicamentos, entre la jefa de piso y el encargado de farmacia para entregar y recoger los medicamentos, entre la jefa de piso y las enfermeras para informarles la situación de algún medicamento.
- c. *Información:* captura fuera del espacio fijo de trabajo por la jefa de piso, al estar verificando el medicamento existente, al mismo tiempo que realiza la solicitud de medicamentos.
- d. *Tiempo:* necesidad de localizar medicamentos lo más rápido posible para la atención del paciente, principalmente en la solicitud de medicamentos mediante receta.

Del proceso *Solicitud de medicamentos*, de donde se obtuvieron estos dos últimos escenarios, se observó que la localización oportuna de medicamentos es un factor muy importante para brindar una buena atención al paciente. Lo anterior debido a que en la mayoría de los casos la estabilización y recuperación del paciente se logra mediante el suministro adecuado y oportuno de medicamentos prescritos por los médicos, por lo que la coordinación y comunicación entre los participantes del proceso de solicitud de medicamentos de medicina interna es muy importante. Dos requerimientos más encontrados por medio de estos escenarios son el que se debe mantener la coordinación entre los actores del proceso dentro del flujo de trabajo aunque sucedan desconexiones involuntarias. El segundo es que aunque se presenten desconexiones involuntarias, se debe mantener la consistencia del proceso y de la información que en él se maneja dentro del flujo de trabajo. Estas desconexiones involuntarias, según los escenarios, podrían ocurrir cuando la jefa de piso llena la solicitud de medicamentos o cuando va a farmacia por medicamentos, así como cuando el médico base realiza recetas de medicamentos, de aquí que es necesario contar con la asistencia para continuar con un correcto flujo de trabajo. También, y de acuerdo al ambiente de trabajo móvil que se observa en los dos escenarios anteriores, se confirma el requerimiento obtenido del caso de estudio realizado en el área de urgencias, de que debe existir un soporte a un flujo de trabajo coordinado aunque las

personas trabajen en constante movilidad fuera de un espacio fijo de trabajo. Lo anterior se puede ver por ejemplo en el escenario de *solicitud de medicamentos con receta*, donde el médico base se desplaza intercambiando entre distintos espacios fijos donde están los pacientes, y expide recetas para solicitar medicamento específico.

### **III.3. Requerimientos obtenidos de los escenarios**

Como resultado del análisis de los escenarios encontrados se confirmaron algunos de los requerimientos y se definieron algunos otros, que sirven como punto de partida para definir el soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

Los requerimientos obtenidos y/o corroborados en cada uno de los escenarios se agrupan de la siguiente manera:

1. Debe existir soporte a un flujo de trabajo coordinado aunque el personal se encuentre en constante movilidad fuera de un espacio fijo de trabajo.
2. Debe existir un mecanismo para reconciliar al flujo de trabajo la información generada fuera del espacio fijo de trabajo.
3. Debe existir soporte en la ejecución de un rol para acceder a información que no está en el espacio físico donde se encuentra.
4. Debe mantenerse la coordinación entre los miembros del proceso aunque se presente una desconexión involuntaria.
5. Se debe contar con un mecanismo para mantener la consistencia de la información cuando suceda una desconexión involuntaria de tal manera que no se pierda el trabajo generado fuera del espacio físico de trabajo.

La definición de estos requerimientos ayuda a establecer el tipo de soporte que se requiere de acuerdo a los objetivos planteados en este trabajo de investigación. Sin embargo estos no son todos los requerimientos ya que también es necesario considerar lo que argumenta la literatura con respecto al manejo de transacciones en ambientes móviles

como los presentados en los escenarios además de las restricciones establecidas por la arquitectura de *SysCoor* en la cual se basa este trabajo de tesis. Por lo tanto, en las siguientes secciones se analizan y presentan requerimientos obtenidos de la literatura, y posteriormente las restricciones establecidas por la arquitectura de *SysCoor*.

### **III.4. Requerimientos obtenidos de la revisión de la literatura**

La comunicación inalámbrica y la movilidad introducen un nuevo paradigma de computación distribuida. Hoy en día los sistemas computacionales dependen en gran medida de sus operaciones con el resto de la red. Sin embargo los dispositivos móviles son muy susceptibles a desconexiones a la red. Las frecuentes desconexiones impredecibles son forzosamente parte de la operación normal de los dispositivos por lo que se debe considerar nuevos modos de operación que consideren este aspecto [Pitoura y Bahargava, 1995].

Tres aspectos son importantes para determinar los mecanismos de soporte a *wifi*: la naturaleza de las transacciones móviles, la limitación de recursos de los dispositivos PDA y los objetivos que persiguen los *sistemas de workflow* por sí solos. De acuerdo a esto se presentan los siguientes requerimientos:

1. *Se deberá registrar el estado de la transacción al momento de la desconexión involuntaria*, tanto en el servidor como en el cliente móvil, con el objetivo de asegurar la consistencia en el sistema de workflow.
2. *Se deberá contar con un manejador de BITÁCORA* (BITÁCORA- documento donde se registran las transacciones desempeñadas en el cliente móvil), que resida tanto en el servidor como en el cliente móvil. El objetivo de este manejador es el de registrar cada una de las transacciones realizadas en el cliente móvil, de manera que se puedan recuperar las transacciones pendientes y conservar la consistencia del *sistema de workflow inalámbrico* [Walborn, 1999; Pitoura, 1998].

3. *Se deberá contar con un mecanismo evaluador de la continuidad.* Al ejecutar el flujo de trabajo de un proceso organizacional, no sólo se debe recuperar el estado consistente sino también se debe proceder hacia delante. En este caso una opción es ante una desconexión involuntaria (di) recurrir al workflow desconectado (wd), por lo que antes de poder trabajar en este modo de operación, el mecanismo deberá evaluar si es posible, de acuerdo a la información disponible en el cliente móvil, se puede continuar trabajando en modo desconectado [Preguica *et al.*, 2003].
4. *Se deberá contar con un mecanismo verificador de batería,* que resida en el cliente móvil. Considerando la limitación de recursos del cliente móvil es importante verificar la batería restante de la PDA, a manera de recomendación. De tal forma es responsabilidad del usuario tomar las medidas pertinentes para enfrentar este evento [Yasemin, 1998; Pitoura, 1998].

### **III.5. Restricciones establecidas por SysCoor**

Teniendo como antecedente que este trabajo de tesis tomó como base la arquitectura de SysCoor y que además el objetivo es extender esta arquitectura para que aparte de la funcionalidad que actualmente provee, ahora proporcione el soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias. Por tal motivo algunas consideraciones deberán tomarse en cuenta al respecto.

1. Se debe *mantener un control centralizado* del proceso a través del administrador global de procesos, que reside en la máquina de coordinación en el servidor.
2. Se deberá continuar con el *uso del lenguaje XML* para generar los modelos de los procesos.
3. Se deberá permitir a los actores del proceso estar *conscientes del estado* del mismo.
4. Se debe tomar en cuenta la *tecnología* con la que fue implementado el servidor.

### **III.6. Resumen**

En este capítulo se presentó inicialmente el caso de estudio de donde se obtuvieron los escenarios de uso real de *sistemas de workflow inalámbrico*, de los cuales se seleccionaron los dos últimos para implementarse como prototipos de *sistema de workflow inalámbrico*. El objetivo fue probar los mecanismos y manejadores propuestos como soporte ante desconexiones involuntarias, implementación que será presentada posteriormente en el capítulo 5. Se presentó también un análisis de los requerimientos obtenidos de los escenarios del caso de estudio, de la revisión de la literatura y finalmente las restricciones establecidas por la arquitectura de *SysCoor*.

En el siguiente capítulo se presenta la arquitectura de *SysCoor* como se encontraba al inicio de este trabajo de tesis, para posteriormente presentar las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor* con el soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

## Capítulo IV

# Extensiones a la arquitectura de *SysCoor* para el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias

### IV.1. Introducción

En este capítulo se presenta la arquitectura de *SysCoor* que fue usada como base para este trabajo de tesis, así como las extensiones realizadas a la misma con el objetivo de proveer apoyo a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

Posteriormente, y de acuerdo al enfoque transaccional utilizado para el apoyo a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias, se mostrarán los modelos de transacciones en ambientes móviles donde se analizan sus características, buscando semejanzas acordes al tipo de soporte requerido en este tipo de sistemas.

Finalmente se presenta el análisis y diseño de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor* para la generación de *sistemas de workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias.

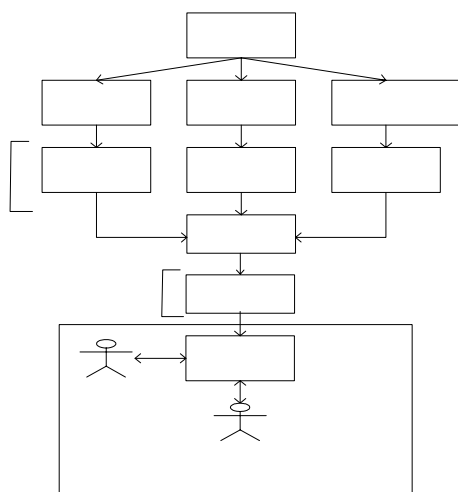
## IV.2. SysCoor

*SysCoor* es un WfMS con una arquitectura centralizada cuyo propósito es facilitar la generación de *sistemas de workflow* a través del uso de modelos de procesos capturados por medio de técnicas diagramáticas.

Para generar un *sistema de workflow* primero se debe seleccionar y definir el proceso que se desea automatizar. Para realizar esta definición se captura el proceso a través de modelos utilizando los Diagramas Rol-Actividad (RAD) y los Diagramas de Transición de Estado (DTE), y finalmente por medio de la definición de las Entidades de Información (EI) que representan los datos y documentos utilizados en cada actividad que compone el proceso.

Estos tres modelos se representan formalmente por medio del lenguaje XML y son validados utilizando una Definición de Tipo de Documento (DTD) para cada modelo, el cual define las reglas sintácticas y léxicas del documento XML. Estos modelos se conocen formalmente como los *modelos base RAD, DTE y EI* [Ramírez-Fernández, 2002]. Los tres documentos se analizan de forma sintáctica y léxica y se transforman en un solo modelo conocido como *modelo base del sistema de workflow (modelo base WF)*. El DTD del *modelo base de WF* y de los *modelos base RAD, DTE y EI*, así como la descripción de sus elementos y atributos, se presentan en el apéndice B. El *modelo base WF* define un *sistema de workflow* a través del lenguaje XML en donde, por cada rol en el proceso, se especifica el flujo de los estados por los que atraviesa, por cada estado, las actividades que desempeña, la información que utiliza y las interacciones que requiere. La figura 1 describe el flujo de tareas que se deben seguir para generar un sistema de workflow a través de la arquitectura de *SysCoor*.





**Figura 1.** Flujo de tareas y elementos necesarios para generar un *sistema de workflow* a través de la arquitectura de *SysCoor*.

Descritos  
en XML

Diagramas  
Rol-Actividad  
(RAD)

Modelo Base  
RAD

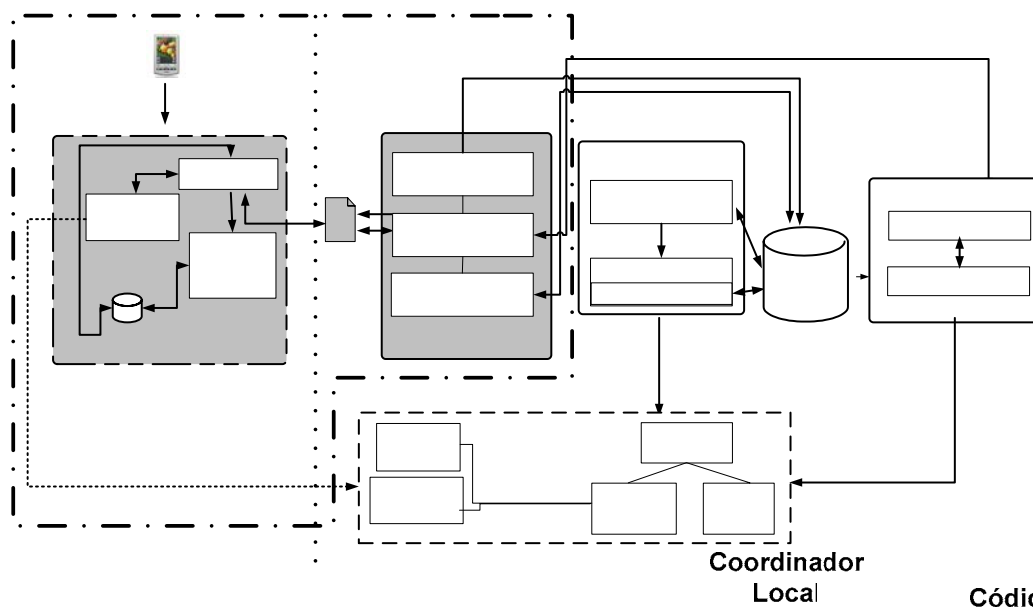
Para lograr un mejor entendimiento de *SysCoor*, en la siguiente sección analizamos su arquitectura, posteriormente las extensiones que se realizaron con el fin de apoyar la generación de *sistemas de workflow* desconectado.

Descrito en

#### IV.2.1. Arquitectura de *SysCoor*.

La arquitectura *SysCoor* ilustrada en la figura 2 fue desarrollada por García Carrillo y Ramírez Fernández [García-Carrillo, 2001; Ramírez-Fernández, 2002] la cual permite la generación semi-automática de *sistemas de workflow* que pueden ejecutarse en navegadores Web [García-Carrillo, 2001]. El diseño de esta arquitectura se basó en el desarrollo de *sistemas de workflow* definidos a través del concepto de rol y la coordinación entre ellos para la automatización de procesos organizacionales. Esta arquitectura consiste de cuatro componentes principales como se muestra en la figura 2(a): un *generador de sistemas de workflow*, un *contenedor de modelos y datos*, un *rol base* y la *máquina de coordinación*.

Actor 1  
del  
proceso



**Figura 2.** a) Arquitectura básica de SysCoor. b) Arquitectura de SysCoor con las extensiones para sistemas de workflow desconectado.

El *generador de sistemas de workflow* se compone de dos submódulos, el *generador de modelos* el cual es el que se encarga de crear el *modelo base de workflow*, y el *generador de código*, que es el que crea la estructura de *roles* que a su vez representa el modelo ejecutable del sistema de workflow. En el *rol base* se definen las características de un rol dentro de un proceso, los estados por lo cuales atraviesa, las actividades de las que se compone, las entidades de información que utiliza y las aplicaciones externas que se invocan durante la ejecución de éste. En el *contenedor de modelos y datos* se encuentran los sistemas de workflow generados, los *modelos base* y las entidades de información. Por último la *máquina de coordinación* es la responsable de mantener la colaboración, comunicación, intercambio de información y coordinación entre los roles que componen el proceso.

**(b)**

La arquitectura fue desarrollada con la tecnología de *Servlets* y *páginas de servidor de Java* (*JSP*, *Java Server Pages*). Los *Servlets* son programas escritos en lenguaje de programación Java que se ejecutan en un servidor, mientras que los *JSP* son una combinación de código HTML y código Java que en conjunto funcionan como un *servlet*.

Estos mecanismos se comunican entre sí para recuperar y desplegar la información almacenada en *objetos serializados*, los cuales representan los roles base que a su vez son el modelo ejecutable del sistema de workflow, lo que permite que un usuario de un sistema de workflow ejecute sus tareas a través de un navegador Web [Arroyo-Sandoval, 2003].

Posteriormente [Arroyo Sandoval, 2003] desarrolló las extensiones a la arquitectura base de *SysCoor*, que permiten la generación de sistemas de workflow desconectado ejecutados a través de un cliente móvil PDA. La figura 2(b) muestra las extensiones para la generación de sistemas de workflow desconectado en la arquitectura de *SysCoor*.

Como se observa en la Figura 2(b) se agregó en el servidor el *módulo de operación desconectada*, que incluye tres mecanismos que permiten que se lleve a cabo la operación desconectada en sistemas de workflow; *el mecanismo de determinación de la desconexión*, *el mecanismo de transferencia de documentos XML* y *el mecanismo de sincronización*. El término *operación desconectada* como lo mencionamos en el capítulo 2 se refiere a la posibilidad que tiene un cliente dentro de un sistema de cómputo de continuar con su trabajo aunque no se encuentre disponible la red en la que normalmente desempeña sus actividades. Este *módulo de operación desconectada* se encarga de establecer la comunicación con el cliente móvil, coordinando, comunicando y preparando la información entre el servidor y el cliente móvil.

Del lado del cliente se diseñó una arquitectura ligera con mecanismos mínimos necesarios, que se compone de cuatro componentes principales; el *coordinador local*, *rol base*, *generador de pantallas* y el *contenedor de datos*. El *coordinador local* se encarga de coordinar los roles que se desconectan para trabajar en la PDA. El *rol base* mantiene la definición de las actividades y entidades de información utilizadas por el rol en el dispositivo. El *generador de pantallas* interpreta el modelo para desplegar las pantallas a en la PDA, a partir de un *modelo de workflow desconectado*. El *modelo base de workflow desconectado (modelo base WFD)* definido en XML representa los estados, las actividades

y los datos necesarios para el rol que va a trabajar de forma desconectada. Este modelo define un sistema de workflow con información suficiente respecto a las actividades y datos, de forma que pueda ejecutarse en un dispositivo PDA sin necesidad de consultar el contenedor central cuando se está ejecutando la actividad. En este modelo se incluye la pantalla que se tiene que mostrar al usuario por cada actividad que se realiza. Finalmente se muestra el *contenedor de datos* en el que se almacena el modelo de workflow desconectado y las entidades de información que utilizan los roles que se desempeñarán en la PDA.

Con el propósito de extender la arquitectura para apoyar la generación *de sistemas de workflow inalámbrico*, específicamente hacia el soporte ante desconexiones involuntarias, en el capítulo 2, se presenta el enfoque transaccional que se tomó para proporcionar este apoyo y así extender la arquitectura de *SysCoor*; en la siguiente sección se analizará a detalle las características de los modelos de transacciones en ambientes móviles, que darán la pauta para el desarrollo e implementación de dichas extensiones.

### **IV.3. Modelos de transacciones en ambientes móviles**

Existen varias propuestas de modelos de transaccionales móviles con diferentes enfoques, la mayoría de ellos presentan una transacción móvil como aquella que se compone de subtransacciones que tienen cierta flexibilidad en consistencia y procesamiento de ejecuciones satisfactorias (*commits*) [Yasemin, 1998]. Las desconexiones a la red de comunicación no deben ser tratadas como fallas, y si se requiere completar la tarea actual en el dispositivo móvil, el proceso debe continuar aunque haya ocurrido una desconexión.

Las principales propuestas en modelos de transacciones móviles son: Clustering, Two-tier replication, HiCoMo, IOT, PRO-MOTION, Reporting, Semantic-based, Prewrite, Kangaroo KT, MDSTPM, Moflex y Pre-serialization [Serrano-Alvarado *et al.*, 2003], los cuáles presentan distintos enfoques y contribuciones hacia el manejo de transacciones en un ambiente computacional móvil.

El enfoque de los modelos transaccionales HiCoMo, IOT, PRO-MOTION, Semantic-based, Prewrite, Clustering y Two-tier replication, es proporcionar soporte sobre una desconexión esperada y planeada. Cada uno de los modelos propone distintas formas para el manejo y solicitud de datos en un cliente móvil, así como para actualizar el contenedor de datos del servidor central. En un ambiente cliente servidor tradicional, cada transacción ejecutándose en un cliente móvil debe enviar las peticiones y actualizaciones directamente al contenedor de datos del servidor, sin embargo estos modelos argumentan que resulta muy caro que un cliente móvil permanezca conectado a la red de comunicación. Lo anterior debido a que cada operación requiere un conjunto de mensajes que representan gran demanda de recursos del cliente móvil, por ejemplo, batería y ancho de banda. Prefieren agregar al cliente móvil capacidades que le permitan manejar los datos y de esta forma asegurar los *commits* en el contenedor de datos del servidor [Walborn y Chrysanthis, 1997].

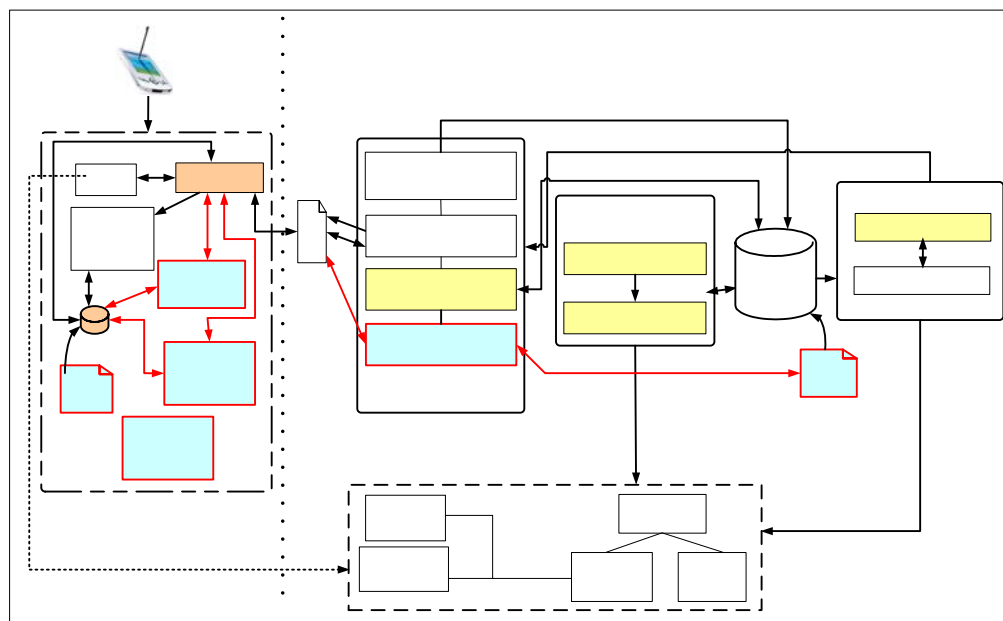
Los modelos Reporting, Kangaroo KT, MDSTPM, Moflex y Pre-serialization se enfocan principalmente a los movimientos de los clientes móviles de célula en célula, es decir en las transferencias (*hand-offs*) entre células, y de esta forma determinan quién será el coordinador en la célula en la que se encuentren.

En lo que respecta al manejo de transacciones móviles en bases de datos, no se reporta en la literatura hasta el momento algún modelo que proporcione soporte ante desconexiones involuntarias en infraestructuras de redes de comunicación inalámbricas que permita asegurar los *commits* globales en el servidor de manera satisfactoria [Pucheral *et al.*, 2004]. De acuerdo a esto y con respecto a este trabajo de investigación se analizó el primer grupo mencionado de modelos de transacciones móviles, como resultado se seleccionó el modelo PRO-MOTION [Walborn, 1997, 1999; Serrano-Alvarado *et al.*, 2003]. Este modelo presenta una arquitectura con características muy similares al tipo de soporte que se requiere en *sistemas de workflow inalámbrico*, por lo fue tomado como apoyo para la implementación de dicho soporte.

Una vez presentada la arquitectura inicial de *SysCoor* en conjunto con las tres áreas de requerimientos presentadas en el capítulo anterior, así como el enfoque transaccional utilizado y los modelos de transacciones en ambientes móviles, se puede presentar el soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias. De esta manera se aprovecha la arquitectura de *SysCoor*, haciendo de ésta una arquitectura más genérica que permita desarrollar *sistemas de workflow* que puedan ejecutarse de distintas formas. Entre ellas encontramos: de manera conectada, desde el navegador en una computadora convencional de escritorio dentro de una infraestructura de red alámbrica; la *operación desconectada* desempeñándose desde una PDA; y ahora de manera conectada desempeñándose desde una PDA dentro de una infraestructura de red inalámbrica.

#### IV.4. Extensiones a la arquitectura de *SysCoor*

La figura 3 muestra la arquitectura de *SysCoor* extendida con las extensiones propuestas para el apoyo al trabajo móvil en *sistemas de workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias.



**Figura 3.** Arquitectura de *SysCoor* con las extensiones propuestas para el apoyo al trabajo móvil en *sistemas de workflow inalámbrico*.

En la figura 3 se puede identificar los mecanismos y manejadores que se agregaron a la arquitectura de *SysCoor*. Del lado del servidor se renombró el módulo encargado de la comunicación entre el cliente móvil y el servidor, de *módulo de operación desconectada* a *módulo de soporte a la movilidad* debido a que dicho módulo, además de proporcionar soporte a la *operación desconectada*, ahora también lo hace a *sistemas de workflow inalámbrico*. En dicho módulo se agregó el *manejador de actualizaciones*, que se encarga de las actualizaciones de la *Bitácora* en el *contenedor de modelos y datos*. En la arquitectura del cliente móvil se agrega el *mecanismo evaluador de la continuidad*, el cuál determina si es posible trabajar de forma desconectada; *el manejador local de Bitácora*, que se encarga de registrar las transacciones ejecutadas por el cliente móvil, en la *Bitácora* correspondiente. Adicionalmente se implementa el *coordinador local*, el cuál se encarga de comunicarse con la máquina de coordinación; y el *contenedor de datos*, en el que se almacena la *Bitácora* de transacciones.

Enseguida se describen a más detalle las extensiones propuestas en el servidor y en el cliente.

#### **IV.4.1. Extensiones en el servidor**

Como se acaba de describir, del lado del servidor se agregó:

- El *manejador de actualizaciones*, el cual se encarga de registrar las transacciones que se llevan a cabo en el cliente móvil cuando se utiliza de forma inalámbrica, también se ocupa de obtener un estado consistente en la recuperación de las transacciones, así como de ejecutar la transacción que quedó pendiente.
- La *Bitácora*, que se almacena en el *contenedor de modelos y datos*, que es un documento que guarda las transacciones que se efectuaron en el cliente cuando se ejecuta de manera inalámbrica.

Además, como consecuencia de las extensiones realizadas, se hicieron algunas modificaciones en el servidor, que se presentan a continuación:

- Se extendió el diseño del *mecanismo de sincronización*, con el objetivo de sincronizar un rol después que se estuvo trabajando en modo inalámbrico y en modo desconectado.
- Se hicieron algunas modificaciones en diseño e implementación, al *administrador global de procesos (AGP)*, para reflejar si un rol se está desempeñando de forma *Conectada*, esto es alámbricamente; *Desconectada*, ejecutando un rol en modo desconectado; y conectado *Inalámbrico*, desempeñándose en una infraestructura de red inalámbrica. De esta forma los *actores* están conscientes del modo de operación de cada uno de los participantes del proceso.
- El módulo de operación desconectada cambió de nombre de llamarse *módulo de operación desconectada* a *módulo de soporte a la movilidad*, ya que uno de los mecanismos agregados para brindar el soporte requerido (*manejador de actualizaciones*) no se refiere a una operación desconectada, además de que el nuevo nombre incluye las funciones anteriores.

#### **IV.4.2. Extensiones en el cliente**

En lo que respecta al cliente, se agregaron cuatro componentes:

- El *manejador local de bitácora*, que al igual que el manejador de actualizaciones en el servidor, es el encargado de registrar las transacciones que se llevan a cabo en el cliente móvil cuando se utiliza de forma inalámbrica, también se ocupa de obtener un estado consistente en la recuperación de las transacciones así como de ejecutar la transacción que quedó pendiente.



- El *mecanismo evaluador de la continuidad*, después de una desconexión involuntaria es el encargado de verificar si es posible continuar trabajando en modo desconectado.
- El *mecanismo verificador de batería*, se encarga de avisar al usuario la cantidad de batería disponible del dispositivo PDA.
- La *Bitácora*, tanto en el servidor como en el cliente móvil se agrega este documento, descrito a través del lenguaje XML idéntico uno del otro, que representa la *Bitácora* de transacciones. En esta *Bitácora* se registran las transacciones desempeñadas en la PDA cuando se trabaja de forma inalámbrica.

Por otro lado, dado a que no fue posible recuperar la implementación de las extensiones hechas a la arquitectura de *SysCoor* en la operación desconectada, por lo que nuevamente surgió la necesidad de implementar el *coordinador local* y el *contenedor de datos*.

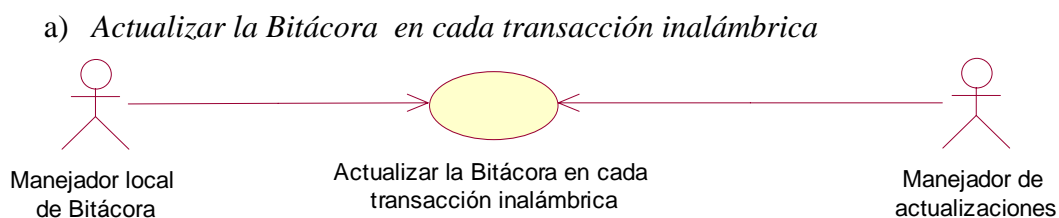
En la siguiente sección presentamos el análisis y diseño de las extensiones propuestas tanto en el servidor como en el cliente.

#### **IV.5. Análisis y diseño de las extensiones a la arquitectura de *SysCoor* para el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias**

El análisis y diseño para extender la funcionalidad de *SysCoor* en el soporte a *sistemas de workflow inalámbricos* se realizó a través de UML (Lenguaje de Modelado Unificado – UML por sus siglas en inglés), el cuál es un conjunto de especificaciones utilizadas para modelar los componentes de un desarrollo de software [Booch *et al.*, 1999]. Enseguida se presenta la propuesta de los elementos que constituyen las extensiones a la arquitectura de *SysCoor*, basados en UML, haciendo uso de los diagramas de casos de uso, diagramas de secuencia y diagramas de clase.

### IV.5.1. Casos de uso

Los diagramas de casos de uso se emplean para modelar la vista de casos de uso de un sistema. Estos son importantes para visualizar, especificar y documentar el comportamiento de un elemento en el sistema. Los diagramas facilitan que los sistemas, subsistemas y clases sean abordables y comprensibles, al presentar una vista externa de cómo pueden utilizarse estos elementos en un contexto dado [Booch *et al.*, 1999]. A continuación se presentan los casos de uso que representan las extensiones propuestas a la arquitectura.



**Figura 4.** Caso de uso “Actualizar la *Bitácora* en cada transacción inalámbrica”

#### a) Subflujo de una transacción inalámbrica

Caso de uso:	Actualizar la <i>Bitácora</i> en cada transacción inalámbrica
Actor:	Manejador de actualizaciones y Manejador local de bitácora
Objetivo:	Mantener actualizado la <i>Bitácora</i> tanto en el servidor como en el cliente móvil, en los contenedores correspondientes durante la ejecución de un rol en modo inalámbrico.
Precondición:	Ocurre una transacción en el cliente móvil.
Subflujo de una transacción inalámbrica:	Cuando ocurre una transacción inalámbrica el coordinador local envía un paquete al <i>manejador de actualizaciones</i> con el rol y los datos del rol que fueron modificados en la actividad. El <i>manejador de actualizaciones</i> recibe el paquete, lo separa en rol, estado y entidad de información. En seguida el <i>manejador de actualizaciones</i> envía un mensaje al <i>contenedor central</i> con el rol, el estado y entidad de información del rol para actualizar la <i>Bitácora</i> . Para que el <i>contenedor central</i> se encargue de actualizar esta información recibida. Una vez concluido lo anterior, el coordinador local envía el mismo paquete de actualización al <i>manejador local de bitácora</i> . El <i>manejador local de bitácora</i> recibe el paquete, lo separa en rol, estado y entidad de información. En seguida el <i>manejador local de</i>

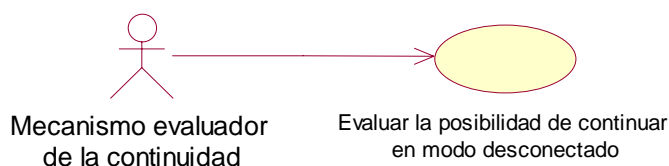
*bitácora* envía un mensaje al *contenedor local* con el rol, el estado y entidad de información del rol para actualizar la *Bitácora*. Para que el *contenedor local* se encargue de actualizar esta información recibida.

Post-condición: Se actualiza la *Bitácora* en ambos contenedores con los datos nuevos del rol que fueron modificados en la actividad. En el *contenedor de modelos y datos* (contenedor central) del servidor, y en el *contenedor de datos* (contenedor local) del cliente móvil.

#### b) Subflujo de una desconexión involuntaria

Caso de uso: Actualizar la *Bitácora* en cada transacción inalámbrica  
 Actor: Manejador de actualizaciones y Manejador local de bitácora  
 Objetivo: Proporcionar soporte al flujo de trabajo ante una desconexión involuntaria.  
 Precondición: Ocurre una desconexión involuntaria  
 Subflujo de una desconexión involuntaria: Cuando ocurre una desconexión involuntaria el *mecanismo de actualizaciones* no recibe la transacción. En consecuencia la transacción no se ejecuta y la *Bitácora* no se actualiza. En seguida el *coordinador local* envía un mensaje al usuario preguntándole si desea esperar la reconexión o continuar trabajando durante un período largo de desconexión.  
 Si el usuario eligió continuar da inicio el caso de uso *Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado*.  
 Caso contrario el *coordinador local* envía un mensaje al *manejador local de bitácora* para guardar la transacción. Por lo que el *manejador local de bitácora* aplica a la transacción un estado de pendiente. En seguida el *manejador local de bitácora* envía la transacción pendiente a la *Bitácora* del *contenedor local*. Guardar la transacción como pendiente implica que no se ejecuta si no que queda como pendiente de ejecutarse en el contenedor central.  
 Post-condición: El usuario decidió esperar manteniendo la transacción pendiente de ejecutarse o continuar trabajando en *modo desconectado* [Arroyo-Sandoval, 2003].

#### b) *Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado*



**Figura 5.** Caso de uso “Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado”

Caso de uso: Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado  
 Actor: Mecanismo evaluador de la continuidad  
 Objetivo: Examinar las entidades de información y sus estados, utilizadas por las

	tareas de un rol para determinar si es posible continuar desempeñando el trabajo en modo desconectado después de que ocurrió una desconexión involuntaria.
Precondición:	Ocurre una desconexión involuntaria y el usuario eligió continuar trabajando durante un período largo de desconexión.
Descripción:	Cuando ocurre una desconexión involuntaria, el <i>coordinador local</i> envía al <i>mecanismo evaluador de la continuidad</i> el rol con el que estaba operando, para que este verifique si se puede continuar en modo desconectado. Para que se lleve a cabo esta tarea el <i>mecanismo evaluador de la continuidad</i> envía el rol al <i>contenedor local</i> para que éste recupere las entidades de información que necesita el rol para continuar trabajando en modo desconectado. Una vez que se obtuvieron las entidades de información, por cada una de ellas el <i>mecanismo evaluador de la continuidad</i> envía un mensaje al <i>contenedor local</i> para recuperar su estado. Si alguno de estos estados es igual a cero el <i>mecanismo evaluador de la continuidad</i> registra que el estado de esa entidad de información es no disponible. Por lo que el <i>mecanismo evaluador de la continuidad</i> guarda el resultado de esta verificación asignando a continuar el valor de ‘no’, esto es que no será posible continuar debido al estado de esta entidad de información. Una vez verificado cada estado de las entidades de información utilizadas por el rol, el <i>mecanismo evaluador de la continuidad</i> obtiene el valor de continuar (resultado de la verificación de los estados de las entidades de información) y lo regresa al <i>coordinador local</i> , el cual envía un mensaje al usuario comunicando esta respuesta. Si la respuesta es no, entonces no es posible continuar trabajando con el cliente móvil en modo desconectado, por lo que se envía un mensaje al usuario explicando este resultado. En caso contrario el modo de operación desconectada da comienzo.
Alternativa:	En caso que las entidades de información utilizadas por el rol no estén disponibles o su estado no sea el necesario para continuar trabajando, se le notifica al usuario. Por lo que no es posible continuar desempeñándose el rol utilizando el cliente móvil en modo desconectado.
Post-condición:	El coordinador envía un mensaje al usuario informando que debido a la desconexión involuntaria podrá continuar con su trabajo pero en <i>modo desconectado</i> [Arroyo-Sandoval, 2003].

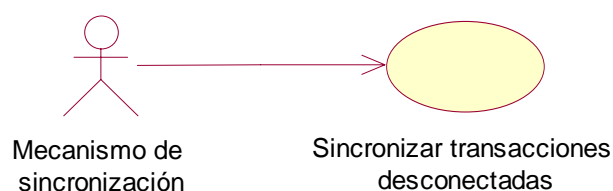
c) *Sincronizar transacción*



**Figura 6.** Caso de uso “Sincronizar transacción”

Caso de uso:	Sincronizar transacción
Actor:	Manejador local de bitácora
Objetivo:	Sincronizar las “transacciones pendientes” de las actividades del rol en el contenedor central del servidor.
Precondición:	Se reestablece la conexión con la red de comunicación inalámbrica.
Descripción:	Cuando se reestablece la comunicación con la red de comunicación, el <i>coordinador local</i> envía un mensaje al <i>manejador local de bitácora</i> para solicitarle que aplique las transacciones pendientes de un rol en específico. En seguida el <i>manejador local de bitácora</i> envía un mensaje al <i>contenedor local</i> para solicitarle las transacciones que quedaron pendientes. Posteriormente el <i>manejador local de bitácora</i> obtiene el estado en el que se encontraba ese rol al momento de la desconexión involuntaria, así como la(s) entidad(es) de información correspondiente(s). Finalmente el <i>manejador local de bitácora</i> envía un mensaje al <i>contenedor central</i> para aplicar la transacción pendiente.
Alternativa:	Se vuelve a perder la conexión con la red de comunicación. De nuevo se le pregunta al usuario si desea esperar la reconexión o continuar trabajando en <i>modo desconectado</i> [Arroyo-Sandoval, 2003].
Post-condición:	Se ejecutan las transacciones pendientes en el contenedor central. Continuando la ejecución del rol en modo inalámbrico, y con el caso de uso <i>actualizar la Bitácora en cada transacción inalámbrica</i> .

#### d) Sincronizar transacciones desconectadas



**Figura 7.** Caso de uso “Sincronizar transacciones desconectadas”

Caso de uso:	Sincronizar transacciones desconectadas
Actor:	Manejador de sincronización
Objetivo:	Sincronizar las actividades y entidades de información del rol en el contenedor central que se realizaron en modo desconectado después de una desconexión involuntaria.
Precondición:	Se reestablece la conexión con la red de comunicación inalámbrica.
Descripción:	Cuando se decide continuar en modo inalámbrico el coordinador local envía al <i>mecanismo de transferencia de documentos XML</i> una copia de la <i>Bitácora</i> (que contiene las transacciones inalámbricas) y el modelo base de reconexión (que contiene las transacciones que se efectuaron

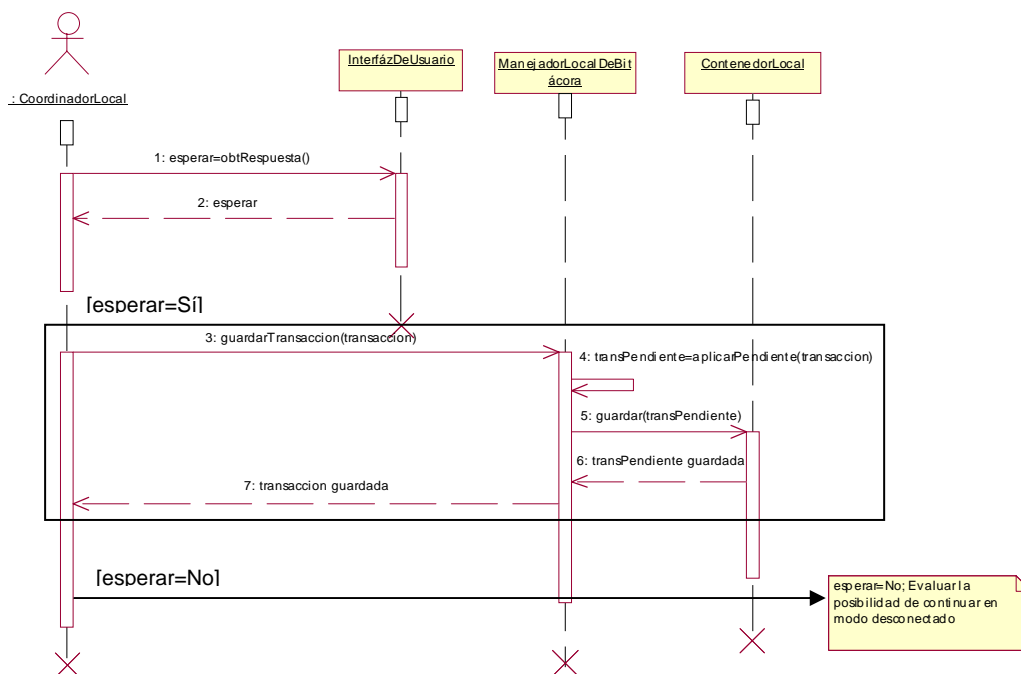
de manera desconectada) que se encuentran en el *contenedor de datos local* del cliente móvil. El *mecanismo de transferencia de documentos XML* envía al *manejador de actualizaciones* la *Bitácora* del rol que se generó en el cliente móvil con el fin de que sea comparado con la *Bitácora* del servidor. Por lo que el *manejador de actualizaciones* envía un mensaje al *contenedor central* para recuperar la *Bitácora* del servidor. Posteriormente el *manejador de actualizaciones* se encarga de comparar las *Bitácoras* del cliente móvil y del servidor, con el fin de obtener un estado consistente del rol que se desea sincronizar. Una vez obtenido el estado consistente, el *manejador de actualizaciones* se lo comunica al *mecanismo de transferencia de documentos XML*. Finalmente el *mecanismo de transferencia de documentos XML* analiza el modelo base de reconexión y a partir del estado consistente obtiene el rol, actividad y entidad de información, y los comunica al *mecanismo de sincronización*. El *mecanismo de sincronización* envía el rol, actividad y entidad de información modificada durante el período de desconexión al *contenedor central* para que éste se encargue de actualizarlos.

- Alternativa: El usuario eligió continuar en *modo desconectado* [Arroyo-Sandoval, 2003].
- Post-condición: Se actualizan las actividades y entidades de información del rol de manera consistente en el contenedor central. Continuando la ejecución del rol en modo inalámbrico.

#### IV.5.2. Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia nos permiten modelar los aspectos dinámicos de un sistema, son principalmente utilizados para modelar las interacciones de alto nivel de los objetos en un sistema. Un diagrama de secuencia muestra una interacción ordenada según la secuencia temporal de eventos. En particular, muestra los objetos participantes en la interacción y los mensajes que intercambian ordenados según su secuencia en el tiempo. El eje vertical representa el tiempo, y en el eje horizontal se colocan los objetos y actores participantes en la interacción, sin un orden prefijado. Cada objeto o actor tiene una línea vertical, y los mensajes se representan mediante flechas entre los distintos objetos [Booch *et al.*, 1999]. A continuación se presentan algunos de los diagramas de secuencia, que representan el comportamiento dinámico de las extensiones propuestas a la arquitectura.

a) Actualizar la Bitácora en cada transacción inalámbrica, Subflujo de una desconexión involuntaria

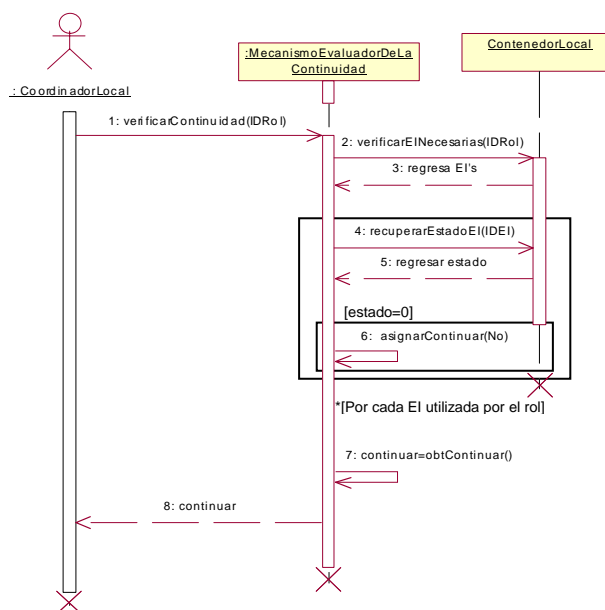


**Figura 8.** Diagrama de secuencia “Subflujo de una desconexión involuntaria”

Cada vez que se ocurre una desconexión involuntaria se le da la opción al usuario de que elija si desea esperar a que se reestablezca la comunicación con la red de comunicación inalámbrica o continuar trabajando de manera desconectada a la red de comunicación. En los casos donde se tenga previsto un período largo de desconexión con la red de comunicación debido a que el espacio de trabajo es susceptible a desconexiones, es mejor optar por continuar en modo desconectado. La secuencia de operaciones que se llevan a cabo cuando se está trabajando de manera inalámbrica y se presenta una desconexión involuntaria se ilustra en la figura 8. El *coordinador local* envía un mensaje al usuario preguntándole si desea esperar la reconexión con la red de comunicación. Si el usuario decide no esperar, el caso de uso *Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado* da comienzo. En caso contrario, donde el usuario decide esperar la reconexión, el

*coordinador local* aplica a la transacción el estado de pendiente y se almacena en la *Bitácora* del *contenedor local*.

b) *Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado*



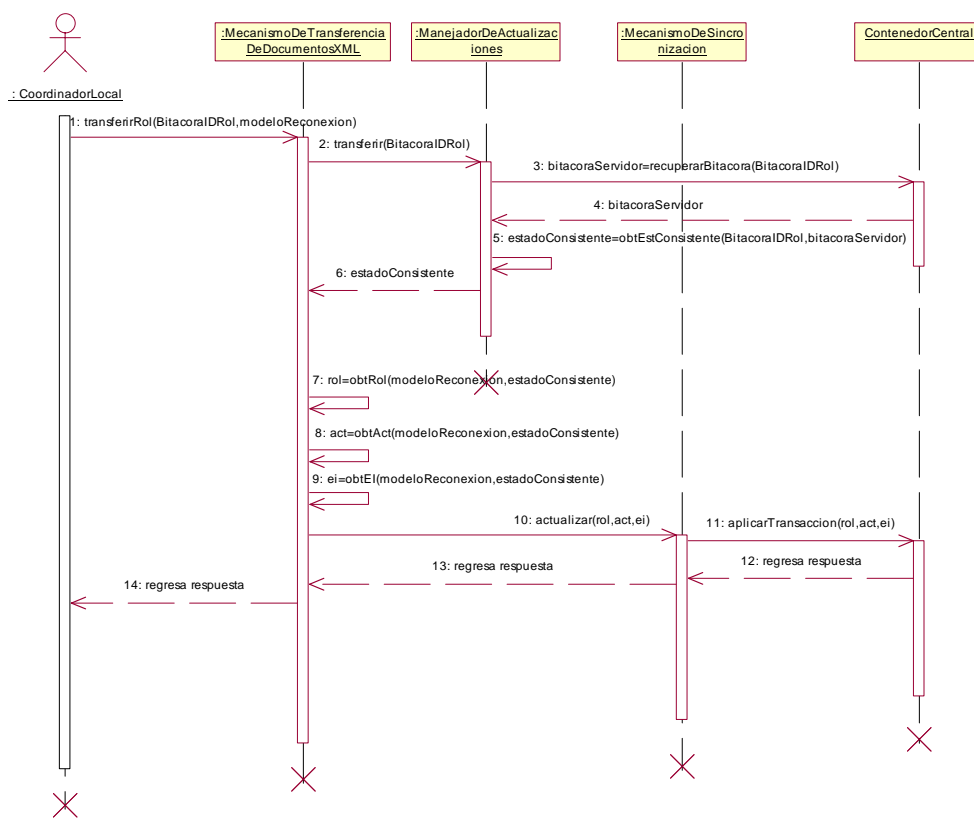
**Figura 9.** Diagrama de secuencia “Evaluar la posibilidad de continuar en modo desconectado”

Cuando ocurre una desconexión involuntaria donde el cliente móvil pierde la comunicación con la red, el encargado de evaluar si es posible continuar trabajando en el cliente móvil es el *mecanismo evaluador de la continuidad*. Debido a la susceptibilidad a desconexiones involuntarias en ambientes con infraestructuras inalámbricas, se deben considerar mecanismos que permitan continuar el flujo de trabajo a pesar de estas desconexiones. En la figura 9 se muestra la secuencia en que se lleva a cabo la evaluación de la posibilidad de continuar trabajando en modo desconectado. Cuando ocurre una desconexión involuntaria el *coordinador local* envía un mensaje al *mecanismo evaluador de la continuidad*, para que verifique en el *contenedor local* que existan las entidades de información utilizadas por el rol así como también verificar sus estados. Si el estado de alguna de las entidades de información es igual a cero, esto querrá decir que no están disponibles, por lo que el



*mecanismo evaluador de la continuidad* guarda este resultado. Al finalizar la verificación de los estados de las entidades de información, el *mecanismo evaluador de la continuidad* envía el resultado de esta verificación al *coordinador local*. En seguida se le comunicará al usuario el resultado de la verificación, donde si el resultado es positivo el modo de *operación desconectada* dará inicio. En caso contrario, se le informará al usuario a través de un mensaje explicando la razón por la cual no es posible continuar en modo desconectado.

c) *Sincronizar transacciones desconectadas*



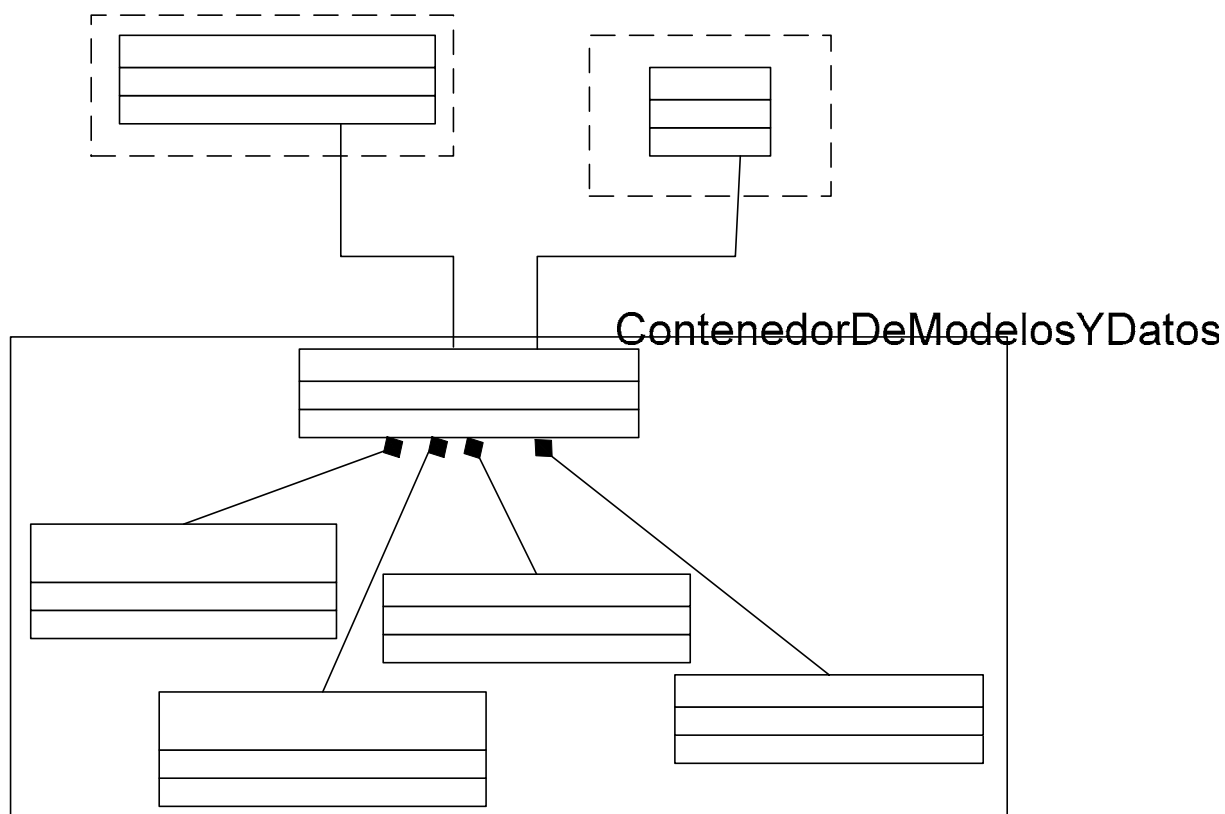
**Figura 10.** Diagrama de secuencia “Sincronizar transacciones desconectadas”

Una vez que se ha reestablecido la comunicación con la red inalámbrica el usuario recibe esta notificación, indicándole que si desea volver al modo inalámbrico será necesario iniciar la fase de actualización. Antes de actualizar las actividades

realizadas en *modo desconectado*, primero es necesario obtener un estado consistente del rol, debido a la desconexión anteriormente surgida. A partir de este estado consistente se realizarán las actualizaciones. Esta secuencia de operaciones se muestra en la Figura 10. El *coordinador local* envía al *mecanismo de transferencia de documentos XML* la *Bitácora* de las transacciones efectuadas en modo inalámbrico, así como también la definición de los roles y datos que fueron modificados durante la desconexión, esto es, el *modelo de reconexión* [Arroyo-Sandoval, 2003]. El *mecanismo de transferencia de documentos XML* envía la *Bitácora* al *manejador de actualizaciones*, para que éste se encargue de compararlo con la *Bitácora* del servidor. Posteriormente el *manejador de actualizaciones* recupera la *Bitácora* del *contenedor central*, los compara y obtiene un estado consistente del rol. Finalmente el *mecanismo de transferencia de documentos XML* toma el *modelo de reconexión* [Arroyo-Sandoval, 2003] y a partir del estado consistente anteriormente obtenido, comunica al *mecanismo de sincronización* el rol, actividades y entidades de información, para que se actualicen en el *contenedor central*. De manera similar se utiliza la información de los roles que se actualizan para modificar su estado en el administrador global de procesos (AGP) y notificarlos al usuario.

#### IV.5.3. Diagramas de clase

Los diagramas de clase son una representación gráfica de la vista estática que muestra una colección de elementos, tipos, su contenido y relaciones [Rumbaugh *et al.*, 2000]. A continuación las figuras 11 y 12 presentan los diagramas de clases de las extensiones propuestas a las arquitecturas de *SysCoor* y del cliente para dispositivos PDA, respectivamente.

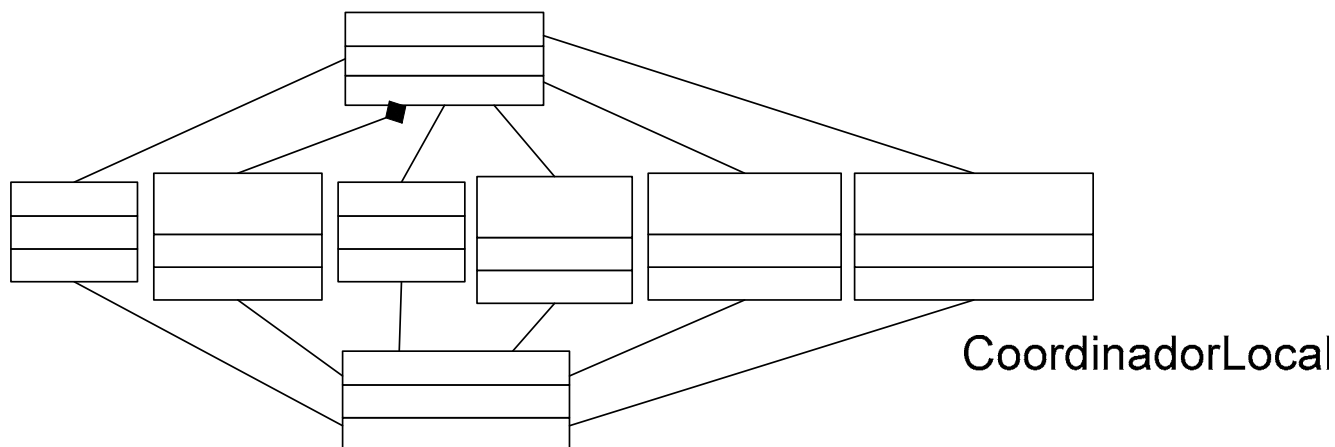


**Figura 11.** Diagrama de clases de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCooor* en el servidor.

En la figura 11 se presenta el diagrama donde se muestra la clase que constituye parte de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCooor* en el servidor. En la misma figura se observa como se relacionan el *MóduloDeSoporteALaMovilidad*, las clases del *AGP* y el *ContenedorDeModelosYDatos*.

En el *MóduloDeSoporteALaMovilidad* se agrega la clase *ManejadorDeActualizaciones*, que como se mencionó anteriormente, entre otras cosas se encarga de registrar las transacciones que se llevan a cabo en el cliente móvil cuando se utiliza de forma inalámbrica. Las clases en el *MóduloDeSoporteALaMovilidad*, se comunican con el *ContenedorDeModelosYDatos* para acceder y manipular la información correspondiente al sistema de workflow.

:MecanismoDeTransferencia  
DocumentosXML



**Figura 12.** Diagrama de clases de las extensiones propuestas a la arquitectura del cliente para dispositivos PDA.

En la figura 12 se muestra el diagrama de clases de la arquitectura del cliente, que se forma de ocho clases, de las cuales tres son extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor* inicial; el *ManejadorLocalDeBitácora*, *MecanismoEvaluadorDeLaContinuidad* y la *Bitácora*. En el diagrama de clases se ilustra que por cada mecanismo y manejador propuesto, se estableció una clase encargada. Así como también se incluye la *Bitácora*, donde se registran las transacciones realizadas por el cliente.

En el siguiente capítulo se explica la implementación de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor*, para el soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias. Con éstas extensiones, el WfMS *SysCoor* cuenta con el soporte para generar *sistemas de workflow inalámbrico* que puedan desempeñarse desde una PDA conectada a la red de comunicación dentro de una infraestructura inalámbrica.

## IV.6. Resumen

En este capítulo presentamos una breve reseña de la arquitectura inicial de *SysCoor*, así como también cómo es que fue extendida para proveer soporte a la movilidad como primer esfuerzo de apoyo en los nuevos esquemas de trabajo móviles, encaminados hacia los

*sistemas de workflow inalámbrico*. Además, debido al enfoque transaccional seleccionado, se analizaron las características de los modelos de transacciones en ambientes móviles, que dan la pauta para el desarrollo e implementación de dichas extensiones.

Posteriormente se presentó la propuesta de las extensiones a la arquitectura de *SysCoor* para apoyar la generación de *sistemas de workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias. Finalmente se mostró el análisis y diseño de las extensiones, a través del lenguaje UML.

En el siguiente capítulo se presenta la implementación realizada de las extensiones propuestas para el apoyo a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias.

## Capítulo V

# Implementación de las extensiones para el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias en *SysCoor*

### V.1. Introducción

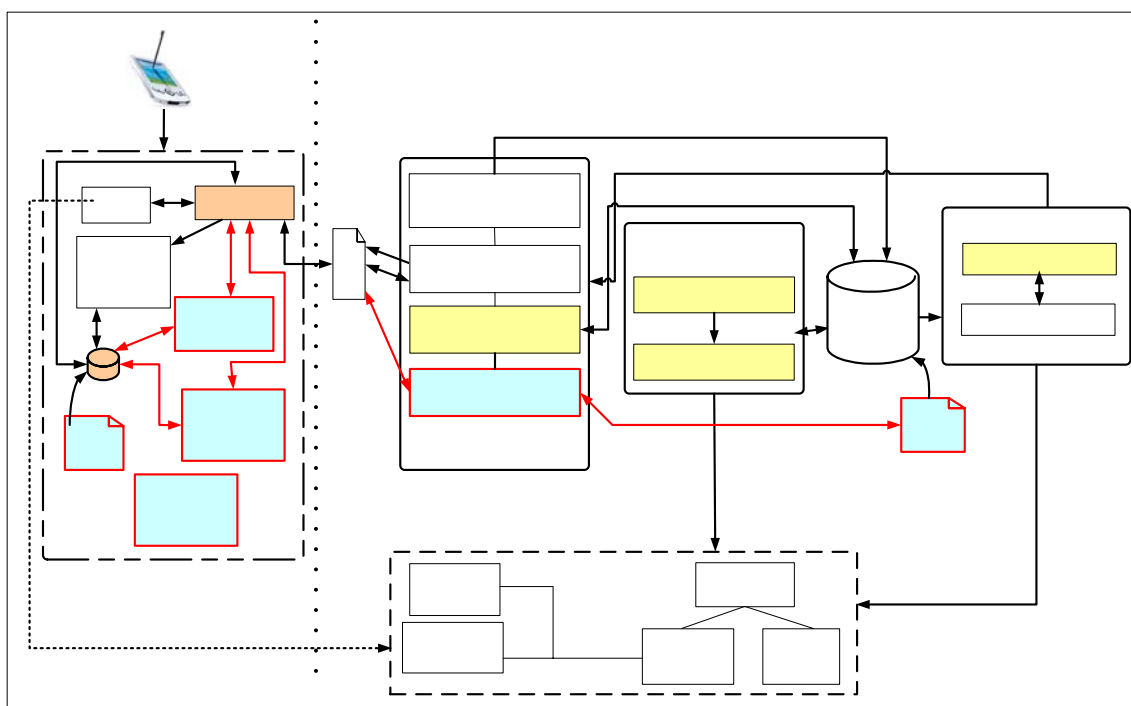
En el presente capítulo se presenta la implementación desarrollada de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor*, para apoyar la generación de *sistemas de workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias.

Las extensiones propuestas así como su funcionamiento en *SysCoor*, suponen que ya se cuenta con la arquitectura inicial completa a este trabajo de tesis. De acuerdo a esto, se retoman algunos conceptos que son necesarios para el funcionamiento de un *sistema de workflow inalámbrico*, por lo que se explican estos aspectos en el presente capítulo. La implementación de las extensiones se presenta en términos de la tecnología de desarrollo utilizada.

### V.2. *SysCoor* con el soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias

La arquitectura de *SysCoor* y las extensiones propuestas como soporte a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante desconexiones involuntarias se muestran la figura 13. La arquitectura, como se presentó en el capítulo anterior, se compone de seis componentes: la

máquina de coordinación, el contenedor de modelos y datos, el generador de sistemas de workflow, el módulo de soporte a la movilidad, el rol base y la arquitectura del cliente para el dispositivo móvil. La arquitectura del cliente móvil se conforma de siete componentes: un coordinador local, un rol base, un generador de pantallas, un mecanismo evaluador de la continuidad, un contenedor de datos, un manejador local de bitácora y un mecanismo verificador de batería.



**Figura 13.** Arquitectura de SysCooor con las extensiones propuestas de soporte a los sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias.

Las extensiones realizadas a SysCooor consisten en la implementación de modificaciones a la arquitectura y en la agregación de mecanismos y manejadores. En las siguientes dos secciones de este capítulo se hablará de estas extensiones a mayor detalle.

### V.3. Mecanismos en el servidor

En general las extensiones realizadas en el servidor consisten en:

**Rol base**

**Coordinador Local**

**Código**

**Mecanismo de determinación de desconexión**

**Generador de pantallas**

**Mecanismo de Transferencia de Documentos XML**

**Mecanismo evaluador de la continuidad**

**Datos**

**Mecanismo de Sincronización**

**Contenedor de Datos**

**Manejador local de Bitácora**

**Manejador de actualización**

**Módulo de soporte a la movilidad**

1. El *Módulo de soporte a la movilidad*, se agrega el *manejador de actualizaciones* el cuál se encarga de registrar las transacciones realizadas en modo inalámbrico por el cliente móvil en la *Bitácora*, que es almacenada en el *contenedor central de modelos y datos*. Además se encarga de recuperar un estado consistente del rol, que sincroniza en el *contenedor central de modelos y datos* las transacciones realizadas de manera inalámbrica y desconectada.
2. Se agrega la *Bitácora* al contenedor de modelos y datos, donde el *manejador de actualizaciones* registra las transacciones realizadas en modo inalámbrico por el cliente móvil.

Además de las extensiones realizadas a la arquitectura de *SysCoor* en el servidor, se hicieron las siguientes modificaciones:

1. En el *Módulo de soporte a la movilidad*, específicamente el *Mecanismo de sincronización* se modificó su diseño con el fin de que además de sincronizar las actividades realizadas por un rol de modo desconectado, también se encargue de sincronizar las transacciones realizadas en modo inalámbrico.
2. Modificación en el *Administrador Global de Procesos (AGP)* para cumplir con la restricción establecida por *SysCoor* donde se establece que se debe mantener a los actores del proceso conscientes del estado del mismo. De aquí que se les notifica a los actores del proceso cuándo es que un rol se está desempeñando de forma inalámbrica.
3. En el *Generador de sistemas de workflow*, específicamente en el submódulo *Generador de modelos*, se agregaron dos tipos más de *plantillas* (pantallas predefinidas) con el propósito de manejar otro tipo de entidades de información, particularmente una base de datos. Anteriormente en la arquitectura de *SysCoor*, un rol solo podía interactuar con entidades de información del tipo documentos.



### V.3.1. Manejador de actualizaciones

La implementación del *manejador de actualizaciones* se realizó para actualizar la *Bitácora* de transacciones, almacenada en el *contenedor de modelos y datos* del servidor, con las transacciones realizadas de forma inalámbrica en el dispositivo móvil PDA. En base a esto, cada vez que se realiza una transacción en el cliente móvil de forma inalámbrica, el *manejador de actualizaciones* la recibe y se encarga de registrarla en la *Bitácora*, que está almacenada en el *contenedor de modelos y datos* (C:\Tomcat4\webapps\coordinación\serializados) del servidor. Estas mismas funciones las realiza el *manejador local de bitácora* en la arquitectura del cliente, que es donde como se mencionó anteriormente, se llevan a cabo las transacciones inalámbricas. Por lo anterior, las funciones que realiza el *manejador de actualizaciones* se explican a mayor detalle en el *manejador local de bitácora* en las extensiones realizadas a la arquitectura del cliente.

### V.3.2. Modificaciones al administrador global de procesos (AGP)

Como se explicó anteriormente, las modificaciones al AGP surgen con el objetivo de cumplir con una de las restricciones establecidas por *SysCoor*, que consiste en notificar a los actores del proceso cuando es que un rol se está desempeñando de forma inalámbrica.

Como se mencionó en el capítulo anterior, *SysCoor* fue desarrollada con la tecnología de *Servlets* y *páginas de servidor de Java (JSP, Java Server Pages)*; de aquí que las modificaciones al AGP consistieron en modificar los *servlets rolesProceso* y *estadosRolesProceso*, para mostrar a los actores del proceso cuando un rol se está desempeñando en modo inalámbrico. En la figura 14 se muestra un ejemplo del AG, en la que se muestra que el rol *Autorizando solicitud de medicamentos* que desempeña el jefe de área se encuentra desempeñándose en modo inalámbrico.

Rol	Agente	Estado actual	Modo de operación
Solicitando medicamentos	Jefa de piso	1 Llenar solicitud de medicamentos	Conectado inalámbrico
Autorizando solicitud de medicamentos	Jefe de area	1 Recibir solicitud de medicamentos	Conectado fijo
Surtiendo medicamentos	Encargado de farmacia	1 Recibir solicitud de medicamentos	Conectado fijo

El Rol: Solicitando medicamentos. Agente: Jefa de piso. se esta ejecutando inalámbricamente  
 Rol: Autorizando solicitud de medicamentos. Agente: Jefe de area.  
 Rol: Surtiendo medicamentos. Agente: Encargado de farmacia.

---

Para [salir del proceso](#)

**Figura 14.** Ejemplo de la vista del AGP en el escenario “*Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*” del caso de estudio realizado.

### V.3.3. Modificaciones al generador de sistemas de workflow

Como se mencionó en el capítulo anterior, en el *generador de sistemas de workflow* se encuentra el *generador de modelos*, que se encarga de crear el *modelo base de workflow*. En este modelo, de acuerdo a los escenarios obtenidos del caso de estudio realizado en el área de medicina interna, se hicieron unas modificaciones con el fin de que los actores de un proceso puedan utilizar otro tipo más de entidades de información, que son las bases de datos.

Las modificaciones que se hicieron no cambian la definición del *modelo base de WF*, sino que debido a la inclusión de un nuevo tipo de entidad de información se implementaron dos tipos más de *plantillas*. [Ramírez Fernández, 2002] implementó una serie de páginas HTML conocidas como *plantillas*, las cuales representan escenarios típicos de workflow que se utilizan como pantallas de usuario durante la ejecución del sistema de workflow. En este sentido se agregan la *plantilla seis* que pertenece a una interacción del tipo consulta a una base de datos (BD), y la *plantilla siete* que está relacionada a una interacción con la base de datos del tipo actualización. La figura 15 presenta un extracto de un ejemplo de un *modelo base de WF*. En la figura se muestra el uso de la plantilla 6.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<!DOCTYPE estados (View Source for full doctype...)>
- <roles>
+ <rol_coordinacion>
- <rol_coordinacion>
  <nombre>Entregando medicamento fuera del fondo fijo</nombre>
  <agente quien="ga">Encargado de farmacia</agente>
+ <estado id="1" nom="Recibir receta" plantilla="2" escenario="1">
- <estado id="2" nom="Procesar receta de medicamentos" plantilla="6" escenario="2">
  - <act id="g2" nom="Procesar receta de medicamentos">
    <docto act_id="q2" clave="1" nom="receta1" existente="si" />
    <aplicacion tipo="BDFF" />
    - <evento act_id="g2" nom_act="Procesar receta de medicamentos">
      <transicion id_sig_edo="3" />
    </evento>
  </act>
</estado>
+ <estado id="3" nom="Notificar estado del medicamento solicitado" plantilla="6" escenario="2">
+ <estado id="4" nom="Recibir notificacion de recibido" plantilla="2" escenario="3">
<estado id="5" nom="Finalizando rol" plantilla="2" escenario="4" />
</rol_coordinacion>

```

Una vez que el agente recibe la receta, se encarga de procesarla, por lo que requiere **consultar la BD** utilizando la *plantilla* 6, para la presentación de la pantalla correspondiente.

En la etiqueta *aplicación* se especifica la BD con que se interactúa, en este caso la de Fondo Fijo

**Figura 15.** Extracto de un ejemplo de un *modelo base de WF* del escenario “Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna” del caso de estudio realizado.

En la siguiente sección se presenta la implementación de las extensiones a la arquitectura de SysCoor, en el cliente móvil.

## V.4. Arquitectura del cliente

Como se mencionó anteriormente, la arquitectura del cliente está compuesta de siete componentes: un *coordinador local*, un *rol base*, un *generador de pantallas*, un *mecanismo evaluador de la continuidad*, un *contenedor de datos*, un *manejador local de bitácora* y un *mecanismo verificador de batería*. De estos componentes, y para efectos de este trabajo de tesis se implementó el *manejador local de bitácora*, el *mecanismo verificado de batería*, el *coordinador local* y el *contenedor de datos*.

La implementación de la arquitectura del cliente móvil fue desarrollada con la herramienta de Microsoft, Visual Studio .NET bajo el lenguaje C#. Visual Studio .NET puede generar aplicaciones que pueden ejecutarse en una PDA Pocket PC. Las pruebas del

prototipo se hicieron con una Pocket PC Dell Axim x30 con sistema operativo Microsoft® Windows® Mobile 2003 segunda edición.

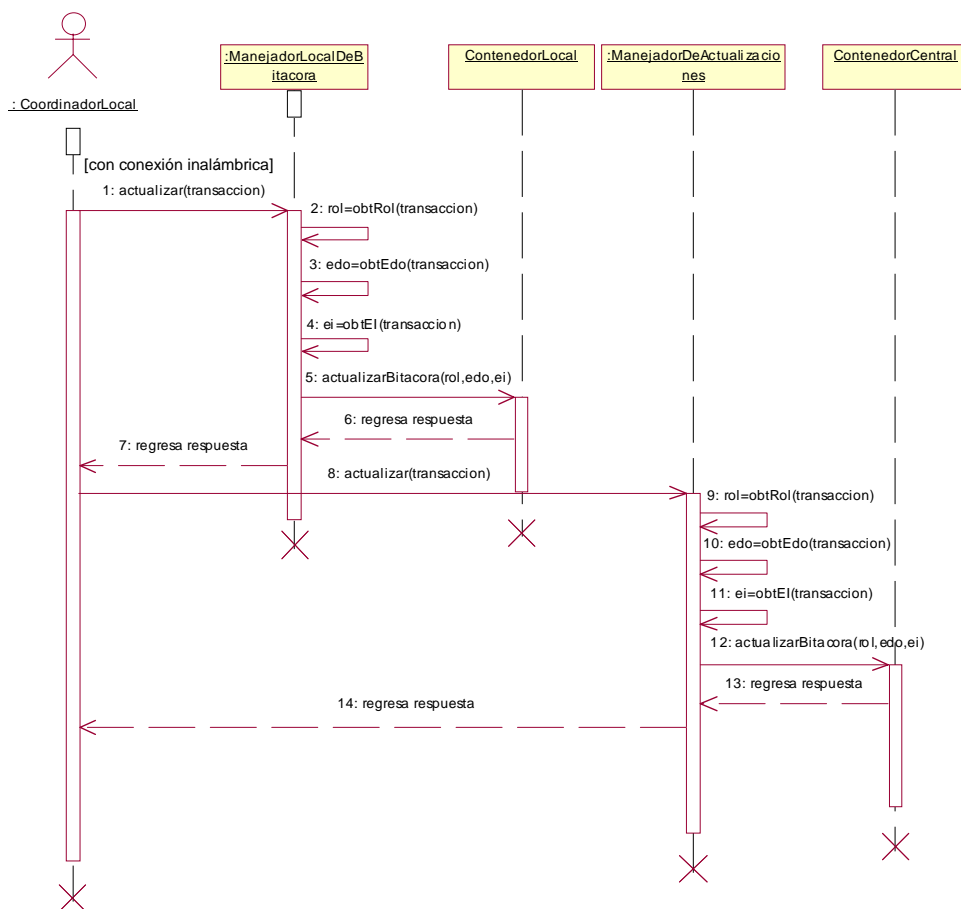
En las siguientes secciones se presenta la implementación y funcionalidad de los componentes de la arquitectura del cliente móvil.

#### **V.4.1. Manejador local de bitácora**

De acuerdo con los requerimientos obtenidos de la revisión de la literatura en lo que se refiere al manejo y registro de transacciones ejecutadas y pendientes, se debe contar con un *manejador local de bitácora*. Manejador que se encargará de registrar la(s) transacción(es) ejecutada(s) en el cliente móvil, tanto las ejecutadas con éxito como las pendientes de ejecutarse en el *contenedor central*. De tal forma que una de las tareas de este manejador es registrar las transacciones inalámbricas ejecutadas, tanto en el contenedor del cliente como en el contenedor del servidor. En caso de que surja una *desconexión involuntaria*, el *manejador local de bitácora* agrega a la *Bitácora* de transacciones, almacenada en el *contenedor de datos* local, la transacción que queda pendiente de ejecutarse en el *contenedor central*.

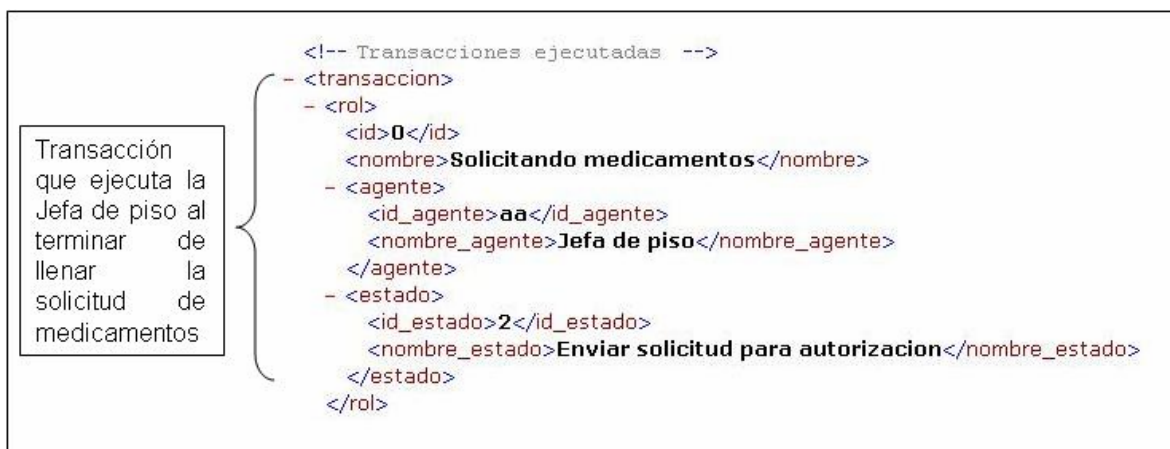
##### V.4.1.1. Registro de transacciones inalámbricas

Como se acaba de mencionar, una de las tareas del *manejador local de bitácora* es registrar, en un documento XML llamado *Bitácora*, las transacciones inalámbricas ejecutadas en el cliente móvil. De esta forma, cada transacción inalámbrica ejecutada satisfactoriamente en el cliente móvil se registra en los dos contenedores. La secuencia de operaciones que se llevan a cabo para registrar una transacción inalámbrica en la *Bitácora*, se muestra en el diagrama de secuencia presentado en la figura 16.

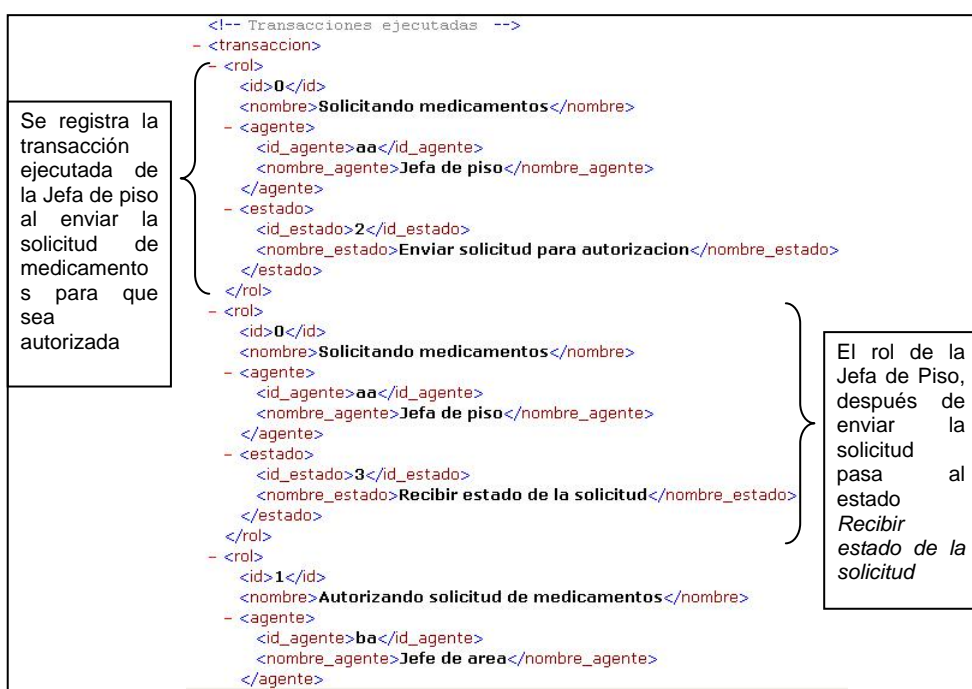


**Figura 16.** Diagrama de secuencia “Subflujo de una transacción inalámbrica”

En la figura 16 se ilustra que cada vez que se lleve a cabo una transacción cuando se trabaja de manera inalámbrica, ésta se registra en la *Bitácora* de los dos contenedores (local y central). Por cada transacción inalámbrica efectuada en el cliente móvil (figura 17), el *coordinador local* la envía al *manejador local de bitácora* para que la registre, actualizando así la *Bitácora* del *contenedor local*. En seguida se realiza el mismo proceso en el servidor, en donde el encargado de actualizar la *Bitácora* en el *contenedor central* es el *manejador de actualizaciones*. El *coordinador local* envía al *manejador de actualizaciones*, la transacción que fue ejecutada por un rol en el cliente móvil (figura 17). Estos datos se actualizan en la *Bitácora* que se encuentra en el *contenedor central*. Un extracto de la *Bitácora*, actualizada con la transacción inalámbrica ejecutada, se muestra en la figura 18.



**Figura 17.** Ejemplo de una transacción inalámbrica, que ejecuta el rol de la Jefa de piso en el escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna”.



**Figura 18.** Ejemplo de *Bitácora* de transacciones, en el escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna”.

En la figura 18 se ilustra el registro de la transacción: *envío de la solicitud de medicamentos para autorización*, de tal forma que cuando la Jefa de piso termina de llenar la solicitud de medicamentos, envía esta solicitud para que se autorice. En la *Bitácora* se

registran, a manera de transacciones, los estados en los que quedan los roles que participan en esta transacción, después de que la jefa de piso envía la solicitud para autorización.

#### V.4.1.2. Sincronizar un rol después de una desconexión involuntaria

La segunda y última de las tareas del *manejador local de bitácora* es la de registrar la transacción pendiente, en caso que ocurra una desconexión involuntaria con la red de comunicación inalámbrica. Cuando ocurre una desconexión involuntaria, la PDA no puede acceder a la máquina de coordinación en el servidor y actualizar el modelo ejecutable del *sistema de workflow inalámbrico*. En estos casos el *manejador local de bitácora* registra en la *Bitácora* de transacciones del *contenedor local* del cliente móvil, la transacción inalámbrica que quedó pendiente de ejecutarse cuando el cliente móvil no pudo acceder al servidor. Un ejemplo de registro de una transacción pendiente en la *Bitácora* de transacciones, se muestra en la figura 19.

```

        <!-- Transaccion pendiente de ejecutarse -->
        - <transaccion_pendiente>
          <rol>
            <id>1</id>
            <nombre>Autorizando solicitud de medicamentos</nombre>
            - <agente>
              <id_agente>ba</id_agente>
              <nombre_agente>Jefe de area</nombre_agente>
            </agente>
            - <estado>
              <id_estado>3</id_estado>
              <nombre_estado>Enviar solicitud autorizada</nombre_estado>
            </estado>
          </rol>
        </transaccion_pendiente>
    
```

Se registra el estado en el que se encontraba el rol del Jefe de área cuando se presentó la desconexión involuntaria.

**Figura 19.** Ejemplo de *Bitácora* de transacciones pendientes, en el escenario “*Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*”.

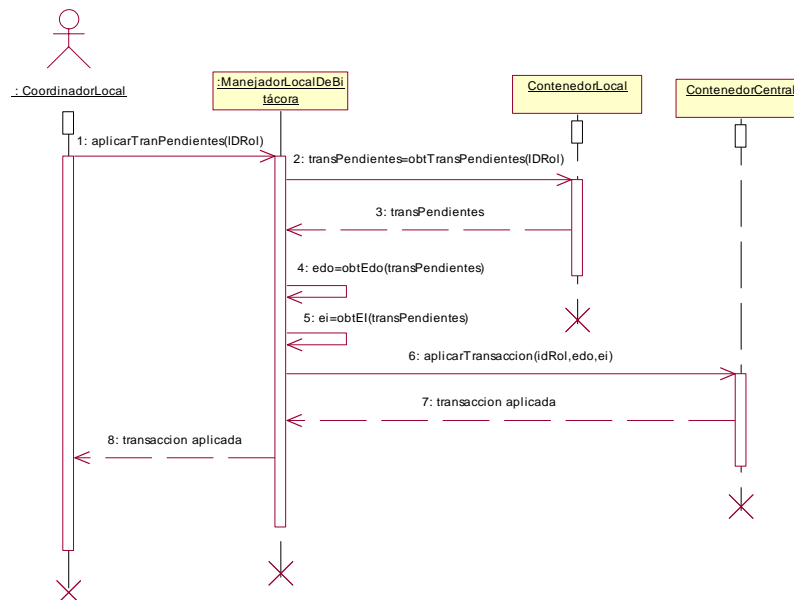
No es posible enviar al *contenedor central* una *transacción pendiente*, dado a que se pierde la comunicación con la red inalámbrica, por lo que solo se almacena en la *Bitácora* de transacciones del *contenedor local*. En la figura 19 se muestra que cuando el rol *Autorizando solicitud de medicamentos* del Jefe de área, se encontraba en el estado

*enviando solicitud autorizada*, surgió una desconexión involuntaria, por lo que se registra ese estado en la *Bitácora* de transacciones. En la *Bitácora* de transacciones se registran los datos del rol en el que se estaba trabajando cuando surgió la desconexión involuntaria, así como los datos del estado en el que se encontraba (figura 19).

Hasta que se reestablece la comunicación con la red inalámbrica, el cliente móvil, a través del *manejador local de bitácora* puede sincronizar el estado del rol en el que surgió la desconexión involuntaria. *Sincronizar el rol* es actualizar el *objeto serializado* almacenado en el *contenedor central*, que en conjunto con cada uno de los *roles base*, representa el modelo ejecutable del *sistema de workflow*. Al sincronizar el estado de un rol después de una desconexión involuntaria, *el manejador local de bitácora* verifica en la *Bitácora* de transacciones cual fue la transacción pendiente y la ejecuta en el modelo ejecutable del *sistema de workflow inalámbrico* en el *contenedor de modelos y datos* del servidor.

La secuencia de operaciones llevadas a cabo para sincronizar un rol después de una desconexión involuntaria, se muestran en el diagrama de secuencia "*Sincronizar transacción*" ilustrado en la figura 20. Cuando se sincroniza el rol por medio del servicio Web *ObtenerRol.jws* se consulta la *Bitácora* de transacciones que reside en el *contenedor local* y se obtiene la transacción pendiente (figura 19). Con la transacción pendiente (figura 19) se obtienen los datos del rol que se va a sincronizar. Los datos del rol son: el identificador específico del rol ( $IDRol=1$ ) y el estado en el que se encontraba cuando se produjo la desconexión involuntaria ( $edo=3$ ). Estos datos se envían al *contenedor central*, aplicando la *transacción pendiente*, a partir del estado en el que se encontraba el rol cuando surgió la desconexión involuntaria, de la forma como se ejecuta una transacción inalámbrica. Esto implica que el *objeto serializado* que reside en el *contenedor central* se actualiza. Finalmente la transacción que estaba pendiente, deja de estarlo y pasa a ser *transacción ejecutada*, aspecto que se actualiza en la *Bitácora* de transacciones de los contenedores *local* y *central*.





**Figura 20.** Diagrama de secuencia “Sincronizar transacción”

De esta manera se implementó el modelo transaccional en ambientes móviles PROMOTION [Walborn, 1997, 1999; Serrano-Alvarado *et al.*, 2003], obtenido durante el período de revisión de la literatura, en relación al enfoque transaccional seleccionado para proporcionar el *soporte a sistemas de workflow inalámbrico ante desconexiones involuntarias*.

#### V.4.2. Mecanismo verificador de batería

El *mecanismo verificador de batería* se implementó como una aplicación independiente del *sistema de workflow inalámbrico*. Para verificar el consumo de batería al utilizar la PDA en un escenario como el del proceso seleccionado, se realizaron unas pruebas de duración de batería. Las pruebas consistieron en utilizar la PDA desempeñando el proceso seleccionado, iniciando con el 100 % de batería hasta que se apagara por sí sola, por falta de la misma. Los resultados fueron que la PDA se mantiene prendida por un espacio de 4 horas 20 minutos aproximadamente. De acuerdo a los resultados de las pruebas se implementó el *mecanismo verificador de batería*, como un mecanismo de recomendación,

utilizando esquemas ya establecidos en la PDA. Este mecanismo envía el primer mensaje de aviso al usuario desde que le resta un 30 % de batería, es decir aproximadamente una hora; posteriormente por espacios aproximados de 20 minutos desde el primer aviso, los mensajes de aviso al usuario comienzan a ser más constantes. Con estos avisos, el usuario es responsable de tomar las medidas que crea pertinentes para enfrentar este evento.

#### **V.4.3. Coordinador local**

El *coordinador local*, se implementó con una clase donde a través de varios métodos, establece comunicación con el servidor para acceder a los sistemas de workflow. También por medio del *coordinador local*, es posible desempeñar un rol actualizando el modelo ejecutable del *sistema de workflow inalámbrico*; acceder a las entidades de información, ya sean documentos o bases de datos; y enviar las transacciones ejecutadas de forma inalámbrica en el dispositivo móvil PDA a las *Bitácoras*, tanto a la que se encuentra en el *contenedor de datos local*, como a la que está en el *contenedor de modelos y datos* en el servidor.

Para acceder de forma inalámbrica al servidor, se implementó el uso de *servicios Web*<sup>2</sup> que se exponen a detalle en el apéndice C. Con este antecedente, cada uno de los métodos del *coordinador local* accede al servicio Web correspondiente, de acuerdo con la actividad que se esté desempeñando. Por ejemplo, el método *obtenerProcesos()* accede al servicio Web *ObtenerRol.jws* el cual a través de su servicio *obtenerProcesos(int)* obtiene una lista de cada sistema de workflow que esté almacenado en el *contenedor de modelos y datos* en el servidor.

#### **V.4.4. Contenedor local**

El *contendor de datos* utilizado en el dispositivo PDA, se forma de las entidades de información del tipo documentos y de la *Bitácora* de transacciones ejecutadas y pendientes.

---

<sup>2</sup> Colección de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones [Wikipedia, 2001].

El *contenedor de datos* tiene la siguiente estructura: teniendo como raíz el *sistema de workflow inalámbrico*, se generan dentro de éste dos carpetas una etiquetada como *Log* (`\\Raíz\...\SysCoor\Log`) y la otro como *Documentos* (`\\Raíz\...\SysCoor\Documentos`).

Inicialmente las dos carpetas están vacías. La carpeta *Log* se empieza a llenar cuando se desempeña un rol en la PDA en modo inalámbrico, de tal forma que se van registrando las transacciones. Adicionalmente cuando ocurra una *desconexión involuntaria* se registra la transacción pendiente. Por otro lado, la carpeta *Documentos* se empieza a llenar cuando el rol que se está desempeñando en la PDA requiere utilizar un documento, entonces éste se baja al *contenedor local* para que esté disponible aunque ocurra una *desconexión involuntaria*. Para dar soporte a este tipo de entidades de información (documentos) se agregó el soporte WebDAV<sup>3</sup> (*Web-based Distributed Authoring and Versioning*) al servidor de Web Tomcat. De esta forma se tiene la facilidad de editar y guardar de forma remota en nuestro servidor de Web, los documentos manipulados o generados en cada *sistema de workflow*, a través de la utilización de las aplicaciones de su cliente Office 2000.

En la siguiente sección se presenta el desarrollo de un prototipo de *workflow inalámbrico*, en el que se muestra la funcionalidad de las extensiones realizadas que acabamos de presentar.

## V.5. Resumen

En el presente capítulo se muestra la implementación de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor* con el propósito de proporcionar soporte a *sistemas de workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias.

En lo que respecta al servidor, se agrega una *Bitácora* de transacciones en el *contenedor de modelos y datos*. En el *módulo de soporte a la movilidad* se extiende el diseño del

---

<sup>3</sup> Conjunto de extensiones del protocolo HTTP (*HiperText Transfer Protocol*) que permite a los usuarios colaborar en la edición y administración de archivos a través de servidores de Web remotos [Wikipedia, 2001].

*mecanismo de sincronización* para proveer soporte a la sincronización de transacciones inalámbricas y desconectadas, y además se agrega el *manejador de actualizaciones* con el objetivo de realizar el manejo de la *Bitácora* de transacciones. Finalmente se realizaron algunos cambios al AGP con el propósito de que los actores del proceso tengan el conocimiento de cuales son los roles que se están desempeñando de manera inalámbrica.

En la arquitectura del cliente móvil se agregó el *mecanismo evaluador de la continuidad*, el *manejador local de bitácora* y el *mecanismo verificador de batería*. El primero se encarga de evaluar si después de una desconexión involuntaria es posible continuar desempeñando el rol en modo desconectado. El segundo se encarga de registrar las transacciones ejecutadas y pendientes en la *Bitácora* de transacciones del *contenedor de datos*, y de recuperar una transacción pendiente para actualizar el estado de un rol. El tercero se encarga de avisar el usuario la cantidad de batería disponible de la PDA. Además para efectos del funcionamiento de la propuesta de esta tesis se implementó el *coordinador local* y el *contenedor de datos*.

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo de un prototipo de *workflow inalámbrico*, con la finalidad de probar las extensiones realizadas a la arquitectura de *SysCoor*. Así como también se muestra una evaluación del prototipo de *workflow inalámbrico*, realizada con los actores reales del proceso de donde se obtuvo el escenario.

## Capítulo VI

# Desarrollo de un prototipo de workflow inalámbrico con el soporte ante desconexiones involuntarias

### VI.1. Introducción

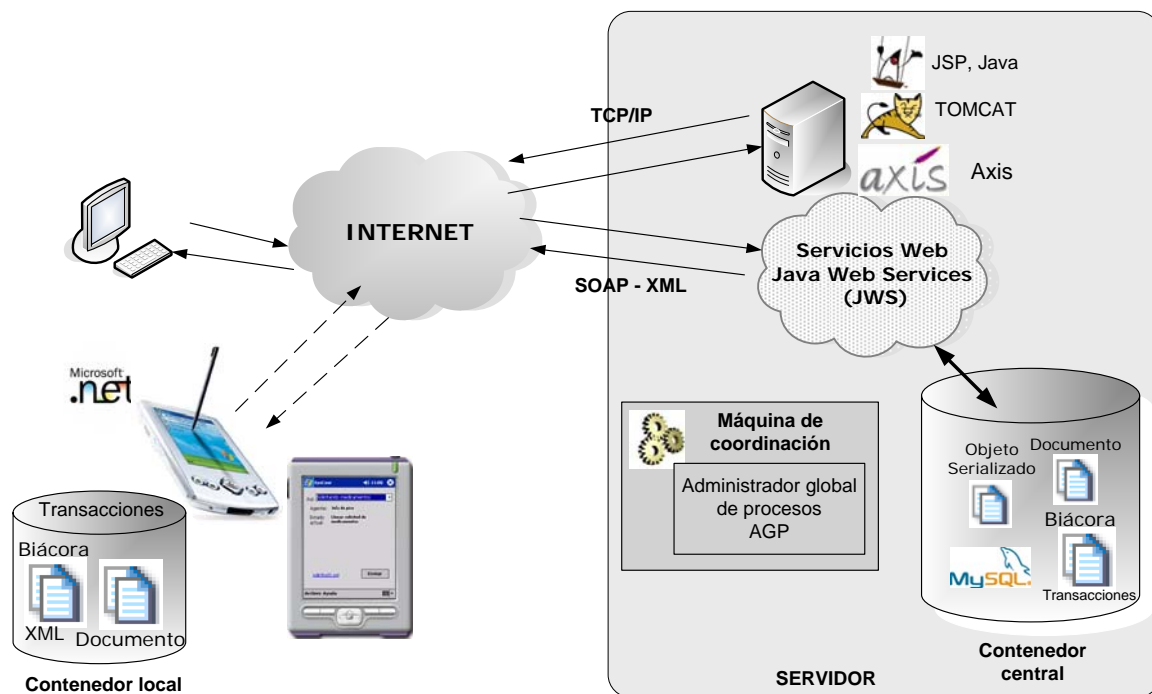
En el presente capítulo se muestra el desarrollo de un prototipo de *workflow inalámbrico* con la finalidad de probar las extensiones realizadas a la arquitectura de *SysCoor*, implementadas como soporte ante posibles desconexiones involuntarias en *sistemas de workflow inalámbrico*. Durante el desarrollo del prototipo, se ilustra detalladamente todo el proceso para generar el *sistema de workflow inalámbrico* desde el inicio. Basado en la arquitectura, se describe como se genera un *sistema de workflow inalámbrico*, como se lleva a cabo el *enactment* en el dispositivo móvil PDA y como es el funcionamiento del soporte ante desconexiones involuntarias. Se describe la tecnología de desarrollo utilizada para implementar *sistemas de workflow inalámbrico*, y el soporte ante desconexiones involuntarias. También se expone la necesidad de introducir un nuevo tipo de entidad de información, para cumplir con los requerimientos vistos en los escenarios del caso de estudio realizado en el área de medicina interna del hospital.

Finalmente se muestra una evaluación realizada al prototipo de *workflow inalámbrico* desarrollado, con el objetivo de conocer la percepción de los usuarios acerca de la propuesta de soporte tecnológico al proceso de *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna*.

## VI.2. Desarrollo de un prototipo de workflow inalámbrico

La implementación del prototipo se ejemplificará con el escenario “*Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*” obtenido del caso de estudio realizado y presentado en el capítulo III. El prototipo fue implementado con una PDA Pocket PC Dell Axim x30 con 624 MHz, 64 MB de memoria RAM y sistema operativo Microsoft Windows Mobile 2003 Second Edition. En esta PDA, también se probó el funcionamiento de los mecanismos y manejadores propuestos para extender la arquitectura de *SysCoor*.

Durante el desarrollo del prototipo se describirá la tecnología de desarrollo, ilustrada en la figura 21, utilizada para implementar *sistemas de workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias. Posteriormente se explicará cómo es que se genera y ejecuta un *sistema de workflow inalámbrico*.

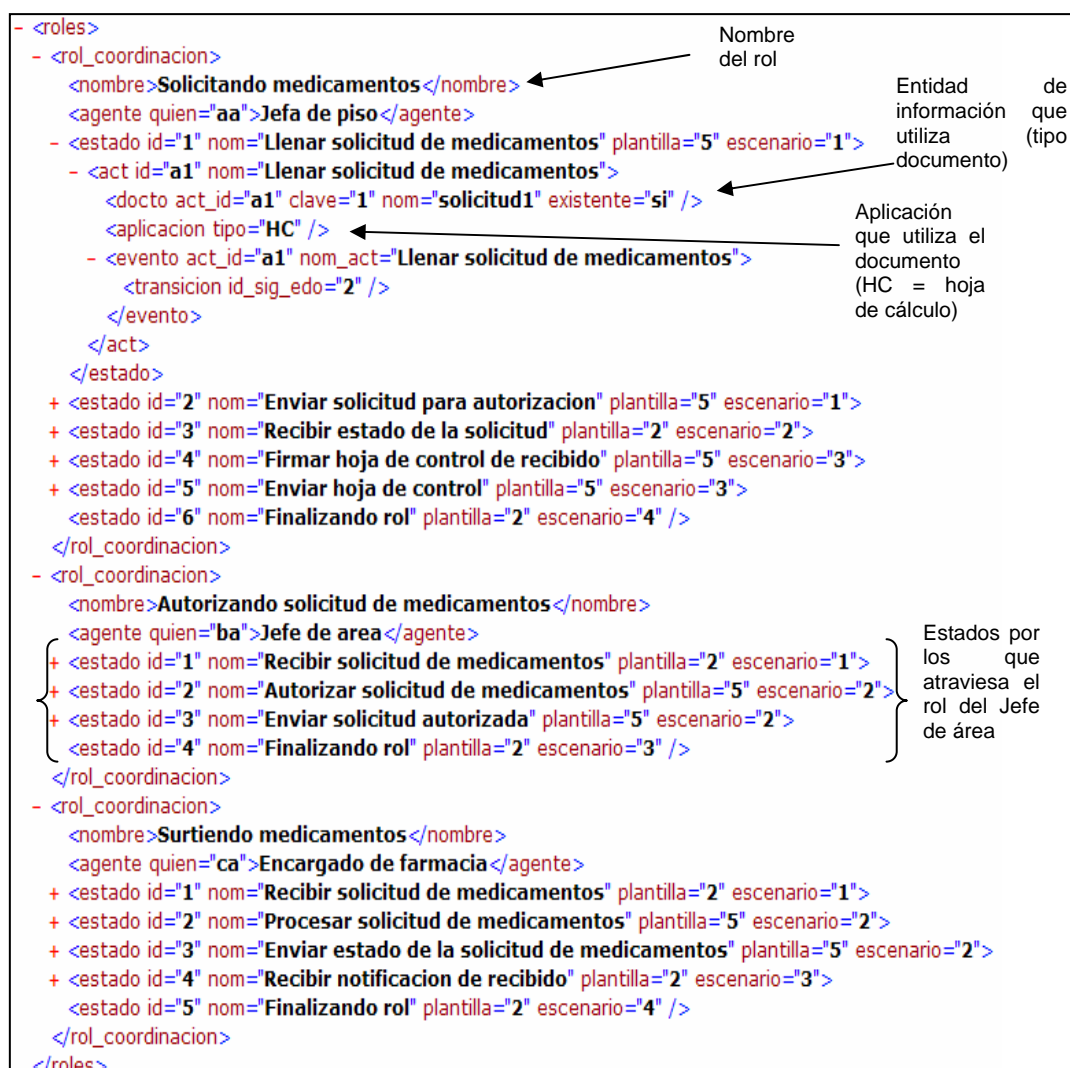


**Figura 21.** Comunicación entre el cliente móvil y la máquina de coordinación donde se muestra la tecnología utilizada.

La figura 21 también muestra otra vista de la arquitectura de *SysCoor*, donde se ilustra la tecnología de desarrollo utilizada para implementar las extensiones propuestas, y además refleja cómo es la comunicación inalámbrica entre el cliente móvil y la máquina de coordinación.

### **VI.2.1. Generación de un sistema de workflow ejecutable**

La generación de un *sistema de workflow* ejecutable, como se mencionó anteriormente, comienza con la definición del proceso que se quiere automatizar, a través de la generación del *modelo base de WF*. Este modelo se crea a través del *Generador de sistemas de workflow* de la arquitectura de *SysCoor*. En la figura 22 se muestra parte del *modelo base de WF* que representa el sistema de workflow del escenario que se seleccionó. En el modelo se representan los roles que participan en el proceso, con la etiqueta *rol\_coordinación*. Para cada rol se representan cada uno de los estados por los cuales atraviesa, y para cada estado las actividades que lo componen, las entidades de información correspondientes y las aplicaciones externas que utiliza. La definición del *modelo base de WF* se presenta a mayor detalle en el apéndice B.



**Figura 22.** Modelo base de WF del escenario “Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna”

Este *modelo base de WF* sirve como entrada al *generador de código*, el cual se encarga de leer este modelo y generar el modelo ejecutable que representa el *rol base* a través de un *objeto serializado*. Este *objeto serializado* contiene toda la información necesaria para llevar a cabo el control interno del rol así como las interacciones con otros roles, [Arroyo-Sandoval, 2003] dicho objeto es almacenado en el *contenedor central* (figura 21). Un *objeto serializado* permite guardar en un archivo un objeto definido en el lenguaje de programación Java [Deitel y Deitel, 1997].



## VI.2.2. Ejecución de un sistema de workflow inalámbrico

Para ejecutar un *sistema de workflow inalámbrico* primeramente se debe tener instalado el servidor Tomcat (figura 21) y en él la arquitectura de SysCoor. También se debe instalar la arquitectura del cliente móvil en la PDA (detalles que se presentan en una guía de instalación en el apéndice D).

Una vez que se ejecuta la aplicación, el funcionamiento de un *sistema de workflow inalámbrico*, se explica a continuación. Cuando un usuario del proceso desde una PDA se conecta a la *máquina de coordinación* en el servidor, accede directamente al *contenedor de datos y modelos* en el que residen entre otras cosas los *sistemas de workflow* creados. Estos sistemas de workflow están almacenados en forma de *objetos serializados*, como se ilustra en la figura 21. De tal forma que cuando se accede desde la PDA al WfMS SysCoor, lo primero que se hace es, verificar cuales son los *sistemas de workflow* disponibles por medio del servicio Web *ObtenerRol.js*, y se muestran al usuario, para que elija el *sistema de workflow inalámbrico* al que desea acceder. En la figura 23 se presenta la pantalla correspondiente que se muestra en la PDA.



**Figura 23.** Pantalla que se muestra en la PDA al elegir un sistema de workflow.

Una vez seleccionado el *sistema de workflow inalámbrico*, en este caso se eligió *SolMedicamentos\_002.dat* que como se mencionó representa el escenario “*Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*”, entonces se selecciona el rol que se va a desempeñar. Por lo que cuando se elige el *sistema de workflow*, inmediatamente después a través del servicio Web *ObtenerRol.jws*, como se ilustra en la figura 21, se obtienen los roles correspondientes. Para nuestro ejemplo los roles son: *Solicitando medicamentos* que desempeña el actor Jefa de piso, *Autorizando solicitud de medicamentos* que desempeña el Jefe de área y por último *Surtiendo medicamentos* que desempeña el Encargado de farmacia.

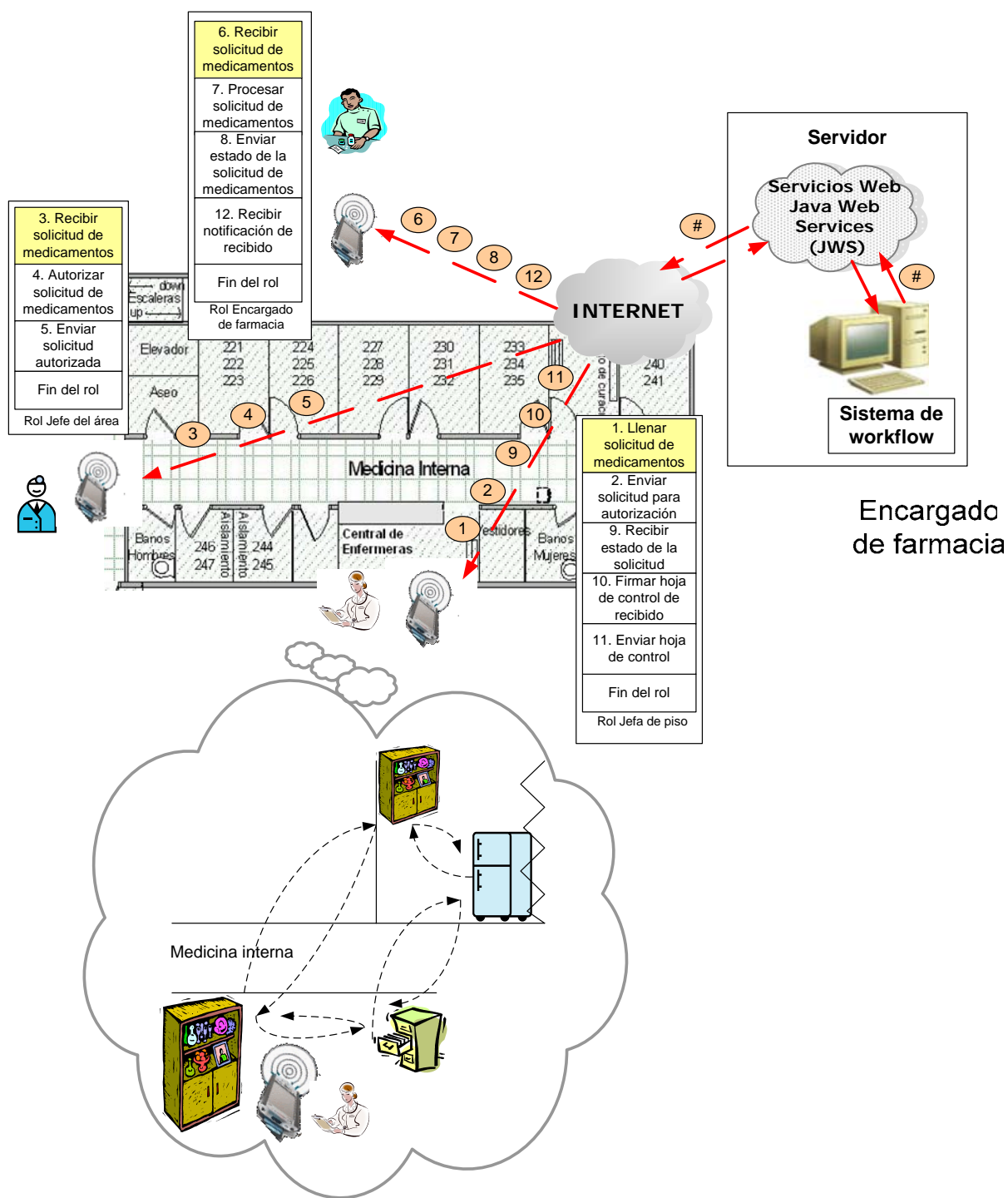
Al elegir el rol *Solicitando medicamentos* que desempeña el actor Jefa de piso, en seguida el cliente móvil, por medio del servicio Web *ObtenerRol.jws*, se comunica con el objeto serializado para obtener la información correspondiente al estado *actual* del rol elegido. Una vez que obtiene el *estado actual*, toma la información de ese estado y despliega la pantalla correspondiente, de acuerdo a la plantilla y escenario definidos para ese estado. Dado que la coordinación entre los roles participantes en el proceso y los estados de los *roles base* siguen siendo centralizados, por lo que son controlados por la máquina de coordinación y es necesario acceder a ella. Para este caso se supone que los tres roles del proceso se encuentran al inicio, es decir en su primer estado. En la figura 24 se observan las pantallas que se despliegan en la PDA en el estado inicial de cada uno de los tres roles.



**Figura 24.** Pantallas del estado inicial de los tres roles del proceso, de izquierda a derecha: el rol *Solicitando medicamentos*, el rol *Autorizando solicitud de medicamentos* y el rol *Surtiendo medicamentos*.

En este caso para el estado *uno* del rol *Solicitando medicamentos* según el *modelo base de WF* se definió la plantilla cinco, la cual indica que se trata de interacción con uno o más documentos. El *coordinador local* obtiene el nombre de la entidad de información (documento) y se encarga de bajarla al *contenedor local* por medio del servicio *Web ObtenerRol.jws* (figura 21). De esta forma el cliente móvil puede contar con ese documento de manera local, de tal forma que si ocurriese una desconexión involuntaria la jefa de piso pueda continuar llenando la solicitud de medicamentos. Posteriormente, cuando se reestablezca la comunicación con la red inalámbrica, se envía esta entidad de información actualizada al *contenedor central*, continuando así con el flujo de trabajo. Este aspecto del manejo de documentos (bajarlos al cliente móvil y subirlos al servidor) es posible en los *ambientes médicos* (con excepción del área de radiología) dado que las características de los documentos que manejan (formas, notas médicas, notas de enfermería, etc.). Ya que su formato y tamaño no son muy grandes, de esta forma se pueden utilizar en una PDA y computadora de escritorio sin complicaciones, lo que permite implementar el flujo de trabajo en el *sistema de workflow inalámbrico* de esta forma.

Cuando la jefa de piso termina de llenar la solicitud de medicamentos, la envía al *contenedor central* por medio del servicio Web *ObtenerRol.jws*. A partir de aquí se puede establecer que las transacciones del cliente móvil con el *objeto serializado* del sistema de workflow, se realizan por medio del servicio Web *ObtenerRol.jws*. Continuando con el prototipo, una vez que se ha enviado el documento al *contenedor central*, el cliente móvil por medio del *coordinador local*, actualiza el estado actual del rol en el *objeto serializado*. De esta forma obtiene el siguiente estado actual del rol, y con esto actualiza la pantalla de interacción en la PDA. Adicionalmente antes de hacer la actualización del estado del rol *Solicitando medicamentos*, el *coordinador local* verifica si el estado actual tiene alguna interacción con otro rol y con cuál actividad de ese rol. En caso de tenerla, el *coordinador local* actualiza el estado del rol con el que interactúa y por lo tanto la pantalla de interacción cambiaría automáticamente. En este ejemplo, la solicitud es enviada al jefe de área, quien es la persona que autoriza dicha solicitud. De tal forma que el estado del rol *Autorizando solicitud de medicamentos*, desempeñado por el jefe de área, cambia automáticamente cuando la jefa de piso envía la solicitud, de estar en el estado *recibir solicitud de medicamentos* al estado *autorizar solicitud de medicamentos*. Y el estado del rol *solicitando medicamentos* desempeñado por la jefa de piso cambia, del estado *llenar solicitud de medicamentos* al estado *recibir estado de la solicitud*. De esta forma continúa el flujo de trabajo establecido en el proceso descrito en el *sistema de workflow inalámbrico*; cambiando las pantallas presentadas al usuario, según el estado en el que se encuentre el rol y las interacciones que ocurran. El flujo de trabajo establecido en las actividades que se desempeñan dentro del proceso *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna* se muestra en la figura 25.



**Figura 25.** Flujo de trabajo establecido en el sistema de workflow inalámbrico para el proceso Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna.  
**Jefe del área**

En la figura 25 se ilustra que el flujo de las actividades es establecido por el *sistema de workflow inalámbrico*, que reside en el contenedor central del servidor, quien coordina, controla y comunica las actividades a realizar por cada rol. En la figura también se muestra que los *servicios Web* son la tecnología utilizada para que el cliente móvil se comunique, a través de la red de comunicación inalámbrica, con la máquina de coordinación.

#### VI.2.2.1. Interactuando con bases de datos (BDs)

Hasta ahora se ha visto que la interacción de los roles con las entidades de información han sido del tipo documentos, como la *solicitud de medicamentos* que utiliza la jefa de piso para surtir el fondo fijo de medicina interna. Además, y como resultado del análisis del caso de estudio presentado en el Capítulo III, en el escenario *solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna* se han visto la necesidad del uso de bases de datos, como otro tipo de entidad de información. Esto con el objetivo de que los médicos al realizar la receta, puedan consultar la existencia del medicamento y dirigirla al lugar donde será surtida, ya sea en el fondo fijo o en farmacia, o en su caso buscar el medicamento en otras áreas del hospital. También para la expedición y consulta de las mismas recetas.

Las interacciones con la base de datos son transparentes al usuario, ya que quedan dentro del flujo de trabajo. Su uso es simplemente para permitir este tipo de flujo de trabajo, donde el flujo cambia automáticamente dependiendo de los datos de entrada y donde se permite realizar consultas a bases de datos.

Con el propósito de probar este aspecto de la utilización de bases de datos como entidades de información, se implementó el prototipo de *sistema de workflow inalámbrico* en el escenario *solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*. En este prototipo se prueba la interacción del rol del médico base con la base de datos, donde ésta se lleva a cabo de manera transparente al usuario, durante el estado *hacer receta de medicamentos*. Una vez que el médico base expide la receta, la *envía*, durante esta

actividad según el *modelo base de WF* se efectúa la consulta en la base de datos del fondo fijo, si es posible surtirla entonces la receta se envía a la jefa de piso. En caso de que no pueda surtirse con el fondo fijo, se verifica en la base de datos de farmacia, de manera similar, si es posible surtirla entonces se envía a farmacia. Finalmente si no es posible surtir la receta ni en el fondo fijo ni en farmacia, la receta se envía a la jefa de piso para que ella tome las medidas que sean necesarias.

La implementación de la base de datos se hizo con MySQL en su versión 4.1, la cuál se aloja en el *contenedor de modelos y datos* del servidor. De aquí que al igual que con las entidades de información del tipo documentos y con el objeto serializado del *sistema de workflow*, la base de datos se accede a través de servicios Web, por lo que para esto se implementaron dos servicios Web, uno para acceder a la base de datos de medicina interna *FondoFijoDB.jws* y el otro para la base de datos de farmacia *FarmaciaDB.jws*.

Por medio del desarrollo del prototipo de *workflow inalámbrico*, en sus dos escenarios, se probó el soporte ante posibles desconexiones involuntarias en *sistemas de workflow inalámbrico*, validando así las extensiones realizadas a la arquitectura de *SysCoor*. Una vez presentado el desarrollo del prototipo de *workflow inalámbrico*, enseguida se muestra una evaluación realizada al mismo, con el fin de conocer la percepción de los usuarios.

### **VI.3. Evaluación del prototipo**

Con el propósito de validar el prototipo de *workflow inalámbrico* implementado, se diseñó y llevó a cabo una evaluación dentro del ambiente médico para el cual estuvo diseñado.

#### **VI.3.1. Actividades realizadas**

Para llevar a cabo la evaluación, se realizó una presentación del prototipo de *workflow inalámbrico* al personal del hospital involucrado directa e indirectamente en el proceso,

posteriormente mediante un cuestionario y algunas entrevistas se obtuvieron sus observaciones. Los cuestionarios aplicados se muestran en el apéndice E. En la evaluación participaron 6 personas, 3 del área de medicina interna; la jefa de piso y 2 enfermeras, y 3 personas de farmacia; el jefe de abastecimientos, la coordinadora de farmacia y el encargado de compras de farmacia. Esta evaluación se realizó con el objetivo de conocer la percepción de los usuarios en cuanto al *sistema de workflow inalámbrico*, principalmente en cuatro áreas de interés: utilidad, manejo de información, facilidad de uso y propuestas de mejora.

### **VI.3.2. Resultados y discusión**

Una vez realizada la evaluación, se llevó a cabo un análisis de la información obtenida tanto por los cuestionarios aplicados como por entrevistas y comentarios que surgieron en el momento, los días de las sesiones. Los resultados del análisis en las cuatro áreas de interés se muestran a continuación.

#### **VI.3.2.1. Utilidad**

Evaluando este aspecto se puede conocer la opinión de los usuarios en cuanto a la utilidad percibida del sistema como apoyo a sus actividades.

Como resultado se obtuvo que los 6 participantes en la evaluación, consideran que el sistema es útil para mejorar el proceso, afirman que los apoyaría en la coordinación, comunicación entre los participantes del proceso, en su desempeño, productividad, facilita el trabajo y disminuye el tiempo en completar el trabajo.

La coordinadora de farmacia asevera que a pesar de que la propuesta no apoya directamente su proceso para surtir medicamentos de forma externa, les apoya en la comunicación con el área y la coordinación en el surtido de medicamentos, así como también agilizaría la atención a las solicitudes de medicamentos.



#### VI.3.2.2. Manejo de información

En el manejo de información, los 6 participantes consideraron que el sistema toma en cuenta la información necesaria para realizar la solicitud de medicamentos así como para surtirla.

#### VI.3.2.3. Facilidad de uso

En este aspecto se conoce si consideran sencillo o no el uso del sistema, tomando en cuenta que tendrían una sesión de capacitación en el uso de dispositivos PDA.

El resultado en ésta área fue que 4 de los participantes están de acuerdo en que es sencillo el uso del sistema, los otros 2 participantes se mostraron neutrales a esta pregunta. Sin embargo, los 6 participantes aseveran que estarían dispuestos a utilizar el *sistema de workflow inalámbrico*, ya que podría brindarles beneficios dentro de las actividades que realizan en el proceso.

#### VI.3.2.4. Propuestas de mejora

Esta área es una de las más enriquecedoras de la evaluación, ya que con ella se puede conocer sus impresiones en cuanto a las propuestas de mejora al sistema considerando las tres áreas anteriores. También sus opiniones en cuanto al posible uso de un sistema como éste (*sistema de workflow inalámbrico*) como apoyo en otros procesos y en otras áreas.

En general los resultados se inclinaron a que tal vez con el uso del sistema podrían observarse las propuestas de mejora. Sin embargo el encargado de compras argumentó su preocupación por el uso “legal” del sistema, es decir por aspectos de seguridad en cuanto al uso de información fidedigna. Particularmente el encargado de farmacia, mostró su preocupación porque pudiese presentarse el caso de la expedición de recetas de pacientes inexistentes, mas sin embargo nosotros creemos que aspectos como éste podrían solucionarse si el sistema se conectara a la base de datos de pacientes del hospital.

En cuanto al uso de un sistema como éste en otras áreas, los 6 participantes coincidieron en que los procesos de laboratorio y rayos x podrían favorecerse de una propuesta como ésta. Para el caso del proceso de laboratorios el personal de medicina interna argumenta tener dificultades y falta de coordinación con esta área, lo que representa atrasos importantes para la atención, incluso prescripción de medicamentos apropiados a los pacientes, por lo que un sistema como estos podría brindarles ayuda. Para el caso de rayos x, el personal de farmacia comentó que el proceso de obtención de citas en ésta área podría beneficiarse de un sistema como éste que se encargue de coordinar las actividades, ya que la omisión o incorrecta ejecución de ciertas tareas puede generar atrasos importantes para la pronta atención del paciente. Además el personal de farmacia agregó que el contar con un sistema como este podría ayudarles a obtener información fidedigna en cuanto al medicamento con el que cuentan las distintas áreas del hospital, y así agilizar su proceso de obtención de medicamentos. El personal de farmacia mostró también su interés porque se estudiara su proceso de obtención y solicitud de medicamentos, para que pudiese apoyarse a través de un sistema como estos, que les ayudaría a coordinar y agilizar sus actividades. Otras opciones sugeridas, de uso de un sistema como éste en otras áreas fueron los procesos de hoja de enfermería, surtido de material de curación y control del equipo electromédico.

Los resultados obtenidos de la evaluación del *sistema de workflow inalámbrico*, como soporte a las actividades realizadas en el proceso de solicitud de medicamentos del área de medicina interna, fueron satisfactorios. Los participantes encontraron que el sistema es útil, considera la información necesaria, es de fácil uso, incluso creen que un sistema como éste podría beneficiar los procesos de otras áreas.

#### **VI.4. Resumen**

En el presente capítulo se muestra la implementación de un prototipo de *workflow inalámbrico* con el soporte ante desconexiones involuntarias. Se explica como se

implementa un *sistema de workflow inalámbrico* desde el inicio, esto es desde la generación del *modelo base de WF* hasta la ejecución del mismo sistema. También, se describe como se implementa la sincronización de roles después de una desconexión involuntaria, donde se ilustra la implementación del modelo transaccional en ambientes móviles seleccionado. Mediante el escenario *solicitud de medicamentos con receta*, obtenido del caso de estudio seleccionado, se expone la necesidad de introducir un nuevo tipo de entidad de información, esta es una base de datos.

Finalmente se presenta la evaluación realizada al prototipo de *workflow inalámbrico*, donde participaron los actores involucrados directa e indirectamente en el proceso; personal del área tanto de medicina interna como de farmacia. Así como también se muestran las actividades llevadas a cabo para la realización de la evaluación, los resultados obtenidos y una discusión en cada uno de los cuatro aspectos que se evaluaron; utilidad, manejo de información, facilidad de uso y propuestas de mejora. De acuerdo a los resultados de la evaluación, se obtuvo una buena percepción de los usuarios en cuanto a la posible utilidad y uso del sistema, afirmando que estarían de acuerdo en utilizarlo.

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo de tesis.

## Capítulo VII

# Conclusiones, aportaciones y trabajo a futuro

### VII.1. Conclusiones

Actualmente los *sistemas de workflow* son considerados una herramienta importante para aumentar y mejorar la productividad y eficiencia de los procesos organizacionales. Estos sistemas han jugado un papel muy importante en el propósito de alcanzar la meta de mejorar la eficiencia, productividad y servicios en las organizaciones. Aunado a lo anterior, recientemente surgen en las organizaciones nuevos esquemas de trabajo, donde la movilidad de las personas que desempeñan sus actividades, es un factor que va en incremento. Adicionalmente se debe considerar la incorporación y el uso de nuevas tecnologías de apoyo al trabajo móvil, tales como dispositivos móviles e infraestructuras inalámbricas. En este sentido, en este trabajo se ha considerado el uso de *sistemas de workflow inalámbrico* como apoyo a estos nuevos esquemas de trabajo móviles, en infraestructuras inalámbricas con el soporte ante posibles desconexiones involuntarias en este tipo de sistemas.

Con el fin de conocer el trabajo previo realizado, encaminado hacia el apoyo a la movilidad de las personas en organizaciones con infraestructuras inalámbricas a través de los *sistemas de workflow*, se encontró el concepto de workflow desconectado. Workflow desconectado permite que un cliente desempeñe su trabajo aunque no se encuentre conectado a la red en la que normalmente desempeña su trabajo. Trabajar de forma desconectada implica que la desconexión es planeada y esperada, por lo que se habla de una desconexión voluntaria. En este sentido, se analizan trabajos anteriores en los que se

señala el trabajo a futuro, donde la tendencia es hacia el apoyo a desconexiones involuntarias en sistemas de workflow. De aquí que con el fin de obtener requerimientos que apoyen la generación de sistemas de workflow con el soporte ante desconexiones involuntarias, se realizó un análisis del trabajo previo, dos casos de estudio y se obtuvo algunas restricciones de la arquitectura de *SysCoor*, en la cuál se basa este trabajo de tesis. Los casos de estudio fueron realizados en un hospital público en la ciudad de Ensenada, en las áreas de urgencias y medicina interna. Posteriormente, de un análisis de los requerimientos obtenidos de la revisión de la literatura y de los casos de estudio realizados, se obtuvieron cuatro mecanismos y manejadores necesarios para extender la arquitectura de *SysCoor*. Estas extensiones apoyan la generación de *sistemas de workflow inalámbrico*, proporcionando soporte ante posibles desconexiones involuntarias.

Las extensiones mencionadas establecen que se debe contar con un *manejador de Bitácora* y con una *Bitácora*, en la cuál se registren las transacciones realizadas por el cliente de manera inalámbrica. Estos elementos deberán residir tanto en el cliente como en el servidor, con el fin de mantener la consistencia en el sistema de workflow. Además se debe contar con un *mecanismo evaluador de la continuidad*, que analice si después de una desconexión involuntaria, es posible trabajar de manera desconectada. Finalmente, se debe contar con un *mecanismo verificador de batería*, el cuál se encargue de notificar al usuario la cantidad de batería que le resta al dispositivo móvil.

Para probar el funcionamiento de las extensiones realizadas, se desarrollaron dos prototipos de *workflow inalámbrico*, obtenidos del proceso de *Solicitud de medicamentos* del caso de estudio realizado en el área de medicina interna del hospital. De este proceso se obtuvieron dos escenarios, que fueron: el de *solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna* y el de *solicitud de medicamentos con receta*, de los cuales se implementaron los prototipos. La implementación de las extensiones se hizo de acuerdo al análisis y diseño realizado de las mismas.

Se mostró el funcionamiento de las extensiones de la arquitectura de *SysCoor* a través del desempeño de los prototipos de *workflow inalámbrico* implementados, haciendo uso de ellos en el laboratorio de trabajo y en el área circundante, intercambiando entre distintos espacios fijos, dentro y fuera de la infraestructura de red inalámbrica. Como resultado se obtuvo que las extensiones funcionan satisfactoriamente. Se puede recuperar un estado consistente del *sistema de workflow inalámbrico* después de una desconexión involuntaria. También se observó que es posible continuar conectado de forma inalámbrica en un radio aproximado de 18 metros del punto de acceso, utilizando el protocolo de comunicaciones estándar IEEE 802.11.

Finalmente se llevó a cabo una evaluación del prototipo de *workflow inalámbrico*, con el objetivo de conocer la percepción de los usuarios en cuanto a la propuesta de soporte tecnológico al proceso de *solicitud de medicamentos del área de medicina interna*. Para dicha evaluación se realizó una presentación del sistema al personal del hospital involucrado directa e indirectamente en el proceso, y se aplicaron algunos cuestionarios. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, los participantes encontraron que el sistema es útil, considera la información necesaria, es de fácil uso, incluso creen que un sistema como éste podría beneficiar los procesos de otras áreas. Por los resultados, se puede concluir que los *sistemas de workflow inalámbrico* son una buena opción de soporte a los flujos y esquemas de trabajo de las personas que trabajan en los hospitales, ya que por medio de ellos se puede brindar una mejor calidad de atención al paciente al hacer más eficiente la forma y tiempo de ejecución de las actividades. Por lo anterior se concluye que un *sistema de workflow inalámbrico* es útil para apoyar los esquemas de trabajo móviles en infraestructuras de red inalámbricas, mejorando la coordinación, control y comunicación de los participantes en los procesos. Así como también, de acuerdo a los escenarios obtenidos, concluimos que un *sistema de workflow inalámbrico* sin el soporte a desconexiones involuntarias no podría apoyar los esquemas de trabajo móviles en organizaciones con infraestructura de red inalámbrica. Lo anterior debido a que se debe tomar en cuenta la forma de trabajo de las personas, donde al estar desempeñando su trabajo utilizando la red

de comunicación dentro de una infraestructura inalámbrica, intercambian entre distintos espacios fijos.

## VII.2. Aportaciones

La principal contribución de este trabajo de investigación es la definición de los mecanismos y manejadores necesarios para proporcionar apoyo ante desconexiones involuntarias en *sistemas de workflow inalámbrico*. Como consecuencia de lo anterior, se extiende la funcionalidad de *SysCoor*, permitiendo ahora desarrollar sistemas de workflow que pueden ejecutarse de distintas formas. Entre estas formas se encuentran: de manera conectada, desde el navegador en una computadora convencional de escritorio dentro de una infraestructura de red alámbrica [García-Carrillo, 2001; Ramírez-Fernández, 2002]; la operación desconectada desempeñándose desde una PDA [Arroyo-Sandoval, 2003]; y ahora de manera conectada, desempeñándose desde una PDA dentro de una infraestructura de red inalámbrica.

Adicionalmente en este trabajo se define el concepto de *workflow inalámbrico*, como el flujo y control de información entre actividades dentro de un proceso, donde los usuarios desempeñan su trabajo utilizando dispositivos móviles PDAs conectados a una infraestructura de red inalámbrica. Este concepto y el trabajo realizado en esta tesis, toma en cuenta las funcionalidades de un verdadero *sistema de workflow*, de esta manera establecemos también el concepto de *sistemas de workflow inalámbrico*. Los *sistemas de workflow inalámbrico* permiten a los usuarios de dispositivos PDAs desempeñar su trabajo a través de un *sistema de workflow* dentro de una infraestructura de red inalámbrica, donde se proporciona soporte antes posibles desconexiones involuntarias.

Además con este trabajo de investigación, se presenta una primera propuesta de soporte a desconexiones involuntarias en *sistemas de workflow* con el enfoque de transacciones.

La realización de este trabajo de tesis también generó un artículo, que lleva por título “*Apoyo a esquemas de trabajo móvil en ambientes hospitalarios a través del uso de sistemas de workflow inalámbrico*”, a publicarse en el Taller de Computación Clínica e Informática Médica dentro del Encuentro Internacional de Ciencias de la Computación (ENC’05), por presentarse en Septiembre del 2005 en la ciudad de Puebla, México.

### **VII.3. Trabajo a futuro**

El área de investigación en los sistemas de workflow es muy amplia, donde una de sus vertientes se dirige hacia el soporte que éstos pueden brindar a los usuarios, tomando en cuenta la forma en la que las personas realizan su trabajo. En este sentido, en este trabajo se aborda el soporte a la movilidad de las personas en las organizaciones dentro de infraestructuras de red inalámbricas, a través de *sistemas de workflow inalámbrico*. A continuación se presenta el trabajo a futuro, relacionado con el apoyo a la movilidad de los usuarios en infraestructuras de redes inalámbricas.

En este trabajo de tesis se realizó el análisis y diseño de las extensiones propuestas a la arquitectura de *SysCoor* para apoyar a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias, trabajo que utilizó un enfoque transaccional para brindar este apoyo. De acuerdo a los casos de estudio realizados, se observa que la mayoría de las desconexiones que pudiesen ocurrir son por períodos cortos (segundos o minutos), por lo que esperar la reconexión no implica atrasar el flujo de trabajo. Por lo anterior, la alternativa de soporte al flujo de trabajo fue esperar la reconexión con la red de comunicación inalámbrica. Por otro lado se observó que otra alternativa al flujo de trabajo es, después de una desconexión involuntaria, continuar trabajando a pesar de la desconexión, pero en modo desconectado. Opción que se consideró, donde hasta después que ocurriese la desconexión involuntaria el usuario podría trabajar en modo desconectado, pero para que se pudiese trabajar de esta forma, el usuario antes tendría que haber desconectado las actividades que va a desempeñar. De aquí que como trabajo a futuro, se



propone integrar el desarrollo de esta opción a este trabajo, de esta forma contar con las dos alternativas de soporte al flujo de trabajo ante desconexiones involuntarias, y así tener una arquitectura más completa. Una posible opción para integrarla es utilizar agentes inteligentes que monitoreen la intensidad de la señal, que cuando detecten que el usuario va a salir del rango de cobertura de la red inalámbrica, le propongan que opere en modo desconectado antes de que ocurra la desconexión involuntaria. Así no es necesario que el usuario esté preparado con la información para operar en modo desconectado, sino que el agente la prepararía cuando detecte que la intensidad de la señal esté disminuyendo. Un agente puede ser visto como una entidad que se encarga de tratar con un problema en específico observando autonomía, sociabilidad e iniciativa [Wooldrige y Jennings, 1995].

El soporte que brindamos a los *sistemas de workflow inalámbrico* ante posibles desconexiones involuntarias, hace que al presentarse una desconexión de este tipo, el usuario debe esperar a que se vuelva a reestablecer la comunicación con la máquina de coordinación central, esto dentro de la red en la que se encuentra desempeñando sus actividades. De acuerdo a los modelos de transacciones en ambientes móviles, que se enfocan a estudiar los movimientos de los clientes móviles de célula en célula, esto es, de red en red, podríamos considerar implementar este enfoque como soporte para establecer la comunicación con la máquina de coordinación central. Con lo anterior, esperaríamos que cuando un cliente móvil salga de la red en la que normalmente desempeña su trabajo, pueda reestablecer la comunicación con la máquina de coordinación central, dentro de la célula en la que se encuentre. Una opción es, considerando los modelos de transacciones en ambientes móviles con este enfoque, utilizar agentes inteligentes que se encarguen de reconfigurar el cliente móvil automáticamente a una nueva célula, cada vez que salga de la célula donde se encuentre.

Por otro lado, la arquitectura de *SysCoor* permite interactuar con aplicaciones de Microsoft Office, como Word y Excel, y Pocket Word y Pocket Excel, donde a través de ellas el *sistema de workflow inalámbrico* maneja las entidades de información del tipo

documentos, así los usuarios pueden ver y editar documentos desde un dispositivo PDA. Sin embargo en otros procesos, como por ejemplo los del área de radiología en un hospital, es muy común la interacción con imágenes, aspecto que no fue considerado en este trabajo de tesis. No obstante para estos casos sería útil y necesario que el *sistema de workflow inalámbrico* interactúe con otras aplicaciones que manejen este tipo de entidades de información (las imágenes), de tal forma que el usuario pueda, al igual que con los documentos, ver y editar las imágenes.

También se propone como trabajo a futuro, que se implante el *sistema de workflow inalámbrico* propuesto para brindar soporte a las actividades que se desempeñan en el proceso *Solicitud de medicamentos* del área de medicina interna estudiado. Y por lo anterior, considerar mejor el manejo de formatos, para que se adecuen a los utilizados en el hospital. Así como también, considerar el desarrollo e implementación de otros *sistemas de workflow inalámbrico* en otras áreas del hospital, que coordinan sus actividades con el proceso estudiado. Con lo anterior, se busca lograr implementar una mejora más integral, mejorando la coordinación, control y comunicación en las actividades que llevan a cabo, con el fin de brindar una mejor atención al paciente.

## Referencias

Aeroprise Inc. 2001. *The Aeroprise solution*.  
[http://www.aeroprise.com/net/press\\_remedy.htm](http://www.aeroprise.com/net/press_remedy.htm). Agosto 12 de 2004.

Agrawal, D. y El Abbadi, A. 1992. “*Transaction management in database systems*”.  
En: K. Elmagarmid (ed.). *Database transaction models*. Morgan Kaufmann publishers,  
San Mateo California, 2-31 p.

Alonso, G., Gunthor, R., Kamath, M., Agrawal, D., El Abbadi, A. y Mohan, C. 1995.  
“*Exotica/FMDC: Handling Disconnected Clients in a Workflow Management System*”.  
*Journal of Distributed and Parallel Databases: Special Issue on Databases and Mobile  
Computing*. 4(3): 229-248 p.

Alonso, G., Agrawal, D., Abbadi, A., Kamath, M., Gunthor y Mohan, C. 1996.  
“*Advanced Transaction Models in Workflow Context*”. IBM Research Report RJ9970  
IBM Almaden Research Center. 574-581 p.

Alonso, G., Hagen, C., Agrawal, D., El Abbadi, A. y Mohan, C. 2000. “*Enhancing the  
Fault tolerance of workflow management systems*”. *IEEE Concurrency parallel,  
distributed and mobile computing*. 8(3): 77-81 p.

Arroyo Sandoval, P., Martínez García, A. y Ramírez Fernández, C. 2003. “*An  
Architecture for Supporting Disconnected Operation in Workflow: An XML-Based  
Approach*”. CRIWG 2003, *Lecture Notes in Computer Science* 2806. 1:159-167 p.

Arroyo Sandoval, P. 2003. “*Apoyo a la operación desconectada en sistemas de  
workflow en dispositivos móviles*”. Tesis de Maestría Centro de Investigación

Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada Baja California México.  
159 pp.

Apache Project. “*WebServices-Axis*”.  
<http://ws.apache.org/axis/java/install.html#Step0Concepts>. Junio 27 del 2005.

Bolcer, G. 2000. “*Magi: An Architecture for Mobile and Disconnected Workflow*”. IEEE Internet Computing. 4(3): 46-54 p.

Booch, G., Rumbaugh, J. y Jacobson, I. 1999. “*The unified modeling language user guide*”. Addison-Wesley Ed. Segunda edición. Boston, MA. 230 pp.

Buffone, G., Moreau, D. y Beck, R. 1995. “*Improving Management and Efficiency of Pathology Diagnostic Services*”. American Journal of Clinical Pathology. 4(1): 17-24 p.

Chang Jin, W. y Scott, T. 1996. “*Agent- Based Workflow: TRP Support Environment (TSE)*”. Elsevier Science Publishers B. V. 28(7):1501-1511 p.

Curtis, B., Kellner, M. I. y Over, J. 1992. “*Process Modeling*”. Communications of the ACM. 35( 9): 74-89 p.

Deitel, H. y Deitel, P. 1997. “*Java How to Program*”. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. 680 pp.

Desarrollo Web.com. “*Web Services y la evolución hacia la Economía Global*”.  
<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1537.php?manual=54>. Junio 27 del 2005.

Eder, J. y Liebhart, W. 1996. “*Workflow Transactions*”. En: P. Lawrence (ed.) Workflow Handbook. Wiley & Sons, New York, NY, 195-202 p.

EXADEL Inc. 2004. *EXADEL Wireless Workflow*.  
[http://www.exadel.com/products\\_wirelessworkflow.htm](http://www.exadel.com/products_wirelessworkflow.htm). Agosto 11 de 2004.

Fernstrom, C. y Lennart, F. 1991. "*Integration Need in Process Enacted Environments*". Proceedings of the First international Conference on the Software Process, 2001, IEEE Press. 142-158 p.

García Carrillo, F. 2001. "Desarrollo de una arquitectura de coordinación de procesos organizacionales en Internet". Tesis de Maestría Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada Baja California México. 171 pp.

García Carrillo, F., Ramírez Fernández, C., Martínez García, A. y Rojas Iñiguez, F. 2002. "*An Organizational Coordination Systems using Process Models in XML*". Grupo de Ingeniería de Procesos, Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE. Reporte técnico.

Goldberg, S. y Wickramasinghe, N. 2003. "*21 ST. Century Healthcare - The Wireless panacea*". Proceedings of the 36th Hawaii international conference on system sciences, HICSS'03, IEEE Computer Society Press. 6(6):163-171 p.

Greenberg, S., Boyle, M. y Laberge, J. 1999. "*PDA's and Shared Public Displays: Making Personal Information Public, and Public Information Personal*". Personal Technologies. 3(1): 54-64 p.

Greenwood, R.M., Robertson, I., Snowdon, R. A. y Warboys, B.C. 1998. "*Active Models in Business*". Proceedings of the 5th Annual Conference on Business Information Technology, BIT'95, Manchester Metropolitan University. 141-152 p.

Gutiérrez, A. y Martínez, R. 2001. “*XML a través de ejemplos*”. Alfaomega Grupo Editor. Primera edición. Madrid, España. 490 pp.

Hartleben, L. y Felgar, M. 2002. “*A CORBA-Based Workflow Management System for Wireless Communication Environments*”. CoopIS/DOA/ODBASE 2002, Lecture Notes In Computer Science. 2519:827-844 p.

Humphrey, W. S. y Feiler, P. H. 1992. “*Software process development and enactment: concepts and definitions*”. Proceedings of the second international conference on the software process, ICSP2, 1993, IEEE Press. 28-40 p.

Lederman, R. y Morrison, I. 2002. “*Examining Quality of Care – How Poor Information Flow can Impact on Hospital Workflow and Affect Patient Outcomes*”. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS-35’02, IEEE Computer Society. 6(6): 142-150 p.

Litiu, R. y Prakash, A. 2000. “*Developing Adaptive Groupware Applications Using a Mobile Component Framework*”. Proceedings of CSCW 2000, ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, ACM Press 2000. 107-116 p.

Luo, Z., Sheth, A., Kochut, K. y Miller, J. 2002. “*Exception Handling in Workflow System*”. Large Scale Distributed Information System Lab, Computer Science department, University of Georgia. 13(2):125-147 p.

Méndez Olague, R. 2002. “*Simulación de procesos organizacionales*”. Tesis de Maestría Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada Baja California México. 197 pp.

Michel-Verkerke, M. B. 2004. "*Workflow Management for Multiple Sclerosis Patients: IT and Organization*". Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Science, HICSS-36'04, IEEE Computer Society. 6(6):60145a.

Miers, D. 1996. "*Use of Tools and Technology within a BPR Initiative in Business Process Reengineering*". En: Coulson-Thomas Colin (Ed). Business Processes Reengineering: Myth and reality. Kogan Page Limited, Londres, 142-165 p.

Melão, N. y Pidd, M. 2000. "*A conceptual framework for understanding business processes and business process modeling*". Information Systems Journal. 10:105-129 p.

Monk, A. y Howard, S. 1998. "*The rich picture: A tool for reasoning about work context*". Interactions. 5(2): 21-30 p.

Moreno, J., Varese, I. y Joyanes, L. 2003. "*Modelo transaccional para aplicaciones de workflow*". II Simposio internacional de sistemas de información e ingeniería de software en la sociedad del conocimiento, SISOFT 2003. 1-14 p.

Muñoz Duarte, M. 2003. "*Computo colaborativo consciente del contexto*". Tesis de Maestría Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada Baja California México. 200 pp.

Maruyama, H., Tamura, K. Y Uramoto N. 2000. "*Sitios Web con XML y Java*". Editorial Prentice Hall. Primera Edición. Madrid, España. 381 pp.

Murray, M. 2002. "*Strategies for the successful Implementation of Workflow Systems within Healthcare: A cross case comparison*". Proceedings of the 36th Annual Hawaii

International Conference on System Sciences, HICSS-35'03, IEEE Computer Society. 6(6):166-176 p.

Nodtvedt, J. 2003. "*Mobility and context-awareness in workflow systems*". Proyecto de maestría TDT4735; Instituto de ciencias de la computación e información (IDI), Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU). 66 pp.

Optical Image Technology Inc. 2002. *OIT's Wireless Workflow*. [http://www.docfinity.com/news\\_events/Wireless%20Workflow%20050902.htm](http://www.docfinity.com/news_events/Wireless%20Workflow%20050902.htm). Agosto 12 de 2004.

Ould, M. 1995. "*Business Processes: Modelling and Analysis for Reengineering and Improvement*". John Wiley & Sons Ed. Primera Edición. West Sussex, England. 245-290 p.

Pacheco Soto, M. 2004. "*Soporte a la toma de decisiones con enfoque a la ingeniería de procesos*". Tesis de Maestría Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada Baja California México. 276 pp.

Pappas, C., Coscia, E., Doderio, G, Gianuzzi, V., Earney, M. 2002. "*A Mobile E-Health System Based on Workflow Automation Tools*". Proceedings of the 15th. IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, CBMS'02, IEEE Computer Society Press. 271-276 p.

Peppard, J. y Rowland, P. 1996. "*La esencia de la reingeniería en los procesos de negocios*". Prentice Hall Hispanoamérica. Primera edición. México. 224 pp.

Pepin, C. y Kriger, C. 2002. "*Creating a Lotus Notes application with Domino Everyplace Enterprise*". The Technical Resource for Lotus Software. 155 pp.



Pitoura, E. y Bahargava, B. 1995. “*Maintaining Consistency of Data in Mobile Distributed Environments*”. Proceedings of the 15th International Conference on Distributing Computing Systems, ICDCS 1995, Vancouver, British Columbia, Canada 404-413 p.

Pitoura, E. y Samaras, G. 1998. “*Data Management for Mobile Computing*”. Kluwer academic publishers (ed.). Primera edición. Netherlands. 172 pp.

Preguica, N., J., Martins, L., Cunha, M., Domingos, H. 2003. “*Reservations for conflict avoidance in a mobile database system*”. Proceedings of the first international conference on mobile systems, applications and services, MobiSys 2003, Usenix Association. 43-56 p.

Pucheral, P., Bernard, G., Ben-Othman, J., Bouganim, L., Canals, G., Chabridon, S., Defude, B., Ferrié, J., Gancarski, S., Guerraoui, R., Molli, P., Roncancio, C., Serrano-Alvarado, P. y Valduriez, P. 2004. “*Mobile Databases: A selection of open issues and research directions*”. ACM SIGMOD Record, France Research. 33(2): 78-83 p.

Ramírez Fernández, C. 2002. “*Generación de sistemas de coordinación a través de modelos de procesos representados en XML*”. Tesis de Maestría Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada Baja California México. 179 pp.

Reddy, M. y Dourish, P. 2002. “*A Finger on the Pulse: Temporal Rhythms and Information Seeking in Medical Work*”. Proceedings of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW, ACM Press. 344-353 p.

Rumbaugh, J., Jacobson, I. Booch, G. 2000. “*El lenguaje unificado de modelado. Manual de referencia*”. Addison-Wesley Ed. Segunda edición. Madrid, España. 552 pp.

Rusinkiewicz, M. y Sheth, A. 1995. “*Specification and Execution of Transactional Workflows*”. En: W. Kim (ed.). Modern database systems: the object model, interoperability, and beyond. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., Ma. USA, 592-620 p.

SAT, Corp. 1999. *IntelaTrac*. [http://www.mt-online.com/articles/0203\\_wireless.cfm](http://www.mt-online.com/articles/0203_wireless.cfm). Agosto 11 de 2004.

Serrano Alvarado, P., Roncancio, C. y Adiba, M. 2003. “*A Survey of Mobile Transactions*”. LSR-IMAG Laboratory, France. 16(2):193-230 p.

Seung, L., Dongsoo, H. y Dongman, L. 2001. “*Supporting Voluntary Disconnection in WFMSs*”. Proceedings of the third International Symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications, CODAS'01. 147- 154 p.

Shet, A. y Rusinkiewicz, M. 1993. “*On Transactional Workflows*”. Journal Data Engineering Bulletin. 16(2): 37-40 p.

Silver, B. 1999. “*Domino Workflow white paper. Automating Real-World Business Processes*”. Bruce Silver Associates. Industry Trend Reports. 125 pp.

Spil, T. y Schuring, R. 2002. “*Healthcare Chain Workflow Management by Use of IT*”. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS-35'03. IEEE Computer Society. 1 p.

Tzvetannova, M. 2002. “*Transactions in workflows*”. Workflow Management Seminar. Database and Information Systems. Department of computer and information science, University of Constance. 11-22 p.

Walborn, G. y Chrysanthis, P. 1999. “*Transaction Processing in PRO-MOTION*”. Proceeding of the 1999 ACM Symposium on Applied Computing, SAC '99, San Antonio, TX, USA. 389-398 p.

Walborn, G. y Chrysanthis, P. 1997. “*PRO-MOTION: Management of mobile transactions*”. Proceedings of the 11th ACM Annual Symposium on Applied Computing, San José, Ca., USA. 101-108 p.

Warboys, B., Kawalek, P., Robertson, I., y Greenwood, M. 1999. "*Business Information Systems: A process approach*". McGraw Hill. Segunda edición. Londres, Inglaterra. 262 pp.

Wastell, D. White, P. y Kawalek, P. 1994. "*A methodology for business process redesign: experiences and issues*". Journal of Strategies Information Systems. 3(1): 23-40 p.

Wikipedia, la enciclopedia libre. 2001. *Servicio Web*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio\\_Web](http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_Web). Abril 6 de 2005.

Wikipedia, la enciclopedia libre. 2001. *WebDAV*. <http://es.wikipedia.org/wiki/WebDAV>. Mayo 18 de 2005.

Wooldrige, M. y Jennings, N. R. 1995. "*Intelligent agents: theory and practice*". Knowledge Engineering Review. 10(2): 115-152 p.

Worah, D. y Sheth, A. 1997. "*Transactions in transactional workflows*". En: S. Jajodia and L. Kerschberg, Eds. "Advanced Transaction Models and Architectures". Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. USA, 3-34 pp.

Workflow Management Coalition. 1995. "*The Workflow Reference Model*". Documento TC00-1003. Hampshire, Inglaterra. 55 pp.

Yasemin, A. 1998. "*An overview of transaction models in mobile environments*". Department of Computer Science and Engineering Southern Methodist University. 1-22 pp.

Yung, Y. 2002. "*Enabling cost-effective light-weight disconnected workflow for Web-based teamwork support*". Journal of Applied Systems Studies, 2002. 3(2): 437-453 p.

## Apéndice A

# Caso de estudio proceso “*Solicitud de medicamentos*” en el área de medicina interna de la UMF VIII del IMSS

### A.1. Introducción

Este apéndice presenta un estudio del proceso *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna* realizado en la unidad médica familiar VIII del Instituto Mexicano del Seguro Social en la ciudad de Ensenada Baja California. Para lograr un mejor entendimiento del proceso utilizamos la Ingeniería de Procesos, la cuál es una colección de técnicas para el análisis, diseño y evolución de los procesos. Con estos estudios se pretende encontrar oportunidades de mejora en el desempeño y coordinación de los procesos tratando de introducir la Tecnología de la Información (TI) a través del apoyo automatizado.

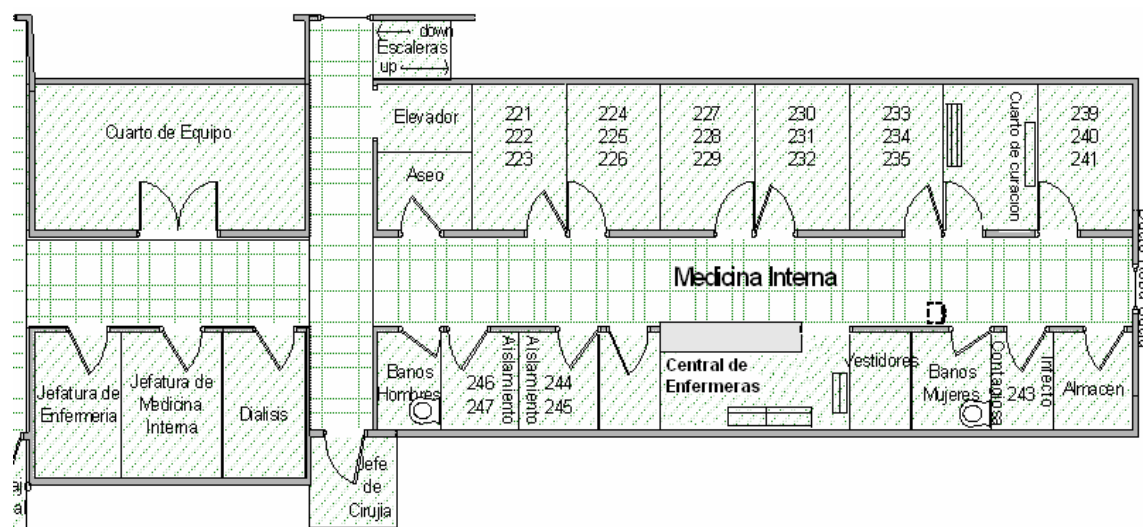
Para realizar este estudio utilizamos la metodología PADM (Process Analysis and Design Methodology), la cuál nos permite capturar, definir y analizar un proceso al nivel de detalle que se requiera con el fin de realizar propuestas de mejora tanto en el aspecto social como técnico [Wastell *et al.*, 1994].

En este sentido se busca apoyar el proceso de *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna*, ya que ésta es una de las áreas del hospital en la que se encuentran los pacientes en constante monitoreo debido a su estado de salud. De aquí que contar con el

medicamento de manera oportuna promueve el progreso del paciente y apoya al quehacer médico, por lo que es importante apoyar este proceso.

## A.2. Antecedentes

La misión del Instituto Mexicano del Seguro Social es otorgar a los trabajadores mexicanos y a sus familias la protección suficiente y oportuna ante contingencias tales como la enfermedad, la invalidez, la vejez o la muerte. El hospital ofrece seis servicios principalmente: urgencias, cirugía, consulta externa, hospitalización (medicina interna), farmacia y servicios auxiliares (laboratorio y radiología). Medicina interna (MI) es el área de hospitales donde principalmente ingresan los pacientes con enfermedades crónicas degenerativas, como por ejemplo diabetes, cáncer, entre otras, por lo que estos pacientes requieren hospitalizarse para que su salud sea controlada. El área que se muestra en la figura 1, se encuentra físicamente compuesta por: un cuarto de aseo, seis cuartos con tres camas cada uno para hospitalización de pacientes, dos cuartos con dos camas cada uno para aislamiento de pacientes, un cuarto con una cama para tratamiento de pacientes infecto-contagiosos, un cuarto para vestidores, baños para hombres y mujeres, la central de enfermeras y un almacén. En lo que respecta al personal: un jefe de área, una jefa de piso, 4 enfermeras operativas, 4 médicos internos, un médico base y un intendente.



**Figura 26.** Mapa del área de medicina interna.

### **A.3. Objetivo**

El propósito de este caso de estudio es capturar, analizar y evaluar el proceso aplicando la metodología PADM con el fin de realizar propuestas de mejora introduciendo el apoyo automatizado a través de la tecnología de la información.

Específicamente proporcionar apoyo a sus procesos mejorando la coordinación y comunicación entre los participantes, tomando en cuenta la forma en la que desempeñan su trabajo.

### **A.4. Captura del proceso**

Con el fin de obtener un entendimiento del proceso *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna*, se realizó un análisis de *estudios sombra* y entrevistas practicadas anteriormente, por compañeros en sus trabajos de tesis de maestría, al personal del área de medicina interna; además de tres entrevistas complementarias. Las entrevistas realizadas se aplicaron a la jefa de piso, con el propósito de lograr comprender mejor el proceso. Finalmente se observaron también algunos documentos relacionados con el proceso, como lo son: solicitud de medicamentos y hoja de indicaciones médicas.

Recordemos, como lo mencionamos en el capítulo III, los *estudios sombra* son estudios donde se sigue a una persona como “su sombra” con el objetivo de observar las actividades que desempeña, en este tipo de análisis no se tiene interacción alguna con la persona observada.

Con los casos de estudio y *estudios sombra* analizados, así como del caso de estudio realizado, en la siguiente sección describimos el proceso capturado.

### **A.5. Descripción del proceso**

El proceso para realizar la solicitud de medicamentos es el siguiente: la jefa de piso (JP) toma la *hoja de solicitud de medicamentos* y se dirige a cada uno de los lugares (vitriñas, refrigeradores, estantes y cajones) del área de medicina interna (MI) en donde existe

medicamento guardado. La cantidad de cada medicamento que se solicita se hace en base a un fondo fijo, que es un documento establecido por los jefes del área donde se indica la cantidad de medicamento con que debe contar el área. Revisa el medicamento existente, en esa misma solicitud por cada medicamento anota el existente y el que hace falta. Cuando termina de llenar la solicitud, ésta debe firmarse por la JP y el jefe del área para su autorización. La solicitud la recoge el encargado de farmacia, el cual pasa por el área todos los días por la mañana. Cuando esta solicitud no está lista a la hora en que pasa el encargado de farmacia, una persona de intendencia es quien lleva la solicitud de medicamentos. Regularmente el personal de intendencia es quien lleva esta solicitud.

Después de un tiempo un encargado de farmacia llega a MI a entregar el medicamento solicitado. La JP recibe el medicamento y una copia de la *solicitud de medicamentos* que hizo, firma de recibido en la *hoja de control de farmacia* haciendo constar que recibió el medicamento. En la *solicitud de medicamentos* que la JP recibe, el encargado de farmacia agrega la cantidad de medicamentos surtido y no surtido por no haber en existencia. Para el medicamento que no viene completo la JP hace una *lista de negativas*. La *lista de negativas* refleja el medicamento que no hay en farmacia y no se pudo surtir. Cuando la JP hace esta *lista de negativas*, ella toma de referencia lo que está anotado por farmacia en la copia de la solicitud de medicamentos. Su utilidad es registrar el medicamento que no se surtió en el día y que el personal tenga este conocimiento para que no pierdan tiempo en volverlo a solicitar o en buscarlo en otras áreas. Cada día la JP tiene que hacer esta solicitud de medicamentos, a este proceso lo llaman surtir el fondo fijo de medicamentos.

De manera frecuente durante el transcurso del día se solicita medicamento que no se encuentra o no pertenece al fondo fijo de MI. En estos casos se hace la solicitud del medicamento mediante recetas. El proceso es el siguiente: la enfermera o JP revisa la *hoja de indicaciones médicas* y detecta que se requiere una receta para solicitar el medicamento indicado, por lo que buscan al médico base para que la realice. El médico base expide la receta y la autoriza. Enseguida se le da la receta al intendente para que vaya por el

medicamento a farmacia. Si existe el medicamento en farmacia el intendente recibe el medicamento, deja la receta original en farmacia y regresa con una copia de la misma. Al surtirse la receta la JP firma la copia de la receta para hacer constar que se solicitó y recibió el medicamento. En caso contrario de que no exista el medicamento, farmacia sella la receta indicando que no tienen en existencia ese medicamento, y el intendente regresa con la receta sellada a MI entregándosela a la JP o una enfermera.

La solicitud de medicamento controlado como lo son los psicotrópicos es de manera individual mediante recetas. Cuando el médico base deja escrito en la *hoja de indicaciones médicas* que es necesario suministrar éste tipo de medicamento, se sigue el mismo proceso que la solicitud de medicamentos con receta fuera del fondo fijo. Con la diferencia de que la única persona que puede recoger el medicamento es la JP.

Si se ocupa conseguir cierto medicamento que no hay en farmacia, la JP lo solicita en otras áreas y cuando se localiza se anota en una libreta de préstamos de esa otra área. Este registro de préstamos lo hacen algunas áreas para llevar un control del medicamento que circula por el área. Aunque comúnmente este registro no lo llevan todas las áreas de manera estricta.

#### A.5.1. Gráfica rica del proceso

Estas gráficas muestran a las personas involucradas en los procesos, el detalle ambiental, conflicto o acuerdo de intereses, y permiten tener una visión global del proceso [Monk y Howard, 1998]. Pueden representar partes del proceso a diferentes niveles de detalle. Usualmente describe toda la organización. Durante la primera fase de captura del proceso se recomienda hacer una gráfica rica que represente el panorama general del proceso lo que ayuda a comprender su estructura. La figura 2 presenta la grafica rica del proceso *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna*. En ella se puede observar las múltiples actividades que debe realizar la jefa de piso para conseguir los medicamentos.



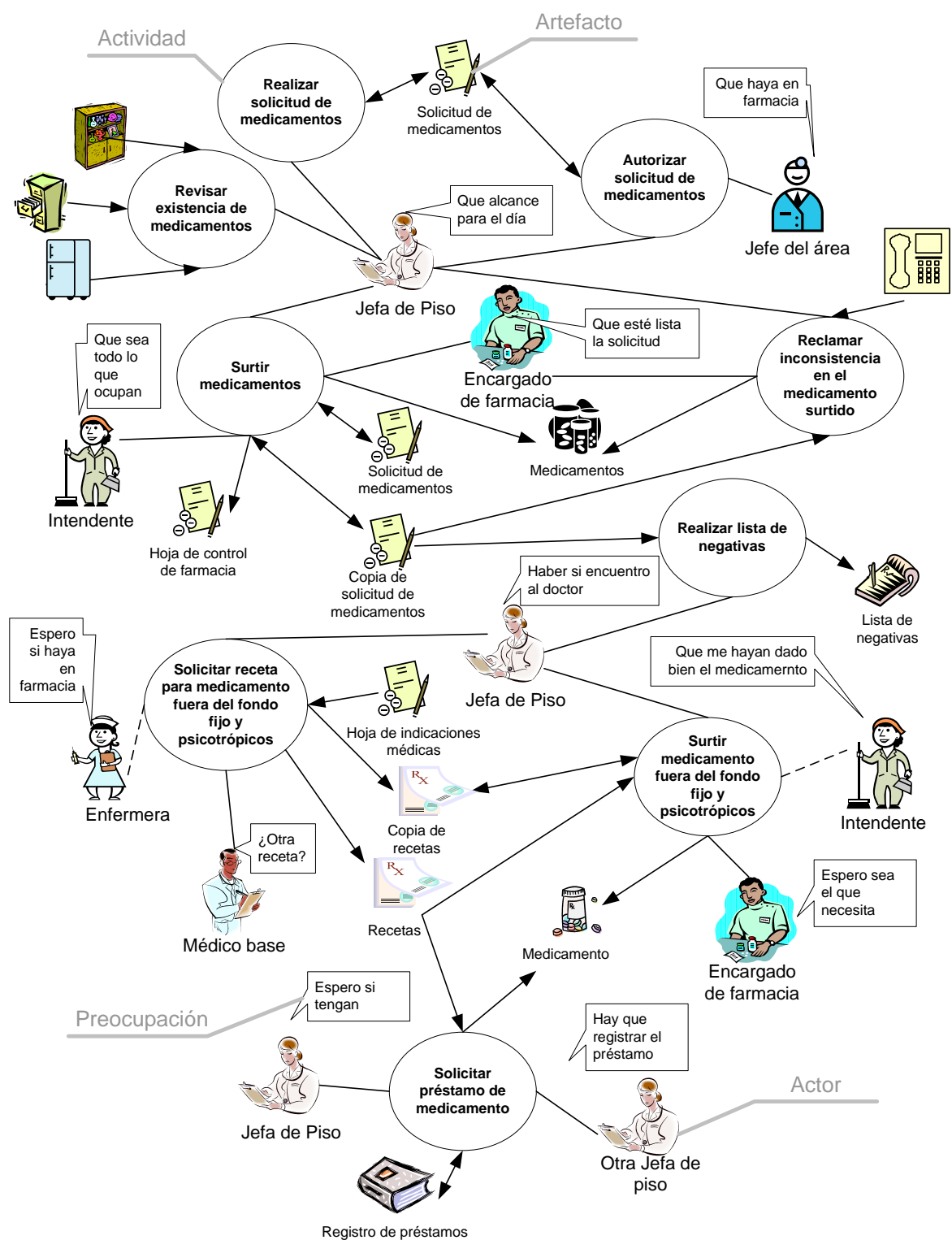


Figura 27. Gráfica rica del proceso solicitud de medicamentos del área de medicina interna.

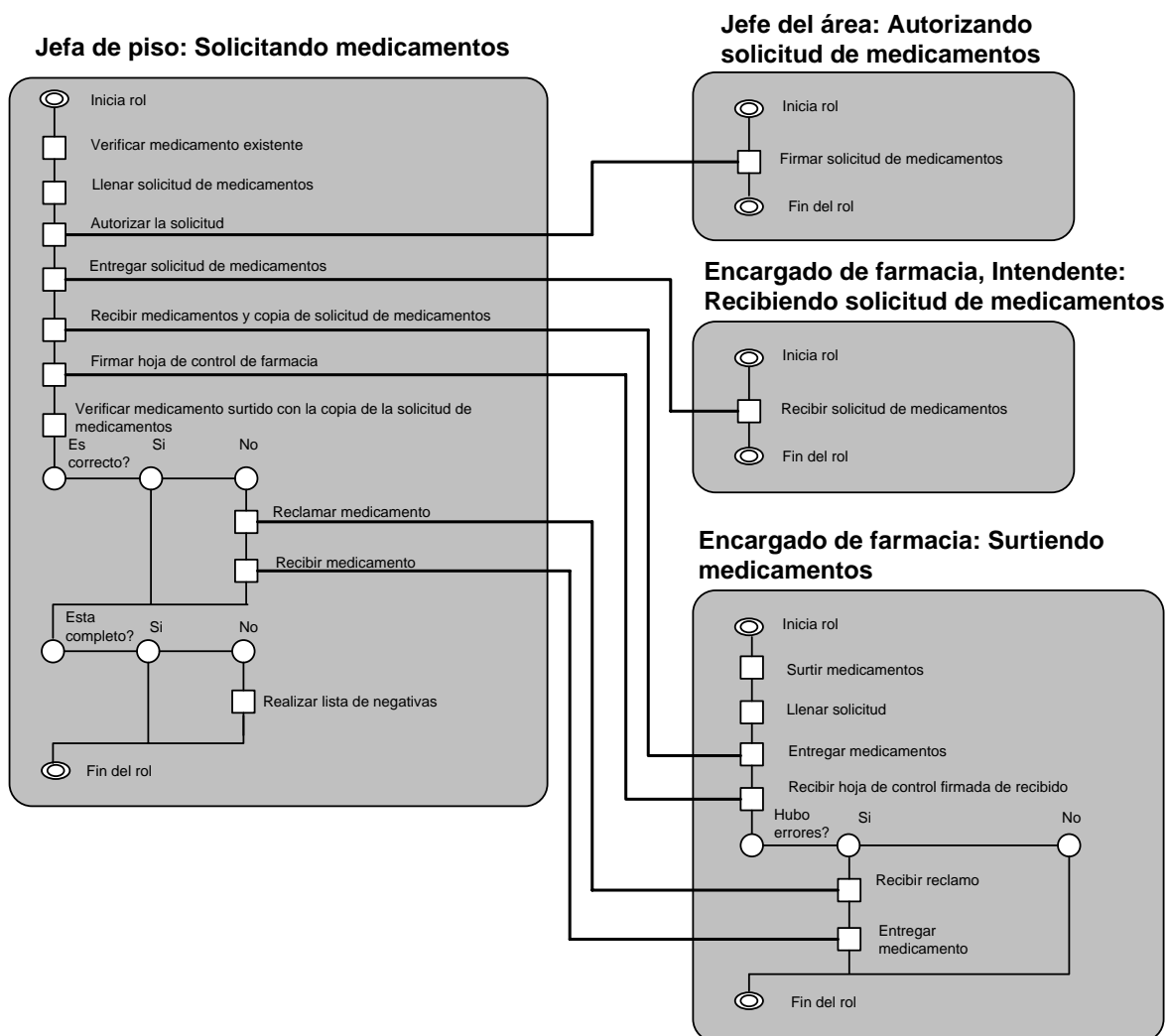
## A.6. Modelado del proceso

Una de las formas más efectivas para entender los procesos existentes es presentarlos en un diagrama. Los diagramas de procesos representan un proceso que resulta más fácil de leer y comprender. Estos diagramas son sumamente utilizables, permitiendo al equipo ver claramente el proceso e identificando problemáticas y mejoras [Peppard y Rowland, 1996]. En un estudio de Ingeniería de procesos se utiliza el Modelado de Proceso con el objetivo de analizar la situación actual de las organizaciones, ayudan también como facilitadores del aprendizaje organizacional y, en la descripción y ejecución de sistemas de soporte de software. Técnicamente llamamos al Modelado de Procesos, como una colección de técnicas que son usadas para modelar el comportamiento de sistemas.

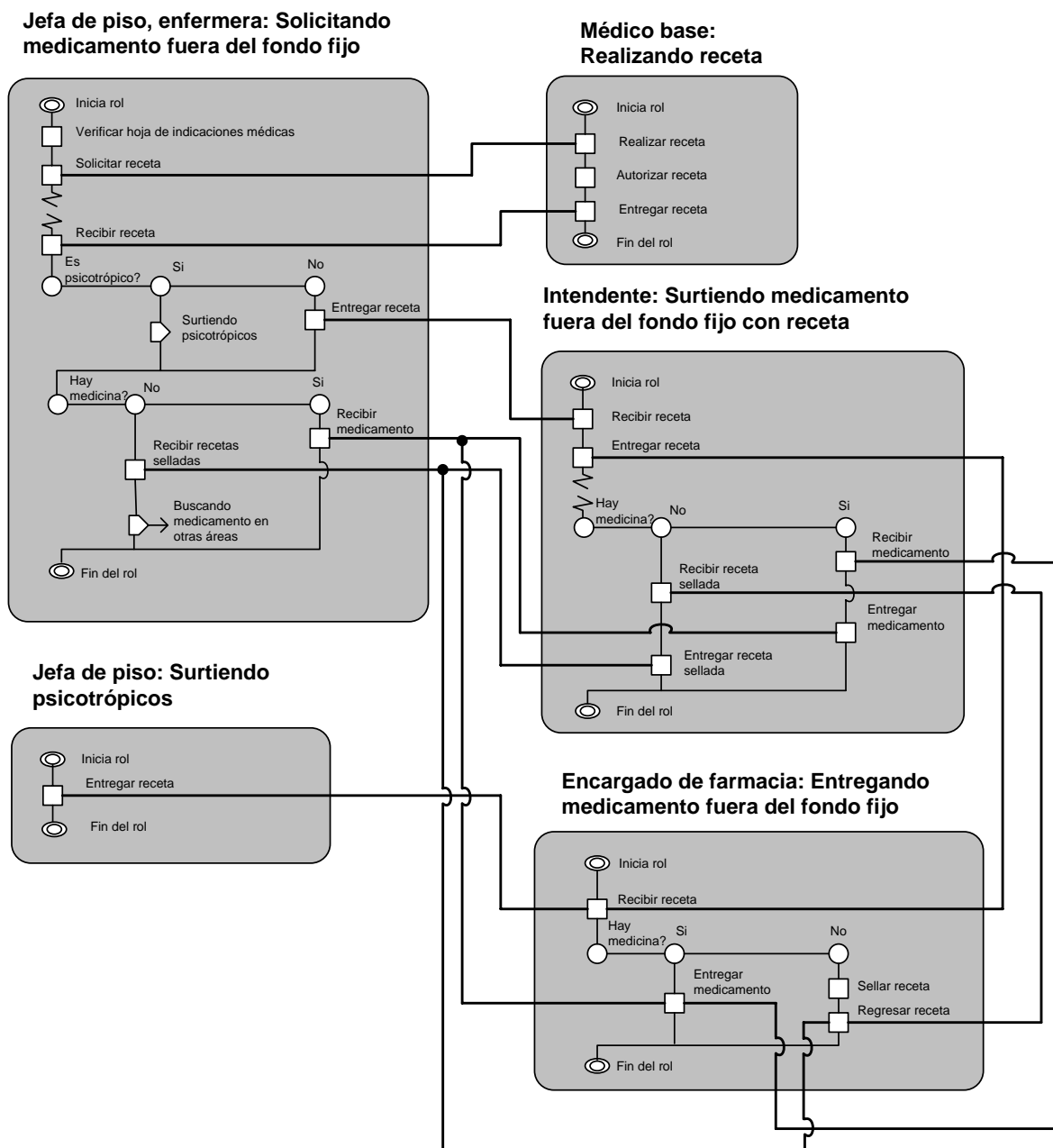
Entre los modelos diagramáticos que utilizaremos en este estudio, encontramos: Gráfica Rica (anteriormente presentada), Diagrama Rol-Actividad (RAD) y Diagrama de Transición de Estados (DTE).

### A.6.1. Diagramas Rol-Actividad (RAD)

Estos diagramas reflejan de manera clara a los actores involucrados, roles, actividades e interacciones del proceso [Miers, 1996; Ould, 1995]; están basados en los conceptos de roles que interactúan para conseguir algún objetivo en específico. A continuación se presentan los diagramas RAD del proceso *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna*. El proceso se presenta en dos escenarios, el primero se muestra en la figura 3 es *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo*; y el segundo figura 4, *Solicitud de medicamentos con receta*.



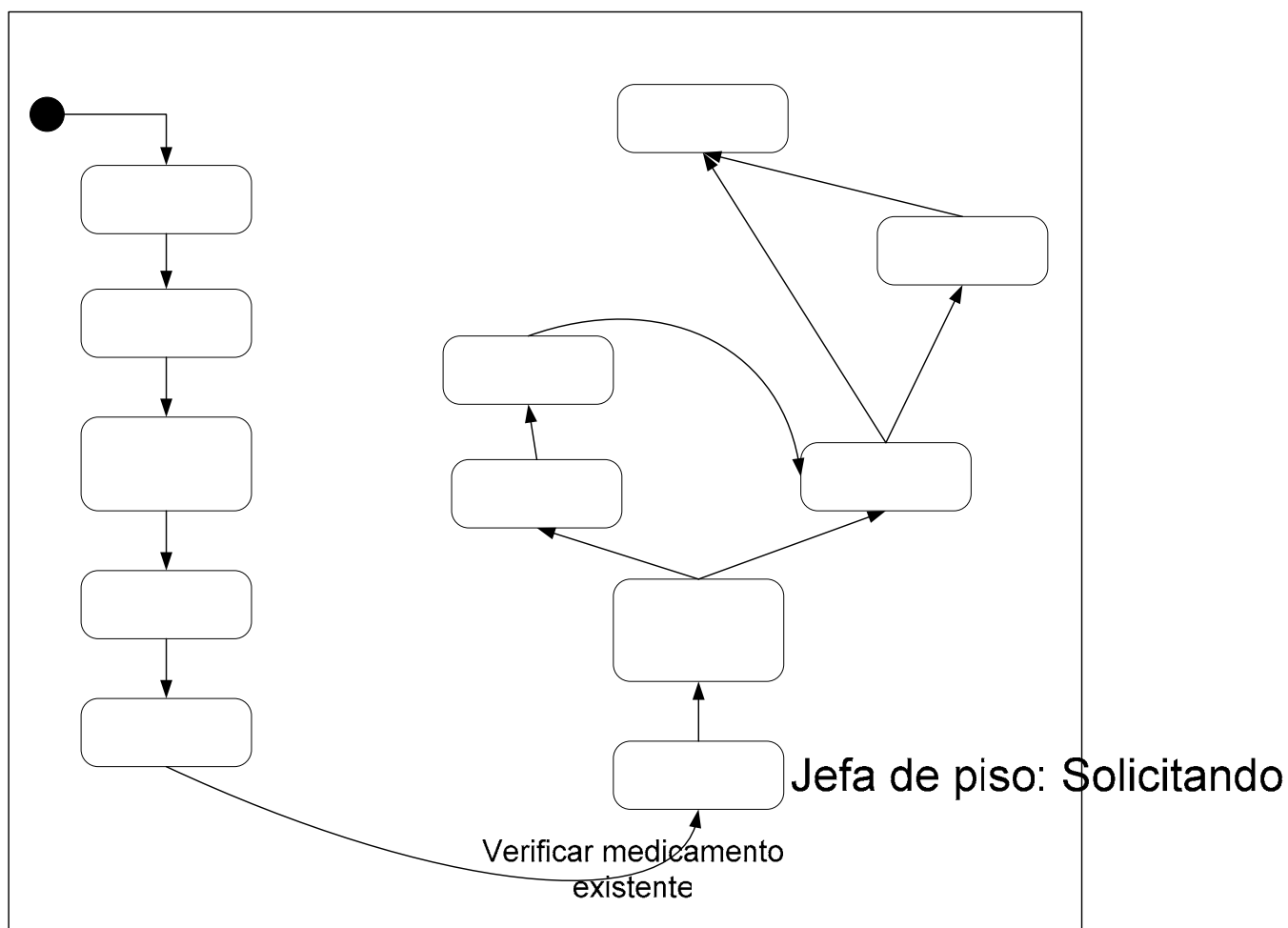
**Figura 28.** Gráfica RAD del escenario *solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.*



**Figura 29.** Gráfica RAD del escenario *solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.*

### A.6.2. Diagramas de transición de estados

Con estos diagramas se obtiene el comportamiento del proceso a través del tiempo [Greenwood, *et al.*, 1998]; es una de las técnicas diagramáticas que proporcionan claramente el comportamiento del proceso. Con la información de este diagrama es posible obtener un modelo que proporcione los estados, eventos y transiciones del proceso y sus roles. En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestran los DTE del escenario *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo*, y en las figuras 9, 10, 11, 12 y 13 del escenario *Solicitud de medicamentos con receta*.

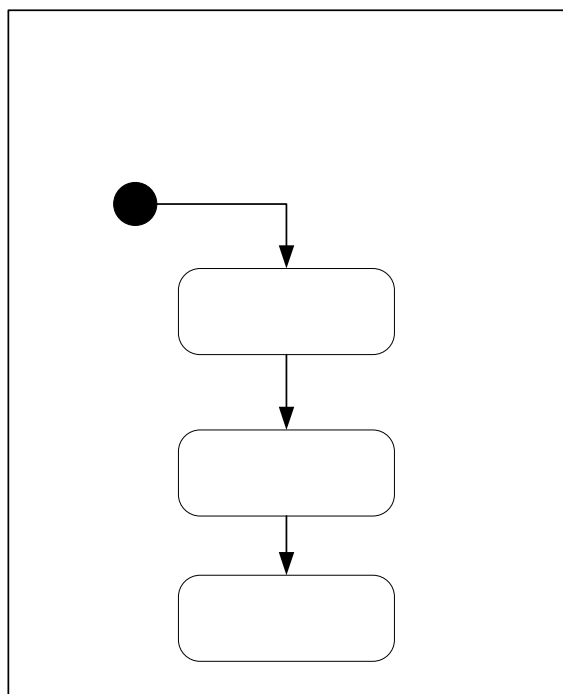


**Figura 30.** Gráfica DTE del rol *Solicitando medicamentos* del escenario *solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna*.

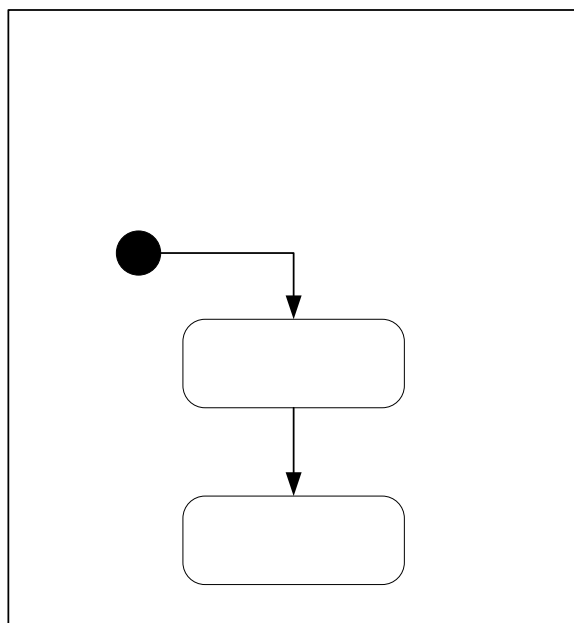
Llenando solicitud  
de medicamentos

Terminar de llenar solicitud

Enviando solicitud



**Figura 31.** Gráfica DTE del rol *Autorizando solicitud de medicamentos* del escenario *solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna*.



**Figura 32.** Gráfica DTE del rol *Recibiendo solicitud de medicamentos* del escenario *solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna*.

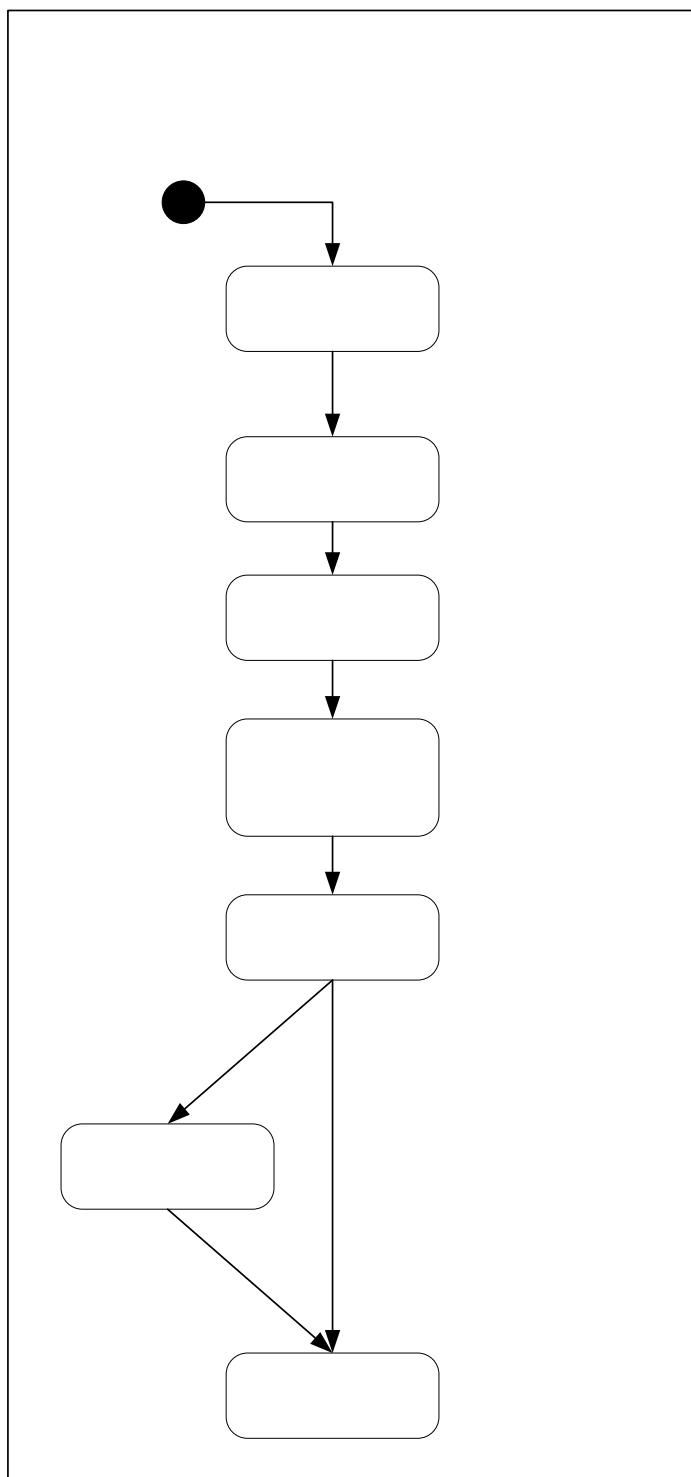
Jefe de área: A  
meo

Rec  
m

Aut  
sol  
medi

Envian  
aut

Final



Encargado de  
med

Recib  
me

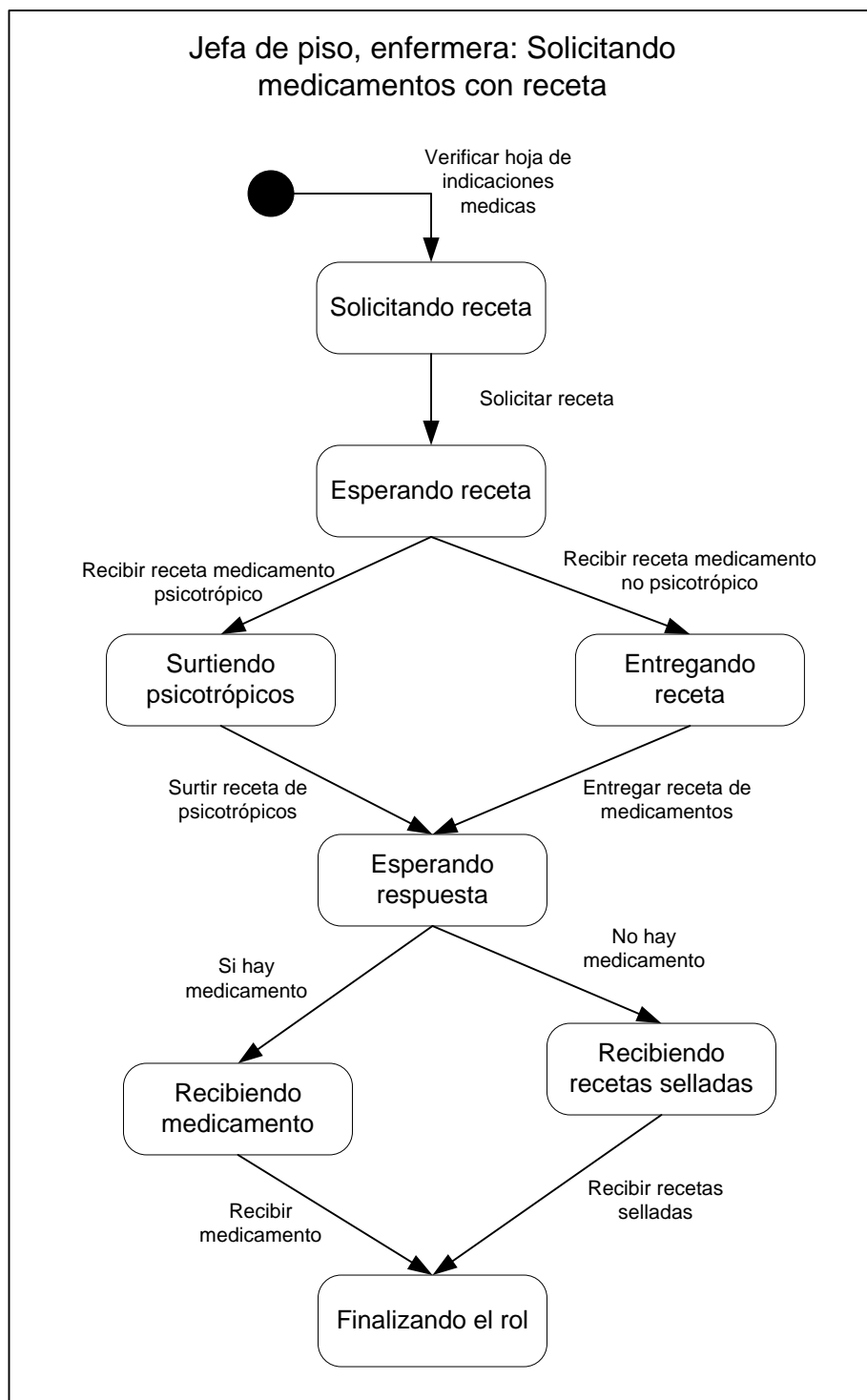
Proc  
solic  
medic

Llenanc  
de med

Entre  
medic

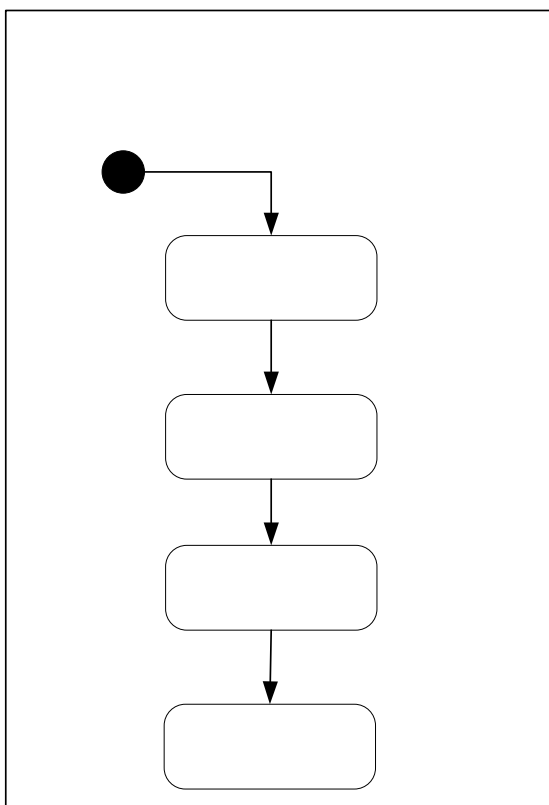
**Figura 33.** Gráfica DTE del rol *Surtiendo medicamentos* del escenario *solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo del área de medicina interna.*

Recibie  
de cont

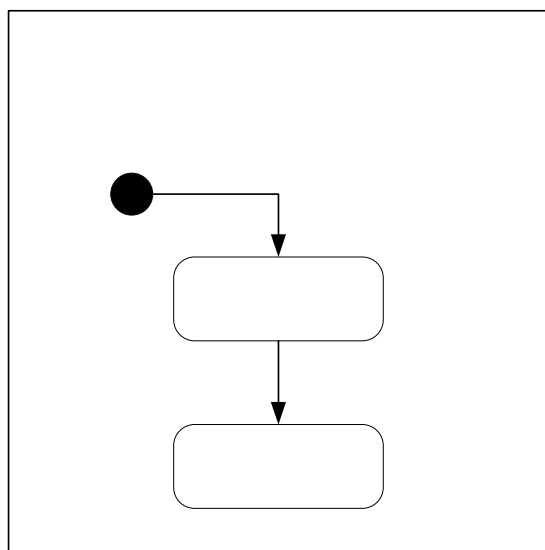


**Figura 34.** Gráfica DTE del rol *Solicitando medicamentos con receta* del escenario *solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna*.





**Figura 35.** Gráfica DTE del rol *Realizando receta* del escenario *solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.*



**Figura 36.** Gráfica DTE del rol *Surtiendo psicotrópicos* del escenario *solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna.*

Médico base

Pet

Realiz

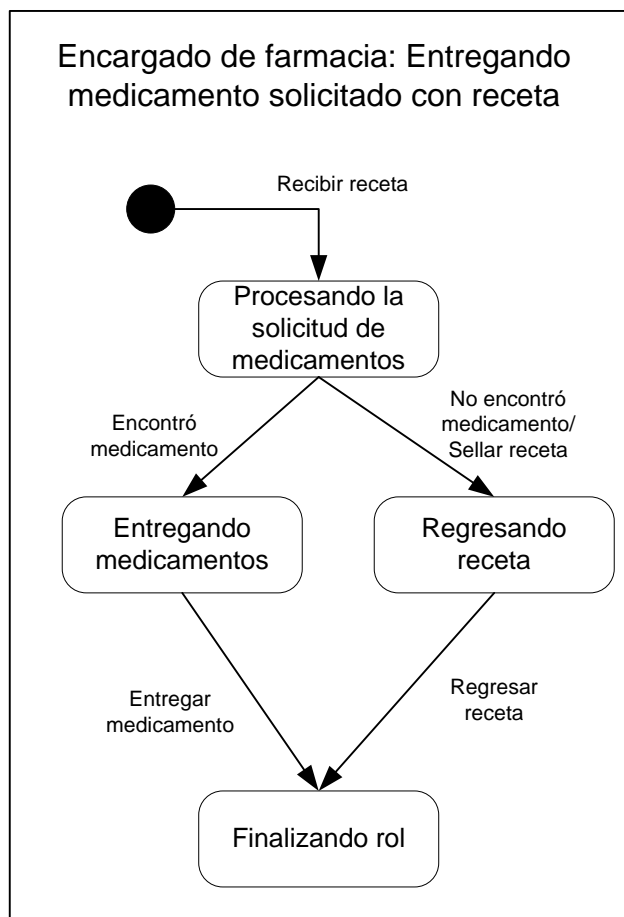
Aut

r

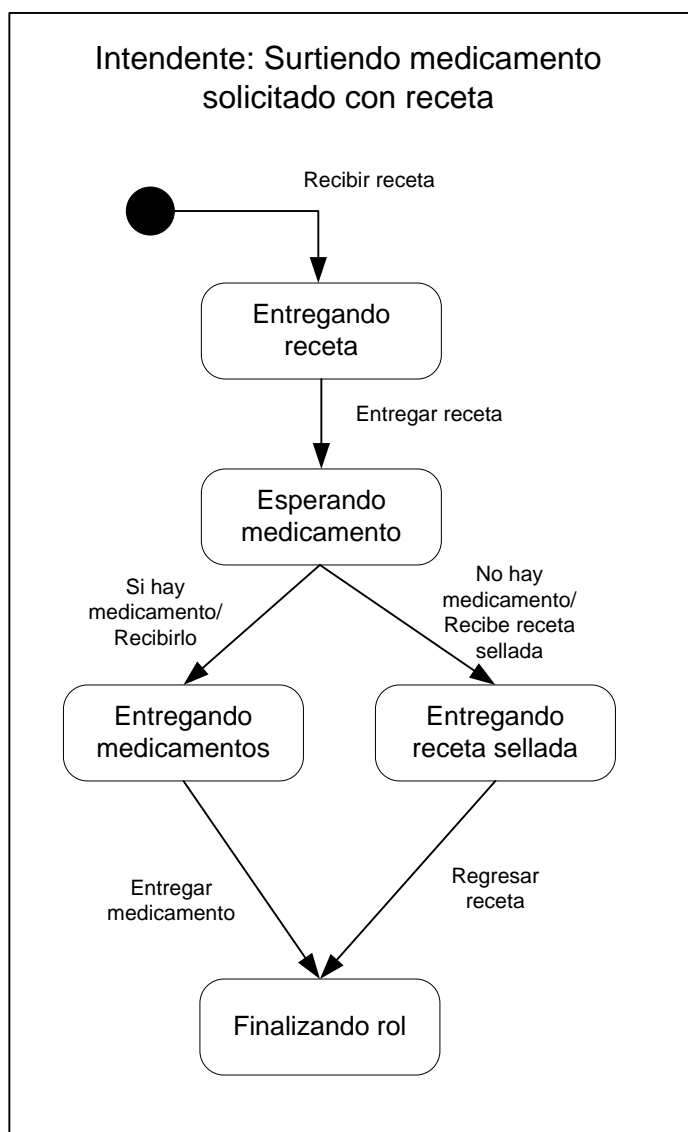
Ent

r

Final



**Figura 37.** Gráfica DTE del rol *Solicitando medicamentos* del escenario *solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna*.



**Figura 38.** Gráfica DTE del rol *Surtiendo medicamento solicitado con receta* del escenario *solicitud de medicamentos con receta del área de medicina interna*.

### A.7. Aspectos sociales y técnicos

Una organización está definida como un sistema socio-técnico debido a que para su funcionamiento requiere tanto del aspecto social, como de aspecto técnico. Por consiguiente para el correcto análisis y evaluación de los procesos que se desarrollan dentro de la organización deben de incluirse ambos aspectos. Durante el trabajo de captura de información para crear el modelo del proceso de *solicitud de medicamentos del área de*

*medicina interna*, se lograron obtener algunos aspectos sociales y técnicos que consideramos importantes, debido a que necesitan cierto grado de atención para mejorar la eficiencia del proceso. Los aspectos sociales a grandes rasgos involucran lo relacionado con el factor humano, tal como la comunicación, inconformidad, coordinación, cultura organizacional, preocupaciones, etc. Por otro lado los aspectos técnicos reflejan la problemática relacionada con la manera en que se ejecuta el proceso y el tipo de tecnología involucrada dentro del mismo, tales como aspectos redundantes, duplicidad de información, procedimientos, y políticas no definidas al uso de la tecnología (falta de uso o abuso de la misma), etc. A continuación se presentan algunos aspectos sociales y técnicos identificados en el proceso.

#### A.7.1. Aspectos sociales

1. La *jefa de piso* señala que los intendentes no deberían involucrarse en el proceso, ya que se distraen de sus ocupaciones.
2. La *jefa de piso* por iniciativa propia tuvo que hacer una lista del medicamento que debe existir en el fondo fijo y fotocopiarla, para que cada vez que realice la solicitud de medicamentos no tenga que volver a escribir el nombre del medicamento, así de todos modos debe contabilizarlo y anotar la cantidad que hace falta.
3. La *jefa de piso* dice que le toma mucho tiempo hacer el inventario de medicamentos diariamente, ya que esta actividad es solo una de muchas otras que hace, y aunque debería hacerla en un solo lapso de tiempo, la realiza en varios episodios.
4. La *jefa de piso* cree que se pierde mucho tiempo al tener que buscar al médico base para que le expida una receta de medicamentos.
5. La *jefa de piso* cree que se pierde mucho tiempo cuando al ir a farmacia para surtir una receta se da cuenta que el medicamento no está disponible, por lo que debe buscarlo en otras áreas o buscar de nuevo al médico base para que cambie el medicamento.

#### A.7.2. Aspectos técnicos

1. Cuando la *jefa de piso* realiza la solicitud de medicamentos, ella parte de un documento en blanco en el que cada día debe de hacer un inventario del medicamento existente y de esta forma obtener el que necesita.
2. El proceso no cuenta con ningún tipo de soporte tecnológico para su desempeño.
3. Cuando se requiere solicitar un medicamento con receta, es necesario encontrar a un médico base para que la expida.
4. Si el medicamento no se encuentra en farmacia se debe buscar en otro piso o solicitar al médico base que realice el cambio de medicamento.

# Apéndice B

## Modelos de procesos en XML

### B.1. Introducción

En este apéndice se presentan los elementos que conforman a los DTDs responsables de validar a los modelos de procesos RAD, DTE, EI y modelo base de WF. Iniciaremos este apéndice con una breve introducción al lenguaje de marcado extensible (XML).

#### B.1.1. XML

Cada una de las palabras de Lenguaje de Marcado eXtensible, describe una parte importante de lo que es XML y de lo que hace.

La palabra *Extensible*, le da a XML mucho de su fuerza y flexibilidad. En HTML existe un conjunto específico de etiquetas; uno debe memorizar esas etiquetas y usarlas, de ninguna manera podemos usar cualquier otra etiqueta.

En XML podemos crear las etiquetas que queramos usar. Este lenguaje extiende nuestra habilidad para describir un documento, dejándonos definir etiquetas significativas para nuestra aplicación [Maruyama *et. al.*, 2000].

Esto puede ser un poco desconcertante al principio porque no existe ninguna guía de referencia y poder examinar las etiquetas a usar. Sin embargo, esto nos proporciona una gran libertad y flexibilidad porque podemos definir y usar etiquetas en el sentido que queramos darle según nuestros documentos. También podemos obtener mayores opciones y mayor poder, pero con estas capacidades aparece la necesidad de planear lo que estamos

haciendo. Recordemos que estamos extendiendo nuestras etiquetas para identificar elementos por lo que son, no por como se ven.

La palabra *Marcado* guarda el propósito de XML, identificar elementos en nuestros documentos. *Marcado o marcas*, ya sea de XML o HTML, es esencial para que nuestros documentos tengan sentido. Sin *Marcas*, la computadora ve a nuestro documento como una larga cadena de texto, donde cada carácter tiene la misma importancia que cualquier otro. Sin embargo, es importante recordar que *marcar* es solo una forma de identificar nuestra información. Por lo tanto, XML es un lenguaje de marcas para documentos que contienen información estructurada.

La función de la marcación en un documento de XML es describir su almacenamiento y estructura lógica, y asociar pares de atributos-valores con sus correspondientes estructuras lógicas. XML provee un mecanismo, la Declaración de Tipo de Documento (Document Type Definition), con el fin de describir restricciones en la estructura lógica y soportar el uso de unidades de almacenamiento predefinidas.

La declaración de tipo de documento de XML, contiene o apunta a declaraciones de marcación que provee una gramática para una clase de documentos. Esta gramática es conocida como una Definición de Tipo de Documento (Document Type Definition) o DTD. La Definición de Tipo de Documento (DTD), es un conjunto de reglas que define los elementos, los atributos y valores de los elementos, así como las relaciones que existen entre los elementos del documento [Maruyama *et. al*, 2000].

Cuando el documento XML es procesado, coteja con su DTD asociada para asegurarse que el documento esté correctamente estructurado y sus etiquetas sean usadas como se define. Es importante recordar que no necesitamos tener un DTD para crear un documento XML, pero sí es necesario para tener un documento XML válido

## **B.2. DTD del *modelo base de workflow***

El DTD que valida a los *modelos base del sistema de workflow* (modelo base de WF) se muestra en la figura 39. Está formado por el elemento raíz llamado *roles*, que tiene uno o más *rol\_coordinacion*. Cada *rol\_coordinacion* cuenta con su nombre, uno o más agentes que lo desempeñan, y uno o más elementos *estado*. Este último, tiene definidos una actividad simple (*act*), condicional o paralela, así como cero o más información (*dato* o *docto*). El resto de la definición de dichos elementos contenidos en *estado*, ha sido realizada en la sección B2, B3 y B4 de éste apéndice.

Los atributos *plantilla* y *escenario* del elemento *estado*, son los que se agregan en este DTD. De acuerdo al número que el modelador especifique en éstos, es la interfaz y el orden que le corresponde en el sistema de workflow a generar.



```

<?xml version='1.0' encoding = "UTF-8"?>
<!--Declaracion de las entidades de información -->
<!ELEMENT aplicacion (EMPTY)>
<!ATTLIST aplicacion tipo (PT|HC|HP) #REQUIRED>

<!ENTITY % aplicacion "(apli_tipo|SI)">
...
<!ELEMENT docto (%aplicacion;)>
<!ATTLIST docto act_id (CDATA) #REQUIRED
               clave (CDATA) #REQUIRED
               nom (CDATA) #REQUIRED
               existente (si|no) #REQUIRED>
<!ELEMENT dato EMPTY>
<!ATTLIST dato act_id (CDATA) #REQUIRED
               clave (CDATA) #REQUIRED
               nom (CDATA) #REQUIRED>
<!ENTITY % informacion "(docto|dato)+">

<!--Declaracion del comportamiento -->
<!--Definiendo el evento que ocasiona que se realice una transicion de estado -->
<!ELEMENT evento (accion?,transicion)>
<!ATTLIST evento act_id (CDATA) #REQUIRED
               nom_act (CDATA) #IMPLIED
               nom_resp (CDATA) #IMPLIED> <!--Realizar una respuesta-->
<!ELEMENT accion EMPTY > <!-- indica cuando hay inter. con envio de informacion-->
<!ATTLIST accion Oclave_info (CDATA) #REQUIRED
               Dclave_info (CDATA) #IMPLIED
               cual (CDATA) #REQUIRED
               agente (CDATA) #REQUIRED><!--id agente. Corresponde a una interacciOn entre roles en el RAD -->
<!ELEMENT transicion EMPTY >
<!ATTLIST transicion id_sig_edo (CDATA) #REQUIRED>

<!ENTITY % respuesta "(resp,evento)">
<!ELEMENT resp (#PCDATA)>
<!ATTLIST resp op (CDATA) #REQUIRED>

<!ELEMENT act (iral?|terminador*|interaccion*|evento*)>
<!ATTLIST act id (CDATA) #REQUIRED nom (PCDATA) #REQUIRED>
<!ELEMENT interaccion (#PCDATA)>
<!ATTLIST interaccion cual CDATA #REQUIRED
               tipo (E|R) #REQUIRED>
<!ELEMENT iral (#PCDATA)>
<!ELEMENT terminador (#PCDATA)>
<!ATTLIST terminador desc CDATA #REQUIRED>

<!ENTITY % alterna "(condicional |paralela )">
<!ELEMENT condicional
  (%respuesta;,( %alterna; | %respuesta;)+)>
<!ATTLIST condicional que (CDATA) #REQUIRED>
<!ELEMENT paralela
  (%respuesta;,( %alterna; | %respuesta;)+)>
<!ATTLIST paralela que (CDATA) #REQUIRED>

<!--Definicion de los elementos de cada estado -->
<!ELEMENT estado (act* |(%alterna; %informacion;)*)>
<!ATTLIST estado id (CDATA) #REQUIRED
               nom (CDATA) #REQUIRED
               platilla (CDATA) #REQUIRED
               escenario (CDATA) #REQUIRED> <!--Numero de escenario en el proceso -->

<!ENTITY % elemento "(estado+)">

<!ELEMENT roles (rol_coordinacion+)>
<!ELEMENT rol_coordinacion (nombre,agente+,(%elemento;)+)>
<!ELEMENT nombre (#PCDATA)>
<!ELEMENT agente (#PCDATA)>
<!ATTLIST agente quien (CDATA) #REQUIRED>

```

**Figura 39.** Documento DTD del modelo base de WF.

### B.3. DTD del *modelo base de actividades*

El DTD que valida al *modelo base de actividades* (modelo base en RAD) presentado en la figura 40, está estructurado por el elemento principal *rad*, que a su vez está formado por uno o más elementos *rol*.

Cada *rol* tiene un *nombre*, un *agente* y uno o más elementos actividad (*act*) o *condicional*. Cada elemento *act* tiene un identificador (*id*) y nombre (*nom*) que lo hacen diferente de los demás. Cada *act* está conformada por un elemento *interaccion*, en el cuál se establece el identificador del rol con el que interactúa; éste elemento contiene los atributos *cual*, donde se indica el número de interacción en el proceso; y *tipo*, donde se establece si la interacción es de tipo recibir (*R*) o del tipo enviar (*E*). El elemento *condicional*, contiene uno o más elementos *resp*, que indican el valor (*op*) de la respuesta según la condicional establecida. Un elemento *resp*, contiene uno o más elementos *act*, que a su vez contiene un elemento *interaccion* y un elemento *iral*. En un elemento *iral*, se indica el número de *act* siguiente, en caso de haber seleccionado esa *resp*.

```

<?xml version='1.0' encoding ="UTF-8"?>

<!-- DTD con la definicion del modelo base del proceso -->
<!-- 31 de octubre del 2001 -->

<!-- formato es coord x="" y="" -->
<!ENTITY % coordenada "coord">
<!ELEMENT coord EMPTY>
<!ATTLIST coord x (PCDATA) #REQUIRED
              y (PCDATA) #REQUIRED>

<!ENTITY % elemento "(act+|ira1?|terminador*)">
<!ELEMENT act (%coordenada;,interaccion*,ira1?)>
<!ATTLIST act id (PCDATA) #REQUIRED
            nom (PCDATA) #REQUIRED>
<!ELEMENT interaccion (#PCDATA)>
<!ATTLIST interaccion cual CDATA #REQUIRED
                  tipo (E|R) #REQUIRED>
<!ELEMENT ira1 (#PCDATA)>
<!ELEMENT terminador (%coordenada;)>
<!ATTLIST terminador desc CDATA #REQUIRED>

<!-- formato para las rutas alternativas o paralelas -->
<!ENTITY % respuesta "(resp,%coordenada;)">
<!ELEMENT resp (#PCDATA)>
<!ATTLIST resp op (CDATA) #REQUIRED>

<!ENTITY % alterna "(condicional|paralela)">
<!ELEMENT condicional
(%coordenada;,%respuesta;,(%elemento;|%alterna;|%respuesta;)+)>
<!ATTLIST condicional que (CDATA) #REQUIRED>

<!ELEMENT paralela
(%coordenada;,%respuesta;,(%elemento;|%alterna;|%respuesta;)+)>
<!ATTLIST paralela que CDATA #REQUIRED>

<!-- definiendo el rol con sus elementos -->
<!ELEMENT rad (rol+)>
<!ELEMENT rol (nombre,agente,(%elemento; | %alterna;)*)>
<!ELEMENT nombre (#PCDATA)>
<!ELEMENT agente (#PCDATA)>
<!ATTLIST agente quien CDATA #REQUIRED>

```

**Figura 40.** Documento DTD del modelo base de actividades.

#### **B.4. DTD del *modelo base de transición de estados***

El DTD que valida al *modelo base de transición de estados* presentado en la figura 41, está estructurado por el elemento principal *estados*, que a su vez está formado por uno o más *rol\_estados*. Cada *rol\_estados* tiene un elemento *nombre* y uno o más elementos *estado*. Un *estado* lo forma un *evento* que tiene cero o una *acción* y una transición de estado (*transición*). El *estado* tiene un identificador (*id*) y nombre (*nom*) que lo hacen diferente de los demás.

De igual forma, un *evento* tiene asociado un identificador (*act\_id*) relacionado al identificador de una actividad (comparándolo con el modelo base en RAD), el nombre del evento (*nom\_act* o *nom\_resp*, comparándolo con el modelo base en RAD, dependiendo si ocurre una actividad simple, condicional o paralela). Una *acción* esta formada por el identificador de origen de la entidad a enviar y la correspondiente a la del destino, así como el identificador de la actividad (*cual*) y *agente* receptor.

```
<?xml version='1.0' encoding = "UTF-8"?>
<!--Definiendo el evento que ocasiona que se realice una transicion de estado -->
<!ELEMENT evento (accion?,transicion)>
<!ATTLIST evento act_id (CDATA) #REQUIRED
                nom_act (CDATA) #IMPLIED <!--Realizar una actividad en el RAD-->
                nom_resp (CDATA) #IMPLIED <!--Realizar una respuesta-->
<!ELEMENT accion EMPTY > <!-- indica cuando hay inter. con info.-->
<!ATTLIST accion Oclave_info (CDATA) #REQUIRED
                Dclave_info (CDATA) #IMPLIED
                cual (CDATA) #REQUIRED
                agente (CDATA) #REQUIRED> <!--id agente. Corresponde a una
interacción entre roles en el RAD -->
<!ELEMENT transicion EMPTY >
<!ATTLIST transicion id_sig_edo (CDATA) #REQUIRED>
<!--Definicion de los elementos de cada estado -->
<!ELEMENT estado (evento*)>
<!ATTLIST estado id (CDATA) #REQUIRED
                nom (CDATA) #REQUIRED>
<!--Elemento raiz -->
<!ELEMENT estados (rol_estados+)>
<!ELEMENT rol_estados (nombre,estado+)>
<!ELEMENT nombre (PCDATA)> <!-- nombre_diagrama_estados por rol-->
```

**Figura 41.** Documento DTD del modelo base de transición de estados.

## B.5. DTD del *modelo base de información*

El elemento principal del DTD que valida al *modelo base de información* ilustrado en la figura 42, es *entidad\_informacion* formado por cero o más *rol\_informacion*. Un *rol\_informacion* tiene un *nombre* y cero o más documentos (*docto*) o datos (*dato*). Los elementos *docto* y *dato*, están asociados al elemento identificador de la actividad (*act\_id*) en la que se utilice de acuerdo al *modelo base en RAD*. El elemento *docto* también con los atributos: *clave*, nombre (*nom*) y un *si* o *no* dependiendo de la existencia de dicho documento. Además de lo anterior, después de especificar el final de la definición del

elemento *docto*, deberá declararse la aplicación con la cual se podrá editar dicho documento (*docto*) o si es que se encuentra en un sistema de información (SI). La aplicación se define con un atributo con el que se clasifica como procesador de texto (PT), hoja de cálculo (HC) u hoja de presentaciones (HP). Por su parte el elemento *dato*, cuenta con su: *clave*, nombre (*nom*), *tipo* (sólo: entero, flotante, texto o double), valor por defecto (*valor\_defecto*), valor mínimo (*valor\_minimo*), y la operación a realizar cuando se esté enviando dicho dato en una interacción con otro rol (suma, resta, división, multiplicación o ninguna). En el elemento *SI*, deben especificarse: el lugar, usuario y clave del usuario (*clave\_usuario*) origen de donde se tomará la información.

```

<?xml version='1.0' encoding ="UTF-8"?>

<!--Definiendo el tipo de informacion relacionada a una actividad -->

<!ENTITY % informacion "(docto|dato)+">

<!ELEMENT aplicacion (EMPTY)>
<!ATTLIST aplicacion tipo (PT|HC|HP) #REQUIRED>

<!-- Tipo documento y la aplicacion relacionada -->
<!ENTITY % aplicacion "(apli_tipo|SI)">

<!ELEMENT SI EMPTY>
<!ATTLIST SI lugar (CDATA) #REQUIRED
           usuario (CDATA) #REQUIRED
           clave_usuario (CDATA) #REQUIRED>
<!ELEMENT docto (%aplicacion;)>
<!ATTLIST docto act_id (CDATA) #REQUIRED
           clave (CDATA) #REQUIRED
           nom (CDATA) #REQUIRED
           existente (si|no) #REQUIRED>

<!--Tipo dato y la operacion relacionada -->
<!ELEMENT dato EMPTY>
<!ATTLIST dato act_id (CDATA) #REQUIRED
           clave (CDATA) #REQUIRED
           nom (CDATA) #REQUIRED
           tipo (entero|flotante|texto|double) #REQUIRED
           valor_defecto (CDATA) #REQUIRED
           valor_minimo (CDATA) #IMPLIED
           oper_tipo (suma|resta|division|multiplicacion|ninguna) #REQUIRED>

<!--Elemento raiz -->
<!ENTITY % informacion "(docto|dato)+">

<!--Elemento raiz -->
<!ELEMENT entidad_informacion (rol_informacion+)>
<!ELEMENT rol_informacion (nombre,%informacion;)>
<!ELEMENT nombre (PCDATA)>

```

**Figura 42.** Documento DTD del modelo base de información.

# Apéndice C

## Servicios Web

### C.1 Introducción

En este apéndice mostraremos que son los *servicios Web*, como es que éstos pueden ser creados, publicados y accedidos.

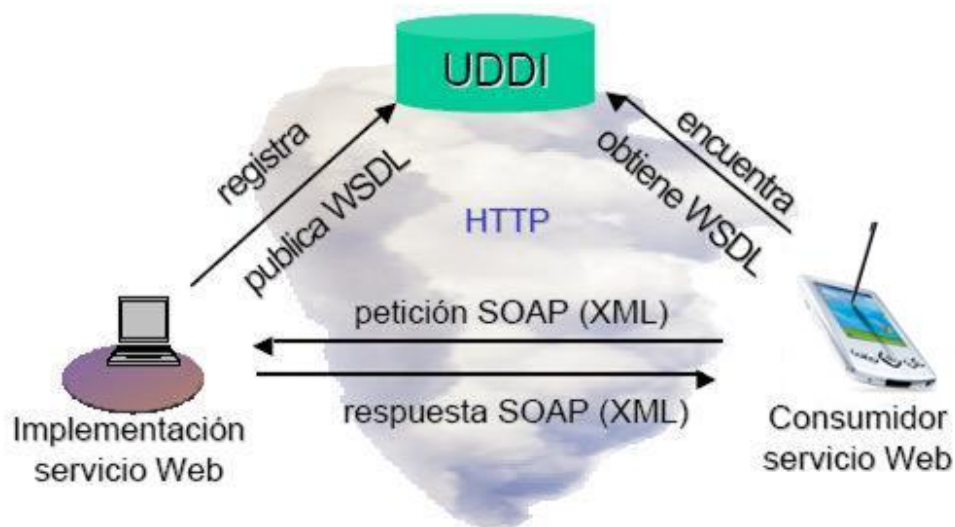
### C.2 Servicios Web

Los *servicios Web* permiten que las aplicaciones compartan información y que además invoquen funciones de otras aplicaciones, independientemente de cómo se hayan creado las aplicaciones, cuál sea el sistema operativo o la plataforma en que se ejecutan y cuáles los dispositivos utilizados para obtener acceso a ellas. Son aplicaciones independientes de la plataforma que pueden ser fácilmente publicadas, localizadas e invocadas mediante protocolos Web estándar, como XML, SOAP, UDDI o WSDL [Desarrollo Web.com, 2005].

La funcionalidad de los protocolos empleados se ilustra en la figura 43 y se describe a continuación:

- XML (eXtensible Markup Language): Un *servicio Web* es una aplicación Web creada en XML.

- WSDL (Web Services Definition Service): Este protocolo se encarga de describir el *servicio Web* cuando es publicado. Es el lenguaje XML que los proveedores emplean para describir sus *servicios Web*.
- SOAP (Simple Object Access Protocol): Permite que programas que corren en diferentes sistemas operativos se comuniquen. La comunicación entre las diferentes entidades se realiza mediante mensajes que son enrutados en un sobre SOAP.
- UDDI (Universal Description Discovery and Integration): Este protocolo permite la publicación y localización de los servicios. Los directorios UDDI actúan como una guía telefónica de *servicios Web*.



**Figura 43.** Funcionalidad de los protocolos utilizados para el uso de un *servicio Web*.

El éxito de esta tecnología reside en que se basa en estándares conocidos en los que ya se tiene una gran confianza, como el XML. Además, el uso de los *servicios Web* aporta ventajas significativas a las organizaciones. El principal objetivo que se logra, es la interoperabilidad y la integración.

### C.3 Servidores de aplicaciones para servicios Web

Existen distintas plataformas de servidores de aplicaciones para *servicios Web*, como por ejemplo: WebSphere, WebLogic, Java Web Services Development Pack, ColdFusion MX de Macromedia, Axis y el servidor Jakarta Tomcat (de Apache), entre otros. La plataforma que nosotros utilizamos es Axis, debido a que el servidor en el que fue montada la máquina de coordinación es Tomcat, y además de que Axis es compatible y se puede instalar fácilmente en dicho servidor.

Axis es un servidor SOAP de distribución libre, implementa el API JAX-RPC, una de las formas estándar de programar servicios Java. Axis tiene la posibilidad de convertir un objeto Java a datos SOAP cuando los envía o recibe resultados. Cuando se generan fallas SOAP, éstas se envían al servidor; y Axis convierte estas fallas en excepciones tipo Java. Un archivo Java puede convertirse en un *servicio Web* java (JWS), si se graba este archivo con extensión jws. Axis encuentra el \*.jws, lo compila automáticamente y después publica los métodos de la clase como un *servicios web* [Apache Project, 2005].



# Apéndice D

## Guía de instalación

### D.1 Requerimientos de instalación

Para la instalación de la herramienta *SysCoor* es necesario que la *máquina cliente* y la *máquina servidor* satisfagan algunos requisitos importantes.

La *máquina servidor* debe satisfacer lo siguiente:

1. Instalar la máquina virtual de JAVA (JVM por sus siglas en inglés) la versión 1.4.1\_02 del J2SDK en el directorio raíz, por ejemplo quedaría similar a - c:\j2sdk1.4.1\_02.
2. Instalar el soporte a XML con la versión 1.0 de SAX (*Simple API for XML*) de Java.
3. Instalar el servidor Tomcat 4 (jakarta-tomcat-4.0.4) en el directorio raíz. El subdirectorio donde se instale deberá quedar como sigue - c:\Tomcat4.
4. Instalar en el directorio raíz, el soporte Axis (axis-1\_2beta3) que permite publicar servicios Web. El subdirectorio donde se instale deberá quedar c:\ axis-1\_2beta3.
5. Instalar en el servidor Tomcat 4, el soporte Axis, el cuál le permitirá publicar servicios Web. Copiar el folder *axis* de c:\ axis-1\_2beta3\webapps\axis, en c:\Tomcat4\webapps; el subdirectorio quedaría c:\Tomcat4\webapps\axis. Dentro de este subdirectorio *axis* residirán los servicios Web que se deseen publicar, para ser accedidos por los clientes móviles de forma inalámbrica.
6. Instalar el manejador de bases de datos MySQL versión 4.1.10a-win32, en el directorio c:\Program Files\MySQL\MySQL Server 4.1.
7. Instalar el conector *mysql-connector-java-3.1.7*, en el directorio raíz c:\mysql-connector-java-3.1.7; el cuál permite establecer comunicación entre MySQL y los servicios Web implementados con Java, java web services (JWS); los cuales serán

accedidos por los clientes. Copiar el archivo `mysql-connector-java-3.1.7-bin.jar` generado, dentro de los directorios `c:\j2sdk1.4.1_02\jre\lib\ext\mysql-connector-java-3.1.7-bin.jar`, y en `c:\Tomcat4\webapps\axis\WEB-INF\lib\mysql-connector-java-3.1.7-bin.jar`.

La *máquina cliente* debe satisfacer:

1. Tener instalado la paquetería del Office 2000.
2. Tener instalado un navegador de Web como Netscape o Internet Explorer.
3. Instalar *SysCoor* en `\MyDevice\Program Files`. Una vez realizada la instalación, crear el directorio `\MyDevice\Program Files\SysCoor\Contenedor`, y dentro de este los directorios `\MyDevice\Program Files\SysCoor\Contenedor\Documentos` y `\MyDevice\Program Files\SysCoor\Contenedor\Log`.

Una vez realizadas las instalaciones anteriores a continuación se describen los pasos para lograr la instalación de la herramienta *SysCoor*.

## D.2 Definir variables de ambiente

Posteriormente se deben definir las variables ambientales, las cuales indicarán al sistema la ubicación de la máquina virtual de java, del servidor Tomcat y de los servicios Web. Estas variables son `JAVA_HOME`, `CATALINA_HOME` y `AXIS_HOME` respectivamente, además de `PATH` Y `CLASSPATH`.

Bajo Windows en *Control Panel* seleccionar *System*. En la pestaña *Advanced* presionar el botón *Environment Variables*. En la sección *System Variables* agregar o editar las siguientes variables.

Variable name	Variable value
<code>JAVA_HOME</code>	<code>c:\j2sdk1.4.1_02</code>

```

JAVA_ENDORSED_DIRS %CATALINA_HOME%\bin
CATALINA_HOME      c:\Tomcat4
AXIS_HOME          c:\axis-1_2beta3
AXIS_LIB           %AXIS_HOME%\lib
AXISCLASSPATH      %AXIS_LIB%\wsdl4j.jar;%CATALINA_HOME%\webapps\axis\WEB-
                   INF\lib\mysql-connector-java-3.1.7-bin.jar;
PATH               c:\j2sdk1.4.1_02\bin;c:\Tomcat4;%PATH%;C:\Program
                   Files\MySQL\MySQL Server 4.1\bin;
CLASSPATH          c:\Tomcat4\common\lib\servlet.jar;
                   %AXIS_HOME%;%CATALINA_HOME%\webapps\axis\WEB-
                   INF\classes;%AXISCLASSPATH%; %CLASSPATH%

```

### **D.3 Pasos para la instalación de la herramienta *SysCoor* (en windows)**

1. Colocar el archivo *jaxp.jar* generado en la instalación de SAX dentro del directorio de extensión de clases de JAVA, en la ruta `c:\j2sdk1.4.1_05\jre\lib\ext`.
2. Crear un directorio en el soporte a Webdav que contenga las entidades utilizadas en el sistema llamado “*documentos*”. Quedaría `c:\Tomcat4\webapps\webdav\documentos`.
3. Crear un directorio en el cual se encuentre la aplicación de la herramienta *SysCoor* dentro del directorio de webapps de Tomcat 4 llamado “*coordinación*”. Quedaría `c:\Tomcat4\webapps\coordinacion`.
4. Colocar los archivos *.jsp* y *.html* en el directorio `c:\Tomcat4\webapps\coordinacion`, que son los relacionados a la *máquina de coordinación* y la interfaz principal del Japplet del *generador de sistemas de coordinación* respectivamente, los cuales son:

- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| a. titulo.jsp            | j. obtenEstadosRolesProceso.jsp |
| b. tipoError.jsp         | k. login.jsp                    |
| c. rolProceso.jsp        | l. index.jsp                    |
| d. rolesProceso.jsp      | m. estadosRolesProceso.jsp      |
| e. rolesEstados.jsp      | n. estadoActualRol.jsp          |
| f. rol.jsp               | o. errorRol.jsp                 |
| g. proceso.jsp           | p. error.jsp                    |
| h. Principal.jsp         | q. Pagina.html                  |
| i. obtenRolesProceso.jsp |                                 |

5. Colocar los archivos *.gif* y *.jar* en el directorio `c:\Tomcat5\webapps\coordinacion`, que son las imágenes utilizadas tanto en el *generador* como en las interfaces de la herramienta *SysCoor* y los archivos de configuración de SAX respectivamente, estos son:

- |                |                |
|----------------|----------------|
| a. save2.gif   | f. xalan.jar   |
| b. print2.gif  | g. parser.jar  |
| c. new2.gif    | h. jaxp.jar    |
| d. logo.gif    | i. crimson.jar |
| e. cicese2.gif |                |

6. Crear un directorio dentro de la aplicación de la herramienta *SysCoor* en el cual se almacenen las instancias de los archivos de los procesos generados (*.DAT*), llamado “*serializados*”. Quedaría `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\serializados`. Como ejemplo de un archivo, *SolMedicamentos\_001.DAT*.

7. Dentro del directorio *serializados*, creado en el paso anterior, crear los directorios *modelos* (`c:\Tomcat4\webapps\coordinación\serializados\modelos`) y *ejecutables* (`c:\Tomcat4\webapps\coordinación\serializados\ejecutables`). Dentro del directorio *modelos*, se almacenan los modelos de los procesos generados; y dentro del directorio *ejecutables*, los archivos de los procesos generados, ejemplo del archivo *SolMedicamentos.DAT*.

8. Copiar los DTD de los *modelos base* dentro del directorio `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\serializados\modelos`. Los nombres de los DTD son:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| a. roles_estados.dtd   | c. proceso2.dtd        |
| b. roles_entidades.dtd | d. DocumentoSisCor.dtd |

9. Crear los directorios `\com` y `\org` dentro de la aplicación de la herramienta *SysCoor* que contengan las librerías `.class` del parser de SAX. Quedarían `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\com` y `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\org`.
10. Crear el directorio `\WEB-INF` dentro de `c:\Tomcat4\webapps\coordinación`. El cual quedaría `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\WEB-INF`.
11. Crear y configurar el aspecto de seguridad de los usuarios que pueden acceder a la aplicación de *SysCoor* en el archivo `web.xml` en el directorio `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\WEB-INF`.
12. Dentro del directorio `\WEB-INF` creado en el paso 10 anterior, crear los directorios `classes` y `lib`. Quedarían `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\WEB-INF\classes` y `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\WEB-INF\lib`.
13. Dentro del directorio `\lib` (`c:\Tomcat4\webapps\coordinación\WEB-INF\lib`) copiar los archivos de configuración siguientes:
  - a) `activation.jar`
  - b) `crimson.jar`
  - c) `jaxp.jar`
  - d) `jdbc2_0-stdext.jar`
  - e) `jndi.jar`
  - f) `jta-spec1_0_1.jar`
  - g) `mail.jar`
  - h) `mysql-connector-java-3.1.7-bin.jar`
  - i) `naming-common.jar`
  - j) `naming-resources.jar`
  - k) `parser.jar`
  - l) `servlet.jar`
  - m) `tools.jar`
  - n) `xerces.jar`
  - o) `tyrex-0.9.7.0.jar`
14. Copiar los servlets (tanto el `.java` como el `.class`) que sirven para almacenar los *modelos base* y los archivos de procesos en el servidor, en los directorios `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\WEB-INF\classes` y en `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\servlet`. Los nombres de los servlets son:
  - a. `AbrirRAD`
  - b. `DeserializarArchivo`
  - c. `GuardarArchivos`
  - d. `SerializarArchivo`

15. Dentro del directorio *coordinacion* en `c:\Tomcat4\webapps\coordinación`, crear el directorio `\package1` para almacenar los archivos `.class` de la aplicación de la herramienta *SysCoor* contenido en el paquete “*package1*”. Quedaría `c:\Tomcat4\webapps\coordinación\package1\*.class` (85 archivos).

Una vez terminados los pasos anteriormente mencionados, se debe de iniciar el servidor Tomcat para tener acceso a la herramienta *SysCoor* y al *generador de sistemas de workflow*.

#### **D.4 Iniciando el servidor**

Para tener acceso tanto al *generador de sistemas de workflow* como al WfMS *SysCoor*, se debe de iniciar el servidor Tomcat. Para iniciar el servicio se debe acceder al archivo *startup* en el directorio `c:\Tomcat4\bin\startup.bat`.

El acceso al *generador de sistemas de workflow*, se hace mediante la dirección: `http://direccion_ip:puerto/coordinación/Pagina.html`.

Mientras que para acceder a la herramienta *SysCoor* donde se encuentran los *sistemas de workflow* generados es con la dirección: `http://direccion_ip:puerto/coordinación/Principal.jsp`.

Es importante señalar que cada vez que se cree un nuevo *sistema de workflow* utilizando el *generador de sistemas de workflow*, es necesario “*reiniciar*” el servidor de Web para que la herramienta *SysCoor* identifique todos los cambios generados.

## **D.5 Acceder a *SysCoor* desde el dispositivo móvil**

Para tener acceso inalámbrico a *SysCoor*, primeramente deberá configurarse la red en la PDA. Una vez configurado el acceso inalámbrico, se ha cumplido con los requerimientos de instalación y se ha iniciado el servidor, es posible acceder a *SysCoor* desde la PDA. Para acceder a *SysCoor* con la PDA, se debe seleccionar el archivo *SysCoor* en el directorio `\MyDevice\Program Files\SysCoor`.

## Apéndice E

# Cuestionarios en la evaluación

### E.1 Introducción

En este apéndice se presentan los cuatro cuestionarios aplicados a los participantes en la evaluación. Se realizaron dos cuestionarios dirigidos para los participantes del área de medicina interna, y otros dos para los participantes del área de farmacia. Los dos cuestionarios aplicados en las dos áreas, evalúan los prototipos de *sistemas de workflow inalámbrico* de los escenarios del proceso *Solicitud de medicamentos del área de medicina interna*. Uno de los cuestionarios evalúa el escenario *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo*, y el otro cuestionario, el escenario de *Solicitud de medicamentos con receta*. Cada cuestionario está dividido en dos secciones; la primera se diseñó con el fin de conocer la experiencia y que tan familiarizado están los participantes de la evaluación y del proceso, con respecto al uso de tecnología de cómputo, como las computadoras personales, el internet y los asistentes digitales personales; la segunda sección evalúa uno de los escenarios.

Los cuestionarios I y II están dirigidos para el personal de medicina interna, y los cuestionarios III y IV para el personal de farmacia.

### E.1 Cuestionario I

Este cuestionario evalúa el escenario de *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*.



**Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
Ciencias de la computación**

**Junio del 2005**

**Medicina Interna**

**PRIMERA SECCIÓN**

---

**DATOS DEMOGRÁFICOS**

Edad: \_\_\_\_\_ Género: M  F  Profesión: \_\_\_\_\_

Puesto que ocupa dentro de su área de trabajo: \_\_\_\_\_

Conteste las siguientes preguntas marcando con una  $\checkmark$  la respuesta que considere mas apropiada. Puede marcar más de una opción si es necesario.

1. ¿Cuántos años tiene ejerciendo su profesión?  
 Menos de 1     De 1 a 3     De 3 a 5     De 5 a 10     Más de 10
2. ¿Cuántos meses tiene trabajando en este puesto?  
 Menos de 1     De 1 a 3     De 3 a 5     De 5 a 10     Más de 10
3. ¿Ha usado una computadora?  
 Si     No
4. ¿Usa usted computadora en su trabajo? (Si la respuesta es NO, continúe en la pregunta 6)  
 Si     No
5. La computadora que usa en su trabajo es de:  
 Uso exclusivo                                 Uso compartido
6. ¿Tiene una computadora en su hogar?  
 Si     No
7. ¿Con que propósito usa computadoras? (Si marca más de una opción, jerarquice en orden de importancia 1°, 2°, 3°, etc.)  
 Fines laborales.....\_\_\_\_\_  
 Entretenimiento.....\_\_\_\_\_  
 Ayuda en tareas escolares de los hijos.....\_\_\_\_\_  
 Navegar en Internet.....\_\_\_\_\_  
 Comunicarse por correo electrónico.....\_\_\_\_\_  
 Chatear y/o mensajería instantánea.....\_\_\_\_\_  
 Otros (especifique)\_\_\_\_\_
8. ¿Ha utilizado el Internet?  
 Si     No
9. ¿Cuántas horas promedio a la semana utiliza la computadora?



Otros ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

3. ¿Cree usted que es útil tener acceso a la información necesaria para desempeñar su trabajo en el lugar (fuera de su espacio de trabajo) donde se encuentre en ese momento?  
 Sí                       No                       Parcialmente
4. Debido a las actividades que realiza en su trabajo, ¿cree usted que es útil utilizar una PDA para desempeñar este proceso?  
 Sí                       No                       Parcialmente
5. ¿Considera usted útil poder acceder y enviar la solicitud de medicamentos por medio del sistema usando la PDA?  
 Sí                       No                       Parcialmente
6. Asumiendo que tuviera acceso a la tecnología y al sistema, lo utilizaría  
 Sí                       No                       No se
7. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para la solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna?
- 
- 

#### MANEJO DE INFORMACIÓN

8. ¿Cree usted que la propuesta toma en cuenta la información necesaria para llevar a cabo la solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo?  
 Sí                       No                       Parcialmente
9. ¿Qué información modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para la solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna?
- 
- 

¿Cómo cree usted que afectaría el realizar el manejo de la *solicitud de medicamentos* a través del sistema?

---



---

#### FACILIDAD DE USO

10. ¿Considera sencillo el uso del sistema?
- Completamente    En desacuerdo    Ligeramente    Neutral    Ligeramente    De acuerdo    Completamente  
 en desacuerdo                      en desacuerdo                      de acuerdo                      de acuerdo                      de acuerdo
11. Con una explicación breve del sistema, ¿cree usted que aprender a operarlo sería fácil?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

12. ¿Cree usted que interactuar con el sistema sería claro y entendible?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

13. Después de estar utilizando el sistema, ¿sería fácil llegar a ser hábil en su uso?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

14. Me interesaría utilizar el sistema por una semana a manera de prueba

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

15. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que sea más fácil de utilizarse?

---

#### MEJORAS

16. ¿Qué características adicionales requiere el sistema para que sea funcional y útil en las actividades que se llevan a cabo para la *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*?

---



---

17. ¿Que características modificaría, eliminaría o agregaría?

---



---

18. ¿Qué problemas (si existen) cree usted que pudieran presentarse en caso de que se implementara este sistema?

---



---

19. Algo más que desee agregar en cuanto a propuestas de mejora al sistema propuesto para dar apoyo a la *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*.

---



---

20. Podría mencionar algunos otros ejemplos de escenarios donde podría aplicarse un sistema como este, donde se requieran mejoras en la coordinación del flujo de trabajo, y les sea útil trabajar con PDAs conectadas a una red de comunicación de forma inalámbrica.

---



---

## E.1 Cuestionario II

Este cuestionario evalúa el escenario de *Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*.

### Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Ciencias de la computación

Junio del 2005  
Medicina Interna

---

#### PRIMERA SECCIÓN

---

#### DATOS DEMOGRÁFICOS

Edad: \_\_\_\_\_ Género: M  F  Profesión: \_\_\_\_\_

Puesto que ocupa dentro de su área de trabajo: \_\_\_\_\_

Conteste las siguientes preguntas marcando con una  la respuesta que considere mas apropiada. Puede marcar más de una opción si es necesario.

1. ¿Cuántos años tiene ejerciendo su profesión?  
 Menos de 1     De 1 a 3     De 3 a 5     De 5 a 10     Más de 10
2. ¿Cuántos meses tiene trabajando en este puesto?  
 Menos de 1     De 1 a 3     De 3 a 5     De 5 a 10     Más de 10
3. ¿Ha usado una computadora?  
 Sí     No
4. ¿Usa usted computadora en su trabajo? (Si la respuesta es NO, continúe en la pregunta 6)  
 Sí     No
5. La computadora que usa en su trabajo es de:  
 Uso exclusivo     Uso compartido
6. ¿Tiene una computadora en su hogar?  
 Sí     No
7. ¿Con que propósito usa computadoras? (Si marca más de una opción, jerarquice en orden de importancia 1°, 2°, 3°, etc.)  
 Fines laborales.....\_\_\_\_\_
- Entretenimiento.....\_\_\_\_\_

- Ayuda en tareas escolares de los hijos.....\_\_\_\_  
 Navegar en Internet.....\_\_\_\_  
 Comunicarse por correo electrónico.....\_\_\_\_  
 Chatear y/o mensajería instantánea.....\_\_\_\_  
 Otros (especifique)\_\_\_\_\_

8. ¿Ha utilizado el Internet?

- Sí  No

9. ¿Cuántas horas promedio a la semana utiliza la computadora?

- Menos de 1  De 1 a 3  De 4 a 8  Más de 8

10. ¿Sabe usted que es una Agenda electrónica o Asistente Personal Digital, por ejemplo Palm o Pocket PC? (Si su respuesta es No, continúe con la SEGUNDA SECCIÓN de este cuestionario)

- Sí  No

11. ¿Posee una? (si la respuesta es SI marque con una  $\checkmark$  el tipo y continúe con el cuestionario)

- Sí  No  
 No  Palm  Pocket PC  Otro

12. ¿Qué aplicaciones de su PDA utiliza con más frecuencia?

y	Diario	Semanalmente	Mensualmente	Menos de 1 vez al mes	Nunca
Lista de cosas por hacer (todo list)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agenda (directorío)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calendario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Especifique:_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SEGUNDA SECCIÓN

Evaluación del escenario: *Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*

Marque con  $\checkmark$  la respuesta que considere mas apropiada.

### UTILIDAD

1. ¿El sistema propuesto apoya las actividades para la solicitud de medicamentos con receta dentro del área?

- Sí  No  Parcialmente

2. Si su respuesta es diferente a No, responda ¿Cuáles cree usted que son los aspectos en los que proporciona apoyo el sistema propuesto? Marque todas las respuestas que considere.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La coordinación	La comunicación entre los participantes	El tiempo en completar el trabajo	Justificar mi trabajo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
En mi desempeño	En mi productividad	Facilitaría mi trabajo	
<input type="checkbox"/>	Otros ¿Cuáles? _____		

3. ¿Cree usted que es útil tener acceso a la información necesaria para desempeñar su trabajo en el lugar (fuera de su espacio de trabajo) donde se encuentre en ese momento? (Por ejemplo poder enviar la receta al lugar donde pueda surtirse)
- Sí                       No                       Parcialmente
4. Debido a las actividades que realiza en su trabajo, ¿cree usted que es útil utilizar una PDA para desempeñar este proceso?
- Sí                       No                       Parcialmente
5. ¿Considera usted útil poder acceder y enviar recetas de medicamentos por medio del sistema usando la PDA?
- Sí                       No                       Parcialmente
6. Asumiendo que tuviera acceso a la tecnología y al sistema, lo utilizaría
- Sí                       No                       No se
7. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para la solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna?
- 
- 

#### MANEJO DE INFORMACIÓN

8. ¿Cree usted que la propuesta toma en cuenta la información necesaria para llevar a cabo la solicitud de medicamentos mediante recetas?
- Sí                       No                       Parcialmente
9. ¿Qué información modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para la solicitud de medicamentos con receta en medicina interna?
- 
- 
10. ¿Cómo cree usted que afectaría el realizar el manejo de la *receta de medicamentos* a través del sistema?

---



---

## FACILIDAD DE USO

11. ¿Considera sencillo el uso del sistema?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

12. Con una explicación breve del sistema, ¿cree usted que aprender a operarlo sería fácil?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

13. ¿Cree usted que interactuar con el sistema sería claro y entendible?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

14. Después de estar utilizando el sistema, ¿sería fácil llegar a ser hábil en su uso?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

15. Me interesaría utilizar el sistema por una semana a manera de prueba

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

16. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que sea más fácil de utilizarse?

---



---

## MEJORAS

17. ¿Qué características adicionales requiere el sistema para que sea funcional y útil en las actividades que se llevan a cabo para la *Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*?

---



---

18. ¿Que características modificaría, eliminaría o agregaría?

---



---

19. ¿Qué problemas (si existen) cree usted que pudieran presentarse en caso de que se implementara este sistema?

---



---





4. ¿Usa usted computadora en su trabajo? (Si la respuesta es NO, continúe en la pregunta 6)  
 Sí  No
5. La computadora que usa en su trabajo es de:  
 Uso exclusivo  Uso compartido
6. ¿Tiene una computadora en su hogar?  
 Sí  No
7. ¿Con que propósito usa computadoras? (Si marca más de una opción, jerarquice en orden de importancia 1°, 2°, 3°, etc.)
- Fines laborales.....\_\_\_\_\_
- Entretenimiento.....\_\_\_\_\_
- Ayuda en tareas escolares de los hijos.....\_\_\_\_\_
- Navegar en Internet.....\_\_\_\_\_
- Comunicarse por correo electrónico.....\_\_\_\_\_
- Chatear y/o mensajería instantánea.....\_\_\_\_\_
- Otros (especifique)\_\_\_\_\_
8. ¿Ha utilizado el Internet?  
 Sí  No
9. ¿Cuántas horas promedio a la semana utiliza la computadora?  
 Menos de 1  De 1 a 3  De 4 a 8  Más de 8
10. ¿Sabe usted que es una Agenda electrónica o Asistente Personal Digital, por ejemplo Palm o Pocket PC? (Si su respuesta es No, continúe con la SEGUNDA SECCIÓN de este cuestionario)  
 Sí  No
11. ¿Posee una? (si la respuesta es SI marque con una  $\checkmark$  el tipo y continúe con el cuestionario)  
 Sí  No  Palm  Pocket PC  Otro
12. ¿Qué aplicaciones de su PDA utiliza con más frecuencia?

y	Diario	Semanalmente	Mensualmente	Menos de 1 vez al mes	Nunca
Lista de cosas por hacer (todo list)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agenda (directorío)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calendario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros Especifique:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---

## SEGUNDA SECCIÓN

---

Evaluación del escenario: *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*

Marque con  $\surd$  la respuesta que considere mas apropiada.

UTILIDAD

1. ¿El sistema propuesto apoya las actividades para surtir la solicitud de medicamentos?  
 Sí                       No                       Parcialmente
2. Si su respuesta es diferente a No, responda ¿Cuáles cree usted que son los aspectos en los que proporciona apoyo el sistema propuesto? Marque todas las respuestas que considere.  

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La coordinación con Medicina Interna	La comunicación entre los participantes	El tiempo en completar el trabajo para surtir la solicitud	Justificar mi trabajo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En mi desempeño	En mi productividad	Facilitaría mi trabajo	

Otros ¿Cuáles? \_\_\_\_\_
3. ¿Cree usted que es útil tener acceso a la información necesaria para desempeñar su trabajo en el lugar (fuera de su espacio de trabajo) donde se encuentre en ese momento?  
 Sí                       No                       Parcialmente
4. Debido a las actividades que realiza en su trabajo, ¿cree usted que es útil utilizar una PDA para desempeñar este proceso?  
 Sí                       No                       Parcialmente
5. ¿Considera usted útil poder acceder y enviar la solicitud de medicamentos por medio del sistema?  
 Sí                       No                       Parcialmente
6. ¿Qué dispositivo preferiría usar para acceder y enviar la solicitud de medicamentos utilizando el sistema?  
 PDA                       Computadora de escritorio
7. Asumiendo que tuviera acceso a la tecnología y al sistema, lo utilizaría  
 Sí                       No                       No se
8. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para la solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna?

---



---



---



---

## MANEJO DE INFORMACIÓN

9. ¿Cree usted que la propuesta toma en cuenta la información necesaria para surtir la solicitud de medicamentos?

Sí                       No                       Parcialmente

10. ¿Qué información modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para surtir la solicitud de medicamentos?

---



---



---

11. ¿Cómo cree usted que afectaría el realizar el manejo de la *solicitud de medicamentos* a través del sistema?

---



---



---

## FACILIDAD DE USO

12. ¿Considera sencillo el uso del sistema?

Completamente en desacuerdo       En desacuerdo       Ligeramente en desacuerdo       Neutral       Ligeramente de acuerdo       De acuerdo       Completamente de acuerdo

13. Con una explicación breve del sistema, ¿cree usted que aprender a operarlo sería fácil?

Completamente en desacuerdo       En desacuerdo       Ligeramente en desacuerdo       Neutral       Ligeramente de acuerdo       De acuerdo       Completamente de acuerdo

14. ¿Cree usted que interactuar con el sistema sería claro y entendible?

Completamente en desacuerdo       En desacuerdo       Ligeramente en desacuerdo       Neutral       Ligeramente de acuerdo       De acuerdo       Completamente de acuerdo

15. Después de estar utilizando el sistema, ¿sería fácil llegar a ser hábil en su uso?

Completamente en desacuerdo       En desacuerdo       Ligeramente en desacuerdo       Neutral       Ligeramente de acuerdo       De acuerdo       Completamente de acuerdo

16. Me interesaría utilizar el sistema por una semana a manera de prueba

Completamente en desacuerdo       En desacuerdo       Ligeramente en desacuerdo       Neutral       Ligeramente de acuerdo       De acuerdo       Completamente de acuerdo

17. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que sea más fácil de utilizarse?

---



---

#### MEJORAS

18. ¿Qué características adicionales requiere el sistema para que sea funcional y útil en las actividades que se llevan a cabo para surtir la *Solicitud de medicamentos de medicina interna*?

---



---

19. ¿Que características modificaría, eliminaría o agregaría?

---



---

20. ¿Qué problemas (si existen) cree usted que pudieran presentarse en caso de que se implementara este sistema?

---



---

21. Algo más que desee agregar en cuanto a propuestas de mejora al sistema propuesto para dar apoyo a la *Solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna*

---



---

22. Podría mencionar algunos otros ejemplos de escenarios donde podría aplicarse un sistema como este, donde se requieran mejoras en la coordinación del flujo de trabajo, y les sea útil trabajar con PDAs conectadas a una red de comunicación de forma inalámbrica.

---



---

### E.1 Cuestionario IV

Este cuestionario evalúa el escenario de *Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*.



10. ¿Sabe usted que es una Agenda electrónica o Asistente Personal Digital, por ejemplo Palm o Pocket PC? (Si su respuesta es No, continúe con la SEGUNDA SECCIÓN de este cuestionario)

Sí

No

11. ¿Posee una? (si la respuesta es SI marque con una  $\checkmark$  el tipo y continúe con el cuestionario)

Sí

\_\_\_Palm

\_\_\_Pocket PC

\_\_\_Otro

No

12. ¿Qué aplicaciones de su PDA utiliza con más frecuencia?

y	Diario	Semanalmente	Mensualmente	Menos de 1 vez al mes	Nunca
Lista de cosas por hacer (todo list)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agenda (directorío)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calendario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros Especifique: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SEGUNDA SECCIÓN

Evaluación del escenario: *Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*

Marque con  $\checkmark$  la respuesta que considere mas apropiada.

### UTILIDAD

1. ¿El sistema propuesto apoya las actividades para surtir recetas de medicamentos dentro del área de medicina interna?

Sí

No

Parcialmente

2. Si su respuesta es diferente a No, responda ¿Cuáles cree usted que son los aspectos en los que proporciona apoyo el sistema propuesto? Marque todas las respuestas que considere.

La coordinación  
con Medicina Interna

La comunicación  
entre los participantes

El tiempo en  
completar el trabajo para  
surtir la solicitud

Justificar  
mi trabajo

En mi desempeño

En mi productividad

Facilitaría mi trabajo

Otros ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

3. ¿Cree usted que es útil tener acceso a la información necesaria para desempeñar su trabajo en el lugar (fuera de su espacio de trabajo) donde se encuentre en ese momento? (Por ejemplo poder enviar la receta al lugar donde pueda surtirse)
- Sí                       No                       Parcialmente
4. Debido a las actividades que realiza en su trabajo, ¿cree usted que es útil utilizar una PDA para desempeñar este proceso?
- Sí                       No                       Parcialmente
5. ¿Considera usted útil poder acceder y enviar recetas de medicamentos por medio del sistema?
- Sí                       No                       Parcialmente
6. ¿Qué dispositivo preferiría usar para acceder y enviar la solicitud de medicamentos utilizando el sistema?
- PDA                       Computadora de escritorio
7. Asumiendo que tuviera acceso a la tecnología y al sistema, lo utilizaría
- Sí                       No                       No se
8. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas para la solicitud de medicamentos para surtir el fondo fijo de medicina interna?
- 
- 

#### MANEJO DE INFORMACIÓN

9. ¿Cree usted que la propuesta toma en cuenta la información necesaria para surtir recetas de medicamentos dentro del área de medicina interna?
- Sí                       No                       Parcialmente
10. ¿Qué información modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que se adecue más al apoyo requerido en las actividades realizadas surtir recetas de medicamentos dentro del área de medicina interna?
- 
- 

¿Cómo cree usted que afectaría el realizar el manejo de la *receta de medicamentos* a través del sistema?

---

---



## FACILIDAD DE USO

11. ¿Considera sencillo el uso del sistema?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

12. Con una explicación breve del sistema, ¿cree usted que aprender a operarlo sería fácil?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

13. ¿Cree usted que interactuar con el sistema sería claro y entendible?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

14. Después de estar utilizando el sistema, ¿sería fácil llegar a ser hábil en su uso?

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

15. Me interesaría utilizar el sistema por una semana a manera de prueba

[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]	[    ]
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Neutral	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo

16. ¿Qué modificaría, agregaría o quitaría al sistema para que sea más fácil de utilizarse?

---



---

## MEJORAS

17. ¿Qué características adicionales requiere el sistema para que sea funcional y útil en las actividades que se llevan a cabo para surtir recetas de medicamentos dentro del área de medicina interna?

---



---

18. ¿Que características modificaría, eliminaría o agregaría?

---



---

19. ¿Qué problemas (si existen) cree usted que pudieran presentarse en caso de que se implementara este sistema?

---



---

20. Algo más que desee agregar en cuanto a propuestas de mejora al sistema propuesto para dar apoyo a la *Solicitud de medicamentos con receta en el área de medicina interna*

---

---

21. Podría mencionar algunos otros ejemplos de escenarios donde podría aplicarse un sistema como este, donde se requieran mejoras en la coordinación del flujo de trabajo, y les sea útil trabajar con PDAs conectadas a una red de comunicación de forma inalámbrica

---

---