



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico

Tesis de Doctorado

Determinación de Servicios Web de Aprendizaje
con base en un Modelo de Procesos

presentada por

M.C. Vitervo López Caballero

como requisito para la obtención del grado de
Doctor en Ciencias de la Computación

Directora de tesis

Dra. Olivia Graciela Fragoso Díaz

Cuernavaca, Morelos, México. diciembre de 2021.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Departamento De Ciencias Computacionales

ESC\FORDOC09

Cuernavaca, Morelos, 29/octubre/2021

ASUNTO: ACEPTACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS DOCTORAL

DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS COMPUTACIONALES
PRESENTE

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial de la Tesis Doctoral del alumno **M.C. Vitervo López Caballero** manifiestan que después de haber revisado su trabajo de tesis doctoral titulado **"Determinación de servicios WEB de aprendizaje con base en modelos de procesos"**, realizado bajo la dirección de la **Dra. Olivia Graciela Fragosó Díaz**, el trabajo se **ACEPTA** para proceder a su impresión.

ATENTAMENTE
"Excelencia en Educación Tecnológica®"
"Educación Tecnológica al Servicio de México"

DRA. OLIVIA GRACIELA FRAGOSÓ DÍAZ
CENIDET

DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
CENIDET

DR. JUAN CARLOS ROJAS PÉREZ
CENIDET

DR. RENÉ SANTAOLAYA SALGADO
CENIDET

DR. MIGUEL PÉREZ RAMÍREZ
INEEL

RECEBIDO
24 DIC 2021
S.E.P. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

C.c.p.: M.E. Guadalupe Garrido Rivera / Jefa del Depto. de Servicios Escolares
Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza / Subdirector Académico
Expediente

cenidet



Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira,
C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos

Tel. (01) 777 3 62 77 70, ext. 4201,

e-mail: dcc@cenidet.tecnm.mx

www.tecnm.mx | www.cenidet.tecnm.mx





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Departamento De Ciencias Computacionales

ESC\FORDOC010

Cuernavaca, Morelos, **24/noviembre/2021**

M.C. VITERVO LÓPEZ CABALLERO
CANDIDATO AL GRADO DE DOCTOR
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
PRESENTE

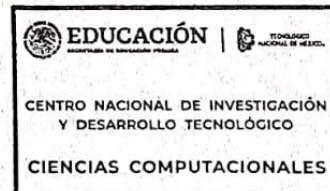
Después de haber sometido a revisión su trabajo final de tesis titulado "DETERMINACIÓN DE SERVICIOS WEB DE APRENDIZAJE CON BASE EN MODELOS DE PROCESOS", y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el jurado revisor de tesis le hizo, le comunico que se le concede autorización para que proceda a la impresión de la misma, como requisito para la obtención del grado.

Reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Excelencia en Educación Tecnológica"
"Educación Tecnológica al Servicio de México"

DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS COMPUTACIONALES



C.p.p. Archivo
JGGS/ibm

cenidet
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico



Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira,
C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos

Tel. (01) 777 3 62 77 70, ext. 3201,

e-mail: dcc@cenidet.tecnm.mx

www.tecnm.mx | www.cenidet.tecnm.mx



Dedicatoria

A Dios, por dejarme cumplir este sueño tan anhelado y guiar mi vida por buenos pasos, a pesar de los obstáculos.

A mi padre Pedro López García[‡], porque sé que donde quiera que estés me estás cuidando y guiando por los pasos correctos.

A mi madre Juana Caballero Vásquez, por su inagotable amor, sus consejos, por apoyarme siempre en mis decisiones y enseñarme a ser una persona humilde.

A mi hijo Mateo y a Lucía, por ser mi inspiración para seguir adelante.

A toda mi familia, por todo el apoyo brindado desde que decidí dedicarme a prepararme profesionalmente y sobre todo por creer en mí.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme el apoyo económico durante mis estudios de maestría y doctorado.

Al Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, por darme la oportunidad de realizar mis estudios y al personal que labora en él, por todas sus atenciones.

Mi más profundo agradecimiento a mi directora de tesis, la Dra. Olivia Graciela Fragoso Díaz, por guiarme generosamente en esta etapa de mi formación profesional y por su valiosa y oportuna opinión científica.

Mi más profundo agradecimiento a la Dra. Olivia y al Dr. René, porque los he observado durante 4 años de mi estancia en CENIDET y he aprendido mucho de ustedes como personas y como investigadores. Son personas que admiro mucho y los considero como un modelo a seguir en esta nueva etapa de mi vida.

Al Dr. Juan Gabriel González Serna, por sus preguntas valiosas en los seminarios, que hicieron que esta investigación adquiriera una mejor dirección.

A los profesores que formaron parte de mi comité revisor: Dr. René Santaolaya Salgado, Dr. Juan Gabriel González Serna, Dr. Moisés González García, Dr. Miguel Pérez Ramírez y Dr. Juan Carlos Rojas Pérez, por su valioso aporte al desarrollo y conclusión de esta tesis y por su opinión científica.

A Ted, por brindarme su amistad y sobre todo por su apoyo económico en mis temporadas de escases, espero compensarte algún día.

A don Marco y a Ramiro Mar, por su gran compañerismo y apoyo moral.

Resumen

El problema que aborda esta investigación consiste en que cuando se implementa E-learning en el lugar de trabajo los recursos de aprendizaje que se utilizan no están alineados con los procesos reales que los empleados y/o aprendices llevan a cabo en su lugar de trabajo, lo cual origina que no se logren los objetivos de aprendizaje. Para solventar dicha problemática, esta tesis doctoral aporta una estrategia que permite generar recursos de aprendizaje relevantes a partir de la descripción de las tareas de un proceso de negocio. La aportación de esta investigación se logra con el desarrollo de 3 actividades genéricas que son: identificación del proceso de negocio, la identificación del recurso de aprendizaje y el empaquetado de los recursos de aprendizaje como servicios Web.

Para lograr la solución propuesta en esta tesis, primero fue necesario formalizar la definición de un proceso de negocio e identificar sus elementos, y es a partir de esta fuente de información que inicia la propuesta de solución. Posteriormente, se propone una definición del concepto de relevancia de un recurso de aprendizaje, el cual en el contexto de esta tesis se define como: “un recurso de aprendizaje es relevante para aprender una tarea de un proceso organizacional si y sólo si el recurso contiene o hace referencia a elementos descritos en la descripción de la tarea”. Una vez que se define lo que se desea medir, se identifican los atributos y se definen métricas que determinan si los recursos de aprendizaje son o no relevantes basándose en la definición propuesta.

Para validar la propuesta de solución, se presenta un caso de estudio tomando como muestra un proceso de negocio real del dominio de Ingeniería de Software y se generan 56 casos de prueba. Los 56 recursos de aprendizaje generados están agrupados en secuencias de aprendizaje simples, es decir, están formadas por un objetivo de aprendizaje, un contenido de aprendizaje, una actividad de aprendizaje y una evaluación de aprendizaje.

Así mismo, para facilitar el proceso de generación de los recursos de aprendizaje a partir de la fuente de información, se desarrolla una herramienta que permite automatizar la generación de los cuatro tipos de recursos de aprendizaje, dicha herramienta utiliza técnicas del procesamiento del lenguaje natural a través del uso del Toolkit Stanford NLP.

Abstract

The problem that this research addresses is that when E-learning is implemented in the workplace, the learning resources that are used are not aligned with the real processes that employees and / or trainees carry out in their workplace, which results in the learning objectives not being achieved. To solve this problem, this doctoral thesis provides a strategy that allows to generate relevant learning resources from the description of the tasks of a business process. The contribution of this research is achieved with the development of 3 generic activities: identification of the business process, identification of the learning resource and the packaging of learning resources as Web services.

To achieve the solution proposed in this thesis, it was first necessary to formalize the definition of a business process and identify its elements and it is from this source of information that the solution proposal begins. Subsequently, a definition of the concept of relevance of a learning resource is proposed, which in the context of this thesis is defined as: “a learning resource is relevant to learn a task of an organizational process if and only if the resource contains or refers to elements described in the task description”. Once we define what we want to measure, the attributes are identified and metrics are defined which determine whether or not the learning resources are relevant in the proposed definition.

To validate the solution proposal, a case study is presented taking as sample a real business process from the Software Engineering domain and 56 test cases are generated. The 56 learning resources generated are grouped into simple learning sequences, i.e., they consist of a learning objective, a learning content, a learning activity, and a learning assessment.

Likewise, to facilitate the process of generating learning resources from the source of information, a tool is developed that allows to automate the generation of the four types of learning resources, this tool uses natural language processing techniques through the use of the Stanford NLP Toolkit.

Tabla de contenidos	Pág.
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 <i>General</i>	3
1.3.2 <i>Específicos</i>	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	4
1.5.1 <i>Alcances</i>	4
1.5.2 <i>Limitaciones</i>	5
1.6 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	5
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1 MARCO CONCEPTUAL	6
2.1.1 <i>Proceso de negocio</i>	6
2.1.2 <i>E-learning</i>	7
2.1.3 <i>E-learning en el lugar de trabajo</i>	7
2.1.4 <i>Recursos de aprendizaje</i>	7
2.1.5 <i>Servicios Web de Aprendizaje (SWA)</i>	8
2.1.6 <i>Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP)</i>	9
2.1.7 <i>Toolkit Stanford CoreNLP</i>	10
2.1.8 <i>Relevancia</i>	10
2.1.9 <i>Relevancia de un recurso de aprendizaje</i>	10
2.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA	11
2.2.1 <i>Planear la revisión</i>	11
2.2.2 <i>Ejecutar la revisión</i>	12
2.2.3 <i>Reportar la revisión</i>	14
2.3 DISCUSIÓN	24
CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN FORMAL DE PROCESO Y MÉTRICAS.....	25
3.1 DEFINICIÓN FORMAL DE UN PROCESO DE NEGOCIO	25
3.2 MÉTRICAS PARA LOS RECURSOS DE APRENDIZAJE.....	31
3.2.1 <i>Definición del objeto a medir</i>	31
3.2.2 <i>Métrica para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo</i>	32
3.2.3 <i>Métrica para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido</i>	34
3.2.4 <i>Métrica para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación</i> 38	
3.3 DISCUSIÓN	41
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	43
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	43
4.1.1 <i>Identificación del proceso de negocio</i>	44
4.1.2 <i>Identificación del recurso de aprendizaje</i>	44
4.1.3 <i>Empacar el recurso de aprendizaje como servicio Web</i>	46
4.2 DISCUSIÓN	46
CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO Y CASOS DE PRUEBA.....	48
5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE NEGOCIO	48

TABLA DE CONTENIDOS

5.2	IDENTIFICACIÓN DEL RECURSO DE APRENDIZAJE.....	50
5.2.1	<i>Cargar documento de proceso de negocio.....</i>	50
5.2.2	<i>Extracción de información</i>	51
5.2.3	<i>Segmentación de tareas y etiquetado PoS.....</i>	51
5.2.4	<i>Generación de recurso de aprendizaje de tipo objetivo.....</i>	53
5.2.5	<i>Generación de recurso de aprendizaje de tipo contenido.....</i>	55
5.2.6	<i>Generación de recursos de aprendizaje de tipo actividad</i>	56
5.2.7	<i>Generación de recursos de aprendizaje de tipo evaluación.....</i>	58
5.3	EMPACAR EL RECURSO DE APRENDIZAJE COMO SERVICIO WEB	59
5.4	CASOS DE PRUEBA.....	60
5.4.1	<i>Caso de prueba_1</i>	61
5.4.2	<i>Caso de prueba_2</i>	69
5.5	DISCUSIÓN	77
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....		79
6.1	TRABAJOS FUTUROS	80
6.2	PUBLICACIONES.....	81
REFERENCIAS.....		82
ANEXOS.....		87
8.1	ANEXO A	87

Lista de Figuras

FIGURA 1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
FIGURA 2.1. DEFINICIÓN DE UN SWA.....	8
FIGURA 2.2. PROTOCOLO UTILIZADO PARA LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	11
FIGURA 2.3. CLASIFICACIÓN DE ESTUDIOS PRIMARIOS POR BASE DE DATOS.....	15
FIGURA 2.4. ESTUDIOS PRIMARIOS AGRUPADOS POR AÑO DE PUBLICACIÓN.....	15
FIGURA 2.5. DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIOS AGRUPADOS POR ENFOQUE.....	17
FIGURA 3.1. EJEMPLO QUE REPRESENTA LA RELACIÓN TAREA – OBJETIVO DE APRENDIZAJE.....	29
FIGURA 3.2. IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LA DESCRIPCIÓN DE LA TAREA.....	30
FIGURA 3.3. PASOS PARA CREAR LAS MÉTRICAS.....	31
FIGURA 3.4. DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS Y PESOS PARA MEDIR LA RELEVANCIA DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO OBJETIVO.....	32
FIGURA 3.5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA MÉTRICA PARA UN OBJETIVO DE APRENDIZAJE DE UNA TAREA DEL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS.....	34
FIGURA 3.6. DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS Y ASIGNACIÓN DE PESOS PARA MEDIR LA RELEVANCIA DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO CONTENIDO.....	35
FIGURA 3.7. EXTRACTO DE UN CONTENIDO DE APRENDIZAJE.....	37
FIGURA 3.8. DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS Y ASIGNACIÓN DE PESOS PARA MEDIR LA RELEVANCIA DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO ACTIVIDAD Y DE TIPO EVALUACIÓN.....	38
FIGURA 3.9. EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO ACTIVIDAD.....	40
FIGURA 3.10. EJEMPLO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO EVALUACIÓN.....	41
FIGURA 4.1. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	44
FIGURA 4.2. ACTIVIDADES PARA IDENTIFICAR EL RECURSO DE APRENDIZAJE.....	45
FIGURA 5.1. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS EN EL NIVEL DE CAPACIDAD 1.....	49
FIGURA 5.2. MÓDULO DE CARGA DEL PROCESO DE NEGOCIO DE INTERÉS.....	51
FIGURA 5.3. MÓDULO DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN.....	51
FIGURA 5.4. EJEMPLO DE TOKENIZACIÓN, ETIQUETADO PoS E IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA FORMULAR UN OBJETIVO DE APRENDIZAJE.....	52
FIGURA 5.5. MÓDULO DE TOKENIZACIÓN Y ETIQUETADO PoS.....	52
FIGURA 5.6. RESULTADO DE TOKENIZAR Y ETIQUETAR UNA TAREA EN ESPECIFICA.....	53
FIGURA 5.7. GUI PARA GENERACIÓN DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE.....	54
FIGURA 5.8. GENERACIÓN DE RECURSOS DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LA DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS.....	54
FIGURA 5.9. EJEMPLO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO OBJETIVO.....	55
FIGURA 5.10. MÓDULO DE CARGA DE CONTENIDOS DE APRENDIZAJE.....	55
FIGURA 5.11. EXTRACTO DE UN CONTENIDO DE APRENDIZAJE.....	56
FIGURA 5.12. FLUJO PARA GENERAR ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.....	57
FIGURA 5.13. MÓDULO DE GENERACIÓN DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.....	57
FIGURA 5.14. EJEMPLO DE UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO ACTIVIDAD.....	58
FIGURA 5.15. MÓDULO PARA GENERAR LAS EVALUACIONES.....	59
FIGURA 5.16. EJEMPLO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO EVALUACIÓN.....	59
FIGURA 5.17. PATRÓN DE DISEÑO ESTRATEGIA PARA GENERAR LOS SERVICIOS WEB.....	60
FIGURA 5.18. MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA GENERACIÓN DE LOS SERVICIOS WEB.....	60
FIGURA 5.19. RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO OBJETIVO_c1.....	62
FIGURA 5.20. RELEVANCIA DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO OBJETIVO_c1.....	63
FIGURA 5.21. EXTRACTO DEL CONTENIDO DE APRENDIZAJE QUE REPRESENTA AL OBJETO DIRECTO “PROJECT DESCRIPTION”_c1.....	64
FIGURA 5.22. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO CONTENIDO_c1.....	65
FIGURA 5.23. EXTRACTO DE UNA ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE_c1.....	66
FIGURA 5.24. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO ACTIVIDAD_c1.....	67
FIGURA 5.25. RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO EVALUACIÓN_c1.....	68

FIGURA 5.26. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO EVALUACIÓN_c1. .. 69

FIGURA 5.27. RECURSOS DE APRENDIZAJE DE TIPO OBJETIVO_c2..... 71

FIGURA 5.28. RELEVANCIA DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO OBJETIVO_c2..... 72

FIGURA 5.29. EXTRACTO DEL CONTENIDO DE APRENDIZAJE QUE REPRESENTA AL OBJETO DIRECTO “PROJECT PLAN”_c2..... 73

FIGURA 5.30. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO CONTENIDO_c2..... 74

FIGURA 5.31. EXTRACTO DE UNA ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE_c2. 75

FIGURA 5.32. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO ACTIVIDAD_c2. 76

FIGURA 5.33. RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO EVALUACIÓN_c2..... 76

FIGURA 5.34. IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UN EXTRACTO DE UN RECURSO DE APRENDIZAJE DE TIPO EVALUACIÓN_c2. .. 77

Lista de Tablas

TABLA 2-1. CADENAS DE BÚSQUEDAS. 12

TABLA 2-2. SELECCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS. 13

TABLA 2-3. FORMULARIO DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN UTILIZADO..... 13

TABLA 3-1. SÍMBOLOS QUE FORMAN AL ALFABETO UTILIZADO PARA LA DEFINICIÓN FORMAL. 25

TABLA 5-1. ACTIVIDADES, TAREAS Y ROLES IDENTIFICADOS. 49

TABLA 5-2. CASO DE PRUEBA_01..... 61

TABLA 5-3. CASO DE PRUEBA 02..... 69

Capítulo 1

Introducción

Actualmente estamos viviendo en una era digital, en donde las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) adquieren un rol muy importante en todos los dominios. Un campo de suma importancia que no es la excepción, es la educación. En la educación las TIC se han aplicado para potenciar la forma en que se gestiona, crea y distribuyen los recursos de aprendizaje. A esta forma de impartir el conocimiento se le conoce como aprendizaje electrónico o E-learning. E-learning, surge como una alternativa a la educación tradicional proponiendo ventajas como son: facilidad de acceso, flexibilidad, eficiencia en la entrega, aprendizaje autodirigido, gestión del conocimiento, rentabilidad, entre otras. Al ser E-learning un método de aprendizaje que rompe esas barreras geográficas de lugar y tiempo, varias empresas han apostado por implementarlo para propósitos de capacitación, adoptando el nombre de E-learning en el lugar de trabajo (E-learning in the Workplace). E-learning en el lugar de trabajo, se define como el uso de las TIC para mejorar y/o apoyar las actividades de aprendizaje realizadas en contextos laborales, con el propósito de mejorar el desempeño individual y organizacional [1]. Para implementar E-learning refiriéndose a la parte tecnológica, se requieren dos cosas, por un lado, la materia prima que son los recursos de aprendizaje y, por otro lado, el medio para gestionar y transmitir dichos recursos de aprendizaje que son las plataformas de aprendizaje. Esta tesis doctoral, se enfoca en proponer una forma innovadora en la generación de los recursos de aprendizaje relevantes, debido a que es frecuente que cuando se implementa E-learning en el lugar de trabajo, los recursos de aprendizaje no están alineados con los procesos que los empleados llevan a cabo en su lugar de trabajo, lo cual origina que no se logren los objetivos de aprendizaje. Para limitar esta problemática, se propone como alternativa de solución generar los recursos de aprendizaje a partir de la descripción del nivel más específico del proceso de negocio y de esta manera generar recursos de aprendizaje con valor o relevantes. En el contexto de esta investigación, un recurso de aprendizaje es relevante para aprender una tarea de un proceso organizacional sí y sólo sí el recurso contiene o hace referencia a elementos descritos en la descripción de la tarea. Para medir la relevancia de los recursos de aprendizaje se definen métricas que determinan si el recurso es o no relevante de acuerdo a la definición propuesta del concepto de relevancia. Así mismo, se propone la formalización de un modelo de procesos de negocio debido a que ésta es la fuente requerida para iniciar la propuesta de solución. Adicionalmente, se desarrolló una herramienta que permite la generación automática de los recursos de aprendizaje la cual se apoya de técnicas del procesamiento del lenguaje natural a través del uso del Toolkit Stanford NLP.

1.1 Antecedentes de la investigación

En el área de Ingeniería de Software del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) se han propuesto varias tesis tanto de maestría como de doctorado que abordan la parte de la generación y medición de la calidad de los recursos de aprendizaje en forma de servicios Web. Sin embargo, a diferencia de estas investigaciones, esta tesis genera recursos de aprendizaje en forma de servicios Web a partir de un proceso de negocio. Para lograrlo se utilizan técnicas del Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) con el propósito de obtener recursos de aprendizaje con valor o relevantes. En la Figura 1.1, se observa el orden cronológico de cómo fueron desarrollándose las tesis propuestas en [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] y [10] relacionadas al contexto de esta investigación. De las tesis mostradas en la Figura 1.1, la que mayor relación tiene con el contexto de esta investigación es la propuesta en [10], debido a que su idea es tomar como fuente de información el proceso de negocio para generar los recursos de aprendizaje. Sin embargo, su propuesta es analizar descriptores de dominio en las tareas y con base en esos descriptores la autora genera los recursos de aprendizaje de manera manual y los empaca de manera automática como servicios Web.

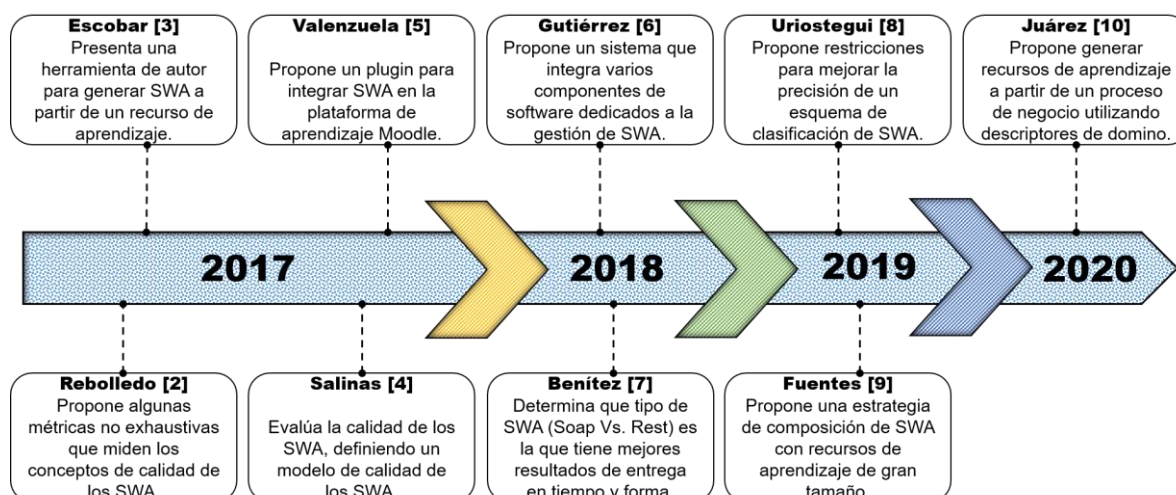


Figura 1.1. Antecedentes de la investigación.

1.2 Descripción del problema de investigación

Wang [1], reporta una variedad de barreras o causas que limitan el éxito del E-learning cuando este método se implementa tanto en lo académico como en el lugar de trabajo. Estas barreras originan que las personas en capacitación no se involucren en el uso de E-learning para lograr los resultados de aprendizaje deseados o simplemente originan que los aprendices terminen por no aceptar al método de aprendizaje E-learning para adquirir las competencias deseadas. Estas barreras son las que a continuación se describen:

- La primera barrera consiste en que cuando se implementa E-learning es común que se utilicen aplicaciones estáticas y no interactivas, que simplemente se adquieren para la entrega de los recursos de aprendizaje como normalmente se hace, lo que origina que los aprendices se resistan al uso de programas de aprendizaje de E-learning.
- La segunda barrera, tiene que ver con que muchos programas de E-learning no están alineados con los objetivos y los resultados de las empresas, es decir, existen muchos programas creados por vendedores los cuales suelen ser genéricos e irrelevantes para los aprendices, lo que origina que no se logren los objetivos de aprendizaje.
- La tercera barrera, está relacionada en que muchas organizaciones introducen E-learning sin un entorno o cultura apropiada para apoyar el aprendizaje.
- Finalmente, la quinta barrera tiene que ver con la evaluación y retroalimentación, que a menudo son ignoradas y no se les da el seguimiento apropiado cuando se implementa E-learning.

En específico esta tesis, aborda una de esas barreras o causas y se presenta como el problema a limitar que consiste en lo siguiente: es frecuente que cuando se implementa E-learning en el lugar de trabajo los recursos de aprendizaje empleados no tienen que ver con los procesos que los empleados realizan, es decir, los recursos de aprendizaje no relacionan a las tareas reales que los empleados llevan a cabo en su lugar de trabajo, originando que los empleados obtengan un aprendizaje no deseado o irrelevante para lo que realmente necesitan aprender para llevar a cabo sus tareas reales.

1.3 Objetivos

1.3.1 *General*

- Proponer una estrategia o una forma para generar recursos de aprendizaje relevantes en forma de servicios Web a partir de un proceso de negocio organizacional.

1.3.2 *Específicos*

- Definir de manera formal un proceso de negocio con base en las diferentes definiciones propuestas en la literatura, ya que un proceso de negocio captura las actividades que una organización debe realizar para lograr un objetivo en particular.
- Generar un conjunto de recursos de aprendizaje como casos de prueba que relacionen a las tareas de un proceso organizacional.
- Proponer una definición de relevancia de un recurso de aprendizaje.
- Empacar los recursos de aprendizaje en forma de servicios Web.

1.4 Justificación

Con la llegada de la pandemia COVID-19, la sociedad se ha tenido que adaptar a las circunstancias que los gobiernos han ido imponiendo con el fin de frenar el avance de esta pandemia. Esta pandemia ha traído grandes transformaciones, especialmente en un sector de suma importancia que es la educación, donde tanto colegios, universidades y empresas se ha visto obligados a cerrar sus lugares de trabajo para pasar de lo presencial a lo virtual. En consecuencia, el proponer mejoras al método de aprendizaje E-learning adquiere mayor relevancia.

E-learning puede producir grandes cambios y generar excelentes resultados. Si se implementa de manera adecuada, puede disminuir costos de capacitación en las empresas y mejorar el rendimiento de los empleados en la producción. Sin embargo, en [1] se reporta que el implementar E-learning en el lugar de trabajo se ha vuelto complejo y desafiante debido a una variedad de barreras que limitan su éxito, lo cual origina que los aprendices se involucren inadecuadamente en la práctica del E-learning y no logren los resultados de aprendizaje esperados.

El proponer estrategias que den solución a las barreras que limitan el éxito del E-learning es de suma importancia, ya que este método de aprendizaje puede ofrecer grandes ventajas si se implementa de manera correcta. La aportación de esta tesis doctoral radica en proponer una estrategia para relacionar los recursos de aprendizaje con los procesos reales que los aprendices realizan en su lugar de trabajo, ya que lo que se requiere realmente es aprender lo que se hace en el lugar de trabajo y es ahí donde radica la importancia de esta tesis doctoral.

Con base en la revisión de la literatura reportada en esta tesis, no se reporta como deben ser esos elementos o recursos de aprendizaje y como medir su relevancia. Por lo cual, el desarrollo de alguna estrategia para su generación y su medición es una aportación para mejorar el método de aprendizaje E-learning cuando este se implementa en el lugar de trabajo.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

- Definir de manera formal a un proceso de negocio con base en las diferentes definiciones propuestas en la literatura, ya que el proceso de negocio es la entrada de la propuesta de solución.
- Seleccionar un caso de estudio de un proceso de negocio y generar un conjunto de recursos de aprendizaje empacados en servicios Web y que den respuesta a cada tarea identificada.
- Proponer una definición de relevancia de los recursos de aprendizaje.
- Medir la relevancia de los recursos de aprendizaje con base en la definición propuesta.

1.5.2 Limitaciones

Debido a que en esta tesis hay ciertas temáticas que están fuera de su alcance, se plantean las siguientes limitaciones:

- No se prueba la disponibilidad de los servicios Web de aprendizaje.
- No se mide el tiempo de carga al visualizar el recurso de aprendizaje.
- No se evalúa la reusabilidad de los servicios Web de aprendizaje.
- No se prueba la calidad pedagógica de los servicios Web de aprendizaje.
- Los recursos de aprendizaje generados serán simples, es decir, sólo representan a un objetivo o a un contenido o a una actividad o a evaluaciones de aprendizaje.

Para las cuatro primeras limitaciones, la complejidad se debe a que se tienen que generar definiciones precisas y hacer planes experimentales para cada uno de los elementos a medir, lo que representa un proyecto de investigación por cada uno.

1.6 Estructura del documento

Este documento está organizado como sigue: en el capítulo 2, se definen los conceptos que dan sustento a la terminología empleada en esta investigación. Así mismo, en este capítulo se presentan los trabajos relacionados al contexto de esta investigación. En el capítulo 3, se propone una definición formal de un proceso de negocio, ya que un proceso de negocio es la fuente de información requerida para iniciar la solución. Así mismo, en este capítulo se presenta el concepto de recurso de aprendizaje relevante y se definen métricas para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje. En el capítulo 4, se describen las actividades de la implementación de la solución. En el capítulo 5, se presenta un caso de estudio que describe como se aplica la solución propuesta y se describen algunos casos de prueba. En el capítulo 6, se puntualizan las conclusiones obtenidas de esta investigación, así como los trabajos futuros y los productos que se lograron con el desarrollo de la investigación.

Capítulo 2

Marco conceptual

En este capítulo se presenta el marco conceptual, donde se definen una serie de conceptos que dan sustento a la terminología empleada en el desarrollo de la investigación. Así mismo, en este capítulo se presentan los trabajos relacionados al contexto de la investigación.

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Proceso de negocio

En [11], se propone una serie de definiciones de un proceso de negocio. A continuación, se presentan algunas de ellas:

- *Es una colección de actividades que toman una o más tipos de entradas y crean una salida que es de valor para un cliente. Un proceso de negocio tiene un objetivo y se ve afectado por eventos que ocurren en el mundo o en otros procesos.*
- *Es un conjunto estructurado y medido de actividades diseñado para producir un resultado específico para un cliente o mercado en particular. Un proceso es, por tanto, un ordenamiento específico de actividades de trabajo a lo largo del tiempo y el lugar, con un inicio, un fin y entradas y salidas claramente identificadas: una estructura para la acción.*
- *Es la forma en que una organización organiza su trabajo y recursos, por ejemplo, el orden en que se realizan las tareas y qué grupo de personas pueden realizar tareas específicas.*
- *Una serie o red de actividades de valor agregado, realizadas por sus roles relevantes o colaboradores, para lograr intencionalmente el objetivo común del negocio.*
- *Un conjunto de actividades que están interrelacionadas o que interactúan entre sí. Los procesos utilizan recursos para transformar insumos en productos. Los procesos están interconectados porque la salida de un proceso se convierte en la entrada de otro proceso. En efecto, los procesos están “pegados” entre sí mediante relaciones de entrada y salida.*

En [12], los autores definen que un proceso de negocio captura las actividades que una organización debe de realizar para lograr un objetivo en particular.

2.1.2 *E-learning*

En [13], los autores definen al E-learning como la convergencia de Internet y el aprendizaje, o el aprendizaje habilitado para Internet; el uso de las tecnologías Web para crear, fomentar, entregar y facilitar el aprendizaje, en cualquier momento y en cualquier lugar.

En [14], los autores definen al E-learning como el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para mejorar y/o apoyar el aprendizaje.

En [15], los autores definen al E-learning como la educación justo a tiempo que proporciona contenido de aprendizaje individualizado, comprensivo y dinámico en tiempo real.

En [16], los autores definen al E-learning como un entorno de aprendizaje abierto y distribuido que utiliza herramientas pedagógicas, habilitadas por Internet y tecnologías basadas en la Web, para facilitar el aprendizaje y la construcción de conocimientos a través de una acción e interacción significativa.

En [1], los autores definen al E-learning como el uso de la tecnología informática y de red, principalmente a través de una Intranet o Internet, para entregar información e instrucción a los individuos. Se centra en el uso de tecnologías informáticas y de redes para crear un entorno de aprendizaje rico que incluya una amplia gama de recursos de información y conocimiento y una variedad de soluciones para el aprendizaje, la instrucción y la interacción.

2.1.3 *E-learning en el lugar de trabajo*

En [1], el autor menciona que el aprendizaje en el lugar de trabajo se refiere a las actividades de aprendizaje o capacitación realizadas en contextos laborales con el objetivo de mejorar el desempeño individual y organizacional. El aprendizaje en el lugar de trabajo es en su mayor parte informal basándose en tareas prácticas y situaciones de trabajo. Así mismo, el autor menciona que E-learning en el lugar de trabajo se describe como un sistema complejo compuesto por múltiples elementos interactivos, incluidos los estudiantes, los recursos y la tecnología de aprendizaje, los empleos y las tareas, la organización y el contexto social.

2.1.4 *Recursos de aprendizaje*

En [17], definen a un recurso de aprendizaje como:

Materiales de aprendizaje estructurados o contenidos de aprendizaje que pueden ayudar a los estudiantes a comprender algunos conceptos de conocimiento y lograr sus resultados de aprendizaje. Los recursos de aprendizaje pueden estar representados por diferentes tipos de medios, como texto, audio o video y están asociados con atributos que incluyen dominios de

conocimiento, complejidades, grados de importancia, así como las relaciones entre ellos.

En [18], definen a un recurso de aprendizaje como:

Contenido multimedia basado en tecnología y diseñados específicamente para fines educativos y de formación. Hay muchos recursos digitales en Internet y otras fuentes, diseñados para diversos fines, como proporcionar información de noticias, marketing o entretenimiento. Sin embargo, los recursos de aprendizaje están diseñados con la intención específica de utilizarse para el aprendizaje y no para otros fines informativos.

2.1.5 Servicios Web de Aprendizaje (SWA)

En [19], definen a un servicio Web de aprendizaje como una entidad de software reutilizable que permite entregar un recurso de aprendizaje. Los SWA pueden ser generados de dos formas:

- **Contenido:** es cuando el SWA contiene codificado al recurso de aprendizaje como se muestra en la Figura 2.1.a. La ventaja de esta forma de SWA es que el recurso contenido en el servicio, estará disponible siempre que el servicio lo esté. La desventaja es que debe haber un servicio por cada recurso que se construya.
- **Referenciado:** es cuando el recurso de aprendizaje se encuentra en un registro y los SWA sólo se vinculan con esos recursos. Esto se representa en la Figura 2.1.b. La ventaja es que un mismo servicio puede invocar y entregar muchos recursos. La desventaja de este tipo de servicio, es que el recurso puede desaparecer mientras que el servicio esté disponible, por lo que éste reportará una falla al no poder vincularse al recurso.

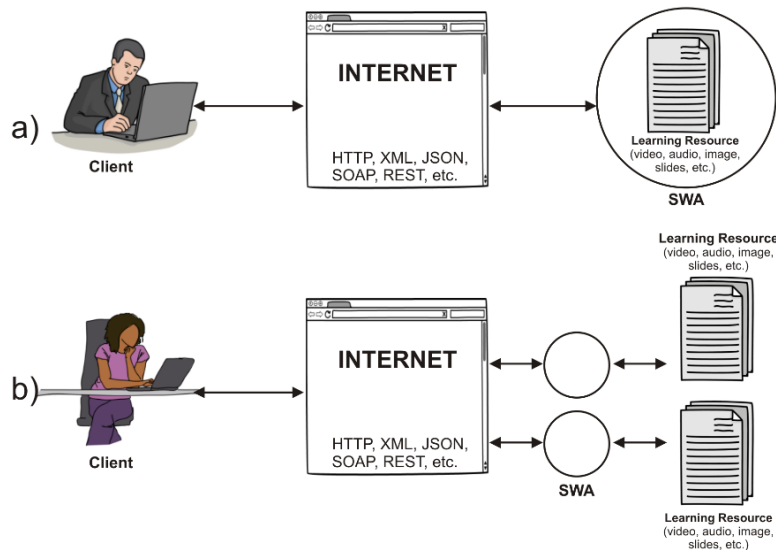


Figura 2.1. Definición de un SWA.

De acuerdo al contenido que empaacan los SWA pueden ser clasificados de 4 tipos:

- **SWA de tipo objetivo:** Es una entidad de software, cuya única responsabilidad es entregar un recurso de aprendizaje de tipo objetivo al cliente que los consume. Un objetivo de aprendizaje es una declaración específica de un resultado de aprendizaje, o lo que un estudiante debería poder hacer. El SWA de tipo objetivo es el elemento pedagógico principal que rige las secuencias lógicas formativas en relación con los demás tipos de SWA.
- **SWA de tipo contenido:** Es una entidad de software cuya única responsabilidad es entregar un recurso de aprendizaje de tipo contenido al cliente que los consume. Un contenido de aprendizaje debe expresar al conjunto de conceptos, términos, hechos, métodos y principios asociados a una tarea específica y hacia el cumplimiento de un objetivo de aprendizaje. El número de SWA de tipo contenido que se generen puede variar de acuerdo al objetivo de aprendizaje.
- **SWA de tipo actividad:** Es una entidad de software cuya única responsabilidad es entregar un recurso de aprendizaje de tipo actividad al cliente que los consume. Un SWA de tipo actividad debe estar en función de un SWA de tipo contenido. Las actividades de aprendizaje son acciones bien definidas, es decir, relevantes en términos del objetivo de aprendizaje.
- **SWA de tipo evaluación:** Es una entidad de software cuya única responsabilidad es entregar un recurso de aprendizaje de tipo evaluación al cliente que los consume. Un SWA de tipo evaluación debe estar función con un SWA de tipo contenido. Las evaluaciones de aprendizaje proporcionan oportunidades para probar nuevos conocimientos y habilidades construidas para el estudiante. Las evaluaciones de aprendizaje determinan el potencial de un estudiante para realizar tareas específicas fuera del espacio de aprendizaje.

2.1.6 Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP)

En [20], definen al NLP como:

Es un campo de estudio que utiliza conceptos de la informática, la inteligencia artificial y la lingüística formal para analizar el lenguaje natural. Una definición menos formal es un conjunto de herramientas que se utilizan para derivar información significativa y útil de fuentes de lenguaje natural, como páginas Web y documentos de texto. Significativo y útil implica que tiene un valor para el negocio.

En [21], definen al NLP como:

Es un campo interdisciplinario que estudia y desarrolla algoritmos y sistemas que permiten a las computadoras comprender y realizar tareas relacionadas con el lenguaje humano. Se ocupa de analizar el lenguaje humano tanto en forma oral como escrita y, en consecuencia, extraer información útil.

2.1.7 Toolkit Stanford CoreNLP

El grupo de NLP de Stanford realiza investigaciones de NLP y proporciona herramientas para tareas de NLP. Stanford CoreNLP es uno de estos conjuntos de herramientas. Además, hay otros conjuntos de herramientas como Stanford Parser, Stanford POS tagger y Stanford Classifier. Las herramientas de Stanford admiten los idiomas inglés, chino, español y las tareas básicas del NLP, incluida la tokenización y el reconocimiento de entidades de nombres. Para mayor información de este Toolkit se invita al lector a consultar [20] y [22].

2.1.8 Relevancia

En [23], presenta una revisión exhaustiva de trabajos que definen el concepto de “relevancia” en el contexto de la Búsqueda y Recuperación de Información (ISR). Borlund concluye que la relevancia es un concepto multidimensional sin un mecanismo de medición único y define cuatro conceptos de relevancia como sigue:

- *La relevancia es un concepto cognitivo multidimensional cuyo significado depende en gran medida de las percepciones de los usuarios de la información y sus propias situaciones de necesidad de información.*
- *La relevancia es un concepto dinámico que depende de los juicios de los usuarios sobre la calidad de la relación entre la información en un determinado momento.*
- *La relevancia es un concepto complejo pero sistemático y medible si se aborda de manera conceptual y operativa desde la perspectiva del usuario.*

2.1.9 Relevancia de un recurso de aprendizaje

En el contexto de este trabajo utilizamos como base la definición de relevancia propuesta por [24], la cual está en relación con el cumplimiento de un objetivo y la define como sigue:

- *Algo (A) es relevante para una tarea (T) si aumenta la probabilidad de lograr el objetivo (G), el cual es implicado por T.*
- *La característica clave de su teoría es la idea de que la relevancia depende del objetivo.*
- *Un elemento (por ejemplo, un enunciado u objeto) es relevante para una meta si y solo si puede ser un elemento esencial de algún plan capaz de alcanzar la meta deseada.*

- *La relevancia se define como algo que sirve como herramienta para un objetivo. "Herramienta" entendida en el sentido más amplio posible, incluyendo ideas, significados, teorías y documentos como herramientas.*

A partir de la definición anterior, se plantea la definición de un recurso de aprendizaje relevante como sigue:

Un recurso de aprendizaje es relevante para aprender una tarea de un proceso organizacional si y sólo si el recurso contiene o hace referencia a elementos descritos en una tarea que se realiza en un proceso organizacional.

2.2 Revisión de la literatura

Para llevar un orden en la revisión de la literatura se usa el protocolo que se muestra en la Figura 2.2, el cual se basa en la propuesta de Brereton [25]. Como se muestra, el protocolo tiene tres fases que son: planear la revisión, ejecutar la revisión y reportar la revisión. En la fase de la planeación, se describe el problema de investigación y se formulan las preguntas de investigación. En la fase de ejecución, se seleccionan las fuentes de información y se seleccionan los estudios primarios de acuerdo a las cadenas de búsqueda y a los criterios de inclusión y exclusión establecidos. También en esta misma fase, se crea un formulario de extracción de información para recabar la información de los estudios primarios seleccionados. En la última fase, que es reportar la revisión, se analiza cada uno de los estudios primarios seleccionados y se responde a las preguntas de investigación que se plantearon en la fase de la planeación.

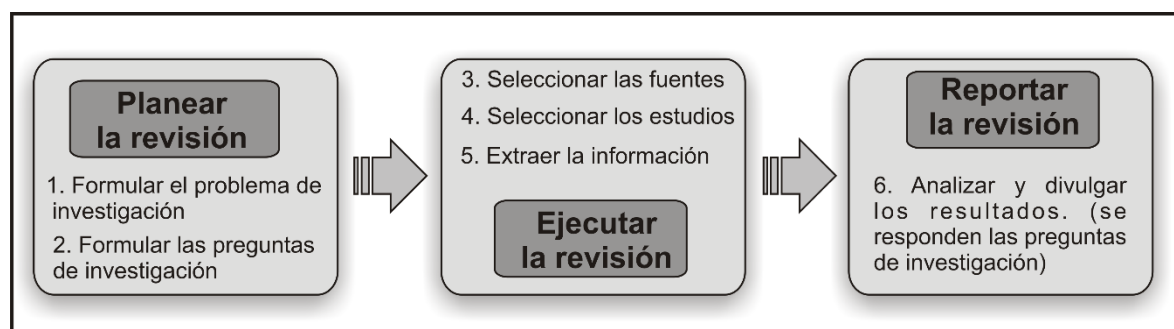


Figura 2.2. Protocolo utilizado para la revisión de la literatura.

A continuación, se describe que es lo que se realiza en cada una de las fases del protocolo empleado.

2.2.1 Planear la revisión

- a) Formular el problema de investigación

E-learning es uno de los métodos actuales para la capacitación y/o entrenamiento que la industria está utilizando para atender sus requerimientos de capacitación. Sin embargo, en [1] se reporta que E-learning no logra los objetivos deseados por varios problemas o barreras. Una de esas barreras es, que es frecuente que los recursos de aprendizaje empleados no están alineados con los procesos que los empleados realizan, es decir, los recursos de aprendizaje que se emplean la mayoría de las veces no tienen nada que ver con lo que el empleado debe de hacer en la empresa, por lo tanto, no se obtiene el aprendizaje esperado.

b) Formular las preguntas de investigación

La pregunta que se plantea en esta investigación con base en el problema descrito es la que a continuación se describe:

Q1. ¿Cuáles son los enfoques actuales para evaluar la relevancia de los recursos de aprendizaje en el contexto de E-learning en el lugar de trabajo?

2.2.2 Ejecutar la revisión

a) Selección de las fuentes de información

Para realizar la búsqueda de trabajos relacionados a la pregunta de investigación, se seleccionaron 3 bases de datos científicas las cuales son: Springer, IEEExplorer y ScienceDirect. Se utilizan 4 cadenas de búsqueda las cuales se describen en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Cadenas de búsquedas.

CADENA	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CADENA
A	Relevant AND materials AND learners
B	Relevant AND learning resources
C	E-learning AND workplace AND learning resources
D	Relevant AND learning AND resources

b) Seleccionar los estudios

Como se observa en la Tabla 2-2, en este trabajo se recolecta un total de 68 artículos a partir del análisis de su título. De los 68 trabajos seleccionados, se analiza el título, resumen y palabras clave para filtrar 39 artículos candidatos. Posteriormente, de los 39 artículos candidatos se analiza su título, resumen, introducción y las conclusiones para obtener como resultado 26 artículos, que tratan de responder a la pregunta de investigación desde una perspectiva diferente a la de esta investigación.

Tabla 2-2. Selección de trabajos relacionados.

BASE DE DATOS	CADENA DE BÚSQUEDA	ESTUDIOS ENCONTRADOS	ESTUDIOS CANDIDATOS	ESTUDIOS SELECCIONADOS
SinceDirect	A,B,C,D	10	6	4
Springer	A,B,C,D	21	13	9
IEEEExplorer	A,B,C,D	37	20	13
TOTAL		68	39	26

Los criterios de inclusión y exclusión utilizados fueron los que se describen a continuación:

Inclusión

- Se seleccionan sólo los artículos que fueron publicados en el periodo 2015 – 2020.
- Se seleccionan artículos que tratan el contexto de relevancia de recursos de aprendizaje.

Exclusión

- Los artículos en idiomas diferentes al inglés.
- Tesis
- Informes para propósitos de titulación.
- Libros
- Páginas Web.

c) Extraer la información

Para extraer la información de los estudios seleccionados se utiliza el formulario de extracción de información mostrado en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Formulario de extracción de información utilizado.

INFORMACIÓN GENERAL	
Información a extraer	Anotaciones del revisor
Identificador del artículo:	
Nombre de la persona que revisó el artículo:	
Título del artículo:	
Autores del artículo:	
Año de publicación del artículo:	
Base de datos donde se encontró el artículo:	
Palabras clave del artículo:	
RESULTADOS OBJETIVOS	
¿El objetivo del artículo está claramente establecido (especifíquelo)?	
Problema que aborda el artículo:	
¿El artículo plantea alguna pregunta de investigación?	

INFORMACIÓN GENERAL	
Información a extraer	Anotaciones del revisor
Resumen del artículo:	
Metodología de estudio del artículo (si es que aplica):	
¿Cómo validan su propuesta los autores?	
RESULTADOS SUBJETIVOS	
¿Qué entendió el revisor del artículo? (descripción de lo que se entendió del artículo)	
EN EL CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	
¿El artículo aborda el enfoque de E-learning en el lugar de trabajo?	
¿El artículo aborda alguna barrera o problema que limita el éxito del E-learning en el lugar de trabajo?	
¿El artículo responde a la pregunta de investigación Q1?	
Anotaciones:	

2.2.3 Reportar la revisión

a) Analizar y divulgar los resultados

En esta sección se describen los resultados de los estudios primarios seleccionados. En la Figura 2.3, se muestran los 26 estudios primarios seleccionados agrupados por base de datos donde fueron encontrados. Como se observa, se tomaron 13 estudios de la base de datos IEEExplorer, 9 de la base de datos Springer y 4 de la base de datos ScienceDirect.

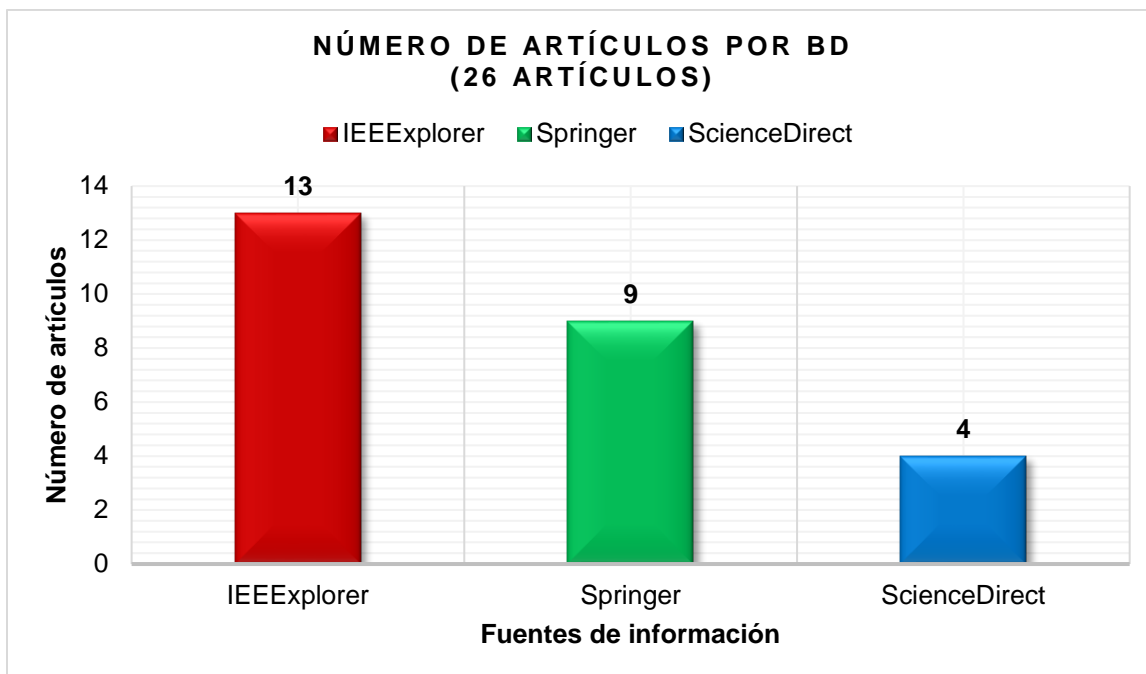


Figura 2.3. Clasificación de estudios primarios por base de datos.

En la Figura 2.4, se muestran los 26 estudios seleccionados agrupados por año de publicación.



Figura 2.4. Estudios primarios agrupados por año de publicación.

De los 26 estudios seleccionados, se detectan 3 enfoques que responden a la pregunta de investigación Q1 la cual se describe en la sección 2.2.1. Cada uno de estos enfoques se selecciona con base en el análisis de cada uno de estos trabajos. Se detecta que hay un gran número de investigaciones que se inclinan por dar solución al problema del aprendizaje personalizado, es decir, recomendar lo que realmente se desea que las personas en capacitación aprendan. Sin embargo, estos trabajos no generan recursos de aprendizaje, parten de recursos de aprendizaje ya generados y a partir de estos, se busca la recomendación personalizada, que corresponde con el identificado en esta tesis como **enfoque A**. Por otro lado, se detecta que hay una limitación en los trabajos del primer enfoque y por lo tanto, surgen nuevas investigaciones clasificándose en el segundo enfoque híbrido identificado en esta tesis como el **Enfoque B**, que se basan en ontologías de dominio y sistemas de recomendación. A partir de los enfoques A y B, se identificó que ninguno de los trabajos revisados aborda el contexto de E-learning en el lugar de trabajo. Sin embargo, se seleccionan como parte de esta investigación ya que son estrategias que tratan el concepto de relevancia de recursos de aprendizaje en otro contexto diferente al de esta investigación, este se documenta como el **Enfoque C**.

En la Figura 2.5, se muestra que el 54% de los trabajos seleccionados se clasifican en el **enfoque A**, que es el uso de sistemas de recomendación para lograr personalizar el aprendizaje. Por otro lado, el 31% de los estudios seleccionados se clasifican en el **enfoque B**, que es el uso de ontologías en conjunto con los sistemas de recomendación (un enfoque híbrido) para recomendar recursos de aprendizaje personalizados. Finalmente, el 15% de los estudios seleccionados se clasifican en el **enfoque C** que es el proponer estrategias para mejorar E-learning en el lugar de trabajo. En este enfoque, uno de los principales desafíos que abordan los trabajos al implementar E-learning en el lugar de trabajo, es el relacionar el desarrollo personal de los empleados con el aprendizaje y el desarrollo organizacional. Esto, se debe a que cuando se implementa E-learning en el lugar de trabajo a menudo se implementa desde el punto de vista de la tecnología en lugar de centrarse en las necesidades del estudiante y/o empleado.

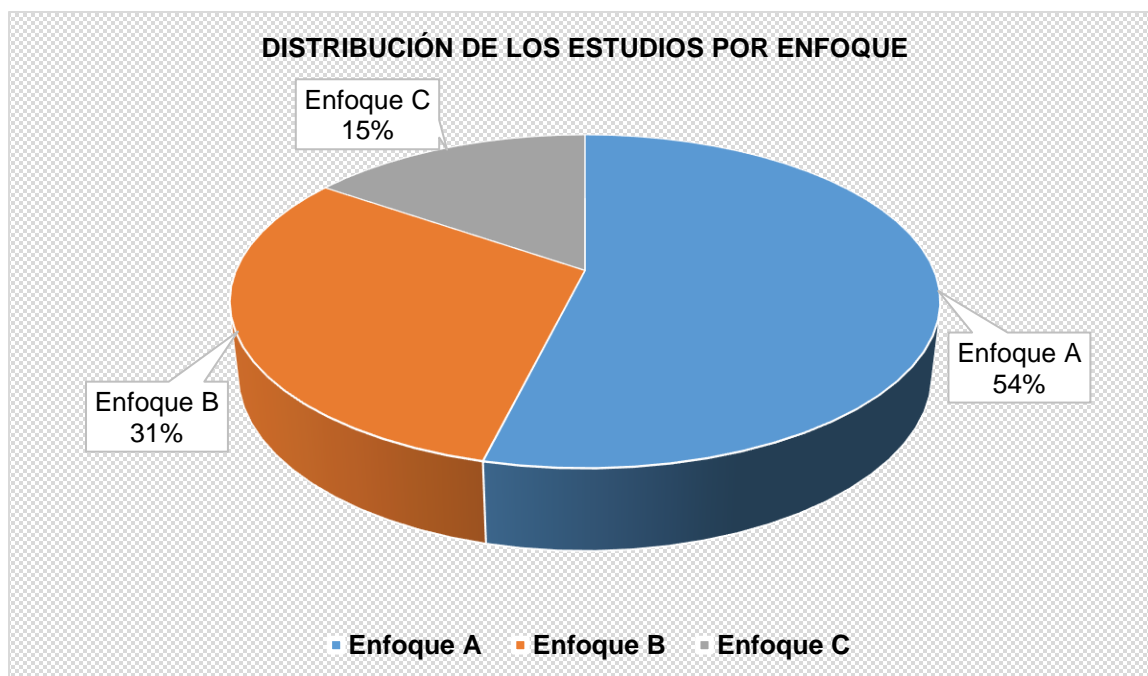


Figura 2.5. Distribución de estudios agrupados por enfoque.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada trabajo agrupado por enfoque.

Enfoque A: *recomendación de recursos de aprendizaje adaptativo (no generan, sólo recomiendan)*

El problema que abordan los trabajos clasificados en este enfoque se debe al crecimiento exponencial de los recursos de aprendizaje en la Web, que origina que a los alumnos se les dificulte encontrar recursos de aprendizaje relevantes basados en sus necesidades. Una forma de solventar dicho problema consiste en el uso de los sistemas de recomendación. Un sistema de recomendación recupera recursos de aprendizaje relevantes basado en las preferencias de los alumnos. A continuación, se describe una serie de trabajos que se clasifican en este enfoque.

En [26], los autores proponen un sistema de recomendación aplicado a un entorno de aprendizaje electrónico para poder ofrecer cursos personalizados y guiar a los estudiantes a seleccionar cursos más adecuados. La propuesta utiliza reglas de asociación para extraer relaciones más interesantes entre los comportamientos de los alumnos. Para validar su propuesta realizan experimentos con 1218 estudiantes.

En el trabajo [27], los autores parten de la problemática de que los alumnos pueden tener dificultades para elegir los recursos de aprendizaje adecuados frente a una gran cantidad de información durante el proceso de aprendizaje. Para ello, proponen un sistema de recomendación llamado AROLS que consta de 3

elementos: agrupación de alumnos, minería de preferencias de aprendizaje y recomendación de recursos de aprendizaje. Para validar su propuesta, utilizan un conjunto de datos de código abierto que contiene información sobre 22 módulos, 32,593 alumnos, sus resultados de evaluación y registros de sus interacciones con el entorno de aprendizaje.

En el trabajo [28], los autores abordan la problemática de que el número de recursos de aprendizaje está aumentando rápidamente, por lo que es difícil para los estudiantes recuperar los recursos apropiados. Para ello, proponen un marco de minería de relaciones de recursos de aprendizaje basado en la sabiduría de las multitudes (estudiantes). El marco aborda dos pasos principales: La limpieza de datos y el entrenamiento del modelo de aprendizaje para lograr la predicción entre el conocimiento y los recursos de aprendizaje. No reportan como validan su propuesta.

En el trabajo [29], los autores abordan el problema de la falta de relación de los recursos de aprendizaje con las preferencias de los estudiantes. Para ello, proponen una arquitectura de un sistema de recomendación híbrido que combina un filtrado colaborativo con una aproximación basada en la crítica para recomendar recursos de aprendizaje personalizados. Para validar la propuesta los autores presentan un caso de estudio con un grupo de usuarios y documentos del repositorio Merlot.

En el trabajo [30], los autores plantean que los sistemas de E-learning gestionan una gran cantidad de recursos de aprendizaje de diversas fuentes, pero el principal desafío al que se enfrentan estos sistemas es, la provisión de contenido relevante y de calidad para los usuarios y reducir el tiempo perdido por los usuarios para buscar los recursos de aprendizaje. Para lograr recomendar recursos de aprendizaje personalizados, los autores proponen el uso de técnicas para la búsqueda de contenido y la creación de perfiles de usuarios, de modo que el sistema proporcione recomendaciones precisas. Los autores no reportan pruebas para validar su propuesta.

En [31], los autores proponen un diseño de un sistema de recomendación para E-learning basado en un enfoque lógico que puede ayudar a los estudiantes a seleccionar el mejor material de aprendizaje que se adapte a su estilo de aprendizaje. El diseño propuesto consta de dos módulos, el módulo de aprendizaje y el módulo de recomendación. Los autores no reportan como validan su propuesta.

En [32], los autores plantean que la recomendación automática de recursos de aprendizaje se ha convertido en un problema cada vez más relevante, ya que permite a los estudiantes descubrir nuevos recursos de aprendizaje que coinciden con sus gustos y permite que E-learning oriente los recursos de aprendizaje a los estudiantes indicados. Sin embargo, es un desafío lograr esto. Para ello, los autores plantean un algoritmo de recomendación de recursos de aprendizaje basado en una red neuronal convolucional. Para validar la efectividad de la propuesta toman un

dataset de Amazon llamado BookCrossing que contiene información de libros, usuarios y puntuaciones de gustos de libros.

En [33], los autores parten de la idea de que los estilos de aprendizaje pueden hacer que la navegación o la presentación del aprendizaje se adapten a las necesidades de los alumnos. El problema que abordan es cómo presentar recursos de aprendizaje relevantes en función de sus estilos de aprendizaje, considerando que existe una gran cantidad de recursos de aprendizaje de acceso abierto en la Web. Para solventar el problema, los autores proponen una recomendación híbrida, que combina el filtrado colaborativo y el filtrado basado en contenido. Para validar la propuesta, los autores realizan experimentos con 44 estudiantes de nivel licenciatura.

En [34], los autores plantean que el crecimiento de recursos de aprendizaje en la red, origina que a los estudiantes les sea más difícil recuperar los recursos de aprendizaje relevantes. Los sistemas de recomendación intentan reducir este problema. Sin embargo, se presenta la problemática de escasez de datos, arranque en frío, escalabilidad, consumo de tiempo y precisión. Con base en ello, los autores realizan un estudio sistemático de la literatura de trabajos que utilizan sistemas de recomendación en el contexto de E-learning siguiendo 4 aspectos: sistemas de recomendación basados en contenidos, sistemas de recomendación que utilizan filtrado colaborativo, sistemas de recomendación basados en el conocimiento y sistemas de recomendación híbridos. Como resultado de su estudio se obtuvo un total de 101 artículos seleccionados.

En [35], los autores proponen una mejora a un enfoque de personalización que brinda a los estudiantes recursos de aprendizaje con base en sus preferencias, intereses, conocimientos previos y su capacidad de memoria para almacenar información. El enfoque es propuesto para solventar la problemática que presentan los sistemas tradicionales de E-learning que es el brindar contenidos estáticos y teniendo en cuenta que todos los alumnos son similares en cuanto al aprendizaje. El enfoque propuesto está basado en el filtrado colaborativo y basado en contenidos. Para validar el enfoque propuesto, los autores experimentan con dos conjuntos de datos, el book-crossing y el conjunto de datos de su universidad.

En [36], los autores plantean que la secuenciación curricular se considera una preocupación importante para desarrollar sistemas de E-learning personalizados y más eficientes. Consideran que un sistema de recomendación de E-learning más eficaz debería recomendar una secuencia de recursos de aprendizaje o rutas de aprendizaje en un orden apropiado, en lugar de una secuencia de materiales de aprendizaje desordenados. Adicional a ello, las rutas de aprendizaje deben de coincidir con las preferencias de los alumnos para mejorar sus capacidades de aprendizaje. Para solventar la problemática, los autores proponen un sistema de recomendación de rutas de aprendizaje. Para validar su propuesta, presentan experimentos comparándose con otro algoritmo de recomendación en donde se toma a un grupo de alumnos para comparar su desempeño.

En [37], los autores plantean que la sobrecarga de recursos de aprendizaje dificulta a los estudiantes en la búsqueda y recuperación de los mismos, por lo que pierden demasiado tiempo en recuperar el recurso apropiado. Los autores plantean que los sistemas de recomendación desempeñan un papel muy importante a la hora de proporcionar al alumno un conjunto de recursos de aprendizaje adecuados a partir de la disponibilidad de una serie de alternativas. Con base en esto, los autores realizan un estudio sistemático de sistemas de recomendación para E-learning. El estudio que realizan los autores incluye trabajos del año 2001 – 2017. También, presentan una serie de métricas que se utilizan para evaluar la calidad de las recomendaciones. La primera de ellas es la del error absoluto medio (MAE), la segunda es el error cuadrático medio (RMSE), la tercera el error medio normalizado (NMAE) y la cuarta es la cobertura.

En [38], los autores parten de la problemática de que a los estudiantes les puede resultar difícil recuperar recursos de aprendizaje alineados con sus objetivos de aprendizaje. Dicho problema se deriva debido a la dificultad para formar búsquedas efectivas de palabras claves y también a la falta inherente de conocimiento del dominio como el vocabulario desconocido que a menudo emplean los expertos en el dominio. Para ello, proponen un método que crea automáticamente conocimientos previos personalizados en forma de un conjunto de conceptos relevantes relacionados con el dominio de aprendizaje seleccionado. Para validar su propuesta toman una colección de recursos de aprendizaje etiquetados por temas mediante simulación de una tarea de recomendación de E-learning.

En [39], los autores plantean que el crecimiento explosivo del E-learning ha causado dificultad para ubicar los recursos de aprendizaje más apropiados para lograr las experiencias educativas positivas que se ajusten a las necesidades, metas e intereses de los alumnos. Para ello, proponen un enfoque de aprendizaje mediante el uso de un sistema de recomendación para abordar dicho desafío. El enfoque propuesto define una función de puntuación para ponderar los recursos de aprendizaje teniendo en cuenta los comentarios explícitos de los alumnos y las preferencias implícitas mediante la extracción de archivos de registros Web. Para validar la propuesta los autores utilizan dos conjuntos de datos del mundo real.

Enfoque B: *utilización de ontologías y sistemas de recomendación para recomendar recursos de aprendizaje personalizados.*

El problema que abordan los trabajos clasificados en este enfoque es el mismo que aborda el enfoque A. Sin embargo, los sistemas de recomendación tienen ciertas limitaciones como, por ejemplo, un nuevo usuario o elemento puede generar un problema comúnmente conocido como arranque en frío. Es decir, el arranque en frío ocurre cuando no es posible hacer recomendaciones confiables debido a una falta inicial de calificaciones. Para ello, se plantea el uso de ontologías en combinación con los sistemas de recomendación para solventar dicha problemática.

En el trabajo [40], los autores parten de la problemática que el entregar a los alumnos recursos de aprendizaje adecuados a sus necesidades no es una tarea fácil, debido al gran número de recursos de aprendizaje disponibles en la Web. A los alumnos les lleva mucho tiempo encontrar los recursos de aprendizaje que realmente necesitan. Para solventar el problema, los autores sugieren una arquitectura que permita entregar a los alumnos recursos de aprendizaje adecuados a sus necesidades. Para ello, integran una capa semántica que tiene un enfoque basado en reglas y una ontología para la recomendación semántica. Utilizan la ontología como un dominio de conocimiento para recopilar la información del contexto de aprendizaje y el filtrado de reglas OWL se utiliza para técnica de recomendación. No muestran como validan su propuesta.

En [41], los autores plantean que con la enorme cantidad de contenido que ofrece el Internet, es muy difícil encontrar recursos de aprendizaje relevantes y esta tarea consume demasiado tiempo. Para solventar esta problemática, los autores proponen un método desde una perspectiva teórica apoyado en ontologías, distancia Euclidiana y un algoritmo denominado TF-IDF. Los autores no presentan pruebas para validar su solución.

En [42], los autores plantean que en los últimos años ha habido un enorme aumento en los recursos de aprendizaje disponibles en línea a través de sistemas de gestión de aprendizaje y cursos masivos gratuitos. En este sentido, la recomendación personalizada de recursos de aprendizaje adquiere mayor relevancia para los investigadores. Con base en esta problemática, los autores realizan un estudio para destacar los principales hallazgos de sistemas de recomendación basado en ontologías en el contexto de E-learning, con el propósito de lograr la personalización. El criterio de inclusión utilizado fue tomar únicamente trabajos publicados en el periodo 2010 – 2019.

En [43], los autores plantean que debido a la sobrecarga de información, muchos alumnos tienen dificultades para recuperar recursos de aprendizaje útiles y relevantes para satisfacer sus necesidades de aprendizaje. Para ello, proponen un sistema de recomendación híbrido basado en una ontología y minería de patrones secuenciales para recomendar recursos de aprendizaje a los alumnos. La propuesta de solución está formada por 4 pasos: una ontología que representa el conocimiento del alumno y los recursos de aprendizaje. Como segundo, se calcula la similitud de calificaciones basado en el conocimiento del dominio de la ontología y se realizan predicciones para el alumno objetivo. Como tercer paso, se generan n elementos de aprendizaje principales por el motor de recomendación de filtrado colaborativo. Finalmente, como cuarto paso, se aplica el algoritmo de minería de patrones secuenciales a los n elementos de aprendizaje principales para generar las recomendaciones finales del alumno objetivo. Para validar la propuesta los autores realizan una serie de experimentos en comparación con otros algoritmos de recomendación y el objetivo fue estimar el rendimiento, la mejora de la calidad y precisión de las predicciones.

En [44], los autores plantean que desafortunadamente, con el aumento exponencial de la cantidad de recursos de aprendizaje en la red, la mayoría de los usuarios dedican más tiempo en buscar, filtrar y probar los recursos antes de encontrar los que satisfacen sus necesidades. Por lo tanto, existe la necesidad de una nueva familia de sistema E-learning que aborden algunos de estos problemas que actualmente están obstaculizando un mejor uso del E-learning y también para aprovechar los recursos disponibles y adaptarlos a las necesidades de los estudiantes. Para ello, los autores proponen una arquitectura apoyada de una ontología para recomendar recursos de aprendizaje personalizados. Para validar su propuesta, utilizan una muestra de módulos de informática.

En [45], los autores proponen una metodología para respaldar y mejorar el acceso adaptativo al conocimiento que reside en un recurso de aprendizaje basado en diferentes contexto del usuario. En el enfoque propuesto, el usuario y los recursos de aprendizaje se presentan mediante una metodología y se emplea la lógica difusa para identificar el nivel de conocimiento del alumno para mejorar la adaptabilidad del acceso al recurso de aprendizaje. Para validar su propuesta, los autores se comparan en cuanto a tiempo de respuesta, con un enfoque reportado en la literatura que utiliza ontologías.

En [46], los autores realizan un estudio sistemático de la literatura sobre sistemas de recomendación basados en ontologías para E-learning. Proponen que, aunque se han llevado a cabo varios estudios de revisiones en el área de los sistemas de recomendación, todavía existen lagunas y deficiencias en la revisión y el estudio exhaustivo de la literatura en el área de la recomendación basada en ontologías para E-learning. El estudio propuesto incluye trabajos publicados en el año 2005 – 2014 y categorizan las diferentes técnicas de recomendación utilizadas por los sistemas de recomendación de E-learning basados en ontologías.

En [47], los autores plantean que la recomendación y la personalización es un gran desafío en la construcción de recursos de aprendizaje. Para ello, proponen un marco de recomendación semántica de recursos de aprendizaje basado en la Web semántica y la pedagogía. El marco propuesto se apoya de una ontología para describir la estructura de conocimiento del dominio. Todos los recursos de aprendizaje y los perfiles de los estudiantes se describen en ontologías y un marco de descripción de recursos de aprendizaje para respaldar la inferencia semántica. Para validar su propuesta, los autores presentan un caso de estudio sobre un curso de teoría y práctica de base de datos.

Enfoque C: estrategias para mejorar E-learning en el lugar de trabajo

Uno de los principales desafíos al implementar E-learning en el lugar de trabajo, es el relacionar el desarrollo personal de los empleados con el aprendizaje y desarrollo organizacional. Esto, se debe a que cuando se implementa E-learning en el lugar de trabajo a menudo se implementa desde el punto de vista de la tecnología en lugar de centrarse en las necesidades del estudiante y/o empleado o el proceso

de aprendizaje. A continuación, se describen algunos trabajos que realizan estudios y proponen estrategias para solventar esta problemática.

En [48], los autores proponen utilizar Business Process Management (BPM) para impulsar el E-learning en el lugar de trabajo, con el propósito de alinear las tareas reales con las tareas de formación. Para ello, proponen un marco desde una perspectiva teórica para el aprendizaje. El objetivo del marco es apoyar, asesorar, simular y monitorear las actividades de aprendizaje. Sin embargo, los autores no describen como validaron su propuesta.

En [49], los autores parten de la idea de que muchos estudios se han enfocado en analizar el aprendizaje y la capacitación de los empleados desde las siguientes perspectivas: la emoción del aprendizaje, el estilo de aprendizaje, el contenido educativo y la tecnología. Sin embargo, existe poca investigación que explore la relación del E-learning con la satisfacción de los empleados. Por lo tanto, su trabajo tiene como objetivo explorar cómo mejorar la satisfacción de los empleados en el contexto de E-learning y que tipo de actividades de capacitación son eficaces para aumentar su satisfacción de los empleados. Para ello, proponen un modelo para evaluar el impacto de E-learning en la satisfacción de los empleados. Para validar su propuesta presentan un caso de estudio.

En [50], los autores realizan una revisión sistemática de la literatura y proponen el uso de un aprendizaje interactivo como un método recomendado para la formación de los empleados en el lugar de trabajo. El aprendizaje interactivo se centra en el uso de E-learning y el aprendizaje presencial para garantizar que el proceso de aprendizaje pueda estimular los intereses de los alumnos, informar sobre su progreso y tener tutores para proporcionar sus comentarios y guiar a los alumnos hacia los objetivos esperados. Para validar su propuesta, proponen 5 ejemplos donde se ha aplicado el aprendizaje interactivo.

En [51], los autores proponen un modelo de investigación para evaluar la efectividad del E-training hacia el desempeño laboral. El modelo propuesto aborda dos perspectivas, la primera de ellas es “la tarea que se ajusta a la tecnología”, que ha sido recomendada como un modelo teórico fuerte para evaluar cómo la tecnología de la información afecta el uso y el desempeño de los empleados. Por otra parte, lo “social que se ajusta a la tecnología”, que actúa como una base inicial en la exploración de la tecnología social que se ajusta a las dimensiones de las características del entorno social en un ambiente de capacitación. Sin embargo, los autores no describen como validaron su propuesta.

2.3 Discusión

En este capítulo se definió una serie de conceptos que dan sustento a la terminología empleada en el desarrollo de la investigación. Así mismo, se describió un protocolo para realizar la búsqueda de trabajos relacionados al contexto de esta investigación. Como resultado de la búsqueda sistemática realizada se concluye lo siguiente:

- Para responder a la pregunta de investigación Q1 planteada en la sección 2.2.1, se recolectan un total de 26 estudios de los cuales 13 fueron encontrados en la base de datos IEEExplorer, 9 en la base de datos Springer y 4 en la base de datos ScienceDirect.
- Se detectan 3 enfoques importantes que son: el uso de sistemas de recomendación, el uso de un enfoque híbrido y el uso de estrategias para implementar E-learning en el lugar de trabajo. Del análisis de los trabajos, se concluye que muchos investigadores se están inclinando por personalizar el aprendizaje en el contexto de E-learning, es decir, es de un gran interés brindar recursos de aprendizaje alineados al perfil de los estudiantes. Para lograr el desafío, la mayoría de los autores se apoyan de los sistemas de recomendación y de las ontologías, las cuales son soluciones diferentes a la propuesta en esta tesis y es ahí donde radica la aportación de este trabajo.
- De los 26 estudios elegidos, ningún trabajo define el concepto de relevancia de recursos de aprendizaje ni proponen mediciones directas a los recursos de aprendizaje. La mayoría de los estudios seleccionados, coinciden en que la sobrecarga de recursos de aprendizaje dificulta a los estudiantes obtener el recurso de aprendizaje apropiado, por lo que se invierte demasiado tiempo en su búsqueda y recuperación. Algunos trabajos proponen métricas para evaluar la precisión de las recomendaciones, pero ninguno propone como medir el valor del recurso de aprendizaje. Es en este sentido, el concepto de relevancia de recurso de aprendizaje que abordan los trabajos encontrados es diferente al de esta tesis, ya que la relevancia es un concepto multidimensional, es decir, se puede abordar desde diferentes perspectivas. En consecuencia, ningún trabajo aborda el enfoque propuesto en esta tesis.

Capítulo 3

Definición formal de proceso y Métricas

En este capítulo se presenta la formalización de la definición de un proceso de negocio, debido a que un proceso de negocio es la fuente requerida para iniciar la solución descrita en esta investigación. Así mismo, en este capítulo se plantean la forma de medir la relevancia de los recursos de aprendizaje generados.

3.1 Definición formal de un proceso de negocio

Un proceso de negocio captura las actividades que una organización debe realizar para lograr un objetivo en particular. La definición que se utiliza está basada en el ISO/IEC 12207 e involucra los siguientes elementos: actividades, tareas, roles, recursos, entradas y salidas.

En la Tabla 3-1, se definen los símbolos que definen al alfabeto que se utiliza para plantear la definición formal de un proceso de negocio.

Tabla 3-1. Símbolos que forman al alfabeto utilizado para la definición formal.

ELEMENTOS DEL ALFABETO UTILIZADO	
Símbolos y cadenas	a_1, a_2, \dots, a_n $1, 2, \dots, n$ t, t_2, \dots, t_n pr_1, pr_2, \dots, pr_n $rol_1, rol_2, \dots, rol_n$ $rec_1, rec_2, \dots, rec_n$ c_1, c_2, \dots, c_n $imp_1, imp_2, \dots, imp_n$ $out_1, out_2, \dots, out_n$ a_1, a_2, \dots, a_n PT $token_1, token_2, \dots, token_n$ $subject, verb, od$
Relaciones y funciones	$R_1, R_2, R_3, R_4, f_1, f_2$
Símbolos lógicos	$\rightarrow, \wedge, \vee$
Símbolos de comparación	\neq
Símbolos de relación	$\in, \notin, $
Paréntesis	$(), \{ \}$

Utilizando el alfabeto anterior y basándose en los elementos de un modelo de procesos de negocio propuesto por el ISO/IEC 12207 se propone la **definición 1** como sigue:

Definición 1. Un proceso de negocio $P = (A, T, PR, ROL, REC, C, IMP, OUT, f_1, R_1, R_2, R_3, G_p)$ es definido como 8 conjuntos finitos $A, T, PR, ROL, REC, C, IMP, OUT$, una función biyectiva $f_1: A \rightarrow PT_i$, la relación binaria $R_1 \subseteq T \times ROL$, la relación binaria $R_2 \subseteq T \times PR$, la relación binaria $R_3 \subseteq A \times REC$ y un grafo dirigido $G_p = (VER_p, ED_p)$, donde:

- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ es un conjunto finito no vacío de actividades.
- $I = \{1, 2, \dots, n\}$ es un conjunto finito de índices que se utilizan como apoyo para plantear las definiciones.
- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ es un conjunto finito de tareas. Una partición de T , es una familia de subconjuntos no vacíos PT_i , tal que $i \in I$ y donde A está en función con PT_i .
- $PR = \{pr_1, pr_2, \dots, pr_n\}$ es un conjunto finito de productos generados por una tarea.
- $ROL = \{rol_1, rol_2, \dots, rol_n\}$ es un conjunto finito de roles.
- $REC = \{rec_1, rec_2, \dots, rec_n\}$ es un conjunto finito de recursos.
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ es un conjunto finito de condiciones.
- $IMP = \{imp_1, imp_2, \dots, imp_n\}$ es un conjunto finito de entradas.
- $OUT = \{out_1, out_2, \dots, out_n\}$ es un conjunto finito de salidas.
- La función biyectiva f_1 especifica la asignación de exactamente una partición de T a cada elemento de A .
- La relación binaria R_1 especifica el conjunto de pares ordenados en el cual el primer elemento del par ordenado es una tarea $t \in T$ y el segundo elemento del par ordenado es un rol $role \in ROL$.
- La relación binaria R_2 especifica el conjunto de pares ordenados en el cual el primer elemento del par ordenado es una tarea $t \in T$ y el segundo elemento del par ordenado es un producto $pr \in PR$.
- La relación binaria R_3 especifica el conjunto de pares ordenados en el cual el primer elemento del par ordenado es una actividad $a \in A$ y el segundo elemento del par ordenado es un recurso $rec \in REC$.
- VER_p representa al conjunto de actividades que pertenecen al proceso de negocio, tal que, (VER_p, \leq_{G_p}) es un conjunto ordenado determinado por el grafo dirigido G_p .
- ED_p representa el conjunto de aristas dirigidas que conectan las actividades en un proceso de negocio.

A partir de la **definición 1**, se definen una serie de restricciones para el contexto de esta investigación.

Definición 2. Sea $T \in P$, una partición de T es una familia de subconjuntos PT_i , tal que:

- $PT_i \cap PT_j = \emptyset$, para $i \neq j$
- $\bigcup_{i \in I} PT_i = T$
- $PT_i \neq \emptyset$

Definición 3. Sea $A \in P$ y dada la **definición 2**, la función f_1 de A en PT_i es una asignación de exactamente una partición PT_i a cada elemento de A definida como sigue:

$$f_1 = A \rightarrow PT_i$$

Anotación 1. Lo que expresa la función f_1 es que toda actividad que conforma al proceso de negocio P , le corresponde una y sólo una partición del conjunto de tareas.

Definición 4. Dado $T \in P$ y $ROL \in P$, la relación $R_1 \subseteq T \times ROL$ es definida como sigue:

$$R_1 = \{(t_i, rol_j) \mid (t_i \in T \wedge rol_j, rol_j' \in ROL) \wedge (t_i R rol_j \vee t_i R rol_j') \text{ para } rol_j \neq rol_j', \forall (i, j) \in I\}$$

Anotación 2. Lo que expresa la relación R_1 es que toda tarea de un modelo de procesos de negocio P puede ser relacionada por uno o más roles. Es decir, una tarea puede ser ejecutada por uno o más roles.

Definición 5. Dado $T \in P$ y $PR \in P$, la relación $R_2 \subseteq T \times PR$ es definida como sigue:

$$R_2 = \{(t_i, pr_j) \mid (t_i \in T \wedge pr_j, pr_j' \in PR) \wedge (t_i R pr_j \vee t_i R pr_j') \text{ para } pr_j \neq pr_j', \forall (i, j) \in I\}$$

Anotación 3. Lo que expresa la relación R_2 es que toda tarea de un modelo de proceso de negocio P está en relación con uno o más productos generados al término de una actividad. Es decir, una tarea puede generar más de un producto.

Definición 6. Dado $A \in P$ y $REC \in P$, la relación $R_3 \subseteq A \times REC$ es definida como sigue:

$$R_3 = \{(a_i, rec_j) \mid (a_i \in A \wedge rec_j, rec_j' \in REC) \wedge (a_i R rec_j \vee a_i R rec_j') \text{ para } rec_j \neq rec_j', \forall (i, j) \in I\}$$

Anotación 4. Lo que expresa la relación R_3 es que toda actividad de un modelo de procesos de negocio P está en relación con uno o más recursos. Es decir, una actividad puede utilizar uno o más recursos para su ejecución.

En este trabajo se generan cuatro tipos de recursos de aprendizaje a partir de la descripción de la tarea ($t_i \in T \in P$), los cuales son: de tipo objetivo, de tipo contenido, de tipo actividad y de tipo evaluación. Para establecer la relación tarea – recurso de aprendizaje, primero es necesario definir a una tarea de un proceso de negocio como sigue:

Definición 7. Basándose en el ISO/IEC 29110, una tarea ($t_i \in T \in P$) es un requerimiento, una recomendación o una acción permitida, cuyo objetivo es contribuir al logro de uno o más objetivos de un proceso.

Una tarea (t_i), está formada por un conjunto de *tokens* en un orden coherente, como sigue:

$$t_i = \{token_1, token_2, \dots, token_n\}$$

donde;

$token_i$ = es cada palabra que conforma la descripción de una tarea de un proceso de negocio y puede ser un sujeto, un verbo, un sustantivo, entre otros.

Por otro lado, un objetivo de aprendizaje se define como sigue:

Definición 8. Un objetivo de aprendizaje (*OBJA*), se define como declaraciones específicas de un resultado de aprendizaje, o lo que un estudiante debería poder hacer. Un objetivo de aprendizaje consta de al menos tres elementos de acuerdo a [52]:

$$OBJA = \{subject, verb, od\}$$

donde:

subject = Es el sujeto.

verb = Es el verbo o la capacidad aprendida y designa el resultado de aprendizaje.

od = Es el objeto directo o contenido de aprendizaje.

Una vez definido la tarea y el objetivo de aprendizaje, para establecer la **relación tarea – objetivo de aprendizaje** se establece la definición 9 como sigue:

Definición 9. Dado $t_i \in T$, $T \in P$, $t_i = \{token_1, token_2, \dots, token_n\}$ y $OBJA = \{subject, verb, od\}$, la función f_2 de t_i en $OBJA$, es una asignación de exactamente un elemento de $OBJA$ a cada elemento de t_i , definida como:

$$f_2 = t_i \rightarrow OBJA$$

Ejemplo 1. Dada la tarea $t_i = \{Generar\ o\ actualizar\ el\ Plan\ del\ Proyecto\ antes\ de\ iniciar\ un\ nuevo\ ciclo\}$ y $OBJA = \{subject, verb, od\}$. La función f_2 se expresa como se muestra en la Figura 3.1.

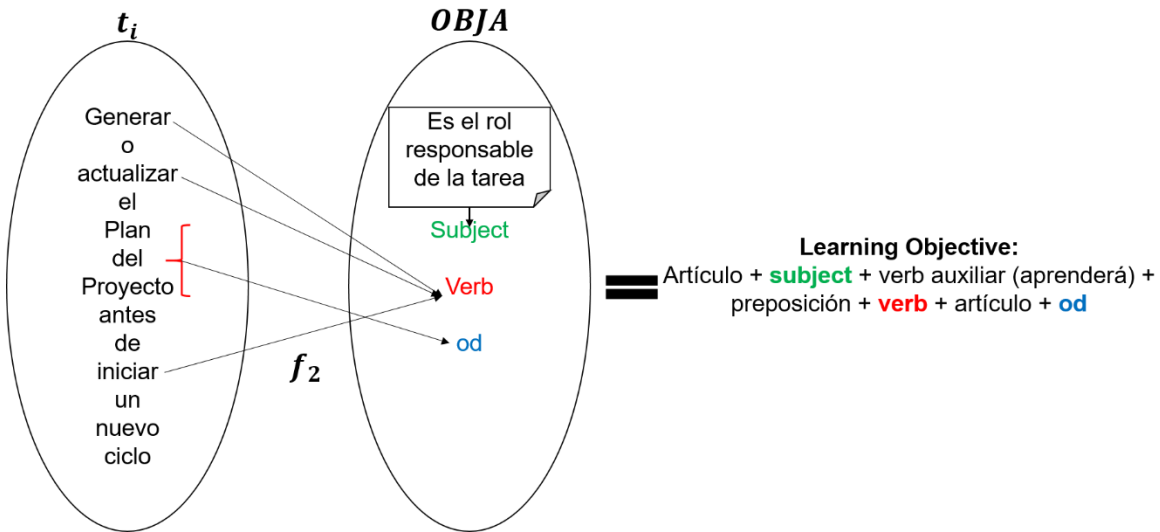


Figura 3.1. Ejemplo que representa la relación tarea – objetivo de aprendizaje.

Para establecer la **relación tarea – contenido de aprendizaje** se establece la definición 10 como sigue:

Definición 10. Dada la función f_2 definida en la **definición 9**, od es la palabra clave que hace referencia o relaciona a un producto $pr \in PR \in P$ y pr está en relación con la tarea como se estableció en la **definición 5**. La palabra clave od representa al contenido de aprendizaje almacenado en la base de conocimiento de la organización. El objeto directo (od) se define como:

$$od = \bigcup_{i=1}^n token_i | token_i \in od, od \subseteq t_i$$

donde,

U = representa la unión de tokens identificados en la descripción de la tarea t_i y que conforman al objeto directo.
 $token_i$ = es cada uno de los tokens que conforman al objeto directo.

Ejemplo 2. Dada la tarea $t_i = \{ \text{Generar o actualizar el Plan del Proyecto antes de iniciar un nuevo ciclo} \}$ y $OBJA = \{ \text{subject, verb, od} \}$, el objeto directo identificado es la unión de tres tokens que son: *Plan + del + Proyecto*. Este producto hace referencia a un documento de la base de conocimiento y se selecciona para generar un contenido de aprendizaje. En la Figura 3.2, se muestra cómo se identifica el contenido de aprendizaje a partir de la descripción de la tarea.

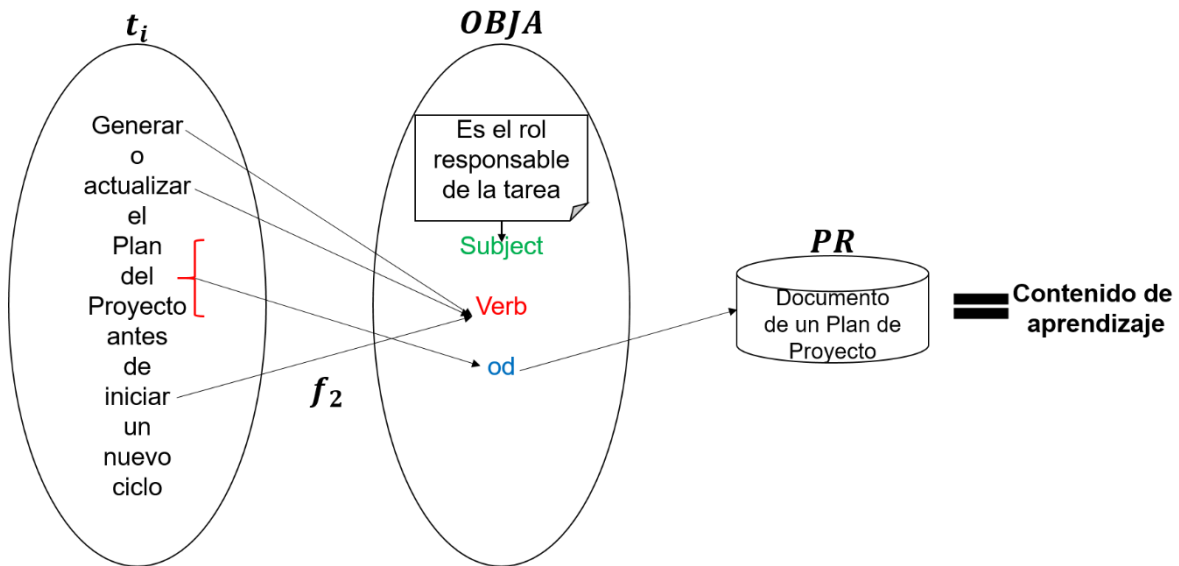


Figura 3.2. Identificación del contenido de aprendizaje a partir de la descripción de la tarea.

Para establecer la **relación tarea – actividad de aprendizaje** se establece la definición 11 como sigue:

Definición 11. Dada la función f_2 , el objeto directo (od) representa al contenido de aprendizaje y representa a un producto almacenado en la base de conocimiento de la organización. A partir de este producto se identifican verbos que representan las acciones, las cuales son de utilidad para expresar las actividades de aprendizaje. Las actividades de aprendizaje se forman a partir de los verbos identificados, artículos auxiliares y la descripción del objeto directo. Este último representa el complemento de las acciones identificadas.

Para establecer la **relación tarea –evaluación de aprendizaje** se establece la siguiente definición:

Definición 12: Dada la función f_2 , el objeto directo (od) representa al contenido de aprendizaje y representa a un producto almacenado en la base de conocimiento de la organización. A partir de este producto se crean preguntas generales como son: ¿Qué es el od ? ¿Quién lleva a cabo el od ? ¿Cómo está estructurado el od ? ¿Cuál es la función del od ? ¿Para qué sirve el od ?

3.2 Métricas para los recursos de aprendizaje

Para medir la relevancia de los recursos de aprendizaje generados en este trabajo, se definen 3 métricas. La primera de ellas, para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo, la segunda para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido y la tercera para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación. El proceso que se sigue para crear las métricas es el que se muestra en la Figura 3.3, el cual está integrado por tres actividades que son: definición del objeto a medir, definición de atributos y asignación de pesos para cada atributo y finalmente se muestra un ejemplo de aplicación para cada métrica.

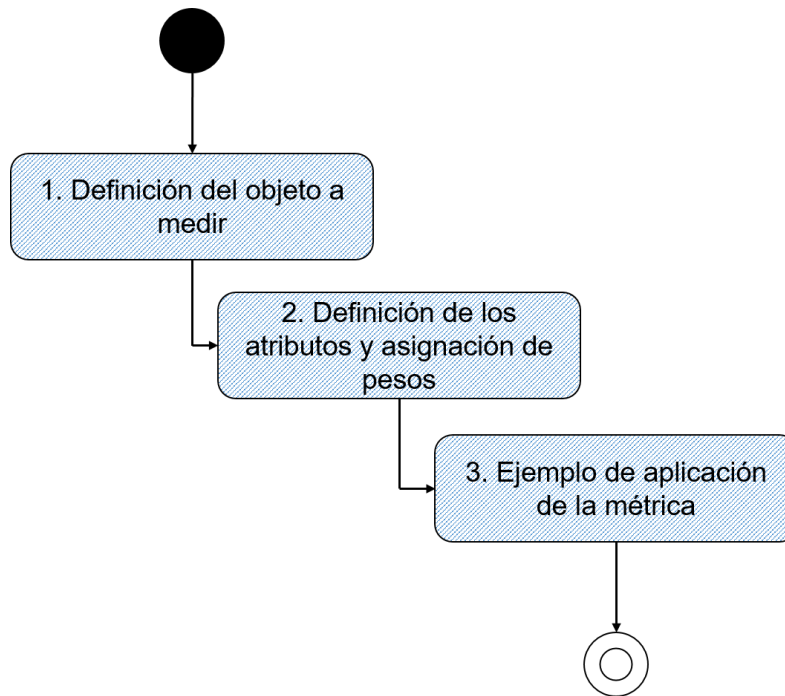


Figura 3.3. Pasos para crear las métricas.

3.2.1 Definición del objeto a medir

a) Recurso de aprendizaje

De acuerdo a [17] y a [18], los recursos de aprendizaje se refieren a los materiales de aprendizaje estructurados o a los contenidos de aprendizaje que pueden ayudar

a los usuarios a comprender algunos conceptos de conocimiento y lograr sus resultados de aprendizaje.

b) Recurso de aprendizaje relevante

Lo que se desea en esta investigación es buscar una forma de medir la relevancia de un recurso de aprendizaje en función de una tarea de un proceso organizacional. Para ello, se propone la definición de un recurso de aprendizaje relevante como:

Un recurso de aprendizaje es relevante para aprender una tarea de un proceso organizacional si y sólo si el recurso contiene o hace referencia a los elementos que describen a una tarea que se realiza en un proceso organizacional.

3.2.2 Métrica para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo

Como se muestra en la Figura 3.4, para que un objetivo de aprendizaje sea relevante, la descripción de la tarea debe de tener al menos 3 elementos que son: un sujeto, un verbo y objeto directo. Los tres elementos son necesarios para formular un objetivo de aprendizaje. En la descripción de la tarea puede ser que haya más de un sujeto, más de un verbo y más un objeto directo. Sin embargo, independientemente si existe más de alguno de estos elementos se les asigna la misma ponderación, en este caso 0.333 para cada atributo.

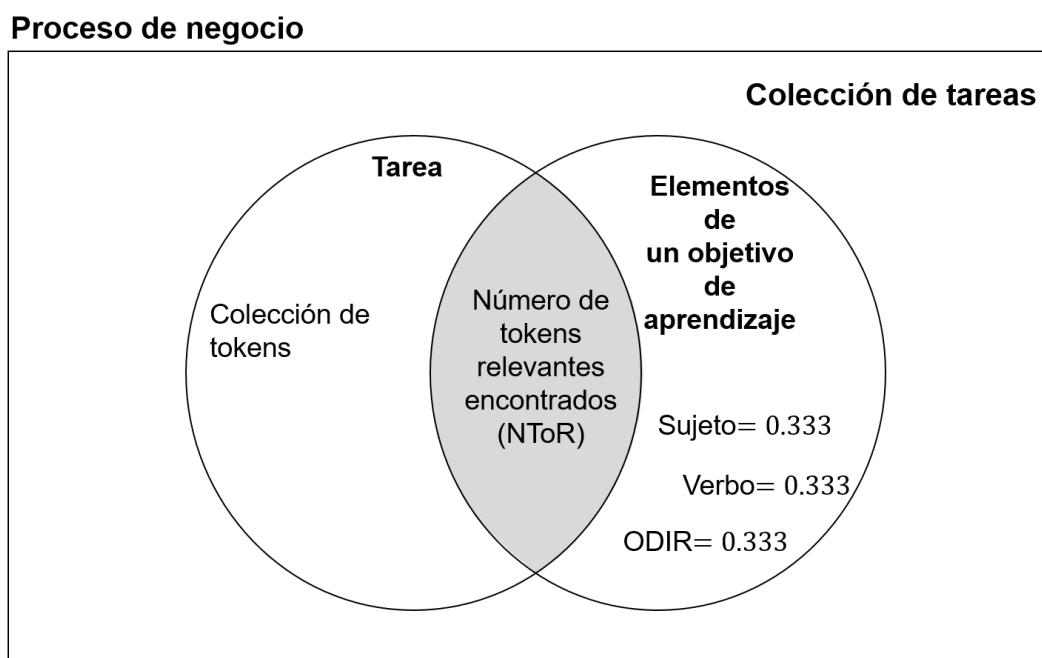


Figura 3.4. Definición de atributos y pesos para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo.

Con base en lo anterior, un recurso de aprendizaje de tipo objetivo especificado en la definición 8 del capítulo 3, se considera relevante si se cumple con la siguiente condición:

$$RECAObj = \begin{cases} R, & \text{Si } NToR \geq 3 \wedge \sum \text{pesosAtributos} \approx 1, \\ \text{irrelevante}, & \text{de otra manera} \end{cases}$$

donde,

RECAObj = Recurso de aprendizaje de tipo objetivo

R = Relevante

NToR = Número de tokens relevantes encontrados.

Para ejemplificar la aplicación de la métrica propuesta, en la Figura 3.5 se muestra la descripción de una tarea del proceso “*Administración de Proyectos Específicos*”. Como se observa el sujeto identificado en color verde es el Responsable de la Administración de Proyectos Específicos (RAPE). Los verbos identificados en color azul son generar, actualizar e iniciar. El objeto directo identificado en color rojo es un Plan de Proyecto. Los tres elementos identificados en la descripción de la tarea se utilizan para formular un objetivo de aprendizaje. Para este ejemplo sería de la siguiente forma: *El estudiante (RAPE) aprenderá a generar el Plan del Proyecto*. Para este caso, se identificaron más de tres elementos relevantes en la descripción de la tarea y se le asignaron los pesos correspondientes como sigue: SUJ=0.333, Verb=0.333 y ODIR=0.333; por lo tanto, se considera que el objetivo de aprendizaje es relevante obteniendo un valor aproximado a 1 de acuerdo a la métrica definida anteriormente. En caso contrario, si hubiese faltado alguno de los tres elementos sería irrelevante.

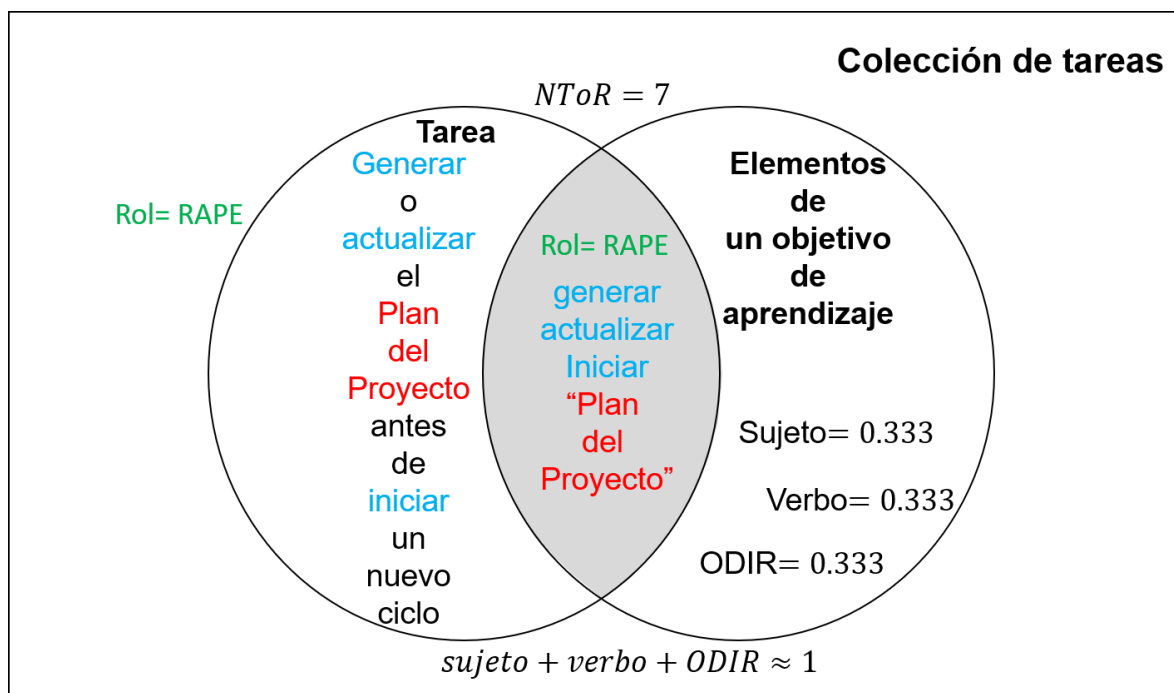


Figura 3.5. Ejemplo de aplicación de la métrica para un objetivo de aprendizaje de una tarea del proceso de Administración de Proyectos Específicos.

3.2.3 Métrica para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido

En la Figura 3.6, se muestran los atributos y los pesos asignados para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido, como se observa en la figura para que este tipo de recurso se considere relevante, al menos se necesita al sujeto y al objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje. A través de un análisis de los productos del proceso de *Administración de Proyectos Específicos*, hay ciertos atributos que se repiten en varios productos, como es el caso del atributo "Descripción del Producto". Por este hallazgo y utilizando un concepto reportado en [53] como *relevancia frecuencial* y utilizando la métrica de *Term Frequency (TF)*, que se asignan los pesos mostrados en la Figura 3.6. Es decir, a los atributos que se repiten más en los productos del proceso se le asigna un mayor peso, y son atributos que son necesarios para que el contenido sea relevante, mientras que los atributos que se repiten con menos frecuencia en los productos, únicamente enriquecen al contenido y no son tan necesarios para que el contenido sea relevante, es por esta razón que se les asigna un menor peso. Por otro lado, no hay que olvidar de que el recurso de aprendizaje de tipo contenido debe estar en relación con el recurso de aprendizaje de tipo objetivo de aprendizaje.

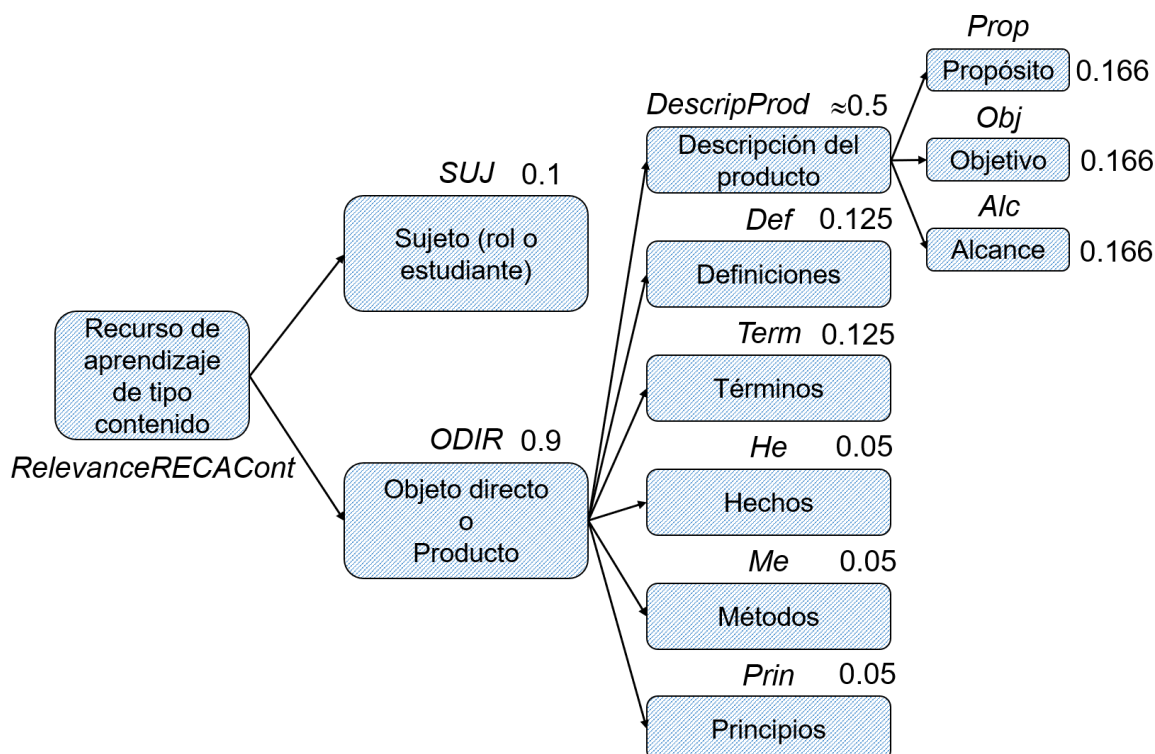


Figura 3.6. Definición de atributos y asignación de pesos para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido.

Con base en lo anterior, la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido definido en la sección 2.1.5 del capítulo 2, está en relación con el sujeto y el objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje y se define como en 1:

$$RelevanceRECACont = SUJ + ODIR \quad (1)$$

donde,

RelevanceRECACont = Es la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido.

SUJ = Es el sujeto o rol responsable de la ejecución de la tarea.

ODIR = Es la descripción del objeto directo, producto o contenido de aprendizaje identificado en el objetivo de aprendizaje.

ODIR se define como en 2:

$$ODIR = DescripProd + Def + Term + He + Me + Prin \quad (2)$$

donde,

DescripProd = Es la descripción del producto identificado.

Def = Son todas las definiciones incluidas en el contenido de aprendizaje.

Term = Son todos los terminos incluidos en el contenido de aprendizaje.
He = Son todos los hechos incluidos en el contenido de aprendizaje.
Me = Son todos los métodos incluidos en el contenido de aprendizaje.
Prin = Son todos los principios incluidos en el contenido de aprendizaje.

DescripProd se define como en 3:

$$DescripProd = Prop + Obj + Alc \quad (3)$$

donde,

Prop = Es el propósito del producto identificado en el objetivo de aprendizaje.
Obj = Es el objetivo del producto identificado en el objetivo de aprendizaje.
Alc = Es el alcance del producto identificado en el objetivo de aprendizaje.

Un contenido de aprendizaje puede incluir más de una *definición*, más de un *término*, más de un *hecho*, más de un *método* y más de un *principio*, por lo que si se encuentra uno o más de los cinco atributos en el contenido de aprendizaje siempre va ser equivalente al valor del atributo asignado en la Figura 3.6.

Con base en la métrica establecida, un recurso de aprendizaje de tipo contenido se considera relevante (R) si cumple con la siguiente condición:

$$RECACont = \begin{cases} R, & \text{si } \sum RelevanceRECACont \geq 0.75 \wedge \sum RelevanceRECACont \leq 1 \\ Irrelevante, de otra manera \end{cases}$$

donde,

RECACont = Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido.
R = Relevante
RelevanceRECACont = Es la sumatoria de todos los atributos definidos.

Se establece un umbral de [0.75 - 1] ya que este tipo de recurso es relevante si al menos contiene los siguientes atributos: *descripción del producto*, *términos*, *definiciones* o todo el *objeto directo* y el *sujeto*. Estos atributos se asocian de manera razonable con el diseño o construcción de un tema determinado.

Para ejemplificar la métrica definida, en la Figura 3.7 se muestra un extracto de un contenido de aprendizaje relacionado al producto identificado en el objetivo de aprendizaje formulado en la Figura 3.5 de la sección 3.2.2. En el contenido se identifican los atributos *DescripProd=0.5*, *Def=0.125* y *Term=0.125* obteniendo un valor para *RelevanceRECACont* de 0.75; por lo tanto, este recurso de tipo contenido se considera relevante de acuerdo a los umbrales establecidos.

Plan de Proyecto

- **Definición del producto:** Documento formal usado como guía para la ejecución y control del proyecto.
- **Descripción del producto:** Presenta como se ejecutarán los procesos y actividades del proyecto para asegurar la finalización exitosa del proyecto y la calidad de los productos entregables.

Elementos de un Plan de Proyecto ISO 29110

- 1) Descripción del producto
 - Propósito
 - Requisitos generales del cliente
 - 2) Descripción del alcance de lo que esta incluido y lo que no.
 - 3) Objetivos del proyecto
 - 4) Entregables – lista de productos a entregar al cliente
 - 5) Tareas, incluida la verificación, validación y revisiones con el Cliente y el Equipo de trabajo, para garantizar la calidad de los productos de trabajo. Las tareas pueden representarse como una estructura de desglose del trabajo (WBS).
 - 6) Duración estimado de tareas
- DescripProd*

Elementos de un Plan de Proyecto ISO 29110

- 7) Recursos (personas, materiales, estándares, equipos y herramientas) que incluyen la capacitación requerida y el calendario de cuando se necesitan los recursos.
 - 8) Composición del equipo de trabajo.
 - 9) Programación de las tareas del proyecto, la fecha de inicio y finalización esperadas para cada tarea y la relación y las dependencias de las tareas.
 - 10) Esfuerzo estimado y costo.
 - 11) Identificación de riesgos del proyecto.
 - 12) Estrategia de control de versiones.
 - Herramientas o mecanismos de repositorio de productos identificados.
 - Localización y mecanismos de acceso para el repositorio específico.
- Term y Def*
- Term*

Figura 3.7. Extracto de un contenido de aprendizaje.

3.2.4 Métrica para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación

En la Figura 3.8, se muestran los atributos y los pesos asignados para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación. Como se muestra estos dos tipos de recursos necesitan términos clave incluidos en el contenido de aprendizaje para generar las actividades y las evaluaciones.

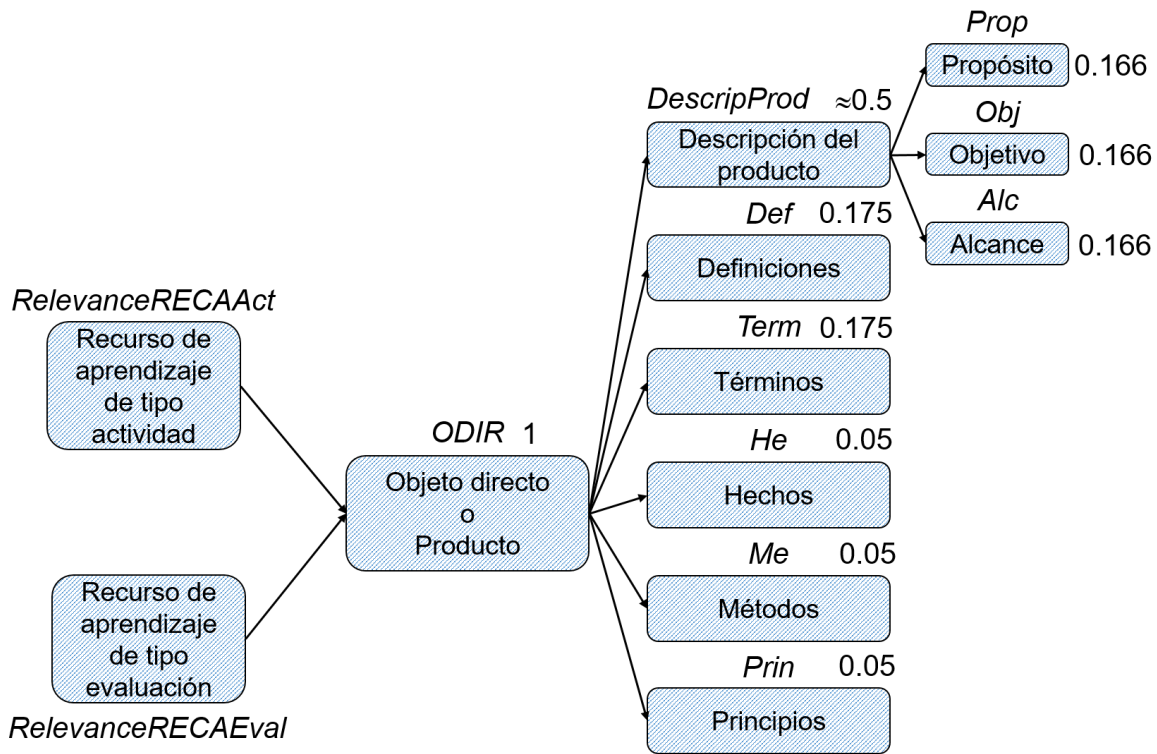


Figura 3.8. Definición de atributos y asignación de pesos para medir la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación.

Con base en los atributos y los pesos asignados, la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación definidos en la sección 2.1.5 del capítulo 2, está en función del objeto directo o producto identificado en el objetivo de aprendizaje y se define como en 4:

$$\begin{aligned}
 f: ODIR &\rightarrow RelevanceRECAct \\
 f: ODIR &\rightarrow RelevanceRECAEval
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

donde,

ODIR = Es el objeto directo, producto o contenido de aprendizaje identificado en el objetivo de aprendizaje.

RelevanceRECAAct = Es la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad.

RelevanceRECAEval = Es la relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación.

ODIR se define como en 5:

$$ODIR = DescripProd + Def + Term + He + Met + Prin \quad (5)$$

donde,

DescripProd = Es la descripción del producto identificado.

Def = Son todas las definiciones incluidas en el contenido de aprendizaje.

Term = Son todos los terminos incluidos en el contenido de aprendizaje.

He = Son todos los hechos incluidos en el contenido de aprendizaje.

Me = Son todos los métodos incluidos en el contenido de aprendizaje.

Prin = Son todos los principios incluidos en el contenido de aprendizaje.

DescripProd se define como en 6:

$$DescripProd = Prop + Obj + Alc \quad (6)$$

donde,

Prop = Es el propósito del producto identificado en el objetivo de aprendizaje.

Obj = Es el objetivo del producto identificado en el objetivo de aprendizaje.

Alc = Es el alcance del producto identificado en el objetivo de aprendizaje.

Un recurso de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación definidos en la sección 2.1.5 del capítulo 2, se consideran relevantes si ambos cumplen con la siguiente condición:

$$RECAAct, RECAEval = \begin{cases} R, & \text{if } R \geq 0.175 \wedge R \leq 1, \\ \text{irrelevante}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

donde,

R = Relevante

RECAAct = Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad.

RECAEval = Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación.

Se establece un umbral de [0.175-1] debido a que estos tipos de recursos al menos necesitan *términos*, *definiciones* o todo el *objeto directo* para generar las practicas, acciones y preguntas que se requieren para cumplir con el objetivo de aprendizaje.

Con base en el extracto del contenido de aprendizaje mostrado en la Figura 3.7 de la sección 3.2.3, en la Figura 3.9 se muestra una parte de un recurso de aprendizaje de tipo actividad. Como se observa, este tipo de recurso se genera a partir de los *términos* encontrados en el contenido de aprendizaje. Para este ejemplo, se obtiene un valor de relevancia de 0.175 debido a que sólo se incluyen *términos* en la actividad, por lo tanto, esta actividad no es relevante de acuerdo a nuestros umbrales establecidos. Lo que se requiere para que la actividad de aprendizaje sea relevante es, que se le agregue acciones alineadas al contenido de aprendizaje, esto origina que se identifiquen otros atributos y, que mejore la ponderación mejor.

Instrucciones I: Marca con una los elementos de un Plan de Proyecto

- Objetivo del proyecto →
- Duración estimado de tareas →
- Productos de trabajo
- Posibilidad de reportar el estado de los productos de trabajo
- Descripción de requisitos
- Estrategia de control de versiones
- Composición del equipo de trabajo
- Limitaciones de diseño y construcción: necesidades impuestas por el cliente

Term

Figura 3.9. Extracto de un recurso de aprendizaje de tipo actividad.

En la Figura 3.10, se muestra un ejemplo de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación. Como se observa, este tipo de recurso se genera a partir de los términos encontrados en el contenido de aprendizaje mostrado en la Figura 3.7 de la sección 3.2.3. Para este ejemplo, se obtiene un valor de relevancia de 0.175 ya que se identifican únicamente *términos* en el contenido del recurso, por lo tanto, esta evaluación no es relevante de acuerdo a nuestros umbrales establecidos. Lo que se requiere para que la evaluación de aprendizaje sea relevante es, que se le agregue preguntas alineadas al contenido de aprendizaje, esto origina que se identifiquen otros atributos y que la ponderación mejore.

LWSAssesment_task11_1

✓ **Instrucciones: Selecciona una opción**

1.- ¿La "Descripción del Producto" es un elemento del Plan de Proyecto?

Verdadero Falso

Correcto

2.- ¿El "esfuerzo estimado y costo" es un elemento del Plan de Proyecto?

Verdadero Falso

Correcto

3.- ¿El Plan de Proyecto es un producto usado para requerimientos de software?

Verdadero Falso

Incorrecto

Term

Figura 3.10. Ejemplo de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación.

3.3 Discusión

En este capítulo se presentó la definición formal del concepto del proceso de negocio, debido a que un proceso de negocio es la fuente requerida para iniciar la solución descrita en esta investigación. Así mismo, en este capítulo se definieron tres métricas para determinar si los recursos de aprendizaje generados son o no relevantes. Los hallazgos y las dificultades fueron los que a continuación se describen:

- Para lograr la formalización de la definición de un proceso de negocio, fue necesario realizar un estudio de diversas definiciones, esto con el fin de estandarizar y lograr incluir todos los elementos que incluye un proceso de negocio.
- En la formalización se detecta que el nivel específico del proceso de negocio que son las tareas, proporciona los elementos necesarios para generar los recursos de aprendizaje. Así mismo, las tareas son ejecutadas por varios

roles y son recomendaciones o requerimientos cuyo objetivo es contribuir al logro de uno o más objetivos de un proceso.

- Con respecto a las métricas definidas se detecta que es necesario partir de lo que se quiere medir, en este caso la relevancia de un recurso de aprendizaje. Para ello, se plantea una definición propia del concepto de relevancia de un recurso de aprendizaje y a partir de dicha definición se identifican las propiedades que se requieren medir. Para este caso, las propiedades a medir tienen relación directa con las definiciones de los cuatro elementos estructurales pedagógicos del conocido objeto de aprendizaje que son: el objetivo de aprendizaje, contenido de aprendizaje, actividades de aprendizaje y evaluaciones de aprendizaje. Estos 4 elementos se definen en el capítulo 2, en específico en la sección 2.1.5.
- Una de las dificultades para aplicar las métricas propuestas fue que se tiene que revisar manualmente el recurso de aprendizaje para detectar los atributos que involucran las métricas y de esta manera sumar la ponderación asignada para cada atributo encontrado. Por otro lado, se puede experimentar con otros valores para los umbrales establecidos y de esta manera lograr que los recursos de aprendizaje a medir sean más exactos en cuanto a la definición del concepto de relevancia propuesto.

Capítulo 4

Implementación de la solución

En este capítulo se presenta la descripción de las actividades que se siguieron para implementar la solución y de esta manera solventar el problema descrito en la sección 1.2 del capítulo 1.

4.1 Descripción de la solución

Para generar recursos de aprendizaje relevantes o con valor, en esta tesis se considera que es necesario partir de lo que realmente quieren aprender las personas para capacitación en un contexto organizacional. Para ello, se toman en cuenta las tareas que se llevan a cabo en procesos de negocio y a partir de este nivel se generan los recursos de aprendizaje centrados en las exigencias de dichas tareas. El proceso de negocio captura las actividades formadas por una o más tareas ejecutadas por roles, que una organización realiza para lograr sus objetivos. Las tareas representan el nivel más específico del proceso de negocio. Estas proporcionan los elementos necesarios para generar los recursos de aprendizaje relevantes.

La solución al problema descrito en esta investigación, está definido en el desarrollo de 3 actividades presentadas en la Figura 4.1. La primera actividad consiste en seleccionar un proceso de negocio documentado, con el objetivo de identificar las actividades, tareas y roles. La segunda actividad consiste en que las tareas identificadas definen a los recursos de aprendizaje, que pueden ser contruidos o extraídos de las bases de conocimiento de la organización alimentadas por sus propios procesos. Finalmente, como tercera actividad los recursos de aprendizaje se empaican en servicios Web para su publicación.

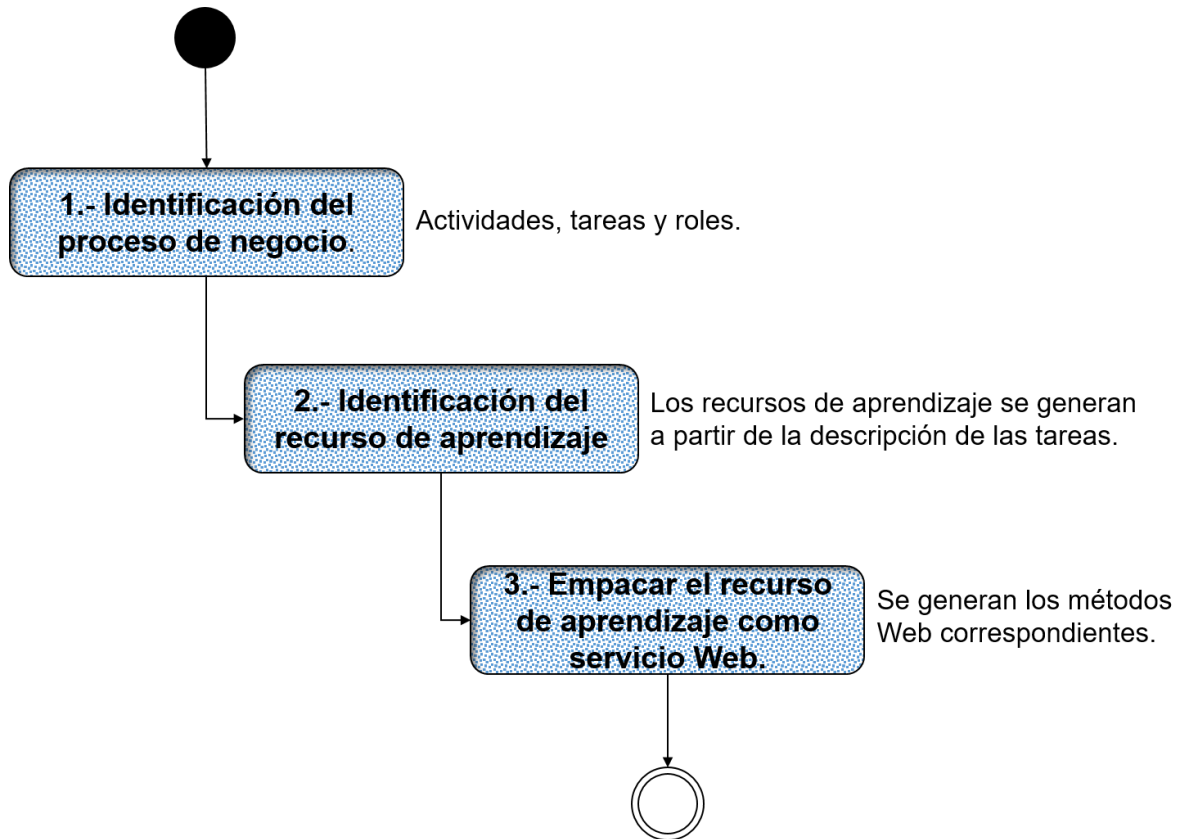


Figura 4.1. Propuesta de solución.

4.1.1 Identificación del proceso de negocio

En esta primera actividad de la solución, se selecciona un proceso de negocio definido por una organización y se extraen los elementos que conforman a tal proceso de negocio, es de interés particular, el nivel más específico de un proceso de negocio que son las tareas.

4.1.2 Identificación del recurso de aprendizaje

Relacionar el recurso de aprendizaje con las tareas del proceso de negocio seleccionado se lleva a cabo mediante la formulación de objetivos de aprendizaje, a partir de la descripción de las tareas. En la Figura 4.2, se describen ocho actividades para relacionar el recurso de aprendizaje con las tareas del proceso de negocio seleccionado.

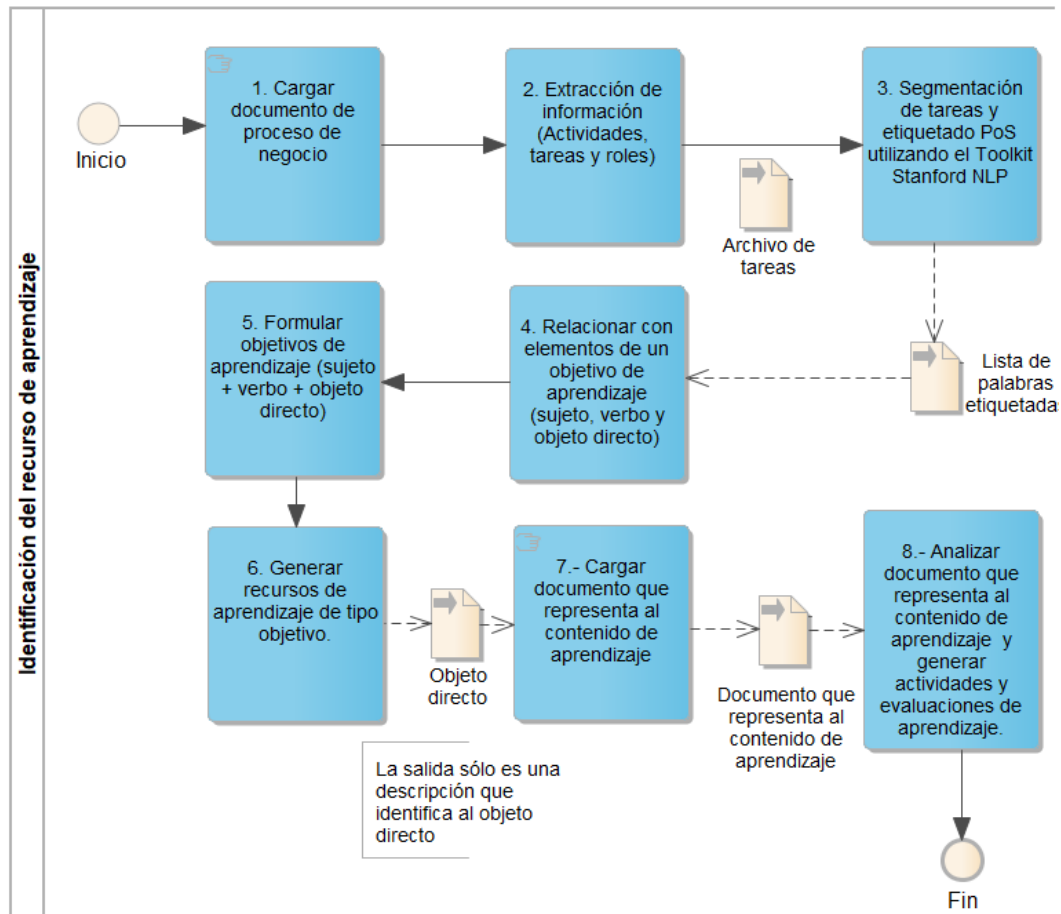


Figura 4.2. Actividades para identificar el recurso de aprendizaje.

- 1) *Cargar documento de proceso de negocio*: en esta actividad se realiza la carga de la fuente de información, en este caso, un documento en formato PDF o Excel que describe a un proceso de negocio definido por la organización. Previo a la carga, se tienen que revisar las descripciones de las tareas manualmente y llevar a cabo la normalización de textos. La normalización de textos, se refiere a corregir errores ortográficos, uniformización en el uso de minúsculas, acentos, signos de puntuación y abreviaciones.
- 2) *Extracción de información*: en esta actividad se realiza la extracción de la información. Para propósitos de esta investigación son de interés los elementos de un proceso de negocio según el estándar ISO/IEC 12207, que son actividades, tareas y roles.
- 3) *Segmentación de tareas y etiquetado PoS utilizando el Toolkit Stanford NLP*: el Toolkit Stanford NLP recibe como entrada un archivo que contiene descripciones de tareas del proceso de negocio seleccionado en el número 1). Como salida, por cada tarea se proporciona un conjunto de tokens etiquetados derivados de las descripciones en el archivo de entrada. A cada token se le aplica el etiquetado PoS de Stanford para su identificación, es

decir, para determinar si un token es un sujeto, un verbo, un objeto directo, entre otros.

- 4) *Relacionar con los elementos de un objetivo de aprendizaje:* en esta actividad se relaciona la lista de tokens etiquetados obtenidos de la actividad del número 3), con los elementos que conforman a un objetivo de aprendizaje. De acuerdo a [52], para que un objetivo de aprendizaje sea completo al menos debe de tener tres elementos que son: sujeto, verbo y objeto directo.
- 5) *Formular objetivo de aprendizaje:* en esta actividad se realiza la unión de palabras para formular objetivos de aprendizaje. En esta actividad se formula el objetivo de manera correcta agregando términos de apoyo para que el objetivo sea coherente.
- 6) *Generar recursos de aprendizaje de tipo objetivo:* en esta actividad los objetivos formulados en la actividad del número 5), se expresan en un documento PDF y de esta manera se da lugar a un recurso de aprendizaje de tipo objetivo.
- 7) *Cargar el documento que representa al contenido de aprendizaje:* el objeto directo que se identifica en el objetivo de aprendizaje representa a un contenido de aprendizaje. En esta actividad se realiza la carga de un documento en formato PDF que representa al contenido de aprendizaje.
- 8) *Analizar el documento que representa al contenido de aprendizaje y generar actividades y evaluaciones de aprendizaje:* en esta actividad se analiza el documento que representa al contenido de aprendizaje. Para ello, se utiliza el Toolkit Stanford NLP y se generan actividades y evaluaciones de aprendizaje en formato PDF y HTML a partir del contenido de aprendizaje. Las actividades y las evaluaciones generadas representan a los recursos de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación.

4.1.3 Empacar el recurso de aprendizaje como servicio Web

La tercera actividad de la solución es empacar los recursos de aprendizaje en formato de servicios Web de tipo REST o SOAP. Se opta por empacar los recursos como servicios Web ya que éstos, por definición, son reutilizables y débilmente acoplados. Además, al encapsular un recurso de aprendizaje como servicio Web, se puede utilizar una serie de características propias de los servicios Web (WSDL, SOAP, UDDI, OWL, etc.) para describir y descubrir los servicios.

4.2 Discusión

Los hallazgos y dificultades que se obtuvieron al implementar la solución fueron los que a continuación se describen:

- Al iniciar el proceso de investigación se generaron manualmente recursos de aprendizaje a partir del proceso propuesto, lo cual demandó mucho tiempo y esfuerzo en el proceso de generación. Además, para relacionar el proceso de estudio con el recurso de aprendizaje se realizaba manualmente, lo que

podía generar errores humanos. Para solventar la dificultad anterior, se detectó que las técnicas del Procesamiento del Lenguaje Natural podían aportar al proceso de generación de los recursos de aprendizaje. Se tuvieron que estudiar a fondo varios Toolkits que podían aportar al trabajo y se decidió en utilizar Stanford NLP por su flexibilidad.

- Una vez que se seleccionó el Toolkit Stanford NLP se desarrolló una herramienta que implementa las ocho actividades descritas en la sección 4.1.2. Para su desarrollo se afrontaron varios retos como son: normalización de textos, tokenización, etiquetado PoS, extracción de tripletas e identificación de objetos directos. El encontrar las tripletas sujeto – verbo – objeto directo fue difícil, ya que con oraciones largas el Toolkit no funcionaba correctamente. Además, extraer los textos del PDF donde se describe al proceso de estudio fue todo un reto debido a que dichos textos no vienen bien formateados y su extracción fue compleja.

Capítulo 5

Caso de estudio y casos de prueba

En este capítulo se presenta un caso de estudio para mostrar cómo se aplica la solución propuesta en esta investigación. Así mismo, se presentan algunos de los casos de prueba que se generaron para validar la solución.

La solución propuesta en esta investigación está formada por tres actividades que son: *identificación del proceso de negocio*, *identificación del recurso de aprendizaje* y el *empacado del recurso de aprendizaje como servicio*. Estas tres actividades se explican a detalle en el capítulo 4. A continuación, se presenta lo que se hace en cada actividad para mostrar el funcionamiento de la propuesta de solución. Para ello, se toma como muestra un proceso de negocio real de la industria del software llamado “*Administración de Proyectos Específicos*”.

5.1 Identificación del proceso de negocio

Con el propósito de mostrar el funcionamiento de la solución propuesta en esta investigación, se selecciona el proceso de *Administración de Proyectos Específicos* propuesto en [54]. Este proceso se selecciona porque es un proceso que se adapta a la definición del estándar ISO/IEC 12207 utilizada en esta investigación.

En la Figura 5.1, se ilustra el proceso de *Administración de Proyectos Específicos* en el nivel de capacidad 1. En la Tabla 5-1, se identifican 14 tareas distribuidas en 3 actividades que son: a_1 : Planificación, a_2 : Realización y a_3 : Cierre. Las 14 tareas son ejecutadas por 4 roles que son: Responsable de Gestión de Proyectos (RGPY), Responsable de la Administración del Proyecto Específico (RAPE), Responsable de Desarrollo y Mantenimiento de Software (RDM) y el cliente (CL).

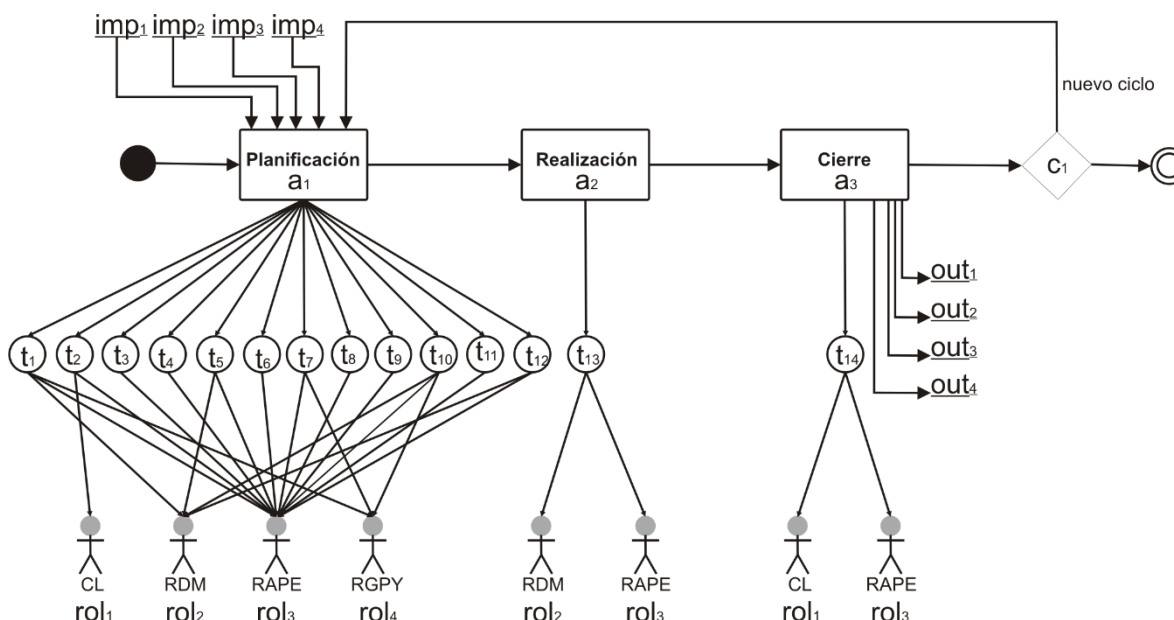


Figura 5.1. Proceso de Administración de Proyectos Específicos en el nivel de capacidad 1.

Tabla 5-1. Actividades, tareas y roles identificados.

Descripción	
Rol	Tarea
a₁: Planificación	
RGPY RAPE RDM	t1. Revisar con el Responsable de Gestión de Proyectos la <i>Descripción del Proyecto</i> .
RAPE CL	t2. Definir <i>conjuntamente</i> con el Cliente el <i>Protocolo de Entrega</i> de cada uno de los entregables especificados en la <i>Descripción del Proyecto</i> .
RAPE	t3. Identificar el número de ciclos y las actividades específicas que deben llevarse a cabo para producir los entregables y sus componentes identificados en la <i>Descripción del Proyecto</i> . Identificar las actividades para llevar a cabo el <i>Protocolo de Entrega</i> . Documentar el resultado como <i>Ciclos y Actividades</i> .
RAPE	t4. Identificar y documentar la relación y dependencia de cada una de las actividades.
RAPE RDM	t5. Establecer el <i>Tiempo Estimado</i> para desarrollar cada actividad.
RAPE	t6. Elaborar el <i>Plan de Adquisiciones y Capacitación</i> , definiendo las características y el calendario en cuanto a recursos humanos, materiales, equipo y herramientas, incluyendo la capacitación requerida para que el equipo de trabajo pueda desempeñar el proyecto.
RGPY RAPE	t7. Conformar el <i>Equipo de Trabajo</i> , asignando roles y responsabilidades basándose en la <i>Descripción del Proyecto</i> .
RAPE	t8. Asignar fechas de inicio y fin a cada una de las actividades para generar el <i>Calendario</i> de trabajo tomando en cuenta los recursos asignados, la secuencia y dependencia de las actividades.
RAPE	t9. Evaluar y documentar el <i>Costo Estimado del proyecto</i> .

Descripción	
Rol	Tarea
RGPY RDM RAPE	t10. Identificar, describir y evaluar los riesgos que pueden afectar el proyecto, que contemple riesgos relacionados con el equipo de trabajo incluyendo el Cliente y a los usuarios, riesgos con la tecnología o la metodología, riesgos con la organización del proyecto (costo, tiempo, alcance y recursos) o riesgos externos al proyecto. Identificar la probabilidad e impacto de cada riesgo estimando sus implicaciones en los objetivos del proyecto (análisis cualitativo). Priorizar los efectos de los riesgos sobre los objetivos del proyecto (análisis cualitativo). Desarrollar procedimientos para reducir el impacto de los riesgos. Documentar en el <i>Plan de Manejo de Riesgos</i> o actualizarlo.
RAPE	t11. Generar o actualizar el <i>Plan del Proyecto</i> antes de iniciar un nuevo ciclo.
RAPE RDM	t12. Generar el <i>Plan de Desarrollo</i> en función del <i>Plan del Proyecto</i> o actualizarlo antes de iniciar un nuevo ciclo.
a₂: Realización	
RAPE RDM	t13. Acordar con el Responsable de Desarrollo y Mantenimiento del proyecto la asignación de tareas al <i>Equipo de Trabajo</i> incluyendo a los subcontratistas.
a₃: Cierre	
RAPE CL	t14. Formalizar la terminación del ciclo o del proyecto de acuerdo al <i>Protocolo de Entrega</i> establecido en el <i>Plan de Proyecto</i> y obtener el <i>Documento de Aceptación</i> .

5.2 Identificación del recurso de aprendizaje

Para generar los recursos de aprendizaje a partir del proceso de negocio identificado en la sección anterior, se realizan siete actividades descritas a detalle en la sección 4.1.2 del capítulo 4, que son necesarias para relacionar las tareas con los recursos de aprendizaje. Para agilizar el proceso de generación de los recursos de aprendizaje, se desarrolló una herramienta que automatiza las siete actividades. Para conocer a detalle las especificaciones de la herramienta se invita al lector a consultar el *Anexo A*.

A continuación, se describe con un ejemplo cada una de las siete actividades para la generación de los recursos de aprendizaje a partir del proceso seleccionado en la actividad anterior. En específico se toma como ejemplo la tarea 11 para ejemplificar el proceso de relación tarea – recurso de aprendizaje.

5.2.1 Cargar documento de proceso de negocio

El documento de proceso de negocio es la entrada inicial en la generación de los recursos de aprendizaje. En esta actividad se carga un archivo PDF o un archivo Excel, que describe al proceso de negocio seleccionado, en este caso el proceso de negocio de *Administración de Proyectos Específicos*. En la Figura 5.2, se muestra el módulo para realizar la carga del documento que describe al proceso de interés. Este módulo permite agregar, actualizar y eliminar documentos de procesos de negocio.

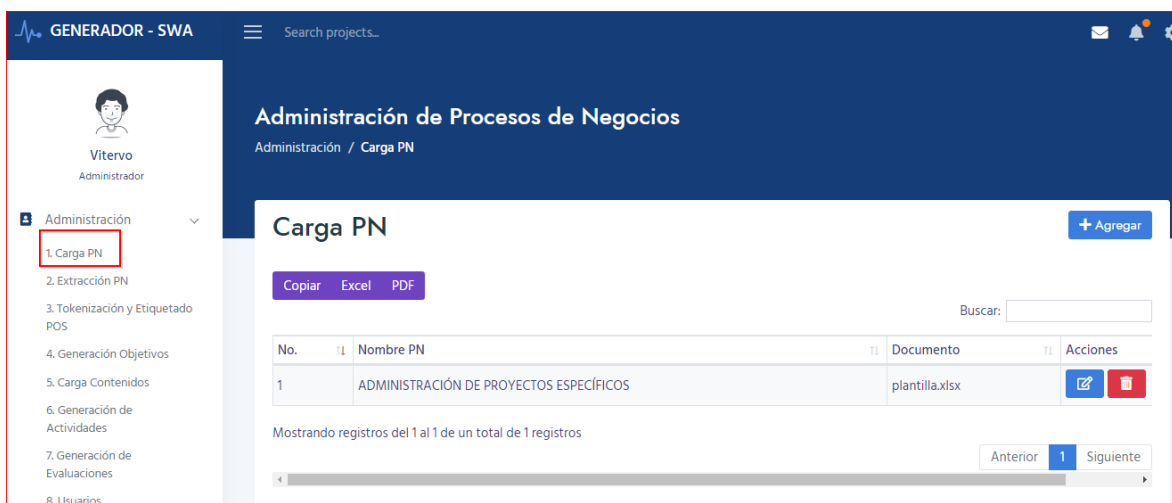


Figura 5.2. Módulo de carga del proceso de negocio de interés.

5.2.2 Extracción de información

Esta actividad consiste en analizar el documento cargado en el módulo de carga y extraer tres elementos importantes de la definición del proceso de negocio que son: actividades, tareas y roles. En la Figura 5.3, se muestra un ejemplo de la extracción realizada, la cual se puede llevar a cabo por cada proceso que se haya cargado y la información que se extrae se puede exportar y guardar como respaldo.



Figura 5.3. Módulo de extracción de información.

5.2.3 Segmentación de tareas y etiquetado PoS

Esta actividad consiste en segmentar las tareas y etiquetarlas, para ello se utilizan el Toolkit de Stanford NLP. Para explicar esta actividad se muestra la Figura 5.4.b, como se observa el Toolkit Stanford NLP recibe como entrada una tarea y ésta es

procesada por medio de la tokenización, que consiste en dividir las tareas en un conjunto de tokens (palabras). Una vez que ya se tiene la tarea tokenizada, los tokens son etiquetados por medio de la técnica de POS – tagger. El PoS - tagger consiste en asignarle una etiqueta PoS (un significado) a cada token de la tarea. Las etiquetas de cada token son de utilidad para relacionar los elementos de un objetivo de aprendizaje como se muestra en la Figura 5.4 c.

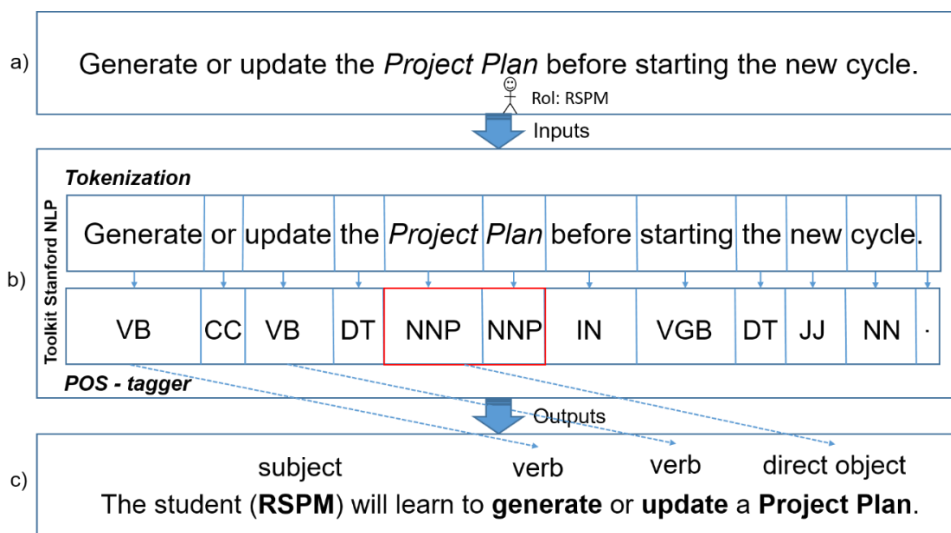


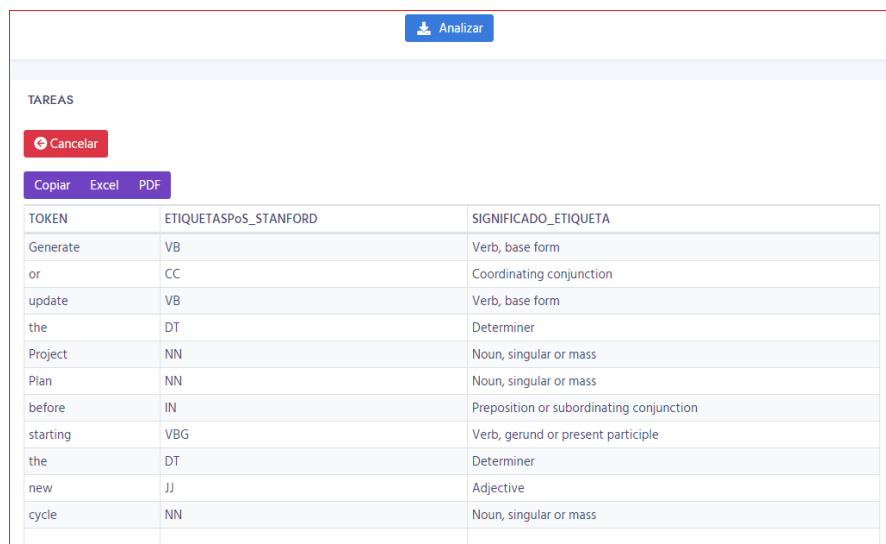
Figura 5.4. Ejemplo de tokenización, etiquetado PoS e identificación de los elementos para formular un objetivo de aprendizaje.

Para acceder al módulo de segmentación de tareas y etiquetado PoS (Figura 5.5) se tiene que seleccionar la opción 3 del menú de la herramienta.



Figura 5.5. Módulo de Tokenización y etiquetado PoS.

Al seleccionar la acción 1, señalada en color rojo en la Figura 5.5, se muestra el resultado de tokenizar y etiquetar una tarea específica con la herramienta desarrollada (Figura 5.6). Cada token tiene asignada una etiqueta y cada una de estas etiquetas tiene un significado que son de utilidad para formular los objetivos de aprendizaje.



TOKEN	ETIQUETASPoS_STANFORD	SIGNIFICADO_ETIQUETA
Generate	VB	Verb, base form
or	CC	Coordinating conjunction
update	VB	Verb, base form
the	DT	Determiner
Project	NN	Noun, singular or mass
Plan	NN	Noun, singular or mass
before	IN	Preposition or subordinating conjunction
starting	VBG	Verb, gerund or present participle
the	DT	Determiner
new	JJ	Adjective
cycle	NN	Noun, singular or mass
.	.	.

Figura 5.6. Resultado de tokenizar y etiquetar una tarea en específica.

5.2.4 Generación de recurso de aprendizaje de tipo objetivo

En la Figura 5.4.c de la sección anterior, se muestra claramente como el objetivo de aprendizaje se deriva a partir de la descripción de la tarea. Las etiquetas PoS son las requeridas para formular un objetivo de aprendizaje utilizando un sujeto, un verbo y un objeto directo.

En la Figura 5.7, se muestra que para generar un recurso de aprendizaje de tipo objetivo con la herramienta se tiene que seleccionar la opción 4 del menú. A partir de la descripción de las tareas (ver Figura 5.8), se pueden elegir tres opciones como sigue:

- **Opción 1.** Visualizar el recurso de aprendizaje de tipo objetivo formulado a partir de la descripción de la tarea. El objetivo de aprendizaje se visualiza en un documento PDF. Para crear el PDF se utiliza la librería iText.
- **Opción 2.** Guardar el recurso de aprendizaje de tipo objetivo en formato PDF.
- **Opción 3.** Descargar el objetivo de aprendizaje empacado en servicio Web.



Figura 5.7. GUI para generación de objetivos de aprendizaje.

TAREAS

Copiar Excel PDF

Tarea	Acciones
Identify, describe and evaluate the risks that may affect the project, including those related to the work team, Customer and the users, risks with technology or methodology, risks with project organization (cost, time, scope and resources) or external project risks. Identify the probability and impact of each risk, estimating its implications on project objectives (quantitative analysis). Prioritize the effects of risks on project goals (qualitative analysis). Develop procedures to reduce the impact of risks. Document or update in the Risk Management Plan.	
Generate or update the Project Plan before starting the new cycle. Furthermore, the Project Plan may be updated based on a Change Request by the Customer, Corrective Actions or Preventive Actions coming from Project Portfolio Management or Corrective Actions of this process.	1 2 3
Generate or update a Development Plan based on the Project Plan before starting a new cycle. Furthermore, the Development Plan must be updated as a result of the Change Request by the Customer, Corrective or Preventive Actions coming from Project Portfolio Management or Corrective Actions of this process.	

Figura 5.8. Generación de recursos de aprendizaje a partir de la descripción de las tareas.

En la Figura 5.9, se muestra un ejemplo de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo generado a partir de la descripción de la tarea. Este recurso se genera a partir de la acción 1 señalada en color rojo en la Figura 5.8 de la herramienta.

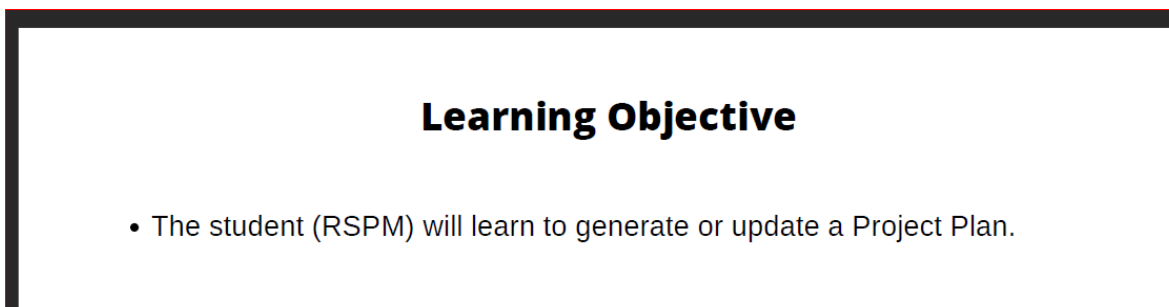


Figura 5.9. Ejemplo de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo.

5.2.5 Generación de recurso de aprendizaje de tipo contenido

Los objetos directos identificados en los objetivos de aprendizaje expresan a los contenidos de aprendizaje. Los cuales son un conjunto de tokens expresados en la descripción de las tareas que representan a un contenido de aprendizaje. Un objetivo de aprendizaje puede expresar uno o más objetos directos. En esta investigación los contenidos de aprendizaje son generados de manera manual en un formato PDF. Una vez que ya son generados, estos documentos se cargan en el módulo de “carga de contenidos” como se muestra en la Figura 5.10. En este módulo se pueden realizar dos acciones, la opción 1 es para cargar el documento PDF que representa al contenido de aprendizaje identificado en la descripción de la tarea y la opción 2 es para descargar el servicio Web que empaqueta al contenido de aprendizaje.

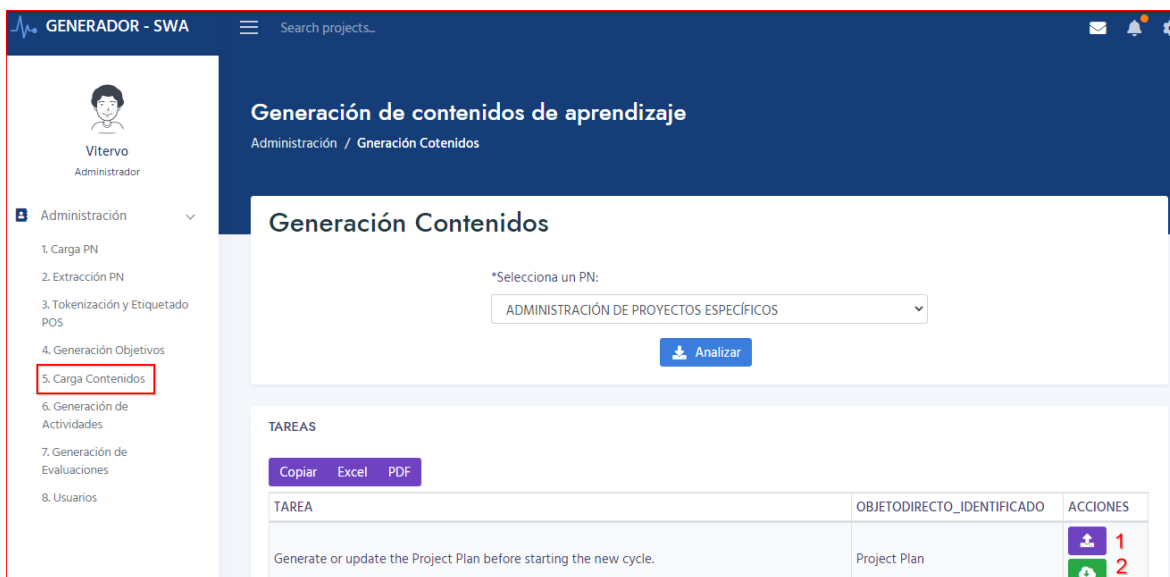


Figura 5.10. Módulo de carga de contenidos de aprendizaje.

En la Figura 5.11, se muestra un ejemplo de un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo contenido. El tamaño de estos contenidos depende del objeto

directo identificado en la descripción de la tarea, es decir, un contenido debe de poseer tanto como se requiera para lograr el objetivo de aprendizaje.

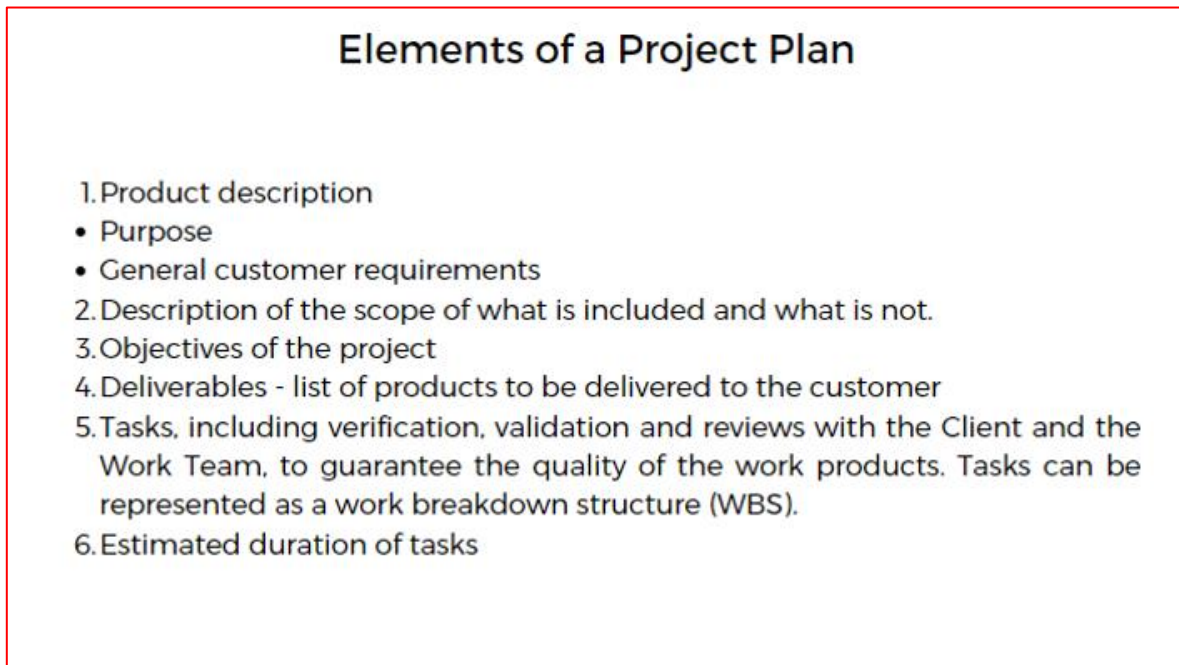


Figura 5.11. Extracto de un contenido de aprendizaje.

5.2.6 Generación de recursos de aprendizaje de tipo actividad

Para generar las actividades de aprendizaje, se utilizan los documentos PDF que representan a los contenidos de aprendizaje almacenados en la BD de conocimiento. Por ejemplo, en la Figura 5.12, se muestra el proceso que se sigue para generar las actividades del contenido de aprendizaje “Plan de proyecto”. Como se observa el contenido de aprendizaje se extrae de la base de conocimiento y la herramienta lo analiza de manera automática para identificar palabras clave como son: verbos y objetos directos. La extracción de textos se realiza utilizando la librería PDFBox y la identificación del significado de palabras se realiza con el Toolkit Stanford NLP. Las palabras clave son de utilidad para formar las actividades de aprendizaje. Una vez que se formulan las actividades de aprendizaje estas son expresadas en documentos PDF, para ello se utiliza la librería iText.

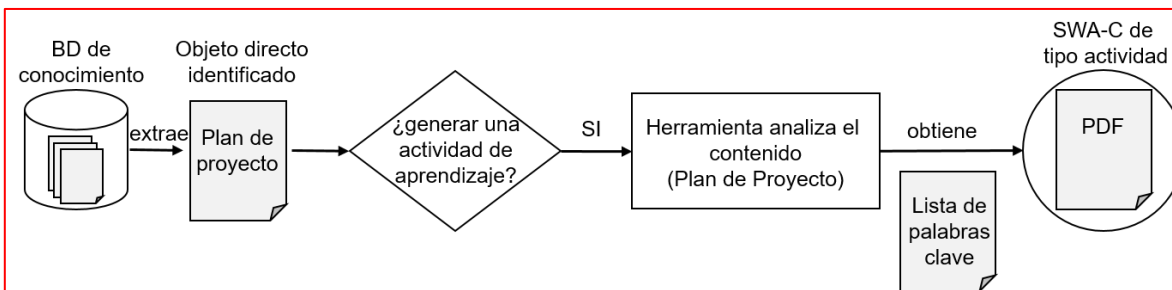


Figura 5.12. Flujo para generar actividades de aprendizaje.

En la Figura 5.13, se observa el proceso para generar las actividades de aprendizaje utilizando la herramienta desarrollada. Como se observa se tienen que realizar tres acciones señaladas en color rojo y consisten en lo siguiente:

1. **Opción 1.** Procesa documento PDF: en esta opción se realiza un análisis del documento para extraer términos claves como son verbos y objetos directos que son de utilidad para generar las actividades de aprendizaje. Este proceso es automático utilizando el etiquetado PoS y utilizando la librería de PDFBox. Este análisis es a nivel de oración.
2. **Opción 2.** Generación de actividades de aprendizaje: utilizando las palabras clave, las actividades de aprendizaje son generadas y éstas se pueden exportar y visualizar en PDF (ver Figura 5.14). Para ello se utiliza la librería iText.
3. **Opción 3.** En esta opción el recurso de aprendizaje se empaqueta en un servicio Web y se despliega como servicio.

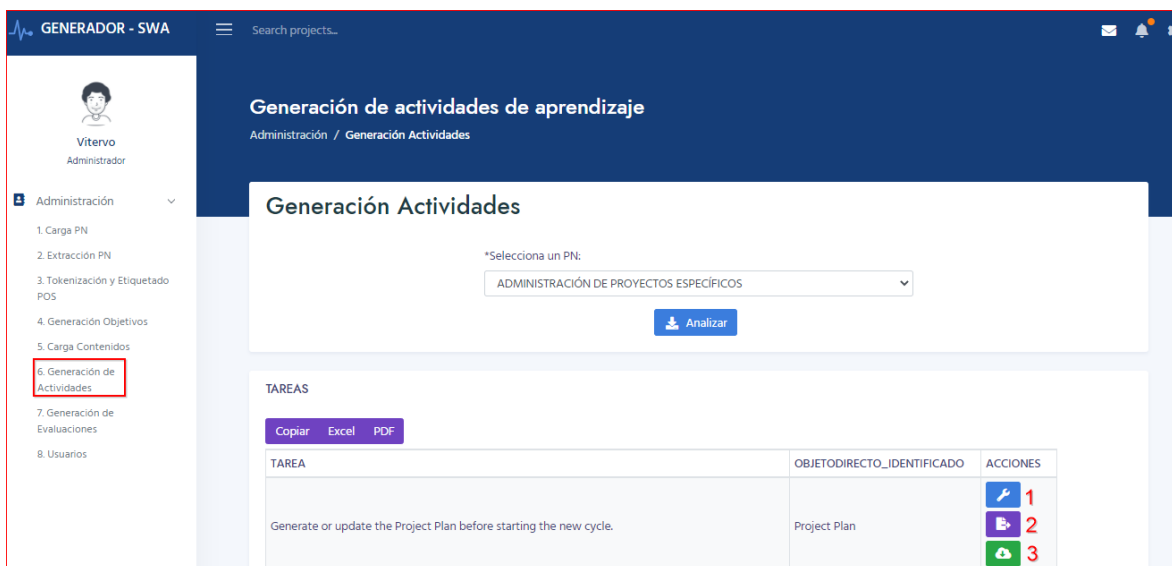


Figura 5.13. Módulo de generación de actividades de aprendizaje.

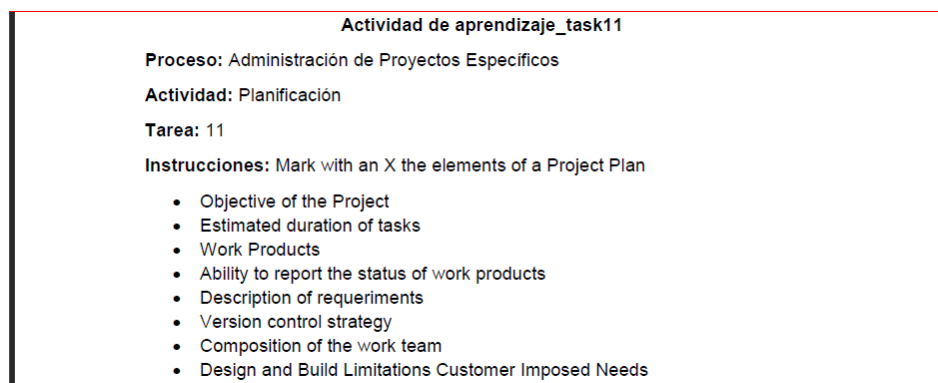


Figura 5.14. Ejemplo de un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo actividad.

5.2.7 Generación de recursos de aprendizaje de tipo evaluación

Las evaluaciones de aprendizaje son generadas a partir del documento que representa al contenido de aprendizaje. Este documento se identifica en la descripción de la tarea y esta expresado en el objetivo de aprendizaje. Para generar las evaluaciones se utiliza el mismo proceso que las actividades. Se inicia analizando el documento que representa al contenido de aprendizaje y a partir de éste se extraen términos clave que son de utilidad para formar preguntas acerca del contenido de aprendizaje. Las preguntas que se generan son del tipo ¿Qué?, ¿Quiénes?, ¿Cuáles?, ¿Es?, ¿Son?. En la Figura 5.15, se muestra el proceso que se utiliza para generar las evaluaciones utilizando la herramienta desarrollada, como se observa se utilizan tres opciones y consisten en lo siguiente:

- 1) **Opción 1.** Procesar documento PDF: en esta opción se realiza un análisis del documento PDF que representa al contenido de aprendizaje. Del documento se extraen términos claves como son verbos y objetos directos que son de utilidad para generar las evaluaciones de aprendizaje. Este proceso es automático utilizando el etiquetado PoS y utilizando la librería de PDFBox. Este análisis es a nivel de oración.
- 2) **Opción 2.** Generación de evaluaciones: utilizando las palabras claves identificadas en la opción 1, se formulan preguntas cerradas y se expresan en formato HTML (ver Figura 5.16).
- 3) **Opción 3.** Descargar recurso como servicio: en esta opción se descarga el recurso de aprendizaje empacado en servicio Web. Lo que se descarga es un archivo WSDL.

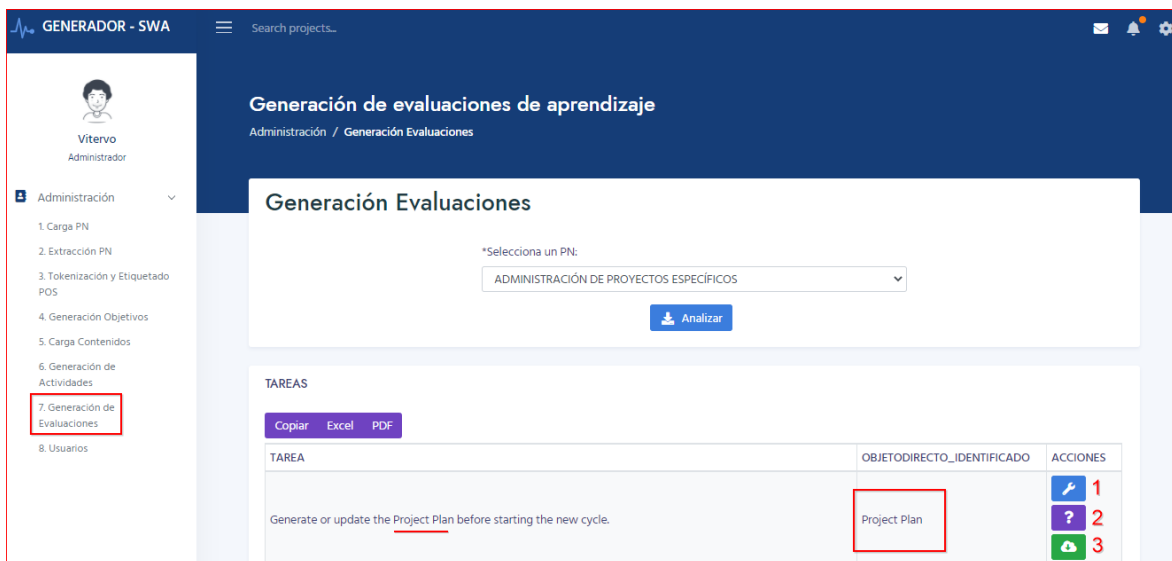


Figura 5.15. Módulo para generar las evaluaciones.

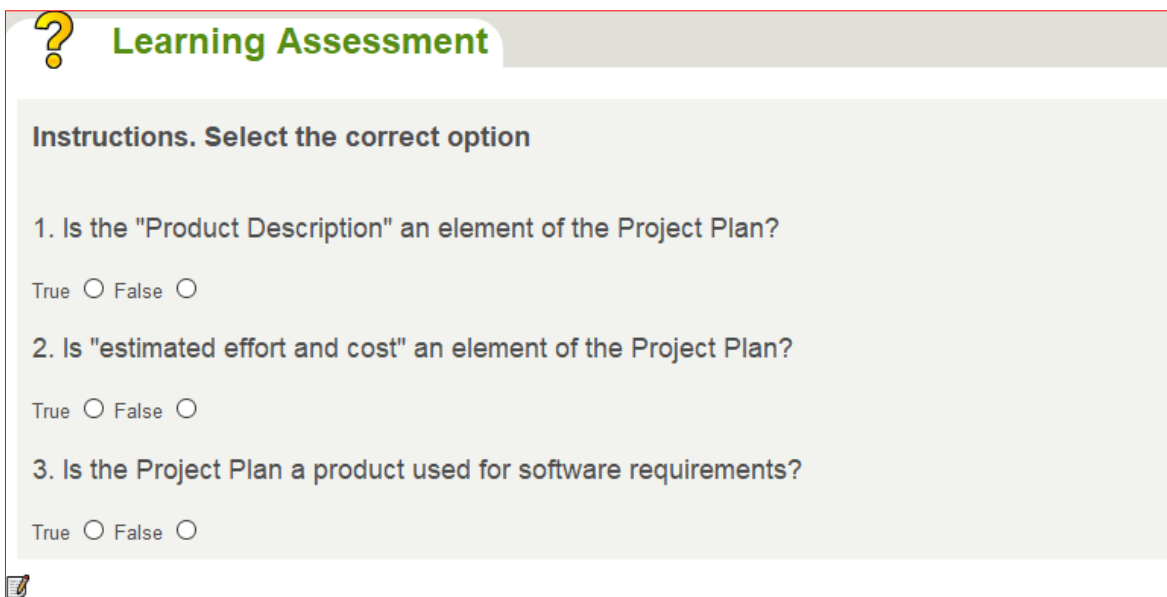



Figura 5.16. Ejemplo de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación.

5.3 Empacar el recurso de aprendizaje como servicio Web

La tercera actividad de la solución consiste en empacar los recursos de aprendizaje en formato de servicios Web. En la sección anterior se muestra que por cada módulo que genera un recurso de aprendizaje se puede utilizar la opción señalada con el icono  para ejecutar esta actividad. Al seleccionar dicha opción se generan de manera automática los métodos necesarios (ver Figura 5.18) para realizar el empacado del recurso de aprendizaje en formato de servicio Web. En la Figura 5.17,

se muestra el patrón de diseño Strategy que implementa la herramienta para lograr la generación de los servicios. A continuación, se describe a cada una de las clases que integran al patrón:

- La clase concreta *Context*: su única responsabilidad es instanciar una estrategia específica a través del método *ExecuteStrategy* y ejecutar la estrategia solicitada. Esta clase tiene agregado a un objeto Strategy.
- La interfaz *Strategy*: es una interfaz común a todas las estrategias permitidas.
- La clase concreta *GenerateSoap*: su única responsabilidad es crear los servicios de tipo SOAP e implementa a la interfaz Strategy.
- La clase concreta *GenerateRest*: su única responsabilidad es crear los servicios de tipo REST e implementa a la interfaz *Strategy*.

En su estado actual, la herramienta genera servicios Web de tipo Rest. Sin embargo, la herramienta ya tiene implementada la clase para generar servicios SOAP sin ser instanciada.

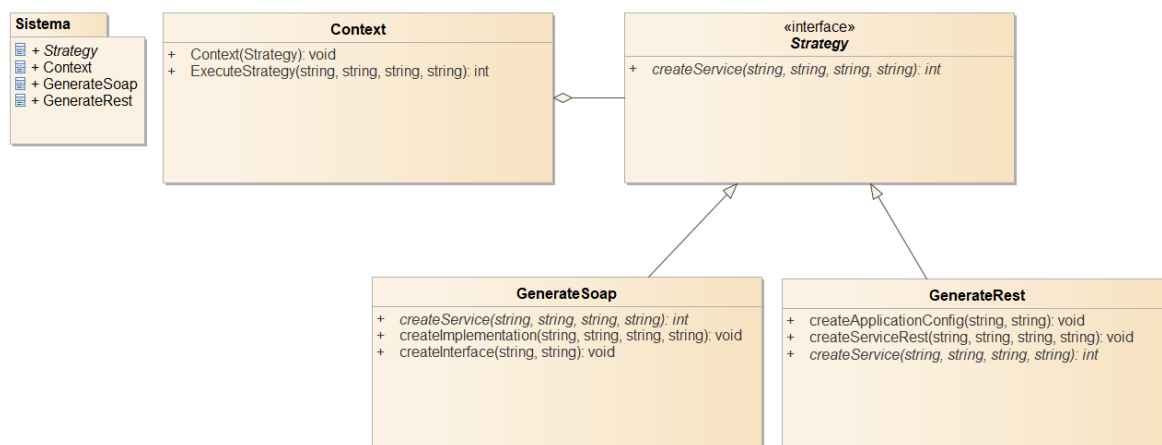


Figura 5.17. Patrón de diseño estrategia para generar los servicios Web.

```

@WebMethod(operationName = "send_archivo")
public String send_archivo();

@WebMethod(operationName = "send_contenido")
public String send_contenido();
  
```

Figura 5.18. Métodos utilizados para la generación de los servicios Web.

5.4 Casos de prueba

Los casos de prueba que a continuación se describen son generados a partir de las 14 tareas identificadas en la sección anterior. Por cada tarea se generan 4 tipos de

recursos de aprendizaje obteniendo un total de 56 recursos de aprendizaje. Para no ser redundantes únicamente se describen 2 casos de prueba y el resto se adjuntan en la carpeta “Casos de prueba” del CD anexo a esta tesis. El objetivo para cada caso de prueba es generar 4 tipos de recursos de aprendizaje a partir de la descripción de las tareas que integra al proceso de negocio. Una vez generados los recursos estos son evaluados para determinar si son o no relevantes utilizando las métricas propuestas.

5.4.1 Caso de prueba_1

En la Tabla 5-2, se describe el caso de prueba 01, en el cual se describe la entrada, el resultado esperado, el procedimiento y las instancias utilizadas.

Tabla 5-2. Caso de prueba_01.

Número/Nombre prueba:	Caso de prueba_01		
Autor:	Vitervo López Caballero	Fecha:	01/01/2021
Tipo de prueba:	Prueba de validación		
Objetivo:	Generar 4 tipos de recursos de aprendizaje con base en la descripción de la tarea de un proceso de negocio. Evaluar la relevancia de cada recurso de aprendizaje generado.		
Entrada:	Actividad: Planning Tarea: “Review <i>Project Description</i> with Responsible for Project Portolio Management”. Roles: RPPM, RSPM, RDM		
Resultado esperado:	Cuatro tipos de recursos de aprendizaje. Ponderación que indica si el recurso de aprendizaje generado es o no relevante.		
Procedimiento de la prueba:	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Inicio 2.- Se tokeniza la descripción de la tarea del proceso de negocio. 3.- Se realiza un etiquetado PoS para cada token para determinar su significado. 4.- Se genera un recurso de aprendizaje de tipo objetivo relacionando los tokens con los elementos de un objetivo de aprendizaje. 5.- Se genera un recurso de aprendizaje de tipo contenido a partir del objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje. El objeto directo representa el dominio del contenido de aprendizaje. 6.- Se genera un recurso de aprendizaje de tipo actividad, a partir del contenido de aprendizaje. 7.- Se generan un recurso de aprendizaje de tipo evaluación a partir del contenido de aprendizaje. 8.- Se mide la relevancia de cada recurso generado. 8.- Fin. 		
Instancias de prueba			
No. de instancia	Valor	Resultado esperado	
LearningResourceObjective_task1	$NToR = 3$ $\sum pesosAtributos \approx 1$	3 tokens intersectados y un ≈ 1 como suma de atributos.	

LearningResourceContent_task1	<i>DescripProd=0.5</i> <i>Term=0.125</i> <i>Def=0.125</i>	Que la suma de los pesos de los atributos encontrados en el contenido del recurso este dentro de un rango de [0.75 - 1], para que el recurso se considere relevante.
LearningResourceActivity_task1	Se encuentran términos relacionados al contenido de aprendizaje. <i>Term=0.175</i>	Que la suma de los pesos de los atributos encontrados en el contenido del recurso este dentro de un rango de [0.175 - 1], para que el recurso se considere relevante.
LearningResourceAssesment_task1	Se encuentran términos relacionados al contenido de aprendizaje. <i>Term=0.175</i>	Que la suma de los pesos de los atributos encontrados en el contenido del recurso este dentro de un rango de [0.175 - 1], para que el recurso se considere relevante.

A continuación, se presenta un extracto de cada una de las instancias generadas.

a) Recurso de aprendizaje de tipo objetivo (LearningResourceObjective_task1)

En Figura 5.19, se muestra el recurso de aprendizaje de tipo objetivo generado a partir de la descripción de la tarea 1. Como se observa este tipo de recurso se genera utilizando el sujeto, el verbo y el objeto directo identificados en la descripción de la tarea. Se toman únicamente estos tres elementos ya que un objetivo de aprendizaje se constituye al menos estos tres elementos de acuerdo a [52].

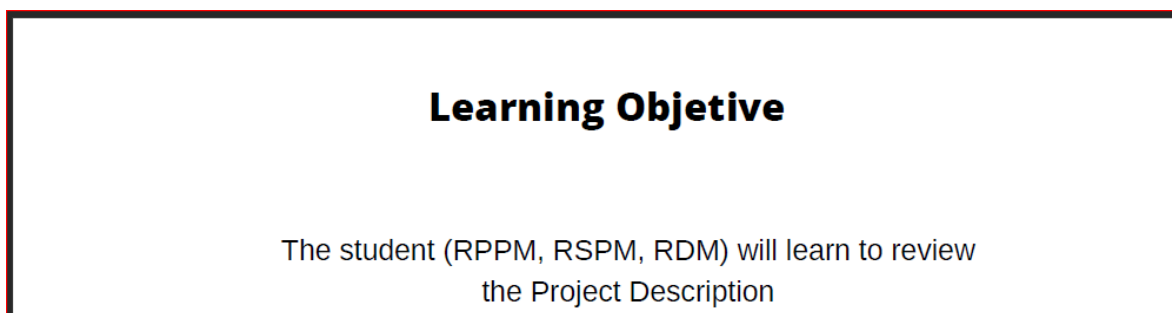


Figura 5.19. Recurso de aprendizaje de tipo objetivo_c1.

b) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo (LearningResourceObjective_task1)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje generado, se utilizan las métricas definidas en el capítulo 3. Lo que se busca es la intersección de tres palabras entre la descripción de la tarea y la descripción del objetivo de aprendizaje. Si estas tres palabras se encuentran, el objetivo de aprendizaje es relevante de acuerdo a la definición de relevancia propuesta en esta investigación. En la Figura 5.20, se puede observar que se encuentra un sujeto (color verde) en este caso el rol de la tarea que es, *RPPM, RSPM, RDM*. Así mismo, se encuentra un verbo (color azul) que es, *review*. Además, se encuentra un objeto directo (color rojo) que es, *Project Description*. Por lo tanto, de acuerdo a los umbrales establecidos ($NToR \geq 3 \wedge \sum pesosAtributos \approx 1$) de relevancia, este recurso es relevante para aprender la tarea 1 ya que se localizan los tres elementos necesarios para formular un objetivo de aprendizaje.

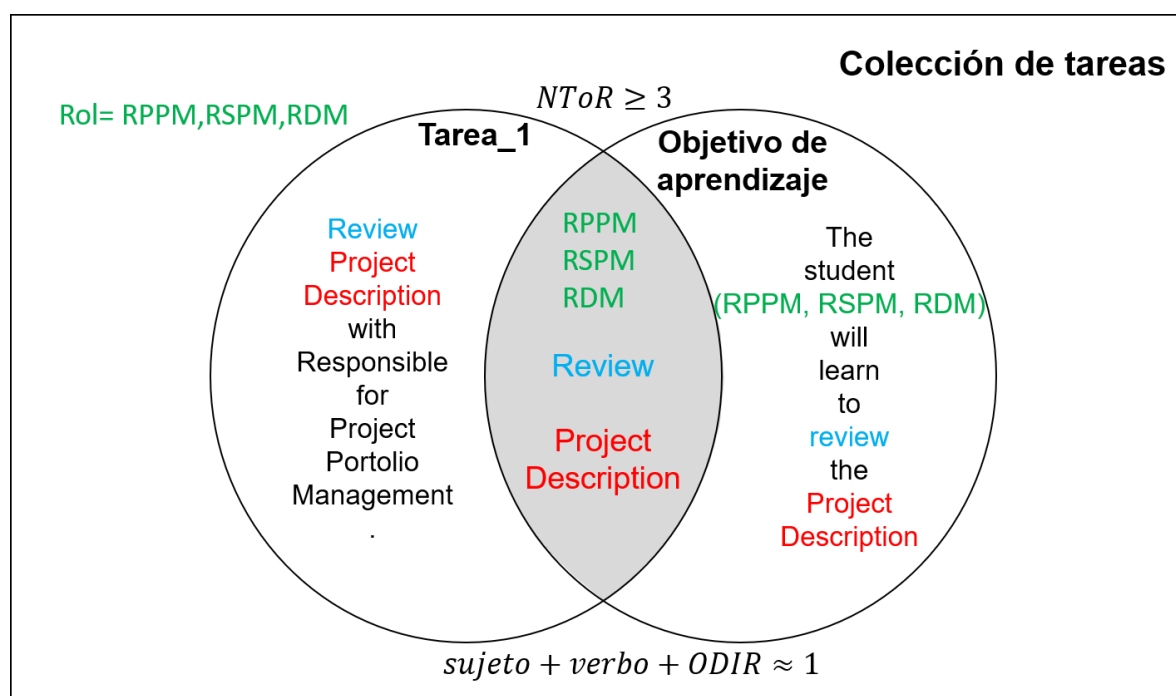


Figura 5.20. Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo_c1.

c) Recurso de aprendizaje de tipo contenido (LearningResourceContent_task1)

El objeto directo (color rojo) identificado en la descripción del objetivo de aprendizaje es el que representa al contenido de aprendizaje. Un extracto de este contenido de aprendizaje se muestra en la Figura 5.21, el cual está integrado por 14 páginas. El contenido de aprendizaje incluye los temas necesarios y suficientes para lograr el objetivo de aprendizaje. Cabe destacar que este contenido es generado a partir del

objeto directo identificado en la descripción de la tarea. El objeto directo es únicamente un conjunto de palabras que determinan el dominio del contenido de aprendizaje.

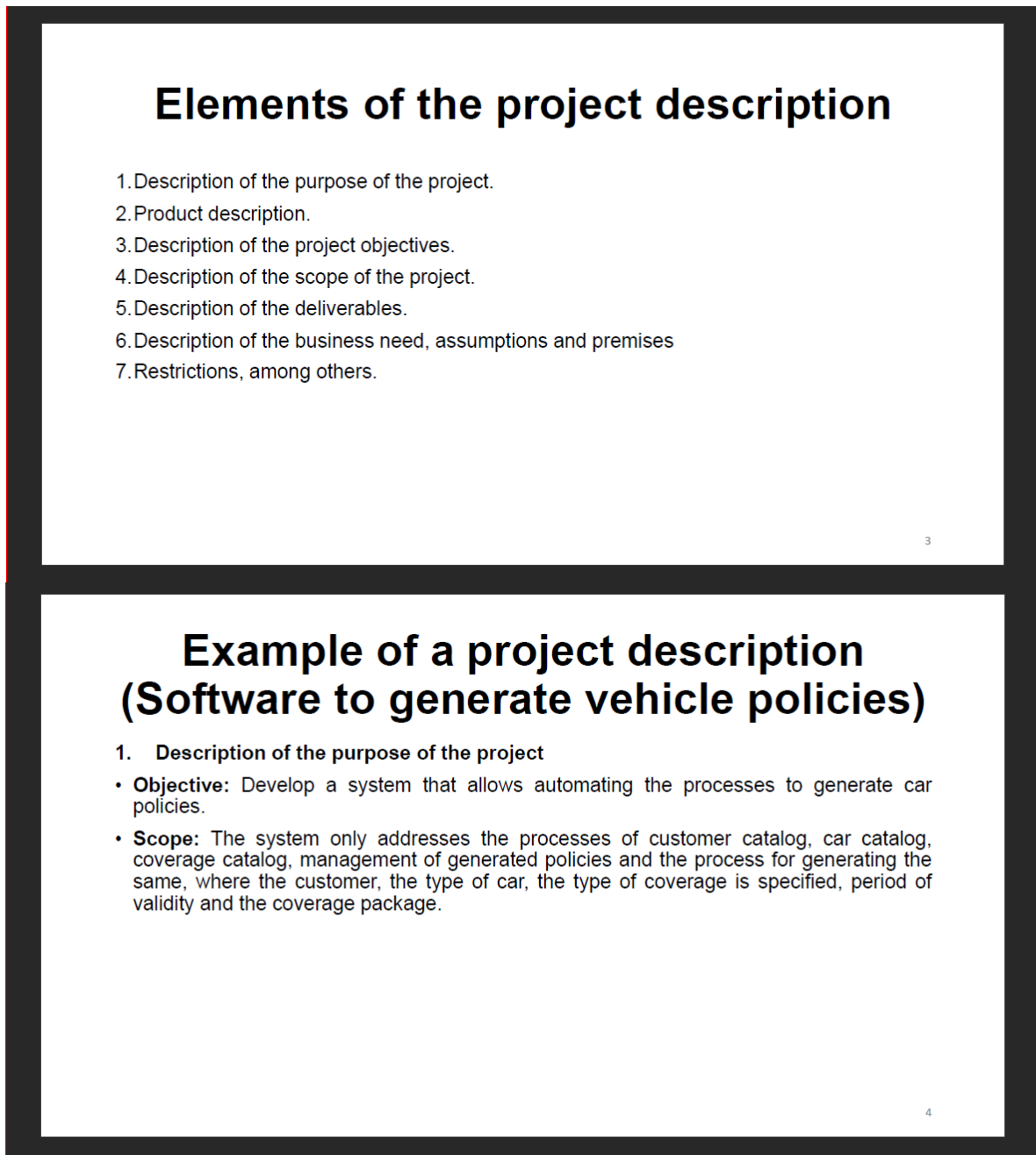


Figura 5.21. Extracto del contenido de aprendizaje que representa al objeto directo "Project Description"_c1.

d) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido (LearningResourceContent_task1)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje de tipo contenido, se utilizan las métricas definidas en el capítulo 3. Lo que se busca en este contenido de aprendizaje son los siguientes atributos: *Descripción del producto, definiciones, términos, hechos, métodos y principios*. Esta búsqueda es manual y se van sumando cuantos atributos se detectan en el contenido del aprendizaje. Si la suma total se encuentra dentro del umbral [0.75 - 1] el recurso de aprendizaje es relevante para lograr cumplir con el objetivo de aprendizaje. Caso contrario, es irrelevante. En la Figura 5.22, se muestra un extracto del contenido de aprendizaje y un ejemplo de los atributos encontrados en su contenido. Los atributos encontrados son: *DescripProd=0.5, Term=0.125 y Def=0.125* obteniendo un total de 0.75, por lo tanto, es un recurso de aprendizaje relevante de acuerdo a los umbrales establecidos en el capítulo 3, en específico en la sección 3.2.3.

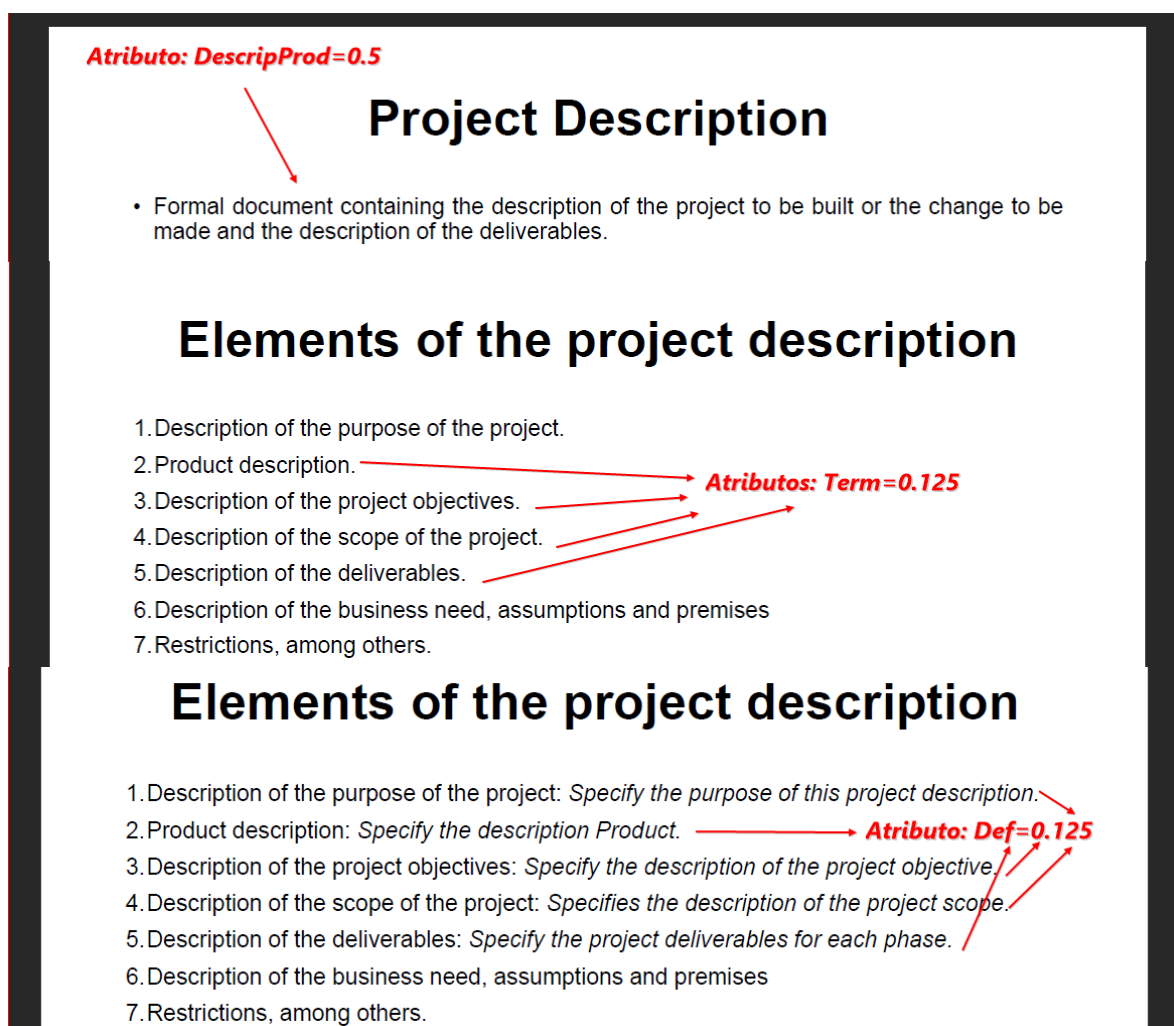


Figura 5.22. Identificación de atributos en un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo contenido_c1.

e) Recurso de aprendizaje de tipo actividad (LearningResourceActivity_task1)

A partir del recurso de aprendizaje de tipo contenido, se generan las actividades de aprendizaje. Las actividades son acciones que el alumno debe realizar como parte de la secuencia formativa de su aprendizaje. En la Figura 5.23, se muestra un extracto de una actividad de aprendizaje. El recurso de aprendizaje contiene dos actividades generadas a partir del contenido de aprendizaje.

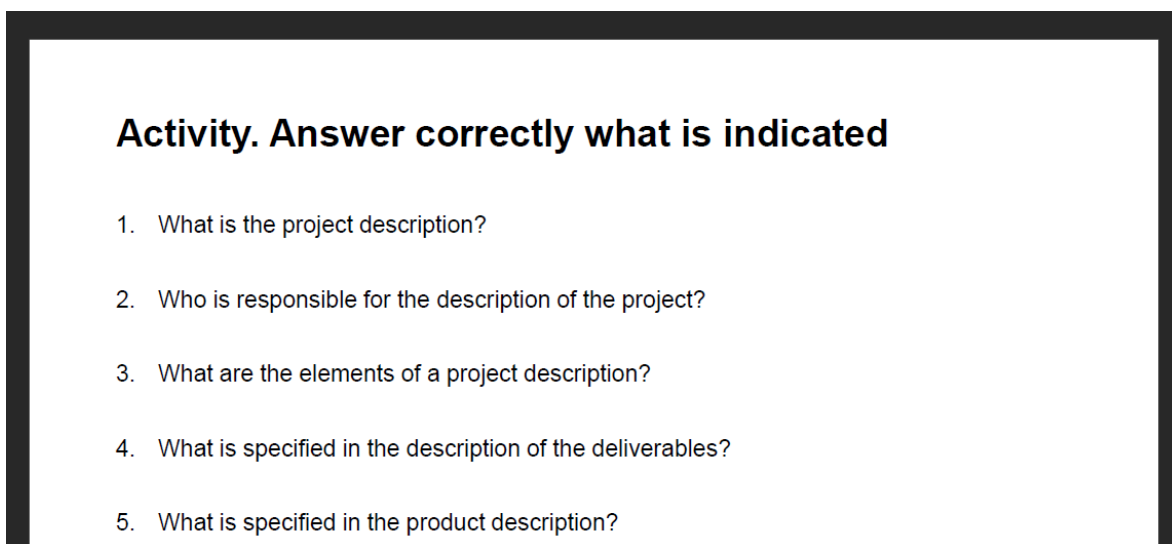


Figura 5.23. Extracto de una actividad de aprendizaje_c1.

f) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad (LearningResourceActivity_task1)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje de tipo actividad, se utiliza la métrica definida en el capítulo 3. Lo que se busca en esta actividad de aprendizaje son los siguientes atributos: *Descripción del producto, definiciones, términos, hechos, métodos y principios*. Esta búsqueda es manual y se va sumando cuantos atributos se detectan en la actividad de aprendizaje. Si la suma total se encuentra dentro del umbral $[0.175 - 1]$ el recurso de aprendizaje es relevante para lograr cumplir con el objetivo de aprendizaje. Caso contrario, es irrelevante. En la Figura 5.24, se muestra una actividad de aprendizaje y un ejemplo de los atributos encontrados en su contenido. Los atributos encontrados son: $Term=0.175$ obteniendo un total de 0.175, por lo tanto, es un recurso de aprendizaje relevante de acuerdo a los umbrales establecidos.

Activity. Answer correctly what is indicated

1. What is the project description? Term
2. Who is responsible for the description of the project?
3. What are the elements of a project description?
4. What is specified in the description of the deliverables?
5. What is specified in the product description?

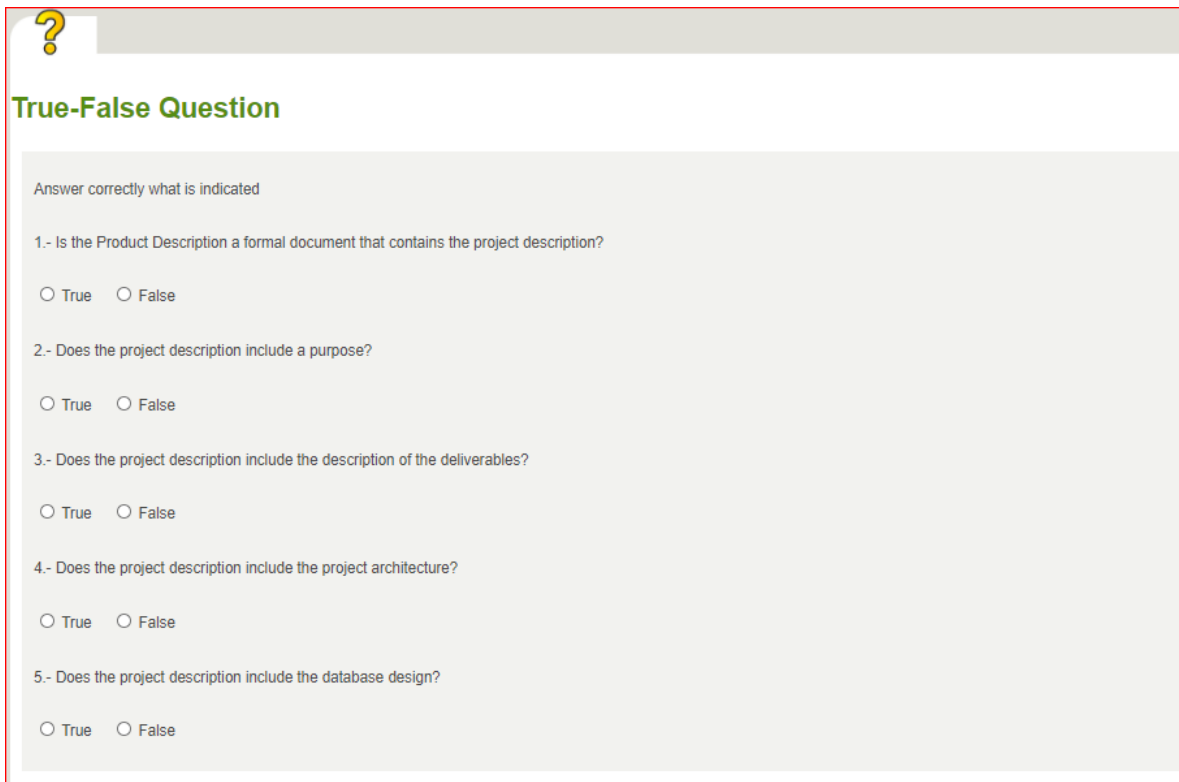
Activity: Provide an example of a Project Description using its elements

1. Description of the purpose of the project.
2. Product description. Term
3. Description of the project objectives. Term
4. Description of the scope of the project
5. Description of the deliverables. Term
6. Description of the business need, assumptions and premises
7. Restrictions, among others.

Figura 5.24. Identificación de atributos en un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo actividad_c1.

g) Recurso de aprendizaje de tipo evaluación (LearningResourceAssesment_task1)

A partir del recurso de aprendizaje de tipo contenido, se generan las evaluaciones de aprendizaje. Las evaluaciones son preguntas que el alumno debe responder como parte de la secuencia formativa de su aprendizaje. En la Figura 5.25, se muestra una evaluación de aprendizaje generada a partir del contenido de aprendizaje. El recurso de aprendizaje contiene preguntas dicotómicas relacionadas al dominio del contenido de aprendizaje.



?

True-False Question

Answer correctly what is indicated

1.- Is the Product Description a formal document that contains the project description?

True False

2.- Does the project description include a purpose?

True False

3.- Does the project description include the description of the deliverables?

True False

4.- Does the project description include the project architecture?

True False

5.- Does the project description include the database design?

True False

Figura 5.25. Recurso de aprendizaje de tipo evaluación_c1.

h) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación (LearningResourceAssesment_task1)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje de tipo evaluación, se utiliza la métrica definida en la sección 3.2.4 del capítulo 3. Lo que se busca en esta actividad de aprendizaje son los siguientes atributos: *Descripción del producto, definiciones, términos, hechos, métodos y principios*. Esta búsqueda es manual y se va sumando cuantos atributos se detectan en la evaluación de aprendizaje. Si la suma total se encuentra dentro del umbral [0.175 - 1] el recurso de aprendizaje es relevante para lograr cumplir con el objetivo de aprendizaje. Caso contrario, es irrelevante. En la Figura 5.26, se muestra una evaluación de aprendizaje y un ejemplo de los atributos encontrados en su contenido. Los atributos encontrados son: *Term=0.175* obteniendo un total de 0.175, por lo tanto, es un recurso de aprendizaje relevante de acuerdo a los umbrales establecidos.

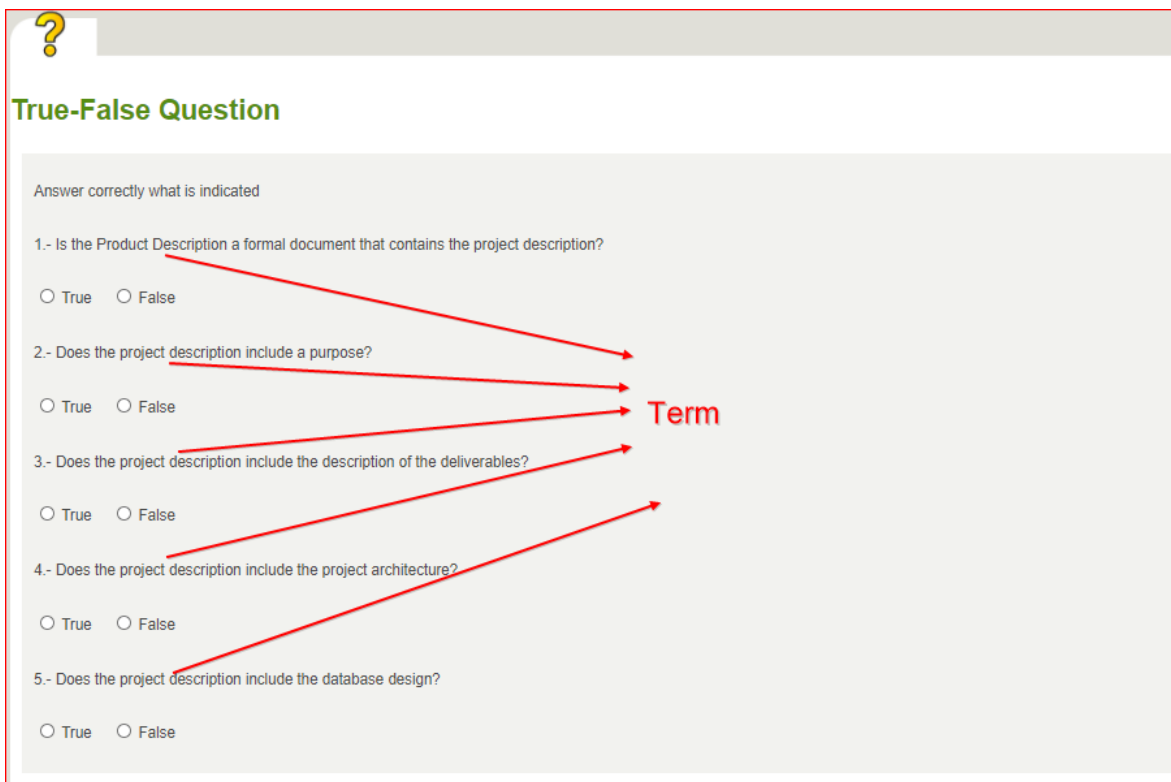


Figura 5.26. Identificación de atributos en un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación_c1.

5.4.2 Caso de prueba_2

En la Tabla 5-3, se describe el caso de prueba 02, en el cual contiene la entrada, el resultado esperado, el procedimiento y las instancias utilizadas.

Tabla 5-3. Caso de prueba 02.

Número/Nombre prueba:	Caso de prueba_02
Autor:	Vitervo López Caballero
Tipo de prueba:	Prueba de validación
Objetivo:	Generar 4 tipos de recursos de aprendizaje con base en la descripción de la tarea de un proceso de negocio. Evaluar la relevancia de cada recurso de aprendizaje generado.
Entrada:	Actividad: Planning Tarea: "Generate or update the Project Plan before starting the new cycle". Roles: RSPM
Resultado esperado:	Cuatro tipos de recursos de aprendizaje. Ponderación que indica si el recurso de aprendizaje generado es o no relevante.
Procedimiento de la prueba:	1.- Inicio 2.- Se tokeniza la descripción de la tarea del proceso de negocio.

CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO Y CASOS DE PRUEBA

	<p>3.- Se realiza un etiquetado PoS para cada token para determinar su significado.</p> <p>4.- Se genera un recurso de aprendizaje de tipo objetivo relacionando los tokens con los elementos de un objetivo de aprendizaje.</p> <p>5.- Se genera un recurso de aprendizaje de tipo contenido a partir del objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje. El objeto directo representa el dominio del contenido de aprendizaje.</p> <p>6.- Se genera un recurso de aprendizaje de tipo actividad, a partir del contenido de aprendizaje.</p> <p>7.- Se generan un recurso de aprendizaje de tipo evaluación a partir del contenido de aprendizaje.</p> <p>8.- Se mide la relevancia de cada recurso generado.</p> <p>8.- Fin.</p>	
Instancias de prueba		
No. de instancia	Valor	Resultado esperado
LearningResourceObjective_task11	$NToR = 3$ $\sum pesosAtributos \approx 1$	3 tokens intersectados y un ≈ 1 como suma de atributos.
LearningResourceContent_task11	$DescripProd=0.5$ $Term=0.125$ $Def=0.125$	Que la suma de los pesos de los atributos encontrados en el contenido del recurso este dentro de un rango de [0.75 - 1], para que el recurso se considere relevante.
LearningResourceActivity_task11	<p>Se encuentran términos relacionados al contenido de aprendizaje.</p> $Term=0.175$	Que la suma de los pesos de los atributos encontrados en el contenido del recurso este dentro de un rango de [0.175 - 1], para que el recurso se considere relevante.
LearningResourceAssesment_task11	<p>Se encuentran términos relacionados al contenido de aprendizaje.</p> $Term=0.175$	Que la suma de los pesos de los atributos encontrados en el contenido del recurso este dentro de un rango de [0.175 - 1], para que el recurso se considere relevante.

A continuación, se presenta un extracto de cada una de las instancias generadas.

a) Recurso de aprendizaje de tipo objetivo (LearningResourceObjective_task11)

En Figura 5.27, se muestra el recurso de aprendizaje de tipo objetivo generado a partir de la descripción de la tarea 11. Como se observa este tipo de recurso se genera utilizando el sujeto, el verbo y el objeto directo identificados en la descripción

de la tarea. Se toman únicamente estos tres elementos ya que un objetivo de aprendizaje se constituye de al menos estos tres elementos de acuerdo a [52].

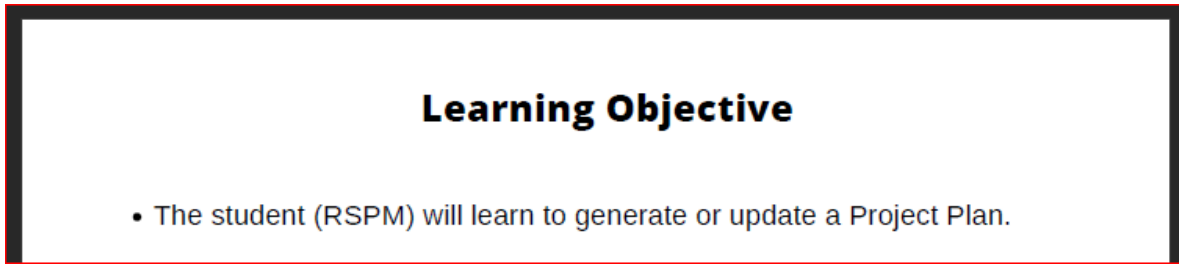


Figura 5.27. Recursos de aprendizaje de tipo objetivo_c2.

b) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo (LearningResourceObjective_task11)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje generado, se utilizan las métricas propuestas en el capítulo 3. Y lo que se busca es la intersección de tres palabras entre la descripción de la tarea y la descripción del objetivo de aprendizaje. Si estas tres palabras se encuentran, el objetivo de aprendizaje es relevante de acuerdo a la definición de relevancia propuesta en esta investigación. En la Figura 5.28, se puede observar que se encuentra un sujeto (color verde) en este caso el rol de la tarea que es, *RSPM*. También se encuentran dos verbos (color azul) que son, *generate* y *update*. También se encuentra un objeto directo (color rojo) que es, *Project Plan*. Por lo tanto, de acuerdo a los umbrales establecidos ($NToR \geq 3 \wedge \sum pesosAtributos \approx 1$) de relevancia, este recurso es relevante para aprender la tarea 11 ya que se localizan los tres elementos necesarios para formular un objetivo de aprendizaje.

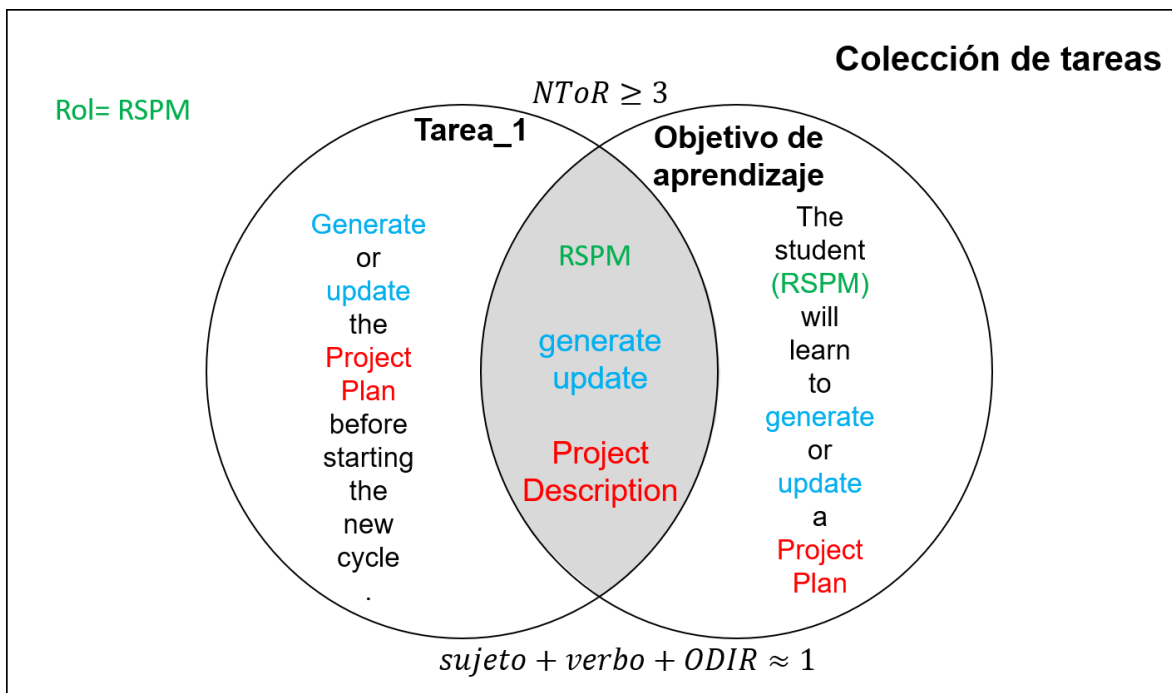


Figura 5.28. Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo objetivo_c2.

c) Recurso de aprendizaje de tipo contenido (LearningResourceContent_task11)

El objeto directo (color rojo) identificado en la descripción del objetivo de aprendizaje es el que representa al contenido de aprendizaje. Un extracto de este contenido de aprendizaje se muestra en la Figura 5.29, el cual está integrado por 9 páginas. El contenido de aprendizaje incluye los temas necesarios y suficientes para lograr el objetivo de aprendizaje. Cabe destacar que este contenido es generado a partir del objeto directo identificado en la descripción de la tarea. El objeto directo es únicamente un conjunto de palabras que determinan el dominio del contenido de aprendizaje.

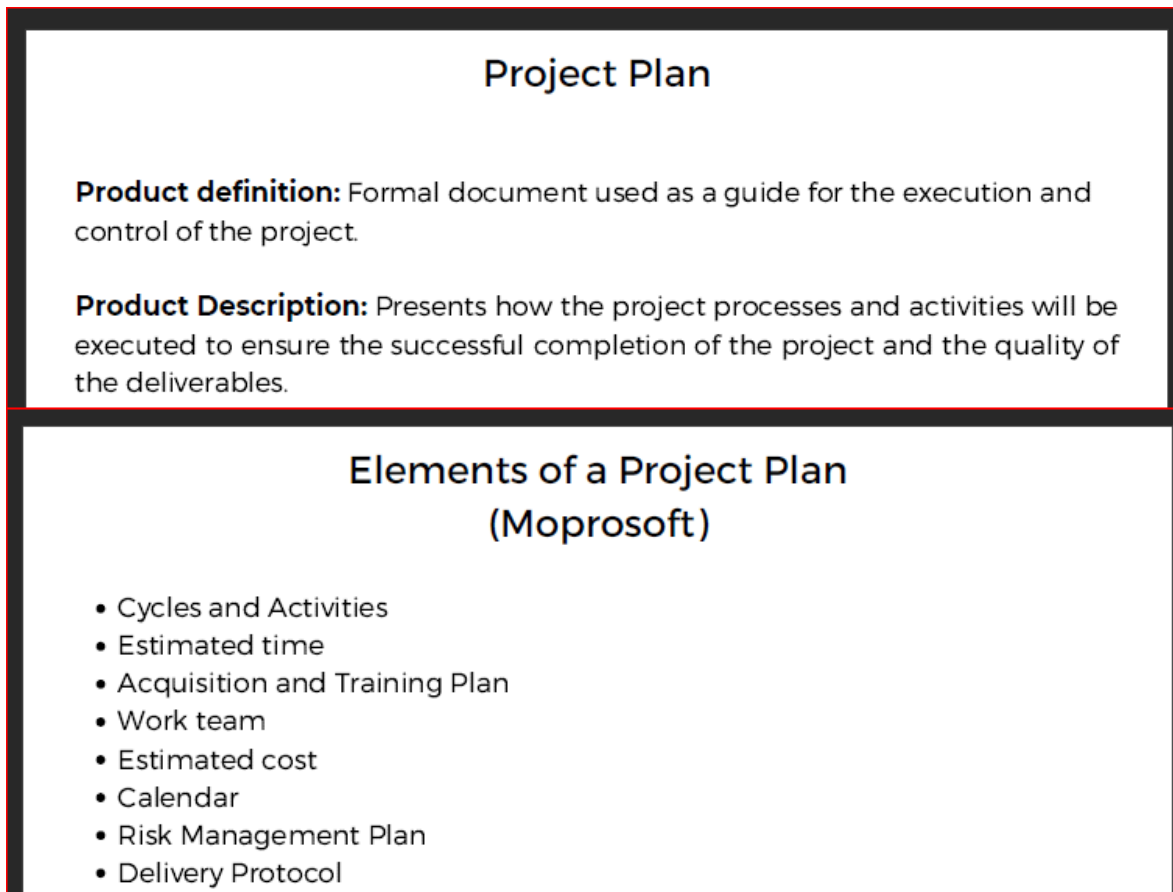


Figura 5.29. Extracto del contenido de aprendizaje que representa al objeto directo "Project Plan"_c2.

d) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo contenido (LearningResourceContent_task11)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje de tipo contenido, se utilizan las métricas propuestas en el capítulo 3. Lo que se busca en este contenido de aprendizaje son los siguientes atributos: *Descripción del producto, definiciones, términos, hechos, métodos y principios*. Esta búsqueda es manual y se va sumando cuantos atributos se detectan en el contenido del aprendizaje. Si la suma total se encuentra dentro del umbral [0.75 - 1] el recurso de aprendizaje es relevante para lograr cumplir con el objetivo de aprendizaje. Caso contrario, es irrelevante. En la Figura 5.30, se muestra un extracto del contenido de aprendizaje y un ejemplo de los atributos encontrados en su contenido. Los atributos encontrados son: *DescripProd=0.5, Term=0.125 y Def=0.125* obteniendo un total de 0.75, por lo tanto, es un recurso de aprendizaje relevante de acuerdo a los umbrales establecidos.

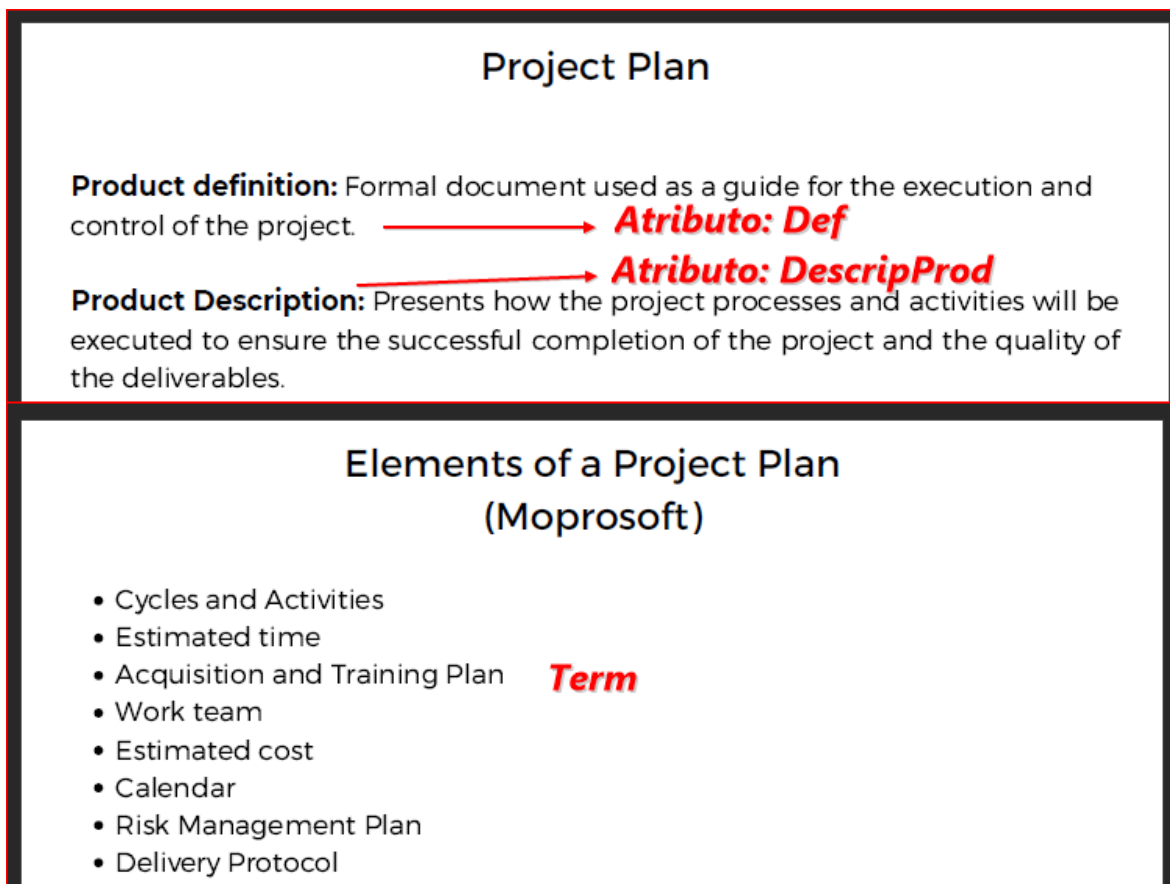


Figura 5.30. Identificación de atributos en un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo contenido_c2.

e) **Recurso de aprendizaje de tipo actividad (LearningResourceActivity_task11)**

A partir del recurso de aprendizaje de tipo contenido, se generan las actividades de aprendizaje. Las actividades son acciones que el alumno debe realizar como parte de la secuencia formativa de su aprendizaje. En la Figura 5.31, se muestra un extracto de una actividad de aprendizaje. El recurso de aprendizaje contiene dos actividades generadas a partir del contenido de aprendizaje.

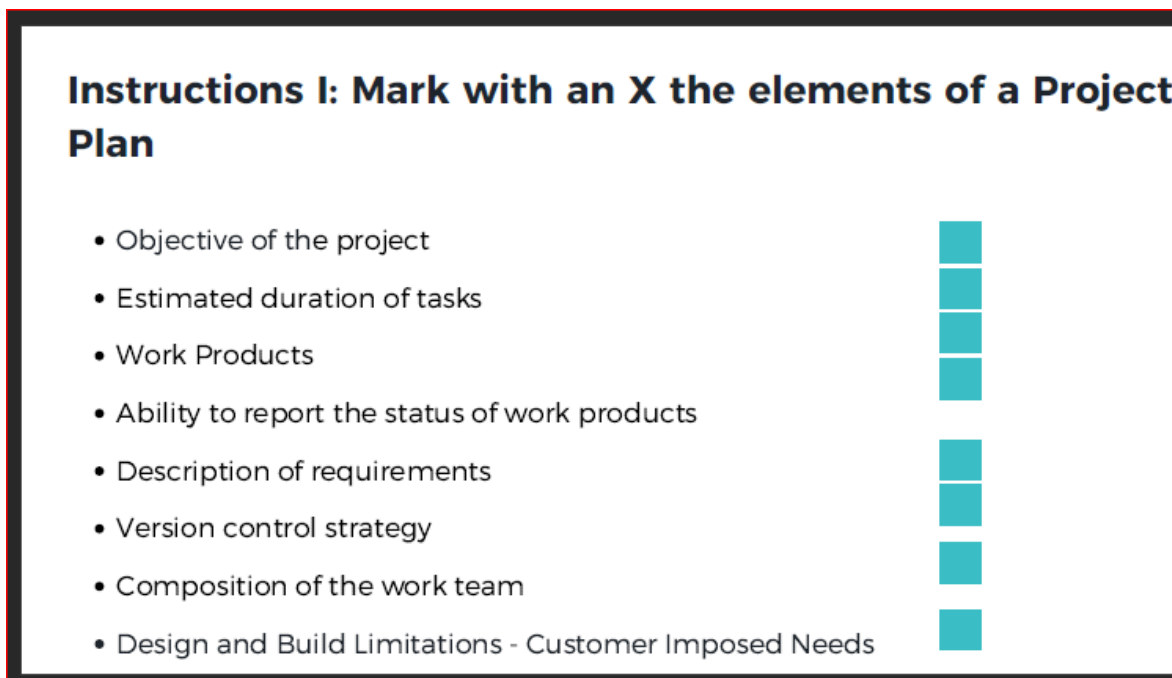


Figura 5.31. Extracto de una actividad de aprendizaje_c2.

f) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo actividad (LearningResourceActivity_task11)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje de tipo actividad, se utilizan las métricas propuestas en el capítulo 3. Lo que se busca en esta actividad de aprendizaje son los siguientes atributos: *Descripción del producto, definiciones, términos, hechos, métodos y principios*. Esta búsqueda es manual y se va sumando cuantos atributos se detectan en la actividad de aprendizaje. Si la suma total se encuentra dentro del umbral [0.175 - 1] el recurso de aprendizaje es relevante para lograr cumplir con el objetivo de aprendizaje. Caso contrario, es irrelevante. En la

Figura 5.32, se muestra una actividad de aprendizaje y un ejemplo de los atributos encontrados en su contenido. Los atributos encontrados son: *Term=0.175* obteniendo un total de 0.175, por lo tanto, es un recurso de aprendizaje relevante de acuerdo a los umbrales establecidos.

Instructions I: Mark with an X the elements of a Project Plan

- Objective of the project
- Estimated duration of tasks
- Work Products
- Ability to report the status of work products
- Description of requirements
- Version control strategy
- Composition of the work team
- Design and Build Limitations - Customer Imposed Needs

Term

Figura 5.32. Identificación de atributos en un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo actividad_c2.

g) Recurso de aprendizaje de tipo evaluación (LearningResourceAssesment_task1)

A partir del recurso de aprendizaje de tipo contenido, se generan las evaluaciones de aprendizaje. Las evaluaciones son preguntas que el alumno debe responder como parte de la secuencia formativa de su aprendizaje. En la Figura 5.33, se muestra una evaluación de aprendizaje generada a partir del contenido de aprendizaje. El recurso de aprendizaje contiene preguntas dicotómicas relacionadas al dominio del contenido de aprendizaje.

?

Learning Assessment

Instructions. Select the correct option

1. Is the "Product Description" an element of the Project Plan?
 True False
2. Is "estimated effort and cost" an element of the Project Plan?
 True False
3. Is the Project Plan a product used for software requirements?
 True False

Figura 5.33. Recurso de aprendizaje de tipo evaluación_c2.

h) Relevancia de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación (LearningResourceAssesment_task1)

Para medir la relevancia del recurso de aprendizaje de tipo evaluación, se utilizan las métricas propuestas en el capítulo 3. Lo que se busca en esta actividad de aprendizaje son los siguientes atributos: *Descripción del producto, definiciones, términos, hechos, métodos y principios*. Esta búsqueda es manual y se va sumando cuantos atributos se detectan en la evaluación de aprendizaje. Si la suma total se encuentra dentro del umbral [0.175 - 1] el recurso de aprendizaje es relevante para lograr cumplir con el objetivo de aprendizaje. Caso contrario, es irrelevante. En la Figura 5.34, se muestra una evaluación de aprendizaje y un ejemplo de los atributos encontrados en su contenido. Los atributos encontrados son: *Term=0.175* obteniendo un total de 0.175, por lo tanto, es un recurso de aprendizaje relevante de acuerdo a los umbrales establecidos.

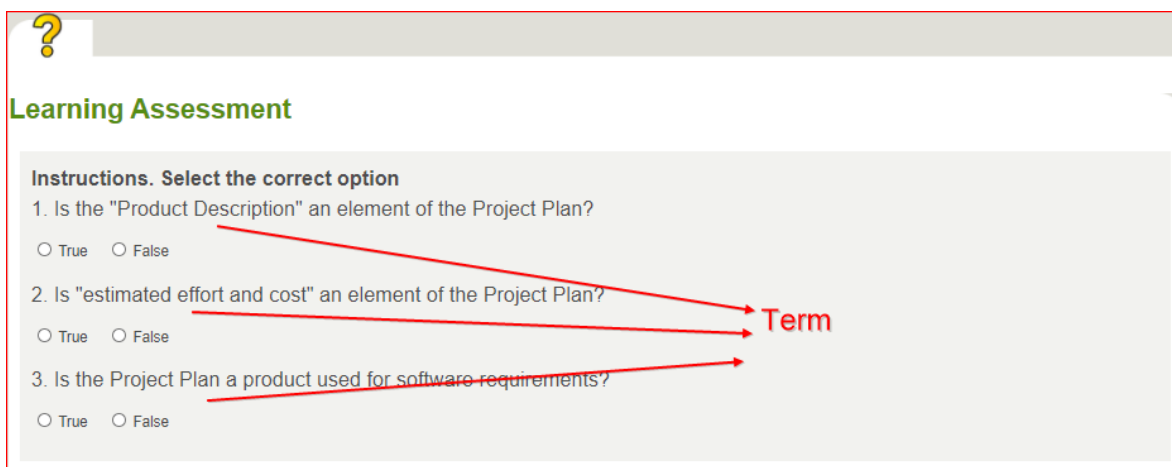


Figura 5.34. Identificación de atributos en un extracto de un recurso de aprendizaje de tipo evaluación_c2.

5.5 Discusión

Con el propósito de mostrar el funcionamiento del aporte de esta tesis, en este capítulo se describió un caso de estudio tomando como muestra el proceso de Administración de Proyectos Específicos y se generaron un conjunto de recursos de aprendizaje empacados en servicios Web. Así mismo, se describieron algunos casos de prueba para ejemplificar como se generan los recursos de aprendizaje y como se mide su relevancia. Las dificultades y retos de este capítulo fueron los siguientes:

- El extraer la información del documento que describe al proceso de negocio fue un reto, debido a que esta información no siempre tiene un formato definido. Para solventarlo, se utilizaron librerías como PDFBox que permitieron extraer la información de una manera más acorde a lo buscado.

- La propuesta de solución se aplica únicamente a procesos de negocio con un grado de madurez establecido, es decir, esta propuesta se aplica a organizaciones que ya cuentan con sus procesos documentados.
- El nivel más específico del proceso de negocio que son las tareas, proporciona los elementos necesarios para generar los recursos de aprendizaje.
- El desarrollo de la herramienta para generar los recursos de aprendizaje fue un reto, ya que no se había trabajado con las técnicas del procesamiento del lenguaje natural. Sin embargo, ya existen Toolkits como Stanford NLP que nos permite implementar de una manera fácil las técnicas del NLP.
- Se detecta que las técnicas del procesamiento del lenguaje natural nos dan un buen soporte para generar los recursos de aprendizaje de una manera automática partiendo de las descripciones de las tareas. Sin embargo, cuando el texto no está bien normalizado estas técnicas no funcionan bien.
- El encontrar los atributos en cada recurso de aprendizaje generado para medir su relevancia fue muy laborioso ya que se realiza de manera manual.
- Al manejar umbrales en las métricas definidas, proporciona flexibilidad para experimentar con valores diferentes de umbrales y determinar si el recurso de aprendizaje generado es o no relevante.
- El empacar los recursos de aprendizaje como servicios Web, nos ofrece ventajas como son: la facilidad de composición pudiendo crear servicios Web complejos a partir de otros más simples. Otra ventaja es que los servicios Web por definición permiten la reutilización de contenidos educativos.
- Algo a considerar y que esta tesis no incluye es que se requiere buscar elementos que puedan caracterizar a los servicios Web generados en términos de calidad del recurso contenido, es decir, si es legible, entendible y correcto.

Capítulo 6

Conclusiones

En este capítulo se describen los aspectos relevantes de los resultados encontrados, así como las aportaciones obtenidas con el desarrollo de la investigación. Se describen trabajos futuros como continuación de esta investigación. Así mismo, se presentan las publicaciones logradas con el desarrollo de la investigación.

Como resultado de la descripción del caso de estudio y la ejecución de los casos de prueba descritos en el capítulo 5, es posible concluir que se logra el objetivo de esta investigación que plantea el proponer una estrategia para generar recursos de aprendizaje relevantes a partir de un proceso de negocio. Esto atiende al problema descrito como: “es frecuente que cuando se implementa E-learning en el lugar de trabajo los recursos de aprendizaje empleados no tienen que ver con los procesos que los empleados realizan, es decir, los recursos de aprendizaje no relacionan a las tareas reales que los empleados llevan a cabo en su lugar de trabajo, originando que los empleados no logren sus objetivos de aprendizaje”.

El caso de estudio y los casos de prueba presentados permiten identificar lo siguiente:

- El nivel más específico del proceso de negocio que son las tareas proporciona los elementos necesarios para generar los recursos de aprendizaje con valor para las personas en capacitación. Sin embargo, si la descripción de la tarea no está redactada de forma correcta, la herramienta no funciona ya que depende de la semántica de las tareas.
- La propuesta de solución se aplica únicamente a procesos de negocio con un grado de madurez establecido, es decir, esta propuesta se aplica a organizaciones que ya cuentan con una base de conocimiento donde gestionan sus procesos.
- Se detecta que las técnicas del procesamiento del lenguaje natural nos dan un buen soporte para generar los recursos de aprendizaje de una manera automática partiendo de las descripciones de las tareas. Sin embargo, cuando el texto no está bien normalizado estas técnicas no funcionan bien.
- Los umbrales manejados en las métricas propuestas permiten definir recursos de aprendizaje relevantes y no relevantes. Aunque se podría experimentar con valores de umbrales superiores a los propuestos en esta tesis para hacer más enriquecedor el recurso de aprendizaje, sobre todo los de contenido, actividades y evaluaciones. Al incrementar el umbral

establecido en las métricas propuestas, se obliga a generar recursos de aprendizaje fuertemente relacionados con las tareas del proceso de negocio.

- El empaquetar los recursos de aprendizaje como servicios Web, nos ofrece ventajas como son: la facilidad de composición pudiendo crear servicios Web complejos a partir de otros más simples. Otra ventaja es que los servicios Web por definición permiten la reutilización de contenidos educativos.
- Es importante mencionar que al tomar en cuenta las tareas ya especificadas en el proceso de negocio definido, es posible determinar la granularidad del recurso de aprendizaje, es decir, que tanto debe de contener el recurso de aprendizaje para cumplir con el objetivo de aprendizaje.

Aportación

Esta tesis tiene varias aportaciones que se consideran de igual importancia y que se describen como sigue:

- Una estrategia que permite generar recursos de aprendizaje de valor para la capacitación del personal en su lugar de trabajo, ya que toma en cuenta las tareas que se llevan a cabo en procesos de negocio y las personas realmente requieren aprender qué y cómo se hacen las cosas en el lugar donde trabajan. Para ello, se utilizan técnicas del procesamiento del lenguaje natural, como son: la tokenización, el etiquetado PoS, dependencias sintácticas y extracción de tripletas (sujeto – verbo – objeto directo).
- Una definición formal de un proceso de negocio, así como un conjunto de métricas que determinan si los recursos son relevantes, atendiendo a la definición de relevancia propuesta en esta investigación.
- Una herramienta semi-automática para generar los recursos de aprendizaje a partir de las tareas del proceso de negocio.
- Se cuenta con un conjunto de 56 recursos de aprendizaje del dominio de la Ingeniería de Software que se pueden utilizar para futuras investigaciones.

6.1 Trabajos futuros

Frecuentemente, cuando se termina un proyecto de investigación, surgen nuevos temas y nuevas cuestiones como resultado de los que originalmente se habían considerado en la investigación. Con base en lo anterior, para desarrollar estudios futuros que den continuidad a la presente investigación, se propone:

- Con respecto a la herramienta de generación de recursos de aprendizaje, mejorar los módulos de actividades y evaluaciones. Dichas mejoras se proponen debido a que ambos recursos de aprendizaje dependen del recurso de aprendizaje de tipo contenido. El recurso de aprendizaje de tipo contenido se genera de manera manual y se adjunta en la herramienta. La herramienta

empaca al contenido en un servicio Web. Posteriormente, para generar los recursos de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación la herramienta analiza el contenido cargado y si este fuera incorrecto en el contexto de que el contenido no este alineado al objetivo de aprendizaje o por algún error humano, los recursos de aprendizaje de tipo actividad y de tipo evaluación se generarán, pero no alineados al objetivo de aprendizaje. Es por ello, que se considera cómo trabajo futuro la implementación de una estrategia que permita que el contenido de aprendizaje no se genere de manera manual y evitar de esta manera el error humano.

- Por otro lado, se propone el crear una vista con el privilegio de estudiantes, donde estos puedan acceder a los recursos generados y puedan llevar un control del avance de estudio de las secuencias lógicas formativas generadas a partir de las tareas.
- Proponer una estrategia para automatizar las métricas propuestas en esta investigación ya que se utilizan de manera manual.
- Utilizar el Toolkit NLTK de Python como una API alternativa a la utilizada en esta investigación, para el procesamiento de las tareas del proceso de negocio, debido a que se visualiza que NLTK puede aportar un mejor soporte en la identificación de las tripletas (sujeto – verbo – objeto directo).

6.2 Publicaciones

Derivado del desarrollo de la tesis y de la formación integral del doctorado, se lograron dos publicaciones en revistas indizadas en el JCR.

- O. G. Fragoso, **V. López**, R. Santaolaya, J. C. Rojas, J. G. González, “Learning Web Services for E-learning in the Workplace”, IEEE Latin America Transactions, vol. 17, no.11, pp. 1894-1901, 2019, doi: 10.1109/TLA.2019.8986429.
- O. G. Fragoso, **V. López**, J. C. Rojas, R. Santaolaya, J. G. González, “On the generation of learning resources using Business Process, Natural Language and Web Services”, IT Professional, vol. 23, no. 02, pp. 40-44, 2021, doi: 10.1109/MITP.2021.3054640.

Referencias

- [1] M. Wang, *E-learning in the workplace*. New York: Springer, 2018.
- [2] L. C. Rebolledo Castañeda, “Análisis y Definición de una Métrica para Evaluar la Legibilidad en Servicios Web de Aprendizaje,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2017.
- [3] J. A. Escobar Megchún, “Generador de Servicios Web de Aprendizaje Compuestos a partir de Recursos Educativos,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2017.
- [4] H. Salinas Roman, “Marco Orientado a Objetos para Medir la Calidad en Servicios Web de Aprendizaje,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2017.
- [5] B. D. Valenzuela Robles, “Integración de Recursos de Aprendizaje en Moodle con base en el Modelo de Servicios Web,” Tesis doctoral, cenidet, México, 2017.
- [6] G. Gutiérrez Juárez, “Sistema integrador de componentes de gestión de servicios web de aprendizaje,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2018.
- [7] S. Benítez Domínguez, “Evaluación de Capacidades SOAP y REST para Entregar Servicios Web de Aprendizaje,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2018.
- [8] M. Uriostegui Cuadra, “Definición e implementación de restricciones para un esquema de clasificación de servicios Web de aprendizaje,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2019.
- [9] I. H. Fuentes Chab, “Gestión de Recursos de Aprendizaje para generar Servicios Web de Aprendizaje,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2019.
- [10] J. G. Juárez Hernández, “Generación de Servicios Web de Aprendizaje para procesos de negocio,” Tesis de maestría, cenidet, México, 2020.
- [11] A. Burattin, *Process Mining Techniques in Business Environments*, vol. 207. New York: Springer International Publishing, 2015.
- [12] D. Ardagna, M. Mecella, and J. Yang, *LNBIP 17 Business Process Management Workshops*, vol. 107 LNBIP. Springer, 2009.
- [13] I. Madjarov and O. Boucelma, “Data and Application Integration in Learning Content Management Systems: A Web Services Approach,” *Springer*, pp. 272–286, 2006, doi: 10.1007/11876663_22.
- [14] A. Klačnja-Milićević, B. Vesin, M. Ivanović, Z. Budimac, and L. C. Jain, *E-*

- Learning Systems: Intelligent Techniques for Personalization*, vol. 112. Switzerland, US: Springer, 2017.
- [15] J. Pattanayak and S. Pattnaik, "Integration of Web Services with E-Learning for Knowledge Society," *Procedia Comput. Sci. Elsevier*, vol. 92, pp. 155–160, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.340.
- [16] N. J. Navimipour and B. Zareie, "A model for assessing the impact of e-learning systems on employees' satisfaction," *Comput. Hum. Behav. Elsevier*, vol. 53, pp. 475–485, 2015, doi: 10.1016/j.chb.2015.07.026.
- [17] F. Yang and Z. Dong, *Learning Path Construction in e-Learning*. Singapore: Springer, 2017.
- [18] D. Churchill, *Digital Resources for Learning*. Singapore: Springer, 2017.
- [19] L. Jingjing, W. Yijian, and Z. Wenyun, "Modeling learning contents based on Web services," *Proc. - NWeSP 2007 3rd Int. Conf. Next Gener. Web Serv. Pract. IEEEExplore*, pp. 135–140, 2007, doi: 10.1109/NWESP.2007.17.
- [20] R. M. Reese, *Natural Language Processing with Java*, vol. Second Edi, no. 9. Packt Publishing Ltd., 2018.
- [21] V. K. Sintoris, Konstantinos, "Extracting Business Process Models using Natural Language Processing (NLP) Techniques," *IEEE 19th Conf. Bus. Informatics*, pp. 0–4, 2017, doi: 10.1109/CBI.2017.41.
- [22] C. D. Manning, M. Surdeanu, J. Bauer, J. Finkel, S. Bethard, and D. McClosky, "The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit," *Proc. 52nd Annu. Meet. Assoc. Comput. Linguist. Syst. Demonstr.*, pp. 55–60, 2014, doi: 10.3115/v1/p14-5010.
- [23] P. Borlund, "The concept of relevance in information retrieval," *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 54, no. 10, pp. 913–925, 2003.
- [24] B. Hjørland and F. S. Christensen, "Work tasks and socio-cognitive relevance: A specific example," *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 53, no. 11, pp. 960–965, 2002, doi: 10.1002/asi.10132.
- [25] P. Brereton, B. A. Kitchenham, D. Budgen, M. Turner, and M. Khalil, "Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain," *J. Syst. Softw.*, vol. 80, no. 4, pp. 571–583, 2007, doi: 10.1016/j.jss.2006.07.009.
- [26] K. Dahdouh, L. Oughdir, A. Dakkak, and A. Ibriz, "Smart Courses Recommender System for Online Learning Platform," *Colloq. Inf. Sci. Technol. Cist*, vol. 2018-Octob, pp. 328–333, 2018, doi: 10.1109/CIST.2018.8596516.

- [27] H. Chen, C. Yin, R. Li, W. Rong, Z. Xiong, and B. David, "Enhanced learning resource recommendation based on online learning style model," *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 25, no. 3, pp. 348–356, 2020, doi: 10.26599/TST.2019.9010014.
- [28] X. Du, S. Xu, H. Li, and J. Yang, "Learning resource correlation mining based on the wisdom of crowds," *Proc. - 6th Int. Conf. Educ. Innov. Through Technol. EITT 2017*, vol. 2018-March, no. 2015, pp. 224–228, 2018, doi: 10.1109/EITT.2017.61.
- [29] F. Giustozzi, A. Casali, C. Deco, H. L. Dos Santos, and C. Cechinel, "Recommender system of educational resources: A critiquing-based proposal," *Proc. - 2016 11th Lat. Am. Conf. Learn. Objects Technol. LACLO 2016*, 2016, doi: 10.1109/LACLO.2016.7751779.
- [30] T. Kulkarni, M. Kabra, and R. Shankarmani, "USER PROFILING BASED RECOMMENDATION SYSTEM FOR E-LEARNING," *IEEE*, 2019, doi: 10.1109/INDICON47234.2019.9028982.
- [31] N. N. Qomariyah and A. N. Fajar, "Recommender System for e-Learning based on Personal Learning Style," *2019 2nd Int. Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2019*, pp. 563–567, 2019, doi: 10.1109/ISRITI48646.2019.9034568.
- [32] X. Shen, B. Yi, Z. Zhang, J. Shu, and H. Liu, "Automatic Recommendation Technology for Learning Resources with Convolutional Neural Network," *Proc. - 2016 Int. Symp. Educ. Technol. ISET 2016*, pp. 30–34, 2016, doi: 10.1109/ISET.2016.12.
- [33] S. L. Trusthi and D. Nurjanah, "Combination of hybrid filtering and learning style for learning material recommendation," *2017 IEEE Conf. e-Learning, e-Management e-Services, IC3e 2017*, pp. 24–29, 2018, doi: 10.1109/IC3e.2017.8409233.
- [34] S. S. Khanal, P. W. C. Prasad, A. Alsadoon, and A. Maag, "A systematic review: machine learning based recommendation systems for e-learning," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 25, no. 4, pp. 2635–2664, 2020, doi: 10.1007/s10639-019-10063-9.
- [35] S. Benhamdi, A. Babouri, and R. Chiky, "Personalized recommender system for e-Learning environment," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 22, no. 4, pp. 1455–1477, 2017, doi: 10.1007/s10639-016-9504-y.
- [36] P. Dwivedi, V. Kant, and K. K. Bharadwaj, "Learning path recommendation based on modified variable length genetic algorithm," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 23, no. 2, pp. 819–836, 2018, doi: 10.1007/s10639-017-9637-7.

- [37] K. Chaudhary and N. Gupta, "Recommendation for learners in E-learning system," *Proc. - 2017 Int. Conf. Next Gener. Comput. Inf. Syst. ICNGCIS 2017*, pp. 69–74, 2018, doi: 10.1109/ICNGCIS.2017.8.
- [38] B. Mbipom, S. Craw, and S. Massie, "Harnessing Background Knowledge for E-Learning Recommendation," *Res. Dev. Intell. Syst. XXXIII*, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-47175-4.
- [39] O. Bourkougou, E. ElBachari, and M. ElAdnani, "A Recommender Model in E-learning Environment," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 42, no. 2, pp. 607–617, 2017, doi: 10.1007/s13369-016-2292-2.
- [40] B. Bouihi and M. Bahaj, "An ontology-based architecture for context recommendation system in E-learning and mobile-learning applications," *Proc. 2017 Int. Conf. Electr. Inf. Technol. ICEIT 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/EITech.2017.8255278.
- [41] K. Somadasa, M. Karunadhipathi, N. Wickramasinghe, S. Subasingha, N. Kodagoda, and K. Suriyawansa, "Online Learning Resources Finder Based on Computer Programming Domain," *2018 IEEE 9th Int. Conf. Inf. Autom. Sustain. ICIAfS 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ICIAFS.2018.8913365.
- [42] G. George and A. M. Lal, "Review of ontology-based recommender systems in e-learning," *Comput. Educ.*, vol. 142, no. July 2018, p. 103642, 2019, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103642.
- [43] J. K. Tarus, Z. Niu, and A. Yousif, "A hybrid knowledge-based recommender system for e-learning based on ontology and sequential pattern mining," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 72, pp. 37–48, 2017, doi: 10.1016/j.future.2017.02.049.
- [44] E. Aeiad and F. Meziane, "An adaptable and personalised E-learning system applied to computer science Programmes design," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 78, pp. 674–681, 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9836-x>.
- [45] L. B. Muthukrishnan SenthilKumar, Vijayalakshmi Ramasamy, Shina Sheen, C Veeramani, Anthony Bonato, "Computational Intelligence, Cyber Security and Computational Models," p. 586, 2016, doi: 10.1007/978-981-10-0251-9.
- [46] J. K. Tarus, Z. Niu, and G. Mustafa, "Knowledge-based recommendation: a review of ontology-based recommender systems for e-learning," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 50, no. 1, pp. 21–48, 2018, doi: 10.1007/s10462-017-9539-5.
- [47] L. Wu, Q. Liu, W. Zhou, G. Mao, J. Huang, and H. Huang, "A Semantic Web-Based Recommendation Framework of Educational Resources in E-Learning," *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 25, no. 4, pp. 811–833, 2020, doi: 10.1007/s10758-018-9395-7.

- [48] V. Subramanian, "Towards Business Process Management based Workplace e-Learning," *Proc. - IEEE 16th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICALT 2016*, pp. 555–557, 2016, doi: 10.1109/ICALT.2016.135.
- [49] N. Jafari Navimipour and B. Zareie, "A model for assessing the impact of e-learning systems on employees' satisfaction," *Comput. Human Behav.*, vol. 53, pp. 475–485, 2015, doi: 10.1016/j.chb.2015.07.026.
- [50] V. Chang, "Review and discussion: E-learning for academia and industry," *Int. J. Inf. Manag. Elsevier*, vol. 36, no. 3, pp. 476–485, 2016, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2015.12.007.
- [51] S. S. Saidin and Y. H. P. Iskandar, "Proposed Model to Evaluate Impact of E-Training on Performance At Work Among IT Employees in Malaysia," *Conf. e-Learning, e-Management e-Services (IC3e), IEEEExplore*, pp. 17–22, 2016, doi: doi: 10.1109/IC3e.2016.800903.
- [52] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*, vol. 53, no. 9. Boston, MA: Springer US, 2009.
- [53] J. F. M. Ruiz Shulcloper José, Adolfo Guzmán, *Enfoque Lógico Combinatorio al Reconocimiento de Patrones, Avance en Reconocimiento de Patrones*. México: Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, 1999.
- [54] H. Oktaba *et al.*, "Modelo de Procesos para la Industria de Software MoProSoft Agosto 2005 Grupo Editor:," no. August, pp. 1–186, 2005, doi: 10.13140/2.1.2229.5043.
- [55] "ISO/IEC 29110. International Organization for Standardization (ISO)," vol. 2011, pp. 1–54, 2011, doi: 10.1016/j.tra.2012.07.006.
- [56] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer, 2009.

Anexos

8.1 Anexo A

Objetivo

Desarrollar una herramienta que permita la generación de recursos de aprendizaje de tipo objetivo, de tipo contenido, de tipo actividad y de tipo evaluación a partir de un proceso de negocio en específico.

Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales recabados son los que se listan a continuación:

- 1) La herramienta debe contener una opción para cargar el documento de algún proceso de negocio.
- 2) La herramienta debe permitir extraer la información (actividades, tareas y roles) del proceso de negocio cargado.
- 3) La herramienta debe permitir segmentar o tokenizar la descripción de las tareas de un proceso de negocio en específico.
- 4) La herramienta debe permitir identificar que es cada token, es decir, si es un verbo, sujeto, objeto directo, entre otros.
- 5) La herramienta debe permitir formular objetivos de aprendizaje con base en el etiquetado PoS realizado en el punto 4. El objetivo de aprendizaje debe ser de la siguiente forma: *sujeto + verbo + objeto directo o producto*.
- 6) La herramienta debe permitir expresar el objetivo de aprendizaje formulado en un recurso de aprendizaje, es decir, PDF, txt, etc.
- 7) La herramienta debe permitir empacar el recurso generado en un Servicio Web de Aprendizaje de tipo SOAP o tipo REST.
- 8) La herramienta debe permitir generar recursos de aprendizaje de tipo contenido a partir del objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje.
- 9) La herramienta debe permitir generar actividades de manera automática a partir del contenido de aprendizaje identificado en el objetivo de aprendizaje.
- 10) La herramienta debe permitir generar evaluaciones de manera automática a partir del contenido de aprendizaje identificado en el objetivo de aprendizaje.

En la Figura A.1, se muestra un diagrama Business Process Model and Notation (BPMN) que describe el flujo de nueve actividades para relacionar el recurso de aprendizaje con las tareas del proceso de negocio seleccionado y para generar los cuatro tipos de recursos de aprendizaje.

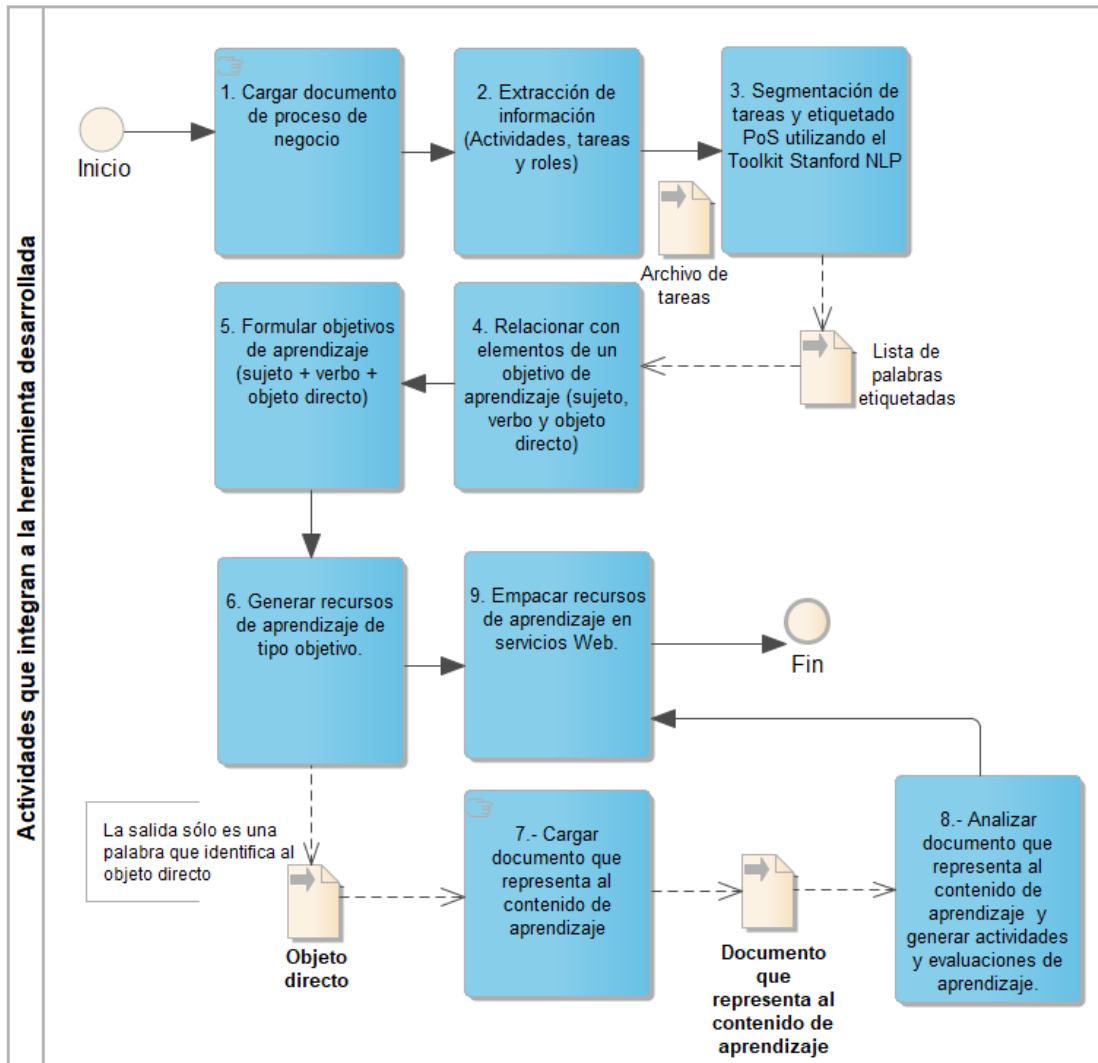


Figura A.1. Actividades para relacionar el recurso de aprendizaje.

- 1) Cargar documento de proceso de negocio: en esta actividad se realiza la carga de la fuente de información, en este caso, es un documento que describe a un proceso de negocio definido por la organización.
- 2) Extracción de la información: en esta actividad se realiza la extracción de la información. Para propósitos de este trabajo nos interesan los elementos de un proceso de negocio según el estándar ISO/IEC 29110 [55], que son actividades, tareas y roles.
- 3) Segmentación de tareas y etiquetado PoS utilizando el Toolkit Stanford NLP: el Toolkit Stanford NLP recibe como entrada un archivo que contiene descripciones de tareas del proceso de negocio de interés y como salida, por cada tarea proporciona un conjunto de tokens etiquetados derivados de las descripciones en el archivo de entrada. A cada token se la aplica el etiquetado PoS de Stanford para su identificación, es decir, para determinar si un token es un sujeto, un verbo, un objeto directo, entre otros.

- 4) Relacionar con elementos de un objetivo de aprendizaje: en esta actividad se relaciona la lista de tokens etiquetados obtenidos de la actividad del inciso 3), con los elementos que conforman a un objetivo de aprendizaje, que de acuerdo a [56] son: sujeto, verbo y objeto directo.
- 5) Formular objetivos de aprendizaje: en esta actividad se realiza la unión de palabras para formular objetivos de aprendizaje.
- 6) Generar recursos de aprendizaje de tipo objetivo: en esta actividad los objetivos de aprendizaje formulados se expresan en un medio de expresión digital, como puede ser un documento PDF, un documento Word, una imagen, entre otros.
- 7) Cargar documento que representa al contenido de aprendizaje: en esta actividad a partir del objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje, se carga un documento que represente al objeto directo identificado. Este documento representa al contenido de aprendizaje derivado a partir de la descripción de la tarea del proceso.
- 8) Analizar documento que representa al contenido de aprendizaje y generar recursos de aprendizaje de tipo actividad y evaluaciones: en esta actividad a partir del documento cargado, este se analiza utilizando técnicas del procesamiento del lenguaje natural para generar actividades y evaluaciones de aprendizaje.
- 9) Empacar el recurso de aprendizaje en un SWA: en esta actividad los recursos de aprendizaje se empacan en código base64 con una envoltura de XML o servicio Web.

Para implementar la herramienta que relaciona el recurso de aprendizaje con las tareas de un proceso de negocio se utilizan las herramientas que a continuación se describen:

- Apache Tomcat 9.0.34: se utiliza como servidor Web para ejecutar la aplicación Web y publicar los SWA.
- NetBeans 11.3: IDE que se utiliza para la construcción de la aplicación Web.
- MySQL: se utiliza como gestor de base de datos.
- Balsamiq Cloud: se utiliza para diseñar un conjunto de vistas que sirven de pauta para iniciar el desarrollo de la herramienta.
- Bootstrap: como FrameWork para el front – end.

En la Figura A.2, se observa la GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) de la herramienta con un rol “*Administrador*”, como se observa tiene 8 opciones que son:

1. Cargar PN
2. Extracción PN
3. Tokenizado y Etiquetado PoS
4. Generación de Objetivos
5. Carga de contenidos
6. Generación de actividades

7. Generación de evaluaciones
8. Catálogo de usuarios del sistema

Cabe destacar que cada una de estas funcionalidades serán explicadas en el desarrollo de esta actividad.

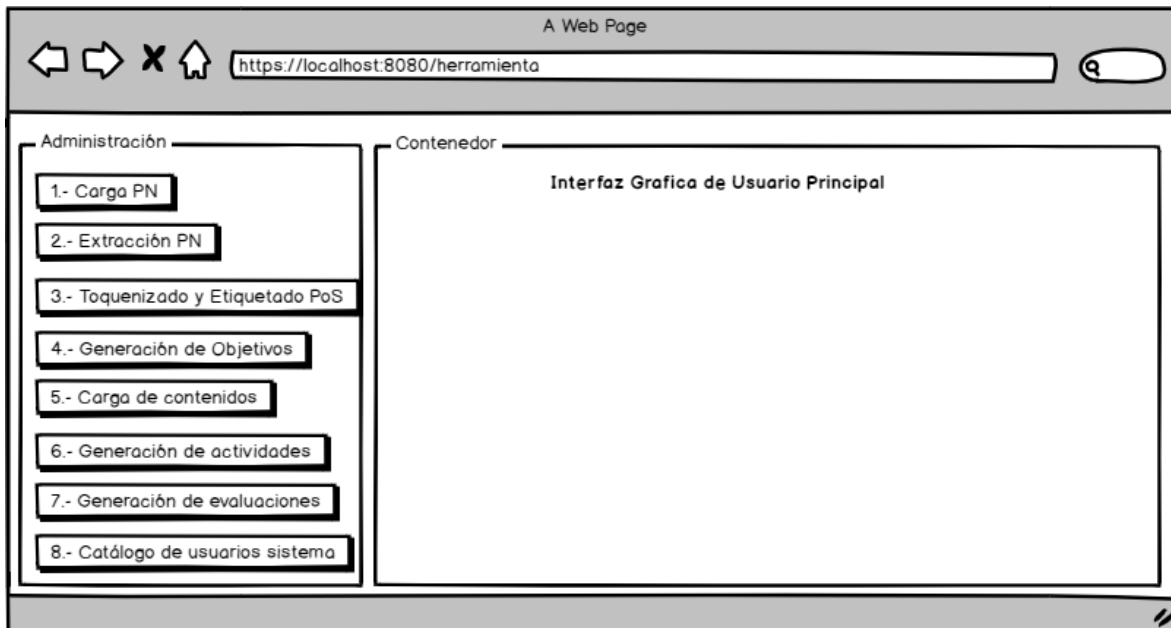


Figura A.2. Diseño preliminar a la GUI principal.

Modulo cargar PN

El propósito de este módulo es cargar, actualizar y eliminar un documento de un proceso de negocio de alguna organización. En específico, en este módulo se carga la fuente de información que es un documento de un proceso de negocio que puede ser en formato Excel o PDF. En las Figura A.3, se puede observar la GUI de este módulo.

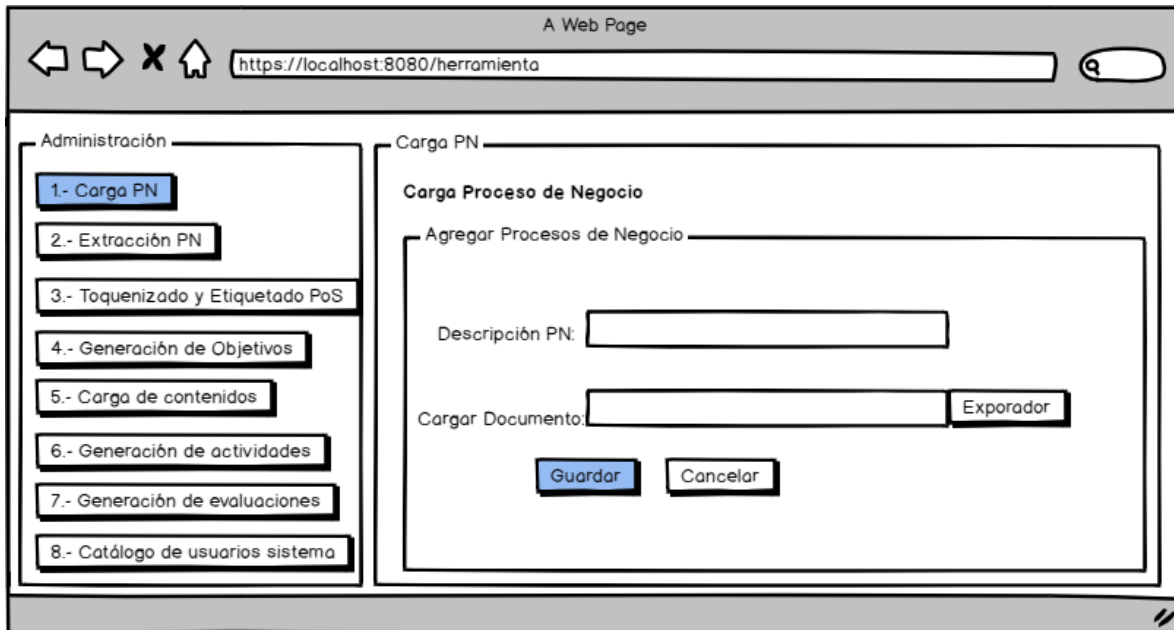


Figura A.3. Diseño preliminar al módulo de carga de PN.

Modulo extracción PN

El propósito de este módulo es extraer la información (actividades, tareas y roles) de un determinado documento de un proceso de negocio. Para el caso de documentos PDF se utiliza la librería de PDFBox. Si el proceso a extraer esta en formato Excel, se utiliza la librería Apache POI. Una vez que se extraen las actividades, tareas y roles, el usuario puede elegir entre guardar o no guardar la información en base de datos para su análisis posterior. En la Figura A.4, se observa el diseño de este módulo.

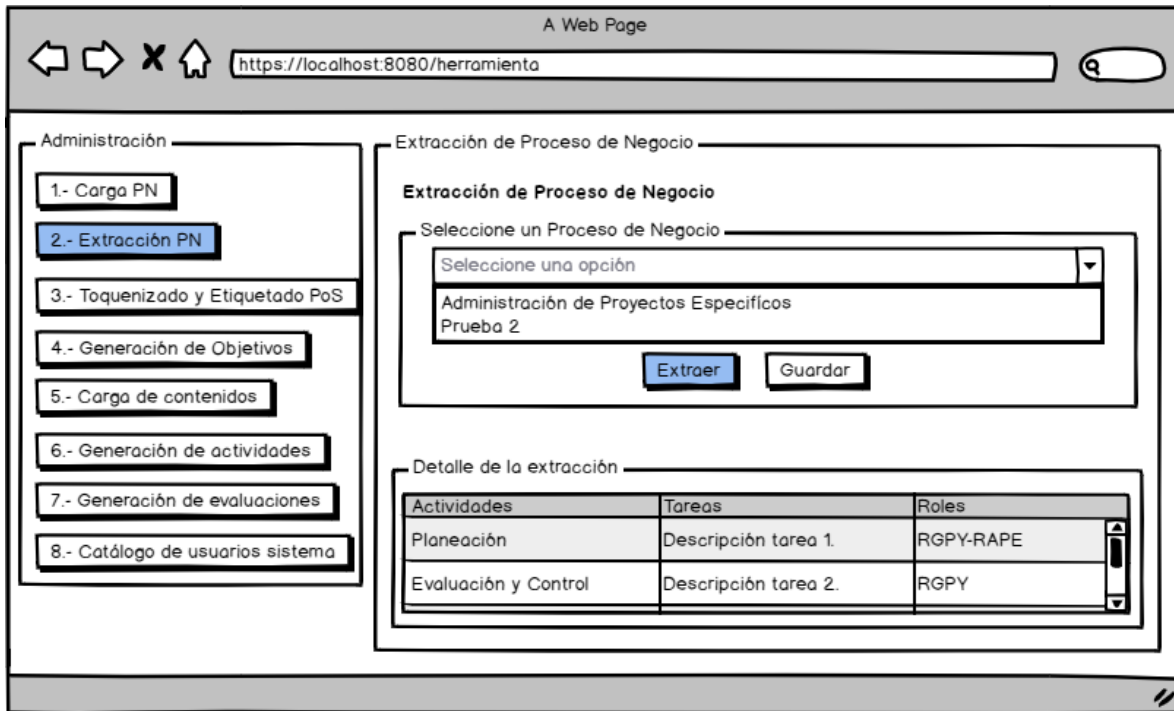


Figura A.4. Diseño preliminar al módulo de extracción.

Módulo Tokenización y Etiquetado PoS

El objetivo principal de este módulo es etiquetar (PoS) cada uno de los tokens que conforman la descripción de la tarea, esto con el fin de identificar la semántica de cada token. Las etiquetas PoS son de utilidad para formular los objetivos de aprendizaje, generar evaluaciones y actividades de aprendizaje. En la Figura A.5, se muestra el diseño para este módulo.

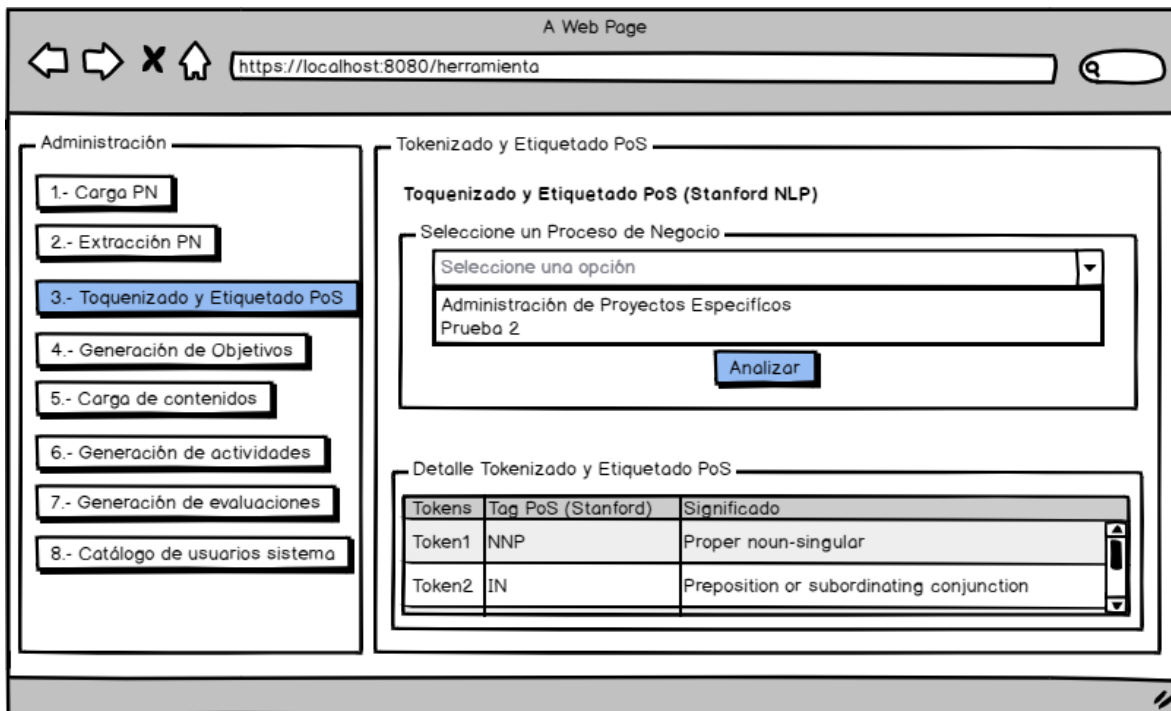


Figura A.5. Diseño preliminar al módulo de tokenización y etiquetado PoS.

Módulo de generación de objetivos

El propósito de este módulo es unir cada uno de los tokens que conforman a un objetivo de aprendizaje (sujeto + verbo + objeto directo) y expresarlo en un objetivo de aprendizaje. Las etiquetas PoS son de utilidad para determinar la semántica de cada uno de los tokens.

El objetivo de aprendizaje formulado tiene la siguiente forma:

El estudiante (sujeto) aprenderá + preposición “a” + verbo principal identificado en la descripción de la tarea (infinitivo) + artículo (un, uno, unos y unas) + objeto directo identificado en la descripción de la tarea.

En la Figura A.6, se muestra el diseño del módulo de generación de objetivos de aprendizaje. Para generar los objetivos de aprendizaje, primero se tiene que seleccionar de qué proceso de negocio se desea generar este tipo de recurso. Posteriormente, por cada tarea que conforma al proceso de negocio seleccionado se puede generar de manera automática el objetivo de aprendizaje.

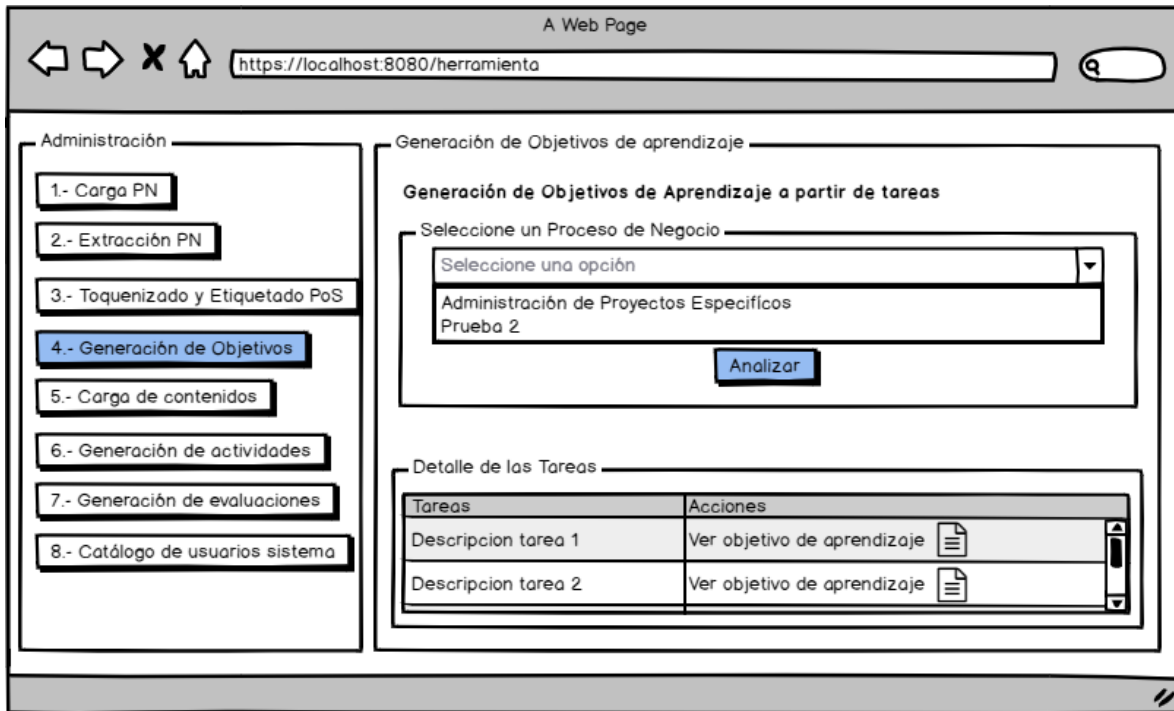


Figura A.6. Diseño preliminar del módulo de generación de objetivos de aprendizaje.

Módulo de carga de contenidos

El propósito de este módulo es cargar un documento que representa al objeto directo identificado en el objetivo de aprendizaje. Por cada tarea, se carga un documento y este va a representar al contenido de aprendizaje. Una vez cargado el documento, este se empaca en un servicio Web. Una vez empacado el contenido como servicio, este se puede descargar para consumirlo con algún cliente externo o para su posible clasificación. En la Figura A.7, se puede observar el diseño del módulo.

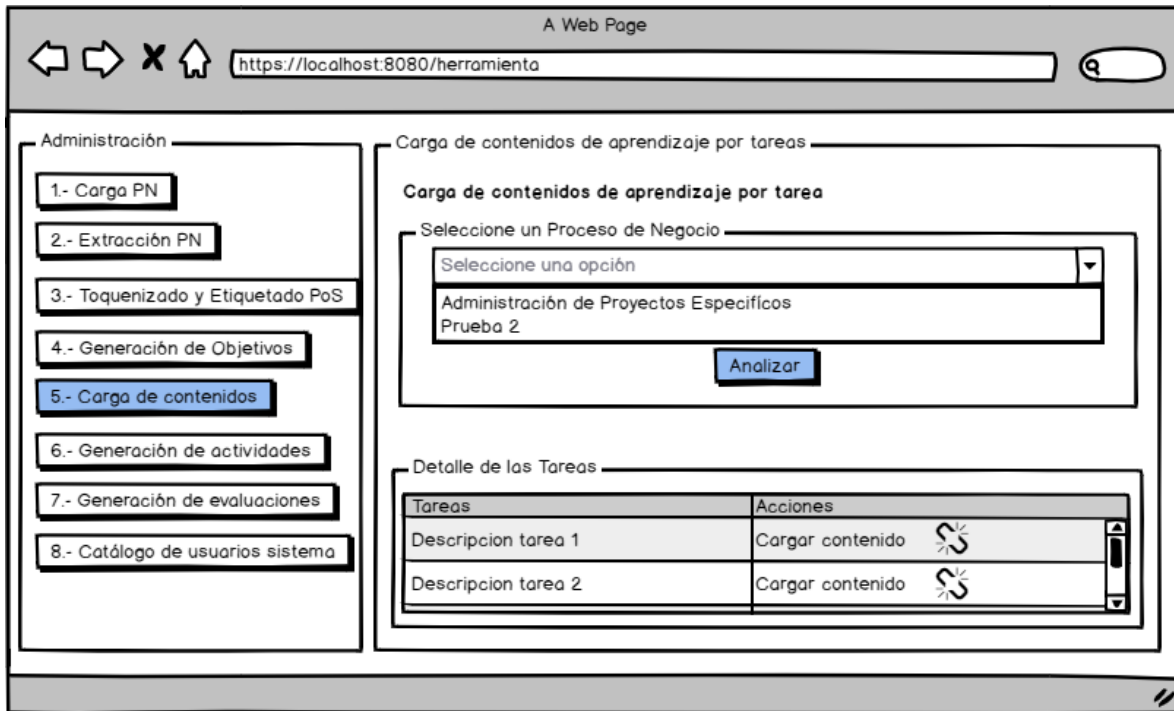


Figura A.7. Diseño preliminar del módulo de carga de contenidos.

Módulo de generación de actividades

El propósito de este módulo es analizar el contenido de aprendizaje por cada una de las tareas del proceso que se está analizando y generar de manera automática acciones que representan a las actividades de aprendizaje. En la Figura A.8, se observa el diseño para este módulo.

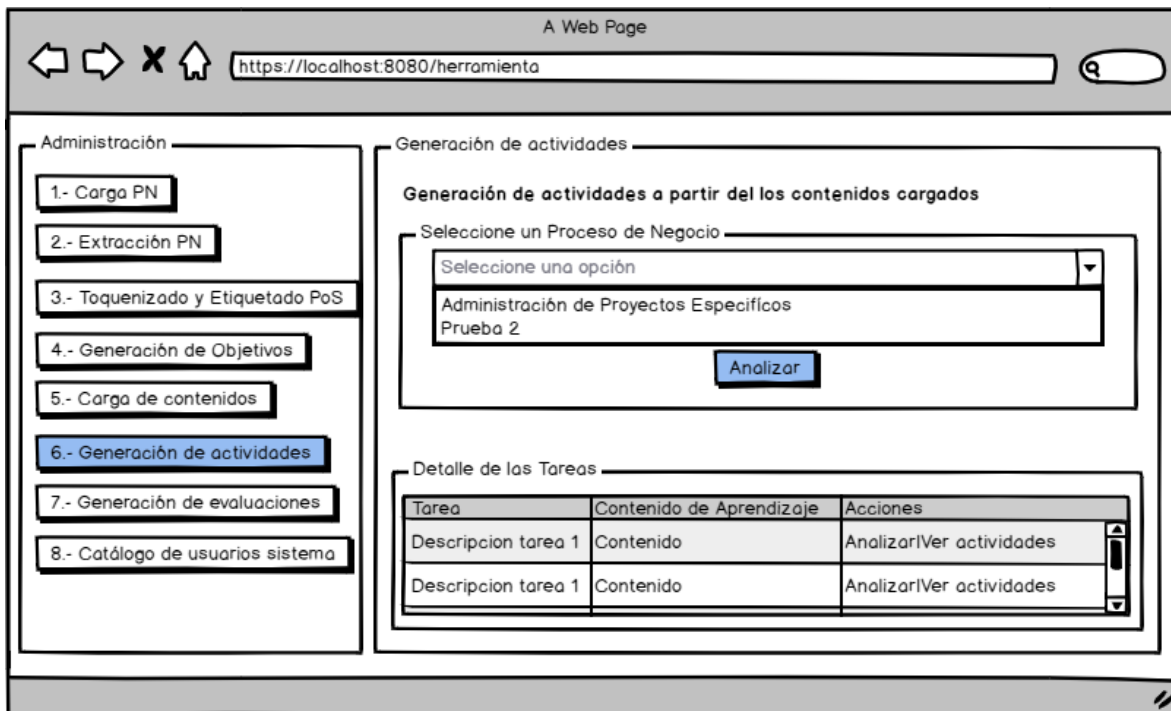


Figura A.8. Diseño preliminar del módulo de generación de actividades.

Módulo de generación de evaluaciones

El propósito de este módulo es generar preguntas conceptuales a partir del contenido de aprendizaje. Las preguntas generadas serán de los siguientes tipos:

1. Qué: ¿Qué es una Descripción de un Proyecto? ¿Qué es un Plan de Proyecto? ¿Qué es un Plan de Desarrollo?
2. Quien: ¿Quién es el responsable de la Descripción del Proyecto?
3. Cuando: ¿Cuándo se inicia una Descripción del Proyecto?

En la Figura A.9, se puede observar la vista preliminar del módulo de generación de preguntas.

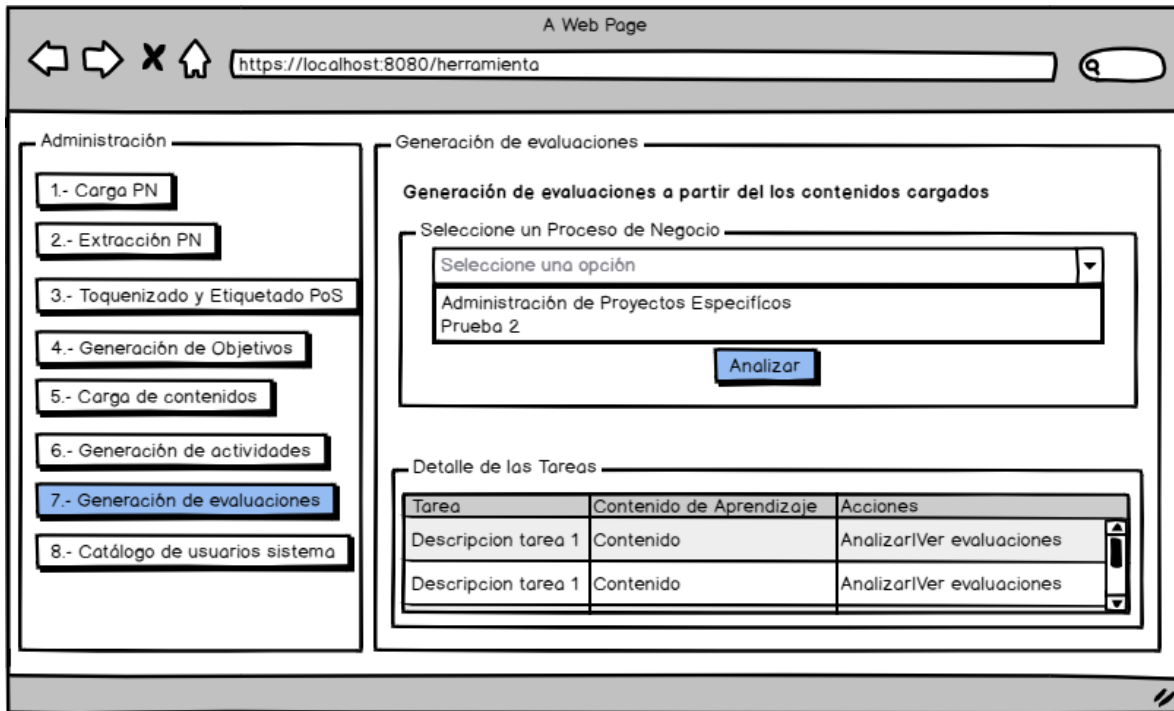


Figura A.9. Diseño preliminar del módulo de generación de evaluaciones.

Módulo usuario del sistema

El propósito de este módulo es crear usuarios para el acceso al sistema. Existen dos roles uno de tipo “Administrador” y uno de tipo “Estudiante”. El rol de tipo “Administrador” tendrá el privilegio de administrar las 8 opciones del sistema.



Figura A.10. Diseño real del módulo de usuarios del sistema.