

Sección II-c

Métricas de Madurez en Conceptualización de Sistemas Expertos. Casos de Estudio

M. Pollo-Cattaneo^{1,2}, Fernández^{3,2}, H. Merlino^{2,3}, D. Rodríguez³, P. Britos^{2,3}, R. García-Martínez^{2,3}¹UTN, Cátedra de Inteligencia Artificial. Facultad Regional Buenos Aires²Laboratorio de Sistemas Inteligentes. Facultad de Ingeniería. UBA³Centro de Ingeniería de Software Ingeniería del Conocimiento. Escuela de Postgrado. ITBA
Capital Federal, República Argentina

florencia@sistemas.frba.utn.edu.ar, {enfernan, hmerlino, drodrigu, pbritos, rgm}@itba.edu.ar

Resumen

La planificación juega un papel fundamental en la gestión de un proyecto, es así que para el desarrollo de sistemas expertos o sistemas basados en conocimientos, dicha actividad goza de particularidades que la hacen altamente compleja. Para planificar, se debe estimar esfuerzo humano (persona/ tiempo), costo y tiempo. Para esto se tienen métricas, que permiten obtener información y así generar conocimiento de la evolución y alcance del proyecto en el cual nos encontramos. Proceso y producto son los elementos protagonistas de estas técnicas de medición, la conceptualización es una fase que merece ser medida para así poder estimar actividades futuras, obtener información del estado de madurez de mi conocimiento sobre el dominio y sus particularidades. Este trabajo trata sobre la implementación de una métrica de madurez para sistemas expertos [1]. Las mediciones propuestas se aplican durante la fase de conceptualización dentro del desarrollo de los sistemas. Para validar la métrica propuesta se toman doce casos de estudio y se obtienen conclusiones a partir de la comparación en los valores obtenidos, respecto del estado de madurez de los sistemas en los cuales se aplica.

Palabras Claves: Métrica, Sistemas expertos, Ingeniería en Conocimiento, Inteligencia Artificial.

Abstract

Planning is very important to run a project so that to develop expert systems or knowledge based systems, that activity has certain particularities that turn it into a complex one. It has to be considered human effort (person/time) cost and time in order to plan. For this there are metrics, that enable to obtain information and to generate knowledge of the evolution and the scope of the project we are working in. Process and product are the main elements in measure techniques, conceptualization is a phase that must be measured in order to estimate future activities, to obtain information about my knowledge maturity state concerning to domain and its particularities. This article is about implementing a metric of maturity for expert systems [1]. Measurements proposed are applied during the conceptualization phase in the systems development. In order to validate the proposed metric 12 cases of study are considered and conclusions are obtained from the comparison in the obtained values, considering the condition of maturity of the systems in which it is applied.

1. Introducción

- “Las métricas son un buen medio para entender, monitorizar, controlar, predecir y probar el desarrollo software y los proyectos de mantenimiento”[2]
- En general, la medición persigue tres objetivos fundamentales [3]:
 - entender qué ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento,
 - controlar qué es lo que ocurre en nuestros proyectos,

– mejorar nuestros procesos y nuestros productos.

Para poder llegar a un buen resultado en un proyecto de software se debe comprender el escenario en donde se va a trabajar, los recursos necesarios, las actividades a llevar a cabo, el esfuerzo que se va a insumir, el plan de acción y los riesgos que se van a correr. Como se sabe, la gestión de proyectos (paralelo al ciclo de vida del software) proporciona esta información; da comienzo antes del desarrollo técnico, continúa a lo largo de la construcción y termina en forma simultánea con el fin de la vida útil del producto desarrollado.

Antes de planificar la construcción de un producto, se analizan diversas alternativas, para poder identificar las restricciones y así realizar una estimación razonable. Cuando se planifica se debe obtener una estimación del esfuerzo humano necesario (en general se mide en personas por mes), del tiempo (en instantes de tiempo) y el costo (en valor monetario). Analizar los riesgos, realizar un seguimiento y control permiten hablar de una correcta y completa gestión del proyecto. Se sabe que proceso y producto son los elementos protagonistas de las técnicas de medición, es por esto que la conceptualización es una fase que merece ser medida para así poder estimar actividades futuras, obtener información del estado de madurez de mi conocimiento sobre el dominio y sus particularidades. Medir me permite estimar y predecir, calcular y comparar, estas acciones son imprescindibles en la Ingeniería en Conocimiento (INCO). Como bien se sabe, la Base de Conocimientos es un elemento primordial en este proceso ingenieril, por lo tanto las métricas de sistemas expertos se deberían basar primordialmente en sus elementos fundamentales (conceptos, atributos, reglas, etc.)

2. Aproximación a la solución

La métrica de madurez de conceptualización en los Sistemas Expertos propuesta en [1], estudia el dominio del problema dentro del contexto del desarrollo del Sistemas Expertos, la misma posee simpleza al momento de su implementación, ya que se basa en Reglas, Conceptos, Atributos y Niveles de Descomposición. Estos elementos son fáciles de encontrar y contabilizar dentro del ámbito de desarrollo del sistema experto, también podemos afirmar que la métrica brinda información sobre: la madurez de la base de conocimientos y la complejidad del dominio.

3. Caso de estudio de aplicación de las métricas

Para la validación de resultados de la métrica propuesta se toma como casos de estudio los sistemas expertos obtenidos de los desarrollos de tesis de Magíster del Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (Tabla 1).

Tabla 1. Casos de sistemas expertos utilizados en el estudio.

ORDEN	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
1	Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo. Este sistema ayuda al usuario a	[4]

	encontrara dentro de la legislación argentina, material relativo a los accidentes de trabajo. Se consume mucho tiempo dentro de las leyes para encontrar el material correcto y es este sistema el encargado de ayudar a ahorrar tiempo en esta búsqueda.	
2	Sistema experto para la Asistencia a la toma de decisiones en Centro de Información y Control Aéreo. Este sistema da soporte a las decisiones de torres de control para aeropuertos.	[5]
3	Sistema Experto de Ayuda para la Selección del Modelo de Ciclo de Vida. El sistema asiste al Ingeniero en software en selección del ciclo de vida más adecuado para un proyecto de desarrollo en particular, colaborando en el análisis de las características más relevantes a tener en cuenta.	[6]
4	Sistema Experto Asistente de Requerimientos. Sistema experto que asiste al ingeniero en software en la descripción del problema elaborando el documento de requerimientos de un sistema software.	[7]
5	Sistema Experto para la Asistencia Respiratoria Mecánica con Respiradores de Alta Frecuencia. Sistema de asistencia en el manejo de ventiladores de alta frecuencia oscilatoria para pacientes neonatales siguiendo los pasos de la metodología IDEAL.	[8]
6	Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias y Actividades Instruccionales. Sistema que captura el "saber hacer" de diseñadores instruccionales y por lo tanto es capaz de recomendar estrategias adecuadas que faciliten el alcance de los objetivos de la instrucción por parte de los educandos, en el contexto del ambiente de aprendizaje que se trate.	[9]
7	Sistema Informático Jurídico para la Individualización y Acuerdos sobre la Pena. Legal Advisor, en adelante LEAD, es un sistema informático jurídico que tiene por objeto asistir a los operadores de la justicia— jueces, fiscales y defensores del fuero penal en el proceso	[10]

	de individualización de la pena.	
8	Sistema sobre Reclamos Concernientes a Venta Minorista. El sistema desarrollado encuentra soluciones a reclamos de clientes, evaluando el delicado equilibrio entre la satisfacción del cliente y el costo para la empresa. El sistema además brinda dos niveles diferentes de soluciones y da la justificación de cada una de ellas.	[11]
9	Sistema Generador del Mapa de Actividades de un Proyecto de Desarrollo de Software. Sistema basado en conocimientos que asiste al responsable de un proyecto de desarrollo de software, en la elaboración del mapa de actividades del mismo. El sistema permite ingresar las particularidades del proyecto, infiere el mapa de actividades sobre la base de la metodología estándar Métrica Versión 3 y lo presenta en un formato electrónico estándar.	[12]
10	Sistema de Ayuda para la Atención de Incidentes y Solicitudes de un Data Center. Sistema que asiste a un operador novato / sin experiencia a atender incidentes y solicitudes, reduciendo la curva de aprendizaje, los costos de capacitación y los originados por la comisión de errores.	[13]
11	Sistema para la evaluación del Alistamiento. Documentación de base y caso piloto para el Proyecto MARSEA – Sistema para la Evaluación del Alistamiento que se encuentra en etapa de implementación para una compañía armadora.	[14]
12	Sistema para el Análisis y Diagnóstico de Fallas Eléctricas de Transmisión. Sistema que asiste a técnicos, especialistas y operadores en la obtención del diagnóstico inmediatamente después de producida una falla eléctrica de transmisión.	[15]

A continuación se detallan los cálculos realizados en los diferentes casos propuestos. Sólo se transcriben aquellos resultados en los cuales la métrica se puede aplicar.

3.1 Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo [4]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos: 17
- Cantidad de Atributos: 81
- Cantidad de Reglas: 472
- Cantidad de Conceptos en Reglas: 7
- Cantidad de Atributos en Reglas: 50

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 2. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	17
Cantidad de Atributos	81
Cantidad de Reglas	472

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 0.41
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.62
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.04
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 4.76
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.24
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 2.17
- h. $A * \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} * B * \text{Cantidad de Conceptos}$: 586.5
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 12.6
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 34.5

3.2 Sistema experto para la Asistencia a la toma de decisiones en Centro de Información y Control Aéreo. [5]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 20
- Cantidad de Atributos 126
- Cantidad de Reglas 155
- Cantidad de Conceptos en Reglas 19
- Cantidad de Atributos en Reglas 121

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 3. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o

Cantidad de Atributos	
Cantidad de Conceptos	20
Cantidad de Atributos	126
Cantidad de Reglas	155

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 0.95
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.96
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.13
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 6.3
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla : 1.64
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 2.81
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 300
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 3.45
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 15

3.3 Sistema Experto de Ayuda para la Selección del Modelo de Ciclo de Vida [6]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 11
- Cantidad de Atributos 74
- Cantidad de Reglas 115
- Cantidad de Conceptos en Reglas 8
- Cantidad de Atributos en Reglas 70

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 4. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	11
Cantidad de Atributos	74
Cantidad de Reglas	115

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 0.73
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.95
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 7.36
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 7.36
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 2.04
- g. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 200.64
- h. Promedio de Reglas por cada Atributo: 3.2
- i. Promedio de Reglas por cada Concepto: 18.24

3.4 Sistema Experto Asistente de Requerimientos [7]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 7
- Cantidad de Atributos 29
- Cantidad de Reglas 40
- Cantidad de Conceptos en Reglas 5
- Cantidad de Atributos en Reglas 25

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 5. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	7
Cantidad de Atributos	29
Cantidad de Reglas	40

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 0.71
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.86
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.18
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 4.14
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.4
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 1.87
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 91
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 3.66
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 13

3.5 Sistema Experto para la Asistencia Respiratoria Mecánica con Respiradores de Alta Frecuencia [8]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 5
- Cantidad de Atributos 30
- Cantidad de Reglas 43
- Cantidad de Conceptos en Reglas 5
- Cantidad de Atributos en Reglas 28

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 6. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	5
Cantidad de Atributos	30
Cantidad de Reglas	43

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.93
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.12
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 6
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.97
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 3.87
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 48
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 3.11
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 9.6

3.6 Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias y Actividades Instruccionales [9]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 22
- Cantidad de Atributos 142
- Cantidad de Reglas 138
- Cantidad de Conceptos en Reglas 22
- Cantidad de Atributos en Reglas 96

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 7. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	22
Cantidad de Atributos	142
Cantidad de Reglas	138

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.68
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.16
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 6.45
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.8
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 3.25
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 162.8
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 2.5

- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 7.4

3.7 Sistema Informático Jurídico para la Individualización y Acuerdos sobre la Pena [10]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 11
- Cantidad de Atributos 36
- Cantidad de Reglas 22
- Cantidad de Conceptos en Reglas 9
- Cantidad de Atributos en Reglas 32

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 8. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	11
Cantidad de Atributos	36
Cantidad de Reglas	22

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 0.82
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.89
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.5
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 3.27
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 2.02
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 2.49
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 80.74
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 2.41
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 7.34

3.8 Sistema sobre Reclamos Concernientes a Venta Minorista [11]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 6
- Cantidad de Atributos 35
- Cantidad de Reglas 66
- Cantidad de Conceptos en Reglas 6
- Cantidad de Atributos en Reglas 30

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 9. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	6
Cantidad de Atributos	35
Cantidad de Reglas	66

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.86
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.99
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 5.83
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.43
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 3.51
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 108
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 7.25
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 18

3.9 Sistema Generador del Mapa de Actividades de un Proyecto de Desarrollo de Software [12]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 3
- Cantidad de Atributos 152
- Cantidad de Reglas 181
- Cantidad de Conceptos en Reglas 3
- Cantidad de Atributos en Reglas 149

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 10. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	3
Cantidad de Atributos	152
Cantidad de Reglas	181

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.98
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.02
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 50.67
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.95
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 2.85

- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 61.5
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 11.2
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 20.5

3.10 Sistema de Ayuda para la Atención de Incidentes y Solicitudes de un Data Center [13]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 10
- Cantidad de Atributos 54
- Cantidad de Reglas 19
- Cantidad de Conceptos en Reglas 10
- Cantidad de Atributos en Reglas 46

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 11. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	10
Cantidad de Atributos	54
Cantidad de Reglas	19

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
- c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.85
- d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.53
- e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 5.4
- f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.7
- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 3.6
- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 236.6
- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 10.5
- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 23.66

3.11 Sistema para la evaluación del Alistamiento [14]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 24
- Cantidad de Atributos 27
- Cantidad de Reglas 71
- Cantidad de Conceptos en Reglas 24
- Cantidad de Atributos en Reglas 19

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 12. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	24
Cantidad de Atributos	27
Cantidad de Reglas	71

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
 c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.7
 d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.34
 e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 1.13
 f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.61
 g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 3.43
 h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 134.4
 i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 2.1
 j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 5.6

3.12 Sistema para el Análisis y Diagnóstico de Fallas Eléctricas de Transmisión [15]

Para el siguiente sistema en donde:

- Cantidad de Conceptos 7
- Cantidad de Atributos 60
- Cantidad de Reglas 174
- Cantidad de Conceptos en Reglas 7
- Cantidad de Atributos en Reglas 54

Se presentan, a continuación, las métricas que pueden aplicarse con sus valores correspondientes:

- a. Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Tabla 17. Resultados parciales: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas o Cantidad de Atributos

Cantidad de Conceptos	7
Cantidad de Atributos	60
Cantidad de Reglas	174

- b. Cantidad de Conceptos en Reglas / Cantidad de Conceptos: 1
 c. Cantidad de Atributos en Reglas / Cantidad de Atributos: 0.9
 d. Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas: 0.04
 e. Promedio de la Cantidad de Atributos por Concepto: 8.57
 f. Promedio de la Cantidad de Conceptos incluidos en cada regla: 1.5

- g. Promedio de la Cantidad de Atributos incluidos en cada regla: 3.9

- h. $A \cdot \text{Promedio de Conceptos por cada Atributo} \cdot B \cdot \text{Cantidad de Conceptos}$: 61.25

- i. Promedio de Reglas por cada Atributo: 6.6

- j. Promedio de Reglas por cada Concepto: 8.75

3.13 Completando con otras medidas

En general, la medición se aplica para establecer un control de lo que ocurre en un proyecto y poder mejorar nuestros procesos y nuestros productos. En lo que respecta al esfuerzo se puede identificar: el esfuerzo del recurso humano, el esfuerzo desde el punto de vista técnico y el esfuerzo en relación a la duración de los proyectos.

Desde el recurso humano, los proyectos estudiados en los puntos anteriores se corresponden con tesis de Magíster, con lo cual se han involucrados los tesisistas a lo largo de su trabajo. Desde el punto de vista técnico, podemos decir que es mínimo, alguna computadora basta para poder implementar los prototipos. Y, el tiempo sí es identificado como un elemento diferenciador de los proyectos. A continuación presentamos los proyectos y su duración.

Tabla 18. Casos de sistemas expertos utilizados en el estudio y su tiempo de duración.

ORDEN	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (EN MESES)
1	Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo.	17
2	Sistema experto para la Asistencia a la toma de decisiones en Centro de Información y Control Aéreo.	12
3	Sistema Experto de Ayuda para la Selección del Modelo de Ciclo de Vida.	17
4	Sistema Experto Asistente de Requerimientos.	24
5	Sistema Experto para la Asistencia Respiratoria Mecánica con Respiradores de Alta Frecuencia.	12
6	Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias y Actividades Instruccionales.	24
7	Sistema Informático Jurídico para la Individualización y Acuerdos sobre la Pena.	36
8	Sistema sobre Reclamos Concernientes a Venta Minorista.	12
9	Sistema Generador del Mapa de Actividades de un Proyecto de Desarrollo de Software.	36
10	Sistema de Ayuda para la Atención de Incidentes y Solicitudes de un Data Center.	36

11	Sistema para la evaluación del Alistamiento.	12
12	Sistema para el Análisis y Diagnóstico de Fallas Eléctricas de Transmisión.	36

4. Conclusiones

El objetivo de validar la métrica propuesta [1] con un conjunto de casos variados presentados anteriormente, permite obtener conclusiones respecto de la complejidad de los diversos dominios de aplicación. Podemos concluir que el sistema 1 (“Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo”, [4]), posee un dominio complejo, en donde no tenemos gran cantidad de conceptos por regla, pero cada concepto definido participa en un gran número de reglas. Lo mismo sucede con sus atributos. Los sistemas 6, 7 y 10 (“Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias y Actividades Instruccionales” [9]; “Sistema Informático Jurídico para la Individualización y Acuerdos sobre la Pena”, [10] y “Sistema de Ayuda para la Atención de Incidentes y Solicitudes de un Data Center” [13], respectivamente), poseen más cantidad de atributos que reglas. Esta proporción los pone en desventaja del resto al momento de relacionar atributos y reglas. Es importante dar una lectura a todas las métricas, ya que brindan una perspectiva diferente de cada dominio en particular. El sistema 9 (“Sistema Generador del Mapa de Actividades de un Proyecto de Desarrollo de Software” [12]), a pesar de poseer pocos conceptos, lo cual podrían hacer pensar de su simpleza, ésta se revierte en los cálculos siguientes. Es interesante observar cómo la proporción entre la cantidad de conceptos, atributos y reglas entre sí impactan en los diferentes cálculos. De todas formas podemos establecer que a partir de considerar estas mediciones, el Ingeniero en Conocimiento, puede alertarse de posibles omisiones o errores de definición dentro del dominio de conceptos, atributos y reglas. Las duraciones de los proyectos son diversas aunque se llegan a triplicar, podemos observar que los que poseen menor duración (establecida en 12 meses) llegan ser triplicados por los que duraron hasta 36 meses. De todas formas estas medidas son relativas en cuanto a la complejidad ya que puede hablar de tesis más experimentados, lo cual redundaría en proyectos de menor duración.

Como línea futura de trabajo se considera necesario obtener los resultados de las métricas durante el desarrollo de un sistema experto y así poder analizar y observar la evolución de los valores que se obtienen a lo largo del proyecto. Además se considera importante poder aplicar los cálculos de la métrica en sistemas expertos que manejen árboles de

decisión en su desarrollo (Propuesta - NRO PROMEDIO DE NIVELES EN UN ÁRBOL DE DECISIÓN; A^* (NRO PROMEDIO DE ATRIBUTOS EN LA REGLA) + B^* (NRO DE REGLAS) + C^* (NRO PROMEDIO DE NIVELES DE DESCOMPOSICIÓN y PARA TODOS LOS NIVELES (NÚMERO DE DECISIONES EN EL NIVEL i^*i) / NÚMERO TOTAL DE DECISIONES [1]).

5. Referencias

- [1] Hauge, O., Britos, P., García-Martínez, 2006. *Conceptualization Maturity Metrics for Expert Systems*. IFIP International Federation for Information Processing, Volume 217, ed. M. Bramer, (Boston: Springer), pp. 435-444.
- [2] Briand L.C. , Daly J.W. & Wüst J. 1996 “*A Unified Framework for Cohesion Measurement in Object-Oriented Systems*”. *Empirical Software Engineering*, 3, 65-117 1998.
- [3] Fenton E., Pfleeger, S.L. 1997 “*Software Metrics. A Rigorous and Practical Approach. Second edition*”. International Thompson Computer Press, 1997.
- [4] Britos, P. 2001. *Sistema de Ayuda sobre Legislación Argentina en Riesgos de Trabajo*. Tesis de Master en Ingeniería del Conocimiento. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid.
- [5] Ierache, J. 2002. *Sistema Experto para la Asistencia a la Toma de Decisiones en Centro de Información y Control Aéreo*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.
- [6] Rossi, B. 2001. *Sistema Experto de Ayuda para la Selección del Modelo de Ciclo de Vida*. Tesis de Master en Ingeniería del Conocimiento. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid.
- [7] Rizzi, M. 2001. *Sistema Experto Asistente de Requerimientos*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- [8] Bermejo, F. 2002. *Sistema Experto para la Asistencia Respiratoria Mecánica con Respiradores de Alta Frecuencia*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA
- [9] Hossian, A. 2003. *Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias y Actividades Instruccionales*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.
- [10] Gómez, S. 2003. *Sistema Informático Jurídico para la Individualización y Acuerdos sobre la Pena*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro

de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.

[11] Cao, J. 2003. *Sistema sobre Reclamos Concernientes a Venta Minorista*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.

[12] Diez, E. 2003. *Sistema Generador del Mapa de Actividades de un Proyecto de Desarrollo de Software*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.

[13] Di Girolamo, C. 2004. *Sistema de Ayuda para la Atención de Incidentes y Solicitudes de un Data*

Center. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.

[14] Rancán, C. 2004. *Sistema para la evaluación del Alistamiento*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.

[15] Degl'Innocenti, A. 2004. *Sistema para el Análisis y Diagnóstico de Fallas en Líneas Eléctricas de Transmisión*. Tesis de Magister en Ingeniería del Software. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. ITBA.