

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**AUTOMATIZACION DE LA GESTION DEL
STOCK FARMACEUTICO EN UN SERVICIO
DE URGENCIAS**

(Pharmaceutical Stock Managment Tool

for ER)

Para acceder al Titulo de

INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Autor: Federico Pacheco Gutiérrez

Octubre - 2015



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

Realizado por: Federico Pacheco Gutiérrez

Director del PFC:

Título: “Automatización de la gestión de stock farmacéutico en un Servicio de Urgencias”

Title: “ Pharmaceutical Stock management tool for ER“

Presentado a examen el día:

para acceder al Título de

INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Pérez Arriaga, Jesús

Secretario (Apellidos, Nombre): Vía Rodríguez, Javier

Vocal (Apellidos, Nombre): Ibáñez Díaz, Jesús

Director (Apellidos, Nombre): Pérez Blanco, David José

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del PFC
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Proyecto Fin de Carrera Nº
(a asignar por Secretaría)

Indice General

1	INTRODUCCION	1
2	ESPECIFICACION FUNCIONAL	3
2.1	INTRODUCCIÓN	4
2.2	DESCRIPCION DE LA OPERATIVA ACTUAL	4
2.2.1	Control de stock	5
2.2.2	Control de caducidad	7
2.2.3	Otras operaciones relevantes.	8
2.3	DEFICIENCIAS Y ASPECTOS MEJORABLES DETECTADOS	9
2.3.1	Con referencia al control de almacén.	9
2.3.2	Con referencia al control de caducidad	10
2.4	CONSIDERACIONES ADICIONALES.....	10
2.4.1	Registro de salidas.....	10
2.4.2	Entradas de medicamentos.....	11
2.4.3	Acerca de la seguridad	11
2.4.4	Revisión de caducidades	11
2.4.5	Actualización de stock.....	12
2.5	ESPECIFICACION FUNCIONAL	12
2.5.1	Módulo de farmacia	12
2.5.2	Modulo de almacén.....	13
2.6	SOLUCION PROPUESTA	14
3	DESARROLLO DE LA SOLUCION	15
3.1	HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	16
3.1.1	Servidor Web.....	17
3.1.2	Lenguaje de programación del lado del servidor.....	18
3.1.3	Servidor de bases de datos relacionales	18
3.1.4	Framework Laravel 4.2.....	19
3.1.5	Librerías javascript.....	20
3.1.5.1	JQuery 1.11.3.....	20
3.1.5.2	JQuery –UI 1.11.4	21
3.1.5.3	Datatables 1.10	21
3.1.5.4	jqPlot	21
3.1.6	Otras bibliotecas para el facilitar el diseño estético.	21
3.1.7	Otras herramientas	22
3.2	DEFINICION DE LA ESTRUCTURA DE DATOS.....	22
3.2.1	Medicamento	22
3.2.2	Movimientos.	25
3.2.3	Lotes	26

3.2.4	Otras tablas utilizadas	28
3.3	FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA DESARROLLADA	29
3.3.1	MODULO DE FARMACIA.....	29
3.3.1.1	Interfaz principal	29
3.3.1.2	Grupo de opciones de gestión:	30
3.3.1.3	Grupo de Opciones de Operación	34
3.3.1.4	Grupo de opciones de Consulta	38
3.3.2	MODULO DE URGENCIAS	46
3.3.2.1	Registro de salidas.....	46
3.3.2.2	Actualización de stock.....	48
3.3.2.3	Control de Caducidad	49
3.3.2.4	Atención de notificaciones.....	51
3.4	CONTINUIDAD DEL SERVICIO	51
3.4.1	Clúster de alta disponibilidad	52
3.4.2	Sistema de replicación de base de datos	56
3.4.2.1	Configuración del servidor	56
3.4.2.2	Creación de usuario de replicación	57
3.4.2.3	Inicio del proceso de replicación.....	58
4	MEJORAS Y LINEAS FUTURAS	59
4.1	DESPLIEGUE MULTISERVICIO	60
4.1.1	Modificaciones en el modelo de datos	62
4.2	INTEGRACION CON LOS SISTEMAS EXISTENTES.....	64
4.3	PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO PARA LA IMPLEMENTACION REAL	66
5	CONCLUSIONES	68
6	ANEXOS	70
6.1	ANEXO 1: ESQUEMA COMPLETO DE LA BASE DE DATOS.....	71
6.2	ANEXO 2: ESQUEMA DE OPCIONES DEL MODULO DE FARMACIA.....	72
7	REFERENCIAS.....	73
7.1	Bibliografía	74
7.2	Recursos online	74

Indice de Figuras

FIGURA 2.1: SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BOTIQUÍN	4
FIGURA 2.2: ESQUEMA DE REPOSICIÓN DE MEDICAMENTOS.....	6
FIGURA 2.3: LOS MEDICAMENTOS CON MENOR DEMANDA PUEDEN CADUCAR	7
FIGURA 2.4: LA CADUCIDAD PUEDE SUPONER UN COSTE ECONÓMICO IMPORTANTE.....	7
FIGURA 3.1: ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN	17
FIGURA 3.2: MODELO MVC EN FRAMEWORK LARAVEL.....	19
FIGURA 3.3: TABLA MEDICAMENTOS Y AUXILIARES RELACIONADAS.....	23
FIGURA 3.4: TABLA MOVIMIENTOS RELACIONADA CON MEDICAMENTOS Y TIPO_MOVIMIENTOS.....	25
FIGURA 3.5: TABLA LOTES Y RELACIÓN CON TABLA MOVIMIENTOS.....	27
FIGURA 3.6: TABLAS NOTIFICACIONES Y CONFIGURACIÓN.....	28
FIGURA 3.7: PORTADA DEL MÓDULO DE FARMACIA	29
FIGURA 3.8: OPCIONES DE GESTION	30
FIGURA 3.9: GESTIÓN DE GRUPOS DE MEDICAMENTOS	30
FIGURA 3.10: GESTIÓN DE UNIDADES	31
FIGURA 3.11: GESTIÓN DE MEDICAMENTOS	32
FIGURA 3.12: FORMULARIO PARA NUEVO MEDICAMENTO.....	33
FIGURA 3.13: AVERTENCIA DE BAJA DE MEDICAMENTO	33
FIGURA 3.14: GRUPO DE OPCIONES DE OPERACIÓN.....	34
FIGURA 3.15: MONITORIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL STOCK	35
FIGURA 3.16: DIAGRAMA DE FLUJO DE ACTUALIZACIÓN.....	35
FIGURA 3.17: LISTADO DE MEDICAMENTOS PARA REPONER.....	37
FIGURA 3.18: DEFINICIÓN DE LOTES DE REPOSICIÓN	37
FIGURA 3.19: OPERACIONES DE CONSULTA	38
FIGURA 3.20: INTERFAZ DE CONSULTA POR MOVIMIENTOS.....	39
FIGURA 3.21: INTERFAZ DE CONSULTA POR LOTES	40
FIGURA 3.22: FORMULARIO DE CONSULTA POR MEDICAMENTO CON BÚSQUEDA DINÁMICA	41
FIGURA 3.23: PESTAÑA DETALLES DEL MEDICAMENTO.....	41
FIGURA 3.24: PESTAÑA DE MOVIMIENTOS DEL MEDICAMENTO	42
FIGURA 3.25: PESTAÑA DE LOTES DE MEDICAMENTO	43
FIGURA 3.26: CONFIRMACIÓN DE RETIRADA POR ALERTA FARMACOLÓGICA	44
FIGURA 3.27: PESTAÑA DE ESTADÍSTICAS DE MEDICAMENTO	44
FIGURA 3.28: CONSUMO DEL MEDICAMENTO AGRUPADO POR MESES	45
FIGURA 3.29: INTERFAZ DE REGISTRO DE SALIDAS	46
FIGURA 3.30: NOTIFICACIÓN DE ACTUALIZACIÓN DE STOCK EN CURSO	47
FIGURA 3.31: NOTIFICACIÓN DE CONTROL DE CADUCIDAD	47
FIGURA 3.32: NOTIFICACIÓN DE BAJA DE MEDICAMENTO SIN RETIRADA DE STOCK.....	47
FIGURA 3.33: BAJA DE MEDICAMENTO CON RETIRADA DE STOCK	47
FIGURA 3.34: NOTIFICACIÓN DE RETIRADA DE LOTE	47
FIGURA 3.35: INTERFAZ DE ACTUALIZACIÓN DE STOCK.....	48
FIGURA 3.36: INTEFAZ DE CONTROL DE CADUCIDAD.....	50
FIGURA 3.37: INTERFAZ PARA ATENDER UNA RETIRADA DE LOTE POR ALERTA FARMACOLÓGICA	51
FIGURA 3.38: ASEGURANDO LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO	52
FIGURA 3.39: FUNCIONAMIENTO DEL CLUSTER DE ALTA DISPONIBILIDAD.....	53
FIGURA 3.40: PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CLÚSTER.....	54
FIGURA 3.41: CLÚSTER CON EL NODO 2 RESPONDIENDO.....	55
FIGURA 3.42: CLÚSTER CON BASE DE DATOS EXTERNA.....	55

FIGURA 3.43: INFORMACIÓN DE CONFIGURACIÓN DE LA REPLICACIÓN	57
FIGURA 4.1: DESPLIEGUE DE LA APLICACIÓN EN MÚLTIPLES SERVICIOS CON BOTIQUÍN	61
FIGURA 4.2: DESPLIEGUE CON LA APLICACIÓN REDISEÑADA PARA MULTISERVICIO	62
FIGURA 4.3: TABLAS PARA RELACION ENTRE SERVICIOS Y MEDICAMENTOS	63
FIGURA 4.4: RELACIONES ENTRE SERVICIOS, LOTES Y MOVIMIENTOS	63
FIGURA 4.5: SISTEMAS ACTUALES.....	65

AGRADECIMIENTOS

Durante estos últimos años he observado como mis antiguos compañeros han ido ejerciendo su profesión como Ingenieros de Telecomunicación, desvelándome lo que durante mucho tiempo fue algo misterioso para mí: ¿qué hace un ingeniero? A la vista de la actividad de los compañeros con los que he mantenido contacto, hoy puedo responder a esa pregunta: utilizar la tecnología disponible para resolver problemas reales. Ese es el espíritu que me ha movido a plantear este trabajo.

He tenido la oportunidad de enfrentarme al PFC (Proyecto Fin de Carrera) con algo de lo que habitualmente un estudiante carece: experiencia laboral. He desarrollado diversas actividades, casi todas ellas relacionadas de una u otra manera con las nuevas Tecnologías, programación e internet.

Cuando por fin decidí abordar de manera definitiva el PFC, muchos me recomendaron que utilizase algún trabajo realizado durante mi actividad profesional, otros me animaban a retomar alguno de los proyectos que inicié y no llegué a finalizar. No faltó quien me aconsejaba que pasara por este trámite inspirándome en trabajos realizados por otros. Sin embargo, he preferido empezar de cero y buscar en mi entorno cercano algún problema real sobre el que poder realizar el trabajo.

Mi mujer trabaja con enfermera en el servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares e indagando en su funcionamiento, con información de primera mano, es como he llegado a plantear el PFC en el ámbito hospitalario.

Para la realización de esta memoria he mantenido varios encuentros y contactos con personal del servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares, el servicio de Farmacia y del departamento de informática del Hospital Sierrallana, que me han permitido conocer en detalle el funcionamiento de la gestión de existencias de los medicamentos en un hospital.

Quiero expresar mi agradecimiento a todo el personal del servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares, en especial a D. Daniel Ahumada y Dña. Gema Prego, por haber brindado su apoyo en la realización de este proyecto. También a D. Raúl Martínez Santiago, responsable del servicio de informática del Hospital Sierrallana por el tiempo dedicado y su colaboración, y a D. Ignacio Elicegui Maestro por su amistad y facilitarme el contacto.

También quiero mostrar mi mayor gratitud a D. Javier Vía Rodríguez por la revisión de la presente memoria, y a D. David J. Perez Blanco por sus continuos mensajes de apoyo y motivación y la infinidad de sugerencias y buenos consejos que me ha ofrecido. Sin su ayuda no habría podido llevar este proyecto a su término.

Por último, mi mayor reconocimiento para mis padres y para las tres personas más importantes en mi vida: Gema, Alejandro y Paula. Gracias a ellos he llegado hasta aquí.

1 INTRODUCCION

El servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares dispone de un botiquín para el desarrollo de sus funciones. En este proyecto se detalla cómo se gestiona en la actualidad y de que manera se podría mejorar dicha gestión mediante el uso de las nuevas tecnologías.

La gestión de existencias en el botiquín exige una dedicación importante por parte del personal de enfermería y del servicio de Farmacia del Hospital. El objetivo principal de la solución planteada en esta memoria es aliviar la carga de trabajo que supone el control de stock y la supervisión de las caducidades de los medicamentos.

El uso de una herramienta que permita llevar a cabo estas tareas de forma automática y eficiente implicaría una mejora en la operativa actual y una racionalización del trabajo. Además, el registro de la actividad de dicha herramienta permite un mayor control sobre el funcionamiento del servicio y facilita la identificación de posibles mejoras.

La parte principal de esta memoria está estructurada en cinco capítulos.

Este primero sirve de introducción y presentación del trabajo.

El segundo capítulo describe el funcionamiento actual de la gestión del stock de farmacia en el servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares y se definen cuales son los objetivos que se precisan cumplir.

En el tercer capítulo se presenta la solución propuesta, indicando las herramientas utilizadas y describiendo detalladamente el funcionamiento de la aplicación desarrollada.

En el cuarto capítulo se abordan algunas mejoras que pueden realizarse sobre el prototipo desarrollado y se esbozan algunas líneas futuras de trabajo, haciendo especial hincapié en la integración con otras herramientas ya existentes en el SCS (Sistema Cántabro de Salud) y en la hipotética implementación real de la aplicación.

El capítulo quinto recoge las conclusiones del proyecto, repasando el grado de cumplimiento de los objetivos previstos y ofreciendo una visión general del trabajo realizado.

Por último, se incluye un capítulo de anexos y otro de referencias, para completar y documentar los contenidos expuestos en la memoria.

2 ESPECIFICACION FUNCIONAL

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se recoge una descripción de la operativa actual en la gestión de existencias en el almacén de farmacia del servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares.

Para su elaboración se han mantenido varios encuentros con el personal de enfermería que actualmente se ocupa de la gestión del stock de medicamentos del botiquín, con el fin de conocer de primera mano la forma actual de trabajo, el tipo de incidencias más habituales y poder valorar objetivamente el impacto, la conveniencia y viabilidad de las modificaciones necesarias para implantar una solución de mejora.

2.2 DESCRIPCION DE LA OPERATIVA ACTUAL

El servicio de Urgencias dispone de un almacén de farmacia en el que se encuentran los fármacos necesarios para el funcionamiento del servicio. Los fármacos se hallan almacenados en cajetines separados y de ellos se van retirando los medicamentos a medida que son utilizados.

Los cajetines están convenientemente etiquetados y divididos por grupos, atendiendo principalmente a la vía de administración del medicamento (parenteral, rectal, oral, etc.). En la Figura 2.1 se muestra parte del sistema de almacenamiento actual:



Figura 2.1: Sistema de almacenamiento en botiquín

En la actualidad se trabaja con 202 medicamentos divididos en 11 grupos.

La clasificación en grupos es común a otros servicios que disponen de botiquín tanto en el Hospital Tres Mares como en el Hospital Sierrallana (unidades de hospitalización, quirófanos,

etc.). Esta clasificación no cambia frecuentemente, aunque es necesario contemplar la posibilidad de definir nuevos grupos, o modificar la nomenclatura de los grupos existentes.

El listado de medicamentos con que se trabaja sí puede presentar variaciones, aunque son poco frecuentes. Estas variaciones vienen indicadas por el Servicio de Farmacia y pueden ser de varios tipos:

- Se deja de trabajar con un medicamento
- Se añade un nuevo medicamento
- Se sustituye un medicamento actual, por otro nuevo más apropiado por su efectividad o por las condiciones económicas de adquisición.

Las cantidades adecuadas en que se encuentra cada medicamento han sido establecidas conforme a la experiencia del propio personal de enfermería.

La operación con el botiquín incluye dos funciones de control diferentes, pero relacionadas:

- a) Control de stock: Asegurar la disponibilidad de existencias
- b) Control de caducidad: Asegurar que las existencias disponibles se encuentran aptas para su utilización.

2.2.1 Control de stock

Para garantizar el suministro necesario periódicamente (dos veces por semana, lunes y jueves) es necesario realizar una inspección para comunicar las reposiciones necesarias al Servicio de Farmacia. Esta comunicación se realiza rellenando un impreso (petitorio) en el que figuran todos los medicamentos y las cantidades que debe haber de cada medicamento. La persona que realiza el control apunta la cantidad a reponer de cada medicamento, y el impreso se hace llegar al Servicio de Farmacia. Allí se preparan los medicamentos necesarios conforme a lo solicitado y posteriormente el pedido es trasladado a Urgencias y es repuesto en los cajetines correspondientes por un auxiliar de farmacia.

Este funcionamiento se debe a que actualmente no se registran las cantidades consumidas de un medicamento. El control de stock se realiza a posteriori, comparando las existencias reales con las indicadas en el formulario petitorio y solicitando la reposición de la diferencia.

En la Figura 2.2 se presenta de forma esquematizada el proceso de reposición:

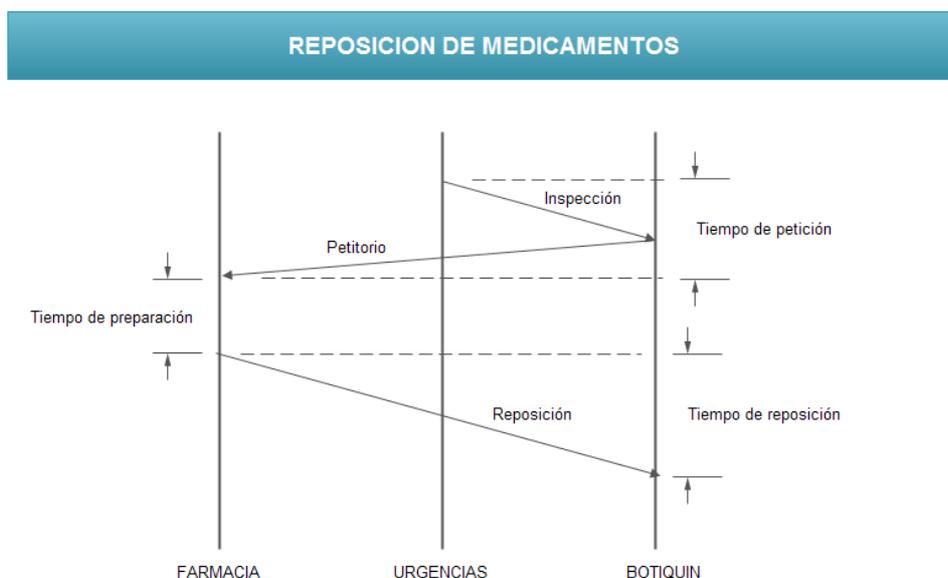


Figura 2.2: Esquema de reposición de medicamentos

Se observa que el mantenimiento del suministro necesario de medicamentos implica a dos agentes: Farmacia y Urgencias.

Se ha dividido el proceso en tres tiempos. Urgencias es responsable del tiempo de petición, que es el necesario para realizar la inspección del botiquín, rellenar el formulario de pedido y enviar el formulario a Farmacia. La inspección supone la observación de todos los cajetines del botiquín por lo que se puede deducir que se mantiene constante. El valor habitual del tiempo de petición se sitúa entre media y una hora.

El tiempo de preparación y el tiempo de reposición son responsabilidad del servicio de Farmacia y su valor es variable, en función del número de medicamentos solicitados, su disponibilidad y ubicación física. La suma de ambos tiempos habitualmente es inferior a las tres horas. Este es el plazo que tarda el Servicio de Farmacia desde que recibe la petición de reposición hasta que el medicamento está de nuevo disponible en el cajetín, en la cantidad necesaria. El servicio de Farmacia funciona únicamente en turno de mañana (de 8 a 15 horas), por lo que los días que se realiza el pedido, la revisión del botiquín se realiza antes de las 11 de mañana, para dejar un margen suficiente.

Cuando se detecta la necesidad inmediata de un medicamento fuera del horario habitual de revisión de botiquín, el personal de Urgencias debe desplazarse hasta el almacén de Farmacia para obtener el medicamento.

2.2.2 Control de caducidad

Algunos fármacos, a pesar de tener una baja demanda, inevitablemente deben estar presentes en el stock para atender posibles necesidades del servicio. Debido a su baja demanda pueden transcurrir largos períodos en los que no es necesaria la reposición del medicamento y ello conlleva el riesgo de que dicho medicamento llegue a su fecha de caducidad, con lo que dejaría de ser utilizable en caso de necesitarlo, suponiendo además un gasto económico para el Sistema Cántabro de Salud (SCS).

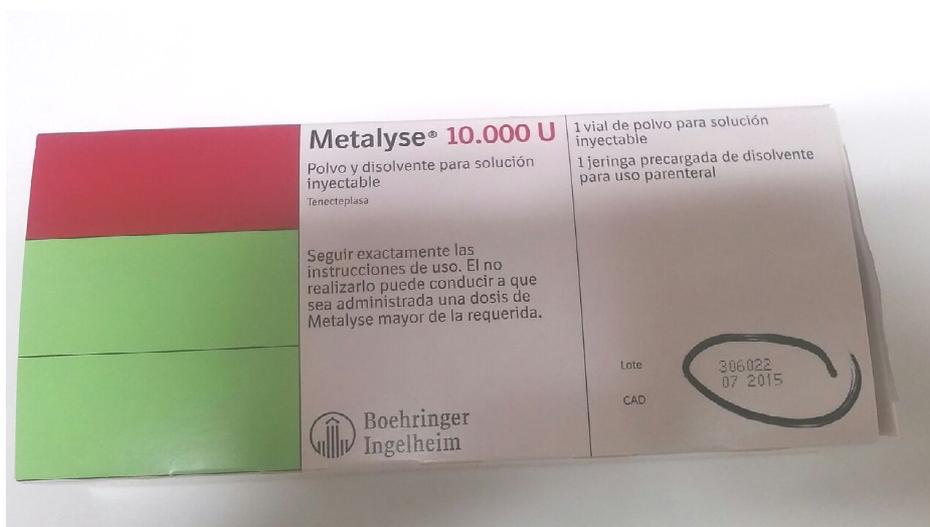


Figura 2.3: Los medicamentos con menor demanda pueden caducar

Consideremos por ejemplo el medicamento de la Figura 2.3. El Metalyse es un fibrinolítico que se aplica para deshacer trombos en las arterias coronarias. Su utilización es poco frecuente pero, en determinadas circunstancias, puede salvar la vida de una persona, por lo que su presencia en Urgencias es necesaria por requerimiento médico.

Para poder valorar la importancia económica del control de caducidad, fijémonos en la Figura 2.4 capturada del Vademécum y correspondiente a dicho medicamento.

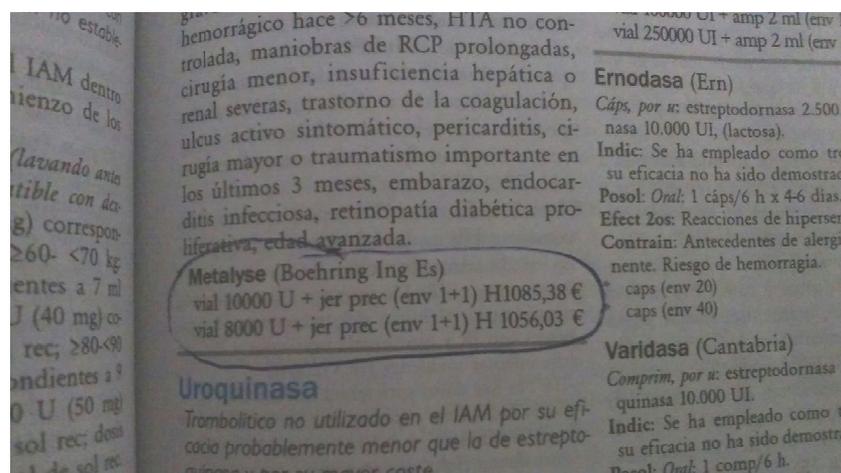


Figura 2.4: La caducidad puede suponer un coste económico importante

Es decir, un Metalyse caducado le ha supuesto al SCS un gasto de 1085.38€ sin que el medicamento haya llegado a utilizarse.

Con el fin de evitar casos como el descrito, además del doble control semanal para asegurar la disponibilidad de existencias, se lleva a cabo un control mensual de caducidades en el que el personal de enfermería revisa detenidamente cada medicamento contenido en los cajetines para descartar aquellos que han caducado o cuya fecha de caducidad esté próxima (un mes).

Los medicamentos descartados son devueltos a farmacia generándose de este modo un nuevo pedido para reponer las unidades devueltas. En farmacia los fármacos caducados son gestionados para su eliminación y los próximos a caducar son reasignados a otros servicios hospitalarios en los que se espera una mayor demanda, aumentando de esta manera la probabilidad de utilización del fármaco y reduciendo, en la medida de lo posible, el gasto farmacológico del SCS.

La caducidad de un medicamento está asociada a un lote y es habitual que en un mismo cajetín del botiquín existan medicamentos de lotes diferentes, por lo que la inspección debe ser mucho más minuciosa por parte del personal de Urgencias. El control de caducidades exige la revisión de todos los medicamentos individualmente y el tiempo necesario para llevarla a cabo es superior al que se invierte cuando se realiza el pedido habitual de control de stock (en torno a dos-tres horas).

Es importante destacar que el control de caducidad se realiza actualmente de la forma descrita debido a que los medicamentos no tienen una disposición concreta dentro de los cajetines, que obligue al consumo de los medicamentos según su fecha de caducidad. Así mismo, por la naturaleza del servicio, cuando se precisa un medicamento éste se necesita con la menor demora posible, por lo que no es viable revisar la fecha de caducidad de todos los disponibles para elegir el más adecuado según su caducidad. Es decir, a la hora de recoger un medicamento del cajetín, la fecha de caducidad no es tenida en cuenta y precisamente esta circunstancia es la que obliga a realizar controles periódicos.

2.2.3 Otras operaciones relevantes.

Además de las operaciones principales descritas en los apartados anteriores existen operaciones que son relevantes a la hora de gestionar el botiquín de urgencias:

a) Baja de un medicamento

Cuando desde Farmacia se comunica que no se va a seguir trabajando con cierto medicamento, bien porque se ha decidido que no es necesario o porque se va a empezar a trabajar con un medicamento mejor que lo sustituye, hay que decidir qué sucede con el stock existente del medicamento dado de baja. Lo habitual es que este medicamento deje de ser repuesto y se continúe utilizando el medicamento hasta que el stock existente quede

totalmente agotado, si bien es factible que se ordene la retirada de las existencias disponibles por diversos motivos.

b) Retirada de lote por alerta farmacológica

Puede suceder que desde Farmacia se ordene la retirada de un lote determinado por causas diversas. En tal caso, el personal de Urgencias revisa el cajetín correspondiente y las existencias son devueltas a Farmacia que prepara un pedido para su reposición con un nuevo lote.

2.3 DEFICIENCIAS Y ASPECTOS MEJORABLES DETECTADOS

Visto el funcionamiento actual de la gestión del botiquín y comprobado con el personal de enfermería que se hace cargo del mismo, se han detectado algunos aspectos mejorables en los dos ámbitos principales de operación: control de stock y control de caducidad.

2.3.1 Con referencia al control de almacén.

- La principal deficiencia detectada es la falta de registro de salidas del botiquín. Ello obliga al recuento periódico y manual de medicamentos, y a elaborar el pedido correspondiente a Farmacia, lo que supone una inversión en tiempo y recursos humanos y materiales que podría evitarse implantando un sistema automático de control de stock.
- La cantidad de fármacos necesarios de cada tipo no está calculada de forma objetiva, sino basada en la experiencia del propio personal a cargo del almacén. Un control más exhaustivo del almacén podría permitir calcular con mayor precisión las necesidades de cada fármaco, haciendo el stock más dinámico y adaptable a las necesidades. Algunos fármacos tienen mayor demanda en determinadas épocas del año (por ejemplo, antihistamínicos en primavera, antitérmicos y antibióticos en invierno, etc.).
- A pesar de que se realiza el control de existencias con periodicidad suficiente, pueden darse picos de demanda que provoquen el agotamiento de determinado fármaco antes del siguiente control, lo que implica que el personal de Urgencias tenga que realizar pedidos extraordinarios a Farmacia, suponiendo de nuevo una inversión de tiempo y recursos. Un control de stock automatizado podría permitir la monitorización en tiempo real de las existencias disponibles y, mediante un sistema de alarmas o notificaciones, evitar estas situaciones que entorpecen la buena marcha del servicio.
- El sistema actual implica a dos agentes: Farmacia y personal de Urgencias. Un sistema automatizado de control de stock permitiría liberar al personal de Urgencias de la elaboración de pedidos a farmacia (se eliminaría el tiempo de petición recogido en la Figura 2.2)

2.3.2 Con referencia al control de caducidad

- Igualmente, el sistema actual implica a dos agentes: Farmacia y Urgencias.
- El control de caducidades implica la observación de todos y cada uno de los fármacos almacenados y de todos los cajetines del almacén. Un sistema automatizado permitiría reducir la inspección únicamente a aquellos cajetines para los que consta la existencia de un lote próximo a caducar.
- En Farmacia disponen de los datos de lote y caducidad de los fármacos servidos para la reposición del stock. Un sistema automático de stock puede, por tanto, monitorizar la existencia de productos próximos a caducar sin necesidad de una inspección física del cajetín y mediante un sistema de notificaciones y alertas informar automáticamente a farmacia para que se tomen las medidas oportunas. Esto eliminaría la necesidad de inspecciones periódicas.

2.4 CONSIDERACIONES ADICIONALES

En este apartado se han incluido otras consideraciones realizadas por el personal de Urgencias de carácter fundamentalmente práctico, que aportan información importante y que deben ser tenidas en cuenta en la elaboración de un sistema automático de control de stock.

2.4.1 Registro de salidas

La implantación de un sistema automático de control de stock requiere obligatoriamente el registro de salidas del almacén. Dada la naturaleza del servicio, el registro de salida del fármaco debe ser lo más rápido y sencillo posible con una interacción mínima por parte del personal de Urgencias. Es inviable por ejemplo, dedicar un tiempo a validación o rellenar formularios puesto que el medicamento es requerido con urgencia y su disponibilidad para ser administrada debe ser lo más inmediata posible.

Para la elaboración de una solución se han valorado posibles soluciones que cumplirían con el requisito anterior:

- Utilización de códigos de barras
- Uso de un sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID)

En ambas soluciones se requeriría un etiquetado individual de los medicamentos. La amplia variedad de presentaciones de los medicamentos (bolsas de suero, paquetes monodosis, frascos, inyectables, etc.) supone una dificultad importante a la hora de plantear dicho etiquetado. Además, supondría una inversión considerable y la inclusión de nuevos procedimientos en el Servicio de Farmacia, por lo que la ventaja inicial de un sistema automático de control de stock se vería mermada.

Consultado el personal de Urgencias al respecto, se considera viable una interacción mínima (unos pocos segundos por medicamento) por lo que se ha optado por una herramienta software con la que se interacciona a través de un dispositivo táctil.

2.4.2 Entradas de medicamentos

Las salidas de medicamentos son frecuentes pero en pequeñas cantidades, mientras que las entradas (reposiciones) implican habitualmente a multitud de fármacos y en cantidades mayores. No obstante, no es necesario registrar físicamente la entrada de medicamentos puesto que los fármacos servidos coinciden con el pedido que se habría generado automáticamente para satisfacer las necesidades de stock.

2.4.3 Acerca de la seguridad

No es preciso incluir un sistema de validación de usuarios. La seguridad en el acceso a la aplicación se puede garantizar actuando sobre la configuración del servidor, que sería únicamente accesible desde la red hospitalaria y desde los puestos autorizados para ello. Por otra parte, la información relativa al stock no es especialmente sensible ni contiene datos de carácter personal. No se considera relevante quién retira o repone los fármacos del almacén puesto que:

- No se trata de un recinto de acceso restringido (accesible a todo el personal del hospital: médicos, enfermeras, auxiliares, mantenimiento, etc.).
- Un sistema de validación entorpecería las salidas de fármacos.
- El personal de Urgencias cambia frecuentemente. En ocasiones con contratos de duraciones muy cortas (incluso un día). Mantener un sistema de validación supondría un esfuerzo de gestión mayor que el que supone la gestión actual del almacén. Los inconvenientes supondrían una desventaja de mayor peso que las mejoras aportadas.
- Se busca un manejo más eficiente y ágil del almacén y no la trazabilidad de cada fármaco de forma individual.
- Conocer la persona que retiró el fármaco no aporta valor ni permitiría conocer el uso final de fármaco, puesto que por la propia naturaleza del servicio no es viable el registro de uso ni factible el contraste con prescripciones médicas.

2.4.4 Revisión de caducidades

Se ha comentado anteriormente la necesidad de que la retirada de un medicamento sea un proceso rápido y sencillo. No es viable determinar en el momento de la retirada la pertenencia de un medicamento a uno u otro lote, por lo que el control de caducidad se realizará conforme únicamente a las entradas del almacén. Es decir, se conoce qué lotes y caducidades han sido repuestas en un cajetín pero no es necesario conocer ni registrar el lote del fármaco utilizado. No es factible controlar el orden en que son consumidos los medicamentos puesto que dentro de los cajetines los medicamentos no tienen una disposición ordenada.

Solo será necesaria la inspección cuando el sistema notifique una posible caducidad que deberá ser comprobada físicamente, procediendo a la retirada si ésta realmente se ha producido o anulando la notificación indicando que el lote próximo a caducar ya fue consumido.

2.4.5 Actualización de stock

La utilización de un sistema automático de stock está sujeta a errores humanos de diversa índole (por ejemplo, retirar un medicamento sin registrar la salida, servir un medicamento en una cantidad diferente a la registrada en la aplicación, etc.). Ello provoca que con el uso puedan surgir discrepancias entre los datos manejados en la aplicación y las existencias reales de medicamentos.

Todo sistema de gestión de almacén debe disponer de un mecanismo que permita asegurar la correspondencia de los datos manejados por la aplicación con los valores reales de existencias, permitiendo la corrección en caso de discrepancias. A este mecanismo lo he denominado actualización de Stock.

La actualización de stock exige necesariamente la inspección completa del botiquín por parte del personal de Urgencias y es un proceso que exige una inversión de tiempo considerable. Por ello se debe contemplar que la operación pueda ser interrumpida en cualquier momento por necesidades del servicio y pueda ser retomada posteriormente en el estado en que había quedado. Cuando un proceso de actualización ha sido interrumpido, el módulo el personal de Urgencias debe ser conocedor de ello, lo cual se puede obtener sencillamente con una notificación en pantalla que informe de que actualmente hay una actualización en curso, ofreciendo la posibilidad de continuarla. Esta notificación desaparecerá una vez la actualización haya sido completada.

2.5 ESPECIFICACION FUNCIONAL

Los datos recogidos hasta este momento nos permiten conocer con detalle el servicio y elaborar una lista de funcionalidades que debe cumplir la herramienta informática que se ocupe de la gestión del botiquín y que han sido recogidas en el presente epígrafe.

La herramienta debe constar de dos módulos para interactuar con la herramienta desde dos ubicaciones diferentes: Servicio de Farmacia y Servicio de Urgencias.

2.5.1 Módulo de farmacia

- Utilizable y accesible únicamente para el Servicio de Farmacia
- Para el control de stock:
 1. Debe permitir definir qué fármacos (añadir nuevos o dar de baja fármacos ya existentes) y en qué cantidad deben estar presentes en el almacén.
 2. Cuando un medicamento sea dado de baja enviará notificación a Urgencias para indicar cómo proceder con la existencias disponibles.
 3. Permitirá obtener automáticamente las cantidades necesarias a reponer para cumplir con las necesidades de stock y llevará control del pedido servido (es decir, las entradas de almacén).

4. Permitirá la monitorización del estado actual del stock reconociendo de forma visual el estado de cada fármaco.
 5. Mantendrá un historial de las entradas y salidas de almacén habilitando además la consulta por fecha y por fármaco.
 6. En caso de detectar discrepancias entre los datos manejados por la aplicación (por ejemplo, si la aplicación informa de un stock negativo) y los datos de existencias reales, debe permitir la solicitud a Urgencias de una actualización de stock.
 7. Mantendrá un historial de las actualizaciones de stock.
 8. Debe facilitar la detección de patrones de demanda atendiendo al historial de gasto de un medicamento para el cálculo óptimo del stock necesario.
- Para el control de caducidades:
 1. Los fármacos servidos al almacén incluirán el nombre del fármaco, la cantidad servida (calculada automáticamente a partir del stock actual y el requerido, si bien será un valor modificable) y los lotes y caducidades de cada lote implicados en la reposición.
 2. La reposición de un medicamento puede estar compuesta por varios lotes.
 3. Se realizará una monitorización automática de las caducidades y cuando se detecte una caducidad próxima, se enviará una notificación a Urgencias para indicar los medicamentos que deben ser objeto de revisión.
 4. Debe permitir la retirada de un lote por alerta farmacológica.

2.5.2 Modulo de almacén

1. Utilizable y accesible únicamente para el servicio de Urgencias
2. Se encargará del registro de salidas atendiendo a las siguientes especificaciones:
 - a. Debe ser muy rápido y sencillo de manejar
 - b. No implicará la necesidad de escribir ni rellenar formularios
 - c. Debe estar siempre operativo
 - d. Se realizará la captura de datos directamente desde el almacén.
3. Dispondrá de un módulo de actualización de stock para asegurar la correspondencia de los datos de la aplicación con las existencias reales. Este módulo se activará cuando sea indicado desde el módulo de farmacia, que es desde donde están monitorizadas las cantidades de cada medicamento y detectar datos erróneos (por ejemplo, un stock negativo).
4. Dispondrá de un sistema que permita atender a una notificación de caducidad próxima. Con este sistema se debe poder:
 - a. Indicar si el lote ha sido consumido
 - b. Indicar si hay unidades que devolver y en tal caso, proceder a su reposición de forma automática.
5. Atenderá las peticiones de retirada de lote por alerta farmacológica.

2.6 SOLUCION PROPUESTA

Para dar respuesta a las necesidades recogidas en el epígrafe anterior se ha desarrollado una aplicación web. Los detalles sobre las herramientas utilizadas, su elaboración y funcionamiento son tratados en el capítulo siguiente.

3 DESARROLLO DE LA SOLUCION

En este capítulo se describe la solución propuesta comenzando por las herramientas que han sido utilizadas para su elaboración y la motivación para su elección. A continuación, se describirá el modelo de datos utilizado para el prototipo y, por último, se dará un repaso al funcionamiento de la herramienta desarrollada.

3.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

A la hora de desarrollar una aplicación para dar solución al problema expuesto en el capítulo anterior cabían dos posibilidades:

- Aplicación de escritorio
- Aplicación Web

Se optó por la segunda opción porque presenta importantes ventajas sobre la primera, de entre las cuales destacan las siguientes:

- Independencia de la plataforma
La aplicación podrá ejecutarse de igual manera en entornos Windows, Linux o Mac. Aunque hubiera sido factible su desarrollo en Java, que se ejecuta sobre la máquina Virtual Java y que también ofrece dicha independencia, cualquier modificación de la aplicación habría de ser distribuida a los puestos implicados (farmacia y urgencias), mientras que la aplicación web requiere únicamente la modificación en el servidor.
- Facilidad de ampliación y actualización de la herramienta.
En el caso de las aplicaciones de escritorio cualquier modificación sobre el código exigiría la reinstalación del programa en todos los equipos implicados. En cambio, en un entorno Web únicamente habrá que realizar modificaciones sobre el servidor que aloja la aplicación.
Esto cobra especial importancia cuando atendemos a la necesidad de dar servicio continuado. En caso de avería, el tiempo necesario para restablecer el servicio es notablemente inferior en un entorno web: únicamente sería necesario sustituir el equipo averiado.
- Ubicuidad del servicio Web
Una aplicación web puede hacerse accesible desde cualquier punto con una conexión a la red. Además, desde la configuración del servidor se pueden habilitar, controlar y restringir las conexiones según su procedencia.
Asimismo, la utilización de una aplicación web facilita en gran medida el acceso a la interfaz desde distintos dispositivos (ordenadores, tablets, móviles, etc.) sin necesidad de reprogramar la aplicación.
- Multitud de herramientas disponibles
Además, dada la amplia utilización hoy en día de la programación web, han proliferado múltiples herramientas, entornos y utilidades cuyo uso es gratuito y que facilita en gran medida el desarrollo de aplicaciones.
Asimismo, existe disponible en internet gran cantidad de información y multitud de comunidades a las que recurrir en caso necesario.

Como se ha visto en el capítulo anterior, será necesario desarrollar dos módulos independientes: Uno para el servicio de Urgencias y otro para el servicio de Farmacia. Ambas aplicaciones estarán alojadas en un servidor web y atacaran a la misma base de datos conformando la arquitectura que se muestra en la Figura 3.1:



Figura 3.1: Arquitectura de la aplicación

A la vista de la figura, será necesario disponer de un servidor web. Dicho servidor deberá ser capaz de responder a las peticiones de cada módulo construyendo de forma dinámica los documentos HTML solicitados, para lo que será necesario disponer de un lenguaje de programación del lado de servidor que deberá permitir el acceso a un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) donde serán almacenados los datos [1].

Tenemos, por tanto, tres componentes principales:

3.1.1 Servidor Web

Existen multitud de alternativas disponibles (Apache, Microsoft IIS, Nginx, LiteSpeed, Google Servers, Lighttpd, etc.). De entre todas ellas se ha preferido utilizar Apache por las siguientes razones:

- Es el servidor más utilizado en la actualidad y está disponible para multitud de plataformas, incluyendo las más utilizadas (Windows, Linux y Macintosh).
- Su utilización está regulada por una licencia de Software libre por lo que no es necesario el pago de licencias.
- Admite multitud de extensiones y módulos que permiten extender su funcionalidad. Entre ellas están soportados múltiples lenguajes de programación del lado del servidor.
- Dada su extensa utilización, existe disponible gran cantidad de información y comunidades a las que recurrir en busca de soporte para solucionar problemas.

3.1.2 Lenguaje de programación del lado del servidor

Nuevamente se dispone de multitud de alternativas (PERL, ASP, JSP, PHP, Python, Ruby, etc.). Se ha decidido realizar el desarrollo en PHP por los siguientes motivos:

- Es un lenguaje totalmente libre y abierto (open source). Su uso no implica el pago de licencia alguna.
- Se integra fácilmente con el servidor web escogido (Apache)
- Velocidad de ejecución y estabilidad.
- Facilita el acceso a bases de datos
- Orientado a objetos.
- Comunidad de usuarios muy grande.
- Gran cantidad de herramientas, librerías, frameworks y demás proyectos ya realizados que resuelven problemas de aparición común.
- Experiencia personal previa en otros desarrollos de software.

3.1.3 Servidor de bases de datos relacionales

Una vez más, hay multitud de opciones entre las que escoger: Oracle, Informix, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, MySQL, etc. De entre todas ellas se ha optado por MySQL por presentar las siguientes ventajas [4]:

- Software Open Source con licencia GPL por lo que su utilización no implica coste alguno.
- Gran fiabilidad, velocidad y rendimiento, comparable a otros SGBD relacionales comerciales.
- Disponible en multitud de plataformas.
- Gran robustez y conectividad
- Fácil de configurar e instalar
- Multitud de mecanismos de almacenamiento. Soporte a transacciones, disparadores, procedimientos almacenados, escalabilidad y clustering.

La utilización de los tres componentes anteriores es de uso común y tan habitual que han surgido multitud de paquetes que los incorporan ya integrados y configurados para trabajar de forma conjunta, añadiendo además otras utilidades y funcionalidades. Según la plataforma en la que se desee trabajar, estos paquetes se denominan WAMP (en entornos Windows), LAMP (en entornos Linux), MAMP (en entornos Mac).

El desarrollo de la aplicación se ha realizado en un entorno Windows y se ha utilizado el producto XAMPP, que está disponible en las tres plataformas habituales. La versión utilizada es la 5.6.3 e incorpora PHP en su versión 5.6.3, Apache 2.4.10, Mysql 5.6.3. Incorpora además la utilidad phpMyAdmin 4.2.11 que ofrece una interfaz web para interactuar con el servidor de bases de datos, y un panel de control que permite, entre otras cosas, activar o desactivar los distintos componentes y facilita el acceso a los diferentes archivos de configuración.

Los componentes descritos son los elementos principales sobre los que se ha construido la aplicación pero, además, se han utilizado otras herramientas que se enumeran a continuación.

3.1.4 Framework Laravel 4.2

En el contexto de los lenguajes de programación, podemos entender por framework un esquema general o patrón para el desarrollo de una aplicación. Su principal ventaja es que libera al programador del planteamiento global de la estructura de la aplicación y mediante unas reglas de sintaxis y formas de trabajo, permite enfocar la atención en la solución del problema, apoyándose en una estructura ya funcional y probada.

Cualquier desarrollo de software debe contemplar algunas características que faciliten su modificación y mantenimiento. Es interesante mantener la presentación de la aplicación separada de la lógica de negocio. Con este fin se han establecido unos patrones de diseño de software, independientes del lenguaje utilizado, que actúan de guía de “buenas maneras”. Para obtener esa independencia entre presentación y lógica de negocio uno de los patrones más utilizados es el denominado Modelo Vista Controlador (MVC),

Implementar este modelo desde cero supone un esfuerzo considerable. Afortunadamente existen multitud de frameworks que ya lo implementan y Laravel es el que se ha escogido para esta aplicación. La estructura del funcionamiento de este modelo en Laravel se muestra en la Figura 3.2.

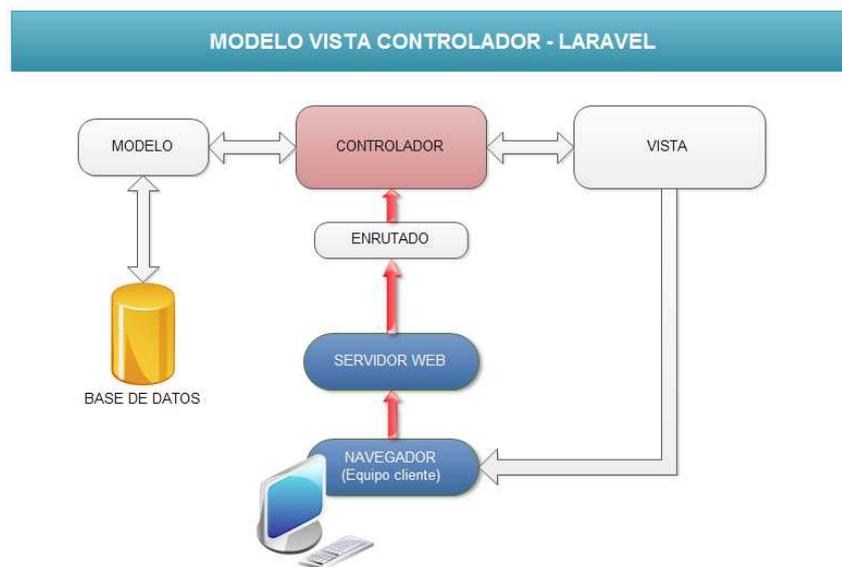


Figura 3.2: Modelo MVC en framework Laravel

Cuando el equipo cliente realiza una petición al servidor Web, la URL es “traducida” en una ruta que transfiere el control de la petición al controlador. El controlador, si es preciso, realiza peticiones al modelo que es quién realmente interacciona con la base de datos, ofreciendo una capa de abstracción. Los datos son recuperados y devueltos al controlador

que los envía a la vista y ésta, una vez construida con los datos recuperados, es devuelta al equipo que realizó la petición.

Laravel implementa este patrón de diseño sobre el que construir la aplicación [6], pero hay otros muchos frameworks que también ofrecen este patrón implementado (Medoo, Flight, Phpixie, Yii, CodeIgniter, Phalcon). Laravel incorpora además otras características que justifican su elección [3][6], de entre las que destaco las siguientes:

- Curva de aprendizaje baja.
- Flexible, modular y adaptable. Incorpora multitud de paquetes para añadir nuevas funcionalidades (manejo de caché, paginación, seguridad, validación, etc.)
- Enrutado con “clousures”, es decir, la propia ruta puede procesar la petición sin acceder al controlador, ahorrando código.
- Mapeo objeto – Relacional (ORM) simplificado denominado Eloquent. Permite la interacción con bases de datos de forma totalmente orientada a objetos, compatible con la mayoría de las bases de datos actuales.
- Facilita la generación de URLs amigables.
- Incorpora un sistema de plantillas denominado Blade que incluye muchas ayudas para simplificar la escritura de código.
- Incluye una herramienta de automatización de tareas denominada Artisan que facilita la realización de pruebas, migraciones, etc.
- Amplia comunidad y abundante documentación.

3.1.5 Librerías javascript

Además, la aplicación desarrollada hace un uso exhaustivo de programación del lado del cliente usando el lenguaje javascript. El navegador del equipo cliente debe tener activado Javascript para un correcto funcionamiento.

Por orden de importancia, las librerías de javascript utilizadas son las siguientes:

3.1.5.1 JQuery 1.11.3

La aparición de esta librería supuso en su momento una auténtica revolución en la programación web del lado del cliente. Hasta entonces, era habitual que cualquier desarrollo en javascript tuviera que contemplar las peculiaridades de cada navegador y cómo implementaban “a su manera” los diferentes estándares. JQuery surgió para eliminar esa necesidad de adaptación y posteriormente ha ido incorporando nuevas funcionalidades, de las que las más importantes son las siguientes [7]:

- Mayor control e interacción con el DOM (múltiples selectores).
- Definición de eventos sobre cualquier elemento del documento.
- Interacción con el sistema de estilos CSS.
- Efectos, animaciones y personalizaciones.
- Simplificación de las comunicaciones asíncronas con el servidor (AJAX).
- Sistema de extensiones que permite ampliar sus funcionalidades por terceros
- Compatible con la mayoría los navegadores.

3.1.5.2 JQuery –UI 1.11.4

Basado en la biblioteca anterior, incorpora multitud de componentes y efectos que se pueden parametrizar conforme a las necesidades de la aplicación (menús, calendarios, comportamientos, etc.) [8].

3.1.5.3 Datatables 1.10

Extensión para jquery que permite definir tablas incorporando funcionalidades extendidas como ordenación, filtrado, paginación, control de estilos, etc. Además, puede configurarse para obtener los datos de diversas maneras y permite el procesado de los datos desde el servidor [9].

3.1.5.4 jqPlot

Librería de generación de gráficos basada en jquery. Permite múltiples tipos de gráficos y admite multitud de variaciones y personalizaciones. Admite además diversas maneras de acceder a los datos a representar.

3.1.6 Otras bibliotecas para el facilitar el diseño estético.

Aunque lo importante de la aplicación es sin duda su funcionalidad, es importante prestar atención al diseño. Es habitual la utilización de hojas de estilos (CSS) para indicar cómo y dónde queremos que se muestre cada componente de un documento, pero lograr un aspecto homogéneo y atractivo para el usuario puede resultar un verdadero quebradero de cabeza debido a las particularidades de interpretación de esas hojas de estilo por parte de los diferentes navegadores.

Por otro lado, hoy en día existen multitud de dispositivos con diferentes resoluciones y tamaños de pantalla. Lograr que una aplicación se muestre de forma coherente en todos los dispositivos exige un esfuerzo adicional.

Para el diseño de esta aplicación se ha utilizado la biblioteca bootstrap [10], que incorpora ciertos estilos, componentes y comportamientos para poder obtener un resultado atractivo sin tener que invertir mucho tiempo en el diseño. Además, existen multitud de plantillas personalizables y de uso gratuito basadas en dicha biblioteca que permiten al desarrollador ahorrar mucho trabajo en el diseño y centrarse en la programación.

El módulo de Farmacia se ha diseñado utilizando la plantilla SAdmin 2. Para el módulo de Urgencias no se ha utilizado ninguna plantilla, aunque sí se han utilizado diversos componentes de bootstrap.

3.1.7 Otras herramientas

Por último, para la codificación de la herramienta y las pruebas correspondientes, aunque hay diversos entornos de desarrollo disponibles, se ha optado por utilizar un editor de texto especialmente orientado a programación, denominado Sublime Text 2 que incorpora multitud de ayudas y utilidades para facilitar la escritura de código.

La depuración del código y el análisis de su rendimiento se han realizado mediante el uso del navegador Google Chrome y las herramientas para desarrolladores que vienen incluidas.

Para facilitar el diseño de la base de datos y su exportación a mysql se utilizó la herramienta gratuita mySQL WorkBench 6.2 CE.

Para realizar las pruebas de clustering de alta disponibilidad y poder asegurar el servicio continuado de la aplicación, que se describen en el capítulo 4 de esta memoria, se utilizó el software de virtualización Oracle Virtual Box. Se instalaron dos máquinas virtuales con una distribución de Ubuntu 12.04.

3.2 DEFINICION DE LA ESTRUCTURA DE DATOS

Los datos que maneja la aplicación están almacenados en una base de datos relacional gestionada desde MySQL. Antes de programar la aplicación ha sido necesario realizar un análisis previo de qué datos son necesarios y cómo van a estar almacenados y relacionados unos con otros, definiendo de esta manera el esquema de base de datos sobre el que está centrado el presente epígrafe.

El correcto diseño del esquema de base de datos es un factor fundamental para la facilitar el almacenamiento y la explotación de los datos de una forma eficiente. En el capítulo de anexos se incluye el esquema completo de la base de datos. Para su diseño se ha procurado minimizar el número de consultas necesario para obtener los datos de uso más frecuente.

3.2.1 Medicamento.

El elemento principal de información es el medicamento. En la Figura 3.3 se muestra la estructura de la tabla donde se almacenan los medicamentos y las tablas auxiliares.

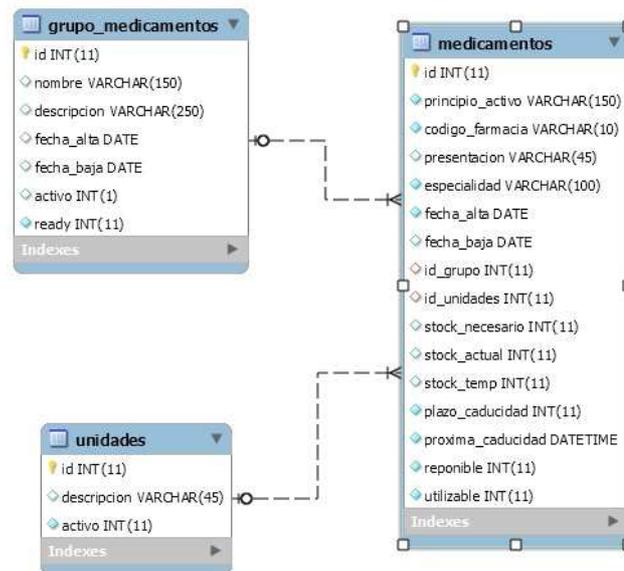


Figura 3.3: Tabla medicamentos y auxiliares relacionadas

Cada medicamento viene identificado por una clave primaria única (id) si bien éste es un dato utilizado por el gestor de base de datos y carece de valor para el usuario de la aplicación. Los datos que precisará el usuario son los siguientes:

- Principio activo: Es el componente principal. Generalmente es un único compuesto aunque en algunas ocasiones es una combinación de compuestos.
- Código de farmacia: Se trata de un identificador único del medicamento asignado por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, dependiente de Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Se ha incluido por ser un dato significativo para el Servicio de Farmacia, si bien en la práctica, el personal de Urgencias identifica los medicamentos por la combinación de principio activo, presentación y especialidad.
- Presentación: Alude al formato en que se presenta el medicamento. Generalmente se refiere a la concentración del principio activo (ej.: 10mg/10ml). Este dato es utilizado en la aplicación únicamente con efecto identificativo.
- Especialidad: Se refiere al nombre comercial del producto.
- Fecha_alta: Se añade automáticamente cuando el medicamento ha sido añadido a la aplicación.
- Fecha_baja: Se añade automáticamente cuando un medicamento es dado de baja en la aplicación. Si un medicamento está vigente este campo almacena un valor nulo. Esto permite filtrar de forma sencilla los medicamentos activos.
- Stock_necesario: Almacena el valor de existencias necesario en el botiquín. Se almacena cuando el medicamento es dado de alta en la aplicación, si bien es un valor modificable.
- Stock_actual: Contiene el valor actual de existencias disponibles en el botiquín. Siempre que se realiza una operación con la aplicación que supone una variación de las

existencias disponibles (salidas, reposiciones, retiradas, etc.), este campo debe ser actualizado.

Es decir, el stock actual de un medicamento es calculado después de cada operación y debidamente almacenado. Esto permite disponer del dato de forma sencilla e inmediata, sin necesidad de recorrer todos los movimientos de existencias.

- **Stock_temp:** Se utiliza cuando se está realizando una actualización de stock. Sirve para almacenar de forma temporal el número de existencias disponible. Cuando este campo contiene un valor no nulo indica que el usuario ha realizado la comprobación del número de existencias realmente disponibles y permite marcar el medicamento como “ya comprobado”.

Cuando la actualización de stock finaliza (es decir, cuando todos los medicamentos han sido comprobados) este valor es transferido al campo de stock_actual y toma nuevamente el valor nulo.

En el caso de que una actualización de stock esté en curso (sin finalizar) cualquier modificación de stock es también tenida en cuenta en este campo, para evitar la necesidad de volver a comprobar las existencias reales del medicamento.

- **Plazo_caducidad:** Es un valor entero que indica la antelación en meses con que se advertirá de la proximidad de la caducidad. Por ejemplo, si el campo contiene un 3, la aplicación advertirá tres meses antes de su caducidad.

Es un campo asociado al medicamento porque puede resultar interesante conocer con mayor antelación la caducidad de unos medicamentos que otros. Cuanto mayor es el coste del medicamento y menor su demanda interesa conocer el medicamento con mayor antelación para poder devolver el medicamento a Farmacia y proceder a su reasignación a otro servicio con mayor demanda, aumentando así las posibilidades de utilización del medicamento.

- **Proxima_caducidad:** Almacena la fecha del lote relacionado con el medicamento con menor fecha de caducidad. Cada vez que se define un lote de medicamento en una reposición o se da de baja un lote, se recalcula la fecha de proxima_caducidad. De esta manera, el campo contiene siempre el dato relevante y disponible cuando sea requerido sin necesidad de realizar consultas sobre otras tablas.
- **Reponible y utilizable:** Estos campos son utilizados para cubrir el caso de que un medicamento haya sido dado de baja pero se haya optado por dejar agotar el stock. Cuando un medicamento está activo, ambos campos contienen 1 indicando que el medicamento debe ser tenido en cuenta en las reposiciones y en el registro de salidas. Si el medicamento ha sido dado de baja pero se deja agotar el stock, el medicamento ya no se considera en las reposiciones (reponible=0) pero sigue siendo tenido en cuenta en el registro de salidas (utilizable=1). Cuando las existencias se agotan deja de ser utilizable (utilizable=0).

Además, hay dos tablas auxiliares que aportan información sobre el medicamento:

1. Grupo_medicamentos:

Cada medicamento pertenece a un único grupo mientras que un grupo puede contener multitud de medicamentos (relación 1 a N). Un grupo está identificado internamente por su identificador interno (id) aunque de cara al usuario de la

aplicación, se utiliza el campo nombre. Se puede almacenar una descripción que incluya información adicional sobre el grupo. También se dispone de campos de fecha de alta y fecha de baja. Cuando un grupo es dado de baja se establece el campo activo=0 indicando que ya no aparecerá en listados. No se procede a su eliminación real para asegurar la coherencia de datos. Esta técnica es una práctica habitual denominada soft-deleting.

El campo “ready” se utiliza en las actualizaciones de stock para indicar que todos los medicamentos de dicho grupo ya han sido comprobados.

En la práctica se realizan pocas operaciones sobre la tabla grupo_medicamentos. No es habitual cambiar la denominación de un grupo o añadir grupos nuevos.

2. Unidades:

Cada medicamento se mide en un único tipo de unidad. Puede haber muchos medicamentos que se miden en el mismo tipo de unidad (relación 1 a N).

Almacena los distintos tipos de unidades en que se miden los medicamentos (ampollas, frascos, inyectables, comprimidos, etc.). Aporta valor semántico a los formularios y listados en los que se hace referencia a las existencias de medicamentos.

3.2.2 Movimientos.

Otro elemento esencial en la aplicación desarrollada son los movimientos de existencias. Los datos relativos a los movimientos se almacenan en las tablas de la Figura 3.4:

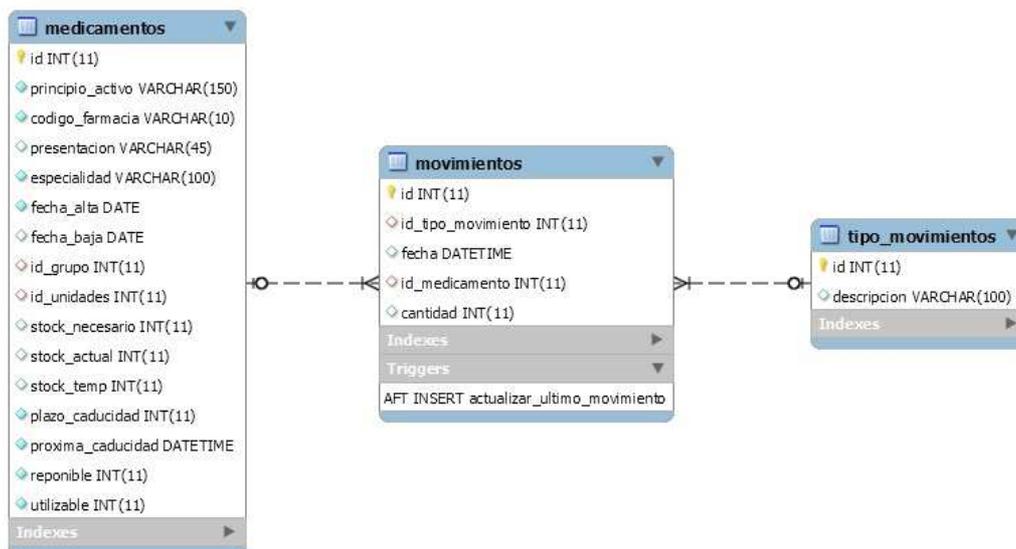


Figura 3.4: Tabla movimientos relacionada con medicamentos y tipo_movimientos

Cada movimiento tiene un campo identificador único (id). Los movimientos de existencias que son manejados en la aplicación pueden ser de uno de los siguientes tipos:

1. SALIDA: Medicamento consumido.
2. REPOSICION: Medicamento repuesto.
3. SALIDA REAJUSTE: Modificación de stock por reajuste.
4. REPOSICION REAJUSTE: Modificación de stock por reajuste.
5. RETIRADA: Por caducidad.
6. RETIRADA: Por baja de medicamento.
7. RETIRADA: Por alerta farmacológica (lote retirado)

Los textos descriptivos de cada tipo de almacenamiento están guardados en una tabla auxiliar, para facilitar su utilización en desplegables de formularios de consulta. Ambas tablas están relacionadas entre sí en una relación 1 a N.

Los movimientos están asociados al medicamento también en una relación 1 a N. Cada movimiento está asociado a un único medicamento y un medicamento puede tener asociados muchos movimientos.

Cada movimiento implica dos datos relevantes: El momento en que se produjo (campo fecha) y la cantidad.

El campo fecha es de tipo datetime, es decir, incluye la fecha del día y el instante en que se produjo almacenado en formato aaaa-mm-dd hh:mm:ss.

El campo cantidad es un valor entero siempre positivo y representa el número de existencias que se añadieron (movimientos de tipo 2 y 4) o retiraron (resto de tipo de movimientos) del botiquín.

En la Figura 3.4 se puede observar que sobre la tabla movimientos se ha definido un trigger que se ejecuta después de cada inserción. Cada vez que se inserta un registro en la tabla movimientos se almacena en una tabla de configuración el momento en que se ha producido la última modificación de stock. Este valor es utilizado para la monitorización de existencias.

3.2.3 Lotes

El tercer elemento esencial en la aplicación es el lote porque es sobre él donde se realiza el control de caducidades. En la Figura 3.5 se muestra la tabla lotes, y su relación con la tabla movimientos.

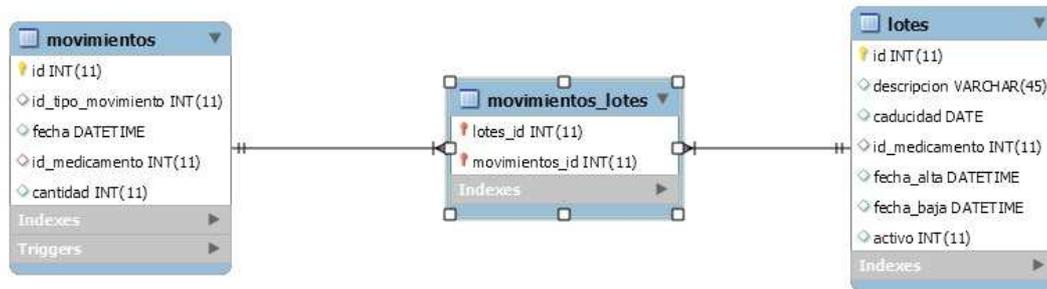


Figura 3.5: tabla Lotes y relación con tabla movimientos

Cada lote está identificado internamente con un código único (id).

Para cada lote se almacenan los siguientes datos:

- Descripción: literal alfanumérico que identifica al lote y que es definido por el laboratorio que distribuye el medicamento. Para dos lotes concretos de medicamentos diferentes es posible que ese literal coincida, por lo que no puede ser utilizado como clave primaria.
- Caducidad: La caducidad de un lote se especifica de la forma mm/aa. Internamente se almacena como una fecha normal tomando el primer día de cada mes (aaaa-mm-01).
- Fecha de alta: Fecha en que el lote fue incorporado a la aplicación, asociado a una reposición.
- Fecha de baja: Es almacenada en el momento en que se ha determinado que el lote ya ha sido consumido o se ha procedido a la devolución de las unidades al servicio de Farmacia. Estos supuestos se pueden producir por un control de caducidad o por una alerta farmacológica.
- Activo: Un lote permanece activo en la aplicación mientras en el servicio de Urgencias no se haya especificado lo contrario.

Los lotes están asociados a los movimientos pero no en todos los casos. Como se comentó en el capítulo anterior, por las particularidades del servicio no es factible registrar el lote en una salida de medicamentos. Tampoco cuando se hayan producido desajustes detectados en una actualización de stock es posible determinar a qué lote podrían pertenecer las unidades que han provocado el desajuste por exceso o por defecto.

Para aquellos casos en que sí es posible establecer una relación (reposiciones o retiradas por caducidad o alerta farmacológica) la relación entre ambas tablas es diferente de las anteriores: Un mismo movimiento puede implicar a varios lotes (por ejemplo, cuando en una reposición se utilizan varios lotes) a la vez que pueden existir diversos movimientos relacionados con un lote (salidas, reposiciones, retiradas). Se trata por tanto de una relación N a N, que exige la utilización de una tabla auxiliar que se ha denominado movimientos_lotes.

3.2.4 Otras tablas utilizadas

La aplicación hace uso de otras dos tablas que son utilizadas únicamente con fines de almacenamiento. Son las tablas de configuración y notificaciones y su estructura se muestra en la Figura 3.6:

Tabla	Columna	Tipo
notificaciones	id	INT(11)
	fecha	DATETIME
	texto	VARCHAR(255)
	dato	VARCHAR(10)
	atendido	DATETIME
configuracion	id	INT(11)
	last_move	DATETIME
	last_stock_check	DATETIME
	frequency_stock_refresh	INT(11)
	actualizacion_en_curso	DATE

Figura 3.6: Tablas notificaciones y configuración

La tabla configuración contiene un único registro en el que se almacenan algunos parámetros globales que afectan al funcionamiento de la aplicación:

- Last_move y last_stock_check: Estos valores permiten simplificar la monitorización en tiempo real de las existencias. Last_move contiene la fecha y hora en que se realizó alguna operación que afecta al stock y last_stock_check contiene la fecha y hora en que se realizó la última comprobación de variaciones de stock. Si el primer campo contiene un momento posterior al segundo, esto indica que desde la última comprobación se han producido cambios por lo que es necesario refrescar la monitorización (consultando entonces qué cambios se han producido). En cambio, si el primer campo es anterior al segundo indica que no ha habido cambios desde la última comprobación y no es necesario realizar ninguna consulta adicional.
- Frequency_stock_refresh: Permite definir en segundos cada cuanto tiempo se quiere realizar la comprobación de modificaciones de stock. Durante el desarrollo de la aplicación se ha utilizado un valor de 5, aunque en un hipotético uso real podría tener un valor más elevado.
- Actualización en curso: Contiene la fecha de inicio de una actualización que aún no ha sido finalizada o descartada.

En cuanto a la tabla de notificaciones da soporte a tres posibles notificaciones desde el Servicio de farmacia a Urgencias:

1. Informar de que un medicamento ha sido dado de baja y se ordena la retirada del stock.
2. Informar de que un medicamento ha sido dado de baja pero se dejará agotar el stock
3. Ordenar la retirada de un lote por alerta farmacológica (en tal caso en el campo dato se almacena el id del lote a retirar).

El campo atendido contiene la fecha en que la aplicación de Urgencias atendió la notificación.

3.3 FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA DESARROLLADA

En este apartado se presenta el funcionamiento de la herramienta recorriendo las distintas opciones disponibles en cada momento. Como se ha mencionado anteriormente, la aplicación está compuesta por dos módulos independientes que actúan sobre la base de datos.

3.3.1 MODULO DE FARMACIA

El acceso a la aplicación se realiza desde un navegador Web. Para su correcto funcionamiento es imprescindible que el navegador tenga activada la ejecución de javascript. Además, por las características del framework utilizado (Laravel), es preciso que el servidor tenga habilitado el módulo Rewrite (mod_rewrite) para permitir la manipulación de las URLs (necesario para el sistema de rutas de la aplicación).

La URL que da acceso a la aplicación depende de cómo se haya configurado el servidor web apache. El establecimiento de una configuración concreta requiere la edición de uno o varios ficheros de configuración del servidor y su nombre y ubicación depende de la plataforma utilizada. Para desarrollar la aplicación se ha utilizado Xampp ejecutándose sobre un Windows 7. En este caso, el fichero de configuración que debe modificarse se denomina httpd.conf y permite, entre otras cosas, restringir la forma de acceso atendiendo a la ip, el nombre del servidor y el puerto utilizado, definiendo lo que se conoce como VirtualHost.

3.3.1.1 Interfaz principal

La Figura 3.7 muestra la portada de acceso a la aplicación:



Figura 3.7: Portada del módulo de Farmacia

Se muestran una serie de paneles que informan de la cantidad de datos con las que se está trabajando actualmente. Cada panel habilita además un enlace para acceder de forma rápida a la gestión de movimientos, grupos, medicamentos y lotes.

En la izquierda se muestra la zona de opciones. Se trata de un menú desplegable en el que se ofrecen tres grupos de opciones: Gestión, operación y consulta. Al hacer clic sobre el nombre de un grupo se despliegan las opciones correspondientes a dicho grupo.

3.3.1.2 Grupo de opciones de gestión:



Figura 3.8: opciones de gestion

Desde este grupo se puede acceder a las opciones de gestión de Medicamentos, unidades y grupos de medicamentos. Cada opción permite realizar las operaciones CRUD (create, Read, Update, Delete) sobre esos elementos. La estructura de la interfaz es común a todos ellos, y el funcionamiento similar.

A. Grupos de medicamentos

Grupos de medicamentos

Nombre	Nº Medicamentos
Medicación Parenteral	73
Antibióticos	9
Medicación Oral	36
Medicación Rectal	8
Medicación Nebulizada	4
Medicación tópica oftálmica	8
Medicación en nevera	13
Pomadas	18
Varios	6
Parches	5
Fluidoterapia	20
otro grupo	7

Nuevo Grupo	
Grupo Seleccionado	
Nombre:	Medicación Nebulizada
Descripción:	[Sin definir]
Eliminar Modificar ver Medicamentos	

Figura 3.9: Gestión de grupos de medicamentos

Se presentan dos columnas de información. En la columna de la izquierda aparece un listado con los grupos definidos actualmente en la aplicación y el número de medicamentos asociados a dicho grupo. En la columna derecha se ofrecen las opciones generales (en este caso,

únicamente crear un Nuevo Grupo) y un panel con información y opciones aplicables al elemento seleccionado en el listado.

Opciones disponibles:

- Nuevo Grupo: Permite añadir un nuevo grupo a la aplicación definiendo un nombre y una descripción.
- Eliminar: Para mantener la integridad referencial únicamente es posible eliminar un grupo si no tiene medicamentos asociados a dicho grupo.
- Modificar: Permite modificar el nombre y/o la descripción del grupo seleccionado
- Ver Medicamentos: Permite acceder de forma cómoda a la sección de gestión de medicamentos mostrando únicamente los medicamentos pertenecientes a dicho grupo.

B. Unidades

Unidades

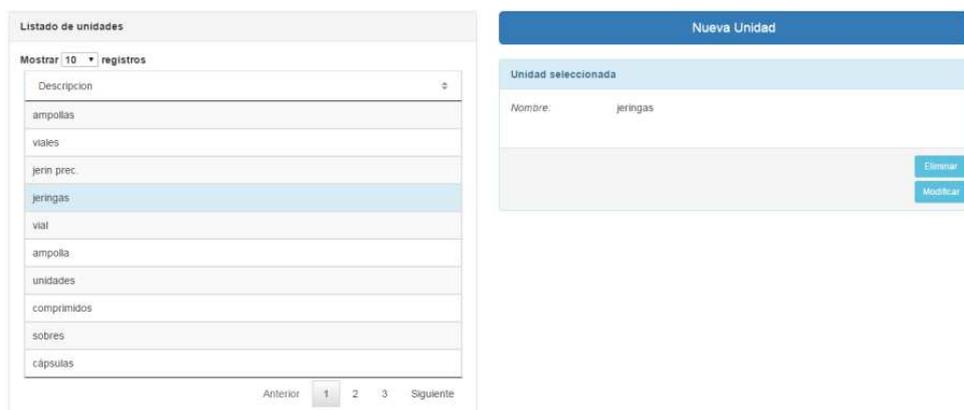


Figura 3.10: Gestión de unidades

El funcionamiento es idéntico al de la gestión de grupos. La única novedad a destacar es que el listado incluye un sistema de ordenación (haciendo clic una vez sobre una columna se ordena de manera ascendente según esa columna y un nuevo clic provoca la ordenación descendente) y paginación que permite indicar el número de registros que se desea mostrar en el listado e incluye unos botones de navegación en la parte inferior .

Las opciones disponibles son:

- Nueva unidad: Permite añadir una nueva unidad especificando únicamente su nombre.
- Eliminar: Nuevamente contempla la integridad referencial. No puede eliminarse una unidad si está siendo utilizada por algún medicamento.
- Modificar: Permite modificar el nombre de una unidad.

C. Medicamentos

Si bien las dos opciones anteriores tienen poco uso en la utilización habitual de la aplicación, la opción de medicamentos sí que presenta características que serán usadas con frecuencia.

Medicamentos

The screenshot displays the 'Medicamentos' management interface. On the left, there is a 'Listado de medicamentos' section with a filter dropdown set to '[seleccione...]' and a search bar. Below this is a table of medications with columns for 'grupo', 'principio_activo', 'presentacion', and 'especialidad'. The table shows 10 records, with the 5th record, 'Adrenalina', highlighted. On the right, the 'Nuevo Medicamento' section shows the details for the selected medication: 'Medicación Parenteral', 'Adrenalina', '10mg/10ml', '194', 'Adrenalina', '1', '0', and 'jerin prec.'. At the bottom of this section are buttons for 'Ver detalle', 'Modificar', and 'Dar de baja'.

grupo	principio_activo	presentacion	especialidad
Medicación Parenteral	Acido Tranexámico	-	Amcharifibrin
Medicación Parenteral	Adenosina	5mg/2ml	Adenocor
Medicación Parenteral	Adrenalina	1mg/1ml	Adrenalina
Medicación Parenteral	Adrenalina	10mg/10ml	Adrenalina
Medicación Parenteral	Amiodarona	150mg/3ml	Trangorex
Medicación Parenteral	Amiofilina	240mg/10ml	Eufilina
Medicación Parenteral	Atropina	1mg/1ml	Atropina
Medicación Parenteral	Bemiparina	3500 ui / 0,2ml	Hibor
Medicación Parenteral	Betametasona	2 ml	Celestone cronodose
Medicación Parenteral	Bicarbonato	1M 10 ml	Bicarbonato

Figura 3.11: Gestión de Medicamentos

La estructura de la presentación se mantiene conforme a las opciones anteriores. En la zona de la izquierda está dispuesto el listado de medicamentos con ordenación y paginación. Además se incluyen dos filtros que permiten encontrar un medicamento con rapidez.

Se pueden mostrar únicamente los medicamentos de un grupo y sobre el resultado realizar ordenaciones para localizar el medicamento o se puede utilizar el campo de búsqueda del propio listado en el que se realiza un filtrado dinámico a medida que el usuario teclea el texto que desea encontrar. La búsqueda se realiza sobre cualquiera de los campos del listado que se actualiza con cada pulsación de teclado mostrando únicamente los resultados encontrados.

Cada vez que se aplica un filtro al listado (y esto es común al resto de listados con filtros de la aplicación) aparece un botón que permite eliminar todos los filtros aplicados y volver a la situación inicial.

En la columna de la derecha se muestran los detalles del medicamento seleccionado en el listado y las opciones que el usuario puede escoger:

- Nuevo Medicamento: Permite incluir un nuevo medicamento en la aplicación, mediante la presentación de un formulario como el de la Figura 3.12:

Figura 3.12: Formulario para nuevo medicamento

En dicho formulario el usuario puede definir el valor para todos los campos del formulario. Al pulsar aceptar se realiza la comprobación de la validez de los datos introducidos evitando la introducción del registro si la validación falla. Por ejemplo, los datos relativos a stock necesario o plazo de caducidad deben ser necesariamente enteros positivos.

- Ver detalle: Permite enlazar con otra zona de la aplicación que muestra información detallada del medicamento seleccionado. Se verá más adelante cuando se explique el grupo de opciones de consulta.
- Modificar: Permite la edición de los datos asociados al medicamento. Se carga el mismo formulario modal para la adición de nuevos medicamentos pero con los datos del medicamento seleccionado ya introducidos en cada campo.
- Dar de baja: Al pulsar sobre esta opción se muestra la advertencia que aparece en la Figura 3.13:

Figura 3.13: Advertencia de Baja de Medicamento

Existen dos posibilidades:

- Si se desea que la baja conlleve la retirada de las existencias disponibles, el usuario escogerá la opción “Generar Movimientos”. Es decir, se realizarán las modificaciones de stock necesarias.
- Puede suceder, y de hecho es lo más frecuente, que se produzca la baja del medicamento porque va a ser sustituido por otro medicamento nuevo. En tal caso, lo habitual es dejar que las existencias disponibles se agoten. Para proceder de esta manera el usuario escogerá la opción “dejar Agotar stock”. Al hacerlo, el medicamento es marcado para que ya no sea tenido en cuenta en las reposiciones pero sigue apareciendo en el módulo de Urgencias como un medicamento seleccionable para registrar salidas.

Con una u otra opción se enviará notificación al módulo de Urgencias. Más adelante se detalla cómo se atienden estas notificaciones.

3.3.1.3 Grupo de Opciones de Operación



Figura 3.14: Grupo de opciones de Operación

Es la parte principal de la aplicación y donde se encuentra implementada una de las principales funcionalidades del sistema de automatización. Se presentan dos opciones: Monitorización y Reposición.

A. Monitorización

Monitorización del estado actual del stock

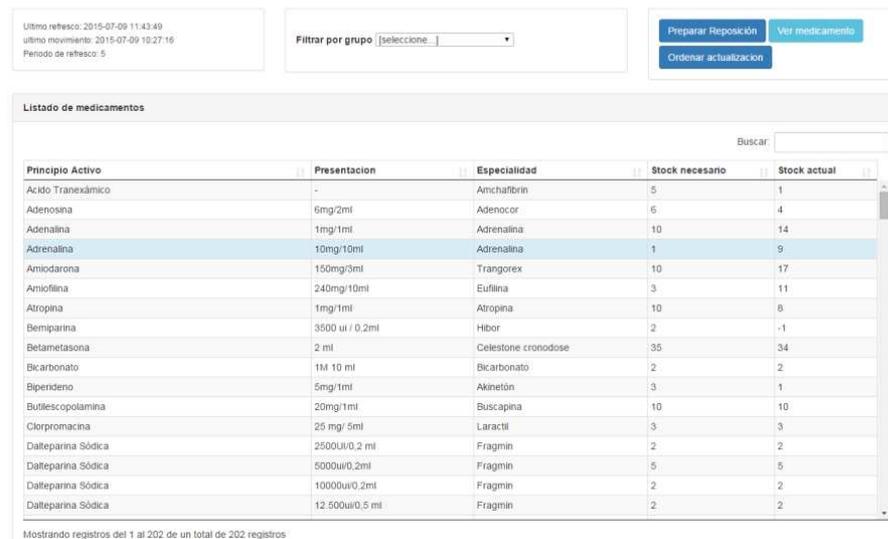


Figura 3.15: Monitorización del estado actual del stock

En la zona superior se encuentran tres bloques. El primero de ellos es un bloque de información que muestra los tiempos que son tenidos en cuenta para actualizar el listado: último movimiento, último refresco y tiempo de refresco. El siguiente permite filtrar el listado de medicamentos por grupo y por último aparece un panel de opciones disponibles.

El listado permite ordenación y filtrado dinámico. Además, el listado se actualiza automáticamente sin necesidad de recargar la página. En la Figura 3.16 se muestra el diagrama de flujo que se ejecuta cada vez que se cumple el tiempo de refresco (que es un parámetro configurable de la aplicación y está contenido en la tabla de configuración).

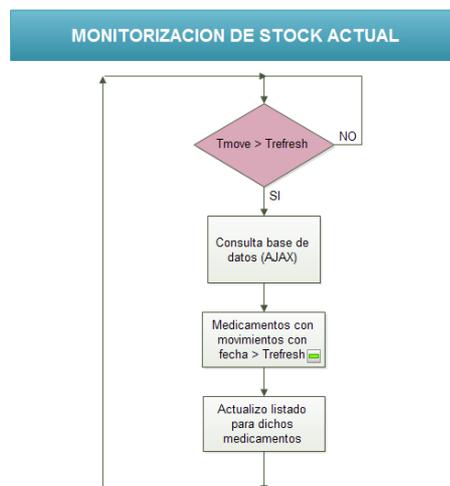


Figura 3.16: Diagrama de flujo de actualización

Cada vez que se cumple el tiempo de refresco se obtiene del servidor los tiempos almacenados para el último movimiento realizado (tmove) y la última vez que se hizo la consulta de refresco (Trefresh). Si $tmove > Trefresh$ indica que desde la última actualización se han producido cambios en el stock. En tal caso se consulta la base de datos para obtener un listado de medicamentos (y sus valores actuales de stock) para los cuales existe algún movimiento con fecha posterior a Trefresh y se procede a su actualización en el listado modificando directamente el DOM. Esta consulta se realiza de forma asíncrona (petición ajax) lo que permite mantener la información actualizada sin necesidad de intervención del usuario y sin necesidad de cargar periódicamente de nuevo toda la página minimizando la transferencia de datos.

Opciones disponibles:

- Preparar Reposición: Permite acceder a la otra opción del grupo de opciones de Operación (Reposición). Es un enlace que se ha añadido por comodidad para el usuario.
- Ordenar Actualización: En el caso de que el usuario detectase discrepancias entre los valores que maneja la aplicación y las existencias reales (por ejemplo, un stock negativo) se puede utilizar esta opción para enviar una notificación al módulo de Urgencias para solicitar una actualización de stock. Es una operación que exige la revisión de todas las existencias del botiquín por parte del personal de Urgencias, por lo que no debe ser utilizada si no es necesaria y la aplicación se lo recuerda al usuario a través de una advertencia.
- Ver medicamento: Esta opción únicamente aparece cuando hay seleccionado un medicamento en el listado y es un enlace a la sección de consulta que se describe más adelante.

B. Reposición

Cuando se selecciona esta opción se accede a la interfaz de reposiciones, que presenta el aspecto que se muestra en la Figura 3.17:

Reposición de medicamentos

Reposición de medicamentos

Encontrados 109 medicamentos pendientes de reposición.
 Medicamentos listos para reponer: 0/109

GRABAR REPOSICION

Listado de Medicamentos
Buscar:

Principio Activo	Presentacion	Especialidad	Stock necesario	Stock actual	Reponer
Acido Tranexámico	-	Amichalibrin	5	1	4
Adenosina	6mg/2ml	Adenocor	6	4	2
Atropina	1mg/1ml	Atropina	10	8	2
Bemiparina	3500 ui / 0,2ml	Hibor	2	-1	3
Betametasona	2 ml	Celestone cronodose	35	34	1
Biperideno	5mg/1ml	Akinelón	3	1	2
Dexclorfeniramina	5mg/1ml	Polaramin	5	4	1
Amoxi-clavulánico	1g	EFG combinó	10	9	1
Amoxi-clavulánico	2g	Augmentine	5	1	4
Bencilpenicilina Benzatina	1.200.000	Cepacilina	3	1	2
Enoxaparina	60mg (6000ui/0.6ml)	Clexane	4	3	1
Etomidato	20mg	Hypnomidate	3	1	2
Fentolína	250mg/5ml	Fentolína	10	6	4
Flumacemilo	0.1mg/ml	EFG combinó	10	4	6
Furosemida	20 mg/2ml	EFG ges	15	4	11
Glucosa al 50%	-	Glucosa 50%	5	2	3
Haloperidol	5 mg/1 ml	Haloperidol	3	0	3

Figura 3.17: Listado de medicamentos para reponer

En la parte superior se informa del número total de medicamentos que necesitan reposición y cuántos de ellos están listos para ser repuestos.

En el listado se encuentran todos aquellos medicamentos para los cuales el nivel de existencias actual es inferior al nivel definido como necesario. Se muestra además una columna con las unidades que sería necesario reponer para obtener el stock necesario. El listado incluye las opciones habituales de búsqueda dinámica y ordenación.

Para proceder a la reposición de un medicamento hay que hacer clic sobre ese medicamento y se accede a un formulario modal en el que se va a definir el número de unidades repuestas y los lotes a los que pertenecen dichas unidades (puede darse el caso de que una misma reposición precise el uso de varios lotes).

Reposición de medica

Reposición de medicamentos

Encontrados 109 medicamentos
 Medicamentos listos para reponer

Listado de Medicamentos

GRABAR R

Definir lotes de reposición
✕

Se necesitan reponer 4 ampollas

Unidades

Lote

Caducidad(mm/aa)

Añadir Lote

Lotes añadidos

Grabar y cerrar
Cancelar

Principio Activo	Presentacion	Especialidad	Stock necesario	Stock actual
Acido Tranexámico	-	Amichalibrin	5	1
Adenosina	6mg/2ml	Adenocor	6	4
Atropina	1mg/1ml	Atropina	10	8
Bemiparina	3500 ui / 0,2ml	Hibor	2	-1
Betametasona	2 ml	Celestone cronodose	35	34

Figura 3.18: Definición de lotes de reposición

Se añade un nuevo lote rellenando los valores del formulario de la Figura 3.18 y pulsando sobre la opción “Añadir lote”. Cuando la definición de lotes ya está lista, el formulario se cierra al hacer clic sobre la opción “Grabar y cerrar”.

Una vez que se han definido los lotes sobre un medicamento, la fila correspondiente en el listado de reposición cambia de color para indicar que el medicamento está listo para reponer.

Al hacer clic sobre la opción “grabar reposición” se realizarán las modificaciones necesarias en el stock de los medicamentos repuestos para actualizar el valor actual de existencias. Cabe destacar que no es necesario definir lotes para todos los medicamentos para poder proceder a su grabación, pero la reposición se realiza únicamente sobre los medicamentos con lotes definidos.

La operación de reposición es fundamental no sólo para mantener el control automático del stock sino para realizar el control de las caducidades de los medicamentos.

3.3.1.4 Grupo de opciones de Consulta



Figura 3.19: Operaciones de consulta

Desde este grupo de opciones se puede acceder a los datos registrados en la aplicación para su consulta, aplicando diversos filtros en cada caso. Hay tres elementos sobre los que realizar consultas: movimientos, lotes y medicamentos.

A. Consulta por movimientos

Como se muestra en la Figura 3.20, se dispone de dos columnas: en la columna de la izquierda el usuario puede acceder a diferentes filtros que actúan sobre el listado de la columna de la derecha.

Consulta por movimientos

Filtros

Filtrar por grupo
[seleccione...]

Rango de Cantidad:
minimo: maximo:

Rango de fechas:
Fecha inicial: Fecha final:

Ver Medicamento

Listado de movimientos

Mostrar 10 registros Buscar:

medicamento	fecha	Tipo de movimiento	Cantidad
Acido Tranexámico	2015-05-06 00:59:31	SALIDA: Medicamento consumido	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:00:40	REPOSICION: Medicamento repuesto	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:05:30	RETIRADA: Por caducidad	2
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:26:44	SALIDA: Medicamento consumido	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:27:30	REPOSICION: Medicamento repuesto	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:39:32	SALIDA: Medicamento consumido	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:40:41	REPOSICION: Medicamento repuesto	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:41:47	RETIRADA: Por caducidad	1
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:44:19	SALIDA: Medicamento consumido	3
Acido Tranexámico	2015-05-06 01:45:06	REPOSICION: Medicamento repuesto	6

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 467 registros

Anterior 1 2 3 4 5 ... 49 Siguiente

Figura 3.20: Interfaz de consulta por movimientos

Los filtros disponibles son:

- Por tipo de movimiento: Permite mostrar únicamente los movimientos de un tipo concreto.
- Por rango de cantidad: El usuario puede escoger un valor mínimo, máximo o ambos. El listado se actualizará mostrando únicamente aquellos movimientos que hayan implicado un número de unidades contenido en el rango especificado.
- Por rango de fechas: Permite acceder únicamente a los movimientos contenidos en el rango de fechas especificado.

El efecto de estos filtros es acumulativo, permitiendo de esta manera al usuario hacer consultas mucho más específicas. Como sucede en otros listados de la aplicación que admiten filtros, siempre que se ha definido un criterio de filtrado se habilita un botón para desactivar los filtros y volver al listado inicial.

Para ofrecer mayor funcionalidad, el listado de la derecha incluye el sistema de paginación y ordenación actual y un cuadro de búsqueda dinámica (para restringir por ejemplo el listado únicamente a un tipo de medicamento).

Cuando se selecciona un movimiento del listado se habilita un botón que permite un acceso rápido a la opción de consulta sobre el medicamento implicado en el movimiento seleccionado.

B. Consulta por lotes

La aplicación ofrece una interfaz de consulta por lotes con una estructura similar a la de consulta por movimientos descrita en el apartado anterior, esto es, una columna a la izquierda con filtros y una columna a la derecha con el listado de lotes.

Consulta por Lotes

The screenshot displays the 'Consulta por Lotes' interface. On the left, the 'Filtros' panel includes a section for 'Fecha de alta en rango de fechas:' with 'Fecha inicial:' and 'Fecha final:' input fields, a checkbox for 'Mostrar sólo los lotes activos', and a 'Ver Medicamento' button. On the right, the 'Listado de Lotes' panel features a search bar, a 'Mostrar 10 registros' dropdown, and a table with the following data:

descripcion	medicamento	caducidad	fecha_alta	fecha_baja
a	Acido Tranexámico	2015-07-01	2015-05-06 01:00:40	2015-05-06 02:48:05
b	Acido Tranexámico	2015-10-01	2015-05-06 01:00:40	2015-05-06 02:40:28
c	Acido Tranexámico	2015-12-01	2015-05-06 01:00:40	2015-05-06 02:40:28
a	Acido Tranexámico	2015-12-01	2015-05-06 01:27:30	2015-05-06 02:48:05
b	Acido Tranexámico	2016-01-01	2015-05-06 01:27:30	2015-05-06 02:40:28
c	Acido Tranexámico	2016-12-01	2015-05-06 01:27:30	2015-05-06 02:40:28
a	Acido Tranexámico	2015-12-01	2015-05-06 01:40:41	2015-05-06 02:48:05
b	Acido Tranexámico	2016-02-01	2015-05-06 01:40:41	2015-05-06 02:40:28
c	Acido Tranexámico	2016-05-01	2015-05-06 01:40:41	2015-05-06 02:40:28
a	Acido Tranexámico	2015-12-01	2015-05-06 01:45:06	2015-05-06 02:48:05

Below the table, it indicates 'Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 80 registros' and includes a pagination control with 'Anterior', '1', '2', '3', '4', '5', '8', and 'Siguiete'.

Figura 3.21: Interfaz de consulta por lotes

Los filtros disponibles son:

- Por rango de fechas: Se aplica sobre la fecha de alta del lote, es decir, la fecha en que fue repuesto.
- Por estado activo: Permite restringir los resultados únicamente a los lotes que permanecen activos en la aplicación, es decir, aquellos que no tienen una fecha de baja (la fecha de baja de un lote se añade al hacer un control de caducidad o atender una notificación de retirada del lote).

Ambos filtros se pueden aplicar simultáneamente. Además se puede combinar con el cuadro de búsqueda dinámica del listado, lo que permite al usuario afinar la búsqueda con mayor precisión.

Al hacer clic sobre un lote, permite acceder a la consulta del medicamento al que dicho lote está asociado.

C. Consulta por medicamento

Esta opción de consulta permite acceder de forma rápida, cómoda y centralizada a toda la información relativa a un medicamento registrada en la aplicación. La interfaz de consulta difiere de las anteriores. Presenta un buscador dinámico en el que el usuario introduce algún dato que permita identificar al medicamento (principio activo, código de farmacia, presentación o especialidad). A medida que el usuario va tecleando la información el propio formulario presenta las coincidencias encontradas. El usuario únicamente debe seleccionar el

medicamento de la lista propuesta y pulsar sobre el botón “buscar” para hacer efectiva la búsqueda.

Consulta por medicamento.

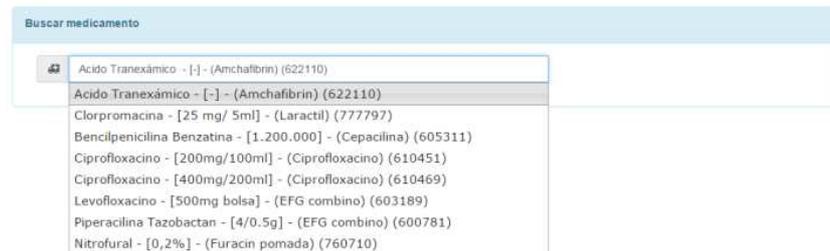


Figura 3.22: Formulario de consulta por medicamento con búsqueda dinámica

Una vez seleccionado el medicamento y solicitada la búsqueda se presenta una interfaz desde la que se puede acceder a toda la información relativa a ese medicamento a través de cuatro pestañas (detalles, movimientos, lotes y estadísticas).

Es importante destacar que la búsqueda se realiza sobre todos los medicamentos registrados en la aplicación, incluyendo también aquellos que fueron dados de baja y ya no son tenidos en cuenta en el registro de salidas o en las reposiciones.

Detalles del medicamento

Por defecto se encuentra activa la pestaña detalles en la que se muestra información general sobre el medicamento (datos identificativos, stock actual, próxima caducidad, etc.):

Detalles del medicamento

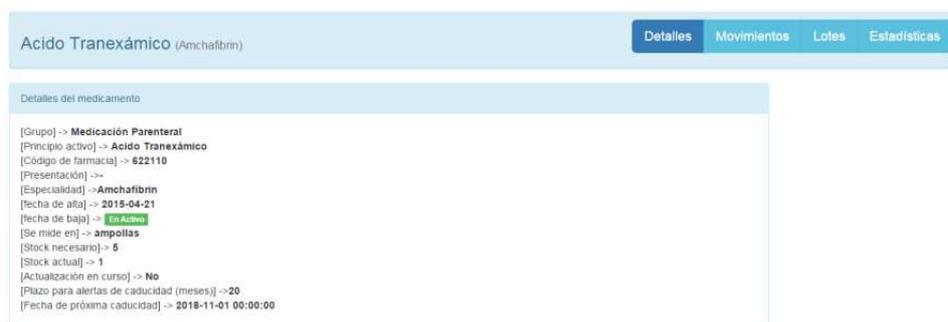


Figura 3.23: Pestaña detalles del medicamento

Desde esta pestaña únicamente se puede consultar la información y no admite ningún tipo de interacción.

Movimientos del medicamento:

Muestra un listado con todos los movimientos relativos a ese medicamento. Sobre dicho listado el usuario puede aplicar filtros por rango de fechas y rango de cantidades utilizando el formulario de la columna izquierda.

Adicionalmente se puede utilizar el cuadro de búsqueda dinámica para por ejemplo, filtrar por un tipo de medicamento (bastaría comenzar a escribir el tipo de movimiento y el listado se actualiza automáticamente).

Movimientos del medicamento

fecha	Tipo de movimiento	Cantidad
2015-05-06 00:59:31	SALIDA: Medicamento consumido	3
2015-05-06 01:00:40	REPOSICION: Medicamento repuesto	3
2015-05-06 01:05:30	RETRADA: Por caducidad	2
2015-05-06 01:26:44	SALIDA: Medicamento consumido	3
2015-05-06 01:27:30	REPOSICION: Medicamento repuesto	3
2015-05-06 01:39:32	SALIDA: Medicamento consumido	3
2015-05-06 01:40:41	REPOSICION: Medicamento repuesto	3
2015-05-06 01:41:47	RETRADA: Por caducidad	1
2015-05-06 01:44:19	SALIDA: Medicamento consumido	3
2015-05-06 01:45:06	REPOSICION: Medicamento repuesto	6

Figura 3.24: Pestaña de movimientos del medicamento

Como en otras secciones de la aplicación que utilizan filtros, éstos son acumulativos. Siempre que se aplica un filtro aparece un botón que permite desactivar los filtros para volver al listado inicial.

Lotes de un medicamento

Permite acceder a un listado de todos los lotes registrados asociados a dicho medicamento sobre el que, como es habitual, se pueden aplicar diversos filtros.

Lotes del medicamento

Acido Tranexámico (Amchatibrin)

Detalles Movimientos **Lotes** Estadísticas

Filtros

Fecha de alta en rango de fechas
Fecha Inicial Fecha Final

Fecha de Caducidad
Caducidad

Mostrar sólo los lotes activos

Caducan en los proximos meses

Listado de Lotes

Mostrar 10 registros Buscar:

fecha_alta	fecha_baja	descripcion	Caducidad
2015-05-06 01:00:40	2015-05-06 02:48:05	a	2015-07-01
2015-05-06 01:00:40	2015-05-06 02:40:28	b	2015-10-01
2015-05-06 01:00:40	2015-05-06 02:40:28	c	2015-12-01
2015-05-06 01:27:30	2015-05-06 02:48:05	a	2015-12-01
2015-05-06 01:27:30	2015-05-06 02:40:28	b	2016-01-01
2015-05-06 01:27:30	2015-05-06 02:40:28	c	2016-12-01
2015-05-06 01:40:41	2015-05-06 02:48:05	a	2015-12-01
2015-05-06 01:40:41	2015-05-06 02:40:28	b	2016-02-01
2015-05-06 01:40:41	2015-05-06 02:40:28	c	2016-05-01
2015-05-06 01:45:06	2015-05-06 02:48:05	a	2015-12-01

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 49 registros: Anterior 1 2 3 4 5 Siguiente

Figura 3.25: Pestaña de lotes de medicamento

Además del cuadro de búsqueda dinámica del propio listado que permite, por ejemplo, buscar por la descripción de un lote, se dispone de un formulario en la columna de la izquierda que permite aplicar otros filtros:

- Por Rango de fechas: Aplicado sobre la fecha de alta del lote (es decir, la fecha de reposición)
- Por Fecha de caducidad: Permite especificar una fecha de caducidad y el listado mostrará únicamente los lotes que caducan en el mes y año especificados (el día se ignora, puesto que las fechas de caducidad se especifican por meses).
- Por estado del lote: permite mostrar únicamente los lotes que permanecen activos en la aplicación.
- Por caducidad próxima: El usuario puede además consultar los lotes que van a caducar en un plazo de meses especificado contando desde la fecha actual.

Como siempre, el efecto de los diferentes filtros es acumulativo, por lo que se pueden realizar consultas muy específicas de forma rápida y sencilla.

Cuando se selecciona un lote del listado aparece una opción que permite ordenar la retirada del lote. Esta acción es la que permite notificar una alerta farmacológica al módulo de Urgencias. Únicamente tiene sentido utilizar esta opción cuando el lote aún está activo (no tiene fecha de baja). Al utilizar esta opción el usuario es informado de que se enviará una notificación al módulo de urgencias y es necesario confirmar la operación, como se muestra en la Figura 3.26:

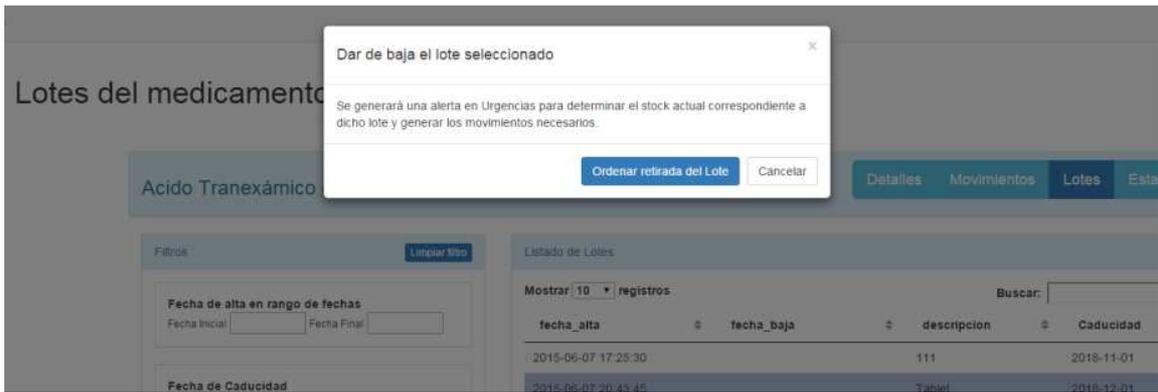


Figura 3.26: Confirmación de retirada por alerta farmacológica

En el apartado referente al módulo de Urgencias se detalla cómo se atiende este tipo de notificaciones.

Estadísticas del medicamento

Desde esta pestaña el usuario puede acceder a información relativa al medicamento que es presentada de forma que resulte útil en la toma de decisiones, por ejemplo, a la hora de determinar el stock necesario.

Estadísticas del medicamento

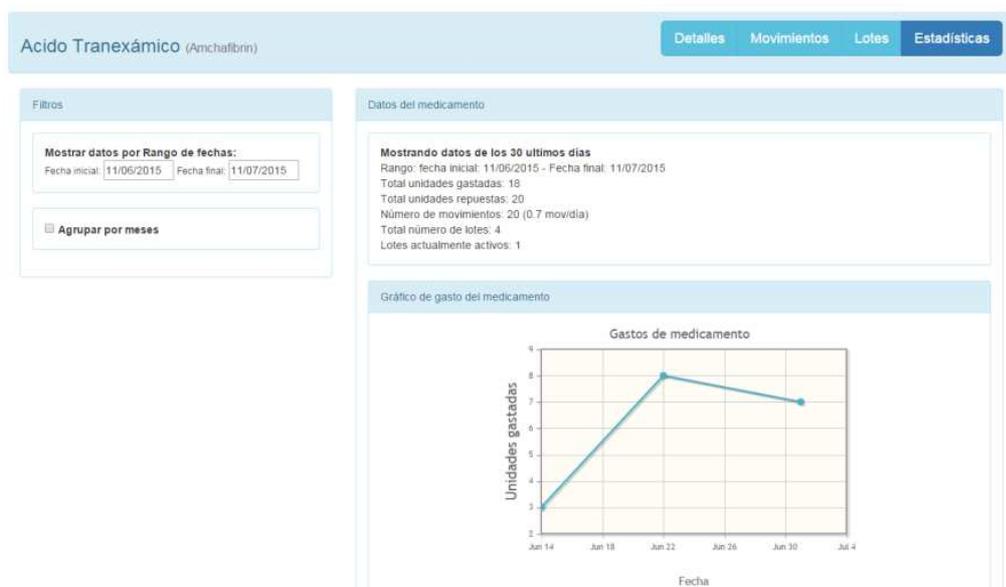


Figura 3.27: Pestaña de estadísticas de medicamento

Por defecto se muestra información de los últimos 30 días, indicando el rango de fechas sobre el que se están mostrando los datos agrupados. Para dicho rango de fechas se muestra la siguiente información:

- Número de unidades gastadas: Incluye la cantidad de unidades consumidas contabilizadas por el registro de salidas y posibles modificaciones que se hayan producido por actualizaciones de stock, si llegaron a producirse, en el rango de fechas seleccionado.
- Número de unidades repuestas.
- Número total de movimientos. Se incluye además el valor de movimientos por día, que da una idea del grado de utilización del medicamento.
- Número total de lotes: Se refiere a los lotes que han sido utilizados en reposiciones durante el período seleccionado.
- Lotes actualmente activos: Referido al dato anterior, es decir, indica cuántos de los lotes repuestos en el período seleccionado permanecen aún activos (no han sido dados de baja).

Además, incluye un gráfico que presenta de forma visual las unidades consumidas en el período seleccionado.

En la columna de la izquierda se muestra un formulario que permite al usuario actualizar la información conforme a otro rango de fechas. Al cambiar cualquier de los valores de fecha (inicial o final) todos los datos descritos y el gráfico de gasto de medicamento se actualizan.

Se dispone además de una opción que permite agrupar el gasto de forma mensual. Al seleccionar esta opción el gráfico es sustituido por un gráfico de barras que indica cuántas unidades han sido gastadas en cada mes incluido en el rango especificado.

Estadísticas del medicamento

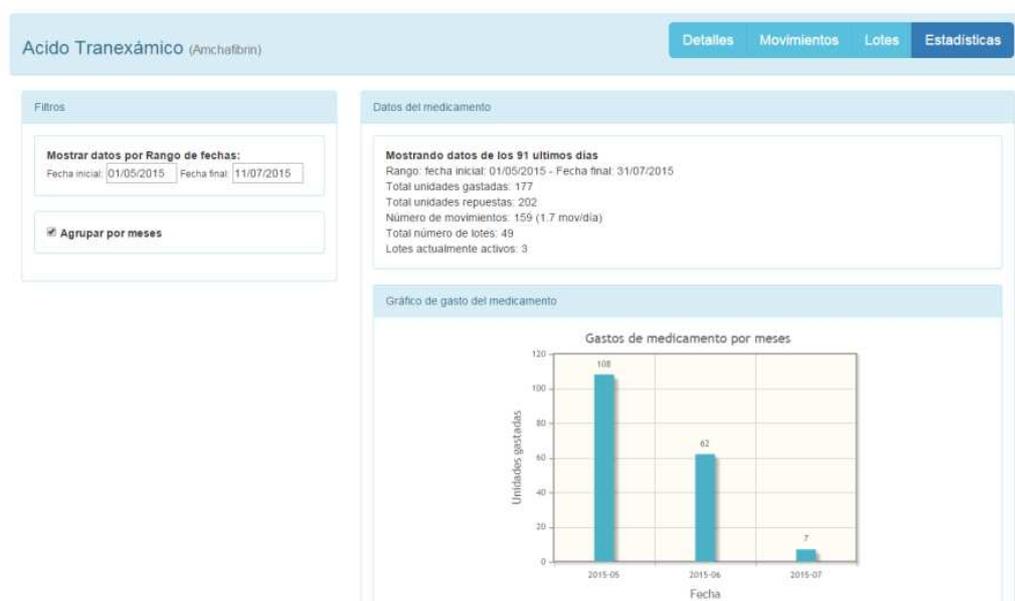


Figura 3.28: Consumo del medicamento agrupado por meses

Este gráfico es una herramienta que sirve de ayuda al usuario para detectar pautas de consumo y poder ajustar el stock según la demanda prevista.

En el desarrollo del módulo de Farmacia se ha procurado mantener un diseño homogéneo y se ha prestado especial atención a la sencillez de uso y claridad de las opciones . En el capítulo de anexos se ha incluido un esquema de todas las opciones del módulo.

3.3.2 MODULO DE URGENCIAS

El módulo ha sido concebido para ser utilizado desde la misma ubicación que el botiquín del servicio de Urgencias y su función principal es el registro de salidas, así como atender las notificaciones desde el servicio de Farmacia, a través de un dispositivo con pantalla táctil.

3.3.2.1 Registro de salidas

La interfaz del registro de salidas es sencilla y permite introducir los datos de las salidas de medicamentos sin necesidad de escribir ni rellenar ningún formulario. El aspecto es el que aparece en la Figura 3.29:

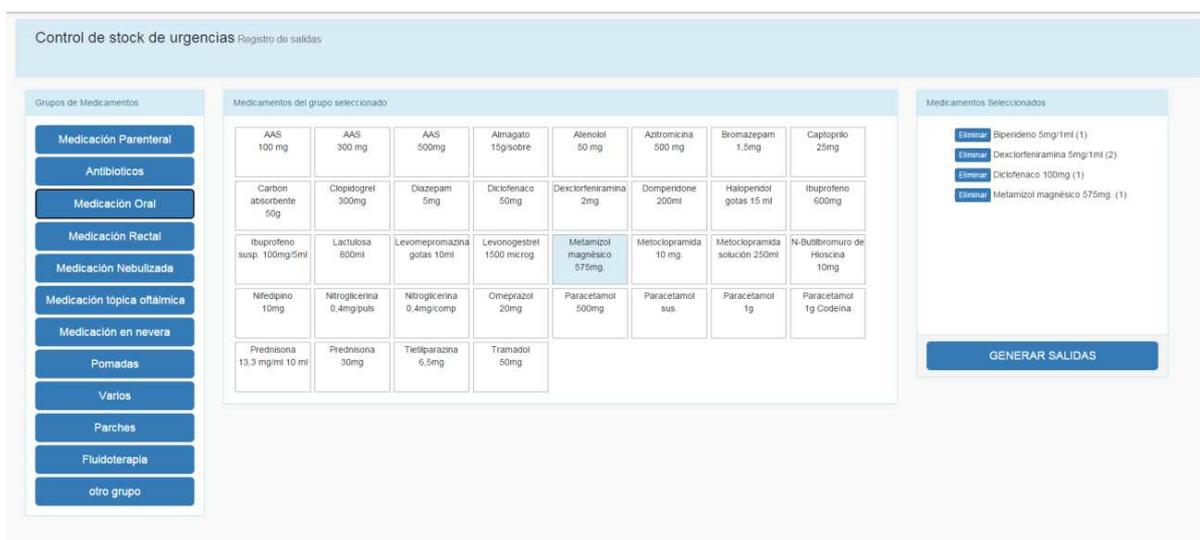


Figura 3.29: Interfaz de registro de salidas

El panel superior contiene el título del módulo y además es la zona donde aparecerán las notificaciones que deben ser atendidas por el personal de Urgencias, que serán las siguientes:

Actualización en curso:

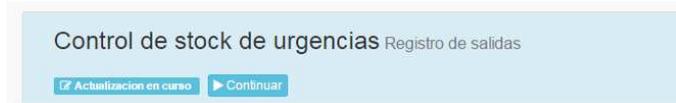


Figura 3.30: Notificación de actualización de stock en curso

Informa de que actualmente hay una actualización de stock en curso interrumpida y permite su reanudación

Controles de caducidad pendientes:



Figura 3.31: Notificación de control de caducidad

El sistema ha detectado automáticamente algún medicamento con lotes activos para los cuales la fecha de caducidad está próxima. Permite acceder a la interfaz de control de caducidad que será descrita más adelante.

Baja de medicamentos

Al dar de baja un medicamento pueden aparecer dos notificaciones diferentes según se haya ordenado la retirada de stock o no. Ambas notificaciones se recogen en las figuras Figura 3.32 y Figura 3.33.

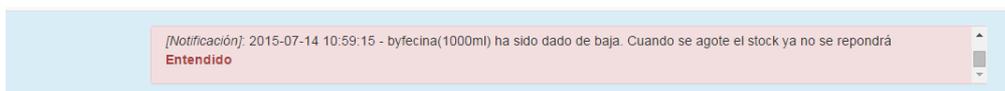


Figura 3.32: Notificación de baja de medicamento sin retirada de stock

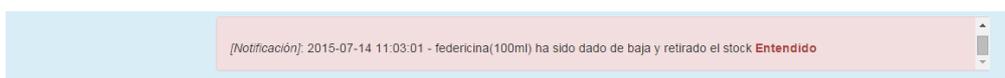


Figura 3.33: Baja de medicamento con retirada de stock

Retirada de lote por alerta farmacológica

Cuando desde el módulo de Farmacia se ha retirado un lote se genera una notificación a Urgencias. Al ser atendida dicha notificación se accede a la interfaz para la retirada de lotes que será descrita más adelante.

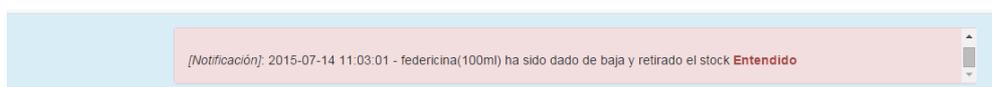


Figura 3.34: Notificación de retirada de lote

Además del panel superior, se distinguen en la interfaz de registro de salida otros tres paneles.

El panel de la izquierda contiene los grupos de medicamentos. Al pulsar sobre uno de los grupos, se carga en el panel central una matriz de botones con los medicamentos pertenecientes a dicho grupo. Sobre el panel de la derecha se muestra un listado de los medicamentos seleccionados para los que se van a registrar las salidas.

Para registrar una salida es necesario por tanto seleccionar el grupo del medicamento y pulsar sobre el botón del medicamento. La primera pulsación provoca que se añada el medicamento al listado de medicamentos seleccionados. Posteriores pulsaciones incrementan el número de unidades que serán retiradas del botiquín (el valor aparece entre paréntesis en el listado de medicamentos seleccionados).

En caso de haber incluido por error un medicamento basta pulsar sobre el botón “eliminar” en la línea correspondiente y el medicamento será eliminado de la lista. Si se ha introducido un número de unidades erróneo será necesario eliminar el medicamento y volver a introducir el valor correcto.

Una vez que la lista contiene los medicamentos seleccionados, el usuario pulsa sobre el botón generar salidas y los movimientos quedan registrados y se actualiza automáticamente el número de existencias.

Según indicaciones del personal de enfermería (actualmente no hay datos registrados a tal efecto) el número de medicamentos retirados para atender una urgencia suele ser bajo, habitualmente una o dos unidades de uno o dos medicamentos. Por ello, el procedimiento descrito habitualmente no llevará más que entre uno y tres segundos, en función de la familiaridad del usuario con la interfaz.

3.3.2.2 Actualización de stock

Cuando desde el módulo de Farmacia se ordena una actualización de stock, el módulo de Urgencias muestra la notificación que aparece en la Figura 3.30.

Al hacer clic sobre la opción “continuar” se accede a la interfaz que permite la actualización de stock. En la Figura 3.35 se muestra el aspecto de dicha interfaz con una actualización en curso:

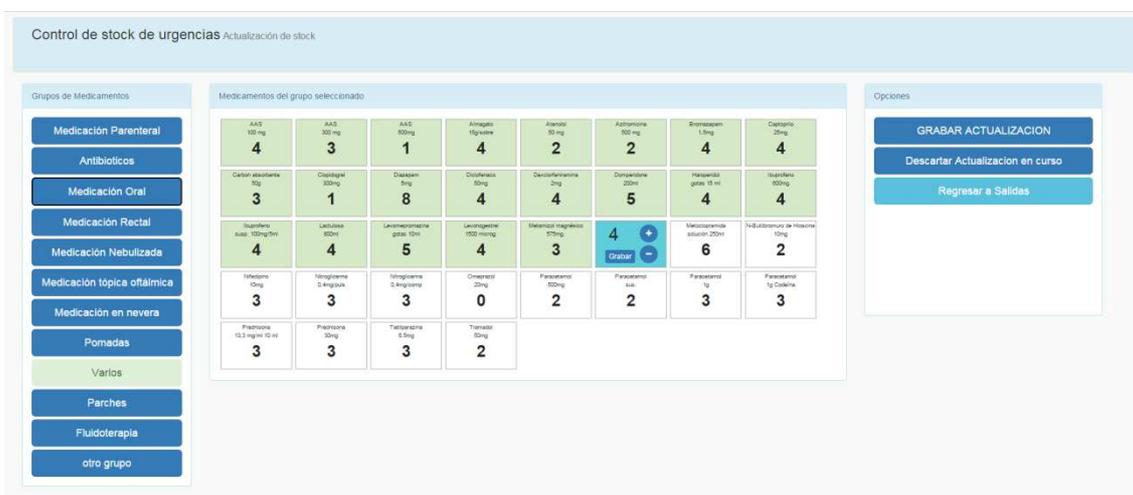


Figura 3.35: Interfaz de actualización de stock

La estructura es similar a la interfaz de registro de salidas. En el panel de la izquierda aparece un listado de botones con los grupos de medicamentos activos. Al pulsar sobre un grupo se cargan en la zona central un panel de celdas que corresponden a los medicamentos de dicho grupo. En cada celda se muestran los datos identificativos del medicamento (principio activo y presentación) y el valor actual de existencias que figura en la base de datos.

El usuario deberá revisar el stock real de existencias y modificar convenientemente el valor para que los datos de la aplicación correspondan con la situación real. La modificación se realiza haciendo clic sobre la celda del medicamento. Al hacerlo, el contenido de la celda cambia y muestra botones para incrementar o decrementar en una unidad el valor de stock. Cuando se ha seleccionado el valor correcto el dato es almacenado de forma temporal pulsando sobre la opción “Grabar” que aparece en la propia celda. Cuando se graba un dato, el color de la celda cambia para indicar que el medicamento ya ha sido revisado.

Cuando todos los medicamentos de un grupo han sido revisados, el botón correspondiente a ese grupo también cambia de color para indicar que el grupo ha sido revisado por completo.

En el panel de la derecha se muestran las opciones disponibles. El procedimiento de actualización de stock puede ser interrumpido pulsando sobre la opción “Regresar a salidas”. En tal caso, el estado de la revisión se mantiene y será recuperado cuando el usuario pulse nuevamente sobre la opción “continuar” de la notificación de actualización en curso (ver Figura 3.30) . Cuando una actualización ha sido interrumpida y se realizan registros de salidas o reposiciones, las actualizaciones de stock modifican también el valor temporal almacenado por lo que no será necesario volver a revisar el medicamento que ya fue revisado.

También es posible descartar completamente una actualización pulsando sobre la opción “Descartar actualización en curso”. Al hacerlo, los datos que se han almacenado de forma temporal se pierden definitivamente y la notificación de actualización en curso es cancelada.

Únicamente se realiza la grabación definitiva de los datos almacenados de forma temporal cuando el usuario pulsa sobre la opción “Grabar Actualización” y todos los medicamentos de todos los grupos han sido revisados.

3.3.2.3 Control de Caducidad

Siempre que se recarga la página de registro de salidas del módulo de Urgencias la aplicación hace una comprobación de caducidades y en caso de detectar algún medicamento para el que alguno de sus lotes activos la fecha de caducidad esté próxima (es decir, caduca en un plazo inferior al definido para el medicamento) se muestra una notificación como la recogida en la Figura 3.31. Al atender la notificación se accede a la interfaz de control de caducidades que presenta el siguiente aspecto:

The screenshot displays a web interface titled "Control de stock de urgencias" with a sub-header "Control de caducidad". It is divided into three main sections:

- Medicamentos con caducidad próxima:** A list of medications with their expiration dates. The list includes:
 - Adrenalina 0.5mg/ml with expiration date 08/15.
 - Bambaxina 3000 u/l 15.2ml with expiration date 08/15.
 - Epinefrina 2 ml with expiration date 09/15.
- Lotes con caducidad próxima del medicamento seleccionado:** A form for the selected medication. It shows "DESCRIPCION" as "2" and "CADUCIDAD" as "09/15". Below these fields are two buttons: "AGOTADO" and "DEVOLVER".
- Opciones:** A panel on the right with two buttons: "Grabar cambios" (dark blue) and "Regresar a Salidas" (light blue).

Figura 3.36: Intefaz de control de caducidad

En el panel de la izquierda se muestran celdas correspondientes a los medicamentos para los que existe algún lote de caducidad próxima. Cada celda contiene información identificativa del medicamento y la fecha de caducidad de lote que provocó la notificación.

Al hacer clic sobre el medicamento, en el panel central se cargan los datos del lote próximo a caducar (su descripción y fecha de caducidad). El usuario debe escoger entre dos posibles opciones. Si el medicamento ya fue consumido escogerá la opción "agotado". En ese caso, el lote es dado de baja y ya no se encuentra activo, por lo que no disparará ninguna notificación de caducidad. Si aún existen unidades del medicamento éstas deben ser devueltas a farmacia. El usuario escoge la opción "devolver". Al hacerlo debe indicar cuántas unidades son devueltas.

Cuando se ha especificado la acción que se debe tomar, el usuario escoge la opción del panel de la derecha "Grabar Cambios". Al hacer clic sobre esta opción los datos son registrados por la aplicación. Si se escogió la opción de devolución, se realiza la modificación de stock correspondiente.

Si se desea se puede dejar el control de caducidad para más adelante, pulsando sobre el botón "Regresar a Salidas". La notificación seguirá apareciendo en la interfaz de registro de salidas mientras existan medicamento aún pendientes de procesar.

3.3.2.4 Atención de notificaciones

Cuando la notificación atendida fue causada por la baja de un medicamento, únicamente es necesario pulsar sobre el enlace de atención. Sirve para desactivar la notificación y dar por sabida la retirada. Tanto si el medicamento supuso una retirada de existencias como si se escogió “dejar agotar el stock”, en la aplicación no es necesario realizar ninguna acción adicional.

El caso de la notificación de retirada de lote por alerta farmacológica es diferente, puesto que el personal de Urgencias debe comprobar si existen unidades que devolver. En este caso, al atender la notificación se accede a una interfaz específica que funciona de forma similar a la de control de caducidad. En la Figura 3.37 se muestra su aspecto:

The screenshot shows a web interface titled 'Control de stock de urgencias Retirada por alerta farmacológica'. It contains a main form area and a sidebar with options. The main form has a sub-header 'Retirada de lote por alerta farmacológica' and a message: 'Se ha ordenado la retirada del lote siguiente, correspondiente al medicamento **Acido Tranexámico (-)**. Verifique el stock existente y determine si aun quedan unidades de dicho lote (en cuyo caso se generarán los movimientos de retirada) o el lote ya fue agotado.' Below this is a table with one row: 'DESCRIPCION' with the value 'jkyjk'. To the right of the table are two buttons: 'AGOTADO' and 'DEVOLVER'. The sidebar on the right is titled 'Opciones' and contains two buttons: 'Grabar cambios' and 'Regresar a Salidas'.

Figura 3.37: Interfaz para atender una retirada de lote por alerta farmacológica

El usuario debe especificar si el lote ya fue consumido escogiendo la opción “agotado” o indicará el número de unidades que serán devueltas al servicio de Farmacia. Una vez que se ha escogido la opción, los datos son registrados en la aplicación al pulsar el botón del panel de la derecha “Grabar cambios”. Al hacerlo, se realizan las modificaciones necesarias en el stock del medicamento y se marca la notificación como atendida.

También es posible postergar la atención a la notificación pulsando el botón “Regresar a Salidas”. En este caso, la notificación permanece activa.

3.4 CONTINUIDAD DEL SERVICIO

Por la propia naturaleza del Servicio de Urgencias, es necesario adoptar las medidas necesarias para garantizar que la aplicación funciona de forma continuada. Este no es un requisito que afecte al módulo de Farmacia, pero es imprescindible que sea posible el registro de salidas a cualquier hora y cualquier día de la semana.

Para dar respuesta a esta necesidad se ha implementado una solución de clustering de alta disponibilidad. La idea que se persigue es que en caso de fallo del servidor donde se encuentra alojada la aplicación se active automáticamente un servidor de respaldo. Las pruebas se han realizado utilizando el software de virtualización de Oracle Virtual Box, cuyo uso no está sujeto a licencias.

La Figura 3.38 muestra la arquitectura propuesta.



Figura 3.38: Asegurando la continuidad del servicio

La implementación de esta solución se ha realizado en dos fases:

1. Configuración del clúster de alta disponibilidad
2. Configuración del sistema de replicación de la base de datos

3.4.1 Clúster de alta disponibilidad

Un clúster es una agrupación de varios equipos con un fin determinado. Existen varios tipos de clúster según la funcionalidad que se quiere conseguir (alto rendimiento, alta eficiencia, alta disponibilidad). En este caso se busca asegurar un servicio ofreciendo un grado de tolerancia a fallos. Cada uno de los equipos que forman parte del clúster se denomina nodo. Las pruebas se han realizado para dos nodos, aunque se puede extender fácilmente a otros nodos.

Se han configurado dos máquinas virtuales sobre las que se instaló un sistema operativo Ubuntu 12.04. Se ha escogido este sistema operativo por ser de uso libre y porque permite implementar una solución de clúster sin necesidad de asumir costes en licencias ni recurrir a software propietario.

En la arquitectura inicial de la aplicación el equipo cliente (navegador) accede a un servidor a través de una dirección IP sobre el que se ejecuta un servidor Web (apache2). Por motivos diversos puede suceder que el servidor no se encuentre disponible (por ejemplo, fallo hardware o corte de suministro eléctrico) o puede que el servicio web que permite el acceso a la aplicación no acepte conexiones (el servicio web ha sido detenido por algún motivo). Para solventar este problema, el clúster habilita una IP virtual que será a la que se conecta el equipo cliente para acceder al servicio. El software que implementa el clúster se encarga de redirigir las peticiones a uno de los nodos del clúster que se denomina nodo activo. Además, periódicamente se realizan comprobaciones de que el nodo activo está respondiendo. Cuando se detecta un fallo en el nodo, el software de clúster habilita el siguiente nodo como nodo

activo y será el que atienda las peticiones hasta que el nodo inicial se recupere. En la Figura 3.39 se muestra el concepto de funcionamiento de un clúster de alta disponibilidad para dos nodos:

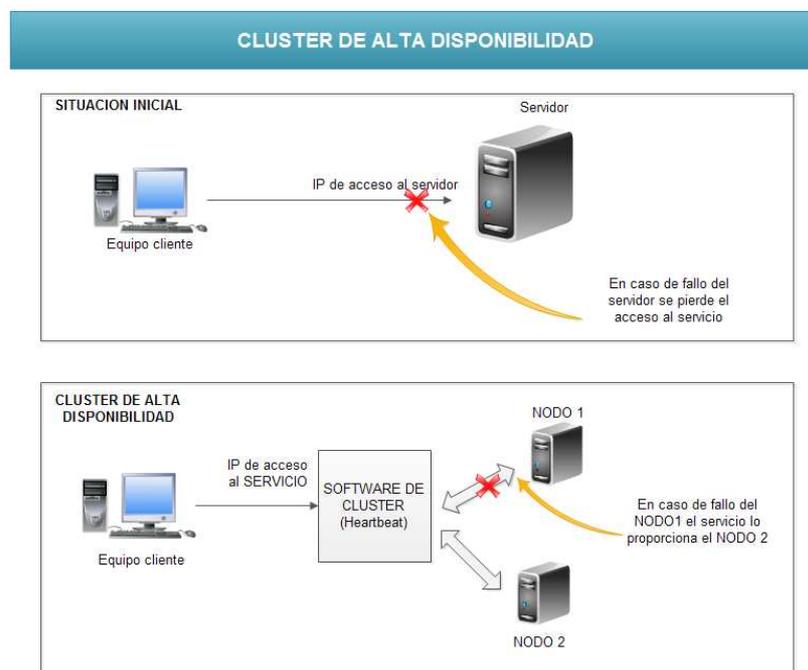


Figura 3.39: Funcionamiento del cluster de alta disponibilidad

Existen multitud de herramientas para implementar un clúster cuyo funcionamiento se corresponda con el descrito. En el caso de Linux dos soluciones muy populares son CoroSsync y HeartBeat. Además, existen otras herramientas que permiten monitorizar el estado del clúster y facilitan su configuración (por ejemplo, Pacemaker).

En las pruebas realizadas se optó por una solución sencilla y ampliamente documentada para sistemas Ubuntu: Heartbeat.

Para probar su funcionamiento, se crearon dos máquinas idénticas sobre las que se instaló mysql y apache, configurando un entorno similar al que se utilizaría en el caso de explotación de la herramienta desarrollada. Se configuró el sistema con las siguientes direcciones IP:

- Nodo1: 192.168.1.51
- Nodo2: 192.168.1.52
- IPvirtual: 192.168.1.50

Antes de proceder a la configuración del clúster, se comprobó que ambos nodos se veían entre sí. La IP virtual es una dirección IP añadida a la interfaz de red de la máquina. Fue configurada para ambos nodos y es la ip que va a manejar el software HeartBeat y a través de la cual se va a acceder al servicio. Para poder distinguir qué nodo está respondiendo en cada caso se creó un documento HTML identificativo para cada nodo (en la implementación real de la herramienta no sería distinguible). Por sencillez ha sido obviado el uso de un software de monitorización del clúster.

Pasos de configuración del clúster

En primer lugar es necesario instalar Heartbeat en ambos nodos, lo cual se consigue descargándolo de un repositorio utilizando las instrucciones siguientes (como usuario root).

```
apt-get update
```

```
apt-get install heartbeat
```

La instalación del software provoca la creación del directorio `/etc./ha.d` . En dicho directorio es donde se deben alojar los tres ficheros que controlan la configuración de heartbeat.

- **authkeys**
Permite configurar la seguridad del clúster para evitar la inclusión de nodos de forma ilícita. Es un fichero de texto que establece una clave y método de encriptación para la validación de los nodos. Debe tener unos permisos de acceso restrictivos para que heartbeat funcione (permisos 600).
- **ha.cf**
Permite definir los parámetros de configuración del clúster. El tiempo tras el cual se considera que un nodo está caído, el nombre de los nodos, el puerto udp que se utilizará para la comunicación entre los nodos, las interfaces que se utilizarán para la comunicación entre nodos, etc.
- **haresources**
Especifica cuál será el nodo principal, la ip e interfaz a través de la que se ofrece el servicio (ip virtual) y el servicio sobre el que actuará el clúster

Una vez que está configurado el clúster y tenemos el servicio web (apache2) funcionando en ambos nodos, se pone en marcha heartbeat con el comando:

```
service heartbeat restart
```

Se comprobó el funcionamiento correcto accediendo desde el equipo host (el que está ejecutando el software de virtualización) a la ip virtual del clúster y se comprueba que es el nodo 1 el que está respondiendo.

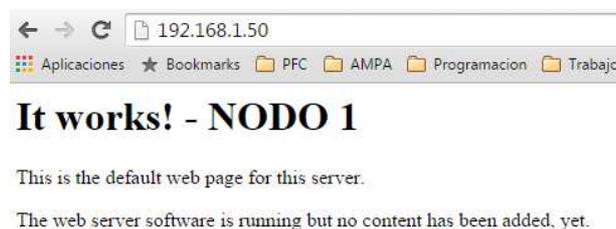


Figura 3.40: Prueba de funcionamiento del clúster

Se desactivó la máquina del nodo 1 y desde el host se refrescó la página y se obtuvo la siguiente respuesta:

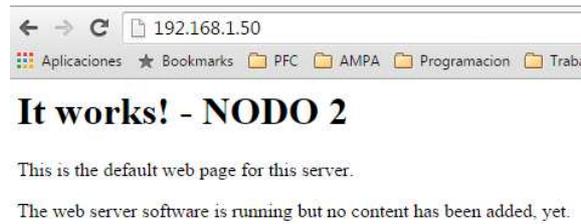


Figura 3.41: Clúster con el nodo 2 respondiendo

Tras esta primera prueba, se encendió de nuevo la máquina del nodo 1 y se comprobó que tras arrancar el sistema y poner en marcha los servicios, el clúster transfería el control de la ip virtual nuevamente al nodo 1.

Realizadas estas pruebas únicamente quedaría montar la aplicación desarrollada en el servidor web de ambos nodos para asegurar la continuidad del servicio. No obstante, es una solución parcial, puesto que para que la aplicación funcione es necesario además disponer del servicio mysql.

HeartBeat es insuficiente para asegurar el correcto funcionamiento de la aplicación, puesto que lo que permite es responder a las peticiones del cliente. Si se configurase también mysql como parte del clúster, se aseguraría que una petición sería atendida (el servicio permanecería activo), pero se tendría que ubicar físicamente los datos en un servidor externo al clúster para asegurar que todas las operaciones se realicen sobre la misma base de datos. La estructura quedaría como se muestra en la Figura 3.42.

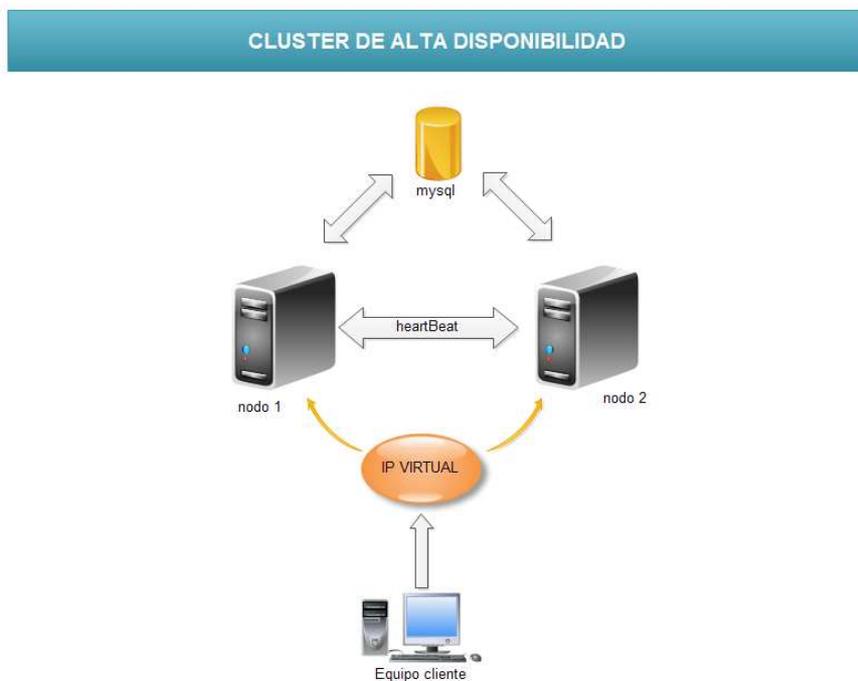


Figura 3.42: Clúster con base de datos externa

Esta configuración presenta dos inconvenientes importantes:

- Necesita más recursos. En el caso de pruebas bastaría con una nueva máquina virtual sobre la que correría el servidor mysql
- Vulnerabilidad a fallo del servicio de base de datos. La fiabilidad que nos ofrece el clúster de alta disponibilidad en el servicio web no asegura la continuidad del servicio, puesto que en el caso de que fallase el equipo que aloja los datos, la aplicación no podría acceder a la base de datos y en consecuencia no funcionaría correctamente.

Por este motivo se ha optado por utilizar la característica de replicación que ofrece mysql y que se explica en el siguiente apartado.

3.4.2 Sistema de replicación de base de datos

En lugar de disponer la base de datos en un equipo externo al clúster, se instaló mysql en ambos nodos y se utilizó la característica de replicación de que dispone mysql para asegurar el correcto funcionamiento.

La replicación se debe configurar en modo master/master. Este sistema permite que el servidor web se conecte con el servidor mysql en forma local (es decir, cada nodo dispone de su propia base de datos) y cualquier modificación en una de las bases de datos se refleje de forma automática en la otra. De esta manera, en caso de fallo de uno de los nodos, heartbeat asegura que el servicio web continúa funcionando y los datos siguen siendo accesibles a través de la base de datos local. En el momento que el nodo que falló se recupera mysql se ocupa automáticamente de actualizar los datos para que las dos bases de datos contengan la misma información.

Se consigue de esta manera una arquitectura que se corresponde con la de la Figura 3.38 que asegura la continuidad del servicio, tal y como requiere la aplicación (concretamente el módulo de Urgencias para el registro de salidas).

La configuración de la replicación es un proceso sencillo que debe repetirse en cada nodo y que consta de tres pasos:

3.4.2.1 Configuración del servidor

Se realiza a través del fichero de configuración (en Ubuntu se encuentra en la ruta `/etc/mysql/my.cnf`) y únicamente implica a cuatro líneas (habitualmente estas líneas ya vienen incluidas en el fichero de configuración, pero aparecen precedidas de un símbolo “#” para que sean tenidas en cuenta como comentarios). Estas líneas son las siguientes:

server-id: Es un identificador que permite diferencias a los nodos. Necesariamente debe ser diferente para cada nodo. En las pruebas realizadas se ha establecido 1 para el nodo 1 y 2 para el nodo 2.

log_bin: Especifica en qué fichero se van a guardar los cambios que se realicen en el servidor y vayan a ser objeto de sincronización.

bindlog_do_db: Identifica la base de datos que será objeto de replicación. Para la aplicación desarrollada el nombre de la base de datos es *stockfarmaciaurgencias*. Debe tener el mismo valor en ambos nodos.

bind-address: mysql por defecto sólo permite conexiones locales (desde el propio servidor) porque este parámetro tiene el valor 127.0.0.1. Como el proceso de replicación precisa que un servidor se conecte a otro remoto para transferir los datos, esta restricción debe ser eliminada. Esto se consigue comentando este parámetro en el fichero de configuración (anteponiendo el símbolo #).

Después de realizar las modificaciones descritas en el fichero de configuración, es necesario reiniciar el servicio para que éstas tengan efecto. Esto se consigue mediante el comando:

```
service mysql restart
```

3.4.2.2 Creación de usuario de replicación

Para realizar la conexión entre servidores es necesario habilitar un usuario con los permisos correspondientes. Estas operaciones se pueden realizar directamente desde la consola de mysql.

Creación de usuario:

```
create user 'nombre'@'%' identified by 'clave'
```

“Nombre” es el nombre del usuario que utilizará mysql para establecer la conexión. Se puede restringir la procedencia de la conexión a una ip concreta o por el contrario, se puede permitir la conexión desde cualquier ip (utilizando el símbolo %). “Clave” es la contraseña que utilizará mysql para realizar la validación de dicho usuario.

Asignación de permisos:

```
grant replication slave on *.* to 'nombre'@'%'
```

Con la instrucción anterior, se habilita el usuario que se acaba de crear para permitir la replicación.

Una vez creado el usuario, es necesario conocer la posición que ha asignado mysql a la replicación en el fichero binario. Esto se consigue mediante el comando: *show master status*

```
mysql> show master status;
+-----+-----+-----+-----+
| File           | Position | Binlog_Do_DB | Binlog_Ignore_DB |
+-----+-----+-----+-----+
| mysql-bin.000001 | 107 | stockfarmaciaurgencias | |
+-----+-----+-----+-----+
1 row in set (0.00 sec)

mysql> █
```

Figura 3.43: Información de configuración de la replicación

Esta información es necesaria para iniciar el proceso de replicación. Cada nodo necesitará conocer esa información del nodo contrario.

3.4.2.3 Inicio del proceso de replicación

Para iniciar el proceso de replicación, desde la consola de mysql hay que indicar la forma de acceder al otro nodo (su ip, qué usuario y clave se utilizarán, y los datos del fichero binario que fueron obtenidos en el paso anterior). Esto se consigue con los siguientes comandos:

```
slave stop;  
  
CHANGE MASTER TO  
MASTER_HOST='ip del nodo a replicar',  
MASTER_USER='nombre usuario replicacion',  
MASTER_PASSWORD='clave del usuario de replicacion',  
MASTER_LOG_FILE='nombre del fichero en el nodo a replicar',  
MASTER_LOG_POS=posición en el nodo a replicar;  
  
slave start;
```

Una vez ejecutadas estas instrucciones en ambos nodos, la estructura ya está funcionando. Se comprueba que cualquier modificación que se realice en uno de los nodos se refleja en el otro. Un detalle importante es que cualquier cambio que se haya producido mientras no se estaba ejecutando la replicación no es conservado, por lo que el procedimiento para una base de datos ya existente es:

1. Crear la base de datos vacía en ambos nodos
2. Configurar la replicación y comprobar su funcionamiento
3. Importar la base de datos en cada nodo.

Una vez configurado el sistema, también es interesante comprobar qué sucede cuando uno de los servidores no se está ejecutando. Para ello basta parar el servicio mysql en uno de los nodos y hacer modificaciones en el otro. Se observa que al iniciar de nuevo el servicio las modificaciones se reflejan automáticamente.

Con este último apartado concluye este capítulo en el que se han descrito las herramientas utilizadas, el funcionamiento de la aplicación, y las pruebas realizadas para asegurar el funcionamiento del servicio en una hipotética implementación real.

4 MEJORAS Y LINEAS FUTURAS

La aplicación desarrollada y que ha sido detalladamente descrita en el capítulo anterior da respuesta a las necesidades del servicio expuestas en el capítulo dos pero de forma aislada e independiente. La principal mejora y continuación del proyecto sería la implementación real e integración en los sistemas actualmente existentes en el sistema Cántabro de Salud. Sobre este asunto trata el presente capítulo y para su redacción se mantuvo una reunión informativa con el Jefe del Servicio de Sistemas Y Tecnologías de la información, el señor D. Raúl Martínez Santiago, responsable de Informática para los hospitales Sierrallana y Tres Mares.

Se ha dividido el capítulo en tres apartados. El primero de ellos incluye una descripción de las modificaciones necesarias para ejecutar la aplicación en varios servicios hospitalarios. El segundo apartado trata sobre la integración con los sistemas existentes y por último, en el tercer apartado se describe el procedimiento administrativo necesario para llevar a cabo una implementación real.

4.1 DESPLIEGUE MULTISERVICIO

El prototipo tal y como se ha desarrollado responde a las necesidades del servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares en cuanto a control de stock y caducidades del botiquín, pero de forma autónoma e independiente. Es decir, sin interaccionar con otros servicios.

El funcionamiento del botiquín del Servicio de Urgencias que fue descrito en el capítulo dos es común a otros servicios hospitalarios (quirófanos, unidades de hospitalización, URCE, etc.). Uno de los objetivos del departamento de informática del hospital es velar por la obtención de aplicaciones corporativas comunes a todos los servicios con necesidades similares buscando una homogeneidad de soluciones técnicas siempre que sea posible, por lo que no tendría cabida el despliegue de la aplicación únicamente en el servicio de Urgencias si no que sería necesario contemplar su implementación en todos los servicios. Una primera aproximación se recoge en la Figura 4..

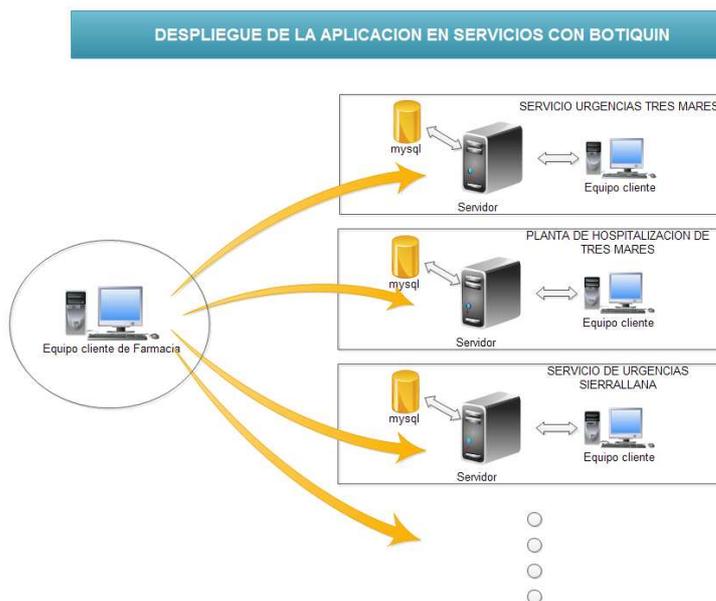


Figura 4.1: Despliegue de la aplicación en múltiples servicios con botiquín

Se han identificado los siguientes servicios para los cuales se dispone de un botiquín cuyo funcionamiento es similar al de Urgencias de tres Mares para el que se ha desarrollado la aplicación.

- Hospital Tres Mares
 - Quirófano
 - Servicio de Urgencias
 - Planta de hospitalización
- Hospital Sierrallana
 - Quirófanos (siete diferentes)
 - Servicio de Urgencias
 - Plantas de hospitalización (1A, 1B y 1C)
 - Unidad de cuidados intensivos (URCE)

Todos estos servicios dependen del servicio de Farmacia para el suministro de medicaciones necesarias y en todos ellos se realizan pedidos a Farmacia y control de caducidades. Aunque no hay ningún inconveniente técnico para implementar la aplicación tal cual ha sido concebida en cada uno de dichos servicios, evidentemente se estaría utilizando más recursos de los necesarios y se llevaría el control de stock y caducidades de forma poco eficiente.

Una solución más apropiada consiste en rediseñar la aplicación para poder dar cobertura a todos los servicios simultáneamente, conforme a lo mostrado en la Figura 4..



Figura 4.2: Despliegue con la aplicación rediseñada para multiservicio

El rediseño de la aplicación no supondría un cambio significativo en su funcionamiento aunque sería necesario modificar el modelo de datos para incluir una nueva entidad que en la versión inicial no ha sido contemplada: el servicio.

4.1.1 Modificaciones en el modelo de datos

La inclusión de la nueva entidad “Servicio” supondría modificaciones en las tablas medicamentos, movimientos y lotes, que son las principales del esquema de la base de datos.

Sobre los medicamentos:

En la aplicación desarrollada, el stock actual y el stock necesario son atributos del medicamento. En una versión “multiservicio” de la aplicación, un servicio puede contener varios medicamentos a la vez que un medicamento puede ser utilizado por varios servicios. Es decir, la relación que existe entre la tabla servicios y la tabla medicamentos es de tipo “muchos a muchos”, por lo que se utilizaría una tabla intermedia para relacionar ambas entidades. Sobre dicha tabla es sobre la que se realizaría el control de stocks para cada servicio. Los datos de fecha de alta y baja del medicamento también dependerían de cada servicio (un medicamento podría darse de baja en un servicio y permanecer activo en otro servicio diferente). Este tipo de información también se debería almacenar en la tabla que establece la relación, y que en la Figura 4. se ha denominado “servicios_has_medicamentos”.



Figura 4.3: Tablas para relacion entre servicios y medicamentos

Sobre los lotes y movimientos :

Cada servicio registra sus propios movimientos, por lo que será necesario incluir una clave foránea en la tabla de movimientos para establecer la relación. En cuanto a los lotes, se mantiene la relación “n a n” que existe con la tabla movimientos, pero hay que tener en cuenta que hay movimientos que no tienen asociado un lote (el registro de salidas). La forma de identificar nuevamente qué lotes y movimientos están asociados a cada servicio se consigue incluyendo una clave foránea en la tabla que establece la relación entre ambos. El esquema resultante sería el siguiente:

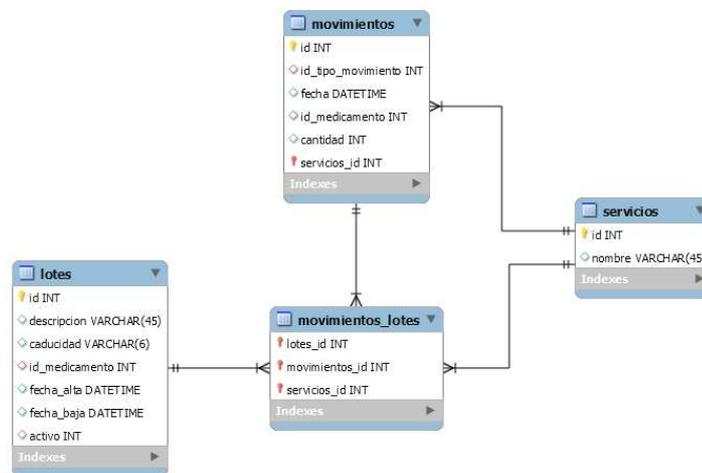


Figura 4.4: Relaciones entre servicios, lotes y movimientos

Con estas ligeras modificaciones, el esquema de la base de datos estaría adaptado para un funcionamiento multiservicio.

Además sería necesario incluir en el módulo de registro de salidas un sistema de validación que permitiera identificar de qué servicio se trata. Esta validación se realizaría únicamente al arrancar la aplicación.

En el módulo de farmacia, sería necesario incluir opciones para indicar sobre qué servicio se quiere trabajar, así como las opciones para la gestión de servicios: alta, modificación y eliminación.

La principal ventaja de un despliegue multiservicio de la aplicación estriba en la disponibilidad de los datos de consumo de medicamentos en cada servicio, por lo que una vez atendida una alerta por caducidad de un lote, el propio sistema podría realizar un estudio de dichos datos para determinar cuál es el servicio más indicado para reasignar el lote retirado. Actualmente la reubicación de los medicamentos retirados por caducidad próxima se realiza de acuerdo al conocimiento y experiencia del personal de Farmacia. Esta mejora supondría una ayuda importante para reubicar el medicamento de acuerdo a datos objetivos.

4.2 INTEGRACION CON LOS SISTEMAS EXISTENTES

El Servicio de Farmacia de Sierrallana es el encargado del control del suministro de medicaciones a todos los servicios que lo precisan, tanto en el propio Hospital Sierrallana como en el Hospital Tres Mares.

Para ello, en la actualidad se utilizan principalmente tres aplicaciones.

Una de ellas, desarrollada por el laboratorio farmacéutico **GRIFOLS**, trabaja con una base de datos informix y se encarga de gestionar la elaboración de unidades y de controlar la distribución de medicamentos a las secciones con botiquín. En esta aplicación es donde actualmente quedan registrados los pedidos servidos.

Desde hace tres años también se utiliza una aplicación más reciente, denominada **PEA** (Prescripción Electrónica Asistida), que se encarga de gestionar las prescripciones médicas y validar la administración de medicamentos por parte de Enfermería. Esta aplicación utiliza tecnología .NET y almacena los datos en una base de datos SQL Server.

La PEA además contempla unos mínimos de stock necesarios y mediante la activación de un sistema de alarmas efectúa pedidos a los proveedores. Esos stocks necesarios se refieren a las necesidades globales del hospital y no están divididas por servicio. Actualmente se encuentra en proceso de implantación, y aún no está en funcionamiento en el Hospital Tres Mares.

Existe una tercera aplicación, denominada **Formulario**, en la que están registrados todos los medicamentos con los que trabaja el hospital. Cuando la comisión de Farmacia establece la inclusión de un nuevo medicamento, éste debe ser dado de alta en esta aplicación para pasar a formar parte del sistema.

En cuanto a la clasificación de medicamentos en grupos que se ha contemplado en la realización del proyecto, es general a todo el hospital. Se utiliza también en Farmacia y la PEA mantiene la nomenclatura y composición de dichos grupos.

Las aplicaciones existentes permiten hacer estudios de demanda por medicamento, si bien el estudio es realizable de forma global y no por servicios. Así mismo, el control de stock que se realiza también es global.

En la Figura 4.5 se muestran los sistemas actuales y cómo se encuentran relacionados entre sí:

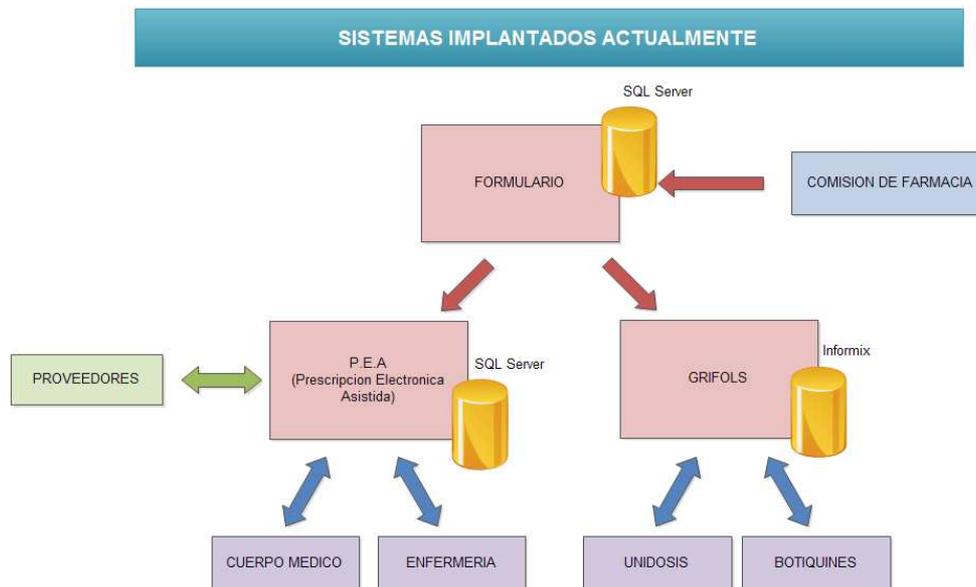


Figura 4.5: Sistemas actuales

La aplicación desarrollada, incluso en el supuesto de realizadas las modificaciones expuestas en el apartado anterior, continuaría siendo un sistema independiente con la consiguiente pérdida de eficiencia, puesto que los datos de los medicamentos y los lotes deben ser dados de alta en la aplicación.

Una implementación real y eficiente tomaría los datos de las bases de datos que correspondan en cada caso. Los datos que se podrían obtener establecidas las conexiones adecuadas son los siguientes:

- Datos del medicamento (identificación, código de farmacia, especialidad, presentación, etc.). Se obtienen de la base de datos de la aplicación Formulario.
- Grupos de medicamentos: Se obtienen de la PEA
- Datos de los lotes a reponer: (descripción del lote, caducidad) Se obtienen de la aplicación de GRIFOLS.

Se eliminaría del módulo de farmacia toda la parte relativa a la introducción de datos por parte del usuario y la lógica de negocio de la aplicación se reduciría únicamente al registro de salidas y control de caducidades.

Los detalles concretos de la integración no han sido recogidos en esta memoria por no disponer de las especificaciones técnicas de cada una de las aplicaciones existentes. No obstante, PHP ofrece mecanismos de conexión y consulta con bases de datos Informix y SQL Server, por lo que se estima que la obtención de los datos sería sencilla y viable.

En cuanto a la ubicación física de las aplicaciones, el hospital cuenta con dos CPD's. Uno de ellos, en donde se encuentra ejecutándose la PEA, está ubicado en Valdecilla y el otro, que ejecuta la aplicación de GRIFOLS, está ubicado en Sierrallana. Estos CPD's cuentan con un sistema de entornos virtualizados basado en VMWare sobre un Linux Centos. Implementan además tecnologías de clustering para balanceo de carga y tolerancia de fallos, por lo que las consideraciones sobre asegurar el servicio continuado de la aplicación recogidas en el capítulo anterior estarían ya cubiertas.

4.3 PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO PARA LA IMPLEMENTACION REAL

En general, la implementación de mejoras informáticas en el servicio Cántabro de Salud se realiza por iniciativa del propio SCS que, después de detectar una necesidad, lleva a cabo una convocatoria a la que pueden presentarse las empresas que cumplan los requisitos económicos y técnicos.

La contratación se realiza conforme a lo recogido en la Ley de Contratación de Administraciones Públicas en la que se detalla el procedimiento y los trámites necesarios que varían en función de la cuantía de la inversión [11].

En el hipotético caso de intentar llevar a cabo la implementación real de la herramienta desarrollada, sería necesario dirigir la propuesta a la subdirección de Asistencia Sanitaria del SCS, de la cual depende el Servicio general de Farmacia. La propuesta sería evaluada por la comisión de Farmacia, que está compuesta por el subdirector de Asistencia Sanitaria y los jefes de farmacia de los cuatro hospitales del SCS y es la encargada de aprobar nuevas mejoras e inversiones. En caso de aprobar una mejora, el coste económico de la misma va con cargo al capítulo de Inversión (capítulo VI) de la Historia Clínica Electrónica del presupuesto del Sistema Cántabro de Salud.

Como se ha mencionado, los trámites concretos dependen del presupuesto de la inversión según lo establecido en la ley, y el presupuesto a su vez depende del alcance de la mejora (depende de si es una solución sólo para el servicio de Urgencias del Hospital Tres Mares, como se ha recogido en esta memoria, o si la solución se aplicaría a otros servicios, o se implementará en el SCS al completo).

La explotación económica de un desarrollo como el presentado en esta memoria depende de la modalidad de comercialización que se proponga. En el caso del desarrollo de aplicaciones informáticas en el ámbito sanitario, se contemplan habitualmente las siguientes modalidades:

- Licencia
Se vende el desarrollo realizado para su implementación en producción por parte de los servicios de Informática del propio Hospital.
- Integración.
Se estudian los sistemas actuales y se ofrece la herramienta con las modificaciones necesarias para facilitar la interacción con ellos en los casos oportunos como, por ejemplo, los recogidos en apartados anteriores.

- **Mantenimiento.**
Se contemplan dos modalidades de mantenimiento
 - **Correctivo**
Se refiere a la modificación necesaria de la herramienta para adaptarse a modificaciones de las especificaciones iniciales que dieron origen a la misma. No se refiere a la corrección de errores, puesto que la aplicación debe incluir unas garantías y tiene que funcionar correctamente de acuerdo al problema que soluciona, si no a adaptaciones de la herramienta a cambios en el problema solucionado (por ejemplo, variaciones en el funcionamiento de los botiquines).
 - **evolutivo**
Contempla las modificaciones necesarias para adaptar la aplicación a nuevas necesidades y extender sus funcionalidades, así como adaptaciones por cambios de plataforma o integración con nuevos sistemas.
- **Formación**
Contempla la formación de usuarios de la aplicación.

No se han incluido detalles más concretos sobre el procedimiento administrativo, porque éstos dependen de la inversión necesaria que, a su vez, está en función del alcance y la modalidad de comercialización. Por ejemplo, para inversiones inferiores a los 18.000 euros (contratos menores), bastaría con la aceptación de una propuesta de entre al menos tres presupuestos de empresas diferentes. Para inversiones mayores, hasta los 50.000€, la contratación se convoca a través de la publicación en el BOC en concurso abierto, estableciendo unas bases de la convocatoria y un sistema de baremaje técnico y económico que permitan realizar la adjudicación.

5 CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto de fin de carrera se ha especificado, diseñado y desarrollado una herramienta informática que permite gestionar de manera más eficiente el inventario en un servicio de Urgencias Hospitalario atendiendo a dos objetivos principales:

- Control de existencias de medicamentos
- Automatización del control de caducidades

El prototipo desarrollado y presentado en esta memoria fue mostrado al personal de enfermería del servicio de Urgencias del hospital y fue valorado positivamente, puesto que su adopción supondría una mejora significativa en la operativa actual, con una gestión más eficiente y un ahorro económico importante.

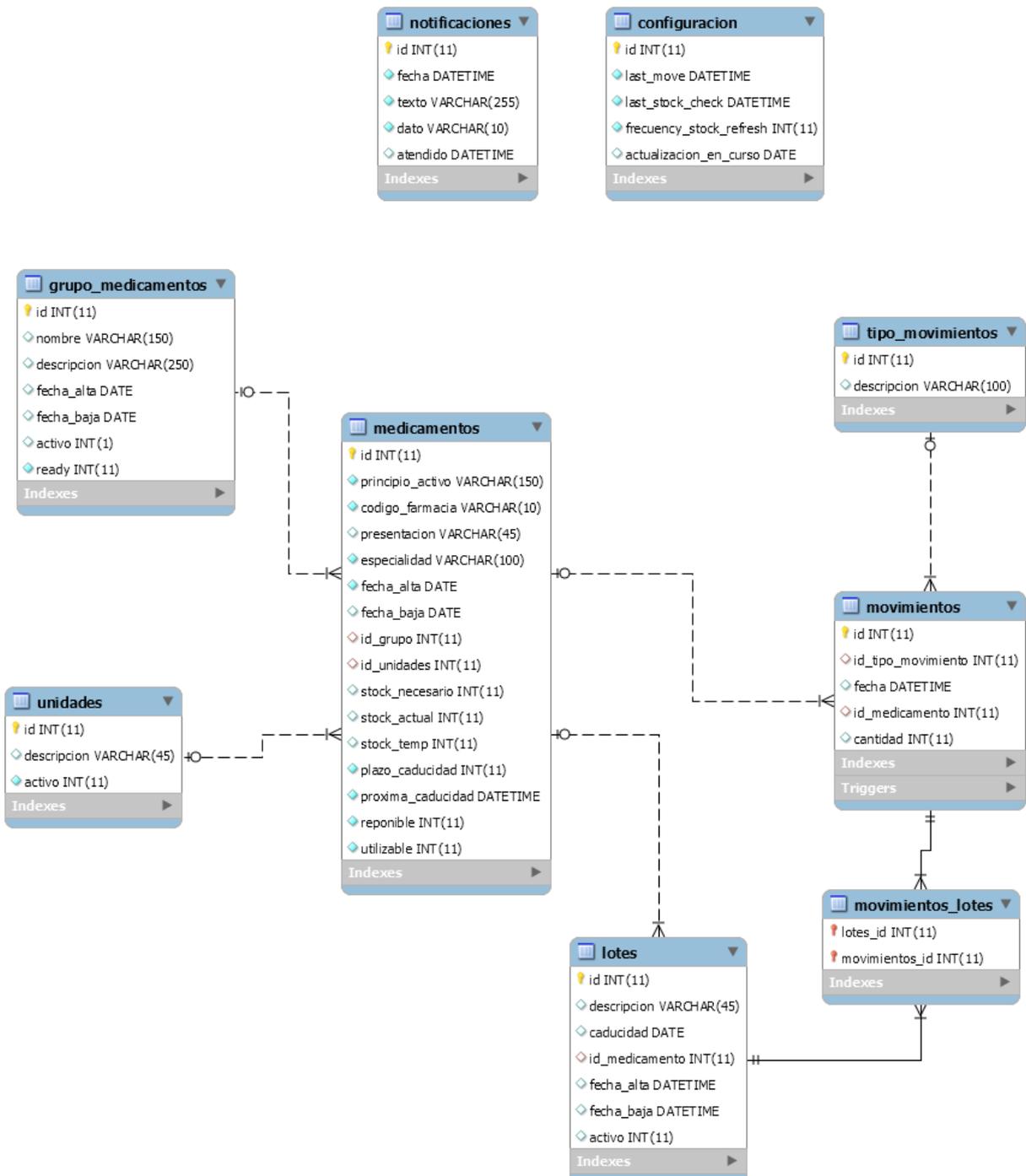
Aunque el prototipo es específico para solucionar un problema local y concreto, se ha contemplado además su ampliación y utilización para resolver problemas similares en otros servicios.

En el aspecto personal, el proyecto me ha permitido conocer con mayor profundidad el ámbito hospitalario y su funcionamiento interno, así como adquirir conocimientos sobre la utilización de frameworks (Laravel, JQuery, bootstrap) que facilitan la programación y permiten llevar a cabo desarrollos profesionales con más rapidez y seguridad.

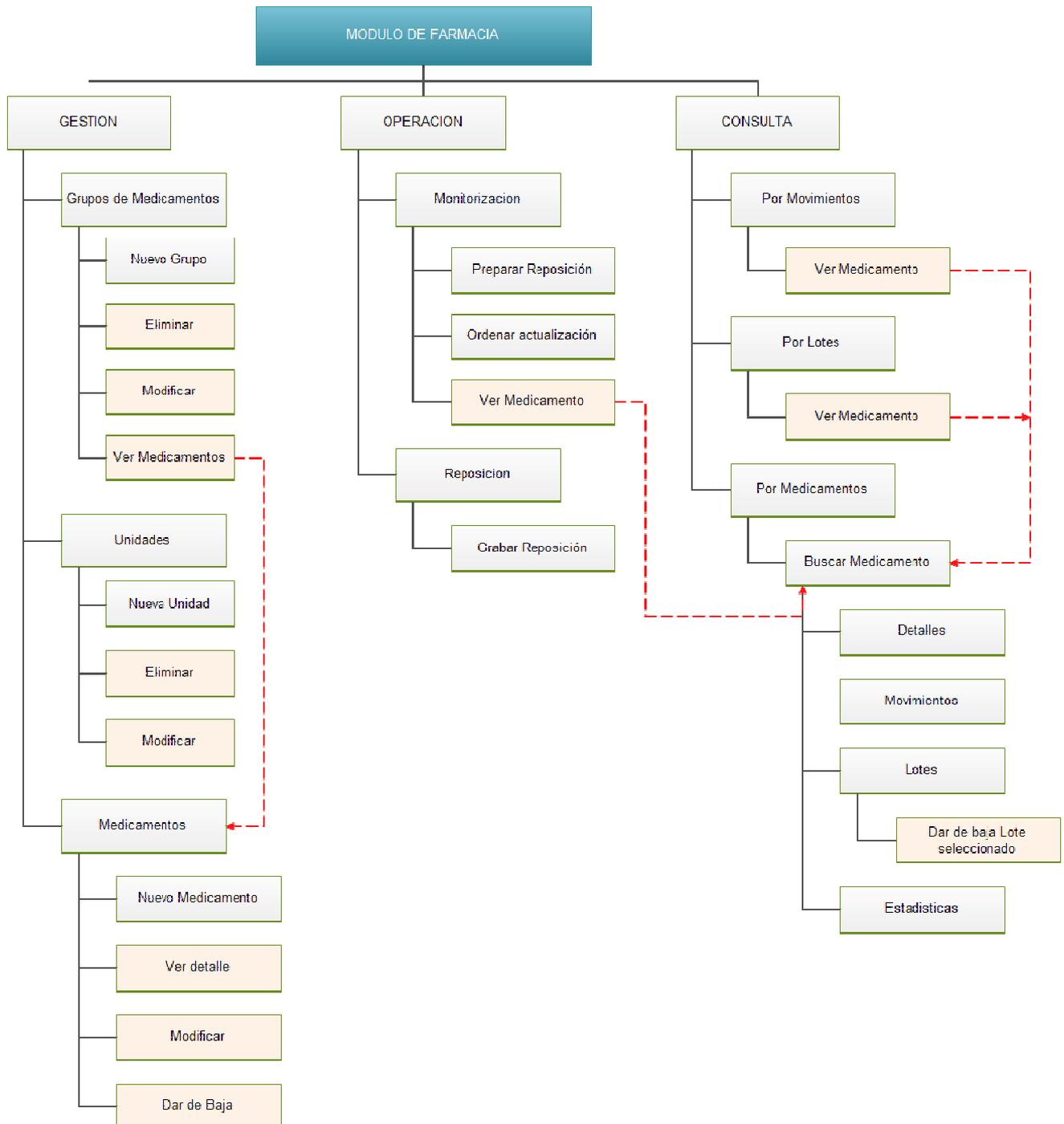
La finalización del proyecto de fin de carrera ha supuesto además, la conclusión de una etapa de formación y desarrollo personal y el inicio de otra en la que afrontar nuevos retos profesionales.

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1: ESQUEMA COMPLETO DE LA BASE DE DATOS



6.2 ANEXO 2: ESQUEMA DE OPCIONES DEL MODULO DE FARMACIA



7 REFERENCIAS

7.1 Bibliografía

- [1] “Desarrollo Web con PHP y MySQL”. Luke Welling, Laura Thomson. Anaya Multimedia
- [2] “Administración de sistemas LINUX”, James Turnbull, Peter Lieverdink, Dennis Matotek. Anaya Multimedia
- [3] “CODE BRIGHT. Desarrollo de aplicaciones Web con la versión 4 del Framework de Laravel para principiantes”, Dayle Rees. Antonio Laguna.
- [4] “MySQL 5”, Juan Diego Gutiérrez Gallardo. Anaya Multimedia

7.2 Recursos online

- [5] Foro de discusión sobre desarrollos en Laravel
<http://laraveles.com/foro/>
- [6] Documentación oficial sobre Laravel 4.2
<http://laravel.com/docs/4.2>
- [7] Documentación oficial sobre jQuery
<http://api.jquery.com/>
- [8] Documentación oficial sobre jQueryUI
<http://api.jqueryui.com/>
- [9] Manual online sobre utilización de Datatables
<https://www.datatables.net/manual/index>
- [10] Web oficial sobre Twitter Bootstrap
<http://getbootstrap.com/2.3.2/>
- [11] Ley de Contratos de las administraciones públicas. Texto Refundido
<http://www.minhap.gob.es/Documentacion/Publico/NormativaDoctrina/Contratacion/LCAP%20Texto%20refundido%20actualizado.pdf>