



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **DISEÑO DE UN FRAMEWORK SEMÁNTICO PARA EL DESARROLLO E INSTANCIACIÓN DE SERVICIOS U- HEALTH DIRIGIDOS A PACIENTES CRÓNICOS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

**JAVIER ANDRÉS FUENTES BARRAZA**

PROFESOR GUÍA:  
ÁNGEL JIMÉNEZ MOLINA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JORGE ARAVENA SALAZAR  
ADRIÁN TORRES CANALES

SANTIAGO DE CHILE  
2016

## **RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL**

**TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial

**POR:** Javier Andrés Fuentes Barraza

**FECHA:** 27/08/2016

**PROFESOR GUÍA:** Ángel Jiménez Molina

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El constante aumento en la prevalencia de las enfermedades crónicas en la población mundial y el peso que tienen éstas en el gasto en salud, han motivado la búsqueda de alternativas para adaptar y mejorar los actuales modelos de atención y cuidado de pacientes crónicos, de manera de poner al paciente en el centro del tratamiento, brindándole apoyo constante y soporte en su auto-cuidado. Este tipo de iniciativas busca mejorar la calidad de la atención recibida por la población en general y disminuir los costos asociados a la gestión y prevención de estas enfermedades, procesos en los que el apoyo de sistemas computacionales juega un rol fundamental para lograr interacciones productivas entre equipos médicos y el paciente y su entorno familiar.

Este tipo de sistemas, conocidos como sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas, pretenden apoyar las etapas del proceso de diagnóstico y entrega de cuidado médico a los pacientes, sirviendo como soporte a los equipos médicos en las frecuentes tomas de decisiones en las que se ven envueltos. A pesar de su demostrada utilidad, estos sistemas tienen limitaciones, entre éstas: que no consideran todas las etapas de la entrega de este servicio y que tienen una lógica que no es de fácil extensión a otro tipo de enfermedades crónicas.

Este proyecto busca crear una plataforma para el desarrollo y la posterior instanciación de servicios médicos *u-health* dirigidos a pacientes crónicos, en base a un *framework* para la provisión continua de servicios médicos desarrollado por profesores del departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile (DII). Este sistema permitirá ofrecer una lógica estándar para los desarrolladores de servicios y procesos médicos, facilitando el desarrollo y extensión a otras enfermedades de las aplicaciones desarrolladas. La intención, primero, es mostrar que es factible crear servicios médicos *u-health* utilizando este *framework* y, segundo, mejorar la calidad de la atención a estos pacientes y de los servicios *u-health* que apoyan este proceso.

La implementación, si bien parcial de este *framework*, servirá como punto de partida para la extensión de la plataforma a nuevas enfermedades, etapas de la atención a crónicos, comunicación con otros sistemas de apoyo, entre otras características.

*Dedicado a F, K, M y N.  
Mi camino empieza ahora.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A los próceres que conocí en esta facultad y que me han acompañado tanto tiempo. Gracias por estos 7 años. Sin su compañía, sin sus buenas tertulias y conversaciones distendidas, claramente este término de ciclo no sería el mismo.

A mi profesor guía, Ángel Jiménez. Por darme la oportunidad de trabajar con él todo este año, por toda la ayuda que me brindó en los primeros meses de configuración y desarrollo de esta memoria y por su siempre amable y acertado consejo. Extiendo este agradecimiento a mi profesor co-guía Jorge Aravena, gracias por sus siempre agudas observaciones.

Agradecer también a los chicos del WeSSTLab, con los que si bien no compartimos todo lo que hubiese querido (consecuencias de vivir en provincia), la buena onda y el ambiente ameno del laboratorio hicieron que el trabajo fuese mucho más llevadero. De paso agradezco a Jorge Gaete, por su ayuda en el desarrollo de la arquitectura u-health.

Finalmente, a mi familia. A mis padres, gracias por su apoyo incondicional y su infinita confianza. Sé muy bien todo lo que han sacrificado y entregado por mí todos estos años y no me cabe duda de que todo lo que he logrado hasta hoy es gracias a su esfuerzo y compromiso. A mis hermanos, por su compañía, por sus conversaciones a medianoche y las partidas de Catan que amenizaron todos estos meses de trabajo.



## Tabla de contenido

1. Introducción .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1. Situación de las enfermedades crónicas .....	1
1.1.2. La importancia de las tecnologías de la información en el abordaje de las enfermedades crónicas. ....	4
1.2. Descripción del proyecto .....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos .....	6
1.5. Alcance .....	6
1.6. Resultados esperados.....	7
1.7. Metodología .....	7
2. Marco Conceptual.....	8
2.1. Background Teórico .....	8
2.1.1. Tecnologías de Información en salud .....	8
2.1.2. Computación ubicua y sus aplicaciones en salud.....	9
2.1.3. <i>Context-aware computing</i> .....	10
2.1.4. Web Semántica.....	11
2.1.5. Arquitectura orientada a servicios.....	15
2.1.6. Procesos de negocio y <i>Business Process Management</i> (BPM) .....	17
2.1.7. <i>Framework</i> de provisión continua de servicios médicos a pacientes crónicos .....	18
2.1.8. Modelos estratégicos de atención de pacientes crónicos .....	20
2.1.9. Metodología RUP.....	20
2.1.10. Patrones de procesos para la gestión hospitalaria .....	22
2.2. Análisis del estado del arte .....	22
2.2.1. Sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas (Clinical decision support systems o CDSS).....	22
2.2.2. Sistemas a evaluar .....	23
2.2.3. Comparación y discusión.....	33
3. Arquitectura de Procesos en Atención Ambulatoria.....	36

3.1.	Arquitectura de macro-procesos de un hospital .....	36
3.2.	Re-diseño de servicios internos compartidos.....	39
3.2.1.	Servicios de Salud Ubicuos .....	40
3.2.2.	Simplificación/Adecuación .....	42
3.3.	Diseño de procesos en atención ambulatoria .....	43
3.3.1.	Producción y Entrega del Servicio Ambulatorio .....	44
3.4.	Lógica compleja de negocios .....	49
3.4.1.	Generar contexto de alto nivel.....	49
3.4.2.	Seleccionar proceso <i>u-health</i> .....	53
3.4.3.	Medidas de similitud adicionales .....	56
4.	Arquitectura Tecnológica .....	60
4.1.	Arquitectura del sistema de apoyo .....	60
4.1.1.	Interfaz de adquisición de datos .....	61
4.1.2.	Controladores de solicitudes .....	61
4.1.3.	Módulo de Servicios de Salud Ubicuos .....	62
4.1.4.	Sistema de manejo de datos o Modelo de descripción semántico ....	62
4.1.5.	Motor de procesos.....	62
4.1.6.	Aplicación web.....	62
4.2.	Diseño de <i>software</i> .....	62
4.2.1.	Diagramas de casos de uso .....	63
4.2.2.	Diagramas de secuencia de sistema .....	65
4.2.3.	Diagramas de secuencia extendidos .....	73
4.2.4.	Diagrama de clases.....	76
4.2.5.	Diagrama de paquetes .....	81
4.2.6.	Modelo de descripción semántico.....	82
5.	Construcción del Prototipo.....	92
5.1.	Hipertensión Arterial.....	92
5.1.1.	Causas .....	92
5.1.2.	Sintomatología y Diagnóstico .....	93
5.1.3.	Tratamiento .....	94
5.1.4.	Patologías asociadas.....	99
5.1.5.	Seguimiento y bioseñales en pacientes con hipertensión .....	99

5.1.6.	Situaciones de riesgo en pacientes con hipertensión .....	103
5.2.	Instanciación de la ontología de contexto médico .....	105
5.2.1.	Enfermedades y Síndromes .....	105
5.2.2.	Síntomas y signos .....	106
5.2.3.	Intervenciones .....	106
5.3.	Aplicación web .....	106
5.3.1.	Información general del paciente.....	106
5.3.2.	Buscar posibles diagnósticos.....	108
5.3.3.	Buscar posibles tratamientos.....	109
5.3.4.	Administrar información de diagnóstico .....	110
5.3.5.	Administrar información del tratamiento .....	111
5.3.6.	Administrar política de alarmas.....	112
5.3.7.	Administrar plan de monitoreo.....	113
5.3.8.	Ver historial de alarmas .....	114
5.4.	Aplicación móvil .....	115
6.	Resultados.....	120
6.1.	Evaluación de usabilidad prototipo.....	120
6.1.1.	Metodología.....	120
6.1.2.	Resultados evaluación de usabilidad.....	120
6.2.	Evaluación técnica .....	122
6.2.1.	Metodología.....	122
6.2.2.	Resultados evaluación técnica .....	123
7.	Conclusiones .....	125
8.	Glosario .....	127
9.	Bibliografía.....	129
10.	Anexos .....	134
	Anexo A: Casos de uso.....	134
A.1	Gestionar información del paciente .....	134
A.2	Administrar información de diagnóstico.....	135
A.3	Administrar actividades de tratamiento.....	135
A.4	Administrar plan de monitoreo.....	136
A.5	Administrar política de alarmas .....	137

A.6 Buscar posibles tratamientos .....	137
A.7 Buscar posibles diagnósticos .....	138
A.8 Ver historial de Alarmas .....	139
Anexo B: Diagramas de secuencia extendidos.....	140
B.1 Petición a servicios de salud ubicuos (Versión Controlador Aplicación). 140	
B.2 Petición a servicios de salud ubicuos (Versión Controlador WBAN) .....	141
B.3 Buscar posibles diagnósticos .....	142
B.4 Buscar posibles tratamientos .....	142
B.5 Administrar información de diagnóstico.....	143
B.6 Administrar información del tratamiento .....	144
B.7 Administrar política de alarmas .....	145
B.8 Administrar plan de monitoreo.....	146
B.9 Ver historial de alarmas.....	147
B.10 Gestionar información del paciente .....	149
Anexo C: Modelo de descripción semántico .....	150
C.1 Vista General Modelo.....	150
C.2 Vista General Modelo (Con propiedades) .....	150
C.3 Ontología de procesos .....	151
C.4 Ontología de participantes .....	151
C.5 Ontología de contexto médico y servicios contextuales.....	152
Anexo D: Guidelines clínicos para hipertensión (Extraídos de [37]) .....	153
D.1 Guideline 1: Diagnóstico de hipertensión.....	153
D.2 Guideline 2: Metas terapéuticas para pacientes con hipertensión según RCV .....	154
D.3 Guideline 3: Seguimiento del paciente hipertenso .....	155
D.4 Guideline 4: Elección de fármacos en pacientes hipertensos en Etapa 1 y con RCV bajo o moderado.....	156
Anexo E: Instanciación de conocimiento médico en ontología de contexto.....	157
E.1 Enfermedades .....	157
E.2 Síndromes .....	157
E.3 Síntomas y Signos.....	157
E.4 Intervenciones .....	159
Anexo F: Encuesta de usabilidad.....	162

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Comparativa CDSS analizados. ....	34
<b>Tabla 2:</b> Procesos u-health utilizados por los DSE de esta sección. ....	76
<b>Tabla 3:</b> Propiedades de la ontología de participantes .....	84
<b>Tabla 4:</b> Propiedades de a ontología de contexto médico y servicios contextuales .....	88
<b>Tabla 5:</b> Detalle de cada propiedad de la ontología de contexto médico y servicios contextuales. ....	90
<b>Tabla 6:</b> Propiedades de la ontología de procesos.....	91
<b>Tabla 7:</b> Detalle de las propiedades de la ontología de procesos.....	91
<b>Tabla 8:</b> Clasificación de la Sociedad Europea de la Presión Arterial (PA mmHg)	94
<b>Tabla 9:</b> Tabla de estimación de riesgo cardiovascular a 10 años para la población masculina en Chile .....	96
<b>Tabla 10:</b> Principales indicaciones y contraindicaciones de las clases de fármacos antihipertensivos de primera línea.....	98
<b>Tabla 11:</b> Valores de presión arterial para personas con diabetes .....	100
<b>Tabla 12:</b> Frecuencias cardiacas para un adulto .....	101
<b>Tabla 13:</b> Niveles de colesterol para un adulto .....	102
<b>Tabla 14:</b> Fármacos recomendados para paciente con Urgencia Hipertensiva..	104
<b>Tabla 15:</b> Tabla con fármacos utilizados para paciente con Emergencia Hipertensiva .....	105
<b>Tabla 16:</b> Resultados usabilidad del sistema de apoyo. ....	121

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> Proporción de Mortalidad por Tipo de Enfermedad Período 2012. ...	1
<b>Ilustración 2:</b> Comparación 1909-1999 de causas de mortalidad en la población chilena.....	2
<b>Ilustración 3:</b> Crecimiento del gasto público en salud entre 2000 y 2013.....	3
<b>Ilustración 4:</b> Semantic Web Technologies Stack.....	12
<b>Ilustración 5:</b> Ejemplo de representación gráfica de una ontología .....	14
<b>Ilustración 6:</b> Ejemplo de triple en RDF utilizando notación Turtle.....	14
<b>Ilustración 7:</b> Sintaxis básica de consulta SELECT en SPARQL.....	15
<b>Ilustración 8:</b> Modelo de capas para la composición de servicios web.....	17
<b>Ilustración 9:</b> Ejemplo de un proceso de negocio .....	17
<b>Ilustración 10:</b> Esquema del framework para la provisión continua de servicios u-health. ....	19
<b>Ilustración 11:</b> Esquema metodología RUP.....	21
<b>Ilustración 12:</b> Framework Smart CDSS.....	24
<b>Ilustración 13:</b> Esquema de la entrega de servicio u-health care. ....	25
<b>Ilustración 14:</b> Diagrama de flujo algoritmo IGS. ....	27
<b>Ilustración 15:</b> Arquitectura Conflexflow. ....	28
<b>Ilustración 16:</b> Fragmento de la ontología del dominio personal del paciente. ....	29
<b>Ilustración 17:</b> Arquitectura de la plataforma ERMHAN.....	30
<b>Ilustración 18:</b> Arquitectura CDSS.....	31
<b>Ilustración 19:</b> Fragmento de la ontología "Case Profile". ....	33
<b>Ilustración 20:</b> Estructura de macro-procesos en hospitales. ....	37
<b>Ilustración 21:</b> Líneas de Servicio al Paciente .....	38
<b>Ilustración 22:</b> Detalle de Servicios Internos Compartidos. ....	39
<b>Ilustración 23:</b> Diagrama IDEF0 de Servicios Internos Compartidos rediseñado	40
<b>Ilustración 24:</b> Detalle de Servicios de Salud Ubicuos .....	41
<b>Ilustración 25:</b> Servicios de Salud Ubicuos (Simplificado).....	43
<b>Ilustración 26:</b> Detalle de Atención Ambulatoria Electiva. ....	43
<b>Ilustración 27:</b> Proceso de Producción y Entrega del servicio ambulatorio. ....	45
<b>Ilustración 28:</b> Proceso de Evaluación Médica.....	46
<b>Ilustración 29:</b> Programación del Tratamiento .....	47
<b>Ilustración 30:</b> Proceso de Monitoreo y control del paciente. ....	48
<b>Ilustración 31:</b> Detalle del proceso "Control de sistema y generación de alarmas" .....	48
<b>Ilustración 32:</b> Detalle del proceso de Atención de control por especialista .....	49
<b>Ilustración 33:</b> Grafo mostrando a un paciente y sus relaciones. ....	51
<b>Ilustración 34:</b> Detalle del proceso "Generar contexto de alto nivel" .....	51
<b>Ilustración 35:</b> Detalle del proceso "Seleccionar servicios de detección de contexto de alto nivel" .....	53
<b>Ilustración 36:</b> Propiedades asociadas a un Proceso de Negocio de Salud.....	54
<b>Ilustración 37:</b> Detalle del proceso" Seleccionar proceso u-health" .....	54

<b>Ilustración 38:</b> Ejemplo de ontología instanciada .....	58
<b>Ilustración 39:</b> Arquitectura del sistema de apoyo .....	61
<b>Ilustración 40:</b> Diagrama de Caso de Uso para Petición a servicios de salud ubicuos .....	63
<b>Ilustración 41:</b> Diagrama de caso de uso "Gestionar datos del paciente" .....	65
<b>Ilustración 42:</b> Diagrama de secuencia para servicios de salud ubicuos.....	66
<b>Ilustración 43:</b> Diagrama de secuencia de sistema para "Gestionar información del paciente" .....	67
<b>Ilustración 44:</b> Diagrama de secuencia de sistema para "Administrar información de diagnóstico" .....	68
<b>Ilustración 45:</b> Diagrama de secuencia para "Administrar actividades del tratamiento" .....	69
<b>Ilustración 46:</b> Diagrama de secuencia para "Administrar plan de monitoreo" . ...	70
<b>Ilustración 47:</b> Diagrama de secuencia para "Administrar política de alarmas" ...	71
<b>Ilustración 48:</b> Diagrama de secuencia para "Buscar posibles tratamientos" .....	72
<b>Ilustración 49:</b> Diagrama de secuencia de sistema para "Buscar posibles diagnósticos" .....	73
<b>Ilustración 50:</b> Diagrama de secuencia para "Ver Historial de alarmas".....	73
<b>Ilustración 51:</b> Proceso resumen del patrón seguido por los DSE de esta sección. .....	75
<b>Ilustración 52:</b> Clase SSU.....	77
<b>Ilustración 53:</b> Clases controladoras .....	77
<b>Ilustración 54:</b> Clases modelo .....	78
<b>Ilustración 55:</b> Clases DAO .....	79
<b>Ilustración 56:</b> Clases de acceso a SSU .....	79
<b>Ilustración 57:</b> Diagrama de clases con dependencias. ....	80
<b>Ilustración 58:</b> Diagrama de clases para casos de uso asociados al sistema de apoyo .....	81
<b>Ilustración 59:</b> Diagrama de paquetes .....	81
<b>Ilustración 60:</b> Esfigmomanómetro digital.....	100
<b>Ilustración 61:</b> Reloj pulsímetro. ....	101
<b>Ilustración 62:</b> CardioChek, dispositivo de monitoreo del nivel de colesterol en la sangre. ....	102
<b>Ilustración 63:</b> Medidor de glicemia capilar.....	103
<b>Ilustración 64:</b> Vista Información general del paciente (Parte 1) .....	107
<b>Ilustración 65:</b> Vista de Información general del paciente (Parte 2) .....	108
<b>Ilustración 66:</b> Selección de sintomatología en funcionalidad "Buscar posibles diagnósticos" .....	109
<b>Ilustración 67:</b> Resultado de búsqueda en funcionalidad "Buscar posibles diagnósticos" .....	109
<b>Ilustración 68:</b> Resultado de búsqueda de diagnósticos. ....	110
<b>Ilustración 69:</b> Vista de "Administrar información de diagnóstico" .....	111
<b>Ilustración 70:</b> Vista de "Agregar una nueva patología" .....	111

<b>Ilustración 71:</b> Vista de "Administrar información del tratamiento" .....	111
<b>Ilustración 72:</b> Vista de "Agregar actividad" .....	112
<b>Ilustración 73:</b> Vista de "Modificar actividad" para el caso del Captopril.....	112
<b>Ilustración 74:</b> Vista de "Administrar política de alarmas".....	112
<b>Ilustración 75:</b> Vista de "Agregar alarma" .....	113
<b>Ilustración 76:</b> Vista de "Modificar alarma" para el caso de la Alarma #1 .....	113
<b>Ilustración 77:</b> Vista de "Administrar plan de monitoreo" .....	113
<b>Ilustración 78:</b> Vista de "Agregar plan de monitoreo" .....	114
<b>Ilustración 79:</b> Vista de "Modificar plan de monitoreo" .....	114
<b>Ilustración 80:</b> Vista "Ver historial de alarmas" .....	115
<b>Ilustración 81:</b> Proceso de selección de servicios en aplicación móvil .....	115
<b>Ilustración 82:</b> Proceso de notificación a cuidadores.....	116
<b>Ilustración 83:</b> Proceso de notificación al paciente.....	116
<b>Ilustración 84:</b> Funcionamiento de Google Cloud Messaging.....	117
<b>Ilustración 85:</b> Vista notificación al paciente.....	117
<b>Ilustración 86:</b> Vista notificación a cuidadores.....	118
<b>Ilustración 87:</b> Vista de "Últimos Registros Presión Arterial" .....	119
<b>Ilustración 88:</b> Email enviado como notificación.....	119
<b>Ilustración 89:</b> Proceso de evaluación técnica de algoritmo de selección de procesos.....	122
<b>Ilustración 90:</b> Tiempo de ejecución según algoritmo utilizado.....	123
<b>Ilustración 91:</b> Uso de memoria promedio según algoritmo utilizado .....	124



# 1. Introducción

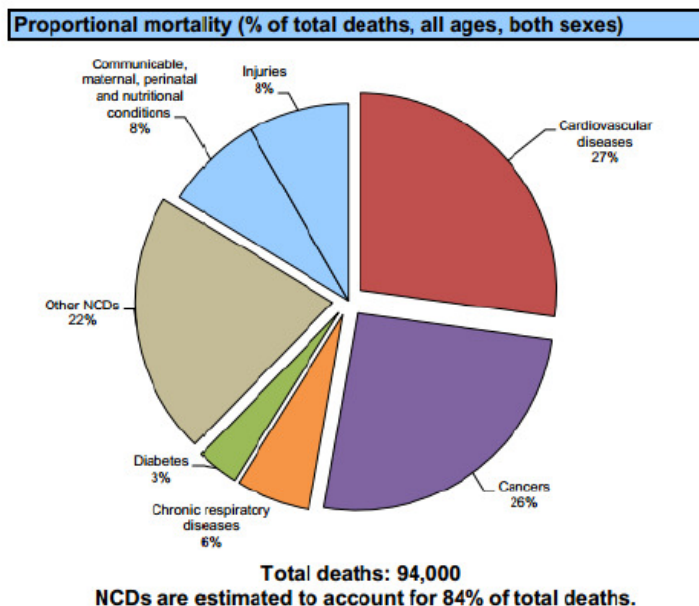
## 1.1. Antecedentes

Para dar contexto a esta memoria se detallará la situación actual de las enfermedades crónicas en Chile y el mundo, señalándose porqué, dado el panorama previsto para este tipo de patologías en los próximos años, se necesitará del apoyo de sistemas de información para mejorar la manera en que se gestiona y se toman decisiones respecto a este tipo de pacientes.

### 1.1.1. Situación de las enfermedades crónicas

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define enfermedad crónica como “afecciones de larga duración y por lo general, de progresión lenta”, otro término muy utilizado para describir este tipo de afecciones es el de enfermedades no transmisibles. Si bien no existe un consenso en la duración mínima, se asume que cualquier patología que dure más allá de 6 meses a 1 año y no sea contagiosa, es una enfermedad crónica. [4]

Las enfermedades crónicas son un problema público de acuerdo a la OMS: matan a más de 36 millones de personas cada año, sobrepasan el 70% de la carga mundial de enfermedades en personas mayores a 30 años y agrupan a las principales causas de muerte en todo el mundo, con un 84%, tal como se puede ver en la **Ilustración 1**.

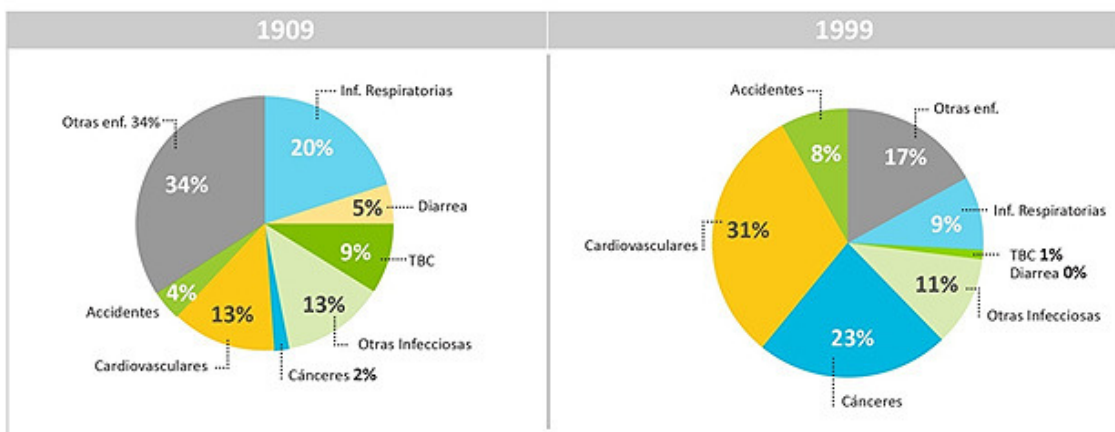


**Ilustración 1:** Proporción de Mortalidad por Tipo de Enfermedad Período 2012.

**Fuente:** OMS [4]

En las últimas décadas los países desarrollados han empezado cada vez más a preocuparse por este tipo de enfermedades porque su prevalencia y la mortalidad que producen han aumentado conforme los avances tecnológicos en la medicina, el desarrollo de sistemas de salud cada vez más robustos y con mayor cobertura, y al aumento de la esperanza de vida de las personas.

En Estados Unidos, por ejemplo, se estima que para 2025, 164 millones de estadounidenses presenten al menos una enfermedad crónica, 15 millones de personas más que hoy [10]. En el caso de Chile, ocurre una situación similar: Un aumento constante y progresivo de la prevalencia de enfermedades crónicas.



Fuente: Dpto. de Epidemiología, Minsal.

**Ilustración 2:** Comparación 1909-1999 de causas de mortalidad en la población chilena

Según el Ministerio de Salud, y como puede verse en la **Ilustración 2**, si en 1909 las enfermedades crónicas representaban entre el 15% y el 49% de las muertes, en 1999, esta cifra varía entre el 54% y el 71% de las muertes anuales.<sup>1</sup>

Este aumento se puede explicar por 3 causas [5]:

La primera tiene que ver con un factor demográfico. El país está en un proceso de envejecimiento demográfico, producto de una disminución en las tasas de mortalidad y de natalidad y un aumento en la esperanza de vida al nacer.

La segunda tiene que ver con una transición epidemiológica. El desarrollo y mejora del sistema de salud ha permitido mantener a raya la prevalencia de enfermedades infecciosas que otrora causaban grandes estragos en la población. Como consecuencia la proporción de enfermedades crónicas ha aumentado notablemente.

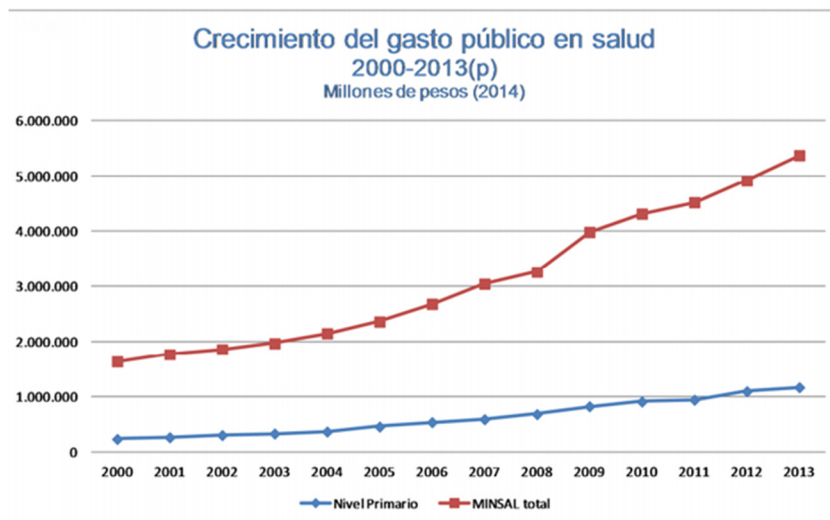
Finalmente, el aumento en los factores de riesgo conductuales, como el tabaquismo, el sedentarismo el consumo de alcohol y drogas y la malnutrición, han contribuido a una mayor prevalencia en este tipo de enfermedades. De hecho, de acuerdo al Ministerio de Salud, si estos factores se eliminaran se podría prevenir el 80% de las enfermedades cardio y cerebrovasculares y el 40% de los cánceres.

El gasto público en salud en Chile ha aumentado de manera notoria a partir de 2000, ¿qué porcentaje de ese gasto representa el cuidado y la prevención de enfermedades crónicas?

Daniela Caro [2] estima este costo en cerca de 2,35 billones de pesos anuales, esto es, 3.309 millones de dólares, los que anualmente la sociedad chilena gasta al año en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades crónicas. De este total, el 47% de este gasto es financiado por el Estado, mientras que un 34% es cubierto por las

<sup>1</sup> Esta variación se da por el ítem "Otras enfermedades", que agrupa tanto enfermedades infecciosas como no transmisibles.

familias y el 19% por seguros privados. Esta es una cantidad no menor, de hecho, según un artículo de la Federación Chilena de Industriales Panaderos (Fechipan), el ahorro de los 200 millones de dólares que anualmente Fonasa gasta en prestaciones por diabetes, infartos e hipertensión en Chile, permitirían construir y equipar más de 200 consultorios, financiar el plan AUGE completo durante un año, edificar entre 3 y 5 hospitales o bien levantar 120 colegios [3]



**Ilustración 3:** Crecimiento del gasto público en salud entre 2000 y 2013.  
**Fuente:** Impacto Económico de las Enfermedades Crónicas. [2]

¿Qué están haciendo los países en situación similar a la de Chile para hacer frente a este aumento de prevalencia y gasto en enfermedades crónicas?

La evidencia señala que los sistemas de salud actuales no están del todo preparados para hacer frente al paciente crónico [9] porque el esfuerzo está centrado en detectar al paciente necesitado de atención, otorgarle un tratamiento que solucione o alivie sus dolencias, olvidándose del paciente una vez se le da el alta (hasta que vuelva otra vez por alguna dolencia). Si bien este enfoque funciona relativamente bien en el tratamiento de enfermedades agudas y dolencias leves, no es tan así para el caso de las enfermedades crónicas o no transmisibles. En primer lugar, porque no consideran el rol clave que debe tener el paciente en su tratamiento, las enfermedades crónicas generalmente son patologías sin una cura definitiva o completa, en la que la evidencia demuestra que es importante el apoyo constante al paciente y a su entorno cercano, y que este paciente tenga un rol central en el cuidado entregado. En segundo lugar, porque no existe un adecuado seguimiento del proceso de tratamiento y cuidado de este tipo de pacientes. En tercer lugar, porque no existe tampoco un proceso de apoyo a los pacientes en su propio automanejo de la enfermedad. Finalmente, este tipo de atención resulta ser varias veces más costoso para la sociedad que uno enfocado a la prevención y educación de la población en riesgo.

Así es que los actuales sistemas de salud están migrando desde una atención de tipo “radar” o reactiva, con el foco puesto en la enfermedad, donde la atención recién ocurre cuando el paciente muestra algún tipo de sintomatología; a una salud activa, enfocada en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas en las etapas pre-sintomáticas, cuando el daño y el costo son menores.

El Ministerio de Salud está al tanto de esta situación y ha elaborado directrices basándose en modelos estratégicos de atención a crónicos para elaborar un plan estratégico que abarque a todos los centros de salud de tipo primario y redefina la manera en que el sistema de salud se hace cargo de la atención a este tipo de pacientes. [5]

### **1.1.2. La importancia de las tecnologías de la información en el abordaje de las enfermedades crónicas.**

En el objetivo de lograr una atención activa al paciente crónico, las tecnologías de información juegan un rol fundamental. Cualquier tipo de enfoque para el cuidado de este tipo de enfermedades se vuelve virtualmente imposible sin sistemas de información que aseguren un acceso rápido y seguro a datos clínicos de importancia, tanto de pacientes individuales, como de poblaciones de pacientes.

Un sistema de información clínico puede mejorar la atención de salud ofrecida a los pacientes individuales de muchas maneras: entregando a los proveedores de salud recomendaciones para la prestación de servicios al paciente, apoyando en la planificación del cuidado entregado al paciente, compartiendo información de pacientes con otros pacientes o proveedores de salud para un cuidado coordinado, permitiendo el monitoreo y seguimiento de la condición de salud del paciente de forma remota y en tiempo real, y ofreciendo una plataforma para la analítica de datos clínicos de pacientes.

Como se verá en el capítulo dedicado al marco conceptual de esta memoria, la gran mayoría de los modelos estratégicos para la atención a crónicos consideran a las tecnologías de la información uno de los pilares fundamentales para lograr una atención efectiva e integral.

## **1.2. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar e implementar una plataforma que permita la creación y posterior instanciación de servicios médicos *u-health* dirigidos a pacientes crónicos. Esta plataforma está basada en el *framework* de provisión continua de servicios *u-health* descrito en el marco conceptual de este informe.

El proyecto implicará las fases de diseño del sistema, en línea con lo propuesto con el *framework*, la implementación en un software de esta arquitectura o sistema y, finalmente, la creación de un prototipo para validar la hipótesis sostenida en el objetivo general: la posibilidad de crear e instanciar este tipo de servicios basándose en el *framework*.

El *framework* está pensado para pacientes con dolencias crónicas, con necesidades de control periódico, pero además con la suficiente independencia y capacidad para apoyar su autocuidado. Cosas que no se cumplen en un paciente sano, que sólo necesita de atención ocasional, ni en uno hospitalizado en régimen cerrado, porque no puede participar de su cuidado.

Lo anterior no implica que no se pretenda, eventualmente, expandir el *framework* a esos dominios, pero esta memoria pondrá foco en los pacientes para los que desde un principio se consideró: crónicos con necesidad de control y monitoreo remoto.

### 1.3. Justificación

Como se mencionó en la sección de Antecedentes, los planes de salud de diversos países han dado cuenta de la necesidad de cambiar el enfoque que históricamente han tenido en la atención médica dirigida a pacientes crónicos, para pasar una atención enfocada en la prevención, en la personalización de servicios y en la anticipación de la condición de los pacientes, logrando de esta forma incrementar la calidad y la cobertura de esta atención. De nuevo, esto es relevante para el caso de las enfermedades crónicas, en las que la atención médica reactiva, una vez que han aparecido los síntomas y las crisis, no parece ser la más apropiada.

En este sentido, el uso de sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas permite mejorar la toma de decisiones de los médicos, reducir los errores en la prescripción de medicamentos y mejorar de forma significativa la calidad del servicio de salud entregado [11,12]. Además, van en la línea de lo planteado mundialmente por organizaciones como la OMS y los sistemas de salud internacionales, permitiendo una atención médica preventiva y enfocada en el paciente.

Sin embargo, estos sistemas tienen variadas limitaciones, entre las que se encuentran las siguientes:

1. No siempre apoyan la toma de decisiones en las etapas de diagnóstico, tratamiento, monitoreo remoto, controles clínicos, alarmas y recomendaciones.
2. Los protocolos clínicos (*clinical pathways*, *workflows*, guías clínicas) no están formalizados por medio de estándares de procesos de negocios (BPM)
3. Carecen de personalización y no son completamente contextuales.
4. No aprovechan los grandes volúmenes de datos que se pueden obtener en el monitoreo por medio de biosensores.
5. No definen indicadores (KPIs) del estado continuo del paciente que permitan predecir riesgo, monitorear adherencia a tratamientos, disparar recomendaciones, etc.
6. No hay reusabilidad de servicios computacionales de salud entre diversas aplicaciones.
7. No hay una “inteligencia” que configure dinámicamente las nuevas aplicaciones.

Así, un sistema de apoyo que se haga cargo de al menos parte de estas limitaciones podría tener un efecto positivo en la calidad de atención al paciente, mediante la disminución del porcentaje de diagnósticos y tratamientos erróneos y a través la implementación de servicios de monitoreo y control de pacientes que permitan la mantención y acceso fácil a la data clínica del paciente.

La idea y motivación principal detrás del proyecto es ofrecer a los centros clínicos y a los *stakeholders* involucrados (médicos, personal clínico, desarrolladores de servicios ligados al área de salud, pacientes, cuidadores, etc.) una metodología que permita el desarrollo e implementación de servicios clínicos personalizables, reutilizables y fácilmente extensibles a otros tipos de patologías crónicas.

Para los centros de salud y el sistema de salud en general el proyecto sería de interés pues se les ofrecería una herramienta capaz ofrecer servicios médicos en todas las

etapas de gestión de pacientes crónicos, dando la facilidad de que los mismos centros puedan modificar y extender estos servicios e incluso de desarrollar sus propios servicios utilizando esta metodología. Al utilizar esta herramienta de gestión de pacientes, los centros de salud podrían mejorar la calidad de la atención ofrecida y disminuir los costos asociados a la atención y control permanente de pacientes crónicos.

En el caso del paciente, la implementación de este proyecto traerá como consecuencia una atención menos invasiva, más rápida y que implique menor esfuerzo, exámenes y traslados.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Mostrar la factibilidad de utilizar el *framework* para la provisión continua de servicios médicos *u-health* para desarrollar aplicaciones dirigidas a apoyar la gestión de pacientes crónicos

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Revisar y analizar críticamente el estado del arte asociado a modelos estratégicos de atención a pacientes crónicos y sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas.
- Modelar los procesos asociados a la de gestión de crónicos en la atención ambulatoria de un hospital en todas sus etapas, a partir de macro-procesos en el dominio hospitalario que representan la cadena de valor de atención de pacientes.
- Diseñar una arquitectura de software en que se implementen las lógicas de negocio del *framework* y los servicios de apoyo propuestos
- Implementar la arquitectura propuesta en un SDK.
- Evaluar validez del sistema y el *framework* subyacente mediante el desarrollo de un prototipo funcional a partir del sistema de apoyo antes definido.

## **1.5. Alcance**

- Mostrar factibilidad técnica de construir aplicaciones de monitoreo y gestión de pacientes crónicos en base a una estructura definida.
- Sólo se considerará la atención ambulatoria de un centro de salud.
- Prototipo funcional del sistema propuesto, que se probará en una única enfermedad, con conocimiento médico y reglas ya definidas y con usuarios que representen a los distintos *stakeholders* que evaluarán la usabilidad.
- Para el diseño de la plataforma sólo se consideran servicios asociados a las etapas de tratamiento, diagnóstico y monitoreo y control.
- La interacción del sistema con otras plataformas tecnológicas que ofrezcan servicios similares o complementarios (servicios de ficha clínica electrónica, por ejemplo) no se abordará dentro de esta memoria.

## 1.6. Resultados esperados

Para cada objetivo específico se define un resultado esperado:

Para el primer objetivo, el resultado esperado es un estudio comparativo entre sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas, en el que se compare sus características según criterios a definir.

Para el segundo objetivo, el resultado esperado es una recopilación de los macro-procesos de gestión hospitalaria relevantes para la entrega de servicios de salud a pacientes crónicos en las etapas consideradas, y la especificación de los procesos para el caso de atención ambulatoria, que integren además la lógica asociada al *framework*. El entregable de esta etapa son los diagramas en IDEF0 y archivos BPMN respectivos.

Para el tercer objetivo, el resultado esperado es un conjunto de artefactos en UML que muestren el diseño de software propuesto para el *framework* y los servicios de apoyo.

Para el cuarto objetivo, el entregable son las librerías desarrolladas a partir del diseño anterior.

Para el último objetivo, el entregable es una evaluación técnica del *framework* planteado y una evaluación de usabilidad del sistema de apoyo planteado en base al *framework*.

## 1.7. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de esta memoria consta de 4 etapas.

Etapa 1: Análisis del estado del arte. Que consiste en la revisión de la literatura asociada a sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas para la gestión de crónicos y trabajos relacionados.

Etapa 2: Diseño de procesos de negocio. En la que se busca “bajar” el *framework* propuesto por Echeverría et al. a procesos de negocios. Esta etapa comprende:

- La descripción de los macro-procesos de gestión hospitalaria necesarios para la entrega de servicios a pacientes crónicos
- El diseño y modelamiento de procesos de negocio genéricos asociados a las etapas de la atención de salud ambulatoria en pacientes crónicos.
- El encapsulamiento de la lógica y funcionalidades definidas en el *framework* como un servicio adicional dentro de la lógica de servicios existentes en la cadena de valor de la atención ambulatoria.

Etapa 3: Diseño de la arquitectura tecnológica. En la que se define una arquitectura de software que implementa las lógicas asociadas al *framework*, modeladas como procesos de negocio en la etapa anterior. Adicionalmente, se definen las componentes que conforman un sistema de apoyo a la gestión de crónicos que funciona en base a la lógica del *framework*.

Etapa 4: Prototipado y evaluación. En la que se construye y evalúa de un prototipo funcional del sistema de apoyo para el caso de la hipertensión arterial. Comprende:

- La construcción del prototipo. en la que se definen los servicios y aplicaciones a desarrollar.

- La evaluación técnica del prototipo. En la que se pretende evaluar, en términos de uso de recursos, la funcionalidad implementada del framework.
- La evaluación de usabilidad del prototipo. En la que se pretende validar los servicios desarrollados ante potenciales usuarios del sistema.

## 2. Marco Conceptual

Este capítulo está dividido en dos partes. Primero, el llamado “Background Teórico”, en el que se describen los conceptos necesarios para comprender el trabajo realizado en esta memoria. Segundo, un “Análisis del Estado del Arte”, que comprende un trabajo de revisión y comparación de sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas para la gestión de crónicos y trabajos relacionados, esto con el fin de concluir qué tipo de limitaciones que tienen estos sistemas, lo que sirve de motivación y justificación para el trabajo a realizar.

### 2.1. Background Teórico

#### 2.1.1. Tecnologías de Información en salud

El continuo avance de las tecnologías de información y comunicaciones ha impulsado el desarrollo de numerosos servicios de salud electrónicos, enfocados a mejorar la calidad de la atención de salud entregada al paciente. Desde servicios diseñados para almacenar datos clínicos de pacientes (conocidos como Electronic Health Record en inglés), pasando por servicios de visualización y análisis de datos clínicos, e incluso, en los últimos años, servicios de apoyo a la toma de decisiones clínicas.

Ante el panorama complejo que enfrentan los sistemas de salud en el futuro cercano, en el que se prevé un aumento sostenido en la prevalencia de enfermedades crónicas en la población, las TIC tienen el potencial de habilitar al paciente para la autogestión de su cuidado, permitiéndole ser protagonista de su propia salud y mantenerse en un estado controlado, disminuyendo la ocurrencia de episodios críticos y la necesidad de hospitalización.

Dentro del dominio de las TIC aplicadas a salud que son de interés para este trabajo se encuentran:

- *E-Health*: Abreviación de *electronic health* y que se refiere a la utilización de las tecnologías de la información y comunicaciones en la atención de salud. En la academia existen numerosas definiciones de este concepto, la más citada corresponde a la de Eysenbach [13], quien define e-health como: “*una disciplina emergente, ubicada en la intersección de la informática médica, la salud pública y los negocios, implementada en servicios de salud e información entregados o potenciados a través de internet y tecnologías derivadas. En un sentido más amplio, este término caracteriza no sólo aspectos técnicos, sino que un estado de ánimo, un modo de pensar, una actitud, y un compromiso por un pensamiento global y conectado, dirigido a mejorar el cuidado médico local, regional y mundial a través de la utilización de las TICs.*”
- *M-Health*: Abreviación de *mobile health* y que se refiere a la utilización de dispositivos de móviles y comunicación inalámbrica como apoyo a la atención médica. Sus



aplicaciones incluyen el uso de este tipo de dispositivos para la captura de bioseñales e información de salud del paciente, el envío de esta información a distintos profesionales involucrados en su cuidado, y en la entrega directa de atención médica al paciente [14].

- *U-health: O ubiquitous health.* Se refiere a la aplicación de los conceptos de la computación ubicua para la entrega de servicios *health care*. En términos prácticos, consiste en la utilización de sensores y dispositivos de monitoreo para obtener información de la situación de salud de un paciente, y en la utilización de esta información para desencadenar, ya sea manualmente, a través de un humano, o bien, automáticamente, medidas de respuesta según el contexto lo requiera. Por ejemplo, en un paciente con enfermedad cardiovascular, un sistema *u-health* podría monitorear su situación de salud en base a las bioseñales capturadas y, en caso de detectar un potencial riesgo de crisis, liberar al torrente sanguíneo del paciente medicamentos para evitarla o suprimirla [15].

### **2.1.2. Computación ubicua y sus aplicaciones en salud**

La computación ubicua (*ubicomp*) corresponde a un paradigma de la computación e ingeniería de software que propone la integración de la computación en el entorno y la vida diaria de las personas, de forma que los computadores interactúen de manera natural y transparente con el usuario. Literalmente significa la presencia “ubicua” de computadores, es decir, que son omnipresentes, están en todos lados y disponibles todo el tiempo, interactuando con humanos en diversos dispositivos y formatos. Una persona que utiliza la computación ubicua lo hará a través de diversos dispositivos, de manera simultánea e, idealmente, sin percibirlos.

Una de las características principales de la computación ubicua es la invisibilidad, que se refiere a la desaparición de los dispositivos *ubicomp* de la conciencia del usuario. Obviamente esto es un ideal que con la tecnología de hoy es imposible de realizar, por lo que en la práctica esta característica se entiende como distraer lo mínimo posible al usuario, proveyéndole funcionalidad de manera inteligente y con una interacción mínima. Así, la invisibilidad no se refiere sólo al aspecto tangible (el *hardware* o dispositivo), sino que, a los aspectos de *software*, en el sentido de que deben incordiar lo menos posible a los usuarios.

Mark Weiser, considerado el padre de la computación ubicua, propuso en 1991 3 propiedades internas (luego ampliadas a 5) que debe cumplir todo sistema ubicuo, estas son [16]:

1. Los computadores deben estar conectados, distribuidos y ser transparentemente accesibles.
2. La interacción humano computador debe ser implícita.
3. Los computadores deben ser conscientes del contexto del ambiente en el que están inmersos.
4. Los computadores deben operar de manera autónoma, sin intervención humana.
5. Los computadores deben poder manejar una multiplicidad de acciones dinámicas e interacciones.

Pese a ser un concepto relativamente nuevo, la computación ubicua ha sido rápidamente integrada y aplicada en el campo de la salud, principalmente en aplicaciones de monitoreo y captura de bioseñales, diseñadas para capturar información de salud del paciente tales como la presión arterial, temperatura, ritmo cardiaco, entre otras, luego utilizar esta información para ofrecer a los equipos médicos visualizaciones, hacer análisis estadísticos, generar alertas o recomendaciones, entre muchos otros fines.

Ejemplos específicos de aplicaciones para la salud de la *ubicomp* son: WiBreathe [17], una aplicación para estimar la frecuencia respiratoria de un paciente utilizando dispositivos inalámbricos; y BiliCam [18], una aplicación para *smartphone* que permite monitorear y detectar ictericia en recién nacidos, utilizando únicamente la cámara del *smartphone*.

### **2.1.3. Context-aware computing**

Tal como se señala en el punto 3 de las propiedades internas de la computación ubicua, uno de los aspectos fundamentales de todo sistema ubicuo es la capacidad de obtener y utilizar información del contexto del usuario.

Pero, ¿qué es el contexto? La definición más citada corresponde a la entregada por Dey et al. [19]: *“Cualquier información que puede ser utilizada para caracterizar la situación de entidades (por ejemplo: una persona, un lugar o un tema) que son consideradas relevantes para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo al usuario y a la aplicación mismas”*

Lo amplio de esta definición permite considerar como contexto desde cosas como la localización de un usuario hasta el grupo social al que el usuario pertenece en un momento dado o incluso el estado de ánimo de éste.

Como el contexto es un concepto muy amplio y que engloba distintas instancias tan disímiles como las mencionadas antes, resulta útil poder clasificarlo. Prekop y Burnett [20] proponen una clasificación basada en dimensiones contextuales. De acuerdo a ellos, el contexto puede clasificarse en dos tipos: externo e interno. El contexto externo se refiere a todo tipo de información que es captada a través de sensores, como pueden ser la luz, la temperatura, el brillo, el sonido, las coordenadas geográficas, etc. El contexto interno en cambio, es todo aquél especificado por el usuario o bien que es capturado a través del monitoreo de las interacciones del usuario. Ejemplos de este tipo de contexto son el estado emocional o las intenciones de una persona.

El contexto a su vez puede ser clasificado de acuerdo a su estado de procesamiento o nivel de abstracción. Se distingue entre contexto de bajo nivel, aquel que se refiere únicamente a datos de sensores y que son entendibles por un computador; y el contexto de alto nivel, aquel que tiene un nivel de abstracción mucho mayor y que debe ser inferido a partir de contexto de bajo nivel. Por ejemplo, una instancia de contexto de bajo nivel podrían ser las coordenadas GPS de una persona; mientras que una de alto nivel podría ser que esta misma persona se encuentra en la sala de reuniones de su lugar de trabajo. No es posible llegar a este segundo tipo de contexto con sólo las coordenadas GPS de esta persona, sino que es necesario un proceso que permita inferir esto a través de reglas simples y utilizando esta información (y tal vez otras instancias más de contexto de bajo nivel)

A la capacidad de los computadores de percibir y reaccionar automáticamente frente a cambios en el contexto de un usuario es lo que se le llama *context-awareness*. Un sistema es *context-aware* cuando es capaz de percibir cambios en el contexto de un usuario y reaccionar de manera automática, sin la intervención de éste, de acuerdo a este contexto. Este término lo introdujo Schlit en 1994 [21], definiéndolo como: "*La habilidad de una aplicación móvil para descubrir y reaccionar a cambios en el ambiente el que están inmersas.*"

En el campo de la salud, todas las aplicaciones que monitorean o recaban información de forma activa del paciente y procesan esta información para inferir conocimiento sobre éste, son *context-aware*. Por ejemplo, en el *paper* dónde se presenta el *framework* se recaba información de distintos sensores (ritmo cardiaco, frecuencia respiratoria, etc.) para inferir el nivel de riesgo de crisis respiratoria del paciente, esto lo hace una aplicación *context-aware*.

#### **2.1.4. Web Semántica**

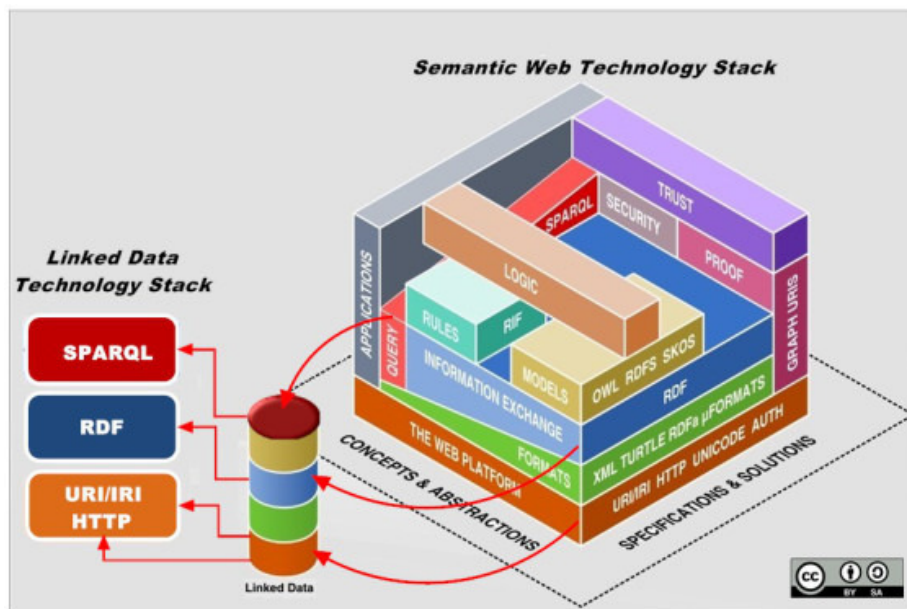
La web semántica es una extensión de la web original, esta extensión incorpora semántica, es decir, información sobre el significado de los recursos que se encuentran en la web. La web semántica es además una visión a futuro de la web, en la que sus páginas estarán estructuradas y organizadas de manera tal que los computadores serán capaces de realizar inferencias y razonar a partir de sus contenidos [22].

Tim Berners Lee, creador de la web y del concepto "web semántica", lo define como: "*la extensión de la actual web. En ésta, la información tiene un significado bien definido, permitiendo a los computadores y a las personas trabajar juntos.*" [23]

El W3C (WWW Consortium), organización encargada de definir los estándares sobre los que opera la Web, define la Web Semántica como: "*La Web Semántica provee un framework común que permite compartir y reutilizar datos a través de las fronteras de las aplicaciones, empresas y comunidades.*" [24]

El W3C ha definido un conjunto de tecnologías que permiten concretar el paradigma o la visión de la web semántica, conocido como "*Semantic Web Technologies Stack*". Esta estructura ilustra además la arquitectura de capas en la que está basada la Web Semántica. La **Ilustración 4** muestra esta estructura.

En el fondo de este *stack* se encuentran el conjunto de estándares y protocolos que definen a la Web: URI/IRI como especificación para representar recursos web, el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP, el estándar UNICODE para la codificación y representación de texto y AUTH. En la siguiente capa se tienen formatos para la representación de conocimiento, estos formatos tienen que ver sólo con sintaxis y estructura del conocimiento, entre estos encontramos: XML, TURTLE, RDFa y otros formatos.



**Ilustración 4:** Semantic Web Technologies Stack.  
**Fuente:** The semantic web – not a piece of cake [34]

La capa superior es la de intercambio de información, para esto se utiliza RDF, que permite representar *statements* en la forma de triples (Sujeto-Propiedad-Objeto). Permite representar información sobre distintos recursos en forma de grafo, lo que facilita el intercambio de este conocimiento entre distintas entidades.

En la capa inmediatamente superior encontramos a los modelos o vocabularios de extensión de RDF. RDFS (RDF Schema), que define vocabulario básico para RDF. Esto permite crear jerarquías de clases y propiedades en RDF, con RDFS es posible también inferir conocimiento que no está explícito en el grafo RDF, utilizando reglas simples de inferencia.

También está OWL (Web Ontology Language), vocabulario que extiende aún más RDF, permitiendo añadir restricciones de cardinalidad, valores, etc.

Adyacente a esta capa está la capa de consulta, representada por el lenguaje de consulta SPARQL. SPARQL permite realizar consultas a cualquier tipo de dato representado en RDF.

La capa de reglas incluye a RIF (Rule Interchange Format) el que, como su nombre lo señala, define un formato estándar para el intercambio de reglas entre los distintos sistemas de reglas existentes en la Web Semántica.

A continuación, se detallarán algunos de los conceptos definidos en esta sección.

#### 2.1.4.1. Ontologías

Las ontologías son construcciones que definen los conceptos y relaciones utilizados para representar el conocimiento humano sobre un área específica. Su uso facilita la integración de datos en casos de ambigüedades o de encontrar nuevas relaciones entre conceptos. En el ámbito médico permiten la creación de aplicaciones inteligentes que

utilizan conocimiento médico formalizado para proveer servicios a los pacientes y actores involucrados en el cuidado de éste, como es el caso del *framework* trabajado en esta memoria.

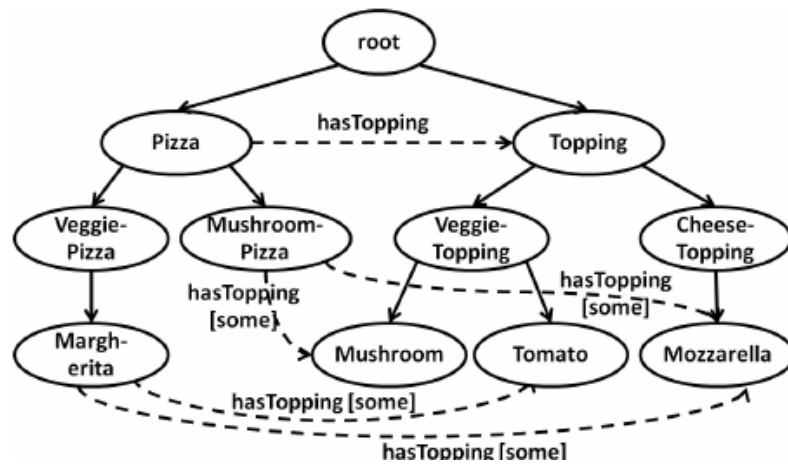
En el ámbito de la Web Semántica, una ontología está compuesta por cuatro tipos de elementos:

- Clases: Representan conceptos de un dominio específico. Por ejemplo: En el dominio del Cine, “Película”, “Director” o “Estudio de Producción”, podrían ser clases de este dominio.
- Relaciones: Representan asociaciones entre los distintos conceptos del dominio. En el ejemplo del dominio del Cine, toda película debe tener un Director, por lo que podría tenerse la relación “esDirectorde” entre un Director y una Película.
- Instancias: Similar al caso de orientación a objetos, una instancia es un elemento, un objeto que pertenece a una determinada clase. Por ejemplo: “Stanley Kubrick” sería una instancia de Director y “La naranja mecánica” una instancia de película.
- Atributos: Un concepto puede tener atributos cuyos valores son literales. Por ejemplo, la clase “Película” podría tener un atributo llamado “Año de estreno”, en el caso de la instancia “La naranja mecánica” este atributo tomaría el valor “1962”.

En el dominio de la informática médica existen diversas iniciativas dedicadas a la formalización de conocimiento médico en ontologías. Desde proyectos ambiciosos y de tamaño gigantesco como OPENGALLEN [35], en el que se propone una ontología de alto nivel para formalizar el conocimiento médico en su totalidad, comprendiendo información que va desde la definición de las estructuras celulares más simples, hasta los distintos tratamientos que un paciente con cardiopatía congénita puede recibir, por ejemplo; hasta proyectos más focalizados, y con énfasis en la formalización del conocimiento en un ámbito acotado de la medicina, como lo es el de Gamberger et al. [36], quienes proponen una ontología (HF Ontology) para el dominio específico de la insuficiencia cardíaca.

Es común que las ontologías se representen como grafos dirigidos, en los que los nodos representan los conceptos pertenecientes al dominio de la ontología, y los arcos representan las relaciones entre dos conceptos o un concepto y algún atributo. En la **Ilustración 5** se muestra el ejemplo de una ontología representada como grafo.

Para la construcción y consulta de estas ontologías, existen diversas tecnologías enmarcadas en el campo de la Web Semántica y que son abordadas en mayor detalle en las secciones que vienen a continuación.



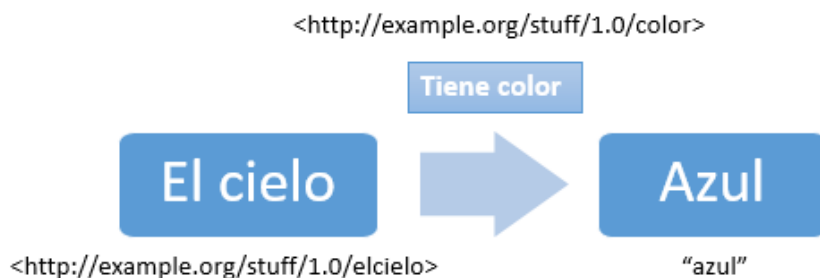
**Ilustración 5:** Ejemplo de representación gráfica de una ontología  
**Fuente:** Efficient Regression Testing of Ontology-Driven Systems

#### 2.1.4.2. RDF

*Resource Description Framework* (RDF) es el modelo estándar para la representación y codificación de conocimiento en la Web. RDF extiende la estructura de hipervínculos de la Web, usando el estándar URI para nombrar tanto a los recursos web como a sus relaciones. Esta estructura de enlaces forma un grafo dirigido, en donde un arco representa la relación entre dos recursos, los que son a su vez nodos del grafo.

De manera similar a un modelo entidad-relación, las relaciones entre recursos se escriben como declaraciones, en la forma de expresiones sujeto-predicado-objeto conocidas como triples. En esta representación el sujeto denota al recurso, el predicado expresa una relación entre el recurso y el objeto, y el objeto puede ser tanto un recurso web como un literal relacionado a través del predicado con el sujeto.

Por ejemplo, para representar el hecho “El cielo es azul” en RDF, se debe escribir como un triple, en el que “el cielo” sería el sujeto; el predicado correspondería a la propiedad “tiene color”; mientras que el objeto sería “azul”.



**Ilustración 6:** Ejemplo de triple en RDF utilizando notación Turtle.  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 2.1.4.3. SPARQL

SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) es un lenguaje de consulta de grafos RDF. SPARQL define también una capa de protocolo, que permite realizar

consultas utilizando el protocolo HTTP, y una especificación XML para el formato de salida de las consultas.

Su sintaxis es similar a SQL, utilizando los bloques SELECT, WHERE y FROM para realizar consultas de lectura. En el bloque SELECT se declaran las variables a recuperar en la salida, mientras que en el bloque FROM se declaran la o los grafos a recorrer, en el bloque WHERE se declaran los triples a buscar en el grafo RDF.

También provee operaciones típicas en SQL como JOIN, AGGREGATE, SORT, LIMIT, entre varias otras.

```
SELECT ?p, ?o
WHERE { <subject> ?p ?o. }
```

**Ilustración 7:** Sintaxis básica de consulta SELECT en SPARQL

**Fuente:** Knowledge Engineering with Semantic Web Technologies Lecture 3: Semantic Web Technologies - Part 2, Sack H. [42]

#### 2.1.4.4. RDFS y OWL

RDFS (RDF Schema) y OWL (Web Ontology Language) corresponden a vocabularios contruidos a partir de la especificación RDF y que proveen los elementos básicos para la descripción de ontologías.

RDFS es una extensión semántica del vocabulario básico de RDF, define un sistema de clases y propiedades que permite representar grupos de recursos relacionados (clases) y las relaciones entre estos recursos (propiedades). Así, utilizando RDFS, puede escribirse que un recurso web dado pertenece a una clase o grupo de recursos similares, o que un recurso web representa un predicado o relación entre dos tipos o clases de recursos.

OWL por otra parte, añade más vocabulario para la descripción de propiedades y clases: entre otras, relaciones entre clases, cardinalidad, igualdad, mayor cantidad de tipos de propiedades y características de propiedades. Así, ofrece mayores facilidades para expresar significado y semántica que XML, RDF y RDFS por si solos. Se utiliza sobre todo para representar información que debe ser procesada o utilizada por aplicaciones, las que generalmente requieren de semántica más rica que la ofrecida por RDFS.

#### 2.1.5. Arquitectura orientada a servicios

La Arquitectura orientada a servicios (en inglés: SOA) corresponde a una arquitectura de sistemas distribuidos que está compuesta por múltiples servicios débilmente acoplados, es decir, en la que los servicios disponen de una mínima información del resto de componentes.

En SOA, un sistema está definido por los proveedores y usuarios de servicios, quienes interactúan entre sí para descubrir, publicar, solicitar y ejecutar servicios. Tanto los solicitantes como los proveedores de servicios son representados por agentes, programas que actúan en la representación de cada uno para solicitar o implementar un servicio web, respectivamente.

Un concepto fundamental en SOA es el de servicio. En SOA, un servicio no es más que un programa o componente de *software* que cumple con las siguientes características [56]:

- Es autocontenido. Es altamente modular y puede ser desplegado independientemente de la plataforma que lo solicita.
- Es un componente distribuido. Está disponible en la web y se puede acceder a éste a través de un nombre o localizador (una URI, por ejemplo)
- Tiene una interfaz pública. Los usuarios del servicio sólo deben interactuar con la interfaz, sin preocuparse de los detalles de la implementación del servicio.
- Pone énfasis en la interoperabilidad. Los usuarios y proveedores pueden usar distintos lenguajes y/o plataformas.
- Es descubrible. Existe un directorio de servicios que permite el registro de éstos, de manera que los usuarios puedan buscar servicios.
- Permite *dynamic binding*. El usuario no necesita tener una implementación del servicio disponible en tiempo de compilación; sino que el servicio es localizado y enlazado en tiempo de ejecución.

Un servicio, entonces, encapsula una funcionalidad, permite su acceso a través de la web y su uso coordinado con otros servicios para crear servicios más complejos.

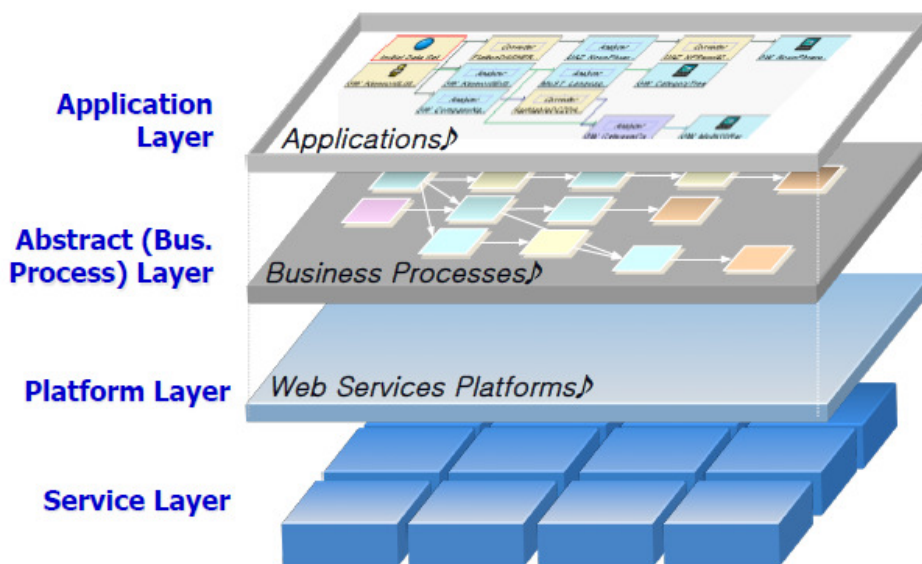
La coordinación o composición de servicios web puede ser explicada utilizando un enfoque por capas (**Ilustración 8**). En la capa superior (**capa de aplicaciones**) están las distintas aplicaciones que prestan algún servicio e interactúan con el usuario final. Las funcionalidades de una aplicación pueden ser descritas a través de uno o varios procesos de negocio (denominados también **procesos abstractos**), estos procesos se encuentran en la capa inmediatamente inferior (**capa abstracta**) y describen los requerimientos de funcionalidad y las relaciones entre los servicios necesarios para la provisión de dicha funcionalidad. Al instanciar un proceso se debe escoger un servicio web específico para cada tarea del mismo, a esto se le llama *service binding* y puede hacerse de manera estática (*static binding*), es decir, los servicios son escogidos en tiempo de compilación o desarrollo; o de manera dinámica (*dynamic binding*), es decir, el servicio se escoge una vez instanciado el proceso, en tiempo de ejecución. En ambos casos los servicios web son buscados en distintos directorios o registros de servicios, los que permiten encontrar y acceder a distintos servicios web, y que configuran la denominada **capa de plataforma**. La última capa, la **capa de servicios**, la componen los distintos servicios disponibles a través de internet.

La coordinación de servicios no se reduce únicamente a la tarea de encontrar y seleccionar servicios web apropiados para la funcionalidad requerida, es necesario también modelar y controlar las interacciones que deben ocurrir entre cada uno de estos servicios. Al respecto, existen dos enfoques para la coordinación entre servicios.

La primera es la que se denomina **orquestración**. En este caso, existe un control centralizado de la interacción entre servicios web, esto es, existe una entidad coordinadora que se encarga de controlar el flujo del proceso y de invocar secuencialmente a los servicios. Esto permite crear procesos de negocio ejecutables, capaces de interactuar con servicios web tanto internos como externos. El estándar más conocido y que implementa este enfoque es BPEL.



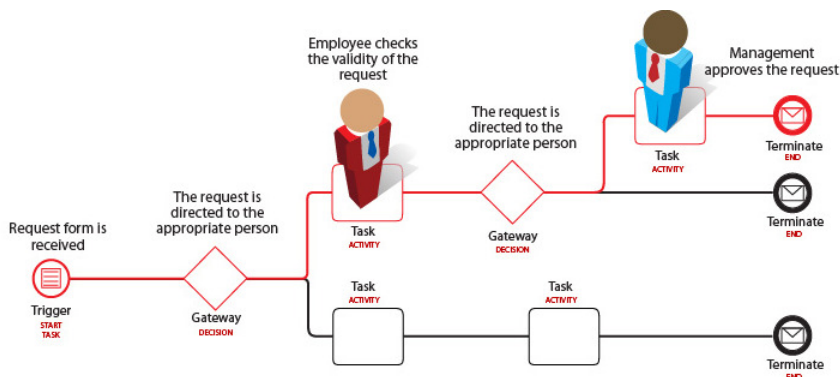
La segunda es la que se conoce como **coreografía**. Aquí no hay un control centralizado del flujo del proceso, sino que el control es colaborativo, es decir, los servicios web participantes se coordinan a través del intercambio de mensajes entre los agentes que los representan.



**Ilustración 8:** Modelo de capas para la composición de servicios web  
**Fuente:** Ubiquitous computing: vision, key enablers and technical challenges [26]

### 2.1.6. Procesos de negocio y *Business Process Management* (BPM)

Un proceso de negocio es un conjunto estructurado, medible, de actividades diseñadas para producir un producto especificado, para un cliente o mercado específico [51]. Cada una de estas actividades recibirá uno o varios recursos, necesarios para producir un resultado que otorgue valor al producto, al cliente o a la organización. En la **Ilustración 9** se muestra un ejemplo de proceso de negocio.



**Ilustración 9:** Ejemplo de un proceso de negocio  
**Fuente:** What is a BPM? [51]

Mientras que BPM es una metodología de gestión, enfocada en optimizar el desempeño de una organización a través de la gestión y optimización de sus procesos de negocio. BPM tiene un énfasis marcado en la mejora continua de los procesos, similar a otras

metodologías como Calidad Total (TQM). La metodología BPM involucra los pasos de identificación, diseño, ejecución, documentación, medición, monitoreo y control de procesos de negocio.

Al *software* que implementa esta metodología, y que permite a las empresas modelar, implementar y gestionar procesos de negocio, se le denomina Business Process Management System o Business Process Management Suite (BPMS). Un BPMS es simplemente un *software* que facilita el modelamiento de procesos de negocio y ofrece un entorno para su ejecución y posterior monitoreo. Un BPMS tiene tres componentes principales:

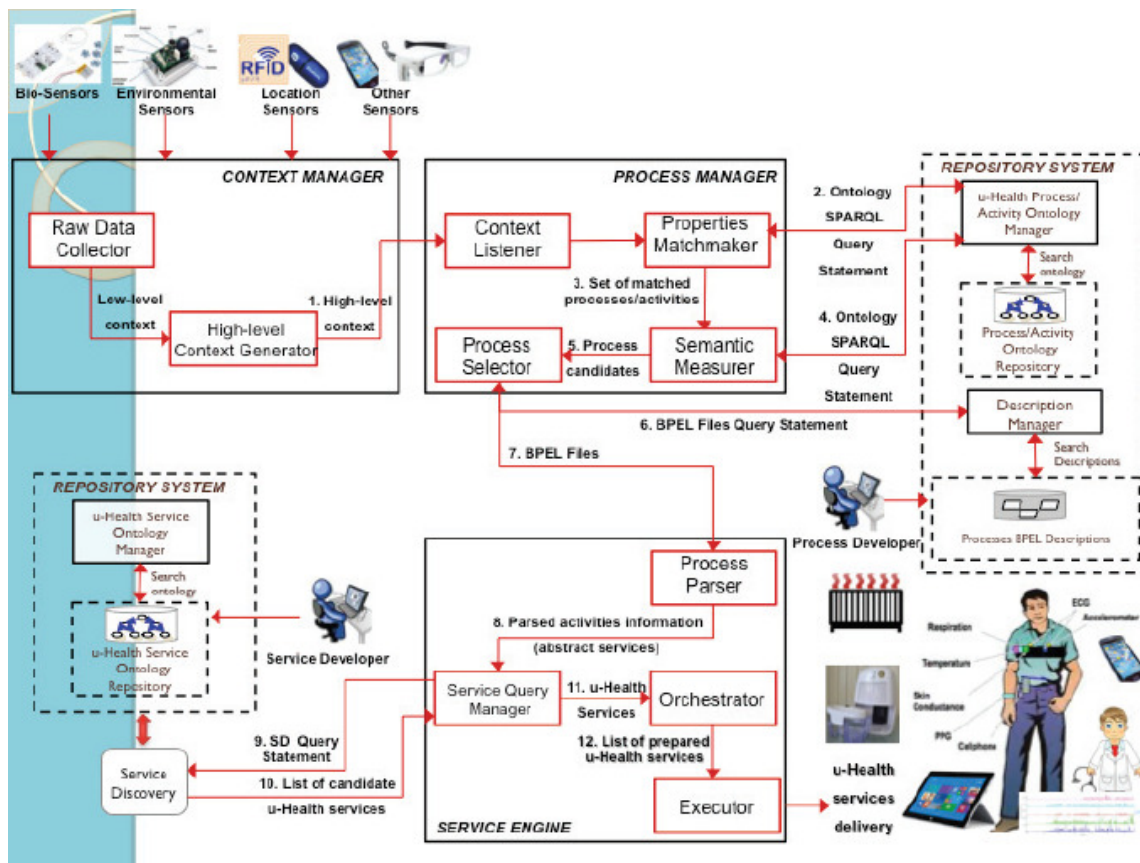
- BPMN (Business Process Management Notation): Un estándar para el modelamiento gráfico de procesos de negocio, los que se expresan en un tipo especial de diagramas de flujo. BPMN apoya la metodología BPM proveyendo una notación intuitiva y fácil de entender para los usuarios no técnicos.
- BPEL (Business Process Execution Language): BPEL es un lenguaje basado en XML para la descripción de procesos de negocio, en los que la mayoría de las tareas representan interacciones entre el proceso y servicios web. Está ligado a BPMN, en el hecho de que muchos BPMS ofrecen la funcionalidad de generar código BPEL de forma automática a partir de diagramas BPMN.
- BAM (Business Activity Monitoring): La componente encargada de monitorear los procesos de negocio ejecutados. Ofrece herramientas para el control, análisis y presentación en tiempo real de información sobre los procesos y actividades que se están llevando a cabo en la organización.

### **2.1.7. Framework de provisión continua de servicios médicos a pacientes**

En 2015, Jiménez, Ríos y Echeverría propusieron un *framework* [1], una arquitectura para la entrega ubicua de servicios de salud (servicios *u-health*) enfocados a pacientes con enfermedades crónicas.

Este *framework* está centrado en el paciente, es decir, los servicios *u-health* son entregados desde la mirada de los pacientes, en vez de una mirada sistémica. Esto se logra representando las necesidades de los pacientes en procesos de negocios, definiendo un mecanismo para mapear estos procesos a servicios de salud.

El *framework* cuenta de varios módulos. El primero de ellos, el *context manager*, se encarga de obtener la información contextual a partir de sensores que están constantemente enviando información sobre el paciente. Esta información es capturada por el *context manager* y procesada para llevarla a contexto de bajo nivel (Datos de señales. Ej: Ritmo cardiaco en el tiempo t, Posición GPS del paciente, etc.) y luego a contexto de alto nivel (Ej: El paciente tiene taquicardia, con alto riesgo de un ataque cardíaco y está conduciendo su automóvil)



**Ilustración 10:** Esquema del framework para la provisión continua de servicios u-health.  
**Fuente:** A semantic framework for continuous u-health services provisioning [1]

Luego está el *process manager*, encargado de seleccionar los procesos de negocio adecuados en base a la información de contexto que recibe del *context manager*. Para hacer esto consulta y pide al repositorio de procesos (modelado como una ontología) aquellos que mejor se ajusten a la situación de contexto en que la está el paciente (Ej: Se selecciona un proceso de alerta a distintas personas del riesgo inminente de ataque cardíaco del paciente)

Una vez seleccionado el proceso, se le entrega al *service engine*, el cual divide este proceso en una serie de actividades o tareas. Para cada actividad se consulta a un repositorio de servicios por el servicio más adecuado para cada una de estas actividades (Ej: Para la actividad, mandar mensaje de texto a un listado de personas cercanas al paciente, se selecciona un servicio que lleve a cabo esta tarea)

Una vez se hace esto con todas las actividades, se el *service engine* se encarga de “orquestrarlas”, es decir, de instanciarlas en el orden adecuado, con lo cual se provee de un servicio *u-health* al paciente (Ej: Paciente con riesgo inminente de ataque cardiaco en automóvil, el *smartphone* detecta esto a través de distintos sensores y envía un mensaje de alerta al *smartphone* del paciente, indicándole la situación y sugiriéndole detener el vehículo. Envía además un mensaje de texto al médico del paciente, informándole la situación, para que tome las medidas del caso)

El *framework* se muestra en la **Ilustración 10**.

### **2.1.8. Modelos estratégicos de atención de pacientes crónicos**

Corresponden a distintos modelos diseñados para ayudar a las organizaciones de salud a mejorar la calidad del cuidado y atención entregados a pacientes con enfermedades crónicas.

Surgen como respuesta de parte de los sistemas y servicios de salud de todo el mundo para enfrentar y hacerse cargo del problema que conlleva el aumento en la prevalencia de enfermedades crónicas en países desarrollados y la incapacidad actual de los sistemas de salud para hacer frente a este fenómeno.

Estos modelos son estratégicos porque proponen lineamientos y direcciones de cambio a niveles micro (familia y pacientes), meso (organizaciones de salud y comunidades) y macro (políticas públicas) Están basados en la experiencia y en las innovaciones actuales en el ámbito de la gestión de pacientes y proponen de qué forma todos los *stakeholders* involucrados en el cuidado de un paciente crónico (paciente, familia, comunidades, personal médico, directivos de hospitales, organizaciones de salud, entre otros) deben aportar para mejorar la calidad del cuidado entregado.

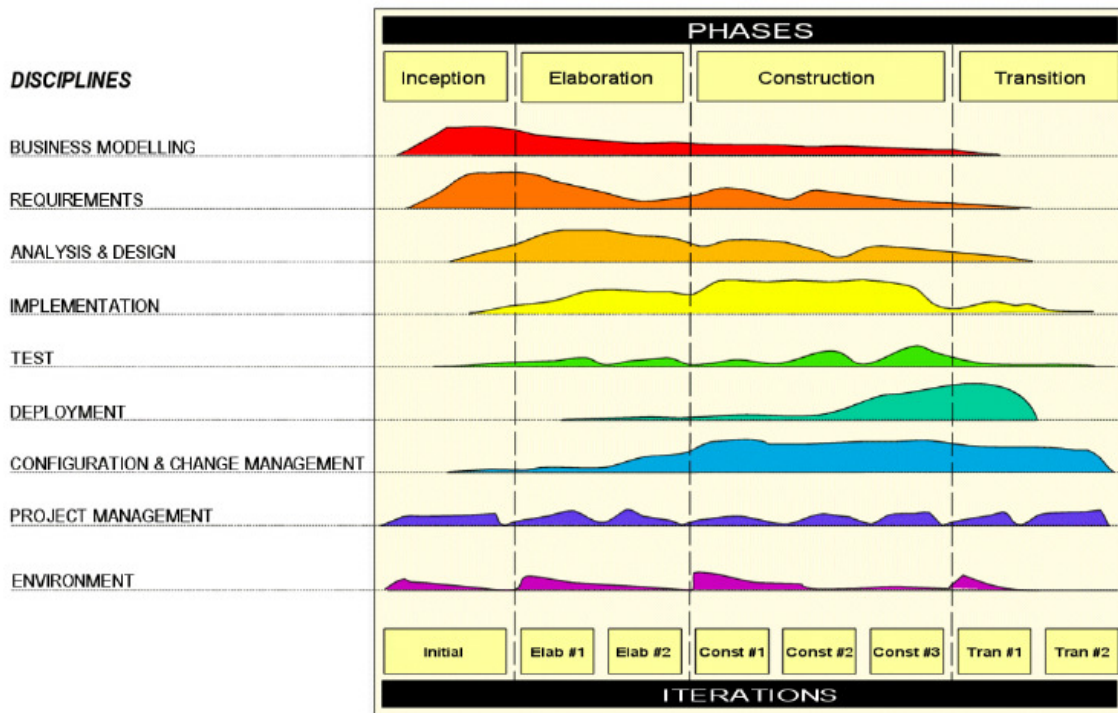
Ejemplos de este tipo de modelos son The Chronic Care Model [55], modelo propuesto por Ed Wagner, en el que se identifican los 6 elementos esenciales de un sistema de salud con atención a crónicos de alta calidad, estos son: La comunidad, el sistema de salud, el apoyo al autocuidado, el diseño de sistemas de entrega del cuidado y sistemas de información y apoyo a la toma de decisiones. La combinación de estos elementos, según Wagner, producirán interacciones productivas entre el paciente y los proveedores de cuidado médico. [55]

### **2.1.9. Metodología RUP**

El Rational Unified Process (RUP) es una metodología de desarrollo de *software* creada por la empresa Rational Software. RUP establece un proceso estándar y adaptable al contexto y necesidades de la organización, permitiendo el desarrollo de *software* de alta calidad que satisfaga las necesidades de los usuarios. RUP es iterativo e incremental, los procesos son descompuestos en iteraciones controladas, mini-proyectos.

Esta metodología divide el ciclo de desarrollo en 4 fases, definidas en función de los productos y los objetivos a lograr. Estas fases son: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Cada fase concluye con un hito, momento en el que se tomarán decisiones críticas y se deben conseguir los objetivos. Cada fase está dividida en una o más iteraciones que permite la subdivisión del proyecto en subconjuntos más pequeños.

Sumado a lo anterior, existen 9 procesos que son transversales a las fases de RUP, 6 procesos de ingeniería y 3 de soporte. Estos procesos representan la agrupación de trabajadores y actividades para cada una de las etapas del desarrollo.



**Ilustración 11:** Esquema metodología RUP.  
**Fuente:** Best practices for software development teams [33]

La **Ilustración 11** muestra, para cada fase de desarrollo del *software*, la intensidad o carga de trabajo de los distintos procesos. En el eje horizontal se puede ver también las iteraciones en cada fase.

#### 2.1.9.1. Fases de RUP

**Inicio:** Se establece el caso de negocio y se delimitan los objetivos y el alcance del proyecto. Para lograr lo anterior se debe identificar a todas las entidades con las que el sistema interactuará y definir la naturaleza de esta interacción a través de casos de uso. Los entregables de esta etapa son:

- Visión general de los requerimientos, atributos y restricciones más importantes del proyecto.
- Casos de uso más importantes.
- Análisis inicial de riesgos
- Planificación del proyecto, con sus fases e iteraciones.
- Uno o varios prototipos.

**Elaboración:** El propósito de esta fase es analizar el dominio del problema, elaborar una arquitectura de software y eliminar los riesgos más importantes. Para lograr esto es necesario tener una mirada amplia y profunda del sistema. Los entregables de esta etapa son:

- Al menos el 80% de los casos de uso del sistema.
- Requisitos no funcionales que no están asociados a ningún caso de uso.
- Una descripción de la arquitectura de *software*

- Prototipo de la arquitectura ejecutable.
- Lista de riesgos.

Construcción: En esta fase se desarrollan e integran al producto todas las componentes de la aplicación y se prueban de manera exhaustiva cada uno de los atributos. Esta fase produce el primer entregable cuya funcionalidad puede ser probada por un externo. Como mínimo consiste de:

- El producto de *software* integrado en las plataformas correspondientes.
- Manuales de usuario.
- Descripción de la versión actual del *software*.

Transición: En esta fase ocurren las actividades requeridas para la transferencia del *software* a los usuarios finales. Generalmente esta fase incluye varias iteraciones nuevas del *software* con el fin de solventar errores y mejorar aspectos no funcionales. El *software* debe estar lo suficientemente maduro para centrar que el *feedback* del usuario final esté centrado en aspectos como la instalación, configuración, personalización y usabilidad del *software*.

### **2.1.10. Patrones de procesos para la gestión hospitalaria**

Los patrones de procesos son especies de modelos de referencia que señalan cómo debería ser la estructura y funcionamiento de toda una clase de procesos que caen bajo el dominio en cuestión. Por ejemplo, se podría establecer un patrón de proceso para el dominio de desarrollo de nuevos productos o servicios; esto significa que se generó un modelo general de proceso que puede servir como referencia para diseñar un proceso específico para un caso particular dentro del dominio [25]. La idea es que en la mayoría de las organizaciones existen procesos con una estructura o arquitectura común, que, si bien en la práctica varía de acuerdo a los distintos contextos en los que operen estos procesos, tienen una esencia similar.

En el ámbito de la gestión hospitalaria, el profesor Oscar Barros, uno de los principales investigadores en el campo de los patrones de procesos, en su libro "*Business and Service Design with applications for Health Care institutions*" [26] propone una arquitectura general de procesos para la entrega de servicios en instituciones de salud, definiendo, de manera genérica, patrones de procesos a nivel macro para todas las actividades que involucran entrega de servicios a pacientes en una institución de este tipo tales como servicios de urgencia, ambulatorios, de entrega de medicamentos, etc.

## **2.2. Análisis del estado del arte**

### **2.2.1. Sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas (Clinical decision support systems o CDSS)**

Corresponden a *software* diseñado para asistir a los profesionales de la salud en las etapas de la atención a pacientes, principalmente en las tareas que involucran algún tipo de toma de decisión [7]. Su objetivo es entregar el conocimiento exacto en una forma correcta a la persona indicada [8]. Son útiles para dar apoyo a los equipos médicos en los procesos de diagnóstico, de selección y planificación de tratamiento, de emisión de

alertas y recordatorios, de monitoreo remoto de pacientes riesgosos, y de almacenamiento y recuperación de la información clínica de estos pacientes

Los CDSS pueden diferenciarse de acuerdo al momento en que proveen soporte (antes, durante o después de que la decisión clínica se toma); en si el soporte que se entrega se hace de manera activa o pasiva, es decir, si el CDSS provee recomendaciones o alerta de forma automática y sin la necesidad de intervención de un tercero, o si sólo responde a las peticiones que le hace el usuario; muchos CDSS funcionan de manera aislada con respecto a los otros sistemas informáticos de salud que se utilizan en un centro médico, mientras que otros se integran efectivamente con estos sistemas. [27]

De acuerdo a [27] los CDSS se pueden clasificar en dos grandes grupos: CDSS *knowledge-based* y CDSS non *knowledge-based*.

En primer lugar, se encuentran los sistemas *knowledge-based*. Este tipo de sistemas se caracteriza por utilizar una base de conocimiento, que reúne conocimiento médico formalizado en algún tipo de estructura, como puede ser una ontología. La mayoría de este conocimiento está representado en forma de reglas lógicas del tipo IF-THEN [27], un ejemplo de estas reglas podría ser: “*si el paciente presenta dos exámenes de glicemia seguidos con un nivel mayor a 126 mg/dl, entonces se le diagnostica Diabetes Tipo II*”. Sobre esta base de conocimiento opera un motor de inferencias, que contiene las fórmulas para combinar las reglas de la base de conocimiento con los datos del paciente. Finalmente, existe un mecanismo de comunicación que se encarga de obtener y procesar los datos de entrada el sistema y de desplegar la respuesta del sistema al tomador de decisión.

En segundo lugar, están los sistemas non *knowledge-based*, este tipo de sistemas no utiliza una base de conocimiento, sino que implementan algoritmos de machine learning, lo que les permite aprender de experiencias pasadas y/o reconocer patrones en los datos clínicos. Dado que funcionan a partir de algoritmos de machine learning, este tipo de sistemas funciona como un sistema “caja negra”, es decir, no pueden sustentar con evidencia sus recomendaciones, por lo que son utilizados con mayor frecuencia en etapas posteriores a la toma de decisiones, generalmente para ayudar al médico a encontrar patrones sobre datos clínicos.

En el caso del *framework* para la provisión continua de servicios médicos *u-health*, el enfoque utilizado es de tipo *knowledge-based*, dado que el diseño de la entrega de servicios está apoyado en la utilización de ontologías y procedimientos que reúnen el conocimiento médico de una patología y el contexto social y ambiental del paciente, y en base a esto se generan reglas para decidir el tipo de apoyo o acciones a tomar.

Para el análisis del trabajo relacionado, se seleccionaron 6 *papers* en los que se propone e implementa un CDSS, cada *paper* se resumirá brevemente y se analizarán según los criterios señalados a continuación. Finalmente se discutirán las principales conclusiones de este trabajo de análisis.

### **2.2.2. Sistemas a evaluar**

1. Smart CDSS for Smart Homes, 2012 [28]
2. Multifactorial intervention in diabetes care using real-time monitoring and tailored feedback in type 2 diabetes, 2015 [29]

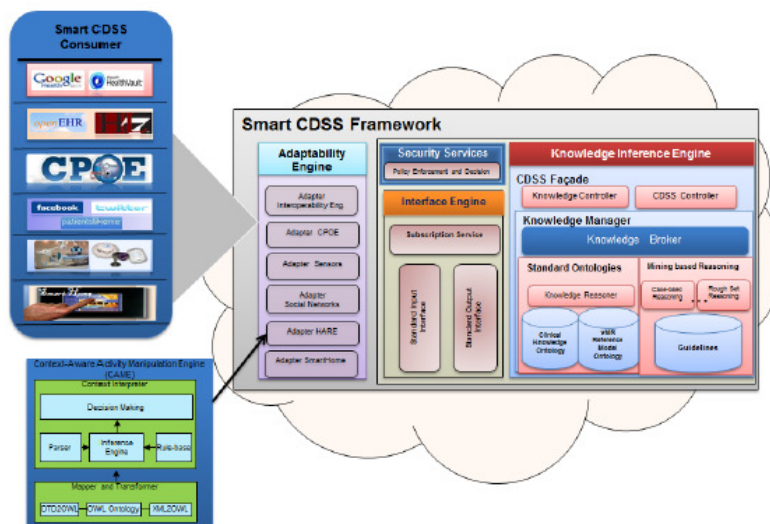


3. Design of Clinical Support Systems Using Integrated Genetic Algorithm and Support Vector Machine, 2009 [30]
4. CONFlexFlow: Integrating Flexible *clinical pathways* into clinical decision support systems using context and rules, 2012 [7]
5. An Ontology-Based System for Context-Aware and Configurable Services to Support Home-Based Continuous Care, 2011 [31]
6. An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients, 2012 [32]

### 2.2.2.1. Smart CDSS for Smart Homes

Este es un *paper* que propone una plataforma CDSS para aplicaciones del tipo *Smart Home*, es decir, aplicaciones que monitorean y ofrecen soporte al paciente en su casa. El problema u oportunidad que encontraron los autores es que típicamente las aplicaciones de este tipo ofrecen *guidelines* médicos o recordatorios sobre su medicación o actividades diarias, pero sin inteligencia, es decir, sin utilizar la información de contexto del paciente para efectuar la recomendación indicada en el momento y espacio adecuado, sino que en base a actividades diarias definidas con anterioridad.

Los autores proponen un *framework* para proveer de *guidelines* y recordatorios de forma activa, es decir, en base a la información recabada desde el monitoreo constante de los signos vitales del paciente, así como información ambiental adicional.



**Ilustración 12:** Framework Smart CDSS.  
**Fuente:** Smart CDSS for smart homes. [28]

El sistema funciona con una arquitectura de 4 capas: Una capa de hardware, en la que funcionan diversos sensores que interactúan con aplicaciones para proveerles información sobre las actividades del paciente.

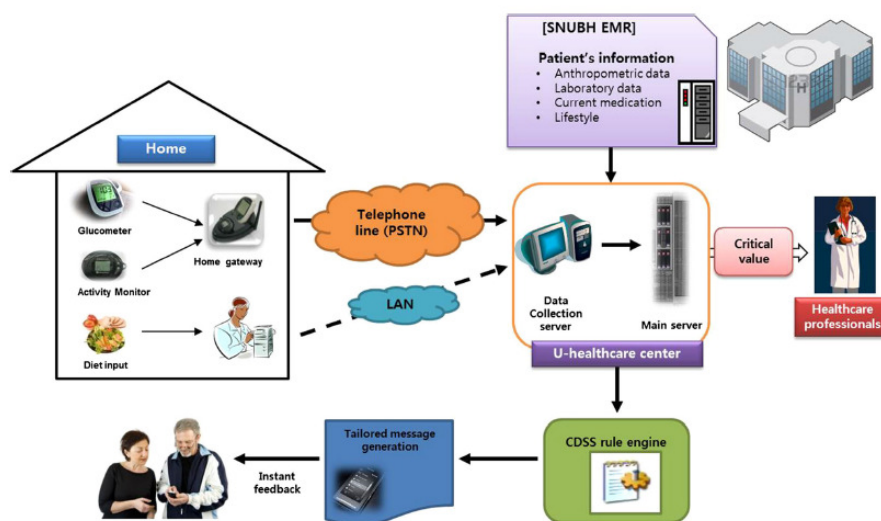
Luego, una capa de comunicación, que soporta servicios de redes como Wi-Fi, ZigBee o Bluetooth. Una capa de decisión autónoma, que incorpora servicios mínimos de decisión y coordina la estructura de datos para la capa de servicios. Finalmente, en la capa de servicios, residen servicios que están directamente disponibles para el paciente.



La **Ilustración 12** muestra un esquema resumen del *framework* propuesto. Existen tres sistemas de importancia. El primero, el Motor de Inferencia de Conocimiento, que incluye una base conocimiento de ontologías diseñadas con los estándares HL7 Arden Syntax (para el conocimiento médico) y HL7 vMR (para los registros médicos). El motor de interfaz, que define interfaces de entrada y salida estándar para asegurar la integración continua de las distintas aplicaciones a Smart CDSS. Un motor de adaptabilidad permite transformar el input de las aplicaciones a uno estándar para el sistema, y el output del sistema al formato específico requerido por la aplicación.

### 2.2.2.2. Multifactorial intervention in diabetes care using real-time monitoring and tailored feedback in type 2 diabetes

En este *paper* se describe un CDSS knowledge-based diseñado para el monitoreo y autocontrol de pacientes con diabetes tipo 2. En particular, el *paper* se enfoca en el monitoreo activo del nivel glicemia en la sangre, con el objetivo de evitar crisis de hipoglucemia, las que son potencialmente fatales en pacientes diabéticos. El sistema además incorpora un servicio de monitoreo de actividad física del paciente y uno de retroalimentación de dieta. En los dos primeros casos, el monitoreo consiste en la recolección de datos y el posterior envío de mensajes personalizados al paciente, en los que se le da *feedback* sobre su situación ya sea, en nivel de glicemia o del nivel de actividad física realizada. En el último caso, del monitoreo de dieta, la recolección de datos (alimentos ingeridos) se hace a través de un formulario web y el *feedback* se entrega por este mismo medio.



**Ilustración 13:** Esquema de la entrega de servicio u-health care.

**Fuente:** Multifactorial intervention in diabetes care using real-time monitoring and tailored feedback in type 2 diabetes [29]

El sistema consiste en una serie de dispositivos instalados en el cuerpo del paciente. El primero es un glucómetro, dispositivo de monitoreo de nivel de glicemia en la sangre. El segundo es un monitor de actividad física, que mide el nivel de actividad física en base al movimiento del paciente. La información recopilada por ambos dispositivos es enviada a una puerta de enlace, que envía vía red telefónica, al servidor del centro de salud, la información de ambos dispositivos.

Dentro del servidor, el CDSS tiene una base de conocimiento en la que se modela el conocimiento médico de la patología, los datos del paciente y medicación asociada a la enfermedad. El CDSS cuenta también con un motor de reglas que permite, a partir de la información recopilada en el servidor de recolección de datos, inferir el contenido del mensaje a enviar al paciente.

Los autores probaron el sistema en una prueba controlada aleatorizada con 144 pacientes. A un tercio de estos pacientes se les entregó el sistema de monitoreo ubicuo, otro tercio autocontroló su nivel de glicemia en la sangre, mientras el tercio restante no efectuó ningún tipo de control adicional más que el realizado por especialistas en consulta. El sistema demostró ser más efectivo en la reducción de nivel de A1C, indicador de hipoglucemia que las alternativas de autocontrol y no control.

La **Ilustración 13** muestra un esquema resumen del sistema.

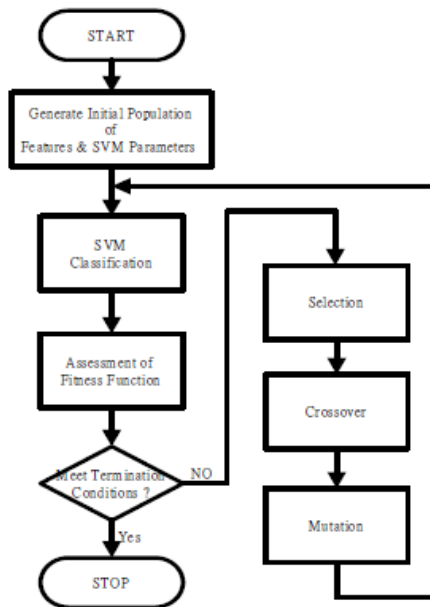
#### *2.2.2.3. Design of Clinical Support Systems Using Integrated Genetic Algorithm and Support Vector Machine*

Este *paper* describe el caso de tres ejemplos CDSS utilizados para la predicción de remoción de soporte respiratorio, diagnóstico de pacientes con apnea del sueño y clasificación de células en pruebas de papanicolau.

En el primer caso, el sistema es capaz de identificar, a partir de los datos enviados por la máquina de soporte del paciente y datos adicionales como: edad del paciente, género, nivel de creatinina, albúmina y hemoglobina en la sangre, entre otros, el momento adecuado para retirarle el soporte ventilatorio a pacientes que ya pueden respirar por sí mismos.

En el segundo, el sistema es capaz de predecir efectivamente el nivel de apnea del paciente a partir de datos capturados a partir de polisomnografía, conjunto de pruebas realizadas al paciente mientras duerme. Este nivel de apnea se representa por el índice AHI (Apnea-Hypoapnea Index) y permite clasificar a la apnea en distintos niveles de riesgo.

El tercero corresponde a la clasificación de fotografías de células en test papanicolau en 4 categorías: Superficial, Intermedio, Parabasal con bajo grado de lesión escamosa intraepitelial o alto grado de lesión intraepitelial. Para esto se envía al sistema información sobre las células de cada fotografía.



**Ilustración 14:** Diagrama de flujo algoritmo IGS.

**Fuente:** Design of clinical support systems using integrated genetic algorithm and support vector machine. [30]

Cada uno de los CDSS funciona utilizando el método IGS (Integrated Genetic Algorithm and Support Vector Machine), un enfoque que integra un algoritmo genético para la determinación de los factores óptimos del Support Vector Machine (SVM) utilizado en el CDSS. El algoritmo genético encuentra la solución óptima en un tiempo aceptable, menor que la estrategia de búsqueda exhaustiva de un algoritmo voraz. Con los parámetros óptimos para el modelo SVM se puede encontrar el hiperplano no lineal que maximiza el margen entre los clusters o categorías.

Cada CDSS es del tipo non-knowledge based, dado que las predicciones no se realizan a partir de una base de conocimientos y su respectivo motor de reglas, sino que utilizando un modelo de machine learning, en este caso, IGS.

En la **Ilustración 14** se muestra un diagrama que explica el funcionamiento del algoritmo.

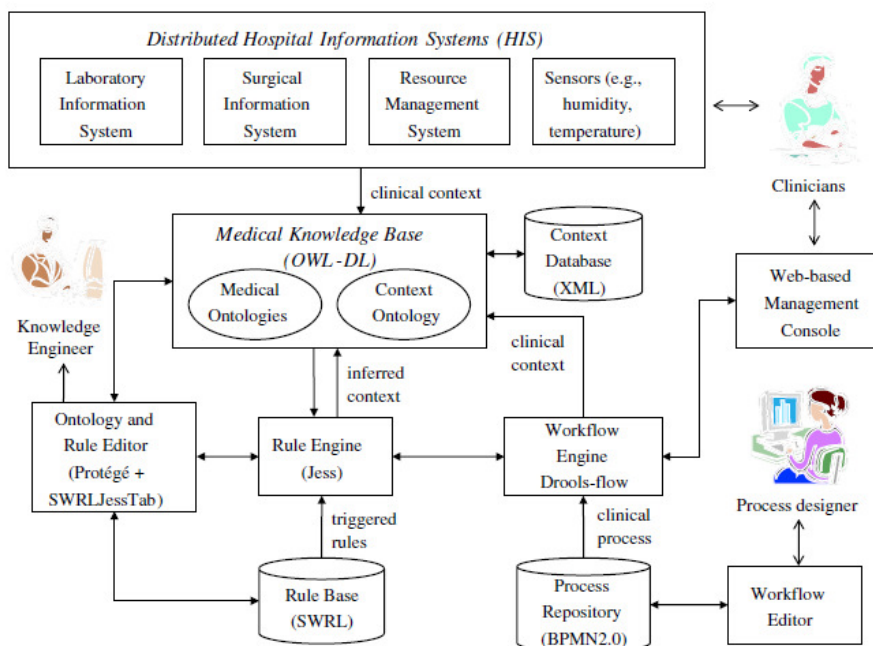
#### 2.2.2.4. CONFlexFlow: Integrating Flexible clinical pathways into clinical decision support systems using context and rules

La intención de los autores de este *paper* es mostrar una nueva metodología (CONFlexFlow) para el diseño de *clinical pathways*, integrando el conocimiento médico en forma de reglas e información contextual del paciente, a través de un *framework* común y permitiendo la flexibilidad.

Los *clinical pathways* son diagramas de flujo clínicos, procesos que indican cada uno de los pasos a través de los que el tratamiento de un paciente progresa. Estos *clinical pathways* están basados en evidencia médica e involucran muchas más desviaciones y escenarios alternativos que los diagramas de flujo típicos, pues la ejecución de cada flujo en particular depende de varios factores: la experticia del médico, la disponibilidad de

recursos y de datos, entre otros. En definitiva, a menudo ocurre que los médicos no siempre ejecutan el mismo *pathway*.

Así, el *paper* argumenta que los actuales CDSS son limitados, pues ocurre que las recomendaciones que ofrecen generalmente no se adecúan a los *clinical workflows* manejados por los equipos médicos, proponiendo muchas veces desviaciones a planes previamente diseñados. Los autores plantean que, si las recomendaciones dadas por el sistema están en concordancia con el *workflow* manejado por el equipo médico, es mucho más probable que éstas sean adoptadas.



**Ilustración 15:** Arquitectura Conflexflow.

**Fuente:** Conflexflow: Integrating flexible clinical pathways into clinical decision support systems using context and rules. [7]

El *framework* propuesto se funda en una base conocimiento conformada por una ontología del contexto del paciente y una del conocimiento médico. Luego, un motor de reglas es capaz de inferir, a partir de la información contenida en la base de conocimiento y de reglas definidas con anterioridad, nuevas reglas. Estas reglas derivarán en nuevas tareas o un nuevo *workflow* en el actual proceso clínico asociado a un paciente, las que se agregan en tiempo de ejecución a esta instancia. En la **Ilustración 15** se muestra la arquitectura del sistema.

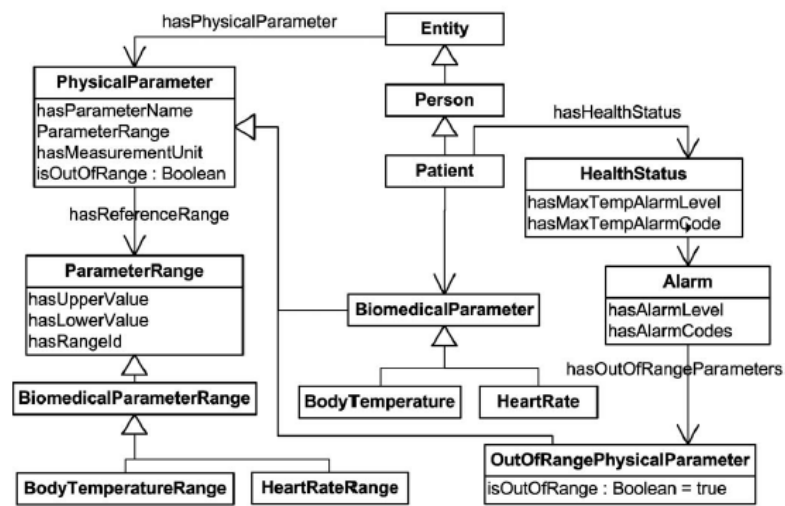
#### 2.2.2.5. An Ontology-Based System for Context-Aware and Configurable Services to Support Home-Based Continuous Care

En este *paper* los autores describen un modelo de contexto diseñado a partir de ontologías y un sistema de gestión de contexto, los dos configuran un *framework* orientado a servicios que facilita el desarrollo de aplicaciones para el monitoreo y gestión de pacientes crónicos. El sistema es probado a través de un prototipo llamado ERMHAN, que funciona como plataforma para facilitar el desarrollo y entrega de servicios *health*

care a pacientes en su casa, a su familia, asistentes sociales, cuidadores, entre otros stakeholders relacionados.

La plataforma propuesta por los autores, pretende apoyar las principales características de los CCM emergentes, estas son: 1) Seguimiento y control en casa al paciente con condición de largo plazo; 2) cuidado compartido a través de una red de proveedores de servicios health care; 3) adaptación de los planes de cuidado a la situación del paciente.

Además, la plataforma pretende ser reconfigurable, en el sentido de ser capaz de adaptarse para cumplir con los requerimientos que dependen de parámetros que cambian muy poco en el corto y mediano plazo como, por ejemplo, la regulación o la cantidad de organizaciones dedicadas al cuidado médico; y adaptable según el contexto, es decir, capaz de adaptar la entrega de servicios de acuerdo a parámetros que cambien con frecuencia, como la condición de salud de un paciente.

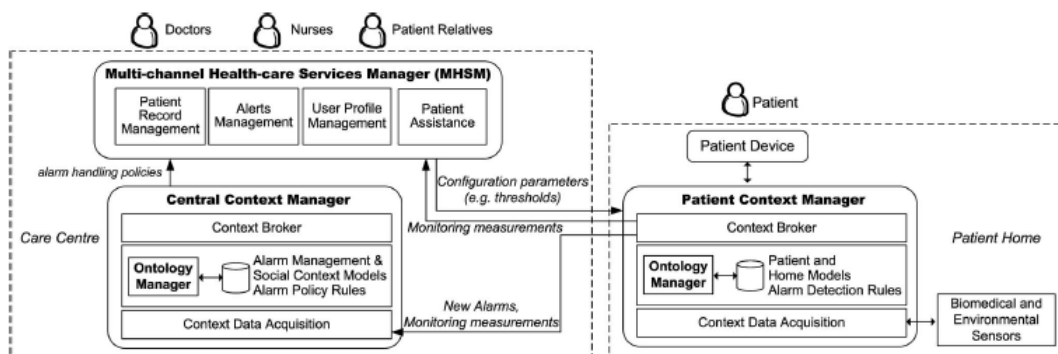


**Ilustración 16:** Fragmento de la ontología del dominio personal del paciente.

**Fuente:** An ontology-based system for context-aware and configurable services to support home-based continuous care. [31]

El modelo de contexto definido por los autores representa la información necesaria para inferir el estado de salud del paciente, detectar posibles condiciones críticas y generar notificaciones de alerta y/o intervenciones a los actores adecuados. La ontología que representa a este modelo está escrita en OWL y se puede dividir en 4 sub-ontologías: Una ontología del “dominio personal del paciente”, que agrupa la información necesaria para monitorear la condición del paciente, su actividad y posición, con el fin de inferir situaciones anormales; una ontología del “dominio domiciliario del paciente”, en la que se definen parámetros ambientales, como la humedad relativa o la temperatura; una ontología de “gestión de alarmas”, que representa posibles planes de intervención para manejar situaciones críticas, para alertar, por ejemplo, a los cuidadores de que el paciente está en una situación que requiere su atención; y, finalmente, una ontología del contexto social del paciente, en la que los miembros de la red de cuidado del paciente, esto es, médicos, enfermeras, cuidadores, etc. son modelados. La **Ilustración 16** muestra un fragmento de la ontología del dominio personal del paciente.

El modelo cuenta además con un conjunto de reglas de primer orden (del tipo IF-THEN), utilizadas para determinar si una alarma debe ser disparada, de acuerdo a los valores de las mediciones y los límites de éstos, representados en las ontologías del paciente y su dominio domiciliario.



**Ilustración 17:** Arquitectura de la plataforma ERMHAN.

**Fuente:** An ontology-based system for context-aware and configurable services to support home-based continuous care. [31]

Como se señaló antes, el modelo es implementado en la plataforma ERMHAN, esta plataforma provee servicios para el intercambio de información, acceso a los datos del paciente, monitoreo del estado de salud del paciente en tiempo real y gestión de alarmas. El sistema está compuesto de tres componentes principales: En primer lugar, el gestor de servicios *health-care* multicanal (MHSM en inglés), desplegado en el centro de salud, entrega servicios de cuidado a los miembros de la red del paciente, vía PC o Tablet, como, por ejemplo, servicios de gestión de alerta o de gestión del registro clínico del paciente; luego está el sistema de gestión del contexto, el que provee servicios *backend* para la adquisición, modelación y razonamiento de contexto; finalmente están el sistema de sensores inalámbricos, para capturar datos biomédicos y ambientales.

Este sistema fue probado con 11 usuarios de prueba, incluyendo médicos, enfermeras y personal de apoyo, en una casa de acogida en Piacenza para evaluar la efectividad y satisfacción con la plataforma ERMHAN, además de analizar posibles desventajas del sistema. Los resultados muestran que la mayoría de los usuarios estaban satisfechos con las características del sistema (más del 60%).

En la **Ilustración 17** se muestra la arquitectura de esta plataforma.

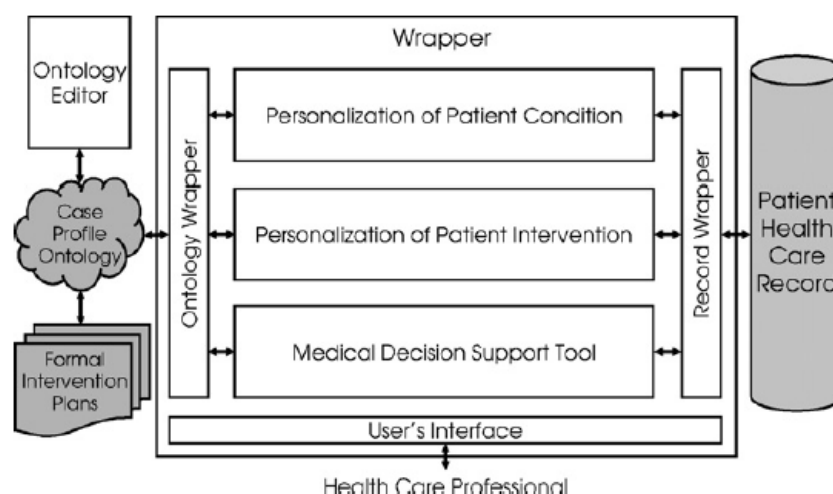
#### 2.2.2.6. An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients

Este *paper* presenta un sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas que funciona en sobre una ontología que implementa dos procesos de personalización. El primero adapta los contenidos de la ontología a las particularidades observadas en el registro clínico de un paciente en concreto, proveyendo automáticamente una ontología personalizada que contiene sólo la información clínica que es relevante para gestionar al paciente. El segundo proceso de personalización usa la ontología personalizada de un

paciente para transformar de forma automática planes de intervención<sup>2</sup> que describen tratamientos generales a planes de intervención individuales. La ontología personalizada es utilizada como base conocimiento para el sistema de apoyo a la toma de decisiones, que brinda ayuda a los profesionales de la salud en la detección de condiciones anómalas en un paciente y a tomar acciones preventivas o correctivas.

La ontología utilizada es llamada “Case Profile”, una ontología modelada en OWL-DL y que provee una representación de todos los conceptos *health-care* relacionados al cuidado de pacientes crónicos en casa (enfermedades, síndromes, problemas sociales, síntomas y signos, intervenciones, evaluación de problemas) y sus relaciones, además de las restricciones entre estos conceptos. Un fragmento de esta ontología se muestra en la **Ilustración 19** .

Para cada enfermedad, síndrome o problema social, se asocia al menos un plan de intervención, representado a través de un diagrama State-Decision-Action (SDA), estos diagramas proveen una combinación correcta de intervenciones o servicios de salud relacionados a esa enfermedad, síndrome o problema.



**Ilustración 18:** Arquitectura CDSS.

**Fuente:** An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients. [32]

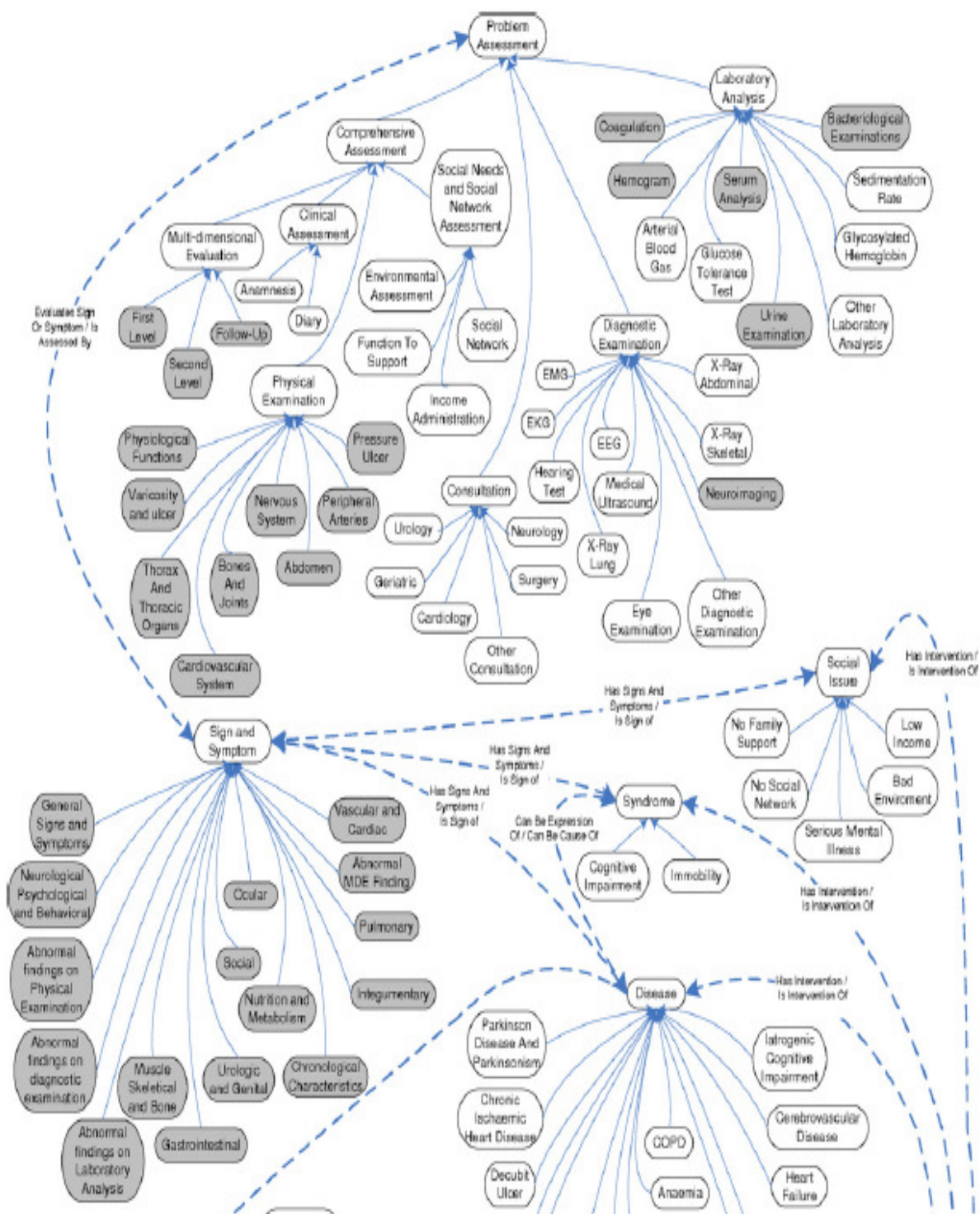
Los dos procesos de personalización de la ontología se realizan a partir de la información clínica disponible del paciente en el momento. El sistema es capaz de modelar a partir de la Case Profile Ontology, una ontología con la información que es relevante al diagnóstico, en caso de haberlo realizado, o la sintomatología del paciente, si es que no se tiene aún un diagnóstico. En el caso de la personalización de las intervenciones, el sistema es capaz de integrar distintos planes de intervención en un único plan, lo que permite eliminar redundancias e interacciones cuando es necesario ejecutar más de un plan de intervención en un paciente.

<sup>2</sup> Un plan de intervención es una estructura entendible por el computador que representa los procedimientos de salud para asistir a un paciente sufriendo de una enfermedad, síndrome o problema determinado.

El sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas agrupa ambas ontologías, la case profile y la ontología personalizada del paciente, y ofrece una plataforma para que los médicos pueden analizar y detectar problemas o falta de información en la descripción de la condición del paciente. Este sistema funciona a partir de un proceso automático que empieza con la información contenida en la ontología personalizada del paciente. Si al paciente ya se le ha diagnosticado alguna condición, el sistema determina la sintomatología que podría tener y las intervenciones que podría recibir, esta información es entregada al médico para confirmar alguna de estas condiciones. Si no se le ha diagnosticado aún, se toma la información de la sintomatología del paciente y se le despliegan al médico las enfermedades, síndromes y problemas sociales asociados a esta sintomatología.

La **Ilustración 18** muestra la arquitectura del sistema propuesto.





**Ilustración 19:** Fragmento de la ontología "Case Profile".

**Fuente:** An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients [32]

### 2.2.3. Comparación y discusión

A continuación, se definen los criterios de comparación utilizados en cada *paper*. En la **Tabla 1**, se muestra la comparación realizada.

Criterios de comparación:

- a) Enfoque semántico: Se refiere a si el sistema utiliza una base conocimiento fundada en ontologías para el soporte.
- b) Integración de todas las etapas de atención a crónicos: Si comprende todas las etapas de atención y apoyo a paciente crónico.
- c) Aceptación de equipos médicos: Si el sistema logra un alto grado de aceptación y satisfacción en equipos médicos.
- d) Fácil extensión a otras enfermedades: Si permite agregar nuevas enfermedades al sistema de manera simple, sin necesidad de desarrollar una nueva versión del sistema ni rediseñar módulos del mismo.
- e) Reusabilidad de servicios computacionales de salud: Si las aplicaciones que forman parte del sistema reutilizan alguno de los servicios computacionales definidos.
- f) Integración de protocolos clínicos en procesos de negocio: Si se integran protocolos clínicos o guías médicas modelados como procesos de negocio (BPM)
- g) Personalización para distintos *stakeholders*: Si el sistema ofrece distintos servicios y opciones según el *stakeholder*.
- h) Utilización de algún tipo de contexto (clínico, ambiental, social, etc.) para la entrega de servicios: Si captura, modela y utiliza contexto del paciente y su entorno para la entrega de servicios.

	a	b	c	d	e	f	g	h
<b>1. Smart CDSS for Smart Homes.</b>	x				x		x	x
<b>2. Multifactorial intervention in diabetes care using real-time monitoring and tailored <i>feedback</i> in type 2 diabetes.</b>	x		x				x	x
<b>3. Design of Clinical Support Systems Using Integrated Genetic Algorithm and Support Vector Machine.</b>			x					x
<b>4. Conflexflow.</b>	x			x	x	x	x	x
<b>5. An ontology-based system for context-aware and configurable services to support home-based continuous care.</b>	x		x	x	x		x	x
<b>6. An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients.</b>	x	x	x	x	x		x	x

Tabla 1: Comparativa CDSS analizados.

Fuente: Elaboración propia.

De los *papers* escogidos todos ocupan, en mayor o menor medida, algún tipo de contexto para apoyar la entrega de servicios a los *stakeholders* relacionados con el paciente. Nótese que este contexto en la mayoría de los casos se reduce a la captura de signos vitales del paciente, existiendo pocas iniciativas que integren contexto adicional, como el

contexto social o ambiental del paciente. La mayoría también ofrece una gama de servicios para distintos *stakeholders*, no sólo el paciente o el médico tratante.

Cabe notar que la mayoría de los *papers* analizados se focalizan en una o dos etapas de la atención a crónicos, siendo la más común el monitoreo de signos vitales del paciente. Otros se focalizan netamente en ofrecer apoyo en el diagnóstico y tratamiento. Existen entonces pocos sistemas que se encarguen de apoyar el cuidado del paciente de manera integral.

La mitad de los *papers* analizados corresponde a arquitecturas diseñadas en específico para una situación o enfermedad particular. La otra mitad ofrece una arquitectura con una base de conocimiento con un modelamiento más general de la información clínica y contextual, y que otorgan una mayor flexibilidad al momento de querer añadir nuevas enfermedades, sintomatología y reglas.

También es destacable que sólo uno de los *papers* analizados (4) ocupa de manera intensiva la modelación de guidelines médicos como procesos de negocio. Esto no deja de ser interesante, dado el poder que otorga la modelación en BPMN y BPEL de generar procesos clínicos flexibles y ejecutables, se esperaría un uso más extendido en la comunidad médica de este tipo de herramientas.

### 3. Arquitectura de Procesos en Atención Ambulatoria

En este capítulo se aborda la estructura de procesos de la cadena de valor de la atención ambulatoria. En primer lugar, se describe la estructura de macro-procesos que define a un hospital, clínica o centro de salud en general. En segundo lugar, se define un nuevo servicio dentro de la lógica de servicios existentes en el hospital, que implemente la funcionalidad mostrada en el *framework*. También, a partir de esta estructura de macro-procesos se diseñan los procesos específicos de la atención ambulatoria y que sirven de base para el diseño de los servicios de apoyo al paciente/médico/*stakeholder*. Finalmente, se describen aparte las lógicas de negocio de actividades específicas de estos procesos que por su complejidad requieren un análisis más detallado.

El porqué de realizar esta “bajada” de procesos tiene una explicación muy simple: como esta arquitectura *u-health* se pretende implementar en una o varias aplicaciones de *software* que deberán operar dentro de la estructura de procesos de un centro médico, es necesario que el desarrollo del *core* de estas aplicaciones (el *framework*), se integre adecuadamente con los procesos de un centro de salud. Por tanto, esta bajada de procesos debe ser vista como una manera de asegurar coherencia entre la arquitectura propuesta y el hospital, en el sentido de que los procesos asociados al *framework* surgirán a partir de esta “bajada”, lo que asegura su alineación con el resto de los procesos internos del hospital.

#### 3.1. Arquitectura de macro-procesos de un hospital

Oscar Barros en su libro “*Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions*” [26], analiza la estructura de procesos de diversos hospitales e instituciones de entrega de salud chilenas, proponiendo una arquitectura general de macro-procesos para un hospital. Esta arquitectura, que se muestra en la **Ilustración 20**, reúne de manera muy general los procesos fundamentales para la entrega de servicios al paciente (de ahí el nombre macro-procesos). Barros clasifica los servicios de un hospital en 4 macro-procesos (Macros). Estos son:

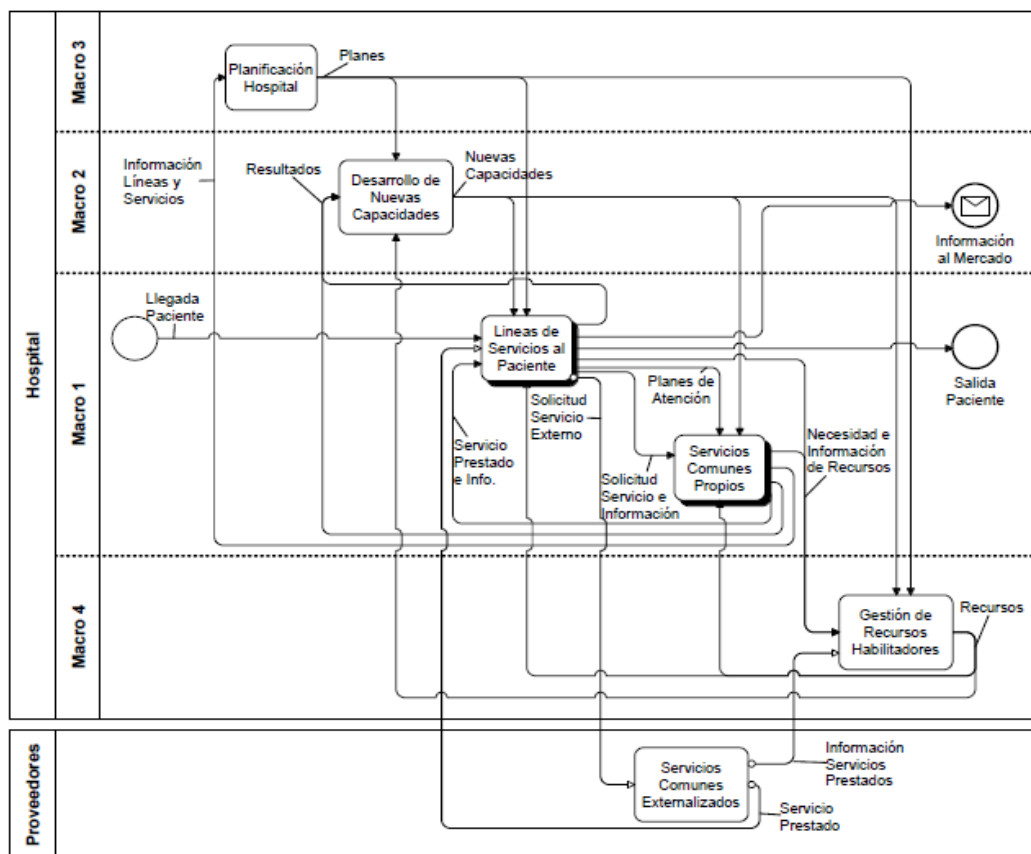
Macro 1 (Cadena de valor): Conjunto de procesos que ejecuta la producción de los bienes y/o servicios de la empresa, el cual considera toda la interacción con el cliente para generar requerimientos hasta que estos han sido satisfactoriamente satisfechos. En los hospitales es posible detectar dos macro-procesos dentro del Macro 1. El primero corresponde al de “Líneas de Servicios al Paciente”, que consiste en las áreas donde los pacientes pueden interactuar con el hospital. El segundo es el de Servicios Comunes Propios, que corresponden a servicios compartidos por todas las líneas de servicios ofrecidos al paciente y que constituyen una parte fundamental de las actividades que realizan. Aquí se encuentran, por ejemplo, el servicio de farmacia de un hospital, el de gestión de pabellones, los laboratorios de exámenes internos, etc.

Macro 2 (Desarrollo de nuevas capacidades): Está relacionado con la creación de capacidad para la innovación dentro de una organización. Los procesos dentro de este Macro se encargan del desarrollo de nuevas capacidades que permitan a la organización innovar y mantenerse competitiva.

Macro 3 (Planificación del Negocio): Contiene el conjunto de procesos necesarios para definir la dirección de la organización. Esta planificación está representada por estrategias materializadas en planes, programas y presupuestos.

Macro 4 (Gestión de recursos de apoyo): Conjunto de procesos para gestionar los recursos necesarios para la correcta operación del resto de macro-procesos.

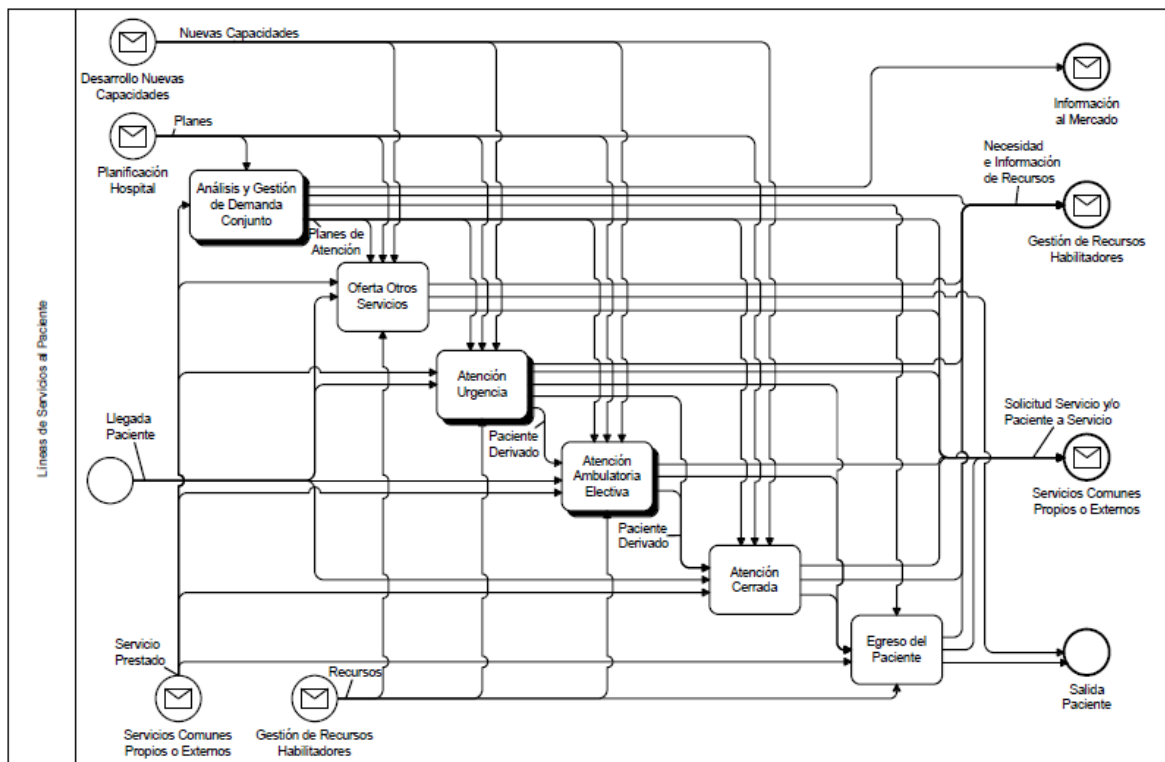
Nótese que en el mismo diagrama IDEF0, pero en un pool distinto (proveedores) se encuentran los “Servicios Comunes Externalizados”, este proceso reúne a los servicios y actividades complementarias al resto de los servicios entregados al paciente y que son provistos por entidades externas.



**Ilustración 20:** Estructura de macro-procesos en hospitales.

**Fuente:** Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions, O. Barros [26]

El proyecto de esta memoria se desarrolla en el Macro 1, más específicamente en el proceso de Líneas de Servicios al Paciente. Como se señaló antes, este proceso tiene que ver con todas las áreas en las que el paciente interactúa con el Hospital, Barros también realiza una especificación de este proceso, la que puede observar en la **Ilustración 21**. En la descomposición realizada por Barros, existen tres líneas principales de servicios, estas son:



**Ilustración 21:** Líneas de Servicio al Paciente

**Fuente:** Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions, O. Barros [26]

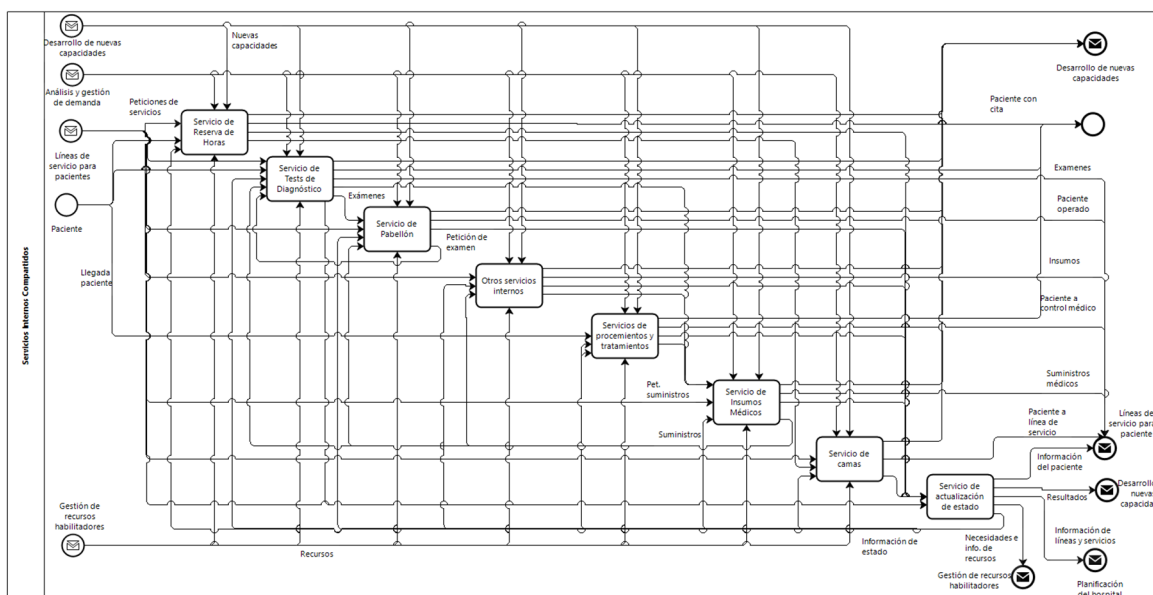
- Servicio de Atención de Urgencia: Que corresponde a la atención a pacientes no electivos, es decir, aquellos que requieren una atención médica urgente y que no puede ser programada con anticipación. Cada paciente que llega a este servicio es clasificado de acuerdo a la gravedad de su situación de salud, de manera que los pacientes con mayor gravedad tienen mayor prioridad. El paciente puede ser derivado también a otras líneas de servicio en caso de que necesite ser hospitalizado o derivado a un médico especialista, por ejemplo.
- Servicio de Atención Ambulatoria Electiva: Que atiende a pacientes electivos, aquellos cuya atención médica puede ser programada con anticipación. En esta línea de servicio se realiza una consulta médica, que puede derivar al paciente a otros servicios o procedimientos, por ejemplo, servicios de exámenes o cirugía.
- Servicio de Atención Cerrada: Que atiende a pacientes electivos y no electivos que deben ser hospitalizados, ya sea para prepararlos o recuperarlos de un procedimiento o cirugía.

Existen también otros servicios complementarios ofrecidos en esta línea de servicios al paciente. Por ejemplo, los servicios asociados a planes de salud ofrecidos a distintos pacientes o empleados de empresas, se agrupan en la línea “Oferta Otros Servicios”.

El proceso de “Análisis y Gestión de la Demanda Conjunta” es un proceso compartido por todas las líneas de servicio mencionadas antes. Este proceso se encarga de capturar el comportamiento de la demanda de estos servicios, permitiendo una planificación de los recursos de manera coordinada y que permita atender esta demanda.

El segundo proceso presente en el Macro 1 de un hospital, es el de “Servicios Comunes Propios”, que corresponden a servicios internos del hospital que son compartidos por todas las líneas de servicios mencionadas antes y constituyen una parte fundamental de las actividades que realizan. La descomposición de este proceso, realizada por Barros, se muestra en la **Ilustración 22**.

Este macro-proceso es de interés para esta memoria porque, como se verá en el siguiente apartado, se añadirá a éste un servicio adicional que implementará la lógica asociada a la *framework*.



**Ilustración 22:** Detalle de Servicios Internos Compartidos.

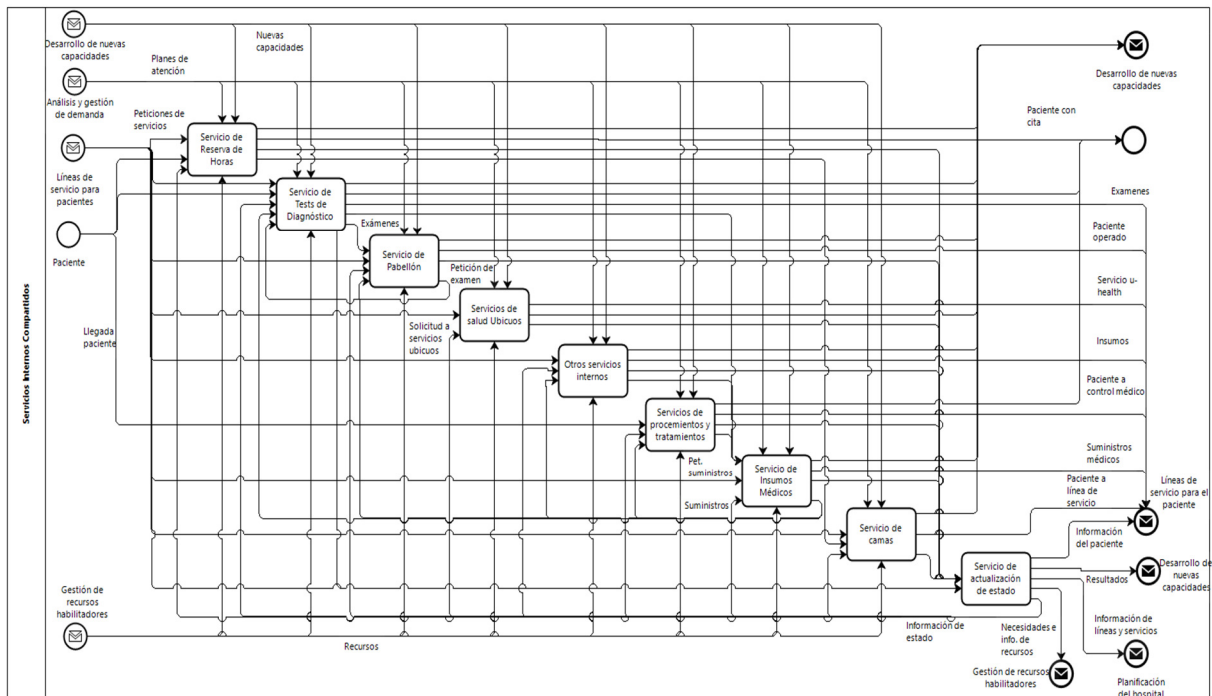
**Fuente:** Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions. O. Barros [26]

### 3.2. Re-diseño de servicios internos compartidos

Como se mencionó antes, los “Servicios Internos Compartidos” reúnen todos los servicios internos del hospital y que ofrecen funcionalidad de apoyo a las demás líneas de servicio. Dentro de estos servicios de apoyo existen de distinta y variada índole: Servicio de camas, encargado de la administración y *scheduling* de las camas del hospital; el Servicio de Reserva de Horas, encargado de planificar y otorgar las horas a los pacientes en las distintas líneas de servicio ofrecidas por el hospital; y así con otros, varios servicios especificados en este proceso.

Dada la heterogeneidad de servicios reunidos en este proceso y a que en las siguientes iteraciones del *framework* se espera añadir interacción con las otras líneas de servicio, que para esta memoria están fuera del alcance (Atención de urgencia y atención cerrada), es razonable pensar en la funcionalidad descrita como un nuevo servicio dentro del conjunto de servicios internos especificados en “Servicios Internos Compartidos”, es decir, pensar en el *framework* como un servicio interno más del hospital, que será invocado cuando se requiera la necesidad de ejecutar servicios *u-health*.





**Ilustración 23:** Diagrama IDEF0 de Servicios Internos Compartidos rediseñado  
**Fuente:** Elaboración propia.

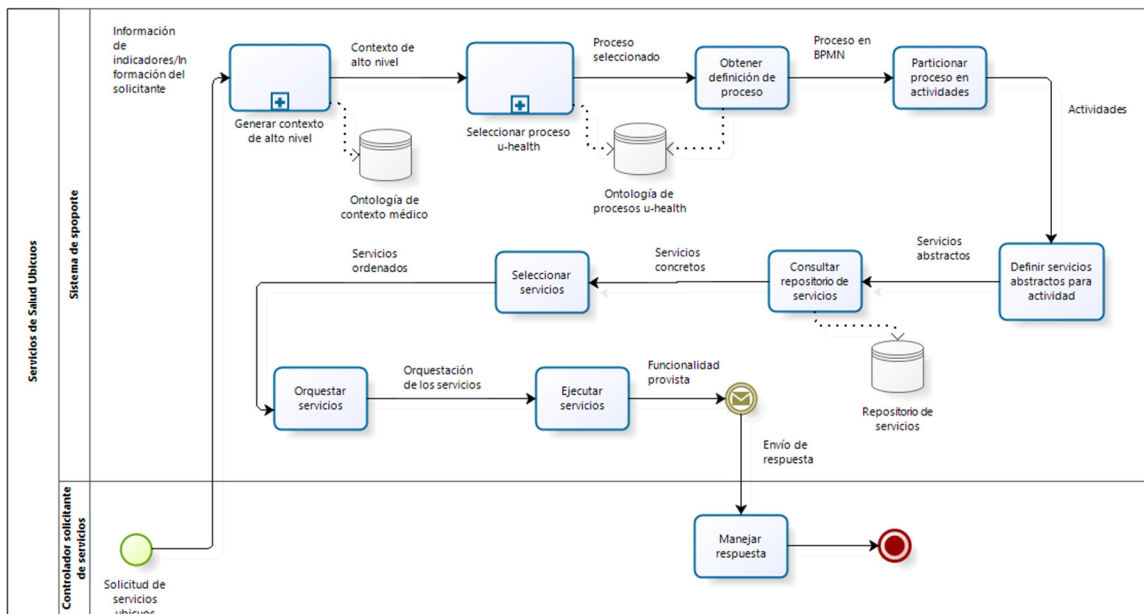
Quien suscribe llama a este nuevo servicio “Servicios de Salud Ubicuos”, el que se muestra integrado al diagrama IDEF0 de “Servicios Internos Compartidos” en la **Ilustración 23**.

Este servicio recibe solicitudes desde las distintas líneas de servicio al paciente del hospital, las que lo invocarán cada vez que necesiten la ejecución de algún servicio de apoyo al paciente o al equipo médico, en base a información de contexto del paciente. El resultado de esta solicitud será enviado de vuelta a la línea de servicio invocadora, la que se hará cargo de esta respuesta. A continuación, se detallará este servicio.

### 3.2.1. Servicios de Salud Ubicuos

La **Ilustración 24** muestra el proceso BPMN de Servicios de Salud Ubicuos (SSU). El proceso parte con un requerimiento de un solicitante de Servicios de Salud Ubicuos, el que puede ser un humano (médico o paciente, por ejemplo) o un controlador a cargo de un conjunto de sensores que están monitoreando al paciente. Este requerimiento debe contener información sobre el tipo de solicitud que se le está haciendo al sistema, de forma de poder discriminar el contexto de alto nivel que el sistema deberá inferir, e información del solicitante del servicio. Adicionalmente, podrá tener información sobre la última medición de los signos vitales del paciente, en caso de que esté siendo monitoreado y la solicitud la haga un controlador.





**Ilustración 24:** Detalle de Servicios de Salud Ubicuos  
**Fuente:** Elaboración propia.

Esta información es enviada al proceso “Generar contexto de alto nivel”, encargado de determinar el tipo de solicitud que se le está haciendo al sistema y luego ejecutar las lógicas que permitan generar un contexto de alto nivel sobre el paciente o el médico, a partir de la información enviada.

Una vez determinado el contexto de alto nivel, este será utilizado para consultar a una de ontología de procesos *u-health* un conjunto de procesos que coincidan con estas propiedades. Luego se ordenan los procesos de mayor a menor coincidencia con las propiedades que se consultaron, esto se realiza a través de una comparación semántica entre cada proceso y las propiedades que tenga asociado con el contexto de alto nivel, de esta manera, se seleccionará el proceso cuyas propiedades tengan mayor coincidencia con el contexto de alto nivel inferido.

Una vez seleccionado el proceso a ejecutar, se consultará nuevamente al repositorio de procesos por la dirección del archivo BPMN de este proceso. Este archivo BPMN es procesado para extraer la información de cada una de las actividades del proceso y su información, esto es, variables de entrada, de salida, pre-condiciones, URIs asociadas a la actividad, parámetros de *Quality of Service* (QoS), entre otros.

Para cada una de estas actividades se definirá un servicio abstracto, que contendrá los parámetros de definición señalados antes, con esto se consultará a un directorio de servicios, el que retornará un conjunto de servicios coincidentes con los parámetros del servicio abstracto definido. Nuevamente, se utilizará una medida de similitud semántica para comparar los servicios y escoger el más adecuado.

Finalmente, una vez que los servicios concretos se han definido, queda la orquestación y ejecución de servicios, realizada a través de la invocación de un motor de procesos, el que tomará el archivo BPMN modificado y con los servicios concretos definidos para cada actividad, y lo ejecutará.

El proceso finaliza con el envío de la respuesta de la ejecución del proceso al controlador solicitante.

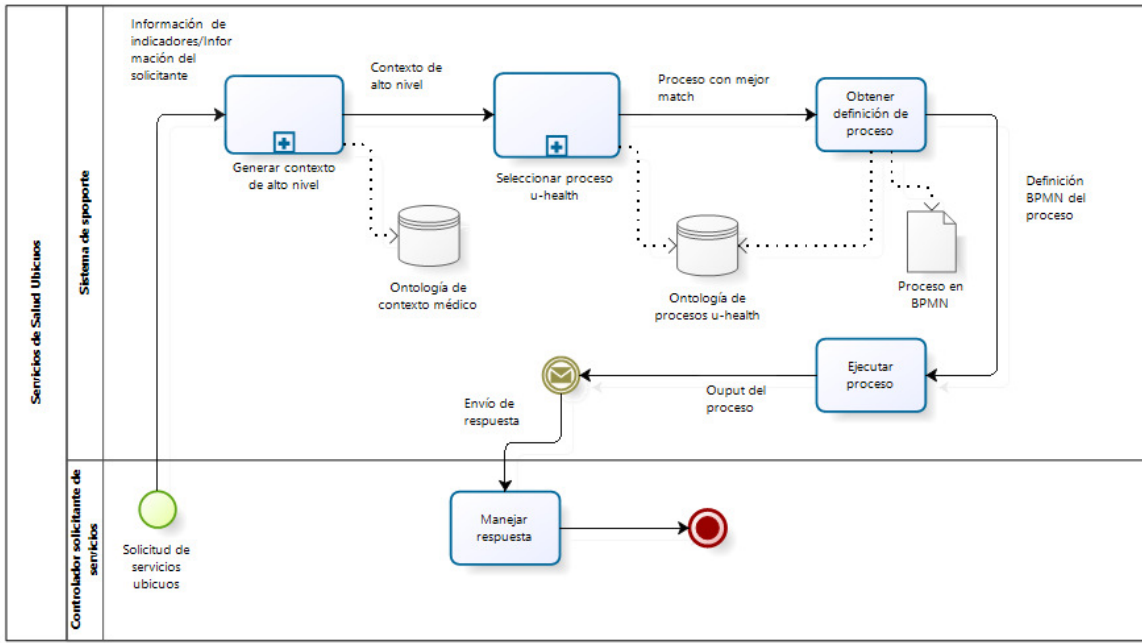
### 3.2.2. Simplificación/Adecuación

Claramente el proceso anteriormente descrito captura de manera correcta las lógicas y funcionalidades mostradas en el *framework*. Sin embargo, parte de este modelamiento resulta inadecuado para el contexto de este trabajo.

Como ya se ha mencionado, el *framework* utiliza un *dynamic binding* de servicios *u-health*, esto es, una vez que se elige el proceso a ejecutar, es necesario encontrar, en tiempo de ejecución, servicios que implementen las definiciones abstractas de las actividades del proceso. Si bien este *dynamic binding* permite incorporar una mayor cantidad y variedad de servicios, y en comparación con un *static binding* da mayor flexibilidad al cliente al momento de seleccionarlos, hay dos problemas que impiden o desaconsejan su utilización:

- En primer lugar, el *dynamic binding* no es un enfoque totalmente apropiado para el contexto clínico. Muchos servicios, especialmente si resultan críticos para asegurar la salud del paciente, deben estar configurados de antemano, de esa manera se asegura que el paciente efectivamente reciba el cuidado que necesita. Un enfoque *dynamic binding* no necesariamente asegura que se seleccione un servicio para cada actividad del proceso a ejecutar, y en un proceso crítico para la salud del paciente esto no puede ser tolerado.
- En segundo lugar, la implementación de este tipo de *binding* es engorrosa: es necesario crear algún tipo de *broker* de servicios web que negocie con un proveedor de servicios en base a parámetros de QoS para seleccionar los mejores servicios, y además diseñar un algoritmo de orquestación de estos servicios. Ambas actividades están completamente fuera de alcance para un trabajo de este tipo.

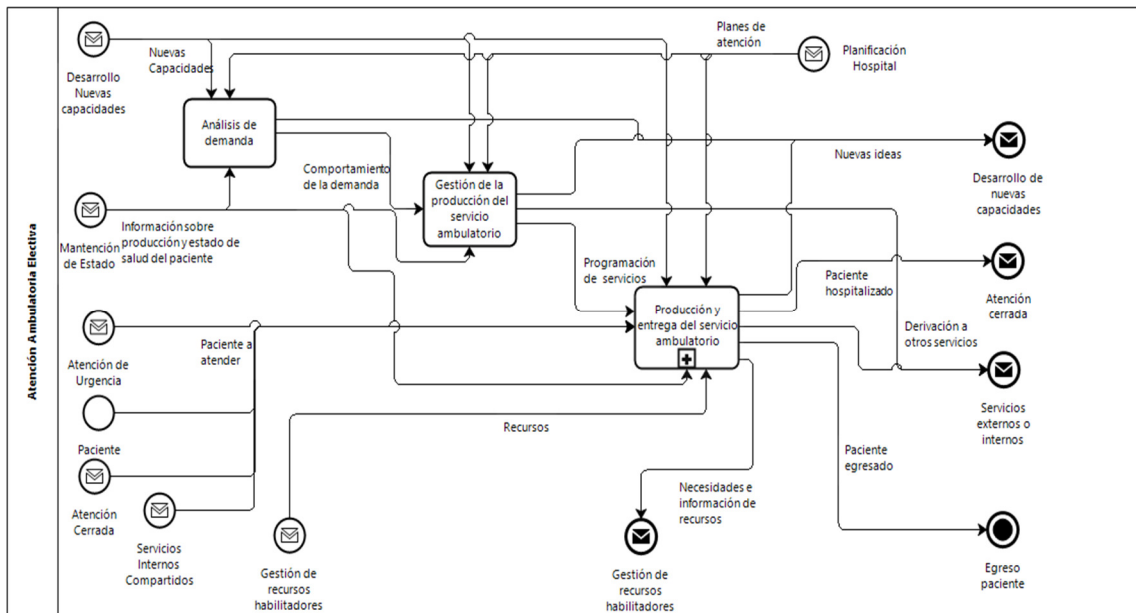
Por las razones anteriormente expuestas es que se decide simplificar el modelamiento anterior, eliminando los pasos posteriores a la obtención del proceso y derivando el flujo inmediatamente a la ejecución de éste por un motor de procesos. En esta simplificación, las actividades que componen el proceso deben estar previamente implementadas, es decir, se utiliza *static binding*. La versión simplificada de este proceso se muestra en la **Ilustración 25**.



**Ilustración 25:** Servicios de Salud Ubicuos (Simplificado)  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3. Diseño de procesos en atención ambulatoria

A continuación, se detallarán los procesos asociados a la Línea de Servicios al Paciente de “Atención Ambulatoria Electiva”. Esta especificación se realiza utilizando la misma metodología seguida por Echeverría [1] para el caso de Atención Cerrada. De nuevo, la intención de ésta tiene que ver con insertar lo servicios de apoyo que funcionarán a partir de la interacción con Servicios de Salud Ubicuos en el *workflow* típico que se sigue durante todo el proceso de la atención ambulatoria del paciente crónico.



**Ilustración 26:** Detalle de Atención Ambulatoria Electiva.  
**Fuente:** Elaboración propia.

La **Ilustración 26** muestra el macro-proceso de “Atención Ambulatoria Electiva”. La Atención Ambulatoria corresponde a un macro-proceso del tipo Macro 1, esto es, un proceso de cadena de valor dentro de la organización. Barros [26] señala que todo proceso de cadena de valor posee una estructura similar: en primer lugar, existe un proceso asociado a la administración de la relación con los proveedores, donde se administran los insumos necesarios para la producción; luego, un proceso de administración de la relación con el cliente; en tercer lugar, un proceso de gestión de la producción o servicio, que se encarga de la planificación de la capacidad y la gestión; y finalmente, el proceso encargado de la producción y entrega del servicio o producto al cliente.

El primer proceso se asume centralizado y forma parte de la cadena de valor anterior a ésta, por lo que se elimina y no forma parte del proceso de Atención Ambulatoria.

El proceso de administración de la relación con el cliente se especializa en el proceso de “Análisis de demanda”, encargado de estudiar el comportamiento de los pacientes ambulatorios, principalmente aspectos relacionados al ausentismo de éstos a las consultas ambulatorias. Este proceso no se detallará pues no está dentro del alcance del proyecto.

El proceso de “Gestión de la producción del servicio ambulatorio” se encarga del agendamiento de pacientes a los distintos servicios ambulatorios, para esto se clasifica a los pacientes en pacientes nuevos y pacientes en tratamiento, a los pacientes nuevos se les agenda de manera diferenciada respecto de los con tratamiento en curso porque necesitan de una consulta previa que permita la evaluación de su condición de salud. Tampoco se detallará este proceso porque no forma parte del foco de esta memoria.

Finalmente está el proceso de “Producción y Entrega del servicio ambulatorio”. Este proceso comprende el análisis de la condición del paciente y su diagnóstico, el proceso de diseño del tratamiento a administrar al paciente y el proceso de planificación y ejecución del monitoreo remoto del paciente. También comprende la gestión de las alertas generadas por este proceso de monitoreo y el control ambulatorio periódico de la situación del paciente.

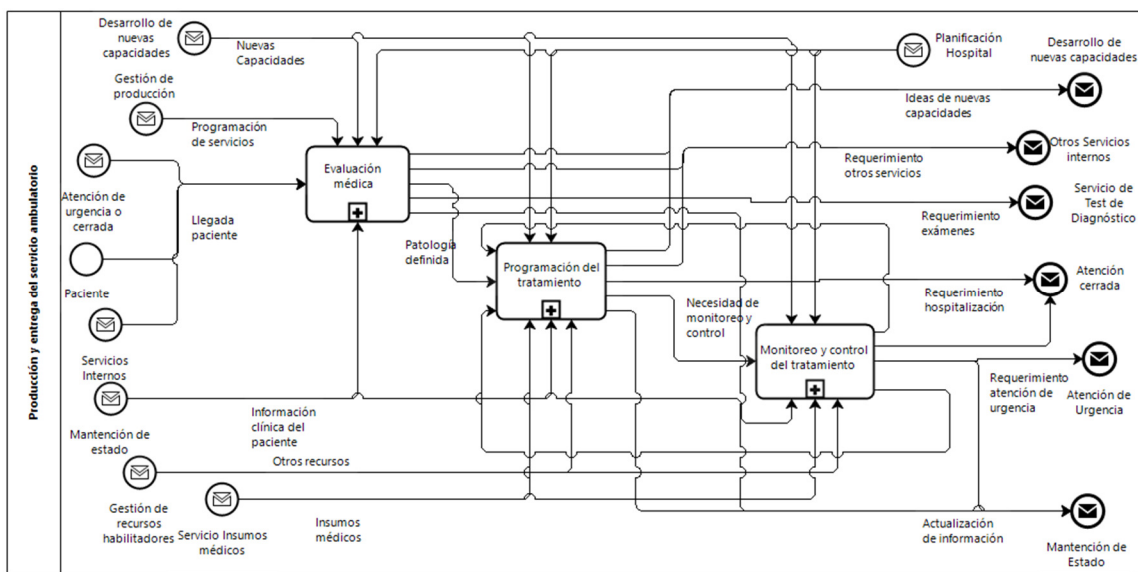
### **3.3.1. Producción y Entrega del Servicio Ambulatorio**

En la **Ilustración 27** puede notar el detalle del proceso “Producción y Entrega del Servicio Ambulatorio”. En primer lugar, se realiza una “Evaluación médica”, que corresponde a la consulta médica a la que el paciente llega para que su condición sea evaluada, y tiene como objetivo la determinación de un diagnóstico que explique la condición actual del paciente.

En segundo lugar, se realiza la “Programación del Tratamiento” que corresponde al diseño del tratamiento a administrar al paciente, este puede comprender: medicación, terapias fuera/dentro del hospital, atención de especialistas, cambios en el estilo de vida, entre otros.

Finalmente está el proceso de “Monitoreo y control del paciente”, este proceso tiene que ver con el monitoreo remoto de los indicadores definidos por el médico en el proceso anterior; éste se encarga de recibir, consolidar y enviar estos datos a “Servicios de Salud

Ubicuos”, que ejecutará uno o varios servicios *u-health* de acuerdo a la información recibida sobre el paciente. Además, en este proceso ocurre el de control del paciente por un especialista, que se desencadena ya sea por ser un control previamente agendado en consulta, o bien, por alguna alarma o notificación desencadenada por el proceso anterior. Este proceso tiene como objetivo analizar la evolución o la condición que desencadenó la alerta sobre la situación del paciente, de manera de efectuar cambios al tratamiento en el primer caso o de efectuar acciones correctivas.



**Ilustración 27:** Proceso de Producción y Entrega del servicio ambulatorio.  
**Fuente:** Elaboración propia.

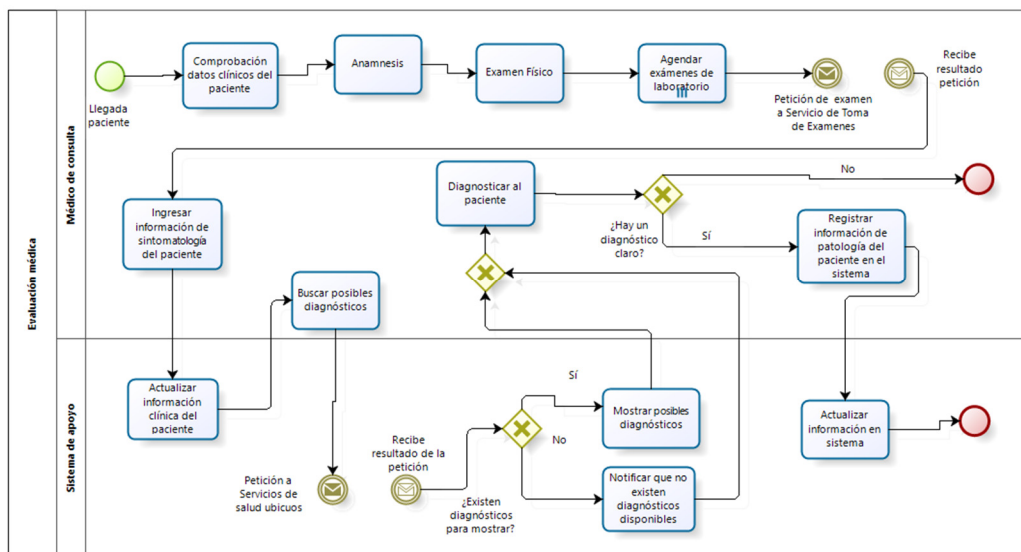
A continuación, se detallarán los procesos que componen el proceso de “Producción y Entrega del Servicio Ambulatorio”.

### 3.3.1.1. Evaluación médica

El detalle de este proceso se muestra en la **Ilustración 28**, como un proceso BPMN. El proceso parte con la visita del paciente a la consulta del médico, quien realizará las labores básicas para determinar diagnóstico: Comprobación de datos clínicos del paciente a través del sistema informático del hospital (de existir), la anamnesis y el examen físico. Luego de esto el médico puede solicitar la realización de exámenes adicionales para descartar o confirmar patologías o condiciones.

El sistema de apoyo participa una vez el médico termina esta labor y decide ingresar a la plataforma propuesta la información de síntomas, signos y exámenes del paciente. El médico podrá pedir al sistema recomendaciones de posibles diagnósticos a través del sistema, lo que desencadenará una petición a servicios ubicuos. El resultado de esta petición, de ser favorable, mostrará al médico los posibles diagnósticos ordenados de acuerdo a un valor semántico, el médico puede o no aceptar alguno de estas recomendaciones. Luego de esto el médico determina un diagnóstico definitivo, en cuyo caso registrará la información sobre la patología del paciente en el sistema; o bien, podría no llegar a un diagnóstico claro, con lo cual el proceso terminaría con una salida

alternativa, por ejemplo, la derivación del paciente a otro especialista, esto último no está modelado en el proceso, pues no es de interés para este trabajo.

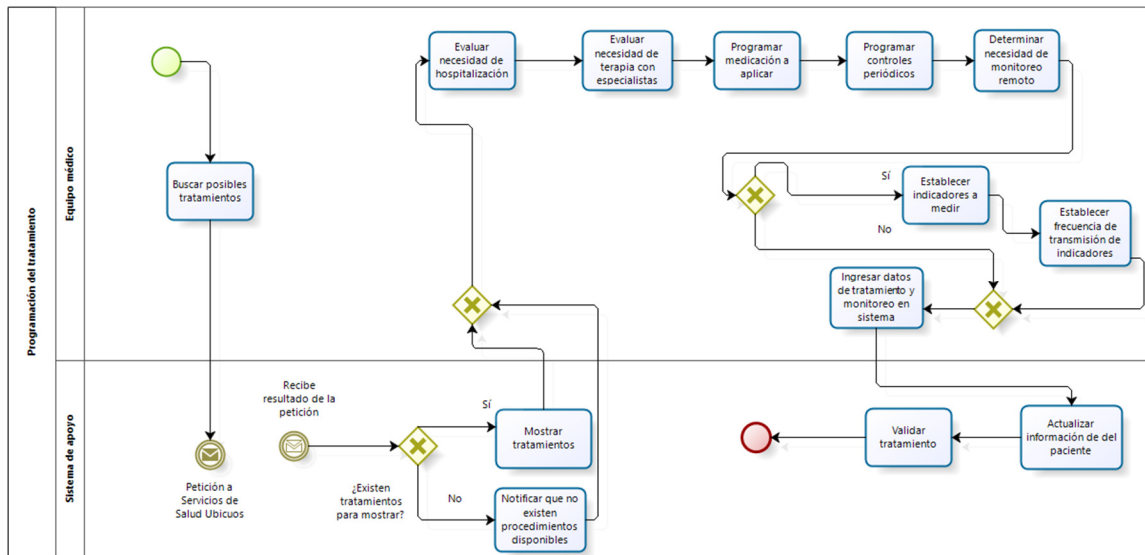


**Ilustración 28:** Proceso de Evaluación Médica.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.1.2. Programación del tratamiento

En la programación del tratamiento (**Ilustración 29**), el médico o el equipo médico conformado por distintos profesionales de la salud diseñarán el tratamiento a administrar al paciente, una vez ya se ha determinado el diagnóstico preciso de alguna condición.

El proceso inicia con la solicitud de apoyo del médico al sistema, pidiéndole recomendaciones de tratamientos, esto es: medicamentos, terapias con especialistas, cambios en estilo de vida, entre otros. El sistema tomará la información contenida sobre el paciente y actualizada con el diagnóstico de éste en el anterior proceso para consultar a Servicios de Salud Ubicuos y solicitar recomendaciones de tratamientos. Recibida la respuesta, de ser favorable, el sistema desplegará los resultados al médico, quien podrá o no tomar las recomendaciones que este le despliegue. Luego de esto, se efectuarán las actividades de diseño del tratamiento: Evaluar si es necesario hospitalizar al paciente, si es necesaria alguna consulta adicional con especialistas (por ejemplo, con un nutricionista, para elaborar dieta), evaluar la necesidad de medicación, programar los controles del paciente con los distintos especialistas involucrados en su cuidado y, finalmente, la determinación de la necesidad de monitorear de manera remota algún signo vital del paciente, en cualquier caso, toda esta información será registrada por el médico en el sistema de apoyo.



**Ilustración 29:** Programación del Tratamiento  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.1.3. Monitoreo y control del paciente

El detalle de este proceso se muestra en la **Ilustración 30**. El proceso de Monitoreo y control del paciente, tiene además dos procesos dentro de su especificación.

El primero corresponde al proceso de “Control de sistema y generación de alarmas”, el cual funciona como un controlador, encargado de recibir la información de monitoreo del paciente, enviársela a Servicios de Salud Ubicuos y manejar la respuesta recibida. Esta respuesta, en el caso de que el contexto del paciente y el proceso de negocio ejecutado lo indicaran, significará la notificación a algún profesional de la salud a cargo de la condición del paciente, esto está representado por el mensaje que se ve entre “Control de sistema y generación de alarmas” y el segundo proceso dentro de esta especificación “Atención de control por especialista”.

Este segundo proceso reúne dos lógicas: la primera tiene que ver con el control periódico y rutinario del paciente en consulta, el que tiene como objetivo analizar la evolución de la enfermedad en el paciente y la efectividad del tratamiento prescrito, pudiéndose modificar alguna de las intervenciones que componen a este tratamiento. La segunda, tiene que ver con el manejo de las notificaciones o alarmas por parte del especialista, quien tomará las medidas que considere necesarias frente a la situación actual del paciente.



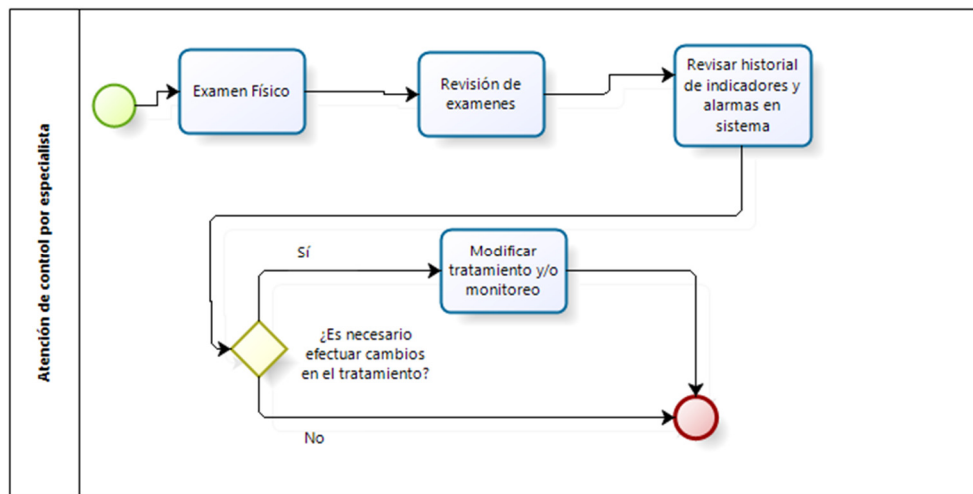




desencadenado una vez que todos los indicadores del paciente se han actualizado y sincronizado, en este caso se requiere de un actor externo al sistema que se encargue de sincronizar la información de cada uno de las señales capturadas al paciente y notificar al controlador respectivo de que estos indicadores han sido actualizados.

### 3.3.1.3.2. Atención de control por especialista

Sólo se especificará el caso del control en consulta del especialista. Este se puede ver en la **Ilustración 32**.



**Ilustración 32:** Detalle del proceso de Atención de control por especialista

**Fuente:** Elaboración propia.

El proceso de control es similar al de evaluación médica. El médico especialista realiza un examen físico al paciente y los datos de los últimos exámenes que se ha tomado el paciente, si es que existieran. Luego acudirá al sistema de apoyo para visualizar el historial de los indicadores de los signos vitales monitoreados al paciente, que se especificaron en la etapa de Programación del tratamiento, como un plan de monitoreo. A partir de toda esta información, el especialista tomará la decisión de modificar en algún aspecto el tratamiento administrado al paciente, estos cambios deberán reflejarse en el sistema de apoyo.

## 3.4. Lógica compleja de negocios

Existen algunas actividades y subprocesos de los procesos descritos anteriormente que presentan una lógica automatizada o semi-automatizada. En esta sección se detallarán estas actividades, las que debido a su complejidad requieren de un análisis más riguroso.

### 3.4.1. Generar contexto de alto nivel

En el proceso de determinación de contexto de alto nivel se trabaja con dos tipos de información contextual: Contexto médico y Contexto de alto nivel. Antes de entrar en el detalle de este proceso, conviene explicar las diferencias entre ambos.

El contexto médico o intrínseco tiene que ver con toda la información de salud asociada a un paciente, puede pensarse en la información que estaría dentro de la ficha clínica de un paciente, reuniendo información sobre: Enfermedades, Síntomas, Signos, Intervenciones (Tratamientos) y Síndromes. Cada paciente tiene un contexto médico asociado distinto. Así también, un proceso *u-health* o un servicio de detección de contexto podrían tener contextos médicos asociados, que indican bajo que enfermedades, sintomatología, etc. deben ser ejecutados. Por ejemplo, un servicio de detección de contexto asociado a presión arterial (PA) puede tener asociado al contexto médico “Hipertensión”, indicando que su ejecución está recomendada para ese contexto específico del paciente; otro servicio similar podría tener asociados los contextos “Hipertensión” y “Diabetes Tipo II”, indicando que debe ejecutarse en pacientes con ambas enfermedades.

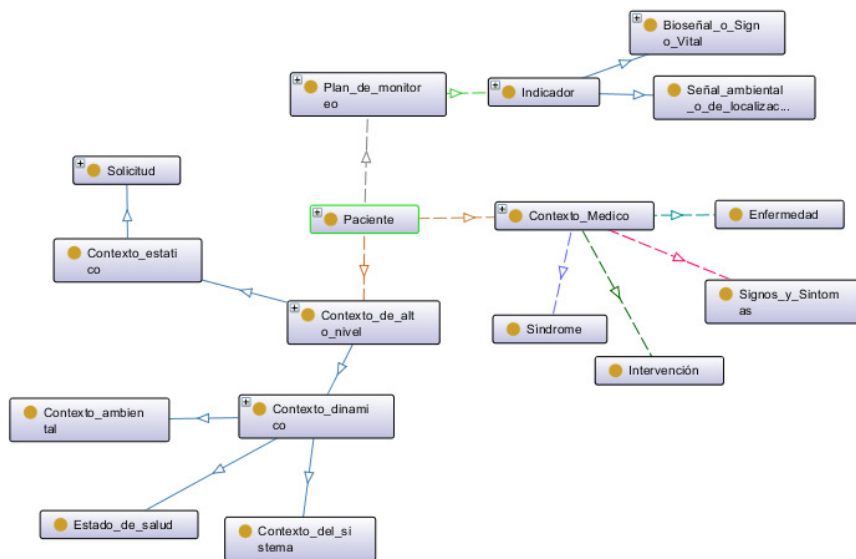
El contexto de alto nivel o extrínseco corresponde a información sobre la situación actual del paciente, del sistema de monitoreo o del usuario que interactúa con el sistema, pudiendo clasificarse en los siguientes tipos:<sup>3</sup>

- Estado de Salud: Que reúne a situaciones inmediatas e inferibles a partir de biosensores sobre el estado de salud del paciente. Se excluyen de esta categoría al dominio de las enfermedades, síndromes y sintomatología, que muchas veces pueden coincidir semánticamente con esta categoría, pero cuya activación en la ontología no es automática, sino que, como se explicó antes, depende de la interacción del médico con el sistema. Ejemplos de un estado de salud podría ser “Paciente con subida súbita de presión arterial” o “Paciente con dificultad para respirar” o “Paciente con taquicardia”.
- Contexto de Localización: Como su nombre lo indica, se refiere a contexto asociado a la posición del paciente en un espacio determinado. Por ejemplo: “Paciente en su pieza en reposo”, “Paciente fuera de casa”, “Paciente recostado”.
- Contexto Ambiental: Relacionado a factores que rodean y afectan al paciente, como pueden ser la humedad del lugar donde se encuentra o la luminosidad del mismo.
- Contexto del sistema: Está relacionado con los biosensores y el sistema informático en sí. Por ejemplo, si se detecta que alguna bioseñal no fue correctamente capturada.
- Solicitud: Son simples solicitudes realizadas por el usuario a través del sistema. Por ejemplo: “Visualización de indicadores del paciente”, “Recomendaciones de tratamientos”.

En la **Ilustración 33** se muestran los principales elementos de contexto relacionados a un paciente.

---

<sup>3</sup> El detalle de esta clasificación del contexto puede verse en la sección 4.2.5, dónde se describen las ontologías y modelos de datos utilizados en el *framework*.

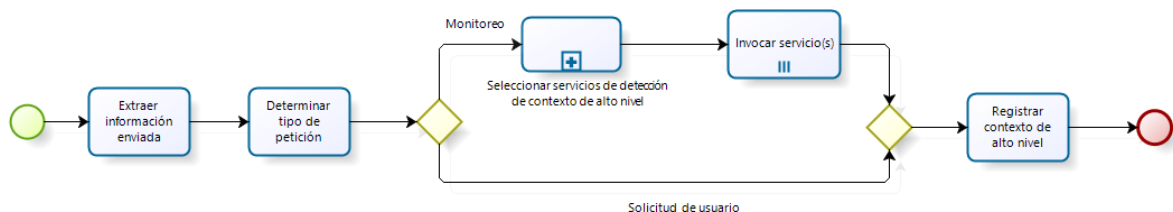


**Ilustración 33:** Grafo mostrando a un paciente y sus relaciones.  
**Fuente:** Elaboración propia

El proceso de generación de contexto de alto nivel (**Ilustración 34**) inicia con la extracción de la información enviada, luego el sistema debe determinar el tipo de petición que se está haciendo, la que puede corresponder a dos tipos<sup>4</sup>:

- **Monitoreo:** Peticiones realizadas por controladores asociados a planes de monitoreo definidos por el médico, esto es, redes de biosensores que envían información a estos controladores de manera sincronizada.
- **Petición de usuario:** Solicitudes realizadas por el médico u otro usuario para pedir algún tipo recomendación, información o visualizar algún tipo de dato sobre el paciente.

La necesidad de hacer esta diferenciación entre peticiones se explica por cómo se genera el contexto de alto nivel. En el caso del monitoreo, la información está compuesta de múltiples indicadores o signos vitales del paciente y es necesario ejecutar algún modelo o servicio contextual que permita inferir a partir de esta *raw data*, un contexto de alto nivel, entendible por el sistema.



**Ilustración 34:** Detalle del proceso “Generar contexto de alto nivel”  
**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>4</sup> Eventualmente esta lista podría expandirse en las siguientes iteraciones del *framework*.

Por lo tanto, lo que se hace en este caso es consultar a una ontología de contexto médico que reúne servicios de detección de contexto de alto nivel, los servicios asociados a los indicadores monitoreados al paciente serán comparados y ordenados según el nivel de similitud de estos servicios con la información médica del paciente (enfermedades, síndromes y sintomatología del paciente). Los servicios con un mayor nivel de coincidencia serán seleccionados y luego invocados a través de peticiones HTTP. La respuesta de cada uno de estos servicios serán contextos de alto nivel que se registrarán o activarán para el usuario. El detalle de este proceso se explica en 3.4.1.1

Por ejemplo, Echeverría [1] propone un sistema de monitoreo remoto para pacientes con enfermedad respiratoria crónica, en el que se monitorean indicadores como la frecuencia respiratoria del paciente, el ritmo cardiaco, la saturación de oxígeno en la sangre y la temperatura del paciente. Con esta información, se ejecuta un modelo de predicción de riesgo de crisis que predice el nivel de riesgo de crisis en tres valores: Alto, Medio y Bajo. Utilizando la lógica del *framework*, el servicio de detección de riesgo de crisis sería encapsulado como un servicio RESTful, cuya interfaz es conocida y está registrada en la ontología de contexto médico; al ser invocado, este servicio enviaría como respuesta el nivel de riesgo de crisis respiratorio para el paciente, lo que se registraría como contexto de alto nivel activo para éste.

El caso de las solicitudes de usuario es más directo, pues es información que envía el controlador y sobre la que no se necesita realizar ninguna inferencia adicional.

#### 3.4.1.1. Seleccionar servicios de detección de contexto de alto nivel

Un servicio de detección de contexto no es más que un servicio RESTful que tiene como input una serie de indicadores y como output algún tipo de contexto de alto nivel. En general, los servicios de detección de contexto son genéricos y no dependen del contexto médico del paciente. Sin embargo, algunos servicios pueden tener asociada esta información, por ejemplo, un servicio de detección de alza de presión para un paciente hipertenso es distinto que uno para un paciente que además es diabético (En pacientes diabéticos los límites de presión arterial considerados “normales” son inferiores al de un paciente hipertenso y no diabético) Por esta razón, la relación entre un servicio y un contexto médico es funcional, es decir, tiene cardinalidad [0,1] (i.e. Si existe es sólo un contexto médico)

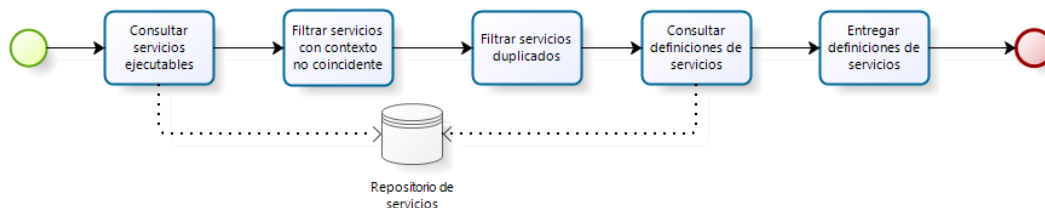
El proceso de selección mostrado en la **Ilustración 35** corresponde a una serie de consultas SPARQL que permitirán definir servicios ejecutables, es decir, aquellos para los que se tiene toda la información necesaria para su ejecución. Se asume que los inputs de estos modelos son todos indicadores, es decir, señales que son monitoreadas al paciente de manera remota. La restricción que se impone es que los indicadores solicitados como input por este servicio sean parte del plan de monitoreo del paciente, matemáticamente:

$$I_S \subseteq I_P$$

Donde  $I_S$  corresponde al conjunto de indicadores definidos como input del servicio e  $I_P$  es el conjunto de indicadores monitoreados al paciente.

Una vez obtenido el conjunto de servicios ejecutables, es necesario filtrar aquellos servicios que, si bien se dispone del input para invocarlos, tienen asociado algún tipo de contexto médico que no coincide con el del paciente.

Finalmente, con el conjunto de servicios ya completamente definido, se entrega su definición al sistema para que los ejecute.

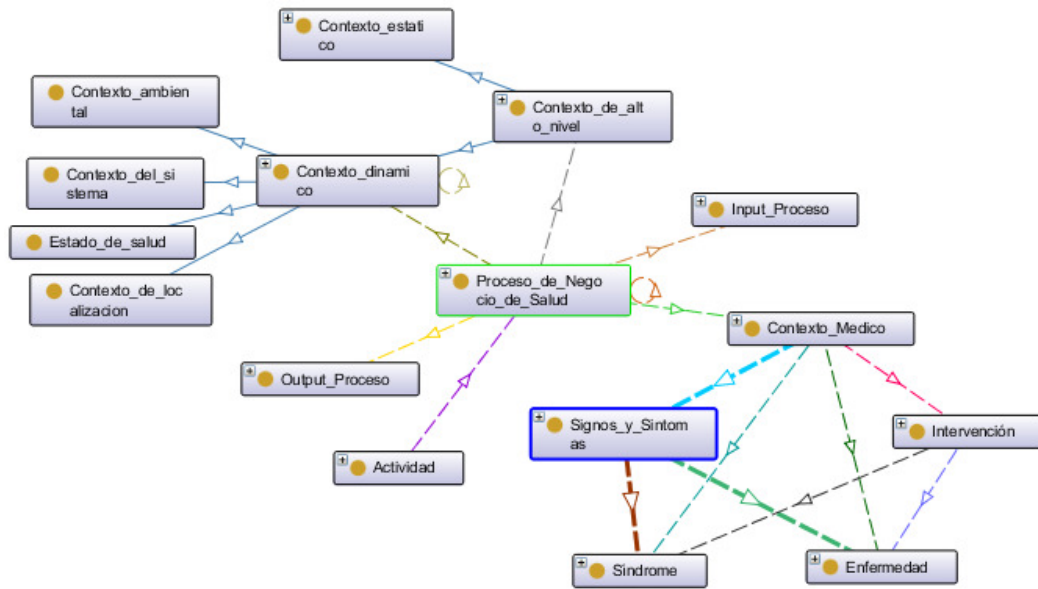


**Ilustración 35:** Detalle del proceso “Seleccionar servicios de detección de contexto de alto nivel”  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4.2. Seleccionar proceso *u-health*

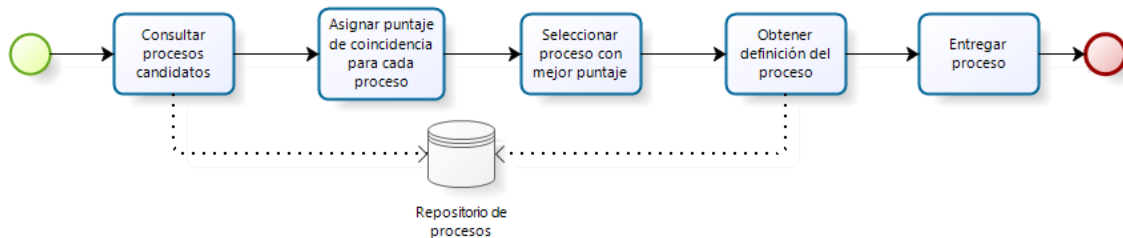
Una vez registrados los contextos de alto nivel del paciente es necesario seleccionar el proceso *u-health* que mejor responda a este contexto.

Un proceso *u-health* es simplemente un proceso de negocio definido en estándar BPMN 2.0. Consta de una serie de precondiciones, esto es, contexto de alto nivel necesario para su ejecución. Puede contar también con un efecto, en caso de provocar algún cambio en la condición del paciente. Este efecto no es más que un contexto de alto nivel semánticamente opuesto a otro, por ejemplo, si un paciente tiene activado el contexto “Taquicardia”, un contexto de alto nivel opuesto sería “Frecuencia cardiaca normal”; este podría ser el efecto de un proceso *u-health* encargado de normalizar la frecuencia cardiaca de un paciente, por ejemplo. Además, los procesos *u-health* al igual que los pacientes, tienen asociados un contexto médico necesario para su ejecución, es decir, enfermedades, síndromes y síntomas para los cuales se recomienda su uso. La **Ilustración 36** resume los elementos asociados a un proceso y que se consideran para su comparación.



**Ilustración 36:** Propiedades asociadas a un Proceso de Negocio de Salud  
**Fuente:** Elaboración propia

La selección de procesos *u-health* inicia con la elección de un conjunto de procesos candidatos: se escogen todos los procesos que coincidan total o parcialmente con el contexto de alto nivel que registra el paciente. Matemáticamente, si se tiene un paciente con semántica  $T_{paciente}$ , que en este caso corresponde a todos los contextos de alto nivel que se le registraron en el paso anterior, y un proceso  $P$  con una semántica de precondiciones  $T_{proceso}$ , entonces el proceso  $P$  será seleccionable si  $T_{paciente} \supseteq T_{proceso}$ . Es decir, si el contexto de alto nivel asociado al proceso es subconjunto del contexto de alto nivel del paciente, entonces se tendrá que el proceso es candidato.



**Ilustración 37:** Detalle del proceso "Seleccionar proceso u-health"  
**Fuente:** Elaboración propia.

Luego de este paso, es necesario seleccionar los procesos que mejor coincidan con el contexto (tanto intrínseco como extrínseco) del paciente. El contexto de cada uno de los procesos candidatos es comparado semánticamente con el contexto del paciente a través de una **función de similitud**, cuyo resultado es un valor entre 0 y 1 que indicará la similitud entre los contextos médicos del proceso y el paciente; mientras más cercano a 1 sea este valor, más similares serán los contextos comparados.

Formalmente, una función de similitud entre dos entidades, conceptos u objetos pertenecientes a una ontología  $O$  es una función de la forma:  $\sigma: O \times O \rightarrow [0,1]$  tal que:

$\forall x, y \in O, \sigma(x, y) \geq 0$  (positividad)

$\forall x, y, z \in O, \sigma(x, x) \geq \sigma(y, z)$  (maximalidad)

$\forall x, y \in O, \sigma(x, y) = \sigma(y, x)$  (simetría)

Así, si un proceso tiene asociado un contexto médico  $CM_{proceso}$  y el paciente tiene activo un contexto  $CM_{paciente}$  es necesario definir una función  $sim(CM_{proceso}, CM_{paciente})$ , que permita determinar la similitud entre ambos contextos. En el caso de que un proceso cuente con más de un contexto médico, basta tomar el puntaje del contexto médico que mejor coincida con el del paciente, es decir, el máximo:

$$P_{Proceso Paciente} = \max_{CM_{iproceso} \in CM_{proceso}} sim(CM_{iproceso}, CM_{paciente})$$

Donde  $P_{Proceso Paciente}$  es el puntaje o medida de similitud entre el proceso y el paciente y  $CM_{proceso}$  es el conjunto de contextos médicos asociados al proceso.

Cabe señalar que si el paciente tiene activo un contexto que tiene un efecto opuesto (y beneficioso), entonces esta propiedad se incorpora al contexto de alto nivel del paciente. Esto le da un puntaje mayor a los procesos que tienen efectos beneficiosos para el paciente, es decir, que mejorarán su condición actual.

Respecto a la función de similitud, en la literatura existen diversas métricas utilizadas para medir similitud entre objetos. Para este caso se decidió utilizar la similitud coseno, que mide el coseno del ángulo entre dos vectores de características, y que es de uso extendido en el campo de *information retrieval*, en el caso específico de comparación de documentos, el que se asemeja muchísimo al caso desarrollado en esta memoria. Esta función es de la forma:

$$P_{paciente, proceso} = P(\vec{\omega}_{proceso}, \vec{\omega}_{paciente}) = \frac{\sum_{i=1}^K \omega_{i, proceso} \omega_{i, paciente}}{\sqrt{\sum_{i=1}^K \omega_{i, proceso}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^K \omega_{i, paciente}^2}}$$

K es el número de contextos activos tanto en el paciente, como en el proceso. Los vectores  $\vec{\omega}_{proceso}$  y  $\vec{\omega}_{paciente}$  son vectores de pesos, donde cada peso  $\omega_{i,p}$  representa la importancia del contexto i para el recurso (paciente o proceso).

Para este caso, la noción de peso o importancia puede ser reemplazada por la de presencia de algún contexto en particular. Es decir, si un contexto específico está activo en el recurso, entonces su peso en el vector de características será 1, en caso contrario, será 0:

$$\omega_{i,p} = \begin{cases} 1, & \text{si el elemento } i \text{ es parte del contexto de } p \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

El proceso finaliza con la entrega de la definición del proceso a SSU, el que deberá decidir si acepta o no el proceso, en caso afirmativo, solicitará su ejecución. En caso contrario, solicitará un nuevo proceso.

### 3.4.3. Medidas de similitud adicionales

El cálculo de similitudes mostrado en el paso anterior tiene algunas limitaciones que hacen que sea demasiado restrictivo al momento de seleccionar procesos. El principal problema tiene que ver con que este se realiza haciendo una comparación sintáctica entre las entidades pertenecientes a cada contexto, esto es, si se tienen dos instancias de contextos  $C1$  y  $C2$ , ambos coincidirán si y sólo si pertenecen a la misma clase, y la comparación entre clases no es más que una comparación a nivel de sintaxis, en palabras simples: Si los *strings* de ambas clases coinciden.

Adicionalmente, la utilización de la similitud coseno como medida de similitud entre contextos médicos ignora el hecho de que ambos objetos son un conjunto de instancias sobre ontologías, ambas con una jerarquía de clases definida, es decir, en la que las clases o conceptos están relacionados a través de relaciones de orden, en las que hay conceptos que son subconceptos de otros. Al momento de construir los vectores de características se pierde la información sobre la estructura de cada ontología. Lo anterior restringe en gran medida la selección de procesos, pues sólo serán seleccionados aquellos que coincidan exactamente con la información contextual del paciente, dejando fuera a aquellos que pueden tener una coincidencia parcial, por ejemplo, si las instancias no coinciden a nivel clases, pero si a nivel de superclases.

Como una manera de hacerse cargo de este problema, se plantean dos soluciones:

La primera es utilizar una medida de similitud distinta al coseno (que es, como se observó, eminentemente sintáctica) en la que se consideren ambos contextos como un conjunto de instancias sobre una misma ontología, la que a su vez es una jerarquía de conceptos. Para esto se utilizará la similitud taxonómica, la que considera, al comparar dos entidades dentro de una ontología, su posición en la jerarquía de clases.

La segunda es una versión expandida de la similitud coseno, en la que se consideran las relaciones de clase dentro de la ontología antes de construir los vectores de características, incorporando a los vectores la información sobre la jerarquía representada en las ontologías de contexto médico.

A continuación, se explicarán ambas soluciones.

#### 3.4.3.1. Similitud taxonómica

Este método se basa en la similitud taxonómica planteada por Maedche et al. [57]. El cálculo de similitudes entre contextos se realiza en base a las posiciones de las instancias con respecto a una jerarquía de conceptos, aunque sólo considerando las relaciones de superclase entre éstos, en lo que se conoce como *upwards cotopy* (UC).

Para explicar esta similitud, serán necesarias algunas definiciones adicionales, extraídas de [58].

Definición 1 (Estructura ontológica)

Una estructura ontológica es una 6-tupla  $O := \{C, P, A, H^c, prop, att\}$  compuesta por:

- Dos conjuntos disjuntos  $C$  y  $P$  cuyos elementos se denominan conceptos e identificadores de relaciones, respectivamente.



- Una jerarquía de conceptos  $H^c \subseteq C \times C$ , relación transitiva y dirigida, denominada también taxonomía de conceptos.  $H^c(C_1, C_2)$  significa que  $C_1$  es subconcepto de  $C_2$  o, dicho de otra manera,  $C_1$  es subclase de  $C_2$ .
- Una función  $prop: P \rightarrow C \times C$ , que relaciona a los conceptos de forma no taxonómica (es decir, todas las relaciones que no son del tipo “subclassOf”).
- Una función  $att: A \rightarrow C$  que relaciona conceptos con valores literales (atributos).

Definición 2 (Estructura de metadatos)

Una estructura de metadatos es una 6-tupla  $MD := \{ O, I, L, inst, instr, instl \}$  que consta de:

- Una ontología  $O$ .
- Un conjunto  $I$ , cuyos elementos son llamados identificadores de instancias.
- Un conjunto de valores literales  $L$ .
- Una función  $inst: C \rightarrow 2^I$  denominada instanciación de conceptos, y una función  $instr: P \rightarrow 2^{I \times I}$  denominada instanciación de relaciones.
- Una instanciación de atributos descrita por la función  $instl: P \rightarrow 2^{I \times L}$ .

Definición 3 (Upwards Cotopy)

$$UC(C_i, H^c) := \{C_j \in C \mid H^c(C_i, C_j) \vee C_j = C_i\}$$

La *upwards cotopy* es el conjunto de todas las superclases de  $C_i$ , en este caso la atención se restringe sólo a los superconceptos de  $C_i$  y a la relación reflexiva de  $C_i$  consigo mismo. A partir de la definición de UC se puede definir una coincidencia entre conceptos (*concept match*):

Definición 4 (Concept Match)

$$CMa(C_1, C_2) := \frac{|(UC(C_1, H^c)) \cap (UC(C_2, H^c))|}{|UC((C_1, H^c)) \cup (UC(C_2, H^c))|}$$

Básicamente, el concept match entre dos conceptos corresponde al número de clases que son superclases de ambos, dividido por el número de clases que son superclases de  $C_1$  o de  $C_2$ . Con esta medida de similitud entre conceptos, es posible definir una similitud entre instancias:

Definición 6 (Similitud taxonómica entre instancias)

$$TS(I_1, I_2) = \begin{cases} 1, & \text{si } I_1 = I_2 \\ \frac{CM(C(I_1), C(I_2))}{2}, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

En el caso de que ambas instancias coincidan, su similitud será 1. En caso contrario, se calculará el concept match entre las clases de ambas, este valor dividido entre 2 será la similitud taxonómica entre ambas instancias.

A partir de esta similitud, es sencillo derivar una similitud entre conjuntos de instancias, como es el caso de los contextos del paciente y el proceso ¿Cómo? Calculando para

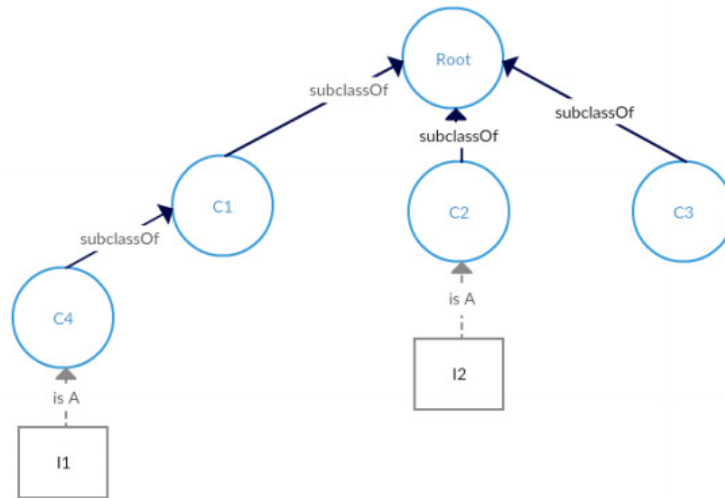
cada par de instancias  $(I_j, I_k)$  con  $I_j \in CM_{paciente}$  e  $I_k \in CM_{proceso}$ , su similitud taxonómica. La similitud sería simplemente el promedio simple entre estas similitudes:

$$TS(CM_{paciente}, CM_{proceso}) = \frac{\sum_{j=1}^{|CM_{paciente}|} \sum_{k=1}^{|CM_{proceso}|} TS(I_{CM_{paciente}j}, I_{CM_{proceso}k})}{|CM_{paciente}| |CM_{proceso}|}$$

### 3.4.3.2. Similitud coseno expandida

Como se señaló en 3.4.2, el rango del vector de características corresponde al cardinal de la unión de los contextos del paciente y el proceso:  $|CM_{proceso} \cup CM_{paciente}|$ . Si ninguno de los conjuntos está incluido en el otro, entonces necesariamente el vector de características, tanto del paciente como del proceso, deberá tener al menos un valor nulo.

La idea detrás de este método es reemplazar las componentes del vector de características del paciente con valor nulo, que representan instancias de contexto que no están activas, por valores distintos de cero, siempre y cuando estas instancias pertenezcan a una superclase de otra instancia que si esté activa.



**Ilustración 38:** Ejemplo de ontología instanciada  
Fuente: Elaboración propia.

Para explicar mejor, considérese la **Ilustración 38**, que representa una ontología con instancias I1 e I2. Si se construyera un vector de características utilizando el método original, sólo las componentes asociadas a C4 y C2 serían distintas de cero. Sin embargo, nótese que C4 es a su vez subclase de C1, e I1 es instancia de C4, por tanto, también lo es de C1. La idea del método es dar cuenta de esta relación de subclase y asignarle un valor no nulo a C1.

Para esto, se construye el vector de características de la misma manera que en el método original. Hecho esto, para cada componente nula se iterará sobre cada componente no nula en la jerarquía de clases hasta llegar a la clase de la componente nula. En caso de que se llegue a esta componente desde varias otras, se tomará la que tome un menor número de iteraciones o que esté a una menor distancia de la clase original.

El algoritmo es como sigue. Supóngase que se tiene  $\omega_{paciente}$ , vector de características de un paciente. Si existe una componente  $\omega_{ipaciente} = 0$  en el vector de características del paciente, entonces se debe encontrar un  $j \neq i$  tal que:

$$d(C(j), C(i)) = \min_{k \neq i} d(C(k), C(i)), \text{ con } k \in H^C(C(k), C(i))$$

Donde  $d(u, v)$  es la distancia entre ambos conceptos en la jerarquía de clases, esta distancia corresponde al número de vértices que separan a ambos conceptos, o también, al número de veces que debe iterarse sobre la taxonomía para llegar desde  $u$  hasta  $v$  suponiendo que  $(u, v) \in H^C$

En palabras simples, si en el vector de características del paciente existe un valor nulo, se procederá a buscar en las componentes no nulas, aquella que:

1. Sea subclase de la clase de la componente nula.
2. Su distancia a la clase de la componente nula sea mínima (con respecto al resto de componentes subclase).

De no existir ninguna componente tal que su clase sea subclase de la componente nula, entonces no existe en el contexto médico del paciente ninguna instancia que sea subclase de la componente nula, por tanto, se mantiene el valor nulo.

En caso contrario, entonces se debe asignar un peso no nulo a esta componente. Dado que el *matching* no es exacto, no correspondería asignar un valor igual a 1.

Una forma sencilla de calcularlo es a través de la expresión  $1/d$ . Dónde  $d$  es la distancia entre subclase y superclase. De esta manera se penaliza la distancia a la que está la subclase de la clase de la componente nula. Eventualmente, si la distancia es muy grande, el valor tenderá a 0.

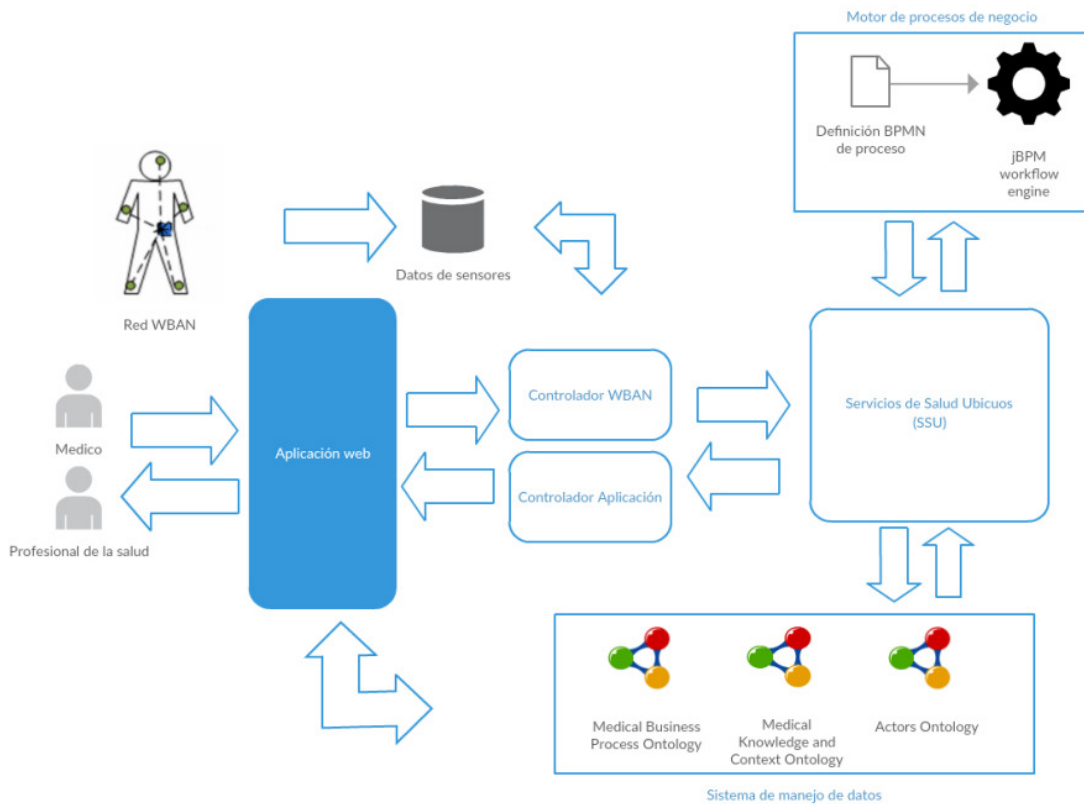
## 4. Arquitectura Tecnológica

En este capítulo se explica el diseño del sistema de apoyo, el que incluye la lógica de Servicios de Salud Ubicuos. En primer lugar, se detalla la arquitectura diseñada para el sistema de apoyo, en la que se implementan las lógicas mostradas en el diseño de procesos en atención ambulatoria y el rediseño de servicios internos. Esta implementación consta de una serie de módulos y sistemas que se encargan de implementar la funcionalidad de los servicios de salud ubicuos y que permiten la interacción de los diversos actores del sistema con los servicios de apoyo *u-health* a definir. Posteriormente, utilizando el lenguaje de modelamiento UML, se especifican las distintas interacciones humano-sistema y las interacciones internas del sistema de apoyo, así como los distintos artefactos del sistema de apoyo.

### 4.1. Arquitectura del sistema de apoyo

La **Ilustración 39** muestra la arquitectura propuesta para el sistema de apoyo que se quiere ofrecer a los médicos, profesionales de la salud y *stakeholders* en general. Esta arquitectura está alineada con los procesos diseñados previamente. La arquitectura implementa un patrón modelo-vista-controlador, y en la cual los profesionales acceden a la funcionalidad de SSU a través de una aplicación web, la que ofrece servicios que generan peticiones a Servicios de Salud Ubicuos. Estas peticiones son gestionadas por un controlador que las envía el *core* del sistema. Servicios de Salud Ubicuos proveerá la funcionalidad requerida, seleccionando y ejecutando un proceso BPMN. La respuesta será entregada de nuevo al controlador solicitante, quien la desplegará en la aplicación al usuario.

En el caso de los dispositivos de captura de datos, como biosensores, el *framework* también ofrece acceso al módulo de SSU. En la arquitectura se asume una red WBAN que envía los datos de bioseñales de manera síncrona a un servidor externo, dónde se realizan las labores de procesamiento de datos, los datos procesados deberán quedar disponibles en una base de datos, archivo de texto o similar. Más tarde un controlador instanciado específicamente para la red WBAN será el encargado de tomar esta información y enviarla como requerimiento a Servicios de Salud Ubicuos (SSU). El resultado de ese requerimiento será devuelto al controlador.



**Ilustración 39:** Arquitectura del sistema de apoyo  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.1.1. Interfaz de adquisición de datos

Representa la captura y transmisión de datos desde el hogar del paciente hacia los controladores. Existen dos tipos de interfaces:

- Redes de sensores: Que capturan información de los signos vitales del paciente. El *framework* da flexibilidad en la transmisión y procesamiento de estos datos, en el sentido que impone únicamente que se deje un acceso a los datos ya procesados al controlador respectivo.
- Formularios web: Otro tipo de información, cuantitativa o cualitativa que no puede ser ingresada o capturada a través de sensores, como lo es la sintomatología del paciente. Comprende también el ingreso de información para solicitudes a SSU que no corresponden al monitoreo remoto. Están incluidas dentro de la aplicación web ofrecida a los usuarios.

#### 4.1.2. Controladores de solicitudes

Controladores encargados de enviar solicitudes a SSU. Existen de dos tipos:

- Controlador web: Encargado de gestionar solicitudes hechas a través de las vistas ofrecidas a los pacientes y profesionales médicos.

- Controlador WBAN: Creado para cada paciente o red WBAN, este controlador se encarga de acceder a los datos de monitoreo del paciente y enviar estos datos a SSU para la ejecución de un servicio *u-health*.

#### **4.1.3. Módulo de Servicios de Salud Ubicuos**

El módulo encargado de gestionar solicitudes para ejecutar servicios *u-health*. Está encargado de orquestar y dirigir todo el proceso de SSU desde que es invocado hasta que el servicio se ejecuta y se envía la respuesta al cliente.

#### **4.1.4. Sistema de manejo de datos o Modelo de descripción semántico**

Reúne a todos las bases de datos, repositorios y ontologías utilizados por SSU. Estos son:

- Ontología de procesos médicos: Reúne, modela y describe los procesos de negocio *u-health* disponibles en el sistema.
- Ontología de contexto médico y servicios contextuales: Modela el conocimiento médico asociado a pacientes crónicos. Reúne y describe además las definiciones de los servicios de detección de contexto disponibles en sistema.
- Ontología de participantes: Encargada de modelar los distintos actores que forman parte del cuidado integral del paciente.

#### **4.1.5. Motor de procesos**

El motor de procesos se encarga de mantener el repositorio de procesos BPMN del sistema y gestionar las solicitudes de ejecución de estos procesos. Este motor funciona utilizando jBPM [43] como BPMS para el modelamiento y ejecución de procesos.

#### **4.1.6. Aplicación web**

Aplicación web dirigida a apoyar a médicos, profesionales de la salud y actores estrechamente involucrados en el cuidado del paciente crónico. Se construye a partir de los procesos de 3.3 y los servicios propuestos que lo componen se describirán a lo largo de este capítulo. Su implementación parcial se describe en el capítulo 5.

### **4.2. Diseño de *software***

En esta sección se hará la modelación de cada uno de los sistemas utilizando UML. UML es un lenguaje de modelado y diseño de sistemas de *software*, permitiendo definir y comunicar de manera sencilla la estructura y comportamiento de un sistema de *software*. Si bien UML comprende una importante cantidad de conceptos y artefactos útiles para la modelación de arquitecturas de *software*, para la modelación del *framework* sólo se utilizarán los diagramas de casos de uso, de secuencia de sistema, de clases y de paquetes.

### 4.2.1. Diagramas de casos de uso

Los diagramas de caso de uso describen las principales interacciones que existen entre los distintos actores (sean personas o no) y el sistema. Muestran la forma, tipo y el orden en que los distintos elementos de un sistema de *software* interactúan. A continuación, se muestran los diagramas de casos de uso de los procesos que presentan una lógica con apoyo computacional dentro del proyecto.

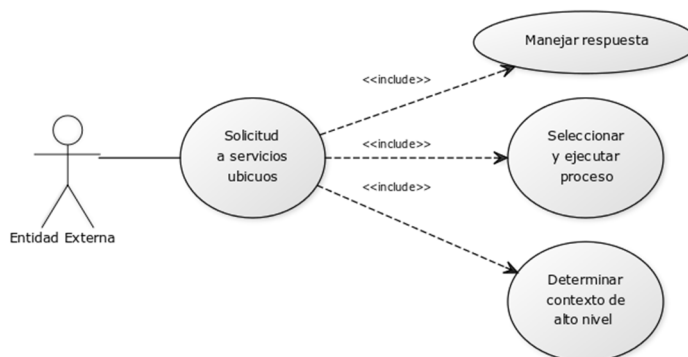
Antes de ir a la explicación de los casos de uso, es importante hacer la distinción entre los casos de uso que se presentarán. En primer lugar, están los casos de uso relacionados a Servicios de Salud Ubicuos (Petición a servicios de salud ubicuos); y en segundo están los asociados a la aplicación web o sistema de apoyo propuesto (Gestionar información del paciente y los casos de uso que extienden de éste). Es importante que el lector tenga clara esta distinción para que no se preste a confusiones la explicación de éste y los demás artefactos que se detallan en el subcapítulo.

#### 4.2.1.1. Petición a servicios de salud ubicuos

Este caso de uso reúne la lógica de funcionamiento de servicios de salud ubicuos. El objetivo de este caso de uso es ofrecer al solicitante, el servicio *u-health* que mejor se adapte a la información de contexto que éste envía al servicio, de manera de prestar apoyo al paciente, cuidadores y/o médicos a cargo de su cuidado.

Las funcionalidades de este caso de uso son las siguientes:

- Determinar contexto de alto nivel: Tiene que ver con definir qué solicitud está haciendo el solicitante y, de ser necesario, ejecutar modelos de detección de contexto de alto nivel para inferir información adicional a partir de los datos enviados.
- Seleccionar y ejecutar proceso: Se encarga de seleccionar el proceso que mejor coincide con el contexto de alto nivel detectado. Una vez seleccionado el proceso, debe ejecutarlo utilizando un motor de *workflows*, jBPM en este caso.
- Manejar respuesta: Tiene que ver con lo que hace el controlador solicitante con la respuesta del servicio ejecutado. Esta respuesta puede variar desde una simple notificación de que los servicios fueron ejecutados correctamente, hasta una respuesta más compleja, como puede ser el envío de un objeto con recomendaciones de tratamiento para el paciente.



**Ilustración 40:** Diagrama de Caso de Uso para Petición a servicios de salud ubicuos

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.1.2. Gestionar información del paciente

Este caso de uso reúne un conjunto de funcionalidades, servicios que el profesional de la salud podrá ejecutar en el sistema de apoyo. El profesional de la salud podrá ejecutar múltiples actividades. La primera, “Gestionar información del paciente”, que ofrecerá una vista general del paciente, sus datos personales y clínicos fundamentales. A partir de esta vista el profesional de la salud podrá seleccionar el resto de las opciones mostradas en el caso de uso. Nótese que este caso de uso implementa toda la lógica vista en los procesos asociados a la Atención Ambulatoria.

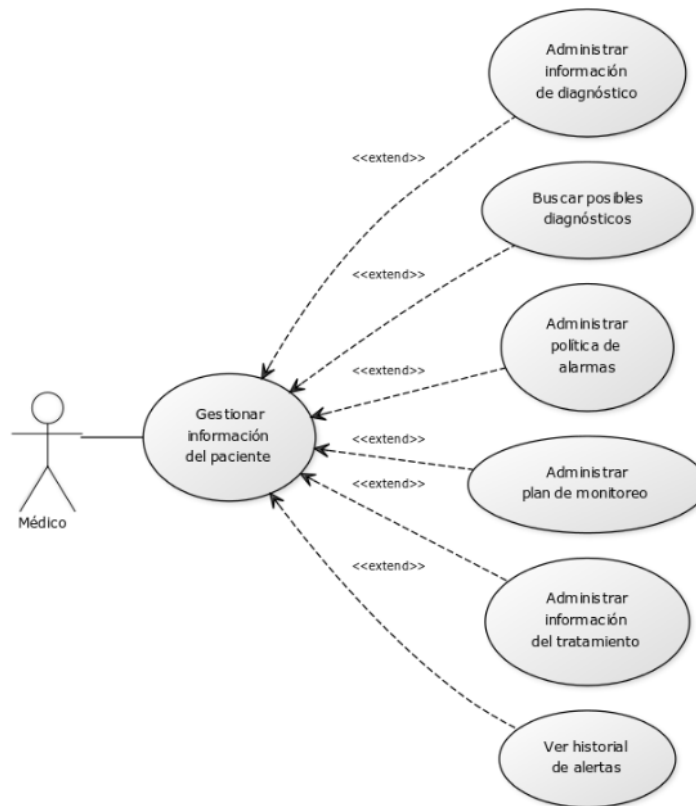
En la **Ilustración 41** se puede apreciar el diagrama de caso de uso “Gestionar información del paciente”. A continuación, se detallarán los casos de uso presentes en el diagrama:<sup>5</sup>

- Administrar información de diagnóstico: Tiene que ver con la administración de los datos de patologías, síndromes, enfermedades y condiciones en general que afectan actualmente al paciente. El médico o profesional puede agregar o eliminar patologías al diagnóstico del paciente.
- Administrar actividades del tratamiento: Tiene que ver con la administración de las actividades, intervenciones, terapias, medicamentos, etc. que actualmente le están siendo administrados al paciente. El médico puede agregar, modificar o eliminar actividades al tratamiento del paciente.
- Administrar plan de monitoreo: En esta actividad el médico administra el plan de monitoreo que se está ejecutando en el paciente. Por plan de monitoreo se entiende a un conjunto de biosensores instalados en el paciente y que envían información de manera síncrona a la plataforma. El médico puede agregar, modificar o eliminar indicadores al plan de monitoreo del paciente.
- Administrar política de alarmas: En esta actividad el médico puede agregar, editar o eliminar alarmas asociadas a distintos estados de la salud del paciente. Una alarma tiene asociada un estado salud, un nivel de riesgo y un actor a notificar.
- Buscar posibles tratamientos: Similar al caso de uso de diagnósticos. Despliega un listado de posibles actividades de tratamiento que coinciden con el diagnóstico y el historial clínico del paciente.
- Buscar posibles diagnósticos: Esta actividad despliega al médico un listado de posibles condiciones o enfermedades que coinciden con la sintomatología, resultados de exámenes del paciente e historial clínico del paciente.
- Ver de historial de alarmas: Un listado de las últimas notificaciones realizadas al médico o algún otro actor asociado al paciente, el *timestamp* de la notificación y el contexto asociado que la desencadenó.

---

<sup>5</sup> El detalle de los casos de uso podrá encontrarlo en Anexos A





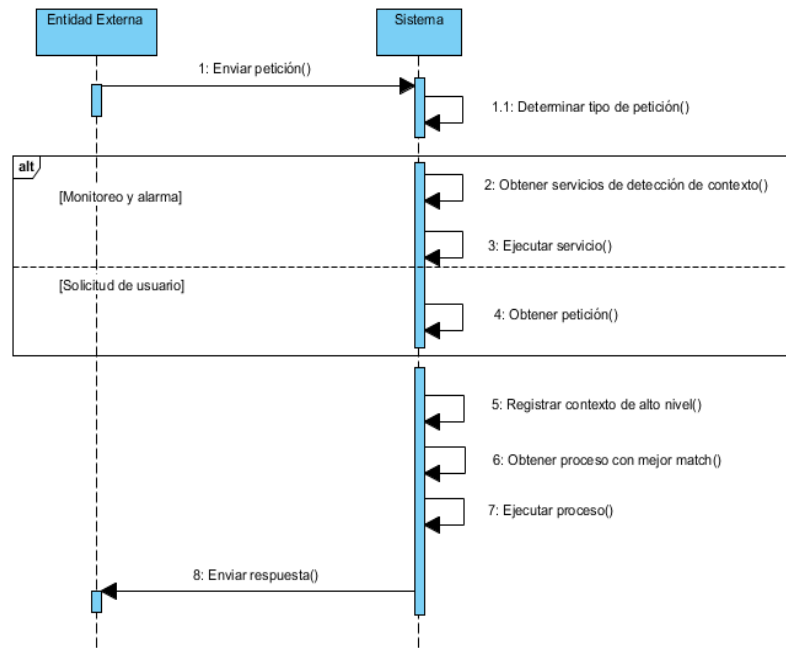
**Ilustración 41:** Diagrama de caso de uso "Gestionar datos del paciente"  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.2. Diagramas de secuencia de sistema

Los diagramas de secuencia permiten modelar las interacciones entre los actores y el sistema, muestran estas interacciones a través del tiempo y surgen a partir de los casos de uso. A continuación, se detallarán los diagramas de secuencia de sistemas que se derivan de los diagramas de casos de uso descritos anteriormente.

##### 4.2.2.1. *Petición a servicios de salud ubicuos*

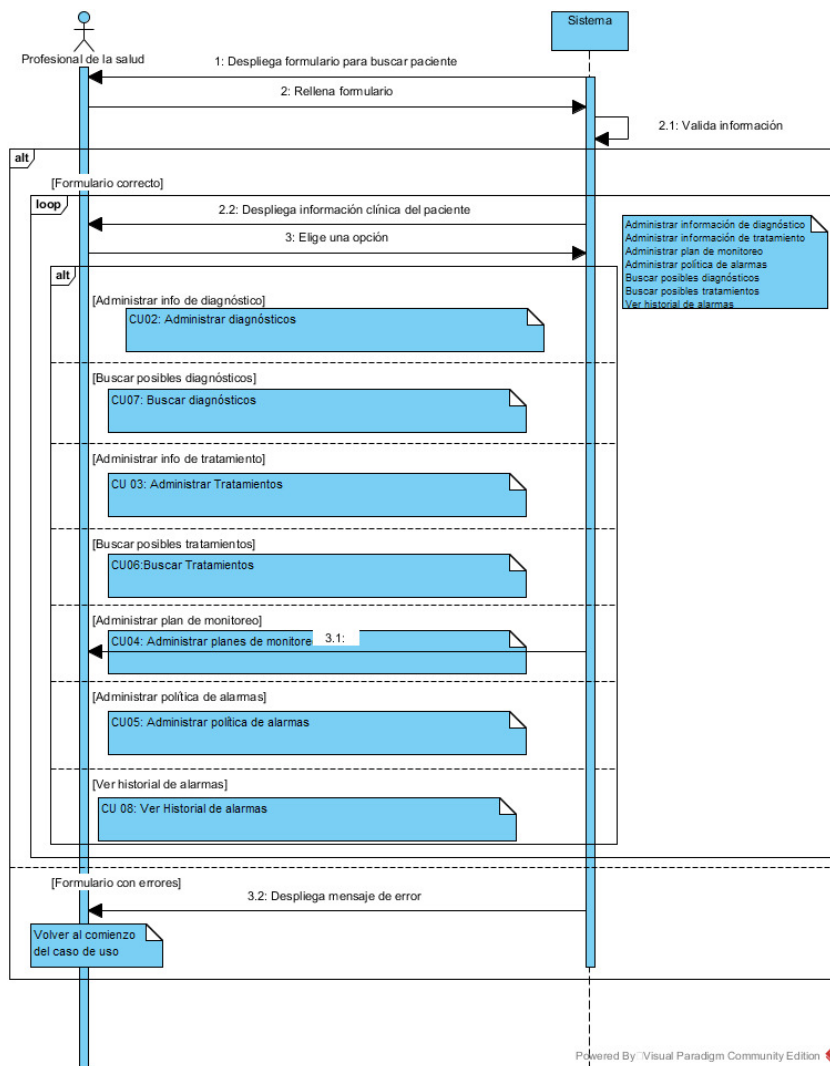
La secuencia de actividades de este diagrama es muy similar al proceso descrito en 3.2.1 y 3.2.2. Se inicia con una petición de una entidad externa, sea humano o algún tipo de controlador asociado a sensores, para la ejecución de servicios de salud ubicuos. Esta petición debe tener la información sobre el paciente y, de manera opcional, sobre los indicadores que le están siendo monitoreados. El sistema determina el tipo de petición que se le está haciendo. En caso de ser una petición de monitoreo y alarma, se consulta al repositorio de servicios de detección de contexto por servicios adecuados a la información del paciente, para luego ejecutarlos. Ya sea si fue inferido o entregado en la petición, se registra el contexto de alto nivel en la ontología. El sistema luego se encarga de obtener el proceso que mejor se ajuste al contexto registrado del paciente, lo ejecuta y entrega la respuesta a la entidad invocadora, quien se hace cargo de ésta.



**Ilustración 42:** Diagrama de secuencia para servicios de salud ubicuos  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.2.2. Gestionar información del paciente

El sistema presentará al profesional de la salud un formulario en el que deberá ingresar el RUT del paciente a consultar. De ser válido, el sistema despliega una ficha clínica del paciente, resumiendo la información más importante sobre su situación: Datos personales y de contacto, tratamientos en curso, patologías diagnosticadas, plan de monitoreo y política de alarmas del paciente. Además, despliega la opción de revisar su historial de alarmas. Este es el caso de uso principal del sistema de apoyo, pues permite acceder a las demás funcionalidades.

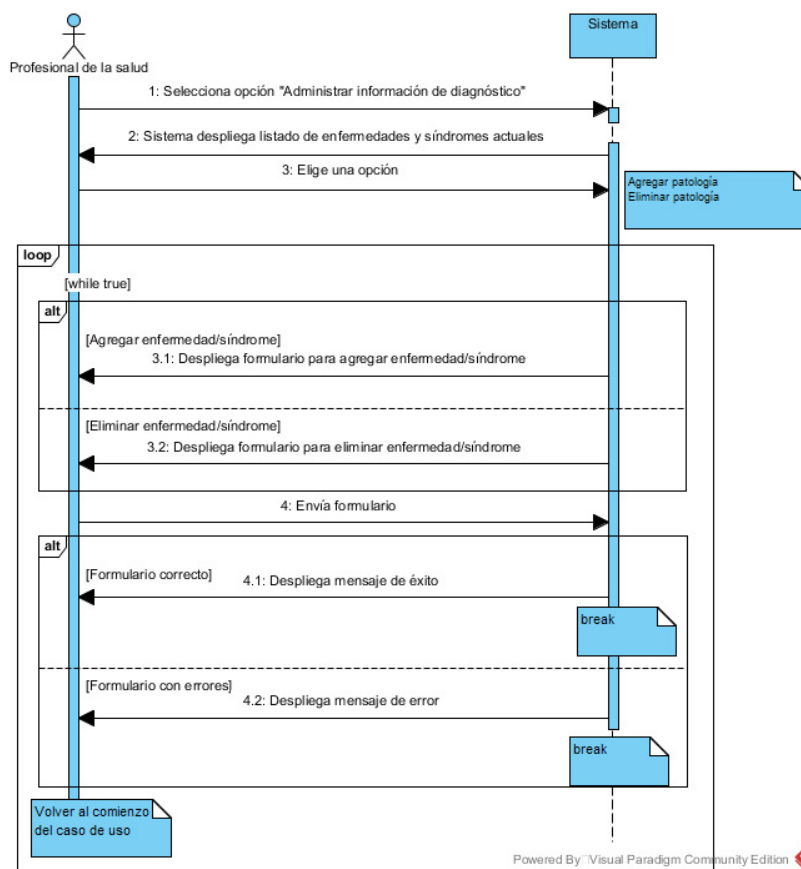


**Ilustración 43:** Diagrama de secuencia de sistema para "Gestionar información del paciente"  
**Fuente:**Elaboración propia

#### 4.2.2.3. Administrar información de diagnóstico

La secuencia de actividades comienza cuando el médico, en el diagrama anterior, selecciona la opción “Administrar información de diagnóstico”. El sistema despliega el listado de las enfermedades, síndromes y trastornos que padece actualmente el paciente. El médico podrá seleccionar dos opciones: Agregar patología o Eliminar patología.

En ambos casos, se desplegará un formulario para que seleccionar la enfermedad o síndrome agregar o eliminar. En caso de que el formulario entregado esté correcto, se desplegará un mensaje de éxito y se volverá a la pantalla inicial de la secuencia. En caso contrario, se desplegará un mensaje de error, volviéndose a la misma pantalla inicial.



**Ilustración 44:** Diagrama de secuencia de sistema para "Administrar información de diagnóstico"  
**Fuente:** Elaboración propia.

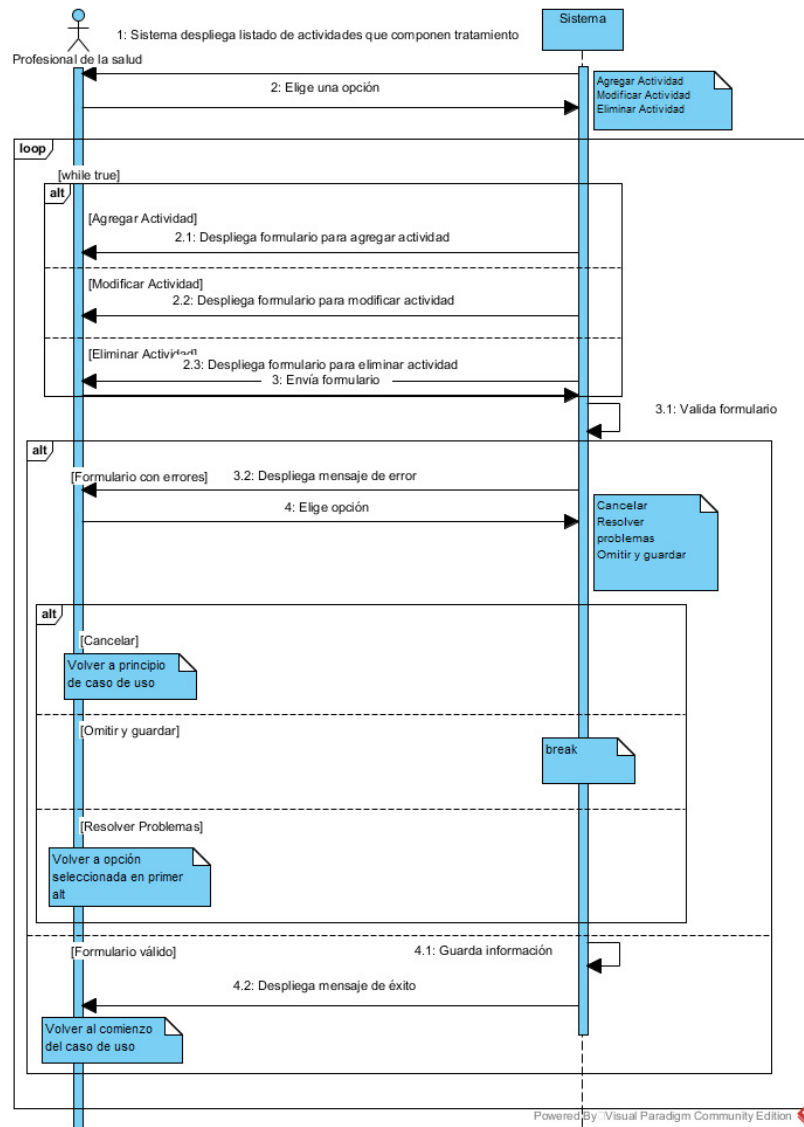
#### 4.2.2.4. Administrar actividades del tratamiento

En este caso de uso, el sistema le despliega al médico el listado de actividades u intervenciones que forman parte del tratamiento del paciente. El profesional de la salud podrá seleccionar entre tres opciones dentro de este listado: Agregar actividad, Modificar actividad o Eliminar actividad.

En agregar actividad, el profesional de la salud podrá agregar una nueva actividad puede ser, la prescripción de un medicamento. En modificar actividad, podrá editar la actividad seleccionada. En eliminar actividad, el profesional de la salud podrá eliminar la actividad que seleccione. En los tres casos, al enviar el formulario, este es validado por el sistema.

De no encontrarse problemas, se despliega un mensaje de éxito, volviéndose al principio del caso de uso. En caso contrario, se desplegará un mensaje de error. Si el sistema detecta que el formulario entregado tiene problemas por interacción de actividades agregadas<sup>6</sup>, le mostrará el problema al profesional de la salud y le dará tres opciones: "Resolver el problema", en cuyo caso el flujo vuelve a agregar/modificar actividad; "Omitir el problema", registrando el tratamiento pese a los problemas de interacción; y "Cancelar", en cuyo caso el flujo vuelve al inicio del caso de uso.

<sup>6</sup> Un caso típico es que dos medicamentos interactúen entre sí, o intervenciones que pueden tener efectos secundarios para ciertos pacientes.

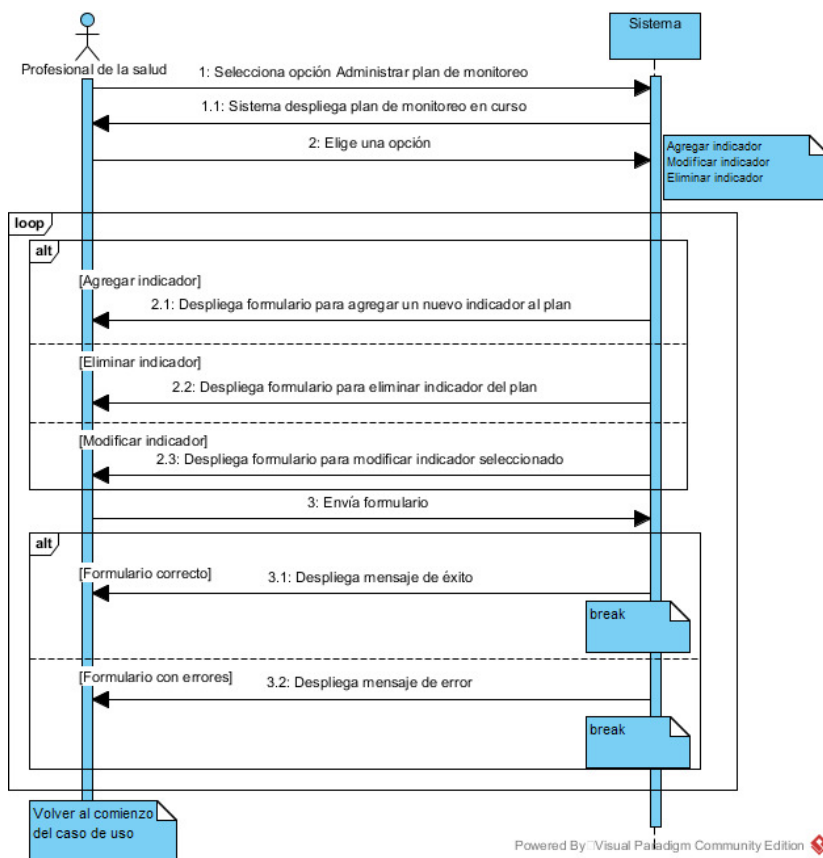


**Ilustración 45:** Diagrama de secuencia para "Administrar actividades del tratamiento"  
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2.5. Administrar plan de monitoreo

La secuencia inicia con el profesional de la salud seleccionando la opción "Administrar plan de monitoreo" en el CU principal. El sistema desplegará la información del plan actual: indicadores, sensores utilizados y frecuencia de transmisión. El profesional de la salud podrá seleccionar la opción de agregar indicadores, para agregar un nuevo indicador al plan de monitoreo, definiendo su frecuencia de transmisión y sensores a utilizar, si es que no quiere seleccionar los definidos por default por el sistema; también puede seleccionar la opción de modificar un indicador, en la cual podrá modificar la información de alguno de los indicadores definidos en el plan; finalmente, también podrá eliminar alguno de los indicadores asociados al plan. En los tres casos se desplegará el formulario respectivo para que el profesional de la salud pueda hacer las modificaciones que necesite. El sistema validará el formulario, mostrando un mensaje de éxito en caso

de la validación sea correcta; y uno de error en caso contrario. Finalmente, se vuelve al principio del caso de uso.



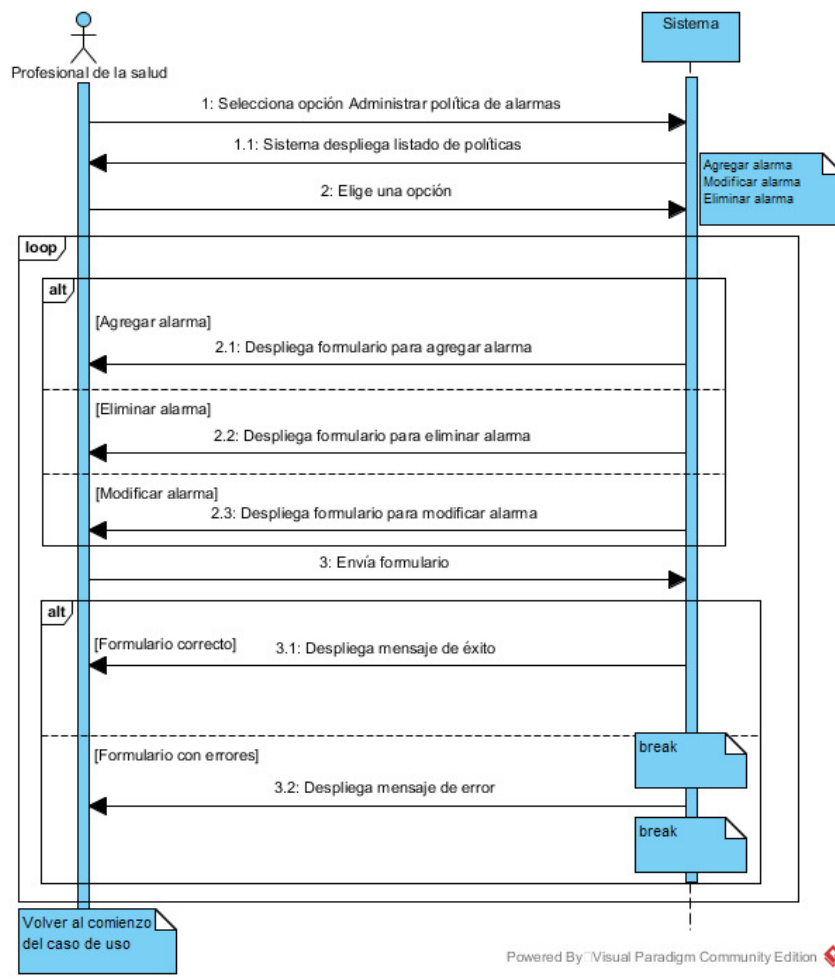
**Ilustración 46:** Diagrama de secuencia para "Administrar plan de monitoreo".  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.2.6. Administrar política de alarmas

En esta secuencia, al profesional de la salud se le despliega el listado de alarmas asociado al paciente. Cada alarma está asociada a un nivel de riesgo (Bajo, Medio, Alto) y a un contexto de alto nivel asociado al paciente. También tiene asociada un conjunto de actores a los que se les notificará de la situación del paciente y la forma de notificación (Email, mensaje de voz, SMS, etc.).

En el listado de alarmas presentado al profesional de la salud, éste podrá seleccionar una de tres opciones: “Agregar nueva alarma”, que permite definir una nueva alarma al paciente; “Modificar alarma”, que permite modificar una alarma asociada al paciente; y “Eliminar alarma”, que permite eliminar alguna de las alarmas ya definidas. En todos estos casos, se desplegará el formulario respectivo para que el profesional de la salud pueda realizar la acción que desee.

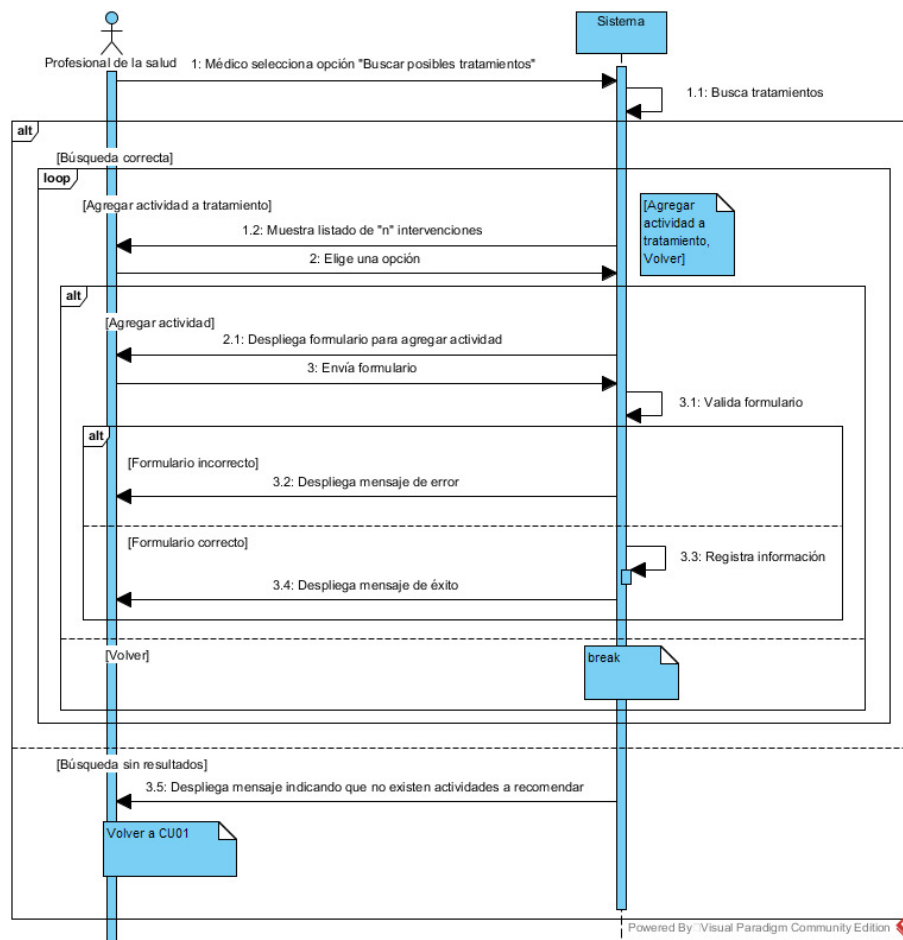
El sistema valida el formulario y, de ser exitosa esta validación, le despliega un mensaje de éxito al profesional de la salud; en caso contrario, le despliega un mensaje de error. En ambos casos se vuelve al inicio del caso de uso.



**Ilustración 47:** Diagrama de secuencia para "Administrar política de alarmas"  
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2.7. Buscar posibles tratamientos

El profesional de la salud selecciona la opción "Buscar posibles tratamientos" en CU01. Luego, el sistema busca, a partir de la información ya registrada del paciente, las actividades (intervenciones, terapias o medicación) que mejor coincidan con la situación del paciente. En caso de encontrarlas, se desplegará el listado, ordenado de mayor a menor coincidencia, de las actividades. El profesional de la salud podrá seleccionar alguna de las actividades desplegadas y agregar una a un tratamiento ya en curso del paciente o a uno nuevo. En ambos casos se desplegará un formulario al profesional de la salud, para agregar esta nueva actividad a un tratamiento. Si el sistema no encuentra ninguna actividad que coincida con el contexto del paciente, se notifica al profesional de la salud de la situación y se vuelve al principio del caso de uso.

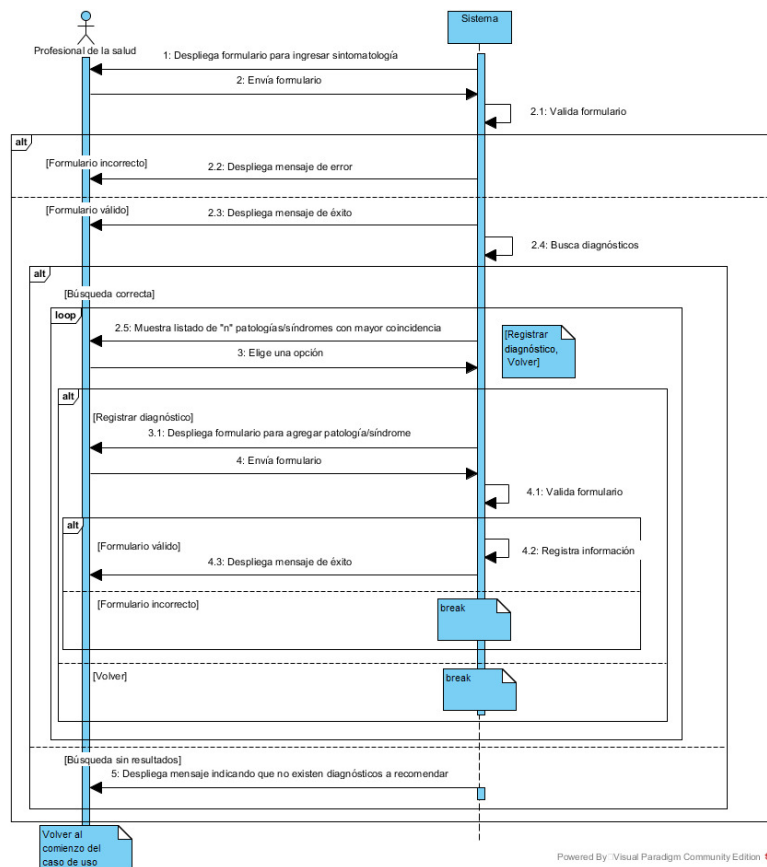


**Ilustración 48:** Diagrama de secuencia para "Buscar posibles tratamientos"  
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2.8. Buscar posibles diagnósticos

El sistema despliega al profesional de la salud un formulario para que ingrese la sintomatología y resultados de distintos exámenes del paciente. Una vez enviado al formulario, el sistema lo valida, y en caso de estar correcto, efectúa la búsqueda; si está incorrecto, notifica al usuario y le pide el envío correcto de datos. Si la búsqueda ha sido exitosa, le muestra al usuario, el listado de diagnósticos posibles ordenados de mayor a menor coincidencia. El profesional de la salud podrá añadir alguno de estos diagnósticos al listado de diagnósticos activos del paciente, o simplemente volver al inicio del caso de uso. Si la búsqueda no ha sido exitosa, se le notifica al profesional de la salud, volviéndose al inicio del caso de uso.

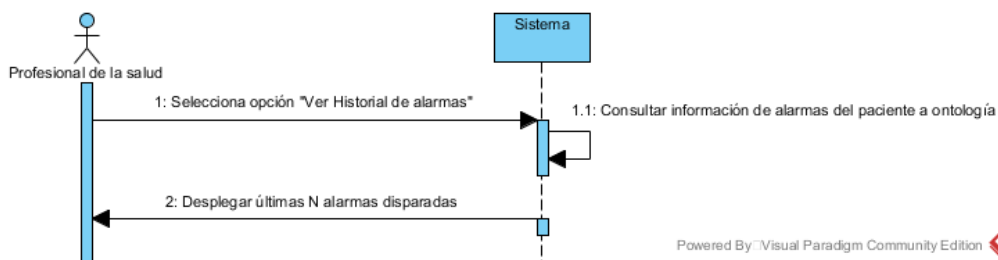




**Ilustración 49:** Diagrama de secuencia de sistema para "Buscar posibles diagnósticos"  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.2.9. Ver historial de alarmas

Al seleccionar la opción "Ver historial de alarmas", el sistema busca en el sistema de manejo de datos (ontología) la información de las últimas alarmas disparadas para el paciente, desplegando la información al profesional de la salud.



**Ilustración 50:** Diagrama de secuencia para "Ver Historial de alarmas".  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.3. Diagramas de secuencia extendidos

Un diagrama de secuencia extendido (DSE) corresponde a un caso particular de un diagrama de secuencia, en la que las interacciones son extendidas, incorporando las distintas clases lógicas que interactúan entre sí.

Para el diseño de los diagramas de secuencia extendidos a explicar, se utiliza el conocido patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC).

Para efectos de la modelación, este patrón involucra tres tipos de clases: Clases de tipo Vista o *Boundary*, encargadas de la interacción con el usuario, y que en el caso del *framework* representan los formularios y vistas del sistema de apoyo. Las clases de tipo Control o controladores, que se encargan de coordinar las solicitudes entre el usuario y los datos, y que en el *framework* están representadas por clases de control asociadas al sistema de apoyo y clases de control asociadas a SSU. Finalmente, están las clases *Entity* o Modelos, que reciben solicitudes de controladores y se encargan de gestionar el acceso y consultas a bases de datos.

#### 4.2.3.1. *Petición a servicios de salud ubicuos*

Para efectos de una mejor y más sencilla modelación, este diagrama de secuencia extendido fue dividido en dos: Uno para el caso de una petición originada desde un usuario, a través del sistema de apoyo; otro para el caso de una petición originada desde un controlador asociado a biosensores. Ambas se explicarán en conjunto en este apartado, pues sólo difieren en el inicio de la secuencia.

En el caso de una petición originada desde un usuario, quien ingresa o solicita información a través de un formulario web, por ejemplo, un controlador de la aplicación recibe esta información y genera la solicitud a Servicios de Salud Ubicuos, entidad que servirá como controlador principal y orquestador del proceso de solicitud de servicios *u-health*. Una vez recibe esta información el controlador verifica la petición que se ha enviado, y la registra como contexto de alto nivel, en este caso, de clase "Solicitud".

En el caso de una petición originada por un controlador asociado a biosensores (Controlador WBAN), éste debe encargarse de recibir la información obtenida a través de sensores<sup>7</sup>, y enviar dicha información al controlador de Servicios de Salud Ubicuos. Este controlador se encargará de consultar a la ontología de contexto médico, por servicios de detección de contexto que permitan generar contexto de alto nivel a partir de la información de biosensores enviada, tal y como se mencionó en 3.4.1. Una vez recibidas las definiciones de estos servicios, SSU se encargará de invocar a un controlador que tomará la responsabilidad de llamarlos y devolver su respuesta al controlador principal, el que registrará la información de contexto obtenida.

En ambos casos, SSU, con el contexto de alto nivel generado en el paso anterior, solicita a la clase Ontología de procesos, el proceso *u-health* que mejor coincida con dicho contexto. Esta clase Entity se encargará de hacer las consultas a la ontología e implementa el algoritmo de *semantic matching* descrito en 3.4.2. Una vez obtenido este proceso, Ontología de procesos le retornará éste a SSU, quien, consultará nuevamente a la Entity por su definición en BPMN (Su URI o path). Luego, SSU entregará esta definición a otra clase de Control Controlador jBPM, el que se encargará de gestionar le ejecución del proceso y retornar su respuesta. Enviada esta respuesta, SSU la devolverá a la clase solicitante, la que se encargará de manejar esta respuesta.

---

<sup>7</sup> Como ya se mencionó antes, se asume que la obtención y procesamiento de estos datos no forma parte del *framework*.

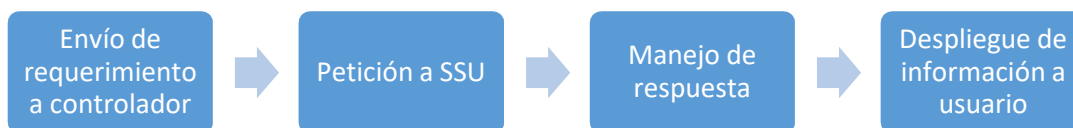
El diagrama de secuencia extendido de este caso de uso se encuentra en Anexos B.1. y B.2.

#### 4.2.3.2. Gestionar información del paciente.

Los diagramas de secuencia derivados de este caso de uso son muy similares entre sí, en el sentido de que la mayor parte de la lógica de negocio está especificada en procesos *u-health* construidos ad-hoc para cada caso de uso. Esta lógica de negocio corresponde principalmente a la búsqueda y selección de información en las ontologías del sistema de manejo de datos. Los controladores del sistema de apoyo quedan entonces relegados a simples clases pegamento entre las vistas de la aplicación y los procesos *u-health* ejecutados por SSU.

De esta manera, y para no aburrir al lector explicando diagramas de secuencia que son prácticamente calcados entre sí, se explicará el patrón que siguen todos, de forma de tener la idea general de su funcionamiento. Obviamente, si el lector necesita hacer un análisis más detallado de estos diagramas, puede encontrarlos en Anexos B (B.3 a B.11)

En primer lugar, como todo caso de uso es originado a partir de una interacción del usuario con una vista, esta interacción debe ser gestionada por un objeto de clase control asociado a la vista respectiva. Este objeto se encargará de hacer la petición a SSU por un proceso ad-hoc al caso de uso que pertenece. A partir de aquí viene lo explicado de manera reiterada a lo largo de este informe: La selección de un proceso *u-health*, que en este caso es trivial, pues está estáticamente asociado a la petición realizada por el controlador.



**Ilustración 51:** Proceso resumen del patrón seguido por los DSE de esta sección.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se mencionó antes, el proceso *u-health* contiene la mayor parte de la lógica de negocio del caso de uso. Por ejemplo, en el caso de uso “Buscar posibles diagnósticos”, el proceso *u-health* asociado se encargará de realizar la consulta a la ontología de contexto médico y servicios contextuales por patologías que coincidan con el contexto médico del paciente.

Una vez obtenida la respuesta desde SSU, el controlador se encargará de verificar la respuesta recibida y, de ser necesario, desplegar la vista al usuario. Nuevamente, en el caso de “Buscar posibles diagnósticos”, una vez que SSU retorna al controlador la respuesta de la consulta, éste se encargará de enviar a la clase Boundary la información con los diagnósticos encontrados, para que ésta se encargue del despliegue de la información.

Proceso	Función	Utilizado en
updatepatientinfo	Actualizar información del paciente en ontología	Todos, excepto Ver historial de alarmas
getpatientinfo	Obtener información del paciente	Gestionar paciente
getdiagnostics	Obtener información de diagnóstico	Adm. Info de diagnóstico
gettreatments	Obtener información de tratamientos	Adm. Actividades de tratamiento
getalarms	Obtener información de alarmas	Adm. Política de alarmas
getplans	Obtener información de planes de monitoreo	Adm. Plan de monitoreo
getlastalarms	Obtener últimas alarmas	Ver historial de alarmas

**Tabla 2:** Procesos u-health utilizados por los DSE de esta sección.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la **Ilustración 51** se encuentra resumido el patrón explicado. Mientras que en la **Tabla 2** se detallan los procesos u-health diseñados para cada diagrama de secuencia, y su respectiva función.

Como acotación final, en los diagramas de secuencia extendidos se especifica más lógica de la que se debería, pues se modelan clases para el proceso *u-health* y la ontología, siendo que éstas ya están modeladas en el diagrama anterior (4.2.3.1), por lo que correspondería hacer referencia a dicho diagrama cada vez que en un diagrama de secuencia extendido se realiza una petición a SSU. Se procedió de manera distinta para facilitar la lectura y comprensión de los diagramas de esta sección.

#### 4.2.4. Diagrama de clases

En esta sección se explicará el diagrama de clases diseñado a partir de los artefactos anteriores. Este diagrama define la estructura (parámetros, operaciones y dependencias) de cada una de las clases que implementan la funcionalidad especificada en los casos de uso.

Como ya se ha mencionado a lo largo de este capítulo, en el diseño de las clases se ha utilizado el patrón MVC.

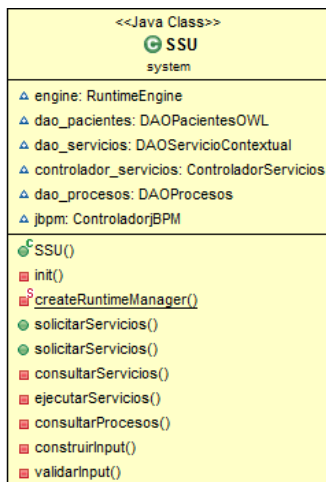
##### 4.2.4.1. Servicios de Salud Ubicuos (Petición a SSU)

Las clases asociadas a este caso de uso son las encargadas de implementar la funcionalidad definida en Servicios de Salud Ubicuos. Son, por lo tanto, la implementación del *framework* descrito en [1], asumiendo las simplificaciones y supuestos descritos a lo largo del diseño de procesos.

Para este caso, es posible distinguir 5 tipos de clases.

En primer lugar, está la clase controladora principal: SSU (**Ilustración 52**). Esta clase orquesta todo el proceso de selección y ejecución de servicios ubicuos, desde la generación de contexto de alto nivel, hasta la ejecución del proceso *u-health* y la entrega de su respuesta al solicitante. Contiene una referencia al motor de procesos utilizado,

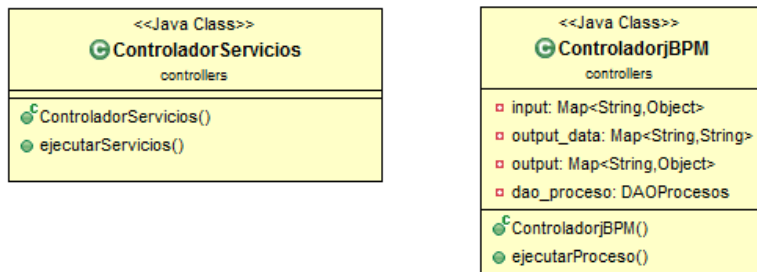
que es entregada al controlador respectivo al momento de ejecutar procesos *u-health*. Además, ofrece dos métodos para solicitar servicios: El primero corresponde al utilizado por controladores asociados al sistema de apoyo, y no recibe como input Indicadores, sino que sólo el ID del paciente. El segundo, utilizado por los controladores asociados a WBAN, solicita tanto el ID del paciente como la información de los indicadores. La ejecución de este método ofrecerá como output un objeto de clase *Map* con la respuesta de la ejecución.



**Ilustración 52:** Clase SSU  
**Fuente:** Elaboración propia

En segundo lugar, están las clases controladoras (**Ilustración 53**). Estas corresponden a clases cuyo objetivo es hacer de intermediario entre el controlador principal: SSU y otras aplicaciones. Se definen dos:

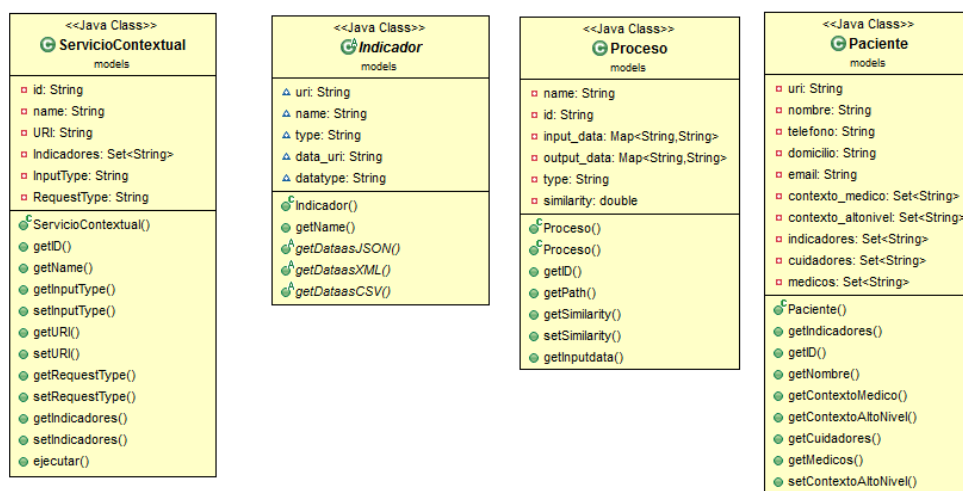
- Controlador jBPM: Encargado de gestionar la ejecución de un proceso de negocio *u-health*. Este controlador recibe el ID del proceso seleccionado por SSU, obtiene una sesión en el motor de procesos, ordena la ejecución del proceso y entrega la respuesta de dicho proceso a SSU, a través del método *ejecutarProcesos()*.
- Controlador Servicios: Encargado de gestionar la invocación de servicios de detección de contexto. Dado que la lógica de ejecución de estos servicios está definida en cada clase Servicio Contextual, este controlador se encarga de solicitar la ejecución de cada servicio y hacerse cargo de su respuesta.



**Ilustración 53:** Clases controladoras  
**Fuente:** Elaboración propia

Luego están las clases modelo (**Ilustración 54**), encargadas de representar la información de las entidades necesarias para una correcta selección y ejecución de procesos. Estas son:

- **Indicador:** Una clase abstracta que define los parámetros y métodos de acceso a datos de un indicador. El usuario que desee utilizar el *framework* con información de bioseñales debe extender esta clase y definir métodos para acceder a la información en distintos formatos para el indicador que debe enviar.
- **Paciente:** Encapsula toda la información asociada a un paciente en la ontología.
- **Servicio Contextual:** Encapsula toda la información que define a un servicio de detección de contexto en la ontología. También define un método para acceder al servicio, que es genérico para todas las instancias de la clase.
- **Proceso:** Encapsula la información que define a un proceso *u-health* en la ontología.

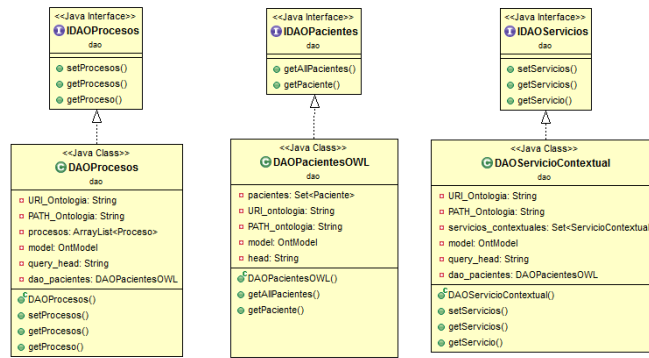


**Ilustración 54:** Clases modelo

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el acceso los modelos, se utiliza el patrón de diseño Data Access Object (DAO). Este patrón define una capa adicional sobre los modelos, proveyendo métodos de acceso a datos, de manera que los controladores no tengan que construir las consultas SPARQL para acceder a éstos. Las clases se muestran en la **Ilustración 55** y se describen a continuación:

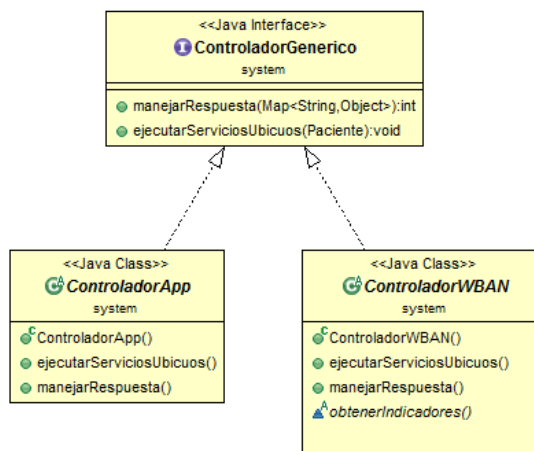
- **DAOProcesos:** Encargada de generar un conjunto de procesos en base al contexto del paciente (*setProcesos()*). Encapsula el algoritmo de selección de procesos definido en 3.4.2. Provee métodos de acceso para obtener los procesos ordenados según nivel de similitud.
- **DAOPacientesOWL:** Implementación en ontología OWL-DL para definir y acceder a los pacientes de la ontología.
- **DAOPacientes:** Encargada de hacer el generar el conjunto de servicios contextuales para un paciente dado (*setServices()*). También provee métodos para acceder a estos servicios.



**Ilustración 55:** Clases DAO  
Fuente: Elaboración propia.

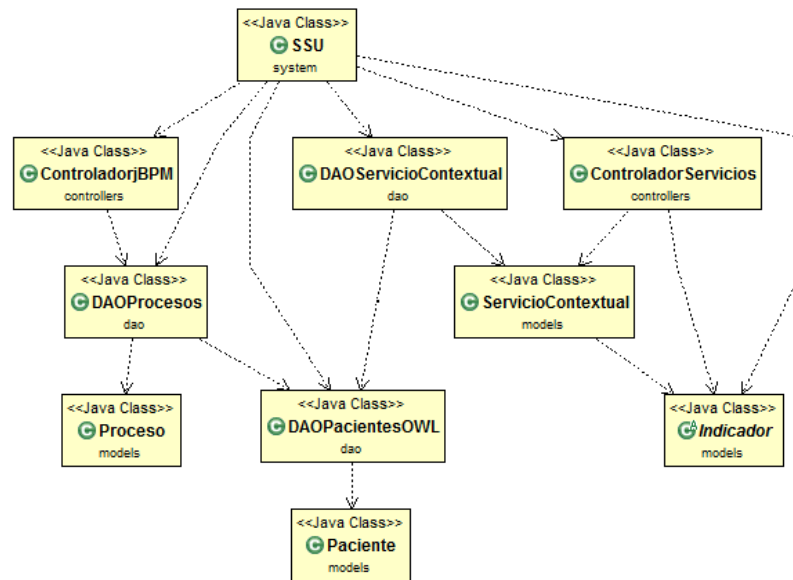
Finalmente, están las clases que se ofrecen al cliente para acceder a la funcionalidad de SSU (**Ilustración 56**). Cabe señalar que estas clases no son necesarias para el funcionamiento de SSU, pero se ofrecen como una forma de simplificar el acceso al cliente (y porque están definidas en los artefactos relativos a este caso de uso)

- ControladorGenérico: Interfaz que declara métodos para acceder a servicios ubicuos y hacer el *handling* posterior de la respuesta.
- ControladorWBAN: Clase abstracta que define parámetros y métodos genéricos de invocación de servicios y manejo de respuesta para el caso de una invocación desde un controlador asociado a sensores. Define además un método abstracto para la obtención de indicadores.
- ControladorApp: Clase abstracta que define parámetros y un método e invocación de servicios para el caso de una invocación desde un controlador asociado al sistema de apoyo.



**Ilustración 56:** Clases de acceso a SSU  
Fuente: Elaboración propia.

En **Ilustración 57** se muestran el diagrama de clases de este caso de uso, que muestra las relaciones de dependencia entre las clases.



**Ilustración 57:** Diagrama de clases con dependencias.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4.2. Sistema de Apoyo (Gestionar información del paciente)

Las clases asociadas al Sistema de Apoyo corresponden a clases de tipo Vista y Controlador en el patrón MVC. Las primeras se encargan de desplegar información en pantalla al usuario y se ofrecen como capa de interacción con éste. Las segundas son las que reciben requerimientos del usuario, ejecutan algún tipo de lógica de negocio y gestionan el despliegue de la vista adecuada al requerimiento del usuario.

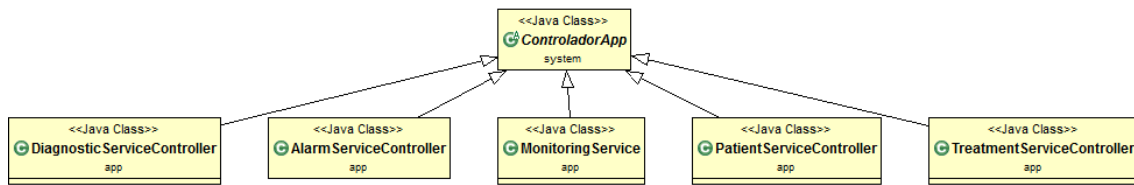
Como se mencionó en la sección anterior, los controladores se encargan casi exclusivamente de la lógica de negocio asociada a la interacción con el usuario y despliegue de información, siendo SSU el que, a través de procesos de negocio *u-health*, ejecuta la lógica de negocio asociada a obtención de información del sistema de manejo de datos. Por esta razón, todos los controladores diseñados extienden la clase ControladorApp.

En la **Ilustración 58** se muestran los controladores definidos según los casos de uso descritos antes:

- PatientServiceController: Controlador asociado al CU “Gestionar información del Paciente”. Se encarga de invocar la selección de procesos relacionados al despliegue de información del paciente.
- TreatmentServiceController: Controlador asociado a los CU “Administrar actividades del tratamiento” y “Buscar posibles tratamientos”. Como el nombre lo indica, se encarga de las peticiones que tengan que ver con información de tratamiento.
- DiagnosticServiceController: Controlador asociado a los CU “Administrar información de diagnóstico” y “Buscar posibles diagnósticos”. Encargado de las peticiones de información sobre diagnóstico
- AlarmServiceController: Controlador asociado a los CU “Ver historial de alarmas” y “Administrar política de alarmas”. Encargado de las peticiones de información de alarmas.



- MonitoringServiceController: Controlador asociado al CU “Administrar plan de monitoreo”.



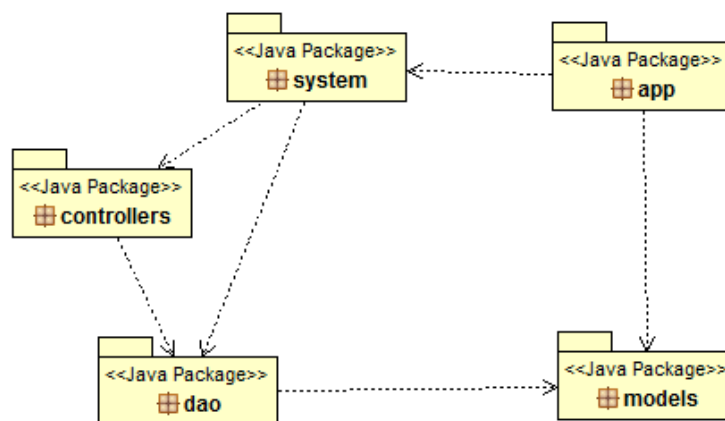
**Ilustración 58:** Diagrama de clases para casos de uso asociados al sistema de apoyo  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.5. Diagrama de paquetes

Los paquetes permiten organizar las distintas clases y otros elementos del modelo en agrupaciones lógicas, estas agrupaciones reúnen a las clases semántica o funcionalmente relacionadas. Un diagrama de paquetes muestra los distintos paquetes en los que son agrupadas las clases, y las dependencias que existen entre estos.

A partir de los diagramas de clase mostrados en la sección anterior, se construyen los siguientes paquetes (**Ilustración 59**):

- Models: Agrupa todas las clases que encapsulan la información de las entidades que forman parte del proceso de selección y ejecución de servicios *u-health*.
- Controllers: Reúne a los controladores de servicios y procesos utilizados por SSU.
- DAO: Contiene las Interfaces y clases DAO para acceso a los modelos.
- System: Encapsula el controlador principal: SSU y las clases abstractas ofrecidas al cliente.
- App: Paquete con los controladores del sistema de apoyo.



**Ilustración 59:** Diagrama de paquetes  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.6. Modelo de descripción semántico

En esta sección se describe el modelo de descripción semántico utilizado para la provisión de procesos *u-health*, y que funciona como modelo de datos del *framework*. Este modelo define los distintos conceptos que están involucrados en la definición, selección y ejecución de procesos *u-health*. Por ejemplo, modela los distintos signos vitales e indicadores obtenidos a partir de biosensores, la información clínica del paciente, los actores involucrados en el cuidado del paciente, entre varios otros aspectos.

El modelo se divide en 3 submodelos distintos. Una **ontología de participantes**, encargada de modelar los roles y relaciones que existen entre los distintos actores involucrados en el proceso de atención de salud o cuidado médico del paciente crónico. Los actores se representan a través de distintos perfiles dependiendo de su rol en el proceso de cuidado, como por ejemplo pacientes, médicos, enfermeros, cuidadores, etc. También se modela la información personal de cada uno de estos actores, en caso de ser necesario contactarlos.

La información clínica del paciente y los distintos servicios de detección de contexto son modelados en una **ontología de contexto médico y servicios contextuales**. Esta ontología modela los conceptos y procedimientos clínicos fundamentales dentro del proceso de cuidado médico en pacientes crónicos, así como sus relaciones. También, y dado que la provisión de servicios de salud se enmarca no sólo dentro un contexto médico del paciente, sino que además un contexto físico, es necesario representar las características ambientales que pueden afectar la entrega de este cuidado al paciente.

Dentro de los elementos modelados se encuentran:

- Información clínica y contextual del paciente: Su ficha clínica: las distintas patologías que presenta, sintomatología, los signos vitales e indicadores monitoreados que forman parte del denominado contexto médico del paciente. También modela los contextos de alto nivel que puede tener asociados el paciente, tanto clínicos (estados de salud) como ambientales.
- Procedimientos dentro del cuidado: Tratamientos, exámenes e intervenciones para los distintos contextos que puede presentar el paciente. También define planes de monitoreo y lógicas de alarma a cuidadores.
- Servicios de detección de contexto: La ontología modela también la información de los distintos servicios de detección de contexto disponibles para la inferencia de contexto de alto nivel. Se describen su input, output, URI, tipo de petición HTTP, entre otros elementos.

Finalmente está la **ontología de procesos**, la que modela y define los elementos de los procesos de negocio *u-health* que serán seleccionados y ejecutados para la correspondiente provisión de servicios. Dentro de los elementos modelados se encuentran: El input y el output de cada proceso, las actividades que lo componen, las precondiciones que deben cumplirse para su ejecución y los efectos que tiene en la salud del paciente.

La vista general del modelo y una particular para cada uno de los tres submodelos se encuentran en el Anexo C de este informe.

A continuación, se procederá a explicar cada una de las clases y propiedades de los submodelos.

#### 4.2.6.1. Ontología de participantes

##### Clases:

- Actor: Representa a una persona o un grupo de personas que forma parte del proceso de cuidado de un paciente.
- Persona: Especialización de actor, en el caso de que éste sea un individuo.
- Grupo: Representa un grupo de personas dentro del proceso de cuidado, por ejemplo, el equipo de profesionales médicos a cargo del cuidado de un paciente crónico.
- Cuidador: Persona encargada del cuidado domiciliario u hospitalario de un paciente. Puede ser tanto un profesional de la salud como un ser querido o familiar del paciente.
- Paciente: Actor que recibe el cuidado médico.
- Profesional: Esta clase reúne los distintos profesionales de un centro médico que participan dentro del proceso de cuidado médico. Dentro de las clases de profesionales que incluye la ontología están:
  - Médico
  - Psicólogo
  - Asistente Social
  - Enfermero
  - Kinesiólogo
  - Nutricionista

##### Propiedades:

Propiedad	Sujeto	Objeto	Descripción	Tipo
<b>esCuidadorpor</b>	Paciente	Cuidador	Cada paciente tiene al menos un cuidador asignado, encargado de vigilar sus signos vitales y dar aviso al centro médico en caso de emergencia	Object Property
<b>esTratadorpor</b>	Paciente	Profesional	Representa relación de tratamiento entre paciente y profesional.	Object Property
<b>tieneMiembros</b>	Grupo	Profesional	Representa la pertenencia de	Object Property

			profesionales a un grupo o equipo de cuidado.	
<b>trataPaciente</b>	Grupo	Paciente	Relación inversa a EsTratadoPor.	Object Property
<b>tieneAlergias</b>	Paciente	String		
<b>tieneDomicilio</b>	Actor	String	Se refiere a la dirección física del actor.	Data Property
<b>tieneEdad</b>	Paciente	Int	Edad del paciente	Data Property
<b>tieneEmail</b>	Actor	String	Referido al correo electrónico del actor	Data Property
<b>tieneEspecialidad</b>	Médico	String	Se refiere a la especialidad del Médico.	Data Property
<b>tieneFechaDeNacimiento</b>	Paciente	String	Fecha de nacimiento del paciente	Data Property
<b>tieneGrupoSanguineo</b>	Paciente	String	Grupo Sanguíneo del paciente	Data Property
<b>tieneHistorial</b>	Paciente	String	Historial médico del paciente	Data Property
<b>tieneRUT</b>	Persona	String	RUT de la persona	Data Property
<b>tieneTeléfono</b>	Actor	String	Representa el teléfono de contacto del actor.	Data Property

**Tabla 3:** Propiedades de la ontología de participantes

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.6.2. Ontología de contexto médico y servicios contextuales

##### Clases

- **Alarma:** Una alarma corresponde a una situación del paciente que amerita ser notificada o alertada a un Actor relacionado con su cuidado.
- **Contexto de Alto Nivel:** Corresponde a situaciones que afectan a un paciente, a su entorno o al sistema de captura de datos. Se subdivide en dos tipos: Dinámico y Estático.
  - **Contexto Dinámico:** Contexto que necesita de un modelo de inferencia o detección que permita su activación.
    - **Estado de Salud:** A diferencia de Enfermedad o Síndrome, se refiere al estado de salud actual e inmediato del paciente, y que es inferido a partir de datos de biosensores. Por ejemplo: “Arritmia” o “Paro Cardíaco”
    - **Contexto de localización:** Se refiere a la posición del paciente. Por ejemplo: “En su casa”, “En su automóvil”.

- Contexto ambiental: Contextos asociados al espacio dónde está inmerso el paciente. Por ejemplo: “Alta Humedad”, “Baja Temperatura”, “Bajo nivel de luminosidad”.
  - Contexto Estático: Contexto que no necesita de un servicio contextual para su inferencia. Para esta versión sólo captura las solicitudes realizadas por el usuario.
    - Solicitud: Se refiere a las acciones que pide un usuario que realice el sistema, por ejemplo: Visualizar información del paciente, sugerir posibles tratamientos, etc.
- Indicador: Objeto obtenido a través de sensores. Por ejemplo: “Saturación de Oxígeno” o “Luminosidad”. Reúne a dos clases.
- Bioseñal/Signo Vital: Reúne a todos los indicadores que corresponden a bioseñales o signos vitales del paciente. Ej: “Presión Arterial”, “Nivel de glucosa en la sangre”.
- Señal ambiental: Todos los indicadores que no miden datos biológicos, pero capturan información relevante para caracterizar el contexto del paciente.
- Servicio de detección de contexto: Un servicio RESTful que infiere contexto de alto nivel a partir de información de indicadores.
- Nivel de Riesgo: Relacionado a un contexto de alto nivel, se refiere al nivel de riesgo de este contexto.
- Plan de monitoreo: Conjunto de señales y bioseñales que se le están monitoreando al paciente.
- Enfermedad: Según la OMS: “Alteración o desviación del estado fisiológico en una o varias partes del cuerpo, por causas en general conocidas, manifestada por síntomas y signos característicos, y cuya evolución es más o menos previsible”.
- Intervención: Agrupa las distintas actividades o tratamientos que le pueden ser aplicados a un paciente enfermo para aliviar o curar alguna condición o enfermedad. Se clasifican en:
  - Tratamiento farmacológico: Agrupa a las actividades que implican el uso de fármacos.
  - Tratamiento no farmacológico: Agrupa las actividades en las que el paciente no utiliza fármacos, o no es la actividad principal.
    - Tratamiento quirúrgico: Actividades que involucran intervenciones quirúrgicas en el paciente.
    - Asesorías: Actividades que involucran la educación y consejo experto al paciente en el cuidado de su condición.
    - Cambios en el estilo de vida: Actividades que involucran cambios en la rutina y vida del paciente
    - Cuidados especiales: Actividades que involucran algún tipo de servicio o cuidado especial al paciente, como puede ser hospitalización o cuidado de enfermeras.

- Otros: Actividades que no caen en ninguna de las anteriores categorías.
- Signos y Síntomas: Reúne a los signos y síntomas asociados a las patologías, enfermedades o síndrome de un paciente. Algunos pueden caer en más de una categoría, en cuyo caso se elige la más representativa o el síntoma/signo se instancia como multitypo.
  - Autonómico<sup>8</sup>
  - Cardiovascular
  - De examen físico
  - De examen de laboratorio
  - Gastrointestinal
  - Intergumentario<sup>9</sup>
  - Metabólico
  - Neurológico
  - Ocular
  - Otro
  - Psicológico
  - Respiratorio
  - Social
  - Urológico
- Síndrome: Es alguna condición del paciente que puede ser causada por una enfermedad en particular y que es relevante para su cuidado y seguimiento.
- Contexto Médico: Reúne toda la información clínica que no es inferible a partir de servicios contextuales, sino que es ingresada de manera manual por el médico, es decir: enfermedades, síndromes, sintomatología e intervenciones asociadas al paciente. Puede pensarse en un símil a una ficha o resumen clínico del paciente.

### Propiedades

Propiedad	Sujeto	Objeto	Tipo
<b>asociadaaContextoDinámico</b>	Alarma	Contexto dinámico	Object Property
<b>asociadoaContextoMedico</b>	Servicio de detección de contexto	Contexto Médico	Object Property
<b>compuestoporEnfermedad</b>	Contexto Médico	Enfermedad	Object Property
<b>compuestoporIntervención</b>	Contexto Médico	Intervención	Object Property
<b>compuestoporSíndrome</b>	Contexto Médico	Síndrome	Object Property
<b>compuestoporSíntomas y Signos</b>	Contexto Médico	Signos y Síntomas	Object Property

<sup>8</sup> Del sistema nervioso autónomo

<sup>9</sup> De la piel

<b>entregaContextodeAltoNivel</b>	Ouput Servicio	Contexto de alto nivel	Object Property
<b>entregaNiveldeRiesgo</b>	Output Servicio	Contexto de alto nivel	Object Property
<b>esEspecializacionde</b>	esEspecializacionde	Servicio de detección de contexto	Object Property
<b>esInputde</b>	Indicador	Servicio de detección de contexto	Object Property
<b>esIntervenciondeEnfermedad</b>	Intervención	Enfermedad	Object Property
<b>esIntervenciondeSindrome</b>	Intervención	Síndrome	Object Property
<b>esOutputde</b>	Output Servicio	Servicio de detección de contexto	Object Property
<b>esSignodeEnfermedad</b>	Síntomas y Signos	Enfermedad	Object Property
<b>esSignodeSindrome</b>	Síntomas y Signos	Enfermedad	Object Property
<b>tieneAlarma</b>	Paciente	Alarma	Object Property
<b>tieneContacto</b>	Alarma	Actor	Object Property
<b>tieneContextodeAltoNivel</b>	Paciente	Contexto de alto nivel	Object Property
<b>tieneContextoMedico</b>	Paciente	Contexto Médico	Object Property
<b>tieneIndicador</b>	Plan de monitoreo	Indicador	Object Property
<b>tieneNiveldeRiesgo</b>	Contexto dinámico	Nivel de Riesgo	Object Property
<b>tienePlan</b>	Paciente	Plan de monitoreo	Object Property
<b>tieneServicioContextual</b>	Contexto dinámico	Servicio de detección	Object Property
<b>tieneSolicitante</b>	Solicitud	Actor	Object Property
<b>tieneContraindicaciones</b>	Intervención	String	DataProperty
<b>tieneDosis</b>	Intervención	String	Data Property
<b>tieneFrecuenciadeTransmisión</b>	Indicador	String	Data Property

<b>tieneInputType</b>	Servicio de detección de contexto	de de	String	Data Property
<b>tieneRangodeNormalidad</b>	Indicador		String	Data Property
<b>tieneRequestType</b>	Servicio de detección de contexto	de de	String	Data Property
<b>tieneURI</b>	Servicio de detección de contexto	de de	String	Data Property
<b>tieneViadeAdministración</b>	Fármaco		String	Data Property

**Tabla 4:** Propiedades de a ontología de contexto médico y servicios contextuales

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>
<b>asociadaaContextoDinamico</b>	Toda Alarma tiene un contexto dinámico asociado. Por ejemplo: Una Alarma puede estar asociada al Estado de Salud “Arritmia” con Nivel de Riesgo “Alto”.
<b>asociadoaContextoMedico</b>	Un servicio puede tener un contexto médico asociado
<b>compuestoporEnfermedad, compuestoporIntervencion, compuestoporSindrome, compuestoporSintomasySignos, entregaContextodeAltoNivel</b>	Una instancia de contexto médico está compuesta por enfermedades, intervenciones, síndromes y/o síntomas/signos.
<b>entregaNiveldeRiesgo</b>	El Output del servicio siempre entrega el nivel de riesgo del contexto de alto nivel asociado
<b>esEspecializaciondeServicio</b>	Un servicio puede ser la especialización de otro servicio. Por ejemplo: Un servicio de análisis de presión arterial en pacientes diabéticos es la especialización de uno dedicado exclusivamente a pacientes sanos.
<b>esInputde</b>	Relaciona a un servicio de detección de contexto con su Input
<b>esIntervenciondeEnfermedad</b>	Una intervención está asociada a una o varias enfermedades.
<b>esIntervenciondeSindrome</b>	Similar al caso anterior, una intervención está asociada a uno o varios síndromes.
<b>esOutputde</b>	Relación entre un servicio de detección de contexto y su Output.



<b>esSignodeEnfermedad</b>	La presencia de un síntoma o un signo es expresión de algún tipo de enfermedad que afecta al paciente.
<b>esSignodeSindrome</b>	Similar al caso anterior, La presencia de un síntoma o un signo es expresión de algún tipo de síndrome que está afectando al paciente.
<b>tieneAlarma</b>	Un paciente puede tener una o varias alarmas asociadas.
<b>tieneContacto</b>	Se refiere a que una alarma debe tener asociado a un Actor al que notificar en caso de activarse.
<b>tieneContextodeAltoNivel</b>	Un paciente puede tener uno o varios contextos de alto nivel activados en un momento dado.
<b>tieneContextoMedico</b>	Un paciente siempre tiene un contexto médico asociado.
<b>tieneIndicador</b>	Un plan de monitoreo está compuesto por uno o varios indicadores que capturan algún tipo de información.
<b>tieneNiveldeRiesgo</b>	Todo contexto dinámico debe tener un nivel de riesgo asociado.
<b>tienePlan</b>	Un paciente puede tener asociado un plan de monitoreo que agrupa una serie de sensores.
<b>tieneServicioContextual</b>	Todo contexto dinámico debe tener un modelo de detección de contexto asociado que permita su inferencia.
<b>tieneSolicitante</b>	Una solicitud tiene un actor que la envía.
<b>tieneContraindicaciones</b>	Enfermedades y situaciones en las que no se recomienda la aplicación de esta intervención.
<b>tieneDosis</b>	Posología de la intervención
<b>tieneFrecuenciadeTransmisión</b>	Un indicador tiene una frecuencia de transmisión dada.
<b>tieneInputType</b>	El servicio puede solicitar el input en distintos formatos.
<b>tieneNombre</b>	Nombre del servicio.
<b>tieneRangodeNormalidad</b>	Rango de valores normales del indicador para un paciente dado.
<b>tieneRequestType</b>	El tipo de petición HTTP que responde el servicio para la funcionalidad deseada.
<b>tieneURI</b>	La URI del servicio.

<b>tieneViaDeAdministración</b>	Vía de administración del producto: Oral, intravenosa, etc.
---------------------------------	---

**Tabla 5:** Detalle de cada propiedad de la ontología de contexto médico y servicios contextuales.  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.6.3. Ontología de procesos u-health

##### Clases

Proceso de Negocio de Salud: Se refiere a un proceso de negocio *u-health*, esto es, un conjunto de tareas relacionados lógicamente y ordenadas de manera secuencial, que al ser ejecutadas proveerán de algún servicio al paciente o stakeholder.

Actividad: Son tareas individuales que forman parte de un proceso de negocio.

Input\_Proceso: Se refiere a los insumos necesarios para la ejecución de un proceso de negocio.

Output\_Proceso: Se refiere a las variables y valores de salida del proceso.

Propiedad	Sujeto	Objeto	Tipo
<b>esEspecializacionde</b>	Proceso de Negocio Salud	Proceso de Negocio Salud	Object Property
<b>esOpuestoa</b>	Contexto Dinámico	Contexto Dinámico	Object Property
<b>soportaContextoMedico</b>	Proceso de Negocio Salud	Contexto Médico	Object Property
<b>soportaProcesodeNegocio</b>	Actividad	Proceso de Negocio Salud	Object Property
<b>tieneEfecto</b>	Proceso de Negocio Salud	Contexto de Alto Nivel	Object Property
<b>tieneInputdeProceso</b>	Proceso de Negocio Salud	Input Proceso	Object Property
<b>tieneOutputdeProceso</b>	Proceso de Negocio Salud	Output Proceso	Object Property
<b>tienePrecondición</b>	Proceso de Negocio Salud	Contexto de Alto Nivel	Object Property
<b>tieneDatatype</b>	Input Proceso	String	Data Property
<b>tieneDefiniciondeActividad</b>	Proceso de Negocio Salud	String	Data Property

<b>tieneDefiniciondeProceso</b>	Proceso Negocio Salud	de de	String	Data Property
<b>tienePath</b>	Proceso Negocio Salud	de de	String	Data Property
<b>tieneTipo</b>	Proceso Negocio Salud	de de	String	Data Property

**Tabla 6:** Propiedades de la ontología de procesos.

**Fuente:** Elaboración propia.

<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>
<b>esEspecializacionde</b>	Relación de especialización entre un proceso y otro, esto se utiliza cuando un proceso es un caso particular o derivado de otro.
<b>esOpuestoa</b>	Indica que los contextos relacionados son semánticamente opuestos.
<b>soportaContextoMedico</b>	Un proceso tiene asociados contextos específicos que, de ser activados, pueden gatillar la ejecución del proceso.
<b>soportaProcesodeNegocio</b>	Indica que la Actividad forma parte del conjunto de tareas del proceso.
<b>tieneEfecto</b>	Un proceso, una vez ejecutado, puede generar como efecto uno o varios estados de salud en el paciente o eliminar ciertos estados de salud que se tenían como precondition.
<b>tieneInputdeProceso</b>	Todo proceso tiene un Input.
<b>tieneOutputdeProceso</b>	Todo proceso tiene un Output.
<b>tienePrecondición</b>	Un proceso tiene asociados contexto de alto nivel que, de estar activos, gatillan su ejecución.
<b>tieneDatatype</b>	El datatype del input del proceso.
<b>tieneDefiniciondeActividad</b>	Se refiere a la definición BPMN de la actividad.
<b>tieneDefiniciondeProceso</b>	Se refiere a la definición BPMN del proceso.
<b>tienePath</b>	La ruta en donde está almacenado el BPMN del proceso.

**Tabla 7:** Detalle de las propiedades de la ontología de procesos

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5. Construcción del Prototipo

En este capítulo se aborda la construcción del prototipo en el que se prueban las características del *framework* y el sistema de apoyo planteado, este prototipo se construye para una enfermedad: Hipertensión Arterial.

Así, en este capítulo se explica en detalle esta patología, sus causas, sintomatología, procesos de diagnóstico y tratamientos, así como las bioseñales de interés para el monitoreo remoto y las situaciones de riesgo que es conveniente alarmar para el caso de pacientes hipertensos. Luego, se vuelve a la ontología definida en el capítulo anterior para instanciarla con la información relevante para este prototipo.

Se construyen dos sistemas como prototipo. El primero, una aplicación web, que corresponde a la implementación parcial de la aplicación propuesta en el capítulo 4, de manera de mostrar de qué forma este sistema apoya el juicio experto de los profesionales de la salud en la toma de decisiones. El segundo, corresponde a una aplicación móvil notificadora, que permite evaluar la utilización del *framework* en un contexto ubicuo y móvil, y que es construida para probar la provisión de servicios *u-health* a partir de peticiones provenientes de entidades externas (controladores asociados a biosensores).

### 5.1. Hipertensión Arterial

La hipertensión arterial (HTA) es una enfermedad crónica que consiste en una elevación continua y persistente de la presión arterial sobre los límites normales definidos por convención, esto es: Presión Sanguínea Sistólica (PAS)  $\geq 140$ mmHg y Presión Sanguínea Diastólica  $\geq 90$  mmHg [37]. Conviene tener presente el término **persistente** en su definición, pues los valores de la presión sanguínea no son estáticos, sino que experimentan variaciones naturales a través del día y dependen además de factores como: la alimentación, el consumo de medicamentos, la presencia de enfermedades en el paciente, entre otros. Por tanto, en el proceso de diagnóstico de esta enfermedad, no basta con que una de las medidas de la presión esté fuera de rango: este debe que ser un comportamiento persistente en el tiempo.

La HTA es además la condición más común detectada en atención primaria, y de no ser detectada de manera temprana y tratada correctamente, puede predisponer a diversas complicaciones: enfermedades coronarias, accidentes vasculares cerebrales, insuficiencia cardiaca, insuficiencia renal, entre otras condiciones mórbidas. De ahí la importancia de una prevención y cuidado efectivos en esta enfermedad.

#### 5.1.1. Causas

La literatura clasifica la HTA en primaria o esencial, que corresponde a la gran mayoría de los pacientes hipertensos, en los que la causa o mecanismo inicial del proceso se desconoce; el segundo tipo corresponde a la HTA secundaria, que representa entre el 5 y el 10 por ciento de los pacientes hipertensos [37] y en los que la HTA tiene una causa completamente identificada, como puede ser una enfermedad o el uso de uno o varios medicamentos.

No obstante que el hecho de que la gran mayoría de los pacientes hipertensos no tienen una causa conocida que explique el origen de su condición, existen diversos factores de riesgo que aumentan la probabilidad de desarrollar esta enfermedad, estos son [38]:

- **Edad:** Las personas mayores de 55 años (60 años las mujeres) tienen una probabilidad mayor de desarrollar la enfermedad pues la presión arterial tiende a aumentar con la edad. Esta no es una condición inherente al envejecimiento, sino que se explica por factores como el aumento de peso, el sedentarismo y el aumento de la rigidez de los vasos sanguíneos.
- **Raza:** La literatura muestra que la población negra tiene una tendencia a presentar presiones sanguíneas más altas que la población blanca, hispana o asiática a la misma edad.
- **Fármacos:** Diversos fármacos provocan como efecto secundario la elevación de la presión arterial.
- **Alimentación y estilo de vida:** El consumo excesivo de alcohol, el sobrepeso, el tabaquismo y un estilo de vida sedentario contribuyen a aumentar el riesgo de desarrollar hipertensión.
- **Ingesta de sal:** Estudios muestran que existe una relación positiva entre la cantidad de sal consumida y el valor de la presión sanguínea.
- **Antecedentes familiares:** Tener antecedentes de familiares con hipertensión o presión arterial alta aumenta el riesgo de desarrollar hipertensión.

### **5.1.2. Sintomatología y Diagnóstico**

En la mayor parte de los casos, la HTA es asintomática. Los pacientes por lo general no manifiestan síntomas sino hasta las fases avanzadas de la enfermedad, cuando el daño al resto de los órganos ya está hecho. Sin embargo, algunos pacientes pueden presentar los siguientes síntomas en etapas tempranas de la enfermedad:

- Dolor de cabeza
- Mareos
- Vértigo
- Debilidad
- Palpitaciones cardíacas

Como se puede notar, la HTA no presenta signos y síntomas evidentes que permitan alarmar al paciente en las etapas iniciales de la enfermedad, es por esto que la clave para una detección temprana debe ser el chequeo frecuente de la presión sanguínea por parte del paciente, sobre todo si es que reúne alguno de los factores de riesgo indicados anteriormente.

En caso de sospecha de HTA, el procedimiento estándar establecido por el Ministerio de Salud [37] señala que el médico o examinador debe tomar al menos dos mediciones de la presión arterial en cada brazo, separadas al menos 30 segundos, en días distintos y en un lapso no mayor a 15 días. De existir diferencias en los valores de más de 5 mmHg se tomarán lecturas adicionales hasta estabilizar los valores. Se considerará como hipertenso al paciente cuyo promedio de mediciones sea mayor a 140/90 mmHg.

Otra técnica de diagnóstico de HTA es el Monitoreo Ambulatorio de la Presión Arterial (MAPA), la cual es no invasiva y que permite su medición en un periodo prolongado,

generalmente de 24 horas o más, de tal forma de que los datos recogidos puedan ser posteriormente analizados por el médico. Su utilización está recomendada en las siguientes situaciones [37]:

- Sospecha de hipertensión de “delantal blanco”<sup>10</sup>
- Hipertensión episódica
- Disfunción autonómica
- Seguimiento de la HTA en los casos de:
  - Aparente resistencia al tratamiento farmacológico.
  - Síntomas de hipotensión arterial en pacientes con terapia hipertensiva.

El diagnóstico de HTA incluye también la clasificación de la enfermedad según el valor de la presión sanguínea del paciente, esta clasificación se realiza para el posterior diseño del tratamiento a aplicar en el paciente. El Minsal sugiere la utilización de la clasificación de la Sociedad Europea de Presión Arterial, que se muestra en la **Tabla 8**:

Categoría	Presión arterial sistólica (mmHg)		Presión arterial diastólica (mmHg)
<b>Óptima</b>	<120	y	<80
<b>Normal</b>	120-129	y/o	80-84
<b>Normal alta</b>	130-139	y/o	85-89
<b>HTA Etapa 1</b>	140-159	y/o	90-99
<b>HTA Etapa 2</b>	160-179	y/o	100-109
<b>HTA Etapa 3</b>	≥180	y/o	≥110
<b>Hipertensión sistólica aislada</b>	≥140	y	<90

**Tabla 8:** Clasificación de la Sociedad Europea de la Presión Arterial (PA mmHg)

**Fuente:** Elaboración propia a partir de [36]

El *workflow* completo sugerido por el Minsal para el diagnóstico de hipertensión lo puede ver en el Anexo D.1

### 5.1.3. Tratamiento

Una vez confirmado el diagnóstico de HTA en el paciente, se debe primero realizar una evaluación clínica integral con el objetivo de pesquisar otros factores de riesgo cardiovasculares, daño en órgano blanco y/o comorbilidad. Esto permitirá establecer el nivel de riesgo cardiovascular (RCV) de la persona. La evaluación se compone de:

- Anamnesis y examen físico. Medición de:
  - Presión arterial en ambos brazos, para seleccionar el brazo con la mayor presión para controles posteriores de existir una diferencia. Controlar presiones en dos posiciones (decúbito/de pie o sentado/de pie).
  - Pulso.
  - Peso, estatura.
  - Cálculo de índice de masa corporal.
  - Circunferencia de cintura.

<sup>10</sup> Es el aumento temporal de la presión arterial producido en algunas personas cuando se encuentran en entornos sanitarios, debido al estrés que estos entornos le provocan.

- Solicitud de exámenes básicos de laboratorio: hematocrito, creatinina plasmática, examen completo de orina, glicemia, uricemia, perfil lipídico, potasio plasmático y electrocardiograma.

El cálculo del riesgo cardiovascular es relevante para el caso de la HTA porque la hipertensión se presenta junto a otros factores de riesgo cardiovasculares, potenciando su efecto. Este riesgo se define como la probabilidad de un individuo de sufrir un evento cardiovascular en un periodo de tiempo determinado (generalmente 10 años). Múltiples estudios evidencian que las metas y estrategias de tratamiento deben ser diferenciadas, graduando la intensidad de la intervención de acuerdo a riesgo bajo, moderado y alto. [39]

El cálculo de RCV se realiza utilizando las Tablas de Frammingham, estas son tablas que permiten estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento cardiovascular en un horizonte de tiempo de 10 años y los clasifica en 5 clases, de menor a mayor riesgo: Bajo, Ligero, Moderado, Alto y Muy Alto.

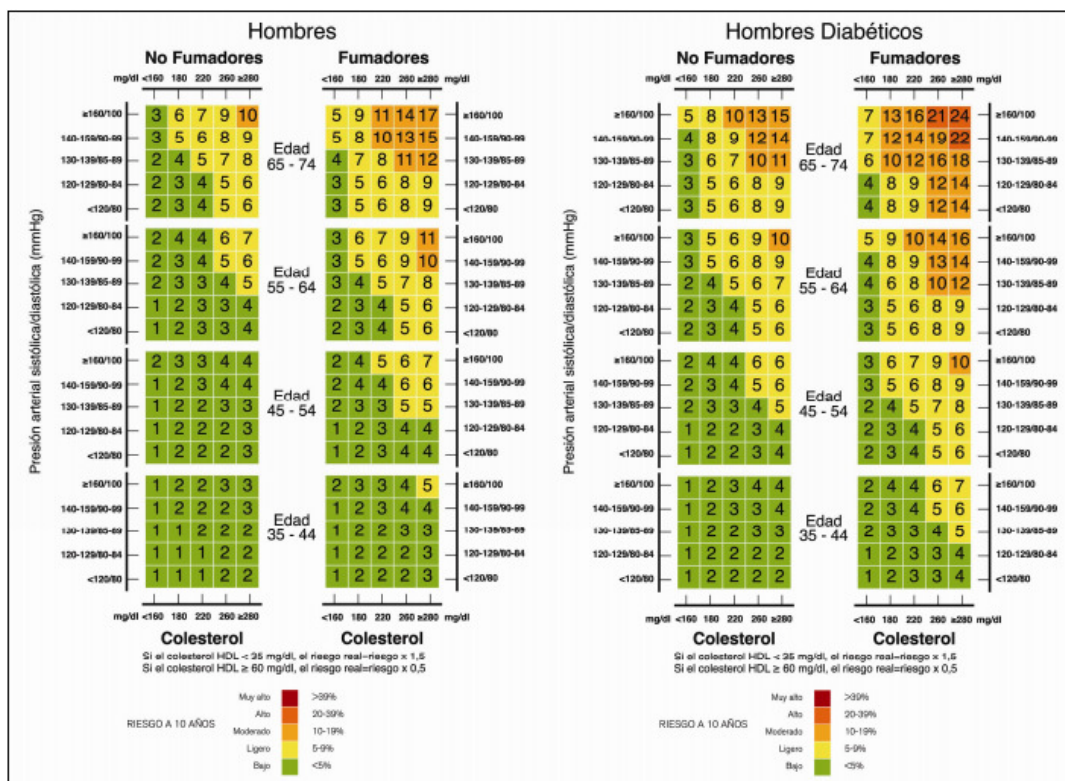
En la **Tabla 9** se muestran las Tablas de Frammingham para la población masculina de Chile, como se puede notar, reúnen los factores de riesgo más importantes: La edad, la presión sanguínea, el colesterol en la sangre, diabetes y el hábito fumador.

Finalmente, se debe descartar alguna causa secundaria de HTA (HTA secundario). Al momento del diagnóstico se sospecha de HTA secundaria si existen las siguientes claves:

- Comienzo menor a 30 años o mayor 55 años
- Presión Arterial  $\geq 160/100$  mmHg, particularmente si se asocia a repercusión orgánica.
- HTA resistente a tratamiento farmacológico.

También existen claves para los siguientes trastornos, detonantes de HTA secundaria (Detalle en [37]):

- Enfermedad renovascular.
- Nefropatía
- Anticonceptivos orales
- Feocromocitoma
- Aldosteronismo primario
- Síndrome de Cushing
- Apnea obstructiva del sueño
- Coartación aórtica
- Hipotiroidismo



**Tabla 9:** Tabla de estimación de riesgo cardiovascular a 10 años para la población masculina en Chile  
**Fuente:** Tablas de riesgo cardiovascular para la población chilena [39]

El tratamiento a aplicar al paciente hipertenso dependerá del RCV que presente, a partir de éste se decidirán las metas terapéuticas y estrategias de intervención. Este debe asegurar el correcto control de los factores de riesgo cardiovasculares del paciente. En pacientes con RCV bajo, moderado o alto, y sin FRCV la meta por lo general es de cifras de presión sanguínea menor a 140/90 mmHg; en pacientes con uno o más factores de riesgo cardiovasculares, enfermos de diabetes o nefropatía y en pacientes con RCV muy alto, la meta terapéutica se establece en una presión arterial menor a 130/80 mmHg.

Todo tratamiento antihipertensivo está compuesto por dos componentes: Cambios en el estilo de vida del paciente y un tratamiento farmacológico.

### 5.1.3.1. Cambios en el estilo de vida

El objetivo de los cambios en el estilo de vida del paciente es evitar o retrasar lo máximo posible el tratamiento farmacológico en el largo plazo, además de reducir la probabilidad de desarrollar otros factores de riesgo cardiovasculares. Muchos de estos cambios además tienen efectos directos sobre la presión arterial, logrando reducciones que, si bien son modestas, no dejan de ser significativas.

Dentro de las intervenciones asociadas a cambios en el estilo de vida se tienen:

- Cambios en la dieta y ejercicio: Una dieta hipocalórica y cardioprotectora en conjunto con el ejercicio regular permite reducir los niveles de presión arterial y el riesgo cardiovascular.



- Reducción de la ingesta de sal: El objetivo es reducir el consumo de sal bajo los 6g/día, lo que logra una reducción de entre 2 y 3 mmHg en la presión diastólica y sistólica.
- Consumo de alcohol: En el caso de personas con alto consumo de alcohol (más de 21 y 14 unidades de alcohol semanales en hombres y mujeres, respectivamente), una reducción de este consumo tiene un efecto positivo, reduciendo entre 3-4 mmHg la presión arterial.
- Consumo de café: Se debe evitar el consumo excesivo de café (Más de 5 tazas al día), pues está asociado a una elevación de la presión arterial.
- Consumo de tabaco: El paciente hipertenso debe evitar el consumo de tabaco. Si bien no hay una relación directa entre fumar y el aumento de la presión arterial, este hábito es un factor de riesgo de importancia en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias.
- Consejería e intervenciones grupales: Para apoyar los cambios en el estilo de vida del paciente. Estas intervenciones deben ser realizadas por equipos de salud y estar enfocadas en brindarles el apoyo necesario para lograr los cambios conductuales buscados y mantener un estilo de vida saludable.
- Terapias de relajación: El estrés tiene un efecto nocivo sobre la presión arterial. Para combatir este efecto se sugiere al paciente tomar terapias de relajación para reducir el estrés (meditación, masajes, etc.)
- 

#### *5.1.3.2. Tratamiento farmacológico*

El tratamiento farmacológico está indicado de forma inmediata para personas con presión arterial  $\geq 160$  mmHg y aquellas con RCV alto o muy alto. Para pacientes hipertensos con RCV bajo, se recomienda iniciar el tratamiento con cambios en el estilo de vida y esperar 3 meses antes de iniciar el tratamiento farmacológico, si pasados estos 3 meses la presión arterial del paciente no se normaliza entonces se debe iniciar el tratamiento farmacológico, en conjunto con los cambios en el estilo de vida. [37]

Para el tratamiento farmacológico existen los siguientes grupos de fármacos disponibles, según el Minsal [37]:

- A. Inhibidores enzima convertidora de angiotensina o IECA
- B. Antagonistas del receptor de la angiotensina o ARA II
- C. Calcioantagonistas o bloqueadores de canales de calcio
- D. Diuréticos
- E. Beta-bloqueadores
- F. Otros grupos farmacológicos
  - Antialdosterónicos
  - Alfa-2 agonistas
  - Bloqueador alfa-1
  - Inhibidores directos de la renina

La OMS por su parte, establece 6 grupos de fármacos de “primer línea” [52], es decir, aquellos en los que la evidencia muestra un mayor grado de eficacia en la reducción de la presión arterial, estos grupos son:

1. Inhibidores enzima convertidora de angiotensina o IECA
2. Antagonistas del receptor de la angiotensina o ARA II
3. Calcioantagonistas o bloqueadores de canales de calcio
4. Diuréticos
5. Beta-bloqueadores
6. Bloqueador alfa-1.

En la **Tabla 10** se muestra el detalle de las indicaciones y contraindicaciones para los grupos de fármacos considerados de primera línea para el tratamiento de la hipertensión.

CLASE DE FÁRMACO	INDICACIONES ESTABLECIDAS	POSIBLES INDICACIONES	CONTRAINDICACIONES ESTABLECIDAS	POSIBLES CONTRAINDICACIONES
Diuréticos	Insuficiencia cardíaca Pacientes ancianos	Diabetes	Gota	Dislipemia Varones sexualmente activos Dislipemia
Bloqueadores beta	HTA sistólica Angina de esfuerzo Postinfarto Taquiarritmias	Insuficiencia cardíaca Embarazo	Asma y EPOC Bloqueo AV de segundo o tercer grado	
IECA	Insuficiencia cardíaca Disfunción ventricular izquierda Postinfarto Nefropatía diabética		Embarazo Hipertasemia Estenosis bilateral de la arteria renal	
Antagonistas del calcio	Angina Pacientes ancianos HTA sistólica	Enfermedad vascular periférica	Bloqueo AV de segundo o tercer grados*	Insuficiencia cardíaca congestiva*
Bloqueadores alfa	Hipertrofia de próstata	Intolerancia a la glucosa Dislipemia		Hipotensión ortostática
ARA II	Tos con IECA	Insuficiencia cardíaca	Embarazo Hipertasemia Estenosis bilateral de la arteria renal	

\*Verapamilo y diltiazem.

**Tabla 10:** Principales indicaciones y contraindicaciones de las clases de fármacos antihipertensivos de primera línea.  
**Fuente:** Tratamiento farmacológico de la hipertensión arterial: fármacos antihipertensivos [52]

No se entrará en detalle en el mecanismo de acción de cada uno, pues está fuera del alcance de esta memoria.

El tratamiento farmacológico dependerá de la gravedad de la condición y el RCV del paciente. En pacientes con RCV bajo o ligero y sin comorbilidad se puede iniciar terapia con cualquiera de los grupos de fármacos antihipertensivos mencionados antes. Aunque para los pacientes menores a 55 años, se recomienda el uso de fármacos del grupo A, B o E; mientras que, para pacientes mayores, se recomienda el uso de fármacos de los grupos C y D. Si luego de 3 meses no se logra estabilizar la presión sanguínea en los valores meta, se recomienda añadir un fármaco más, con mecanismo de acción distinto. En caso de no haber respuesta al tratamiento con 2 fármacos de manera simultánea, el paciente debe ser remitido a especialista para evaluar la necesidad de 3 o hasta 4 fármacos, junto con otros cambios en el tratamiento entregado.

En pacientes con RCV alto o muy alto, daño a órgano blanco o comorbilidad, las recomendaciones de tratamiento son específicas según su condición, dado que existen medicamentos específicos con eficacia probada en estas condiciones:

- Diabetes Mellitus
- Enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares
- Nefropatía no diabética

El *workflow* completo de establecimiento de metas terapéuticas y elección de fármacos para pacientes hipertensos los encontrará en los Anexos D.2 y D.4 de este informe.

#### **5.1.4. Patologías asociadas**

La presión arterial en niveles elevados y anormales genera cambios estructurales en el sistema arterial y cardiovascular: las arterias, arteriolas y capilares se estrechan y el corazón debe realizar un mayor esfuerzo para bombear la sangre al resto del organismo. Estos cambios terminan afectando y dañando a órganos tales como el cerebro, el corazón, los riñones, determinando las principales complicaciones de esta enfermedad:

- Aneurisma: Que es el ensanchamiento o abultamiento anormal de una parte de una arteria o vaso sanguíneo.
- Arteriosclerosis: Es el endurecimiento de las arterias y vasos sanguíneos, causando el estrechamiento de las arterias e impidiendo el flujo de sangre por la arteria.
- Infarto agudo de miocardio: Corresponde a la obstrucción de la irrigación sanguínea del corazón por un coágulo.
- Accidente Cerebrovascular: Correspondiente tanto a una hemorragia originada por la rotura de un vaso sanguíneo cerebral (derrame cerebral), como a la disminución brusca e importante del flujo sanguíneo que llega al cerebro (infarto cerebral).
- Insuficiencia cardiaca: Es la incapacidad del corazón de bombear sangre en el volumen suficiente para satisfacer las necesidades del organismo.
- Insuficiencia renal: Es la incapacidad de los riñones de eliminar el exceso de líquido, minerales y desechos de la sangre.
- Retinopatía hipertensiva: Corresponde a la degeneración de la retina producto de la hipertensión arterial. Puede provocar desprendimiento de retina y pérdida de visión de no ser tratada adecuadamente.

#### **5.1.5. Seguimiento y bioseñales en pacientes con hipertensión**

El seguimiento realizado al paciente dependerá del RCV que presente. En el caso de pacientes con RCV bajo, se recomienda una frecuencia de control en consulta cada 6 meses. Pacientes con RCV alto o muy alto, requieren una frecuencia mayor: cada 3 meses.

El principal signo vital que debe ser monitoreado y controlado en pacientes hipertensos es, obviamente, la presión arterial. Dado que todo paciente con hipertensión es más propenso a desarrollar enfermedades cardiovasculares, es común que también se

incluyan dentro de las bioseñales a monitorear la frecuencia cardíaca y la actividad eléctrica del corazón (medida a través de electrocardiograma). De la misma manera, si el paciente tiene alguna comorbilidad, como puede ser la diabetes, se agregan más bioseñales a este monitoreo. A continuación, se describen las más importantes

#### 5.1.5.1. Presión Arterial

En pacientes sin comorbilidad ni daño a órgano blanco se utiliza la Tabla 2, monitoreándose que el valor de la presión arterial converja a los valores definidos como meta.

En pacientes con comorbilidad o daño a órgano blanco, los rangos variarán según la situación particular. Por ejemplo, en el caso de personas diabéticas, como la presión sanguínea en estos pacientes ya es anormalmente alta, los valores de presión arterial sistólica y diastólica que configuran hipertensión es menor, partiendo en 130/80 mmHg, según lo que se muestra en la **Tabla 11**.

Presión	Normal	Hipertenso
<b>Sistólica</b>	<130 mmHg	>130 mmHg
<b>Diastólica</b>	<80 mmHg	>80 mmHg

**Tabla 11:** Valores de presión arterial para personas con diabetes

**Fuente:** Guía clínica de hipertensión del Minsal [37]

Para la medición semi-automática (con intervención del paciente o un tercero) o automática de la presión sanguínea se utiliza un medidor de presión arterial de muñeca (esfigmomanómetro) o equivalente en caso de que la medición se haga en otro lugar del cuerpo, como el que se ve en la **Ilustración 60**.



**Ilustración 60:** Esfigmomanómetro digital.

#### 5.1.5.2. Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca corresponde al número de contracciones del corazón (latidos) o pulsos por unidad de tiempo (generalmente minutos). Su medición se hace en condiciones bien determinadas (En reposo o en actividad)

No hay una relación directa entre el aumento de la presión arterial y un aumento o disminución de la frecuencia cardíaca, pero este es un indicador que resulta de interés porque valores anormalmente altos de la frecuencia cardíaca están relacionados a un

mayor riesgo cardiovascular. Por tanto, el monitoreo de esta bioseñal se explica por la intención de mantener controlados los factores de riesgo cardiovasculares del paciente.

Como se muestra en la **Tabla 12**, el rango de normalidad en frecuencia cardiaca de la actividad que esté realizando, así como el estilo de vida de la persona

	Adulto Sedentario	Adulto en forma	Deportista
<b>En reposo</b>	70-90 latidos/min	60-80 latidos/min	40-60 latidos/min
<b>Ejercicio</b>	110-130 latidos/min	120-140 latidos/min	140-160 latidos/min
<b>Ejercicio intenso</b>	130-150 latidos/min	140-160 latidos/min	160-200 latidos/min

**Tabla 12:** Frecuencias cardiacas para un adulto

**Fuente:** Elaboración propia a partir del artículo "Target Heart Rates" [40]

Para monitorear la frecuencia cardiaca existen numerosos dispositivos en el mercado: smartphones, relojes o brazaletes son los más comunes, como el que se muestra en la **Ilustración 61**.



**Ilustración 61:** Reloj pulsímetro.

### 5.1.5.3. Colesterol en la sangre

Un alto nivel de colesterol (hipercolesterolemia) en la sangre también es considerado un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, por esto es importante mantenerlo controlado y en niveles normales.

Cabe mencionar que generalmente se hace la distinción entre colesterol "bueno" o Lipoproteína de alta densidad (HDL) y colesterol "malo" o Lipoproteína de baja densidad (LDL). Ambas proteínas llevan colesterol, pero niveles elevados de LDL están asociados a un mayor riesgo cardiovascular y a una mayor probabilidad de desarrollar de aterosclerosis y enfermedades coronarias.

En la **Tabla 13** se muestran los niveles de colesterol en la sangre para un adulto.

Tipo de colesterol	mg/dL	Interpretación
<b>Total</b>	<200	Óptimo
	200-239	Al límite
	>240	Alto
<b>Colesterol LDL</b>	<100	Óptimo

	100-129	Bueno
	130-159	Al límite
	160-189	Alto
	>190	Muy alto
<b>Colesterol HDL</b>	<40	No deseable
	41-59	Bueno
	>60	Óptimo

**Tabla 13:** Niveles de colesterol para un adulto  
**Fuente:** High Blood Cholesterol: What You Need to Know [41]

La medición del colesterol en la sangre se realiza a través de un examen llamado perfil lipídico, un conjunto de pruebas de sangre para detectar anomalías en los niveles de lípidos, como el colesterol y los triglicéridos.

También existen dispositivos para el monitoreo remoto del colesterol, como el que se muestra en la **Ilustración 62**, que funciona en base a pequeñas muestras de sangre tomadas por el paciente y que el dispositivo analiza.



**Ilustración 62:** CardioChek, dispositivo de monitoreo del nivel de colesterol en la sangre.

#### 5.1.5.4. Glucosa en la sangre

Otro de los factores de riesgo importantes de las enfermedades cardiovasculares es la diabetes. Por tanto, los pacientes con hipertensión deben ser cuidadosos con su alimentación, sobre todo en lo que respecta al consumo de azúcar, de manera evitar el desarrollo de una diabetes.

Por lo anterior, es fundamental que los pacientes hipertensos controlen de manera frecuente el nivel de glucemia en la sangre. Generalmente este control se hace en consulta con una frecuencia anual, pero el mismo paciente puede monitorear su nivel de glicemia en la sangre utilizando un medidor de glicemia capilar, como el que se muestra en la **Ilustración 63**. Estos dispositivos funcionan de manera similar a los de monitoreo de colesterol: El paciente se toma una muestra de sangre con un pinchazo en uno de sus dedos y la deposita en una tira reactiva que el dispositivo lee y analiza.



**Ilustración 63:** Medidor de glicemia capilar.

### **5.1.6. Situaciones de riesgo en pacientes con hipertensión**

La principal situación de riesgo para un paciente hipertenso es la llamada Crisis Hipertensiva o Hipertensión Maligna, que corresponde a un alza aguda de la presión arterial en pacientes hipertensos, aunque también puede afectar a personas sin diagnóstico de hipertensión. Esta es una condición de gravedad que debe ser manejada con el máximo de rapidez y eficiencia posibles ya que de no ser controlada a tiempo puede provocar graves consecuencias en el organismo del paciente, las que incluyen la muerte. Se distingue, según su gravedad, entre:

#### *5.1.6.1. Urgencia Hipertensiva*

Es la situación de elevación aguda de la presión arterial, que debe ser controlada en forma rápida (en días), pero no inmediata. No hay daño a órganos blanco y el paciente puede estar asintomático o presentar síntomas específicos (cefalea, mareo, ansiedad, etc.) El tratamiento consiste en estabilizar gradualmente (24-48 horas) la presión arterial del paciente a niveles normales. Generalmente no requiere de hospitalización. Las causas más frecuentes de urgencia HTA son [37]:

- Hipertensión con PAD > 130 mm Hg no complicada
- Hipertensión asociada a:
  - Insuficiencia cardíaca sin EPA
  - Angina estable
  - Crisis isquémica transitoria
- Hipertensión severa en trasplantado
- Urgencias de manejo intrahospitalario
- Infarto cerebral
- Pre-eclampsia con presión arterial diastólica > 110 mmHg

El tratamiento de esta condición está enfocado en la disminución paulatina de la presión arterial en el paciente. El tratamiento es por lo general ambulatorio y consiste en la prescripción de fármacos antihipertensivos por vía oral, indicados en la **Tabla 14**.



	Dosis oral	Inicio (Duración)	Observaciones
<b>Captopril</b>	25 mg oral o sublingual (repetir en caso necesario)	15 – 30 min (6 – 8 h)	Precaución con estenosis bilateral de arterias, creatininemia mayor a 3 mg/dL o kalemia mayor de 5.0 mEq/L. Su uso está formalmente contraindicado en embarazo.
<b>Clonidina</b>	0.1– 0.2 mg (repetir c/ 1 - 2 horas hasta 0.6 mg)	30 – 60 min (8 - 16 h)	Boca seca, Puede producir hipotensión ortostática.
<b>Labetalol</b>	200 – 400 mg (repetir c/ 2- 3 h)	30 min – 2h (2 – 12 h)	broncospasmo, BAV, hipotensión ortostática.

**Tabla 14:** Fármacos recomendados para paciente con Urgencia Hipertensiva.

**Fuente:** Guía Clínica: Hipertensión Arterial Primaria o Esencial en personas de 15 años o más

### 5.1.6.2. Emergencia Hipertensiva

Elevación súbita y sintomática de la presión arterial del paciente, que debe ser controlada de forma inmediata (minutos u horas), dado que la vida del paciente o la integridad de sus órganos está seriamente comprometida.

Las causas de esta condición son [37]:

- Hipertensión asociada a:
  - Insuficiencia ventricular izquierda aguda
  - Insuficiencia coronaria aguda
  - Aneurisma disecante de la aorta
  - HTA severa más síndrome nefrítico agudo
  - Crisis renal en la esclerodermia
  - Hemorragia intracraneana
  - Hemorragia sub aracnoidea
  - Traumatismo encéfalo craneano
- Cirugía con suturas arteriales
  - Encefalopatía hipertensiva-Hipertensión maligna
  - Eclampsia
  - Feocromocitoma en crisis hipertensiva y otros aumentos de catecolaminas
  - Crisis hipertensiva post:
    - supresión brusca de clonidina
    - interacción de drogas y alimentos con inhibidores de la MAO
    - cocaína

El tratamiento en este caso debe realizarse con el paciente hospitalizado en un centro especializado. Este dependerá además de los fármacos a emplear, el nivel meta de presión arterial deseado y la velocidad de reducción de la presión arterial necesaria para la autorregulación de la misma, por esto último se debe ser cuidadoso en el tratamiento y evitar una reducción brusca de la presión arterial, sobre todo si el paciente es asintomático.

Los fármacos utilizados, junto con sus contraindicaciones se presentan en la **Tabla 15**.



Fármacos Vasodilatadores	Usos clínicos preferentes	Contraindicaciones
Nitroprusiato de sodio	En la mayoría de las emergencias	Insuficiencia renal
Trinitrina	Isquemia coronaria, congestión o edema pulmonar	
Hidralazina	Eclampsia	IAM, disección Aórtica
Enalapril	Congestión o edema pulmonar	
Fármacos antagonistas adrenérgicos		
Labetalol	En la mayoría de las emergencias	ICC, Asma
Esmolol	Disección aórtica	ICC, Asma, feocromocitoma
Fentolamina	Feocromocitoma	

**Tabla 15:** Tabla con fármacos utilizados para paciente con Emergencia Hipertensiva  
**Fuente:** Guía Clínica: Hipertensión Arterial Primaria o Esencial en personas de 15 años o más

Luego de lograr normalizar la presión arterial en el paciente, se deben ir retirando de forma paulatina estos medicamentos por los de uso típico vía oral.

## 5.2. Instanciación de la ontología de contexto médico

En la sección 4.2.6, se describió la estructura del “Modelo de descripción semántico”, compuesto por tres ontologías y que constituye el modelo de datos utilizado por el sistema de apoyo para proveer las funcionalidades propuestas. Para un correcto funcionamiento del prototipo a describir, es necesario instanciar este

En esta sección, se explicará la instanciación de la ontología de contexto médico, particularmente en lo que respecta a conocimiento médico. Esta instanciación se hace para el caso específico de HTA, aunque incluye información de dominios que colindan con el de HTA, como lo es el de la Diabetes Tipo II

Las otras dos ontologías, si bien importantes, guardan una menor cantidad de información, que no justifica su explicación en detalle en esta sección, por lo que serán y el detalle de esta instanciación será explicada en la siguiente sección, cuando se describan las aplicaciones desarrolladas.

### 5.2.1. Enfermedades y Síndromes

Las enfermedades instanciadas corresponden a las asociadas con la hipertensión arterial, es decir, que comúnmente se presentan juntas o una surge como consecuencia del daño provocado por la otra. Además, se incluyen las aquellas para las que los tratamientos en la ontología tienen algún tipo de contraindicación.

El detalle de ambas se encuentra en el Anexo E.1 y E.2, respectivamente.

## 5.2.2. Síntomas y signos

Los síntomas y signos se muestran en el Anexo E.3. Reúne más de 60 síntomas y signos generales, asociados a diabetes y a hipertensión. También se incluye resultados de exámenes como signos, por ejemplo, en vez de “Colesterol Alto” (Signo), se instancia “Colesterol LDL Anormal (>70mg/dl)”.

## 5.2.3. Intervenciones

En el Anexo E.4 e incluyen más de 60 intervenciones, las que agrupan principalmente fármacos de primera y segunda línea para el tratamiento de la hipertensión, diabetes y enfermedades asociadas como la hipertensión gestacional, pre-eclampsia, nefropatía y retinopatía.

## 5.3. Aplicación web

Como ya se mencionó al inicio de este capítulo, la aplicación web corresponde a la implementación de los servicios propuestos para el sistema de apoyo.

El prototipo fue desarrollado utilizando el *framework* web Spring MVC [44], en el que las peticiones por recursos HTTP son gestionadas por un servlet llamado *DispatcherServlet*, el que envía cada petición al controlador respectivo. Estos controladores corresponden a los descritos en el paquete App, del diagrama de paquetes mostrado en 4.2.5.

Las vistas fueron programadas utilizando la tecnología Java Server Page (JSP) [45], y el *framework* Bootstrap [46]. Como servidor web se utilizó Apache Tomcat [47] y el *framework* Apache Jena [48] para el acceso a datos de la ontología.

Los paquetes asociados a SSU se integran directamente como librería externa a la aplicación web.

La aplicación web implementa las funcionalidades expuestas en los casos de uso. La primera, permite al profesional acceder a la información general de un paciente seleccionado por el profesional de la salud. La segunda, permite acceder a la información de las últimas alarmas emitidas para el paciente en cuestión. La tercera funcionalidad, corresponde a un servicio que sugiere diagnósticos al profesional de acuerdo a la información del paciente, más la información de sintomatología y exámenes que el profesional ingrese. La cuarta, sugiere al profesional actividades o intervenciones para incluir dentro del tratamiento del paciente, en base a la información de éste. Las últimas corresponden a servicios de administración de la información asociados a diagnóstico, tratamiento, alarmas y monitoreo.

### 5.3.1. Información general del paciente

Al llenar un formulario en el usuario que debe ingresar el RUT del paciente a consultar, se despliega una pantalla con información general del paciente (**Ilustración 64** e **Ilustración 65**).

## Información General del Paciente

Buscar posibles diagnósticos

Buscar posibles tratamientos

Administrar información de diagnóstico

Administrar actividades del tratamiento

Administrar política de alarmas

Administrar plan de monitoreo

Ver historial de alarmas

Volver a inicio

## Paciente: Juan Gómez R.

### Datos del paciente

- **RUT:** 11111111-1
- **Fecha de nacimiento:** 24 de junio de 1951
- **Edad:** 65 años y 2 meses
- **Sexo:** Hombre
- **Grupo Sanguíneo:** 0+
- **Teléfono:** +56912345678
- **Domicilio:** Serrano 205, Los Andes
- **Alergias:** Ninguna

### Diagnóstico

Patología	Información Adicional
Diabetes Tipo II	
Hipertensión Arterial Primaria	HTA Etapa 1 PA>140/90
Nefropatía Diabética	Etapa 1-2. Albuminuria normal

**Ilustración 64:** Vista Información general del paciente (Parte 1)

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede notar, el sistema despliega tanto los datos personales del paciente, su diagnóstico, las actividades que componen su tratamiento actual, el plan de monitoreo con los indicadores y sensores respectivos. Además, despliega las alarmas configuradas al paciente, con el riesgo, contexto y personas a notificar.

Tratamiento en curso				
Actividad	Tipo	Vía de administración	Posología	Información adicional
Captopril	Fármaco Antihipertensivo (IECA)	Oral	1 comprimido con 25mg cada 6-8 horas	
Dieta Especial	Cambios en estilo de vida	No aplica	No aplica	<a href="#">Ver detalle de dieta (PDF)</a>
Metformina	Fármaco Hipoglicemiante	Oral	2 comprimidos de 850 mg cada 12 horas.	
Plan de ejercicio físico	Cambios en el estilo de vida	No aplica	No aplica	<a href="#">Ver detalle de plan (PDF)</a>

Plan de monitoreo			
Indicador	Frecuencia de medición	Dispositivo	Rango de normalidad
Frecuencia cardíaca	Cada 1 minuto	Monitor Holter de PA y Pulso	Reposo Min: 60 Max: 80
Glicemia	4 veces al día. Manual	Glucómetro	Ayunas Min: 65 Max: 145 Después de comer Min: 80 Max: 180
Presión Arterial Diastólica	Cada 1 minuto	Monitor Holter de PA y Pulso	Min: 60 mmHg Max: 80 mmHg
Presión Arterial Sistólica	Cada 1 minuto	Monitor Holter de PA y Pulso	Min: 100 mmHg Max: 130 mmHg

Alarmas	
<b>Alarma #1</b>	Alarma #2 Alarma #3
Riesgo:	Alto
Contexto:	Hipoglicemia
Personas a notificar:	Paciente1, Cuidador1, Enfermero1

**Ilustración 65:** Vista de Información general del paciente (Parte 2)  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.2. Buscar posibles diagnósticos

Otra de las funcionalidades propuestas en los casos de uso, era la de sugerir al profesional posibles diagnósticos. Aquí se despliega una lista con sintomatología a agregar (**Ilustración 66**), la que, sumada a la información de contexto ya registrada del paciente, permite a la aplicación mostrarle al usuario un listado de patologías relacionadas.

Las patologías están ordenadas de mayor a menor coincidencia. En caso de detectarse una coincidencia exacta entre el contexto médico del paciente y el contexto médico asociado a la patología, este resultado se marca de color verde. En caso de que esta coincidencia sea parcial, la pestaña del resultado se marca en un color amarillo. Todo esto se muestra en la **Ilustración 67**.

En cada patología se muestra un hipervínculo a la descripción de la enfermedad en MedlinePlus [53], se señalan las coincidencias con el contexto del paciente y la sintomatología aún por confirmar, en caso de que la coincidencia no sea perfecta. En caso de disponerse de uno, se muestra también un hipervínculo al *guideline* o guía clínica del Minsal o instituciones similares para el diagnóstico de la enfermedad en cuestión.

- Buscar posibles diagnósticos
- Buscar posibles tratamientos
- Administrar información de diagnóstico
- Administrar actividades del tratamiento
- Administrar política de alarmas
- Administrar plan de monitoreo
- Ver historial de alarmas
- Volver a inicio

Ingrese sintomatología

Fiebre PA >160/100 PA >180/90 Vértigo Palpitaciones cardiacas Hipoglucemia HbA1c >7% HbA1c >9% Obesidad PA>130/80 Triglicéridos >150 mg/dl	PA >140/90 Cefalea Sobrepeso
--	------------------------------------

**Ilustración 66:** Selección de sintomatología en funcionalidad "Buscar posibles diagnósticos"  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### Resultados de la búsqueda de patologías

**Hipertensión Arterial Esencial**  Agregar

**Descripción**  
**Tipo de patología**  
Enfermedad  
Coincide con la siguiente información clínica del paciente:  
Promedio PA>140/90  
**Sintomatología por confirmar:**  
Ninguna.

**Diabetes Tipo II**  Agregar

**Nefropatía Diabética.**  Agregar

**Descripción**  
**Tipo de patología**  
Enfermedad  
Coincide con la siguiente información clínica del paciente:  

- Nicturia
- Poliuria
- Hinchazón de piernas
- Albuminuria

**Información por confirmar:**  
Ratio albúmina/creatinina>30 para confirmar diagnóstico  
[Ver guideline](#)

**Ilustración 67:** Resultado de búsqueda en funcionalidad "Buscar posibles diagnósticos"  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.3. Buscar posibles tratamientos

Esta funcionalidad, permite al usuario buscar intervenciones o actividades para el tratamiento, en base a la información ya registrada del paciente. A diferencia del caso anterior, no se solicita al usuario ingresar información adicional. Y al igual que la funcionalidad anterior, permite seleccionar actividades y agregarlas al tratamiento actual del paciente. Cómo se puede observar en la **Ilustración 68**, se muestra un listado de actividades con coincidencia con la información de diagnóstico del paciente. Cada actividad incluye información básica de ésta, por ejemplo, en el caso de los fármacos,

indicará el tipo de fármaco, su vía de administración, la dosis recomendada, indicaciones, contraindicaciones, entre otras.

Resultados de la búsqueda de actividades

<a href="#">Captopril</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<a href="#">Losartán</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<a href="#">Metformina</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<a href="#">Glibenclamida</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<a href="#">Insulina Inyectable</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<a href="#">Dieta especial</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<a href="#">Plan de ejercicio físico</a> <input type="checkbox"/> Agregar

[Registrar actividades](#) [Volver a la página anterior](#)

<a href="#">Losartán</a> <input type="checkbox"/> Agregar
<b>Tipo de actividad</b> Fármaco Antihipertensivo/ARA II
<b>Vía de administración</b> Oral
<b>Posología</b> 1 comprimido de 50 mg cada 24 horas.
<b>Indicaciones</b> Hipertensión, Insuficiencia cardiaca, Hipertrofia ventricular izquierda, Nefropatía Diabética/Hipertensiva, Retinopatía Diabética/Hipertensiva
<b>Contraindicaciones</b> Embarazo, Lactancia, Hiperpotasemia, Paciente monorreno
<b>Información adicional</b> Para acción monodroga o combinación con diuréticos o fármacos IECA. Protección renal en pacientes con diabetes tipo 2 y con proteinuria.
<b>Fármacos de la misma familia:</b> <a href="#">Candesartán</a> , <a href="#">Eprosartán</a> , <a href="#">Irbesartán</a> , <a href="#">Telmisartán</a> , <a href="#">Valsartán</a>

**Ilustración 68:** Resultado de búsqueda de diagnósticos.  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 5.3.4. Administrar información de diagnóstico

Esta funcionalidad despliega una tabla similar a la mostrada en la pantalla principal, pero añade un botón a cada fila para eliminar la patología correspondiente del listado (**Ilustración 69**). También permite la opción de añadir una nueva, al presionar el botón inferior, se despliega un formulario en la misma vista (**Ilustración 70**), el usuario puede seleccionar la patología agregar y escribir información adicional sobre ésta en un *textarea*.

Paciente: Juan Gómez R.

Patología	Información Adicional	
Diabetes Tipo II		<a href="#">Eliminar</a>
Hipertensión Arterial Primaria	HTA Etapa 1 PA>140/90	<a href="#">Eliminar</a>
Nefropatía Diabética	Etapa 1-2. Albuminuria normal	<a href="#">Eliminar</a>

[Agregar una nueva patología](#)

**Ilustración 69:** Vista de "Administrar información de diagnóstico"  
**Fuente:** Elaboración propia.

Seleccione una patología:

Retinopatía Hipertensiva

Información Adicional:

[Agregar](#) [Volver](#)

**Ilustración 70:** Vista de "Agregar una nueva patología"  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.5. Administrar información del tratamiento

Similar al caso anterior, en esta funcionalidad el usuario puede administrar las actividades asociadas al paciente como parte de su tratamiento (**Ilustración 71**). El usuario puede eliminar actividades y agregarlas (**Ilustración 72**), tal como en el caso anterior.

Paciente: Juan Gómez R.

Actividad	Tipo	Via de administración	Posología	Información adicional		
Captopril	Fármaco Antihipertensivo (IECA)	Oral	1 comprimido con 25mg cada 6-8 horas		<a href="#">Eliminar</a>	<a href="#">Modificar</a>
Dieta Especial	Cambios en estilo de vida	No aplica	No aplica	<a href="#">Ver detalle de dieta (PDF)</a>	<a href="#">Eliminar</a>	<a href="#">Modificar</a>
Metformina	Fármaco Hipoglucemiante	Oral	2 comprimidos de 850 mg cada 12 horas.		<a href="#">Eliminar</a>	<a href="#">Modificar</a>
Plan de ejercicio físico	Cambios en el estilo de vida	No aplica	No aplica	<a href="#">Ver detalle de plan (PDF)</a>	<a href="#">Eliminar</a>	<a href="#">Modificar</a>

[Agregar una nueva actividad](#)

**Ilustración 71:** Vista de "Administrar información del tratamiento"  
**Fuente:** Elaboración propia.

El usuario puede también modificar alguna de las actividades, como se ve en la **Ilustración 73**. El usuario puede modificar las características agregadas por default como la posología o la vía de administración.

Seleccione una actividad:

Valsartán (Fármaco)

Información Adicional:

Agregar Volver

**Ilustración 72:** Vista de "Agregar actividad"  
Fuente: Elaboración propia.

Actividad:

Captopril (Fármaco)

Vía de Administración:

Oral

Posología:

1 comprimido con 25mg cada 3 horas

Información Adicional:

Guardar actividad editada Volver

**Ilustración 73:** Vista de "Modificar actividad" para el caso del Captopril.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.6. Administrar política de alarmas

Nuevamente, la funcionalidad es similar. Se despliega al usuario la tabla de la página principal, con opciones de eliminar, agregar y modificar alarmas. (**Ilustración 74**, **Ilustración 75** e **Ilustración 76**)

Alarma	Contexto	Nivel de Riesgo	Actores a notificar		
Alarma #1	Hipoglucemia	Alto	Paciente1, Cuidador1, Enfermero1	Eliminar	Modificar
Alarma #2	Hiperglicemia	Moderado	Paciente1, Cuidador1	Eliminar	Modificar
Alarma #3	Pérdida de conciencia	Crítico	Médico1, Cuidador1, Cuidador2, Enfermero1	Eliminar	Modificar

Agregar una nueva alarma

**Ilustración 74:** Vista de "Administrar política de alarmas"  
Fuente: Elaboración propia.



Nombre de la alarma:

Contexto bajo el que se dispara:

Nivel de riesgo:

Bajo

Actores a notificar:

Agregar Volver

**Ilustración 75:** Vista de "Agregar alarma"  
Fuente: Elaboración propia.

Nombre de la alarma:

Contexto bajo el que se dispara:

Nivel de riesgo:

Crítico

Actores a notificar:

Guardar alarma Volver

**Ilustración 76:** Vista de "Modificar alarma" para el caso de la Alarma #1  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.7. Administrar plan de monitoreo

Como lo anteriores, se despliega la misma tabla de la página principal (**Ilustración 77**, sólo que dándole al usuario la opción de eliminar un indicador, modificarlo (**Ilustración 79**) o agregar uno nuevo (**Ilustración 78**).

Indicador	Frecuencia de medición	Dispositivo	Rango de normalidad		
Frecuencia cardiaca	Cada 1 minuto	Monitor Holter de PA y Pulso	Reposo Min: 60 Max: 80	Eliminar	Modificar
Glucemia	4 veces al día. Manual	Glucómetro	Ayunas Min: 65 Max: 145 Después de comer Min: 80 Max: 180	Eliminar	Modificar
Presión Arterial Diastólica	Cada 1 minuto	Monitor Holter de PA y Pulso	Min: 60 mmHg Max: 80 mmHg	Eliminar	Modificar
Presión Arterial Sistólica	Cada 1 minuto	Monitor Holter de PA y Pulso	Min: 100 mmHg Max: 130 mmHg	Eliminar	Modificar

Agregar un nuevo indicador

**Ilustración 77:** Vista de "Administrar plan de monitoreo"  
Fuente: Elaboración propia.

**Indicador:**  
Temperatura corporal ▼

**Frecuencia de medición:**

**Dispositivo a utilizar:**  
default ▼

**Rango de normalidad:**  
**Mínimo:**  
  
**Máximo:**

**Ilustración 78:** Vista de "Agregar plan de monitoreo"  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Indicador:**  
Presión Arterial Sistólica ▼

**Frecuencia de medición:**  
Cada 1 minuto

**Dispositivo a utilizar:**  
Monitor de PA ABPM50 ▼

**Rango de normalidad:**  
**Mínimo:**  
90  
**Máximo:**  
120

**Ilustración 79:** Vista de "Modificar plan de monitoreo"  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.8. Ver historial de alarmas

Al seleccionar la opción "Ver historial de alarmas", se le despliega una tabla con el listado de las alarmas asociadas al paciente disparadas, ordenadas de la más reciente a la más antigua, tal como se ve en la **Ilustración 80**.

Información General del Paciente

Buscar posibles diagnósticos

Buscar posibles tratamientos

Administrar información de diagnóstico

Administrar actividades del tratamiento

Administrar política de alarmas

Administrar plan de monitoreo

Ver historial de alarmas

Volver a inicio

Paciente: Juan Gómez R.

#### Últimas alarmas

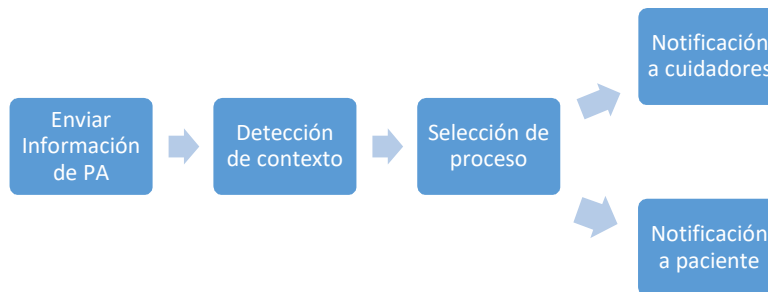
Fecha	Motivo	Nivel de Riesgo	Estado
2016-08-11 23:59:11	Pérdida de conciencia	Crítico	No Resuelta
2016-08-11 23:45:12	Súbita subida de presión arterial. Posible Crisis Hipertensiva	Alto	No Resuelta
2016-08-09 15:25:11	Glicemia sobre los niveles fijados como normales	Moderado	Resuelta
2016-08-01 09:15:21	No ha sido posible obtener información de indicadores	Moderado	Resuelta

**Ilustración 80:** Vista "Ver historial de alarmas"  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.4. Aplicación móvil

Como ya se mencionó al inicio del capítulo, esta aplicación corresponde a un prototipo para probar la funcionalidad del *framework* en un contexto móvil (aplicación para Smartphone) y ubicuo (con una petición generada no por un humano, sino que por un script a cargo de biosensores).

Se desarrolló entonces una aplicación para Android, que permite a los actores participantes del cuidado del paciente recibir notificaciones de situaciones de riesgo o alarma sobre el paciente. La idea de estas notificaciones es que, una vez disparadas, provoquen en el médico, paciente o sus cuidadores, la ejecución de acciones correctivas.



**Ilustración 81:** Proceso de selección de servicios en aplicación móvil  
**Fuente:** Elaboración propia

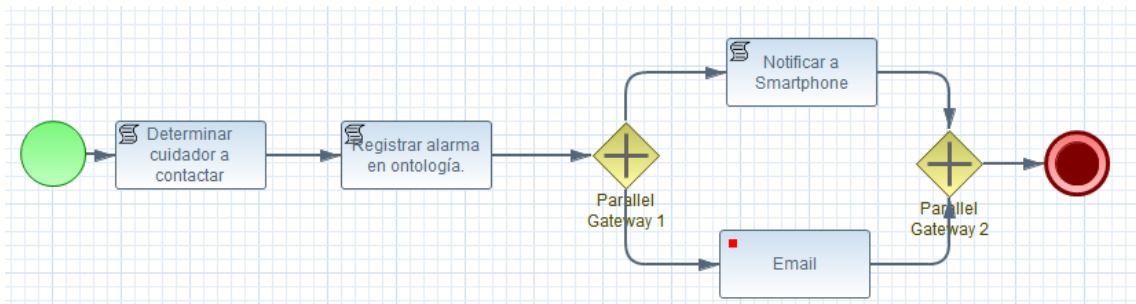
Se simula un paciente con HTA, para el que se disponen datos de presión arterial simulados. Un controlador envía estos datos a SSU, el que invoca un servicio de detección de contexto previamente seteado. Este servicio, detecta el riesgo asociado a la presión arterial del paciente, generando tres posibles contextos:

- Presión Arterial controlada. Riesgo: Bajo. Cuando el paciente tiene su PA controlada y bajo los niveles que indique su médico.

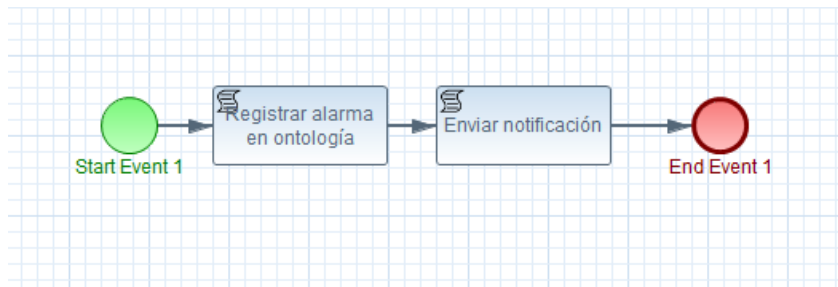
- Presión Arterial sobre niveles establecidos. Riesgo: Moderado. Cuando se detecte que el paciente tiene su PA sobre los niveles indicados por el médico, pero bajo los 180/120.
- Posible Crisis Hipertensiva. Riesgo: Alto. Cuando se detecta que el promedio de tres valores seguidos de la PA del paciente está sobre 180/120.

Generado el contexto, se selecciona un proceso *u-health*. En el caso de un paciente con su PA controlada, no se selecciona proceso alguno; en el caso de que la PA esté fuera de rango, se selecciona un proceso de notificación al paciente, recordándole que tome su medicación; en el último caso, se notifica al e-mail y al Smartphone de los cuidadores asignados al paciente, avisándoles del riesgo de crisis hipertensiva del mismo. En ambos casos, la alarma desatada se registra en la ontología del paciente.

En la **Ilustración 81** se resume el proceso descrito en los párrafos anteriores. La **Ilustración 82** y la **Ilustración 83** muestran los procesos BPMN2 construidos para ambas notificaciones.

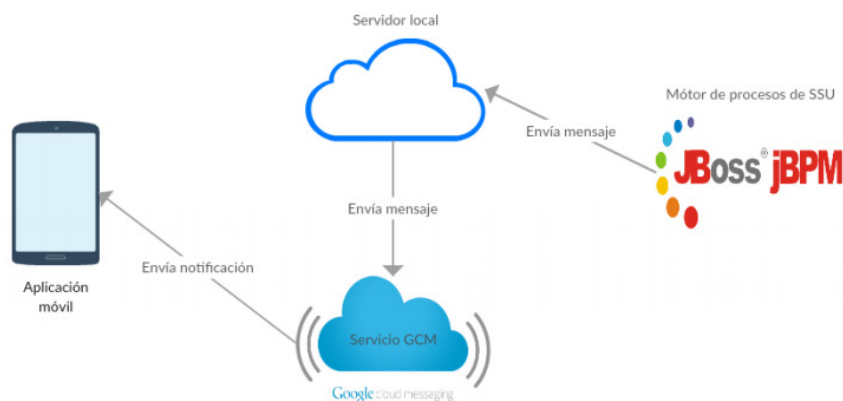


**Ilustración 82:** Proceso de notificación a cuidadores  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Ilustración 83:** Proceso de notificación al paciente.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Para enviar notificaciones a un Smartphone, se utiliza el servicio Google Cloud Messaging [49]. Este es un servicio que forma parte de la plataforma de servicios en la nube de Google y que permite enviar datos desde un servidor hacia dispositivos Android. A partir de la plataforma Google Developers, se monta de manera muy sencilla un Servidor GCM que recibe y envía datos a aplicaciones Android.



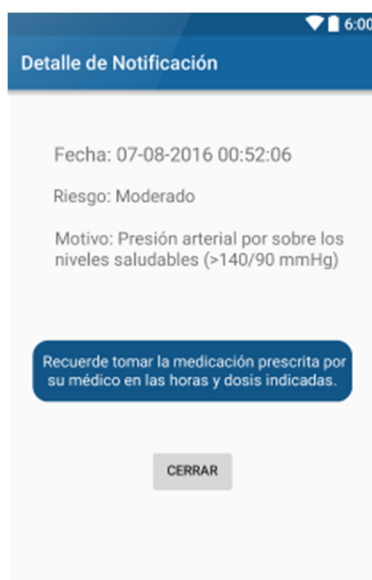
**Ilustración 84:** Funcionamiento de Google Cloud Messaging

**Fuente:** Elaboración propia.

El funcionamiento de este sistema se muestra en la **Ilustración 84**. Primeramente, hay un proceso de registro de la aplicación del Smartphone con el Servidor GCM, de manera de que más tarde este pueda enviarle notificaciones. El controlador WBAN envía la petición con datos a SSU, el que ejecuta alguno de los procesos mencionados antes, estos procesos se encargan de enviar el mensaje con la notificación al servidor GCM a través de una petición HTTP POST, finalmente GCM se encarga de enviar el mensaje al Smartphone.

Respecto al servicio de envío de e-mail, este es un servicio ofrecido por default en jBPM, su descripción se encuentra en [50]

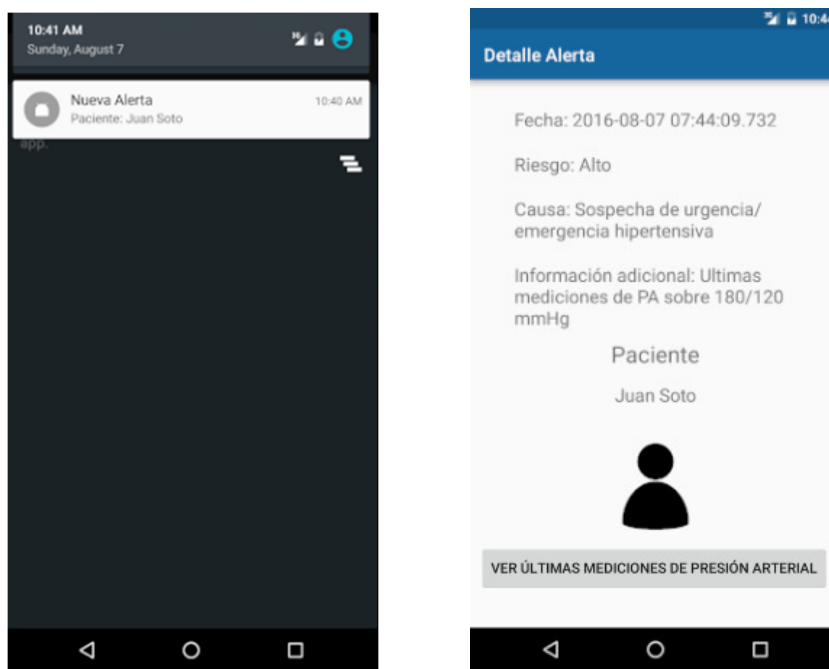
En **Ilustración 85** se muestra la vista de la notificación enviada al paciente en caso de detectarse el segundo tipo de contexto. En ésta, se le notifica del hecho, señalándole la fecha y el riesgo asociado a esta situación. Finalmente, se le recuerda tomar el fármaco antihipertensivo que el médico le ha prescrito.



**Ilustración 85:** Vista notificación al paciente.

**Fuente:** Elaboración propia.

La **Ilustración 86** muestra la notificación enviada al cuidador/médico/enfermero en caso de detectarse el contexto más grave. En esta se le muestra la fecha del episodio, el riesgo asociado, la causa de la alarma e información adicional, en este caso de lo ocurrido con la presión arterial del paciente.



**Ilustración 86:** Vista notificación a cuidadores

**Fuente:** Elaboración propia.

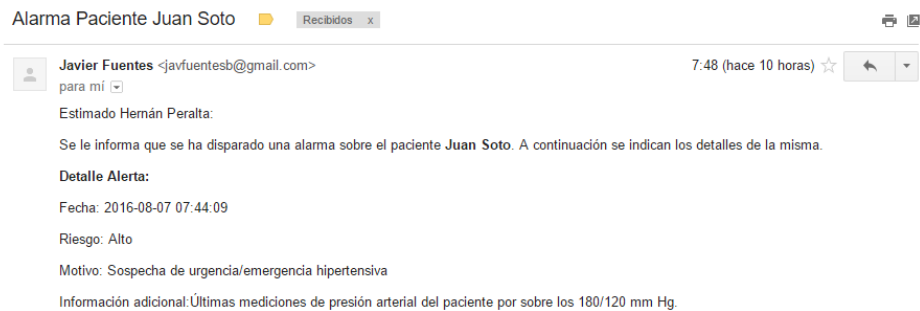
Adicionalmente, el usuario notificado, al seleccionar “Ver últimos valores de presión arterial”, podrá observar los últimos registros de la presión arterial del paciente, de manera que pueda evaluar por sí mismo el riesgo del paciente, y tomar las medidas que considere necesarias (**Ilustración 87**)

The screenshot shows a mobile application interface with a blue header 'Detalle Alerta'. Below the header is a section titled 'Últimos Registros Presión Arterial'. It contains a table with three columns: 'Fecha', 'PAS', and 'PAD'. The data rows show blood pressure readings for the date 2016-08-07 at various times. The PAS values are in red boxes, and the PAD values are in orange boxes. At the bottom of the table area is a grey button labeled 'VOLVER'.

Fecha	PAS	PAD
2016-08-07 07:42:00	180	121
2016-08-07 07:40:45	177	120
2016-08-07 07:39:32	181	118
2016-08-07 07:38:01	180	115
2016-08-07 07:36:32	178	112
2016-08-07 07:35:05	178	116

**Ilustración 87:** Vista de "Últimos Registros Presión Arterial"  
**Fuente:** Elaboración propia.

El e-mail tipo enviado a las personas registradas se muestra en la **Ilustración 88**.



**Ilustración 88:** Email enviado como notificación.  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 6. Resultados

Este capítulo muestra los resultados de las dos evaluaciones realizadas al *framework*. La primera corresponde a una evaluación técnica del algoritmo de selección de procesos descrito en la sección 3.4.2, en términos de eficiencia en uso de recursos. La segunda tiene que ver con una validación del prototipo descrito en la sección anterior, realizada a través de una encuesta de usabilidad a profesionales de la salud.

### 6.1. Evaluación de usabilidad prototipo

#### 6.1.1. Metodología

El sistema de apoyo o aplicación web propuesto es validado a través de un estudio de usabilidad con profesionales del área de la salud pertenecientes al Hospital San Juan de Dios de Los Andes.

Este estudio consistió en dos sesiones con 14 profesionales en total a los que se les presentó brevemente el *framework* y el sistema de apoyo propuesto.

Se presentaron dos casos para ilustrar la funcionalidad del sistema:

- El primero, el proceso de diagnóstico y selección de tratamiento para un paciente con hipertensión y diabetes. Se simuló el caso de un paciente con sintomatología de ambas enfermedades para ilustrar el funcionamiento de las pantallas de sugerencia de diagnóstico y actividades de tratamiento.
- En el segundo, para ilustrar el uso del *framework* en aplicaciones de monitoreo y alarma, se simuló el caso de un paciente hipertenso con RCV muy alto, que presentaba una súbita alza de presión sobre los valores límite considerados para una crisis hipertensiva. Ante esta situación el sistema genera una alarma, notificando al smartphone del cuidador asignado de la situación. También se ilustró como en la aplicación web también quedaba constancia de esta alarma.

En ambos casos, los profesionales encuestados no interactuaron directamente con las aplicaciones, sino que sólo apreciaron su funcionamiento desde la pantalla de un computador, y un emulador Android para el caso de la aplicación móvil.

Al final de la sesión, a los profesionales se les entregó una encuesta con una serie de preguntas evaluando las funcionalidades presentadas de la aplicación, la que se muestra en el Anexo F. Las preguntas fueron construidas utilizando una escala de 5 niveles de Likert.

#### 6.1.2. Resultados evaluación de usabilidad

En total se encuestó a 14 profesionales de la salud: 5 médicos, 7 enfermeros, 1 nutricionista y 1 kinesiólogo.

Los resultados generales de la evaluación se muestran en la **Tabla 16**, como se puede notar, el promedio de la mayoría de los ítems tiene un valor superior a 4, a excepción de los ítems 6 y 7. Los resultados indican que, en general, los profesionales consideran útil y atractiva la aplicación, en especial las funcionalidades de notificación y alarmas, no tan así las funcionalidades referidas a diagnóstico y tratamiento. Otro punto de interés tiene que ver con cuanto piensan que se adecua a su forma de trabajo, una forma de evaluar



si efectivamente lo podrían utilizar. Este ítem también tiene un promedio relativamente bajo, con una gran cantidad de personas indicando que no están de acuerdo ni de acuerdo con la afirmación (35%).

Respecto a los ítems 6 y 7, en ambos el porcentaje de personas que responden “En desacuerdo” o “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” está sobre el 40% (50% y 42%, respectivamente), un indicio de la relativa poca aceptación de ambas funcionalidades. Aun así, el restante 50% y 56%, consideran que ambas funcionalidades si facilitan el proceso de diagnóstico/ tratamiento, respectivamente.

Otros resultados a destacar son que el 100% de los encuestados considera útil la aplicación, mientras que el 92% la considera atractiva. Además, el 71% considera que el *software* es fácil de usar.

Respecto a las notificaciones, el 71% de los encuestados las encuentra útiles.

Ítem	Promedio
1. El <i>software</i> es útil.	4.3
2. El <i>software</i> me parece atractivo.	4.5
3. El <i>software</i> es fácil de usar.	4.1
4. El lenguaje utilizado por el <i>software</i> es el adecuado.	4.8
5. El <i>software</i> permite ver datos relevantes del paciente.	4.2
6. El <i>software</i> genera sugerencias que facilitan el proceso de diagnóstico del paciente.	3.5
7. El <i>software</i> genera sugerencias que facilitan el proceso de planificación del tratamiento del paciente.	3.7
8. El <i>software</i> genera notificaciones adecuadas en base al riesgo del paciente.	4.2
9. Las notificaciones generadas por el <i>software</i> son útiles para el manejo de situaciones de riesgo en el paciente.	4.4
10. El <i>software</i> se integra de forma adecuada a mi forma de trabajo.	4

**Tabla 16:** Resultados usabilidad del sistema de apoyo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó el Alfa de Cronbach para la encuesta, el Alfa de Cronbach es un indicador que se utiliza para medir la fiabilidad o consistencia interna de un instrumento de medición. Se dice que un instrumento tiene una fiabilidad alta cuando produce similares resultados bajo iguales condiciones. Una alta fiabilidad permite asegurar que, en condiciones similares, la repetición del instrumento obtendrá resultados similares. El Alfa de Cronbach se calcula a partir de los ítems del instrumento y los valores obtenidos de la medición, a través de la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left( \frac{1 - \sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right)$$

Donde K es el número ítems del test,  $\sigma_X^2$  es la varianza del total de los puntajes registrados en el test, y  $\sigma_{Y_i}^2$  es la varianza del ítem i del test.

El valor de alfa varía entre 0 y 1. Según la literatura, un valor de alfa superior a 0,7 es considerado aceptable; uno superior a 0,8 es bueno; y uno superior a 0,9 es excelente; cualquier valor bajo 0,6 es considerado pobre. [54]

Para el caso de la encuesta de usabilidad, se obtiene un alfa de Cronbach de 0,90. Lo que es considerado excelente, y asegura que el test aplicado es fiable.

Como comentario final, los resultados de la encuesta muestran una buena evaluación en general del sistema de apoyo. No obstante lo anterior, no deja de ser interesante considerar los resultados de los ítems 6 y 7, relativos a las funcionalidades de diagnóstico y tratamiento del sistema, que reciben la peor evaluación de todas. Los comentarios escritos por los encuestados y también comentados de forma oral a quien suscribe luego de ambas presentaciones, apuntan a que la utilidad de ambas funcionalidades, sobretudo la relativa a diagnóstico, es escasa, cuando se trata de patologías con guías clínicas conocidas y muy utilizadas, como fueron los casos que se presentaron. Otro comentario recurrente, apunta a la falta de justificación en ambas funcionalidades para recomendar lo que se recomendaba.

Resulta interesante observar que, pese a las bajas evaluaciones de estos ítems, los profesionales consideran en su gran mayoría que el *software* es útil y atractivo. Esto, sumado a la buena evaluación de las notificaciones, permite inferir que esta última funcionalidad tiene mayor impacto en la valoración de los encuestados.

## 6.2. Evaluación técnica

El objetivo de esta evaluación técnica es medir el uso de recursos del algoritmo de selección de procesos bajo distintas configuraciones de la ontología de procesos. Además, compara el algoritmo original versus una modificación del mismo, que no incluye el filtrado previo de procesos *u-health* descrito en 3.4.2, con el objetivo de evaluar la utilidad e impacto de este filtro en la performance del algoritmo.

### 6.2.1. Metodología

Para la evaluación se ejecutó repetidas veces el algoritmo en condiciones variables de nodos de la ontología de procesos, midiéndose el consumo de memoria promedio y el tiempo de ejecución del algoritmo.



**Ilustración 89:** Proceso de evaluación técnica de algoritmo de selección de procesos  
**Fuente:** Elaboración propia.

La ontología de contextos y conocimiento médico fue poblada con 200 contextos *dummy*, previo a la ejecución del algoritmo. Además, en cada iteración del algoritmo se crean N procesos completamente distintos, a los que se les asocia algunos de los contextos *dummy* de forma aleatoria. Así también, en cada iteración se crea un paciente completamente distinto para quien se realizará el *matching*. Ambos objetos son entregados al algoritmo para la selección de los procesos respectivos.

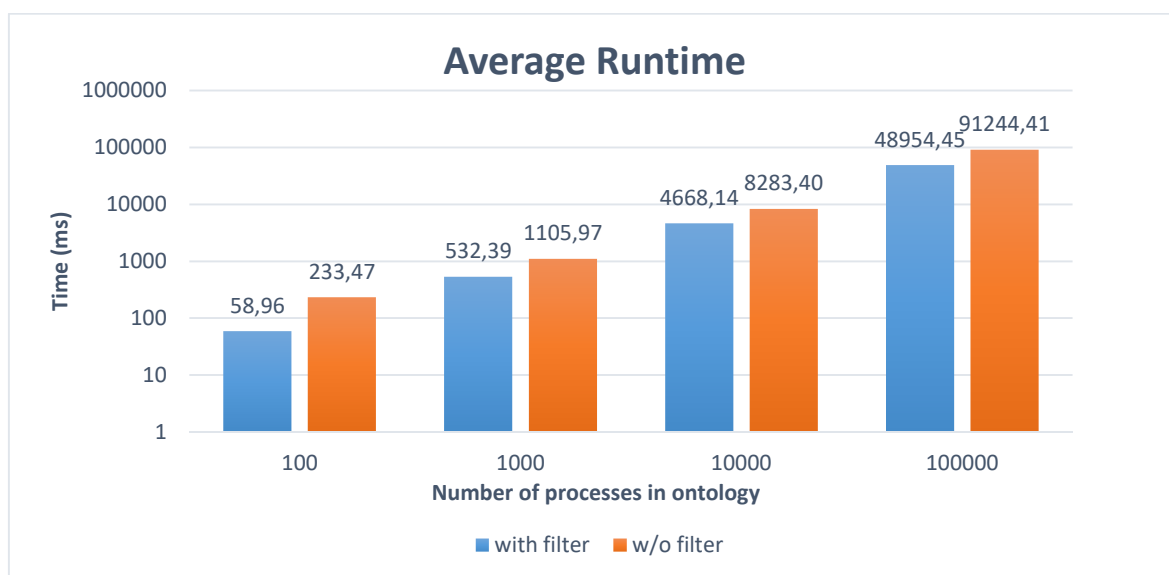
Las mediciones se realizaron para un número de procesos igual a 100, 1000, 10.000 y 100.000, utilizando la herramienta VisualVM y la librería Runtime de Java para el monitoreo de desempeño.

Las pruebas se realizaron en un PC Intel i5 de 2.5 GHz, 8 GB de Memoria RAM y 1Tb de HDD, JDK en su versión 1.8.1 e IDE Eclipse en su versión Mars (4.5.2).

La **Ilustración 89** resume el proceso de evaluación técnica.

### 6.2.2. Resultados evaluación técnica

En la **Ilustración 90** e **Ilustración 91** se muestran el tiempo de ejecución y el uso de memoria promedio en ambos algoritmos, respectivamente. Como es de esperar, ambas variables aumentan notoriamente conforme se aumenta la cantidad de procesos en la ontología. Es más, lo hacen casi en la misma proporción que el número de procesos. Esto tiene sentido porque el algoritmo de selección es  $O(n)$ , y la mayor parte del input entregado al proceso y manipulado después por éste, tiene que ver con información de procesos más que del paciente, en especial cuando se tiene una cantidad importante de procesos en la ontología.



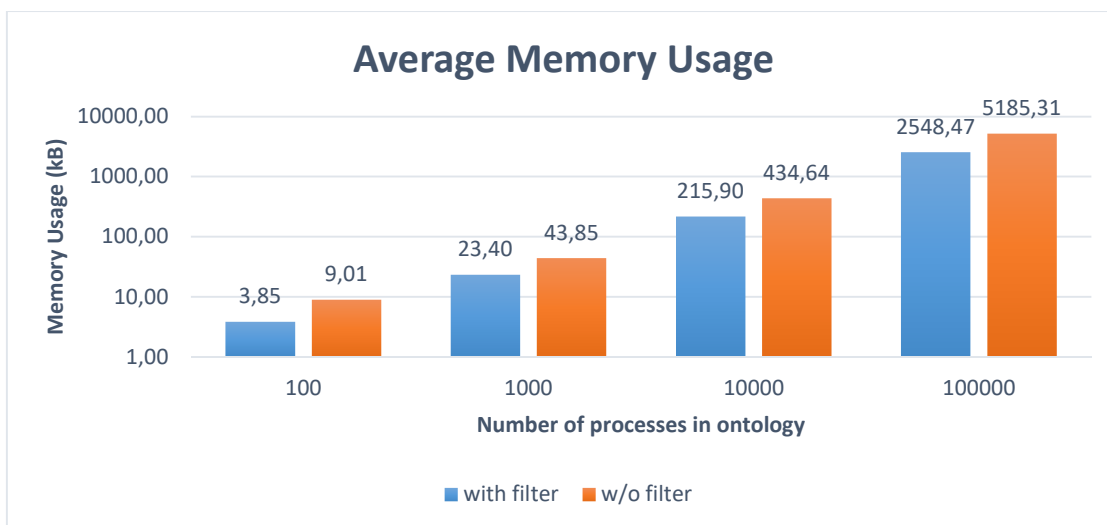
**Ilustración 90:** Tiempo de ejecución según algoritmo utilizado.

**Fuente:** Elaboración propia.

En términos de eficiencia, el algoritmo mantiene un uso de memoria bajo, incluso cuando es exigido con una cantidad importante de procesos. En las pruebas realizadas, el gasto en memoria tenía que ver principalmente con la instanciación previa de nodos en la ontología y la mantención de la ontología en memoria, gasto que en el caso de  $N = 100.000$  alcanzó hasta los 90 Mb, bastante más significativo que el asociado a la ejecución del algoritmo.

Al comparar los resultados con el algoritmo en su versión sin filtrar, se puede notar que el filtrado de procesos tiene efectivamente un impacto importante en la performance del algoritmo. En todos los casos analizados, la *performance* en términos de tiempo y uso de memoria fue notoriamente peor en el caso sin filtro. Así, el filtrado, que involucra sendas

consultas SPARQL a la ontología para reducir el conjunto de procesos candidatos, a la larga es más eficiente en comparación con no hacerlo pues permite reducir el conjunto de procesos a entregar para el cálculo del *matching* semántico. Si bien el no filtrar los procesos antes de hacer el cálculo de similitudes trae un ahorro por el hecho de realizar una mucha menor cantidad de consultas a la ontología, este ahorro se ve superado por el gasto extra que se debe realizar en el paso del *matching* para mantener y manipular una mayor cantidad de procesos.



**Ilustración 91:** Uso de memoria promedio según algoritmo utilizado  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 7. Conclusiones

En este trabajo de título se diseñó un framework para el desarrollo de servicios o aplicaciones dirigidos a pacientes crónicos. Se partió desde la base de patrones de procesos de negocio en organizaciones de salud para insertar adecuadamente la lógica señalada en el framework original propuesto en [1], materializado en Servicios de Salud Ubicuos. Se trabajó también en los procesos de Atención Ambulatoria para diseñar un sistema de apoyo que funcionase en base a la lógica planteada por el framework.

Para apoyar la lógica de detección de contexto y selección de servicios, entre otras, se diseñó un modelo de descripción semántico, una serie de ontologías que modelan el conocimiento médico y las principales relaciones entre este conocimiento y los actores, procesos, procedimientos y conceptos en general que forman parte del proceso de cuidado del paciente.

Se planteó una arquitectura de *software*, que implementa la lógica modelada por servicios ubicuos e integra esta lógica con las funcionalidades de apoyo propuestas. A partir de esta arquitectura, se construyeron sendos prototipos (web y móvil), probando las funcionalidades diseñadas.

Finalmente, todo lo planteado en esta memoria fue puesto a prueba en una evaluación técnica, en la que se estresó el modelo de descripción semántico y el algoritmo de selección de procesos, para evaluar su uso de recursos. Y otra de usabilidad, en la que se validó lo realizado con respecto al sistema de apoyo, y se obtuvo *feedback* muy valioso para el desarrollo futuro del framework.

Los objetivos de esta memoria han sido cumplidos en su totalidad. Sin embargo, esto no quiere decir que todo lo planteado en ella esté correcto. Los resultados de las pruebas de usabilidad, si bien son buenos en general, muestran que habrá que pensar mejor las funcionalidades del sistema de apoyo y trabajar en un futuro de manera más estrecha con el personal médico y de apoyo a fin de ofrecer servicios que les sean de utilidad.

Respecto al trabajo futuro, de la implementación del framework quedaron numerosos detalles a trabajar en las siguientes iteraciones de éste, entre los que se encuentran:

- Una implementación más efectiva del algoritmo de *matching* semántico. La selección de procesos resulta algo restrictiva por la medida utilizada. Las medidas de similitud adicionales planteadas: similitud taxonómica y coseno expandido, flexibilizan en parte este proceso, pero su implementación en software y posterior evaluación quedaron fuera de este trabajo. A futuro se espera implementar ambas medidas y evaluar empíricamente su eficacia.
- Otra de las simplificaciones realizadas durante el trabajo, tiene que ver con asumir un *static binding* entre las actividades del proceso y los servicios que proveerán la funcionalidad asociada a estas actividades. El *dynamic binding* originalmente planteado, si bien no es del todo necesario y deseable, sobretodo en actividades que son críticas, agrega flexibilidad al framework y permite entregar servicios que cumplen mejor con los parámetros de calidad de servicio que espera el cliente. Por lo anterior, otro de los temas a trabajar a futuro será la implementación de esta parte del proceso, lo que implicará crear un *software* bróker de servicios, que negocie con proveedores de servicios web en base a los parámetros de QoS definidos por el cliente; y un

*software* que se encargue de hacer la coreografía u orquestación de los servicios escogidos.

- La implementación del framework en esta memoria llega hasta una fase de prototipado. Una implementación en producción, con bioseñales, servicios y procesos y contextos reales implicará un trabajo de análisis y posible rediseño de más de alguno de los elementos de la arquitectura de *software* planteado. Esta implementación implicará también la integración del framework con distintas arquitecturas para la transmisión y procesamiento de señales, lo cual no es abordado en esta memoria. Queda como trabajo futuro entonces el abordar este desafío.

## 8. Glosario

BPMN	Sigla de <i>Business Process Model and Notation</i> . Se refiere a la notación gráfica estandarizada utilizada para el modelamiento de procesos de negocios.
CDSS	Sigla para <i>Clinical Decision Support Systems</i>
Coreografía	Corresponde a la coordinación de servicios web en la que los servicios se coordinan colaborativamente, enviándose mensajes. No es necesaria una entidad central coordinadora.
<i>Dynamic Binding</i>	Es la selección en tiempo de ejecución (cuando el proceso ya está siendo ejecutado) de un servicio web para una tarea específica de un proceso de negocio.
Framework	En computación, corresponde a una estructura que sirve como soporte o guía para el desarrollo e implementación de aplicaciones, indicando que tipo de programas pueden ser construidos sobre éste y como deben interrelacionarse. En términos más generales, un framework agrupa un conjunto de prácticas, conceptos y criterios para abordar una problemática en particular, que sirven como referencia para enfrentar nuevos problemas dentro del mismo ámbito.
HTTP	Del inglés <i>Hypertext Transfer Protocol</i> . Corresponde al protocolo de comunicación que permite la transferencia de información en la web.
IDEF0	Del inglés <i>Integration Definition for Function Modeling</i> Corresponde a una metodología para el modelamiento de decisiones, acciones actividades dentro de una organización o sistema.
Orquestación	Corresponde a la coordinación de servicios centralizada en un único actor, el que se encarga de manejar el flujo del proceso y de ejecutar los servicios en el orden adecuado.
QoS	Sigla de <i>Quality of Service</i> . Corresponde al conjunto de propiedades no funcionales de un servicio web, las que abarcan características como: costo de ejecución, tiempo de ejecución, fiabilidad y seguridad.
REST/RESTful	Del inglés <i>REpresentational State Transfer</i> . Es una arquitectura basada en estándares web, que utiliza el protocolo HTTP para la transmisión de datos. En REST, cada componente es un recurso, el cual debe ser accedido a través de los métodos estándar ofrecidos por HTTP. A un servicio web que utiliza esta arquitectura se le denomina "Restful"

Service Binding	Se refiere al proceso de seleccionar servicios web para cada una de las tareas o servicios abstractos definidos en un proceso de negocio.
SPARQL	Acrónimo recursivo para <i>SPARQL Protocol and RDF Query Language</i> . Corresponde al lenguaje estándar de consulta para bases de datos en RDF.
<i>Static Binding</i>	Es la selección o asociación en tiempo de compilación de un servicio web a una tarea específica de un proceso.
Turtle	Turtle ( <i>Terse RDF Triple Language</i> ), es un formato para expresar datos en RDF.
UML	Sigla de <i>Unified Modeling Language</i> . Es un lenguaje para el modelado de sistemas en el área de ingeniería de software.
URI	Del inglés <i>Uniform Resource Identifier</i> . Es una cadena de caracteres que identifica un recurso en una red, de esta manera es posible interactuar con este recurso. La forma más conocida de URI son las URL ( <i>Uniform Resource Locator</i> ), utilizadas para identificar recursos web.
WBAN	Del inglés <i>Wireless Body Area Network</i> . Una red WBAN consiste en una red de comunicación inalámbrica entre dispositivos inteligentes de baja potencia adheridos o implantados al cuerpo de una persona. Estos dispositivos permiten capturar en tiempo real y de forma continua los parámetros vitales de una persona, y transmitir esta información a otros aparatos o utilizarla para tomar acciones específicas.
XML	Del inglés <i>Extensible Markup Language</i> . Corresponde a un lenguaje de marcado que define reglas para la codificación de documentos e intercambio de datos, en un formato entendible tanto por el humano como la máquina.



## 9. Bibliografía

- [1] Echeverría, M., Jimenez-Molina, A., & Ríos, S. A. (2015). A semantic *framework* for continuous *u-health* services provisioning. *Procedia Computer Science*, 60, 603-612.
- [2] Caro Dougnac, Daniela (2013). Impacto Económico de las Enfermedades Crónicas.
- [3] Federación Chilena de Industriales Panaderos (Fechipan) (2013) Enfermedades por el exceso de sal: Millonario gasto de salud en Chile.
- [4] World Health Organization [En línea] <http://www.who.int/>. [Consultado el 08/04/2016]
- [5] Ministerio de Salud, Gob. De Chile. (2014) ENFERMEDADES CRONICAS NO TRANSMISIBLES: Una propuesta de intervención en Atención Primaria.
- [6] Echeverría Urriola, M. A. (2015). Diseño del proceso de monitoreo a distancia y de predicción del riesgo de crisis en pacientes con hospitalización ambulatoria domiciliaria, Hospital Exequiel González Cortés. Tesis de Magíster en Ingeniería de Negocios con Tecnologías de Información. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 189p.
- [7] Yao, W., & Kumar, A. (2013). Conflexflow: Integrating flexible clinical pathways into clinical decision support systems using context and rules. *Decision Support Systems*, 55(2), 499-515.
- [8] Schreiber, G. (2000). Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology. MIT press.
- [9] Ham, C. (2006). Improving care for people with long-term conditions: a review of UK and international *frameworks*. University of Birmingham. Health services management centre.
- [10] Wu, S. Y., & Green, A. (2000). Projection of chronic illness prevalence and cost inflation Washington. DC: RAND Health
- [11] Berner, E. S. (2009). Clinical decision support systems: state of the art. AHRQ publication, 90069.
- [12] Bright, T. J., Wong, A., Dhurjati, R., Bristow, E., Bastian, L., Coeytaux, R. R., ... & Wing, L. (2012). Effect of clinical decision-support systems: a systematic review. *Annals of internal medicine*, 157(1), 29-43.
- [13] Eisenbach, G. (2001). What is eHealth. *J Med Internet Res*, 3(2), e20.
- [14] Vital Wave Consulting. (2009). *mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World*. Washington, D.C.: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership.

- [15] Wiegerling, P. D. K., Capurro, R., Britz, J., Hausmanninger, T., Nakada, M., & Apel, M. (2007). Ethical Challenges of Ubiquitous Computing. *International Review of Information Ethics*, 8.
- [16] Jiménez-Molina A. (2014) UBIQUITOUS COMPUTING: VISION, KEY ENABLERS AND TECHNICAL CHALLENGES [Diapositivas] 55p.
- [17] de Greef, L., Goel, M., Seo, M. J., Larson, E. C., Stout, J. W., Taylor, J. A., & Patel, S. N. (2014, September). Bilicam: using mobile phones to monitor newborn jaundice. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 331-342). ACM.
- [18] Ravichandran, R., Saba, E., Chen, K. Y., Goel, M., Gupta, S., & Patel, S. N. (2015, March). WiBreathe: Estimating respiration rate using wireless signals in natural settings in the home. In *Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2015 IEEE International Conference on* (pp. 131-139). IEEE.
- [19] Abowd, G. D., Dey, A. K., Brown, P. J., Davies, N., Smith, M., & Steggles, P. (1999, January). Towards a better understanding of context and context-awareness. In *Handheld and ubiquitous computing* (pp. 304-307). Springer Berlin Heidelberg
- [20] Prekop, P., & Burnett, M. (2003). Activities, context and ubiquitous computing. *Computer Communications*, 26(11), 1168-1176.
- [21] Schilit, B. N., & Theimer, M. M. (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *Network, IEEE*, 8(5), 22-32.
- [22] Codina, L., & Rovira, C. (2006). La web semántica. *Tendencias en documentación digital*.
- [23] Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific american*, 284(5), 28-37.
- [24] W3C. (2001). W3C SEMANTIC WEB ACTIVITY. W3C [En línea] <https://www.w3.org/2001/sw/> [Consultado el 08/04/2016]
- [25] Barros, O. (2010) PATRONES DE PROCESOS DE GESTION: COMPARTIENDO CONOCIMIENTO PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD [En línea] [http://www.obarros.cl/proyecto\\_patrones\\_de\\_negocios\\_punto\\_02.html#2.2](http://www.obarros.cl/proyecto_patrones_de_negocios_punto_02.html#2.2) [Consultado el 11/05/2016]
- [26] Óscar Barros. (2013). *Business Engineering and Service Design with Applications For Health Care Institutions*. New York: Business Expert Press (McGraw Hill).
- [27] Berner, E. S. (2007). *Clinical decision support systems* (pp. 3-22). New York: Springer Science+ Business Media, LLC.]

- [28] Hussain, M., Khan, W. A., Afzal, M., & Lee, S. (2012). Smart CDSS for smart homes. In *Impact Analysis of Solutions for Chronic Disease Prevention and Management* (pp. 266-269). Springer Berlin Heidelberg.
- [29] Lim, S., Kang, S. M., Kim, K. M., Moon, J. H., Choi, S. H., Hwang, H., ... & Jang, H. C. (2015). Multifactorial intervention in diabetes care using real-time monitoring and tailored feedback in type 2 diabetes. *Acta diabetologica*, 1-10.
- [30] Chen, Y. F., Huang, Y. F., Jiang, X., Hsu, Y. N., & Lin, H. H. (2009, September). Design of clinical support systems using integrated genetic algorithm and support vector machine. In *Computer Analysis of Images and Patterns* (pp. 791-798). Springer Berlin Heidelberg.
- [31] Paganelli, F., & Giuli, D. (2011). An ontology-based system for context-aware and configurable services to support home-based continuous care. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 15(2), 324-333.
- [32] Riaño, D., Real, F., López-Vallverdú, J. A., Campana, F., Ercolani, S., Mecocci, P., ... & Caltagirone, C. (2012). An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients. *Journal of biomedical informatics*, 45(3), 429-446.
- [33] Process, R. U. (1998). Best practices for software development teams. A Rational Software Corporation White Paper.
- [34] Benjamin Nowack (2009) The semantic web – not a piece of cake. [En línea] <http://bnode.org/blog/2009/07/08/the-semantic-web-not-a-piece-of-cake>. [Consultado el 20/02/2016]
- [35] Rector, A. L., Rogers, J. E., & Pole, P. (1996). The GALEN high level ontology.
- [36] Jović, A., Gamberger, D., & Krstačić, G. (2011). Heart failure ontology. *Bio-algorithms and med-systems*, 7(2), 101-110.
- [37] Ministerio de Salud, Gob. De Chile. (2010) Guía Clínica: Hipertensión Arterial Primaria o Esencial en personas de 15 años o más.
- [38] Kunstmann, F., & Kauffmann, Q. (2005). Hipertensión Arterial: Factores predisponentes y su asociación con otros factores de riesgo. *Rev. Med. Clin. Condes*, 16(2), 71-74.
- [39] Programa de Investigación de Factores de Riesgo de Enfermedades Cardiovasculares (PIFRECV), Universidad de Talca. Tablas de riesgo cardiovascular para la población chilena, Informe Final. [En línea] [http://pifrecv.otalca.cl/docs/2008/Informe\\_Final\\_Fonis\\_SA06I2006\\_Web.pdf](http://pifrecv.otalca.cl/docs/2008/Informe_Final_Fonis_SA06I2006_Web.pdf) [Consulta: 15/06/2016]

- [40] American Heart Organization. (2015). Target Heart Rates. [En línea] [http://www.heart.org/HEARTORG/HealthyLiving/PhysicalActivity/Target-Heart-Rates UCM 434341 Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/HealthyLiving/PhysicalActivity/Target-Heart-Rates_UCM_434341_Article.jsp). [Consulta: 11/06/2016]
- [41] NHLBI. (2005). High Blood Cholesterol: What You Need To Know. [En línea] <http://www.nhlbi.nih.gov/health/resources/heart/heart-cholesterol-hbc-what.html>. [Consulta: 11/06/2016]
- [42] Sack, Harald. (2014) Knowledge Engineering with Semantic Web Technologies Lecture 3: Semantic Web Technologies - Part 2 [Diapositivas] 136p
- [43] Página oficial del proyecto jBPM. [En línea] <http://www.jbpm.org> [Consulta: 29/05/2016]
- [44] Página oficial de Spring [En línea] <https://spring.io/> [Consulta: 15/07/2016]
- [45] Página oficial de JavaServer Pages [En línea] <http://www.oracle.com/technetwork/java/javasee/jsp/index.html> [Consulta: 15/07/2016]
- [46] Página oficial de bootstrap [En línea] <http://getbootstrap.com/> [Consulta: 15/07/2016]
- [47] Página oficial de Apache Tomcat [En línea] <http://tomcat.apache.org/> [Consulta: 15/07/2016]
- [48] Página oficial de Apache Jena [En línea] <https://jena.apache.org/> [Consulta: 15/07/2016]
- [49] Página oficial de Google Cloud Messaging [En línea] <https://developers.google.com/cloud-messaging/> [Consulta: 25/07/2016]
- [50] Repositorio de servicios de jBPM [En línea] <http://docs.jboss.org/jbpm/v6.0/repository/> [Consulta: 20/07/2016]
- [51] Thomas, D. (1993). Process Innovation—Reengineering work through Information Technology. Harvard Business School Press, Boston, 5.
- [52] Bragulat, E. (2001). Tratamiento farmacológico de la hipertensión arterial: fármacos antihipertensivos. Medicina integral: Medicina preventiva y asistencial en atención primaria de la salud, 37(5), 215-221.
- [53] Página oficial de MedlinePlus [En línea] <https://medlineplus.gov/> [Consulta 15/08/2016]
- [54] George, D., & Mallery, M. (2003). Using SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference.

- [55] Wagner, E. H., Austin, B. T., & Von Korff, M. (1996). Organizing care for patients with chronic illness. *The Milbank Quarterly*, 511-544.
- [56] Bianco, P., Kotermanski, R., & Merson, P. F. (2007). Evaluating a service-oriented architecture.
- [57] Maedche, A., & Staab, S. (2001). Comparing ontologies-similarity measures and a comparison study (p. 16). AIFB.
- [58] Maedche, A., & Zacharias, V. (2002, August). Clustering ontology-based metadata in the semantic web. In *European Conference on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery* (pp. 348-360). Springer Berlin Heidelberg.

## 10. Anexos

### Anexo A: Casos de uso

#### A.1 Gestionar información del paciente

<b>Caso de uso</b>	<b>CU01: Gestionar información del paciente</b>
<b>Actores</b>	<b>Médico, Sistema</b>
<b>Propósito</b>	<b>Agregar, eliminar o modificar información clínica del paciente como: diagnósticos, tratamientos, plan de monitoreo y política de alarmas. Visualizar información histórica del paciente</b>
<b>Precondiciones</b>	<b>Ninguna</b>
<b>Escenario de éxito</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema despliega formulario solicitando RUT del paciente.</li> <li>2. El usuario rellena el formulario con RUT del paciente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema muestra ficha clínica del paciente. Esta ficha clínica contiene varias pestañas:</li> <li>• Datos personales del paciente: Nombre completo, RUT, teléfono, dirección, sexo, nombre y teléfono del cuidador, alergias.</li> <li>• Planes de tratamiento en curso. Cada plan incluyendo: Intervenciones y medicamentos prescritos.</li> <li>• Diagnósticos: Patologías y síndromes diagnosticados</li> <li>• Plan de monitoreo actual. Cada plan incluyendo: Indicadores medidos y frecuencia de medición</li> <li>• Política de alarmas vigente. Mostrando las distintas alarmas asociadas al paciente: el nivel de la alarma, el estado de salud desencadenador de la misma y el actor asociado que recibirá la alarma.</li> </ul> </li> <li>3. Si el médico selecciona “Gestionar diagnósticos” Caso de uso correspondiente.</li> <li>4. Si el médico selecciona “Gestionar tratamientos” Caso de uso correspondiente.</li> <li>5. Si el médico hace click en “Gestionar planes de monitoreo” Caso de uso correspondiente.</li> <li>6. Si el medio selecciona “Gestionar política de alarmas” Caso de uso correspondiente.</li> <li>7. Si el médico selecciona “Buscar posibles diagnósticos” Caso de uso correspondiente</li> <li>8. Si el médico selecciona “Buscar posibles tratamientos” Caso de uso correspondiente</li> <li>9. Si el médico selecciona “Historial de Alarmas”. Caso de uso correspondiente.</li> <li>10. Si el médico selecciona “Ver Indicadores” Caso de uso correspondiente.</li> <li>11. Fin del caso de uso.</li> </ol>
<b>Escenario de fallo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Si el médico ingresa un RUT no registrado en el sistema, se le notifica con un mensaje de error y se vuelve a 1.</li> </ol>

## A.2 Administrar información de diagnóstico

<b>Caso de uso</b>	<b>CU02: Administrar información de diagnóstico</b>
<b>Actores</b>	<b>Médico</b>
<b>Propósito</b>	<b>Administrar la información sobre los trastornos o patologías que actualmente afectan al paciente.</b>
<b>Precondiciones</b>	<b>CU01</b>
<b>Escenario de éxito</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema despliega vista con listado de enfermedades y síndromes actuales del paciente, dando opción de agregar o eliminar.</li> <li>2. Si el médico selecciona “Agregar Patología”. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.El sistema despliega formulario con listado de patologías/síndromes registrados en el sistema.</li> <li>2.2.Médico selecciona una o varias para agregar y envía formulario.</li> </ol> </li> <li>3. Si el médico selecciona “Eliminar Patología” <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.Sistema despliega formulario con listado de enfermedades/síndromes actuales</li> <li>3.2.Médico selecciona una o varias para eliminar y envía formulario</li> </ol> </li> <li>4. Sistema valida y registra en ontología</li> <li>5. Sistema emite mensaje de éxito</li> <li>6. Vuelve a 2.</li> <li>7. Fin del caso de uso.</li> </ol>
<b>Escenario de fallo</b>	6.1. Sistema emite mensaje de error.

## A.3 Administrar actividades de tratamiento

<b>Caso de uso</b>	<b>CU03: Administrar actividades del tratamiento</b>
<b>Actores</b>	<b>Médico</b>
<b>Propósito</b>	<b>Permite añadir, editar y eliminar actividades (terapias, medicación, etc.) asociadas al tratamiento actual del paciente</b>
<b>Precondiciones</b>	<b>CU01</b>
<b>Escenario de éxito</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema muestra tratamiento actual del paciente, con la información completa de actividades. Indicando: nombre, tipo de actividad y posología (si aplica). Da opción de agregar, eliminar o modificar las actividades que componen el tratamiento.</li> <li>2. Si el médico selecciona “Agregar nueva actividad” <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.El sistema despliega un formulario para que el médico agregue nombre y actividades al tratamiento.</li> <li>2.2.El médico agrega las actividades que correspondan al tratamiento y envía formulario.</li> </ol> </li> <li>3. Si el médico selecciona “Modificar actividad” en un tratamiento ya registrado.</li> </ol>

	<p>3.1.El sistema despliega un formulario mostrando las actividades del tratamiento, dando la posibilidad de modificar, eliminar o agregar una nueva actividad.</p> <p>3.2.Médico selecciona opción de “Guardar Tratamiento”, enviando formulario</p> <p>4. Si selecciona la opción “Eliminar actividad”</p> <p>4.1.Sistema despliega formulario para eliminar tratamiento</p> <p>4.2.Médico envía formulario</p> <p>5. Sistema valida datos y muestra mensaje de éxito.</p> <p>6. Se va a 1.</p> <p>7. Fin del caso de uso.</p>
Escenario de fallo	<p>6.1. Sistema emite mensaje de error, indicando el error en el formulario.</p> <p>2.1.En caso de que se detecten errores en la validación, se notifica al médico que el tratamiento tiene problemas, dándosele tres opciones: Revisar problemas, Omitir problemas y guardar tratamiento o Cancelar guardado de actividad.</p> <p>2.1.1. Si selecciona “Revisar problemas”, el sistema le indica al médico los problemas detectados y le ofrece la opción de volver a ingresar la información del tratamiento.</p> <p>2.1.2. Si selecciona “Omitir problemas”, el sistema guarda el tratamiento.</p> <p>Si selecciona “Cancelar guardado”, se vuelve al listado original de actividades.</p>

#### A.4 Administrar plan de monitoreo

Caso de uso	CU04: Administrar plan de monitoreo
Actores	Médico/Profesional TI
Propósito	Administrar los datos del plan de monitoreo aplicado al paciente.
Precondiciones	Existe un diagnóstico y un plan de tratamiento en curso
Escenario de éxito	<p>1. Se despliega el listado de indicadores asociados al plan de monitoreo del paciente, con el sensor o sensores utilizados y su frecuencia de transmisión.</p> <p>2. Si el médico selecciona la opción “Agregar indicador al plan”</p> <p>2.1.Se despliega un formulario en donde el médico deberá seleccionar el indicador a medir y la frecuencia de medición. Opcionalmente podrá seleccionar los sensores a utilizar.</p> <p>2.2.El médico registra esta información y luego selecciona la opción “Guardar indicador”</p> <p>2.3.Sistema vuelve a 1.</p> <p>3. Si selecciona la opción “Editar indicador”</p>



	<p>3.1. Se despliega ventana con información del indicador actual: Sensores utilizados y frecuencia de transmisión.</p> <p>3.2. Si el médico selecciona la opción “Modificar” en cualquiera de los campos del plan, se abre la opción para modificar esos campos.</p> <p>3.3. El médico finalmente selecciona la opción “Guardar cambios” para registrar la información.</p> <p>4. Si el médico selecciona la opción “Eliminar plan”, se elimina el plan del sistema.</p> <p>5. Fin del caso de uso.</p>
Escenario de fallo	

#### A.5 Administrar política de alarmas

Caso de uso	CU05: Administrar política de alarmas
Actores	Médico/Profesional TI
Propósito	Definir, según el nivel de alarma o riesgo (bajo, medio, alto) las personas e instituciones para dar aviso
Precondiciones	Médico está en panel de Gestionar plan de monitoreo.
Escenario de éxito	<p>1. Médico selecciona opción “Gestionar política de alarmas”</p> <p>2. Se despliega listado de alarmas definidas, con el tipo de alarma, su nivel, contextos a los que está asociada y los actores a los que se les notifica.</p> <p>3. Si el médico selecciona “Editar alarma”</p> <p>3.1. Sistema despliega formulario para que médico modifique alarmas definidas. El médico podrá sólo agregar/quitar actores a las alarmas ya definidas.</p> <p>4. Si no hay ninguna definida, selecciona “Agregar alarmas”</p> <p>4.1. Sistema despliega formulario para que médico agregue una nueva alarma a la política de alarmas ya definida.</p> <p>5. Si el médico selecciona la opción “Eliminar alarmas”</p> <p>5.1. Sistema despliega formulario para que médico elimine alguna alarma ya definida.</p> <p>6. Médico envía formulario</p> <p>7. Sistema valida y registra información</p> <p>8. Se vuelve a 2.</p> <p>9. Fin del caso de uso.</p>
Escenario de fallo	

#### A.6 Buscar posibles tratamientos

Caso de uso	CU06: Buscar posibles tratamientos
Actores	Médico, Sistema
Propósito	Buscar posibles tratamientos

<b>Precondiciones</b>	<b>Se asume que el médico definió previamente un diagnóstico para el paciente.</b>
<b>Escenario de éxito</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema despliega una cantidad máxima de 5 tratamientos posibles (sólo el nombre del procedimiento), ordenados según el nivel de match semántico. El sistema muestra, en una nueva ventana o pestaña, el código del tratamiento, el tipo (cirugía, dieta, farmacoterapia, etc.) una explicación del mismo y las propiedades con las que se hizo match que lo justifican.</li> <li>2. Si el médico selecciona guardar como tratamiento alguno de éstos. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Sistema valida y asocia tratamiento a paciente.</li> <li>2.2. Envía mensaje de éxito</li> <li>2.3. Vuelve a 1.</li> </ol> </li> <li>3. Fin del caso de uso.</li> </ol>
<b>Escenario de fallo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Si el sistema no encuentra ningún tratamiento que coincida con la información entregada, se despliega un mensaje indicándoselo al médico.</li> </ol>

#### **A.7 Buscar posibles diagnósticos**

<b>Caso de uso</b>	<b>CU07: Buscar posibles diagnósticos</b>
<b>Actores</b>	<b>Médico</b>
<b>Propósito</b>	<b>Recomendar posibles diagnósticos al médico</b>
<b>Precondiciones</b>	<b>CU01</b>
<b>Escenario de éxito</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Médico selecciona opción “Buscar posibles diagnósticos”</li> <li>2. Sistema despliega formulario para que médico ingrese información de sintomatología y exámenes del paciente</li> <li>3. Médico ingresa información que estime pertinente.</li> <li>4. Sistema registra información. <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Sistema despliega una cantidad máxima de 5 diagnósticos posibles, ordenados según el valor de coincidencia con los datos clínicos (signos, síntomas, exámenes) del paciente. Además el sistema muestra las coincidencias con la información clínica del paciente para justificar la elección del diagnóstico.</li> </ol> </li> <li>5. Si el médico selecciona “Registrar diagnóstico” en alguno de estos diagnósticos. <ol style="list-style-type: none"> <li>Sistema registra información, muestra mensaje de éxito y vuelve a CU01.</li> <li>5.1. En caso contrario, el médico selecciona “Volver” <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1.1. Sistema vuelve a 2.</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>6. Fin del caso de uso.</li> </ol>

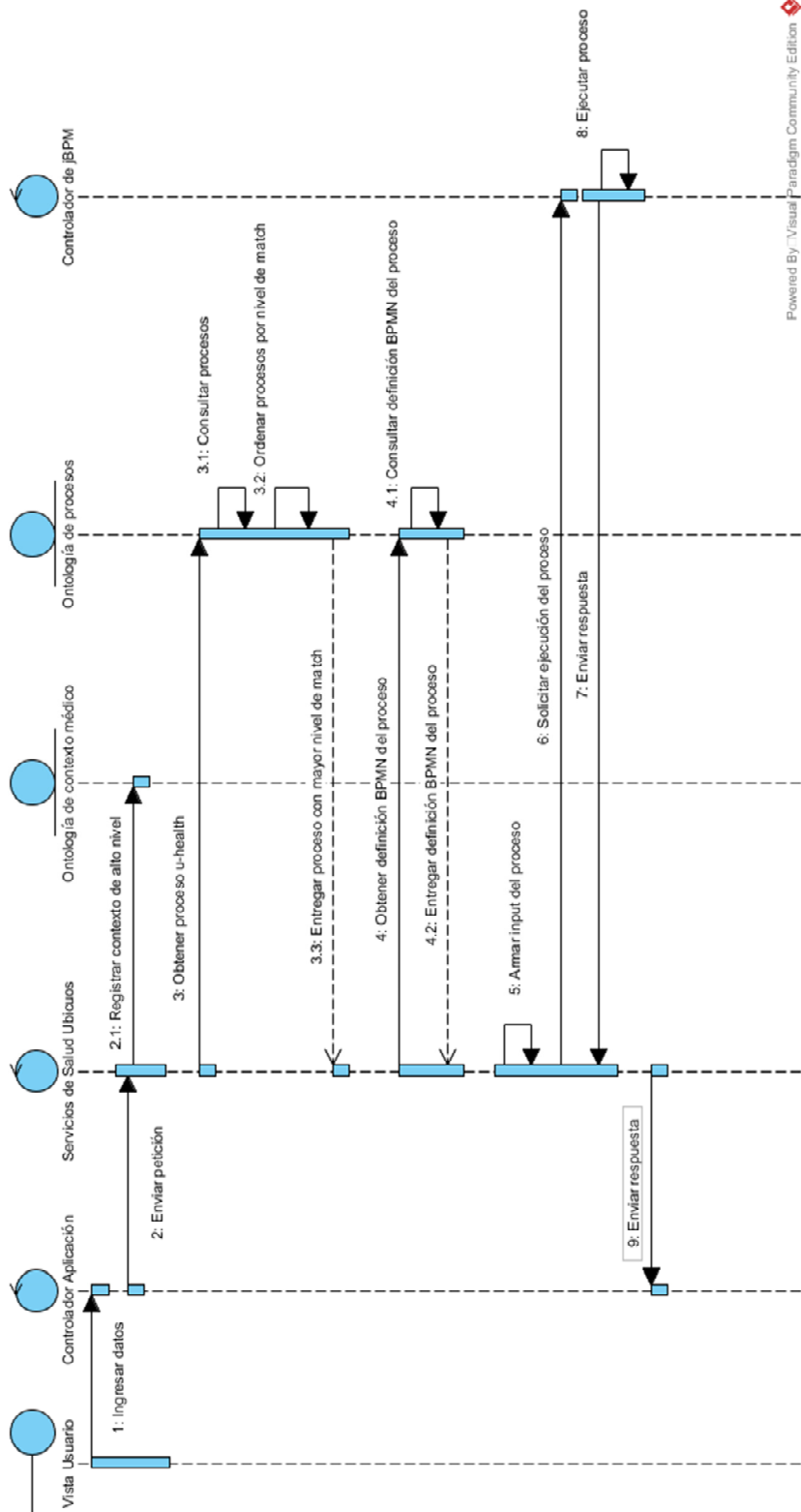
<b>Escenario de fallo</b>	
<b>Escenario de fallo</b>	<b>1.1. Si el paciente no tiene un plan de monitoreo ni indicadores asociados, el sistema mostrará un mensaje de error y devolverá a la pantalla de CU01.</b>

#### **A.8 Ver historial de Alarmas**

<b>Caso de uso</b>	<b>CU08: Ver Historial de Alarmas</b>
<b>Actores</b>	<b>Médico</b>
<b>Propósito</b>	<b>Mostrar al médico un historial con todas las alarmas que el sistema ha generado sobre el paciente.</b>
<b>Precondiciones</b>	<b>CU01</b>
<b>Escenario de éxito</b>	<b>1. El sistema muestra un listado con todas las alarmas disparadas por el sistema sobre el paciente, con la siguiente información:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Timestamp de la alarma.</b></li> <li>• <b>Razón de la alarma.</b></li> <li>• <b>Nivel de riesgo de la alarma</b></li> <li>• <b>Estado de la alarma (Si se resolvió o no)</b></li> </ul>
<b>Escenario de fallo</b>	<b>1.1. Si el paciente no registra alarmas disparadas en sistema, se le notifica al usuario y se le devuelve a la página del CU01.</b>

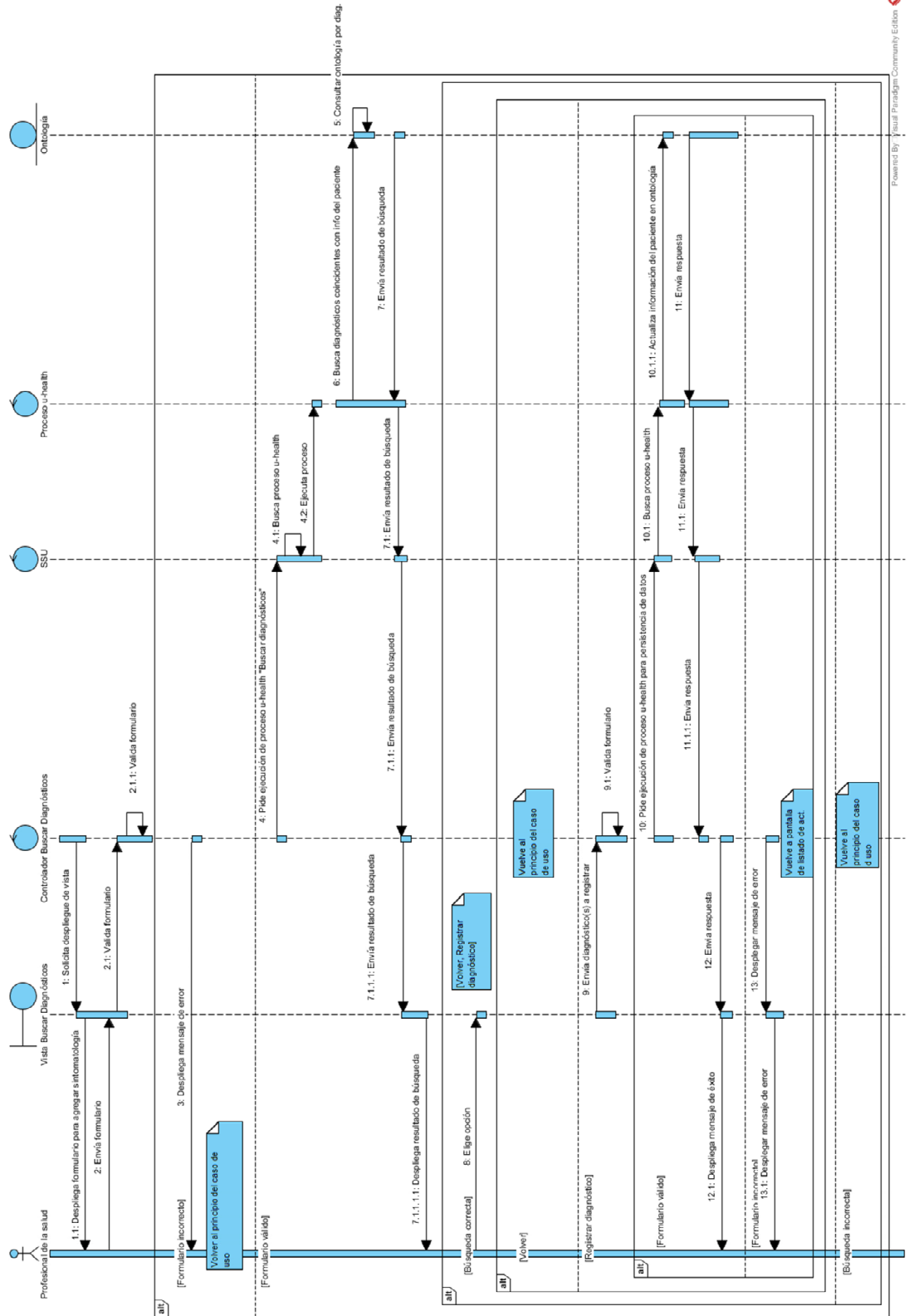
# Anexo B: Diagramas de secuencia extendidos

## B.1 Petición a servicios de salud ubicuos (Versión Controlador Aplicación)

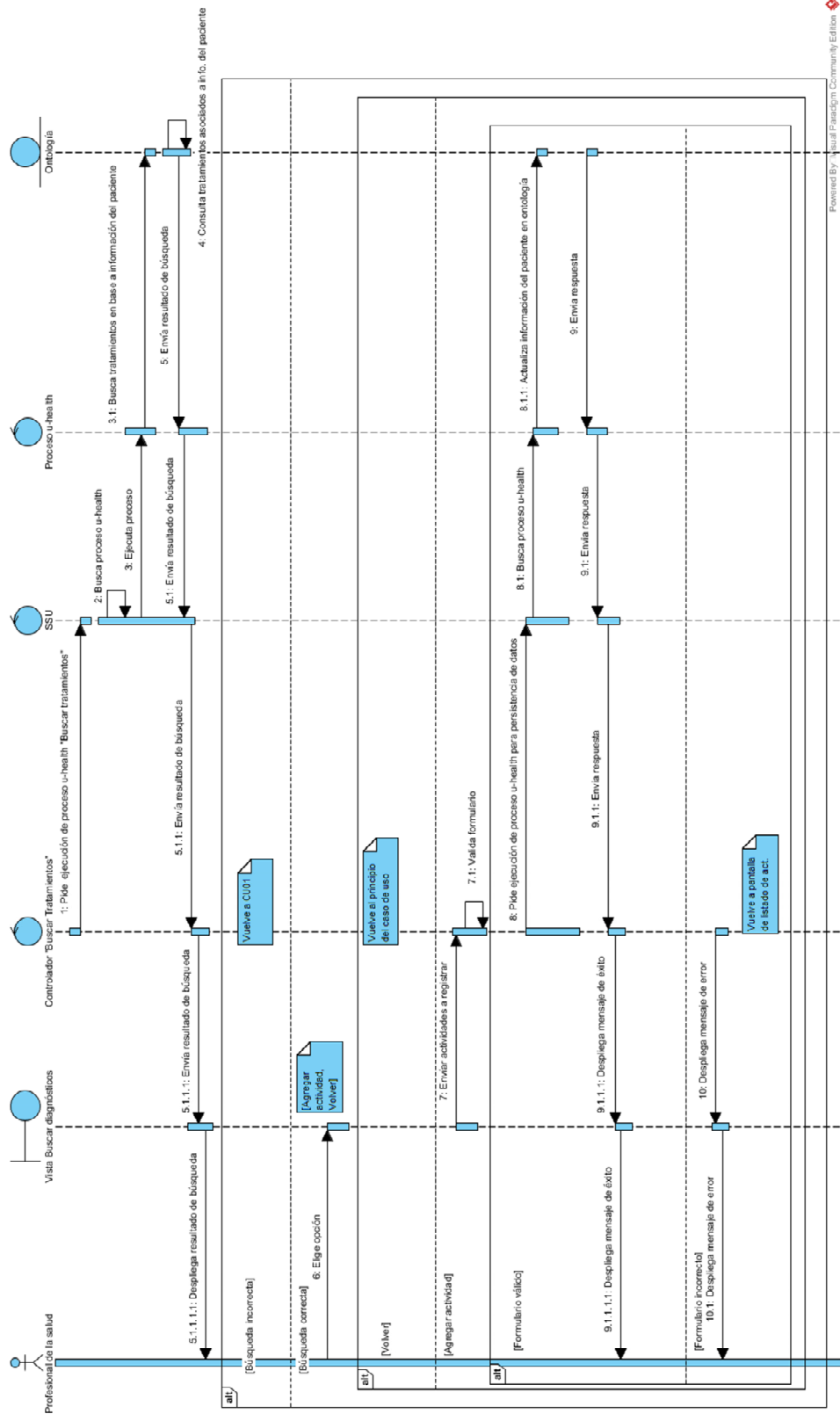


## **B.2 Petición a servicios de salud ubicuos (Versión Controlador WBAN)**

## B.3 Buscar posibles diagnósticos



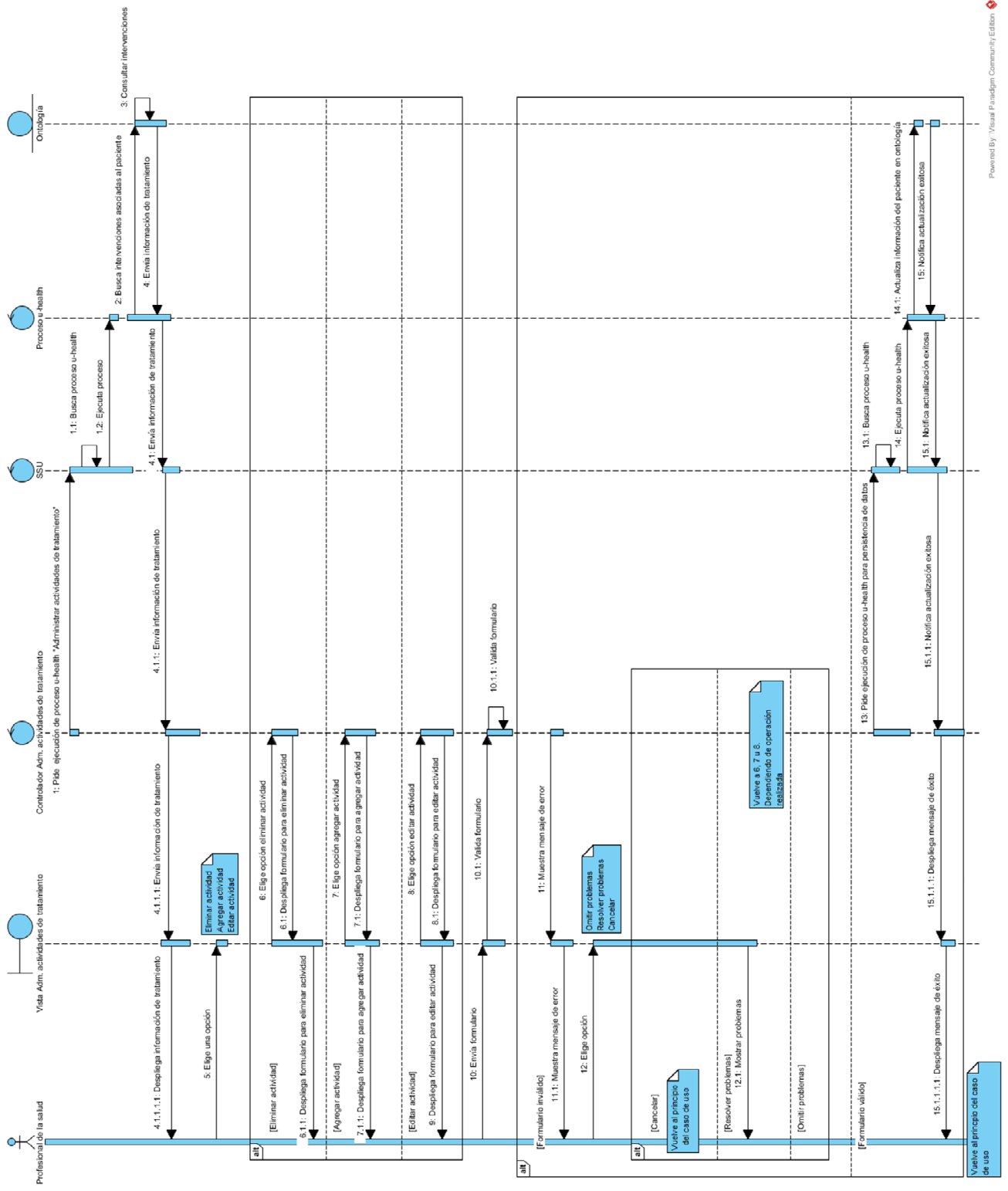
## B.4 Buscar posibles tratamientos



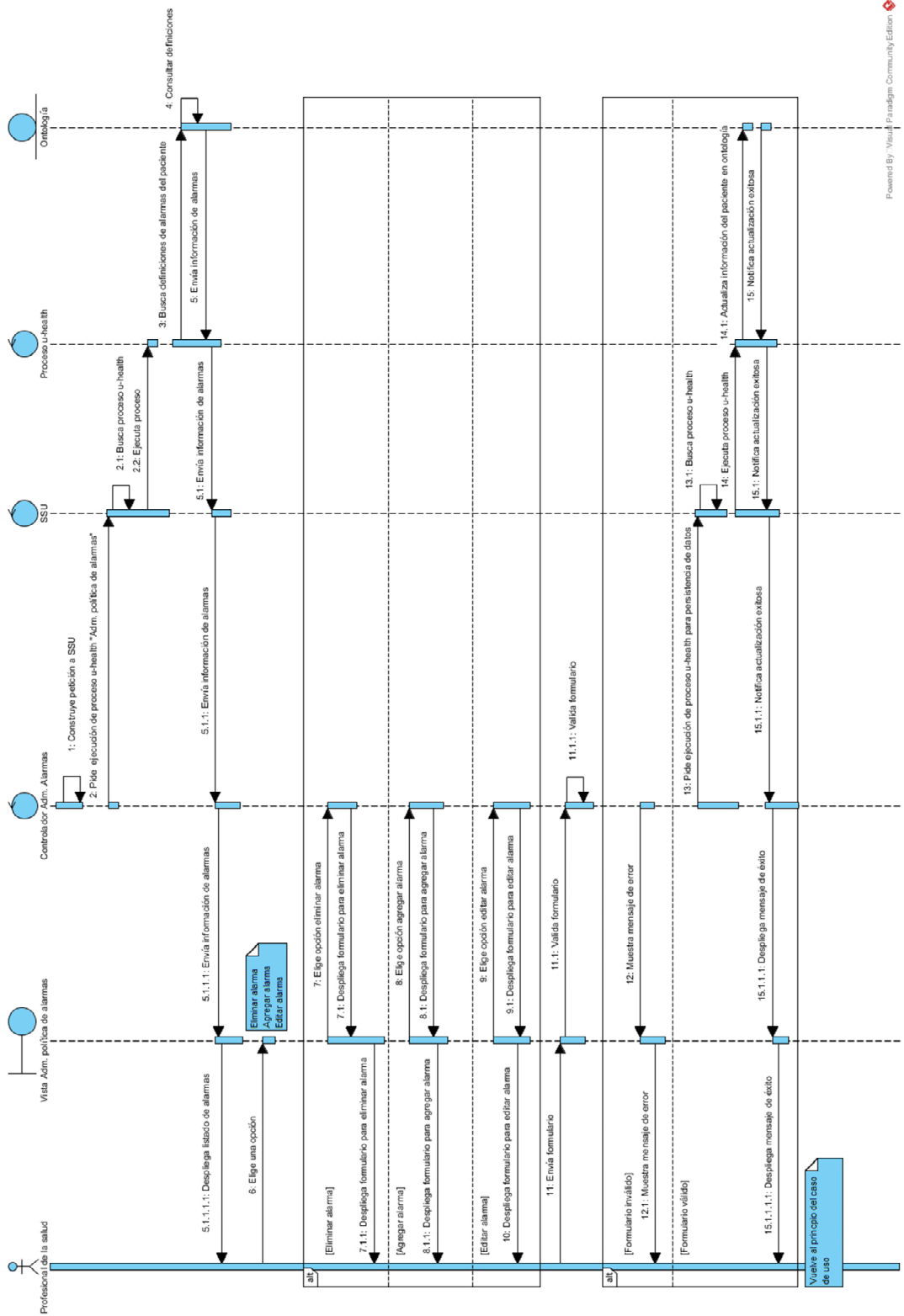
## B.5 Administrar información de diagnóstico





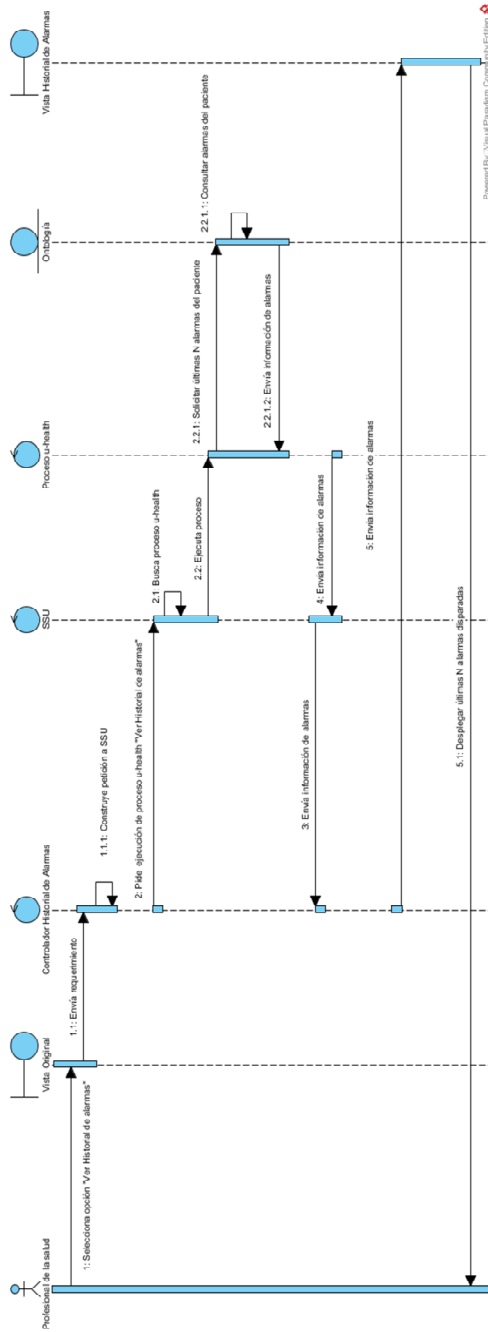


## B.7 Administrar política de alarmas



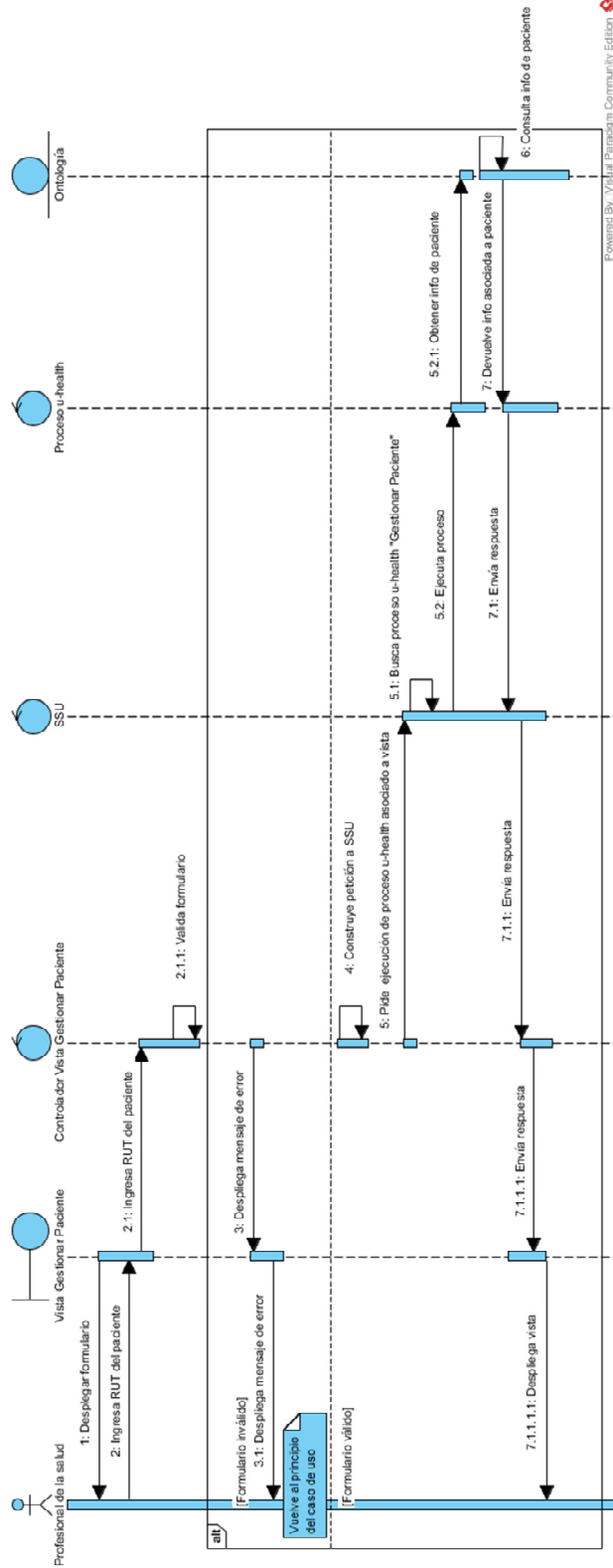
## B.8 Administrar plan de monitoreo





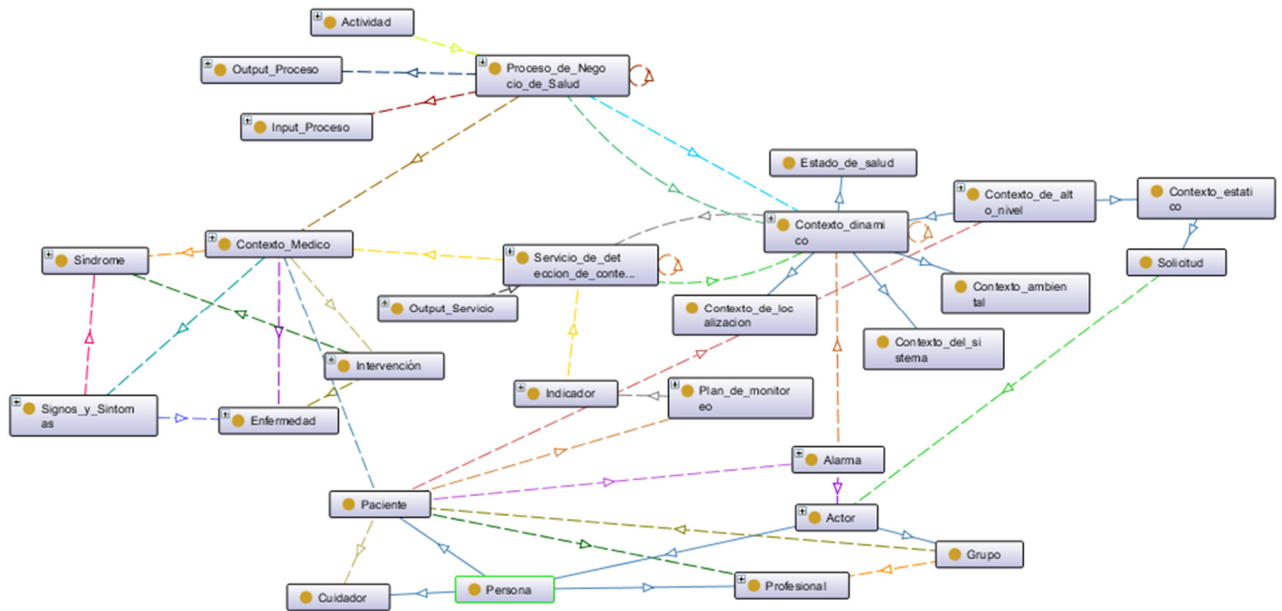
PoweredBy: Visual Paradigm Community Edition

## B.10 Gestionar información del paciente

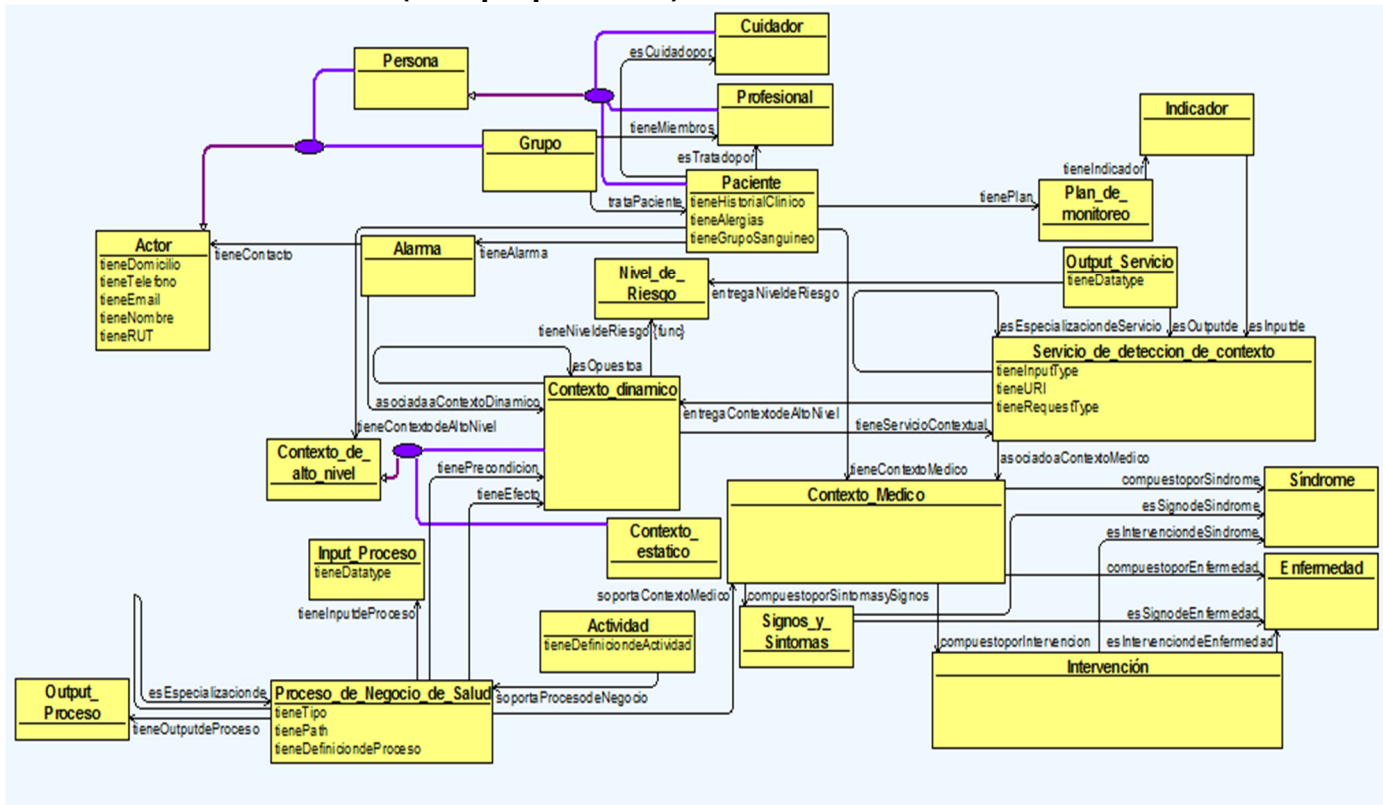


# Anexo C: Modelo de descripción semántico

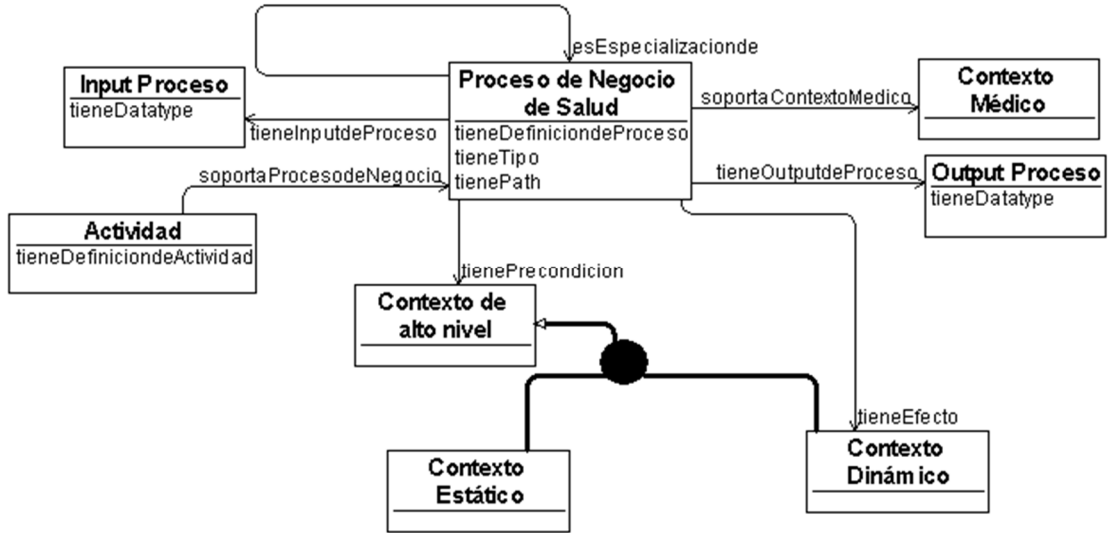
## C.1 Vista General Modelo



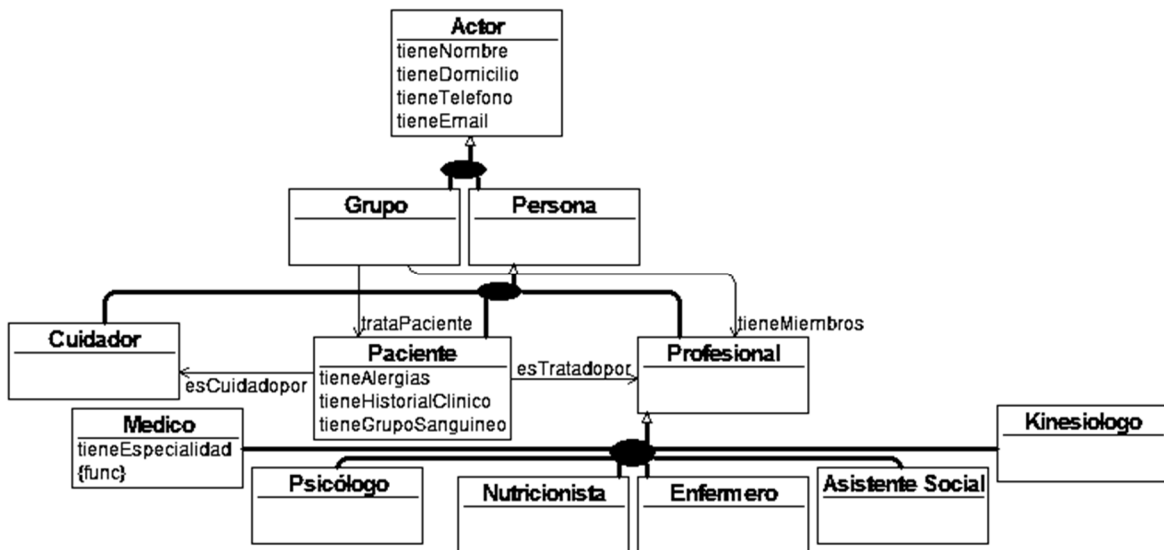
## C.2 Vista General Modelo (Con propiedades)



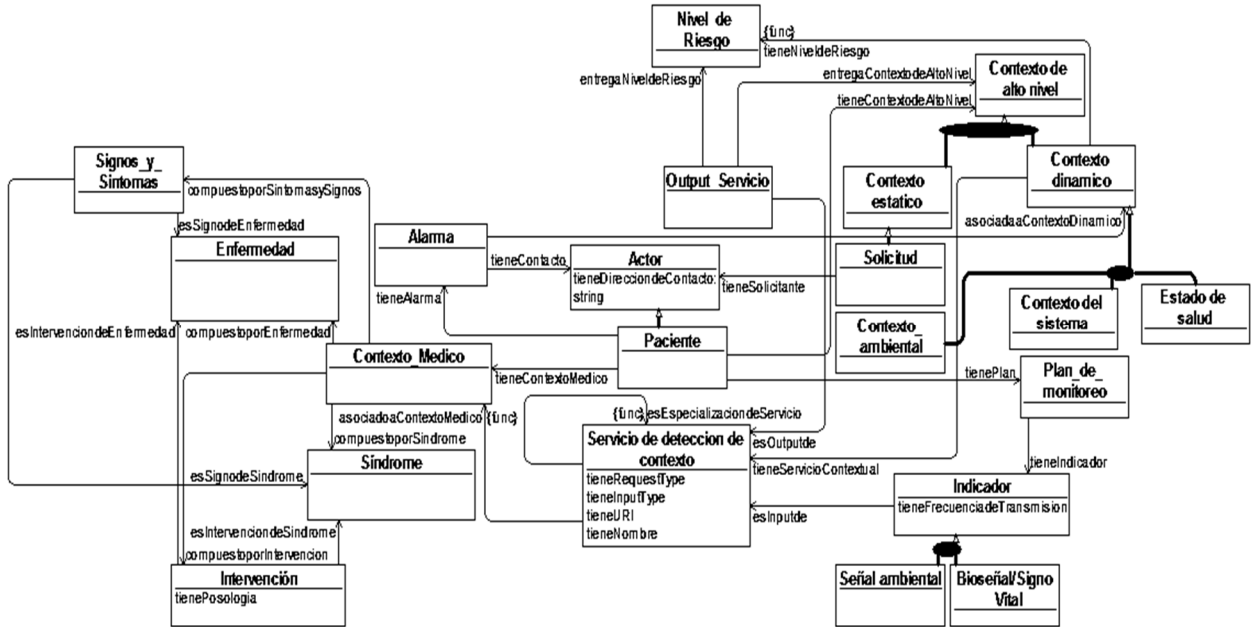
### C.3 Ontología de procesos



### C.4 Ontología de participantes



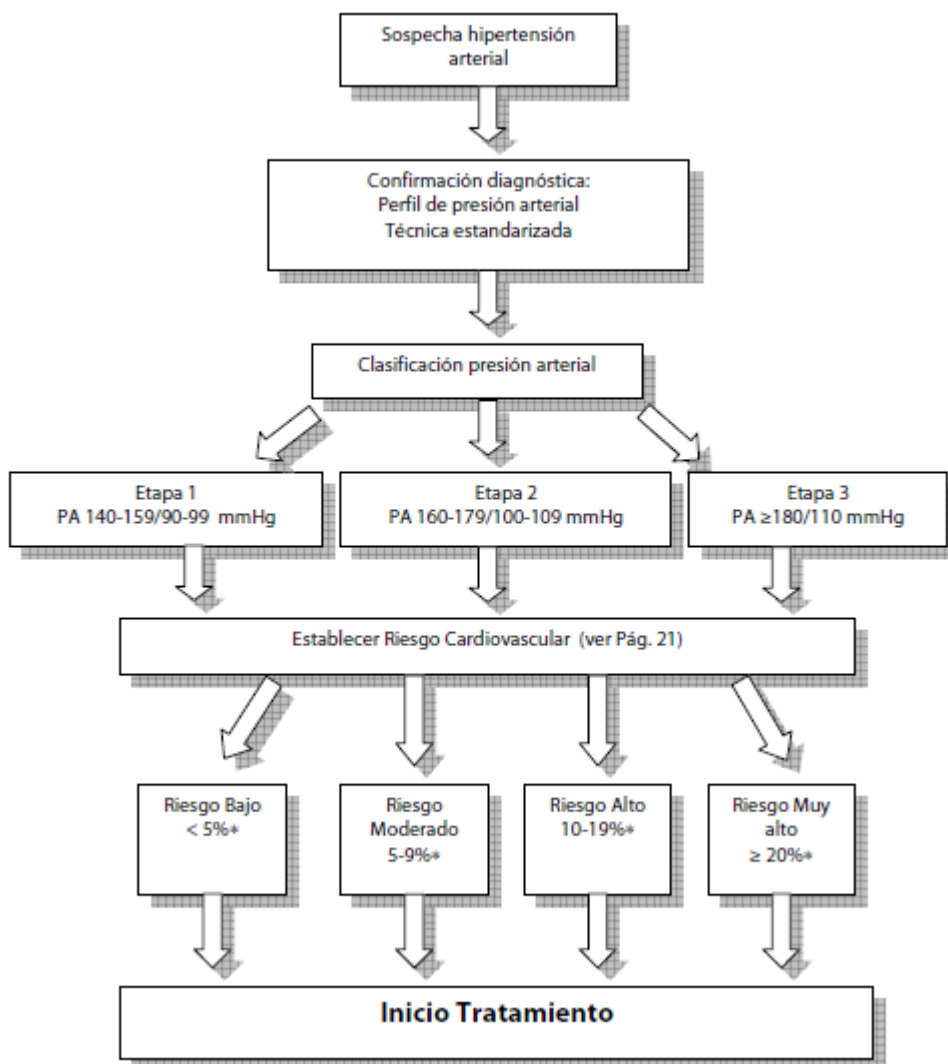
## C.5 Ontología de contexto médico y servicios contextuales



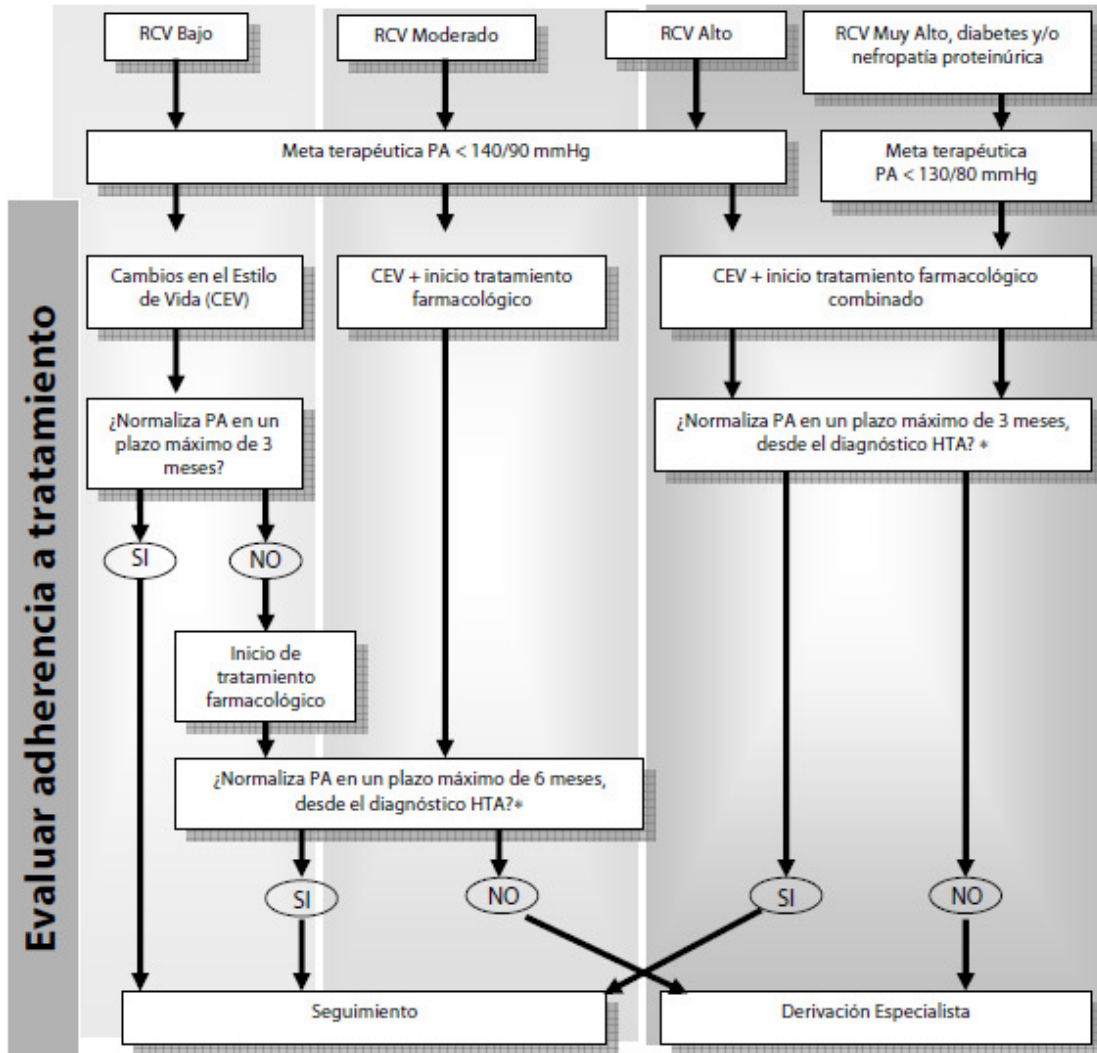


## Anexo D: Guidelines clínicas para hipertensión (Extraídos de [37])

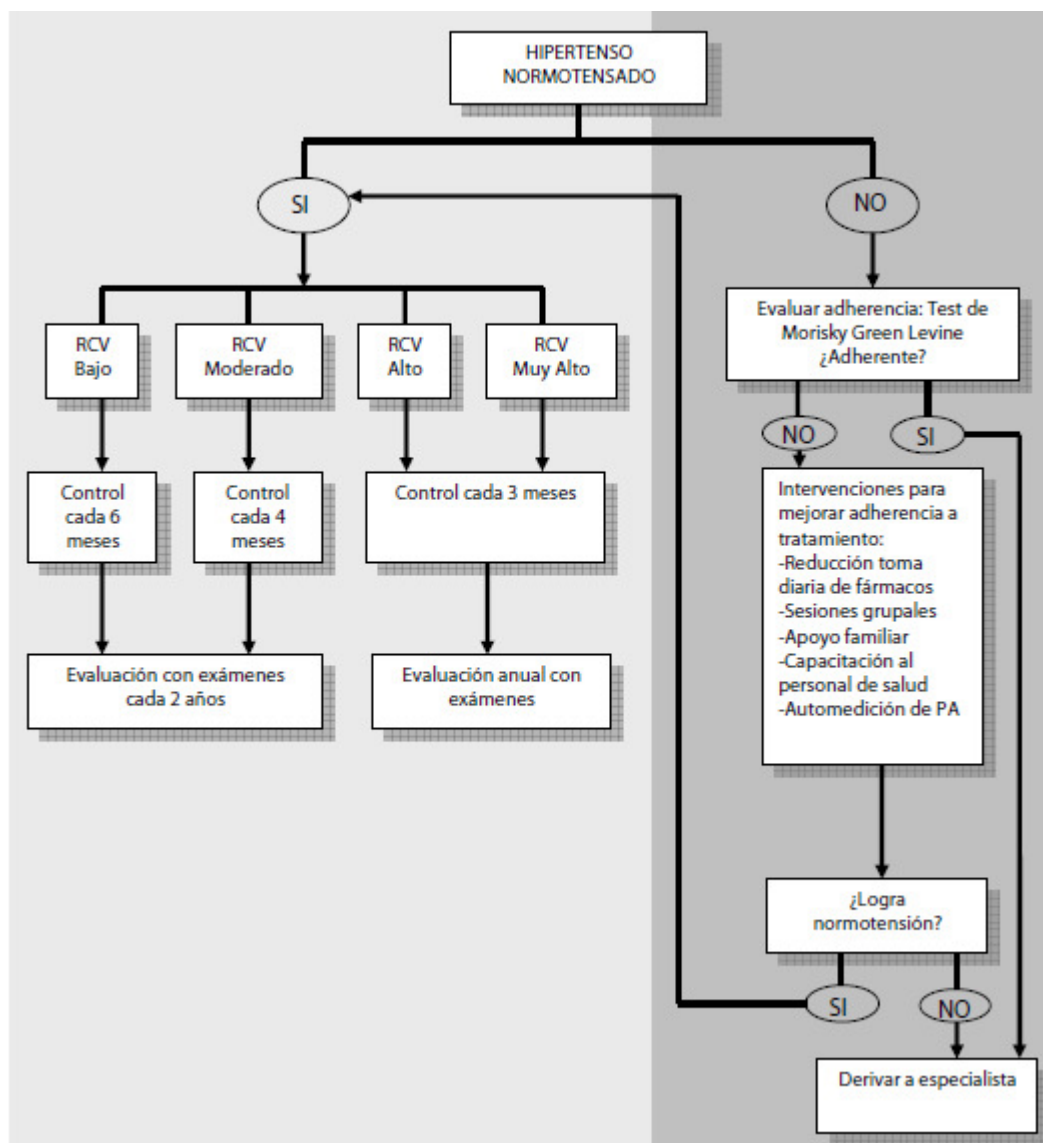
### D.1 Guideline 1: Diagnóstico de hipertensión



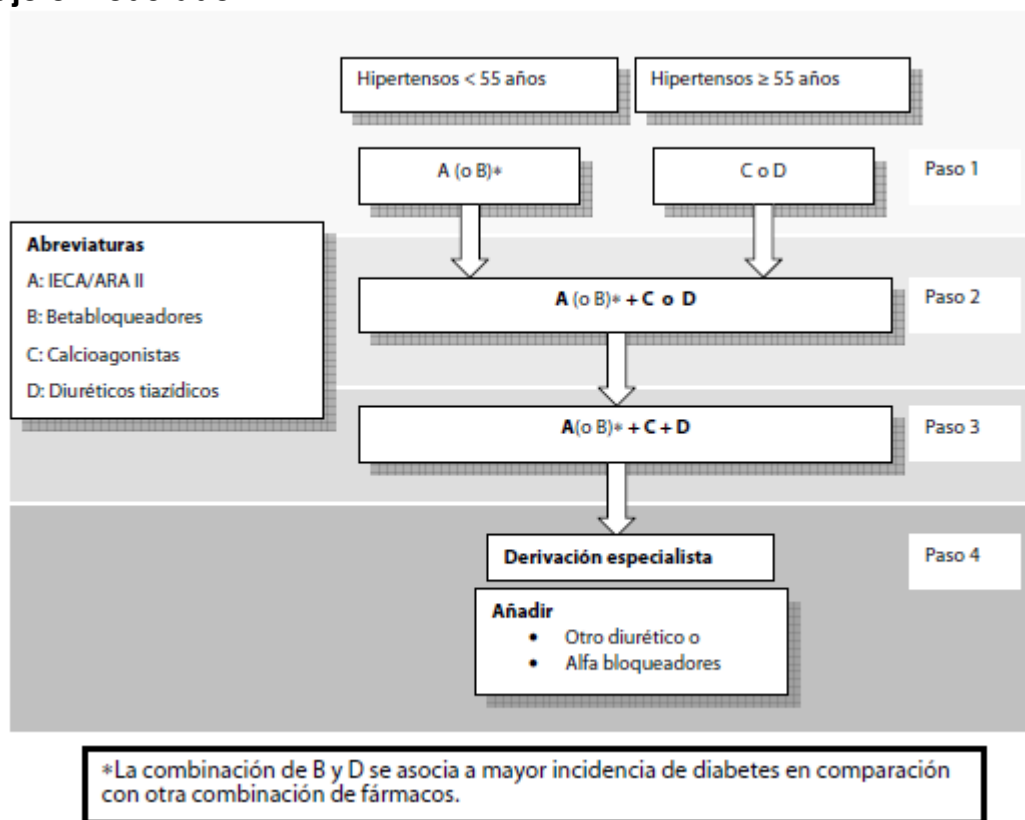
## D.2 Guideline 2: Metas terapéuticas para pacientes con hipertensión según RCV



### D.3 Guideline 3: Seguimiento del paciente hipertenso



#### D.4 Guideline 4: Elección de fármacos en pacientes hipertensos en Etapa 1 y con RCV bajo o moderado



## Anexo E: Instanciación de conocimiento médico en ontología de contexto

### E.1 Enfermedades

Enfermedad
Accidente Cerebrovascular
Aneurisma
Angina Inestable
Ateroesclerosis
Asma
Bloqueo auriculoventricular
Diabetes Tipo 2
Encefalopatía Hipertensiva
Enfermedad Vascular Periférica
EPOC
Gota
Hipertensión Arterial Primaria
Hipertensión Arterial Gestacional
Hipertensión Arterial Secundaria
Hipertensión Sistólica Aislada
Hipertrofia Ventricular Izquierda
Infarto Agudo de Miocardio
Nefropatía Hipertensiva
Pre-eclampsia
Retinopatía Hipertensiva

### E.2 Síndromes

Síndrome
Hiperkalemia
Inmovilidad
Insuficiencia Cardíaca
Insuficiencia Renal
Síndrome Coronario Agudo
Síndrome Metabólico

### E.3 Síntomas y Signos

Síntoma/Signo	Tipo
Palidez	Autonómico
Temblores	Autonómico
Fiebre	Autonómico
Cefalea	Autonómico
Debilidad	Autonómico
Mareos	Autonómico
Taquicardia	Cardiovascular
RCV Bajo	Cardiovascular

<b>RCV Ligero</b>	Cardiovascular
<b>RCV Moderado</b>	Cardiovascular
<b>RCV Alto</b>	Cardiovascular
<b>RCV Muy Ato</b>	Cardiovascular
<b>Palpitaciones cardiacas</b>	Cardiovascular
<b>Albuminuria</b>	De examen de lab.
<b>Creatinina plasmática anormal</b>	De examen de lab.
<b>Ratio Albuminuria-Creatinina anormal (&gt;30mg/mmol)</b>	De examen de lab.
<b>Hipoglucemia (&lt;60 mg/dl)</b>	De examen de lab.
<b>Hiperoglucemia (&gt;126 mg/dl)</b>	De examen de lab.
<b>HbA1c Anormal ( &gt;7%)</b>	De examen de lab.
<b>HDL Anormal (&gt;40 mg/dl)</b>	De examen de lab.
<b>Hematocrito anormal</b>	De examen de lab.
<b>LDL Anormal (&gt;70 mg/dl)</b>	De examen de lab.
<b>Proteinuria</b>	De examen de lab.
<b>Triglicéridos anormales (&gt;150 mg/dl)</b>	De examen de lab.
<b>HbA1c Anormal ( &gt;9%)</b>	De examen de lab.
<b>IMC anormal</b>	De examen físico
<b>Presión Arterial &gt;140/90</b>	De examen físico
<b>Presión Arterial &gt; 160/100</b>	De examen físico
<b>Presión Arterial &gt; 180/90</b>	De examen físico
<b>Hipotensión (PA&lt;90/60)</b>	De examen físico
<b>Sobrepeso</b>	De examen físico
<b>Cianosis</b>	Intergumentario
<b>Gangrena</b>	Intergumentario
<b>Necrosis</b>	Intergumentario
<b>Sudoración fría</b>	Intergumentario
<b>Malnutrición</b>	Metabólico
<b>Polidipsia</b>	Metabólico
<b>Polifagia</b>	Metabólico
<b>Sed</b>	Metabólico
<b>Alteración del habla</b>	Neurológico
<b>Alteración del juicio y conducta</b>	Neurológico
<b>Compromiso de conciencia</b>	Neurológico
<b>Confusión</b>	Neurológico
<b>Convulsiones</b>	Neurológico
<b>Visión borrosa</b>	Neurológico
<b>Edema de disco óptico</b>	Neurológico

<b>Eclerosis arteriolar</b>	Ocular
<b>Exudados algodonosos</b>	Ocular
<b>Hemorragia retinal</b>	Ocular
<b>Pérdida de visión</b>	Ocular
<b>Visión doble</b>	Ocular
<b>Depresión</b>	Psicológico
<b>Irritabilidad</b>	Psicológico
<b>Mala disposición al tratamiento</b>	Psicológico
<b>Negación</b>	Psicológico
<b>Bajo nivel socioeconómico</b>	Social
<b>Embarazo</b>	Social
<b>Lactancia</b>	Social
<b>Sin apoyo familiar</b>	Social
<b>Tercera Edad</b>	Social
<b>Disuria</b>	Urológico
<b>Hematuria</b>	Urológico
<b>Monorreno</b>	Urológico
<b>Oliguria</b>	Urológico
<b>Poliuria</b>	Urológico

#### E.4 Intervenciones

<b>Intervención</b>	<b>Tipo de Intervención</b>
<b>Consejería de apoyo</b>	Asesoría
<b>Dieta especial</b>	Cambios en el estilo de vida
<b>Plan de ejercicio físico</b>	Cambios en el estilo de vida
<b>Terapias de relajación</b>	Otros
<b>Candesartán</b>	Fármaco/Antihipertensivo/ARAI
<b>Eprosartán</b>	Fármaco/Antihipertensivo/ARAI
<b>Irbesartán</b>	Fármaco/Antihipertensivo/ARAI
<b>Losartán</b>	Fármaco/Antihipertensivo/ARAI
<b>Telmisartán</b>	Fármaco/Antihipertensivo/ARAI
<b>Valsartán</b>	Fármaco/Antihipertensivo/ARAI
<b>Atenolol*</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Acebutolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Bisoprolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Celiprolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Metoprolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Labetalol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Carvedilol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Carteolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Nadolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador

<b>Oxprenolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Pindolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Propranolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Timolol</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Betabloqueador
<b>Amlodipino*</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Verapamilo</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Diltiazem</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Felodipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Isradipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Lacidipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Lercanidipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Nicardipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Nifedipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Nimodipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Nisoldipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Nitrendipino</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Calcioantagonista
<b>Hidroclorotiazida*</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Clorotiazida</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Clortalidona</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Bendroflumetiazida</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Hidroflumetiazida</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Metolazona</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Indapamida</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Xipamida</b>	Fármaco/Antihipertensivo/DiureticoT
<b>Captopril*</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Benazepril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Cilazapril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Fosinopril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Lisinopril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Perindopril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Quinapril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Ramipril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Spirapril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Trandolapril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Zofenopril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Enalapril</b>	Fármaco/Antihipertensivo/IECA
<b>Simvastatina</b>	Fármaco/Hipolipidemiante
<b>Metformina</b>	Fármaco/Antidiabético
<b>Insulina inyectable</b>	Fármaco/Antidiabético
<b>Glibenclamida</b>	Fármaco/Antidiabético
<b>Insulina de acción intermedia</b>	Fármaco/Antidiabético
<b>Metildopa</b>	Fármaco/Antihipertensivo/Alfaantagonista



\*Fármaco de primera línea recomendado por guía clínica

## Anexo F: Encuesta de usabilidad

### Encuesta de usabilidad para Aplicación web y móvil

El presente cuestionario tiene como objetivo evaluar la usabilidad de una aplicación para el apoyo en la toma de decisiones clínicas en las etapas de diagnóstico, planificación de tratamiento y monitoreo a distancia en pacientes con hipertensión. La evaluación de cada ítem debe realizarse como sigue:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

En cada ítem marque con una "X" el nivel de acuerdo/desacuerdo que usted tiene con la afirmación (Marque sólo una opción por ítem)

	1	2	3	4	5
1. El software es útil.					
2. El software me parece atractivo.					
3. El software es fácil de usar.					
4. El lenguaje utilizado por el software es el adecuado.					
5. El software permite ver datos relevantes del paciente.					
6. El software genera sugerencias que facilitan el proceso de diagnóstico del paciente.					
7. El software genera sugerencias que facilitan el proceso de planificación del tratamiento del paciente.					
8. El software genera notificaciones adecuadas en base al riesgo del paciente.					
9. Las notificaciones generadas por el software son útiles para el manejo de situaciones de riesgo en el paciente.					
10. El software se integra de forma adecuada a mi forma de trabajo.					

**Comentarios y/o sugerencias:**