



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



“DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN
CLÍNICA EN MEDICINA VETERINARIA: INCLUSIÓN DE UNA NOMENCLATURA
SISTEMATIZADA”

MATÍAS REYES PACE

Memoria para optar al Título Profesional
de Médico Veterinario
Departamento de Medicina
Preventiva Animal

PROFESORA GUÍA: DRA. VALERIA ROJAS ESCUDERO

SANTIAGO - CHILE
2011



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



“DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN
CLÍNICA EN MEDICINA VETERINARIA: INCLUSIÓN DE UNA NOMENCLATURA
SISTEMATIZADA”

MATÍAS REYES PACE

Memoria para optar al Título Profesional
de Médico Veterinario
Departamento de Medicina
Preventiva Animal

NOTA FINAL:

		NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA:	VALERIA ROJAS ESCUDERO
PROFESOR CONSEJERO:	LUIS IBARRA MARTÍNEZ
PROFESOR CONSEJERO:	LORETO MUÑOZ ARENAS

SANTIAGO - CHILE
2011

Desarrollo de una base de datos para el análisis de la información clínica en Medicina Veterinaria: Inclusión de una nomenclatura sistematizada.

Reyes, M.

Resumen

En medicina veterinaria y salud pública existe una necesidad creciente de analizar los datos generados en la práctica médica para su uso en investigación. Sin embargo el costo de recopilación y procesamiento de datos puede ser una limitante si estos no se encuentran estructurados y digitalizados. El registro sistemático de información clínica en Almacenes de Datos (Data Warehouses) es una opción realista para la reducción de costos en investigación y permite el uso técnicas avanzadas de análisis como “Descubrimiento de Conocimiento y Minería de Datos” (Knowledge Discovery in Databases, KDD).

La presente memoria se centra en la fase de almacenamiento de la información, que constituye la piedra angular para nuevas investigaciones, tanto en procedimientos de análisis como para las investigaciones de carácter clínico o epidemiológico.

Se desarrolló una aplicación para el registro médico electrónico del Hospital Clínico Veterinario de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, basada en la aplicación desarrollada por Zaninelli *et al.* (2007) denominada O3-Vet. Para su adaptación, se realizó una secuencia de actividades de investigación, programación y pruebas que llevaron a la obtención de una aplicación funcional.

Para permitir que los datos almacenados sean estandarizados, analizables y compatibles, se implementó un subconjunto de términos de diagnóstico clínico de Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms (SNOMED CT), que demuestra ser fundamental para estas tareas y deberá ser considerado en los próximos desarrollos e investigaciones.

Abstract

For both veterinary medicine and public health there is an increasing need to analyze data generated in clinical practice for research. However, the cost of data collection and processing can be a limitation if they are not structured and digitized. Systematic recording of clinical information in data warehouses is a realistic way for reducing costs in research and allows the use of advanced analytical techniques such as Knowledge Discovery in Databases (KDD).

This report focuses on the phase of storing information, which is the cornerstone for further research for both analysis procedures and epidemiology.

It was developed an electronic medical record for the Faculty of Veterinary and Animal Sciences, University of Chile's Veterinary Hospital, based on the application developed by Zaninelli *et al.* (2007) called O3-Vet. To suit the software, it was performed a sequence of research, programming and testing that led to obtaining a working application.

To allow stored data to be standardized, analyzable and compatible, it was implemented a subset of clinical diagnostic terms from Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms (SNOMED CT), which proves to be crucial for these tasks and should be considered in the further development and research.

keywords: Electronic Medical Record EMR, Practice Management System PMS, Hospital Information System HIS, Integrating the Healthcare Enterprise IHE, SNOMED CT, Medical Terminologies, Hospital Administration, Animal Hospital, Veterinary, Web Technology, Database

1. Introducción

Tanto para la práctica médico veterinaria como para la medicina preventiva, el acceso a la información clínica es crucial para efectuar análisis retrospectivos de casos. Por lo tanto, el almacenamiento de información de manera sistemática y digital es fundamental para reducir los costos de recolección y procesamiento de datos, pudiendo ser un importante aporte en la investigación.

Existen en el mercado diversas aplicaciones que permiten la digitalización de la información clínica veterinaria. Sin embargo, la mayoría utiliza formularios con ingreso de texto libre, lo que hace complejo e inexacto el análisis computado de los datos. Además sus estructuras son rígidas y el código es cerrado, no permitiendo adaptar el software a los distintos tipos de procesos hospitalarios y sistemas de gestión. Por último, son pocas las aplicaciones en medicina veterinaria que permiten la interoperabilidad con otras aplicaciones médicas, como sistemas de radiología (Radiology Information Systems, RIS), almacenamiento de imágenes (Picture Archiving and Communication System, PACS) o laboratorios (Laboratory Information System, LIS), que podrían ser implementados en el hospital universitario en el mediano plazo.

La Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, efectuó un acuerdo de colaboración científica con la Università San Raffaele Roma para incorporarse en el proyecto O3-Vet, con el interés de digitalizar la información clínica veterinaria y mejorar la administración de los procesos hospitalarios.

El objetivo de la investigación fue estandarizar la ficha médica para poder analizar la información almacenada de manera sistemática y eficiente. Los objetivos específicos correspondieron a desarrollar la aplicación O3-Vet, adaptándola a los requerimientos del Hospital Veterinario universitario, implementar en la aplicación una terminología médica codificada y revisar los requisitos y procesos necesarios para el desarrollo de un sistema de registro médico electrónico veterinario.

2. Marco de Referencia

Existen pocas iniciativas de vigilancia epidemiológica e investigación documentadas que han logrado con éxito recolectar información médico veterinaria a través de Sistemas de Gestión de la Práctica (PMS). Una de ellas es la Veterinary Medical Database (VMDB), creada en 1964 en EE.UU., la que actualmente abarca 26 universidades que rutinariamente envían información a la base de datos y que contiene más de 7 millones de casos disponibles para la investigación. Para la estandarización de la información

clínica utiliza las terminologías Systematize Nomenclature of Medicine Clinical Terms (SNOMED CT) y la Standard Nomenclature of Veterinary Diseases and Operations (SNVDO). La VMDB presenta en su página web más de cien artículos científicos basados en sus datos (VMDB, 2006). Otro caso de éxito es el de Veterinary Electronic Animal Record (VEctAR) del Royal Veterinary College (RVC), Inglaterra. En este caso, se utiliza la terminología Veterinary Nomenclature (VENOM Codes) y un sistema de comunicación denominado VetXML. Estos estándares han sido desarrollados en conjunto con distintos proveedores de aplicaciones y son específicos para la medicina veterinaria, sin embargo a la fecha se encuentran solo en inglés (RVC, 2011).

2.1. El proyecto O3-Vet

La aplicación O3-Vet creada por Zaninelli *et al.* (2007) nació de un proyecto denominado O3 Consortium, una iniciativa que desarrolla implementaciones de código abierto de los estándares en medicina HL7 messages (Health Level Seven) y DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), utilizando las recomendaciones técnicas de IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) (O3C, 2008).

La aplicación fue seleccionada porque utiliza tecnologías de comunicación estandarizadas para la medicina, permitiendo almacenar y compartir la información clínica de manera eficaz, haciendo posible la integración con otras aplicaciones en un modelo de servicios distribuidos. Además, es de código abierto, lo que le da ventajas en adaptabilidad a las condiciones del hospital universitario y permite generar mejoras y nuevos servicios a medida que sean requeridos.

HL7 es una organización que desarrolla estándares para la informática médica. El principal estándar es el de mensajería, que define cómo debe estar estructurado un dato (demográfico o clínico) que se envía entre aplicaciones médicas, de manera que todas comprendan el mismo mensaje. O3-Vet utiliza la versión 2 del estándar de mensajería HL7.

DICOM realiza la tarea de estandarización entre equipos de un RIS. Por ejemplo, un "host" (servidor) de radiología digital envía la información del paciente y las imágenes capturadas (que incorporan meta-datos definidos por DICOM) a un sistema PACS o a una impresora DICOM.

IHE por su parte, es una iniciativa en desarrollo que define constantemente cómo se implementan los estándares DICOM y HL7, en los procesos hospitalarios. Por ejemplo, ambos estándares definen el nombre del paciente y IHE define como integrar ese dato desde un registro electrónico, mediante HL7, al docu-

mento DICOM del RIS. Las definiciones se hacen mediante la creación de documentos que especifican marcos técnicos de referencia para el desarrollo de aplicaciones, en conjunto con los principales proveedores de sistemas de información para salud (IHE, 2007).

Los marcos de referencia de IHE identifican los *Actores* del sistema, término acuñado de la programación orientada a objetos y que se refiere a componentes del sistema que pueden producir, administrar y/o modificar información, y especifican sus interacciones como transacciones estándares y coordinadas, distribuidas en siete documentos, denominados “Perfiles de Integración”, en los que se resuelven distintos problemas logísticos que ocurren en los procesos hospitalarios (Channin *et al.*, 2001).

Estos estándares fueron desarrollados para lograr la interoperabilidad entre los sistemas de salud humana, sin embargo, deben ser considerados en el desarrollo de aplicaciones para la medicina veterinaria, dado que los equipos y sistemas de almacenamiento para la radiología digital y laboratorios son los mismos para ambas variantes de la medicina.

El proyecto O3-Vet utilizó el actor de admisión, transferencia y alta médica (ADT) del Perfil de Integración de Programación del Flujo de Trabajo. Este actor, es responsable de ingresar y/o actualizar la información demográfica del paciente y de la transferencia a otros servicios. En el caso de la Clínica Veterinaria de la Universidad de Chile, el recepcionista es quien incorpora el actor ADT, ingresando los datos demográficos y enviando al paciente a la consulta. El Perfil de Programación del Flujo de Trabajo resuelve de esta manera la mayoría de los problemas de procesos hospitalarios, siendo entonces una piedra angular en el desarrollo de aplicaciones bajo el modelo IHE. (Zaninelli *et al.*, 2007)

La aplicación O3-Vet fue desarrollada en lenguaje PHP utilizando paquetes del repositorio de librerías PEAR y una base de datos MySQL (Zandstra, 2010).

En el caso de la implementación de O3-Vet en la Università degli Studi di Milano, el software que comenzó integrando admisión, clínica general y radiología, siguió desarrollándose hasta incluir la mayoría de los servicios, formando un verdadero Sistema de Información Hospitalario (HIS), el que a la fecha ha registrado más de 5.000 fichas clínicas. Sin embargo, estas fichas no fueron desarrolladas en base a estándares médicos, dificultando su funcionalidad para el análisis de la información.

2.2. Terminología Médica

A pesar que existen técnicas que permiten obtener el significado de una frase en base a la sintaxis de las

cadena de texto, ésta es una tarea difícil de efectuar y genera un porcentaje de errores no despreciable a la validación (dependiendo del algoritmo clasificador y de la técnica). Por lo tanto, es necesario que la información ingresada en un PMS sea previamente clasificada y codificada para el posterior procesamiento de datos.

Tradicionalmente, la solución entregada por las aplicaciones médicas ha sido el uso de distintas terminologías, que consisten en un número limitado de códigos con sus respectivas cadenas de texto asociadas. Por ejemplo, para codificar enfermedades, comúnmente se utiliza la International Classification of Diseases (ICD), para los exámenes de laboratorio la Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC) y para medicamentos, la RxNorm. En el caso de ICD-10, que corresponde a la terminología más utilizada en medicina humana, mantenida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los códigos están ordenados de manera que los términos que forman parte de un grupo de patologías se encuentran en un rango, por ejemplo, el capítulo de neoplasias se encuentran en el bloque de códigos entre C00 y D48 (OMS, 2011).

Cimino (1998) en su artículo “*Desiderata para los vocabularios médicos controlados en el siglo XXI*” describió los inconvenientes de esta estructura de códigos en la que se limita la incorporación de nuevos términos, se restringe el vocabulario médico e imposibilita especificar las características del diagnóstico (ej. Inflamación de la rodilla derecha). La desiderata propuesta enfoca la estructura de codificación en una jerarquía de conceptos. De esta manera todos los conceptos derivan de uno o varios conceptos, siendo esa relación la que le entrega información semántica al dato.

Basada en gran medida en la desiderata de Cimino (1998) la International Health Terminology Standards Development Organisation (IHTSDO) acopló un conjunto de terminologías de los distintos ámbitos de la salud, incluyendo medicina veterinaria, en la terminología SNOMED CT, que define conceptos médicos en una red semántica (relaciones entre conceptos). Para permitir esta estructura, los términos clínicos son distribuidos principalmente en 3 archivos:

- **Conceptos:** El archivo cuenta con aproximadamente cuatrocientos mil conceptos médicos, activos e inactivos, descritos en inglés, cada uno con un número identificador denominado ConceptID.
- **Relaciones:** Define relaciones entre los identificadores de conceptos. Posee aproximadamente un millón quinientos mil relaciones que generan múltiples jerarquías permitiendo la caracterización semántica de los conceptos. Posee un ConceptID1, un identificador de tipo de relación de

nominado RelationshipType, y un ConceptID2. Un ejemplo de relación entre conceptos puede ser: 233604007 | 116680003 | 19829001 lo que equivale a: *Neumonía* | *es una* | *enfermedad pulmonar* (Figura 1). (IHTSDO, 2009a)

- **Descripciones:** Este archivo posee versiones en inglés, alemán, danés y español y se encuentra en proceso de traducción a otros lenguajes. Contiene millones de términos que corresponden a distintas maneras de describir un concepto. Cada término posee un número identificador único, denominado DescriptionID y un ConceptID. Múltiples términos, en distintos idiomas pueden poseer un mismo concepto, por lo que se consideran sinónimos. Por ejemplo, los términos “ataque al corazón”, “infarto cardiaco”, “infarto de miocardio” e “infarto de corazón” poseen el mismo concepto “Myocardial infarction”. Esto es lo que se denomina “orientación a conceptos”.

La orientación a conceptos y la estructura multi-jerárquica posee varias ventajas en comparación a las codificaciones tradicionales. Entre ellas se encuentra la mayor libertad en el lenguaje médico (gracias a la sinonimia), la capacidad de agregar conceptos (extensiones) a la terminología y la posibilidad de agrupar conceptos basados en uno seleccionado para la investigación (IHTSDO, 2009a). De esta manera, por ejemplo, se pueden adquirir todos los identificadores de las patologías que son descendientes de “enfermedad pulmonar”, con lo que se puede consultar una base de datos de diagnóstico clínico y recibir todos los casos con patologías pulmonares con conceptos derivados.

SNOMED CT no solo posee conceptos de diagnósticos clínicos, sino una gran cantidad de términos utilizados en medicina, en los sistemas de registros y como complemento para la misma terminología. Entre sus grandes ramas se encuentran: estructura corporal, hallazgo clínico (incluye diagnósticos), entorno,

evento, entidad observable, organismo, producto farmacológico o biológico, fuerza física, objeto físico, procedimiento, calificador, artefacto de registro, situación en contexto explícito, contexto social, concepto especial, espécimen, etapas y escalas, sustancias, y además los conceptos de relaciones, por ejemplo “es una”. La información médica puede formar parte de distintos conceptos ubicados en distintas ramas (ej. una “fractura en tallo verde del fémur derecho” incluye estructura corporal, alteración morfológica de la estructura corporal y calificador), los que son unidos por conceptos de relación. Esto se denomina post-coordinación.

La IHTSDO entrega recomendaciones para el desarrollo de un sistema para el manejo de la terminología, mediante el cual se pueden desplegar y buscar términos, crear extensiones y sub-grupos, actualizar los archivos principales y efectuar post-coordinación para combinar conceptos permitiendo una descripción más detallada (IHTSDO, 2009a). Sin embargo, ésta es una tarea que posee altos requerimientos técnicos. Las instituciones que implementan este sistema, tienden a restringir los conceptos a un subconjunto y las creaciones de nuevos términos o las uniones de conceptos son realizadas por especialistas, los que generan extensiones de SNOMED especializadas. Por ejemplo, la American Animal Hospital Association (AAHA), a través del laboratorio Terminology Veterinary Service Laboratory (VTSL) de Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech), mantiene un subconjunto de términos de diagnóstico clínico veterinario, derivado de SNOMED, denominado “AAHA Terms”, que se construyó a partir de la terminología tradicional de la AAHA, utilizando los conceptos de SNOMED CT (AAHA, 2010). Ésta contiene tan solo 3.411 conceptos, permitiendo ser utilizada por algunas clínicas veterinarias en EE.UU. (Jungemann, 2010)¹. No se encontraron experiencias similares en español.

El desarrollo del sistema de manejo de terminología puede variar enormemente dependiendo de los requerimientos, procesos de negocio, tecnologías utilizadas, desarrolladores de software, etc. Por eso, la IHTSDO no desarrolla aplicaciones y tan solo mantiene y actualiza los archivos mencionados. Al desarrollar un servidor de terminologías, pueden existir distintos niveles de complejidad, entre los cuales la calidad de la información y la usabilidad se pueden ver afectados. En un nivel bajo, la terminología no se altera y solo se utilizan conceptos pre-coordinados, en cambio en un nivel más complejo, se pueden generar nuevos términos y

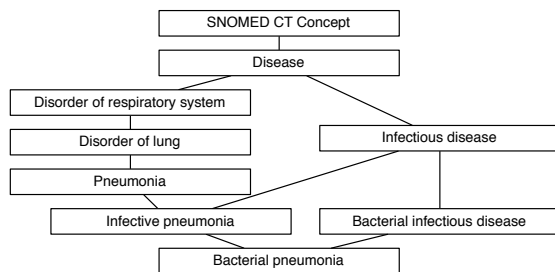


Figura 1: Representación de relaciones jerárquicas del tipo “es una” (IHTSDO, 2009b)

¹JUNGEMANN, E. 2010 [Comunicación personal] InfoMatrix, LLC.

conceptos y post-coordinarlos (Mauro, 2010)².

Es necesario probar estas tecnologías en el entorno clínico para demostrar su uso efectivo y beneficios. Sin embargo, dada la naturaleza de esta investigación, solo fue posible implementar una solución de baja complejidad, lo que no demuestra necesariamente todo el potencial de un PMS que incorpora la terminología SNO-MED CT.

3. Desarrollo e implementación

El desarrollo de software (aplicaciones) se puede reconocer como una iteración de las siguientes etapas:

- Pre-Investigación
- Análisis
- Levantamiento de requerimientos
- Diseño
- Programación
- Pruebas
- Implementación
- Revisión y mantención

La secuencia de estas actividades pueden variar según el proyecto y el proceso de desarrollo de software (Eterovic, 2011)³.

3.1. Pre-investigación

La etapa de pre-investigación fue centrada principalmente en el análisis de estándares médicos, arquitectura de software y software de registro médico veterinario existente. Se generó un convenio de colaboración científica con la Università Telematica San Raffaele Roma, a través del profesor Ing. Mauro Zaninelli para trabajar en conjunto con el software O3-Vet implementado en la Università degli Studi di Milano (Zaninelli *et al.*, 2007).

3.2. Análisis

Se realizó un modelamiento de las actividades enfocados al recepcionista. Para esto se investigaron los flujos de trabajo del Hospital Clínico Veterinario, de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y se diseñó el diagrama de actividades en notación UML (Unified Modeling Language) (Anexo A).

²MAURO, A. 2010 [Comunicación personal] Subgerente de Información en Salud y Epidemiología, Megasalud.

³ETEROVIC, Y. 2011, Director Depto. Cs de la Computación, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile [Comunicación personal] Procesos de desarrollo de software, MTIG, U. Católica de Chile.

Del diagrama se extrajeron ciertos puntos de interés. En primer lugar, a diferencia de la mayoría de las clínicas veterinarias, el rol de facturación se efectuaba por un usuario del sistema distinto al de la recepción. Afortunadamente los roles del sistema son configurables, por lo que fue posible generar un usuario distinto para la facturación. Sin embargo, en el proceso se efectuaban varios pagos a medida que se iban solicitando. Debido que O3-Vet no soportaba esa funcionalidad, el sistema de pagos no pudo implementarse. Otro problema surgió debido a que la medición del peso del paciente era efectuado por el recepcionista. En la aplicación, el dato fue incluido en la consulta puesto que la recepcionista solo ingresaba datos demográficos, que no varían en el tiempo y por lo tanto no hubiesen podido realizarse controles de los cambios.

3.3. Levantamiento de requerimientos y diseño

Estas etapas no fueron formalmente consideradas, ya que el diseño se basó en el software O3-Vet. Se consideraron los formularios tradicionalmente utilizados por el Hospital Veterinario de la Universidad de Chile en la creación de la ficha electrónica, sin embargo se decidió mantener la mayoría de los campos originales de la Università degli Studi di Milano para dar cabida a futuros intercambios de datos.

3.4. Programación y pruebas

Previo a la adaptación del software al nuevo entorno, un porcentaje no despreciable del código fue reescrito por el profesor Mauro Zaninelli, para la utilización de un patrón de diseño denominado Model-View-Controller (MVC). El patrón consiste en la separación del código en *Modelo*, que corresponde a los datos, sus operaciones para interactuar con la base de datos y la lógica de negocio, *Vista*, que corresponde al diseño de la interfaz gráfica de usuario (GUI) y *Controlador* que define los flujos que generan los eventos de la interfaz. Con el patrón MVC se estandarizó el desarrollo permitiendo el trabajo colaborativo, optimizando el código y facilitando su mantenimiento. Junto con esto, todas las páginas fueron escritas utilizando paquetes del repositorio PEAR, con lo que se aseguró cierto estándar de calidad y seguridad en las funciones (Tabla 1).

Para la adaptación, se internacionalizó el texto de la interfaz de usuario, traduciéndola completamente del italiano al español. Además se debió modificar la codificación del texto a Unicode, para permitir los caracteres latinos y modificar las plantillas para la generación de archivos en formato pdf con los requerimientos del hospital universitario. Varios errores (bugs) fueron corregidos para permitir la instalación en el nuevo entorno.

Tabla 1: Paquetes PEAR utilizados

Paquete	Versión
DB	1.7.13
DB_Pager	0.7
HTML_AJAX	0.5.6
HTML_QuickForm	3.2.11
HTML_QuickForm_Livesearch	0.4.0
HTML_Table	1.8.3
MDB	1.3.0
MDB2	2.4.1
MDB2_Driver_mysql	1.4.1
MDB_QueryTool	1.2.2
PEAR	1.9.1
Pager	2.4.8

El trabajo de configuración para la nueva institución fue realizado mediante la modificación de datos de usuario, médicos, departamentos, instalaciones, exámenes de diagnóstico, servicios hospitalarios y servicios veterinarios de la base de datos MySQL. Los pacientes y propietarios fueron importados de la hoja de cálculo Excel® con la que tradicionalmente se han almacenado los datos demográficos.

También se modificaron los campos de profilaxis e inmunizaciones según las prácticas locales y se añadieron campos de texto para “prediagnóstico”, “plan diagnóstico (exámenes solicitados)” y “tratamiento”, que resumen los eventos médicos que ocurren en la consulta. Se corrigieron diversos campos para ajustarse a las prácticas del centro universitario y se creó un sistema de validación en lenguaje JavaScript para campos obligatorios. Estos cambios formaron parte de un proceso iterativo de programación y revisión en el que colaboraron las profesoras Dra. Sonia Anticevic y Dra. Alicia Valdés, del Hospital Veterinario de la Universidad de Chile.

Por último, se hicieron algunas modificaciones en la interfaz gráfica, entre ellas la inclusión del escudo de la Universidad de Chile y cambios en los colores para dar un aspecto moderno y sencillo.

3.4.1. Registro del diagnóstico clínico con terminología SNOMED CT

Debido a que O3-Vet fue desarrollado para hospitales universitarios, uno de sus principales objetivos ha sido la capacidad de analizar la información almacenada en su base de datos. No existiendo otras terminologías veterinarias con las capacidad semántica de SNOMED CT, se decidió incorporar este sistema para el ingreso de los diagnósticos clínicos en la ficha clínica electrónica. Además SNOMED CT es cada vez más utilizada por distintas organizaciones de salud inclu-

yendo la VMDB en Estados Unidos, lo que permitiría el desarrollo de estudios comparativos en el futuro.

Se desarrolló una clase PHP para, en base a un ConceptID, consultar por arreglos de conceptos padres, hijos o todos los descendientes (Anexo B). Esta clase puede utilizarse tanto en una futura aplicación para el análisis de datos, de manera de consultar todos los descendientes de un concepto que se quiera analizar, como para nuevas interfaces de usuario en las que se pueda navegar a través de los conceptos. La IHTSDO recomienda el uso de un árbol de conceptos para navegar a través de la terminología, ésta es una tarea fácil de realizar con la clase, creando un arreglo de conceptos de hijos en base a cada concepto que es seleccionado.

Debido a la complejidad técnica que puede tener una implementación SNOMED CT, se hizo un primer intento de utilizar el subconjunto de términos de diagnóstico clínico AAHA Terms, traduciéndolo al español. Como en AAHA Terms un porcentaje de los términos corresponden a una extensión (no están incluidos en el núcleo de SNOMED CT), estos no pudieron ser traducidos, significando una pérdida del 34,5% de los conceptos. Las primeras pruebas funcionales demostraron que muchos conceptos utilizados comúnmente no se encontraban en esta terminología.

Se realizó un segundo subconjunto de términos en base a una consulta recursiva utilizando la clase PHP a todos los conceptos descendientes de la rama principal *Hallazgos Clínicos* (ConceptID = 404684003) obteniendo 127.405 términos, los que no son exclusivos para la medicina veterinaria.

El uso de 127 mil términos requirió el rediseño del sistema de consultas de términos, para lo que se utilizó la tecnología Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) mediante la librería jQuery permitiendo la comunicación en tiempo real entre el cliente y el servidor (Harwani, 2010).

Se incorporó un cuadro de búsqueda en el cual al introducir cada letra de una cadena de texto mayor a 3 caracteres, se genera una nueva búsqueda en la base de datos, desplegándose una lista filtrada de hallazgos clínicos (con un límite de 100 términos), los que se pueden seleccionar y agregar a la ficha clínica. Por ejemplo, al escribir “**gast**” en el cuadro de búsqueda, se genera una lista de términos, entre ellos “**desgaste** anormal del diente”, “**gastritis** eosinofílica” y “**dolor epigástrico**”. Al seleccionar el término apropiado, se ingresa automáticamente el texto en el cuadro de diagnóstico de la ficha clínica y se ingresa el ConceptID en un campo oculto, que luego es almacenado en la base de datos en conjunto con el resto de la ficha clínica. Esta técnica resultó ser fácil de implementar y eficiente para la búsqueda de términos médicos en la aplicación.

Las razas fueron seleccionadas a través de SNO-MED CT desde ancestros que corresponden a *Canis Familiaris* (ConceptID = 68014009) para perros y *Felis Silvestris* (ConceptID = 3384004) para gatos, utilizando la clase PHP, donde el tipo de relación corresponde a “*es una*”. Luego se realizó una limpieza manual para eliminar las razas duplicadas o no consideradas en la clínica.

3.5. Implementación

El software fue instalado en un servidor con el apoyo del Ing. Pablo Flores del Centro de Tecnologías de la Información de la Facultad, configurado con Ubuntu Server 10.10 como Sistema Operativo, Apache 2.2.1 como Servidor Web, PHP 5.3.3 como Lenguaje de Programación y MySQL 5.1.49 como Sistema de Gestión de Base de Datos (DBMS). Todos de código abierto bajo la licencia GNU.

La aplicación quedó disponible el día 1 de agosto de 2011 a través de la dirección <http://intrafavet.uchile.cl:8081>.

Los actores del sistema hospitalario fueron capacitados para el uso de la aplicación, sin embargo, para continuar con la implementación se debía contar con una licencia acorde al entorno productivo. La licencia utilizada para esta investigación fue de carácter personal y gratuita para investigaciones.

4. Discusión

Si bien este proyecto es un paso importante para la investigación sobre el desarrollo de sistemas de información para la clínica veterinaria, los próximos esfuerzos deberían enfocarse en el desarrollo de una aplicación de registro y gestión, como servicio en línea, que permita su uso concurrente por varias clínicas veterinarias, generando un “Data Warehouse” disponible para el análisis de datos.

La aplicación desarrollada resultó ser simple y sus funcionalidades cumplieron con los objetivos propuestos. Sin embargo, el código de O3-Vet no permitiría grandes adaptaciones, ni la escalabilidad (capacidad de crecimiento) necesaria para una implementación concurrente para distintas clínicas veterinarias. Un nuevo desarrollo, para que sea sustentable en el tiempo, debe considerar el uso de un *framework* (marco) que favorezca el desarrollo ordenado y bien documentado y con patrón MVC. Ejemplos de estos pueden ser Ruby on Rails o Struts.

El almacenamiento de datos en medicina es un problema de alta complejidad. En el software O3-Vet se generó una ficha clínica funcional pero estática. Sería imposible, por ejemplo, ingresar varios diagnósticos

clínicos por ficha (a menos que se estableciera un número estático de diagnósticos). Además las relaciones no son semánticas, por ejemplo, a parte del nombre, no hay una estructura que defina que las fechas de las distintas inmunizaciones corresponden a cada inmunización. Esto es porque, a pesar que MySQL es un Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacional (RDBMS), el esquema de datos utilizado es fijo (cada dato del formulario corresponde una columna en una tabla de la base de datos) y la información médica requiere un esquema complejo en que se definan las relaciones entre sus datos.

Una de las soluciones al almacenamiento de datos podría ser la propuesta de OpenEHR Framework (Beale, 2002; Garde *et al.*, 2007), donde la base de datos se mantiene estática y genérica para almacenar información y la estructura y relaciones que generan el formulario, la entregan documentos denominados arquetipos, que pueden incluso ser diseñados por los médicos.

Otras soluciones podrían ser:

- Utilizar un RDBMS, con esquema complejo (considerando su dificultad técnica y que sería poco sustentable en el tiempo).
- La utilización paralela al RDBMS de una base de datos orientada a documentos, en las que la estructura es más flexible (por ejemplo, MongoDB o CouchDB)
- El uso de un RDBMS que soporte el lenguaje de marcado XML para el almacenaje de los documentos (por ejemplo, PostgreSQL).
- La serialización y almacenaje de los objetos en un RDBMS tradicional (considerando que las consultas para el análisis se dificultarían por la serialización de la información médica)

A pesar que la implementación realizada de SNO-MED CT fue de baja complejidad, el uso de una terminología orientada en conceptos demostró ser una solución tanto para el ingreso de información, gracias a que permite el uso de sinonimia y libera las restricciones en el uso del lenguaje, como para el análisis de la información, ya que con un sistema sencillo como la clase PHP propuesta, se puede navegar por la jerarquía y por lo tanto, por todos los conceptos que descenden semánticamente del concepto requerido. Esto debe ser considerado en nuevos desarrollos. Sin embargo, el cómo se integra la terminología en los distintos campos de los formularios deberá ser meticulosamente estudiado.

El software queda a disposición de la Facultad de Cs. Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile

para efectuar nuevas investigaciones, o para ser implementado considerando la necesidad de recursos acordes a la implementación; la licencia SNOMED CT, el desarrollo de nuevas características y el soporte técnico.

5. Planes futuros

El Centro de Tecnologías de la Información de la Facultad de Cs. Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, se encuentra en etapa de planificación de un proyecto denominado SIV: Sistema Interconectado Veterinario, para la postulación a fondos concursables, que consiste en un sistema de gestión de la práctica médico veterinaria “en línea”. Se cuenta para esto con la facultad de mandante del Departamento de Salud Ambiental de la Subsecretaría de Salud Pública del Ministerio de Salud y relaciones con la empresa Ceres BCA, el Colegio Médico Veterinario, la Sociedad Chilena de Infectología Veterinaria (SOCHIVET) y la Università San Raffaele Roma.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales al Ing. Pablo Flores, quien colaboró en todo momento con las dificultades técnicas del proyecto, al Prof. Ing. Mauro Zaninelli, quien dispuso de su valioso trabajo para este proyecto, a las Prof. Dr. Sonia Anticevic y Dr. Alicia Valdés quienes colaboraron con la revisión de la ficha médica electrónica, al equipo del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Chile, a la Prof. Sandra de la Fuente y al equipo del Diplomado en Informática Médica de la Universidad de Chile y Universität Heidelberg, a Pia Chang, colaboró en distintas etapas, a familiares y amigos.

Referencias

- AAHA** 2010, Developing Alignment between American Animal Hospital Association (AAHA) Diagnostic Terms and SNOMED CT [consulta: 4-3-2011]. URL <http://vts1.vetmed.vt.edu/aaha/>.
- Beale, T.** 2002, Archetypes: Constraint-based domain models for future-proof information systems. In: OOPSLA 2002 workshop on behavioural semantics, Citeseer, 21, pp. 1–69, URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.147.8835&rep=rep1&type=pdf>.
- Channin, D.S.; Siegel, E.L.; Carr, C.; Sensmeier, J.** 2001, Integrating the healthcare enterprise: a primer. Part 5. The future of IHE. Radiographics : a review

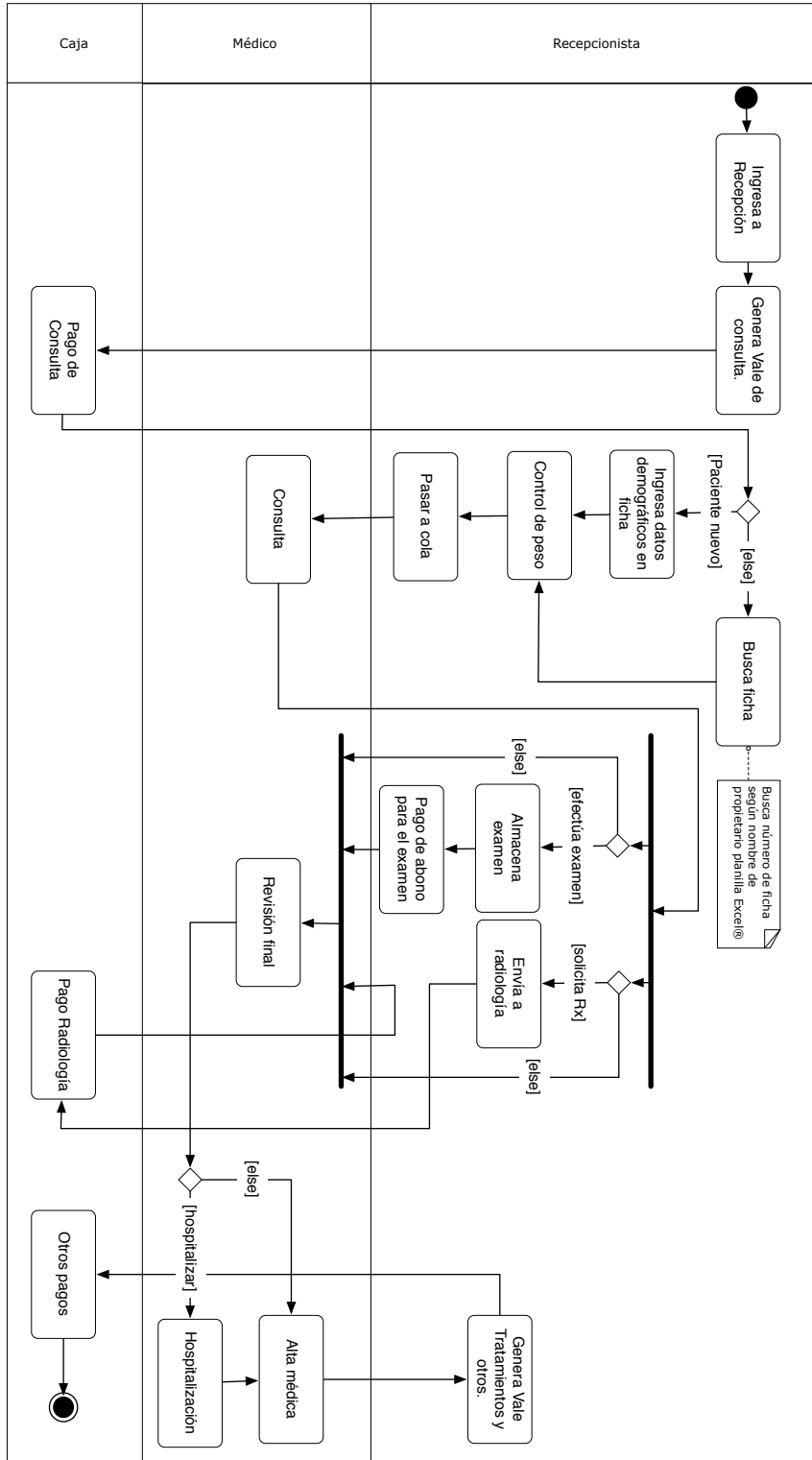
publication of the Radiological Society of North America, Inc vol. 21(6):pp. 1605–8, URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11706229>.

- Kimino, J.J.** 1998, Desiderata for Controlled Medical Vocabularies. Twenty-First Century Methods. Inf Med vol. 37:pp. 394–403.
- Garde, S.; Hovenga, E.; Buck, J.; Knaup, P.** 2007, Expressing clinical data sets with openEHR archetypes: a solid basis for ubiquitous computing. International journal of medical informatics vol. 76 Suppl 3:pp. S334–41, URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17392019>.
- Harwani, B.** 2010, jQuery Recipes. The expert’s voice in web development, Apress, 1st ed.
- IHE** 2007, Integrating the Healthcare Enterprise Technical Framework, vol. 1, Integration Profiles. HIMSS and RSNA, rev. 4 - final text ed., URL <http://www.ihe.net>.
- IHTSDO** 2009a, SNOMED Clinical Terms, Guía de Referencia Técnica. The International Health Terminology Standards Development Organisation.
- IHTSDO** 2009b, SNOMED Clinical Terms, Guía del Usuario. The International Health Terminology Standards Development Organisation.
- O3C** 2008, Open Tree Consortium Project [consulta: 17-3-2011]. URL <http://www.o3consortium.eu/>.
- OMS** 2011, Organización Mundial de la Salud. International Classification of Diseases (ICD) [consulta: 6-6-2011]. URL <http://www.who.int/classifications/icd/en/>.
- RVC** 2011, VEctAR Animal Surveillance Home [consulta: 20-8-2011]. URL <http://www.rvc.ac.uk/VEctAR/>.
- VMDB** 2006, The Veterinary Medical Data Bases [consulta: 5-6-2011]. URL <http://www.vmdb.org/vmdbinfo.html>.
- Zandstra, M.** 2010, PHP Objects, Patterns, and Practice. The expert’s voice in open source, Apress, 3rd ed.
- Zaninelli, M.; Tangorra, F.M.; Castano, S.; Ferrara, a.; Ferro, E.; Brambilla, P.G.; Faverzani, S.; Chinosi, S.; Scarpa, P.; Di Giancamillo, M.; Zani, D.; Zeponi, a.; Saccavini, C.** 2007, The O3-Vet project: a veterinary electronic patient record based on the web technology

and the ADT-IHE actor for veterinary hospitals.
Computer methods and programs in biomedicine
vol. 87(1):pp. 68–77, URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17531346>.

Anexos

A. Diagrama de Actividades UML



B. Obtención de Jerarquía de Concepto con Clase PHP

```
<?php
Class Concepto
{
    //variables de base de datos
    var $conexion;
    var $database = 'snomed';
    var $server = 'localhost';
    var $user = '####';
    var $pass = '####';

    //variables de conceptos.
    var $relationshipid = '116680003'; //relación es_una = 116680003
    var $descendientes = array();
    var $hijos = array();
    var $padres = array();
    var $i = 0; //contador hijos
    var $n = 0; //contador descendencia
    var $x = 0; //contador padres
    var $ancestro;
    var $conceptId2;

    function __construct($concept) {
        $this->ancestro = $concept;
        $this->conceptId2 = $concept;
        $this->conectar();
    }

    function conectar() {
        if(!($con = @mysql_connect($this->server, $this->user, $this->pass)) {
            echo "Error al conectar a la base de datos";
            exit();
        }
        if (@mysql_select_db($this->database, $con)) {
            echo "Error al seleccionar la base de datos";
            exit();
        }
        $this->conexion = $con;
        return true;
    }

    function hijos() {
        $consult = "SELECT CONCEPTID1 FROM Relationships WHERE
> CONCEPTID2 = $this->ancestro AND RELATIONSHIPTYPE = $this->relationshipid";
        $con = mysql_query($consult, $this->conexion);
        while ($row = mysql_fetch_row($con)) {
            print $this->i.' ' - ''.$row[0].''\n\r'';
            $this->i = $this->i+1;
            array_push($this->hijos, $row[0]);
        }
        return $this->hijos;
    }
}
```

```

function padres() {
    $consult = "SELECT CONCEPTID2 FROM Relationships WHERE
> CONCEPTID1 = $this->ancestro AND RELATIONSHIPTYPE = $this->relationshipid";
    $con = mysql_query($consult, $this->conexion);
    while ($row = mysql_fetch_row($con)) {
        print $this->x.'" - '". $row[0].'" \n\r";
        $this->x = $this->x+1;
        array_push($this->padres, $row[0]);
    }
    return $this->padres;
}

function descendencia() {
    $consult = "SELECT CONCEPTID1 FROM Relationships WHERE
> CONCEPTID2 = $this->conceptId2 AND RELATIONSHIPTYPE = '116680003'";
    $con = mysql_query($consult);
    if (isset($con)) {
        while ($row = mysql_fetch_row($con)) {
            if (!in_array($row[0], $this->descendencia)) {
                print $this->n." - ".$row[0]."\n\r";
                $this->n = $this->n+1;
                array_push($this->descendencia, $row[0]);
                $this->conceptId2 = $row[0];
                $this->descendencia();
            }
        }
    }
    return $this->descendencia;
}
}

```