

EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDDINÁMICA 3.0 ADECUÁNDOLA A LAS
EXIGENCIAS ACADÉMICAS DE LA MAESTRÍA EN INFORMÁTICA PARA LA
EDUCACIÓN. - REDDINÁMICA 4.0

VICTOR DANIEL GALLEGO UMAÑA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
INGENIERÍA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2026

EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDDINÁMICA 3.0 ADECUANDOLA A LAS
EXIGENCIAS ACADÉMICAS DE LA MAESTRÍA EN INFORMÁTICA PARA LA
EDUCACIÓN. - REDDINÁMICA 4.0

VICTOR DANIEL GALLEGO UMAÑA

Trabado De Grado Para Optar Al Título De
Ingeniero De Sistemas

Director

Hugo Hernando Andrade Sosa

Magíster en informática

Codirector

Emiliano De Jesús Lince Mercado

Magister En Ingeniería De Sistemas E Informática

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
INGENIERÍA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA

2026

DEDICATORIA

A mi familia, de sangre y de elección, por ser mi bastión ante la adversidad; refugio y luz que hacen de mi corazón un nido desde el cual renazco como fénix ante cada prueba de la vida. A ellas y ellos, todo.

AGRADECIMIENTOS

A las amistades y personas que llevo en mi corazón que estuvieron presentes durante el desarrollo de este proyecto, gracias por su realimentación y sus consejos.

Al profesor Hugo Andrade, al Ing. Luis Eduardo Guerra, al Ing. Emiliano Lince y al grupo SIMON de investigaciones en modelamiento y simulación de la Universidad Industrial de Santander (UIS), por el apoyo y las enseñanzas recibidas durante el transcurso de este proyecto y el tiempo en el grupo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. MARCO DE REFERENCIA.....	20
3.1 REDES DE APRENDIZAJE Y COMUNIDADES DE PRÁCTICA.....	20
3.2 DINÁMICA DE SISTEMAS EN LA EDUCACIÓN	21
3.3 REDDINÁMICA.....	24
3.3.1 Usuarios de RedDinámica.....	26
3.3.2 Ciclo de lecciones de RedDinámica	27
3.4 MANTENIMIENTO DE REDDINAMICA SEGÚN ESTÁNDAR IEEE 1219 - 1998.....	31
3.4.1 Fases de la norma.....	32
3.4.2 Identificación, clasificación y priorización del problema.	32
3.4.3 Análisis.....	33
3.4.4 Diseño.	33
3.4.5 Implementación	33
3.4.5.1 Pruebas de Unidad.....	34
3.4.5.2 Pruebas de Integración	34
3.4.5.3 Pruebas de Regresión.....	34
3.4.6 Pruebas del sistema.....	35
3.4.6.1 Pruebas de Seguridad.....	35
3.4.6.2 Pruebas de Recuperación.....	35
3.4.7 Pruebas de fin a fin.	36
3.4.8 Pruebas de Aceptación.	37
3.4.9 Liberación de nueva versión.	37

3.5 TECNOLOGÍAS USADAS EN EL DESARROLLO DE REDDINAMICA.....	38
4. METODOLOGÍA.....	39
4.1 MODELO ITERATIVO E INCREMENTAL	39
4.2 FASES Y CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	39
4.2.1. Evaluación Inicial y Análisis de Requisitos.....	39
4.2.1.1. <i>Evaluación del Software Existente</i>	40
4.2.1.2 <i>Plan de Pruebas</i>	40
4.2.1.3 <i>Definición de Requisitos</i>	40
4.2.2 Construcción por Iteraciones Funcionales.	40
4.3. EVALUACIÓN FINAL Y ACEPTACIÓN	41
4.3.1 Evaluación General del Software.	41
4.3.2 Prueba de Aceptación del Usuario (UAT)	41
4.4 Liberación (<i>Deployment</i>).....	41
5. DESARROLLO DEL PROYECTO	42
5.1 FASE DE INICIO Y EVALUACIÓN.	42
5.1.1 Evaluación de RedDinámica 3.0 y pruebas en aula	42
5.1.2 Definición y especificación de requisitos bajo norma IEEE.	43
5.1.2.1. <i>Identificación inicial de requisitos</i>	43
5.1.3 Estrategia de desarrollo iterativo.....	45
5.2 FASE DE MODELADO Y DISEÑO	46
5.2.1 Arquitectura del sistema.....	46
5.2.2 Casos de uso y diagramas.....	47
5.2.3 Modelo de datos.....	48
5.2.4 Diseño de interfaces.....	49
5.2.5 Actualización tecnológica	49
5.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN.	49
5.3.1 Iteración 1: Estabilización y sistema de reportes	50
5.3.2 Iteración 2: Sistema de notificaciones y gestor de lecciones	51
5.3.3 Iteración 3: RedDinámica Académica y sistema de denuncias	53

5.4 GESTIÓN DE CONFIGURACIÓN Y CONTROL DE CAMBIOS	55
5.5 CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y SEGURIDAD	55
5.5.1 Privacidad y protección de datos (GDPR)	55
5.6 FASE DE DESPLIEGUE Y MIGRACIÓN.....	56
5.6.1 Estrategia de despliegue dual	56
5.6.2 Migración de base de datos.	56
5.6.3 Configuración de infraestructura	57
5.6.4 Estrategia de respaldo y continuidad	57
5.6.5 Documentación técnica	58
6. PRUEBAS	59
6.1 ESTRATEGIA GENERAL DE PRUEBAS	59
6.2 PRUEBAS DE SEGURIDAD (OWASP).....	59
6.2.1 Evaluación inicial de RedDinámica 3.0	59
6.2.2 Pruebas de seguridad post-despliegue	61
6.3 PRUEBAS DE RENDIMIENTO.....	61
6.3.1 Pruebas de carga	61
6.3.2 Pruebas de estrés	62
6.4 PRUEBAS AUTOMATIZADAS	63
6.4.1 Pruebas unitarias con Karma	63
6.4.2 Pruebas de integración	64
6.5 PRUEBAS MANUALES	64
6.5.1 Pruebas funcionales por iteración	64
6.5.2 Pruebas End-to-End (E2E).....	68
6.6 PRUEBAS DE REQUISITOS NO FUNCIONALES	71
6.6.1 Usabilidad (RNF1-RNF5, RNF9).....	71
6.6.2 Seguridad y privacidad (RNF6, RNF7).....	71
6.6.3 Rendimiento (RNF8)	72
6.6.4 Mantenibilidad (RNF10-RNF12).....	72
6.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y SALIDA.....	72
6.8 EVIDENCIAS DE VERSION FINAL DE REDDINAMICA 4.0	73

7. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.....	83
7.1 OBJETIVO GENERAL.....	83
7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	85
8. CONCLUSIONES.....	90
9. RECOMENDACIONES.....	92
BIBLIOGRAFÍA	93

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tipos de usuarios de RedDinámica	26
Cuadro 2 Resumen del ciclo de desarrollo de RedDinámica	28
Cuadro 3 Requisitos definidos como trabajo futuro	44
Cuadro 4. Cuadro de Pruebas representativas para primera iteración.	65
Cuadro 5. Cuadro de pruebas representativas para segunda iteración.	66
Cuadro 6. Cuadro de casos de prueba RedDinámica Académica	67
Cuadro 7. Casos de prueba representativos para el sistema de denuncias:	68
Cuadro 8. Casos de prueba de migración e integridad:	68
Cuadro 9. Escenarios de pruebas E2E	68
Cuadro 10. Criterios de aceptación y salida	72
Cuadro 11 Cumplimiento de Objetivo general.....	83
Cuadro 12. Cumplimiento de Objetivos específicos.	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de desarrollo de Lecciones	28
Figura 2. Ciclo de lecciones de RedDinámica - Académica	48
Figura 3. Sistema de Notificaciones – Diagrama de casos de uso.....	51
Figura 5. <i>Landing page</i>	74
Figura 6. panel de docente RedDinámica	74
Figura 7. Crear nuevo grupo Académico.....	75
Figura 8. Página de Lección RedDinámica Académica.....	76
Figura 9. Perfil de usuario	76
Figura 10. Configuración de alerta de correo	77
Figura 11. Panel de Gestión académica y tareas.....	77
Figura 12. Panel de Gestión de Reportes y Denuncias.....	78
Figura 13. Página de Inicio con modo oscuro activado	78
Figura 14. Página de Inicio.....	78
Figura 15. Centro de reportes y Denuncias.....	79
Figura 16. Interfaz de Grupo académico	79
Figura 17. Gestión de Reportes y Denuncias.....	80

Figura 18. Creación de lección de RedDinámica académica	81
Figura 19. Gestión de Lecciones Académicas	82
Figura 20. Gestión de grupos Académicos	82
Figura 21. <i>Dashboard</i> para RedDinámica Académica	82

ANEXOS

Ver anexos adjuntos en el repositorio Institucional

Anexo A. DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE, REDDINÁMICA 4.0

Anexo B. DOCUMENTO DE DISEÑO, REDDINAMICA 4.0

Anexo C. DOCUMENTO DE PRUEBAS REALIZADAS EN REDDINAMICA 4.0

Anexo D. Corrección de errores luego de pruebas finales.

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDDINÁMICA 3.0 ADECUÁNDOLA A LAS EXIGENCIAS ACADÉMICAS DE LA MAESTRÍA EN INFORMÁTICA PARA LA EDUCACIÓN. - REDDINÁMICA 4.0*

AUTOR: VICTOR DANIEL GALLEGO UMAÑA**

PALABRAS CLAVE: RedDinámica, Gestión Educativa, Dinámica de Sistemas, Sostenibilidad, Descentralización, Comunidades de Práctica.

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto expone el rediseño, desarrollo y despliegue de RedDinámica en su cuarta versión como una herramienta de apoyo a las actividades formativas de la asignatura Redes de Aprendizaje y Comunidades de Práctica en el cuarto semestre de la maestría. Esta investigación aborda la optimización del ciclo de lecciones y la transición hacia un modelo de gestión descentralizada, orientado a mejorar de manera significativa la autonomía de los actores dentro del entorno escolar. Se diseñaron e incorporaron mejoras a partir de las experiencias acumuladas en la Maestría en Informática para la Educación de la Universidad Industrial de Santander. Esta entrega tiene como objetivo principal garantizar la continuidad de la sostenibilidad de la dinámica de sistemas en el ámbito pedagógico.

Lo anterior se logra ofreciendo soporte integral a las distintas etapas del ciclo de desarrollo de lecciones de RedDinámica creado por el grupo SIMON de investigaciones en modelamiento y simulación, el cual orienta la construcción de materiales educativos desarrollados con dinámica de sistemas enfocados a la enseñanza de fenómenos en los distintos niveles académicos. Adicionalmente, RedDinámica 4.0 consolida un espacio para la construcción de redes de aprendizaje donde los usuarios pueden comunicarse y compartir sus conocimientos, opiniones e ideas para construir y mejorar constantemente los materiales disponibles en la red, integrando activamente a docentes, estudiantes, expertos y demás interesados en el tema.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de sistemas e informática. Programa Ingeniería de Sistemas. Director Hugo Hernando Andrade Sosa. Magíster en informática. Codirector Emiliano de Jesús Lince Mercado. Magister en ingeniería de sistemas e informática

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION AND MAINTENANCE OF REDDINÁMICA 3.0 ADAPTING IT TO THE ACADEMIC DEMANDS OF THE MASTER'S PROGRAM IN INFORMATICS FOR EDUCATION. - REDDINÁMICA 4.0*

AUTHOR: VICTOR DANIEL GALLEGO UMAÑA**

KEYWORDS: RedDinámica, Educational Management, System Dynamics, Sustainability, Decentralization, Communities of Practice.

DESCRIPTION:

The present project exposes the redesign, development, and deployment of RedDinámica in its fourth version as a tool to support the training activities of the Learning Networks and Communities of Practice course in the fourth semester of the master's program. This research addresses the optimization of the lesson cycle and the transition toward a decentralized management model, aimed at significantly improving the autonomy of the actors within the school environment. Improvements were designed and incorporated based on the experiences accumulated in the Master's Program in Informatics for Education at the Universidad Industrial de Santander. This delivery has the main objective of guaranteeing the continuity of the sustainability of system dynamics in the pedagogical field.

The aforementioned is achieved by offering comprehensive support to the different stages of the RedDinámica lesson development cycle created by the SIMON modeling and simulation research group, which guides the construction of educational materials developed with system dynamics focused on teaching phenomena at different academic levels. Additionally, RedDinámica 4.0 consolidates a space for the construction of learning networks where site users can communicate and share their knowledge, opinions, and ideas to constantly build and improve the materials available on the network, actively integrating teachers, students, experts, and others interested in the subject.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de sistemas e informática. Programa Ingeniería de Sistemas. Director Hugo Hernando Andrade Sosa. Magíster en informática. Codirector Emiliano de Jesús Lince Mercado. Magíster en ingeniería de sistemas e informática

1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las tendencias educativas se orientan en el aprendizaje y en el trabajo colaborativo a través de las TIC, pues ahora es posible integrar plataformas en línea que permiten la transformación del conocimiento y al mismo tiempo generan nuevo conocimiento, tanto individual como organizacional rompiendo las limitaciones de la distancia¹. Paralelo a ello, Forrester (1992) explica que con la dinámica de sistemas en la educación “podemos visualizar un proceso integrado, sistémico y educativo que es más eficiente, más apropiado para un mundo de crecientes complejidades y que ofrezca más apoyo a la unidad de la vida”².

RedDinámica surge ante la necesidad de un ambiente para la construcción de aprendizaje colaborativo en red y ha sido desarrollada como una plataforma virtual para la comunidad de prácticas de la dinámica de sistemas en la educación, que involucra a profesores, estudiantes, egresados y demás interesados en el tema. Esta plataforma ha tenido más de 3 versiones que comprende estudios realizados en trabajos de maestría y pregrado(*). Actualmente RedDinámica 3.0 es utilizada por el grupo SIMON como herramienta de apoyo para las actividades desarrolladas en la asignatura Redes de aprendizaje y comunidades de práctica en el Cuarto semestre de la Maestría de Informática para la Educación (MIE) de la Universidad Industrial de Santander.

¹ PINTO PRIETO, Laura Patricia, *et al.* RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. *Scientia et Technica* Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p. 344.

² FORRESTER, Jay. *La Dinámica de Sistemas y el Aprendizaje del Alumno en la educación escolar.* Proyecto Educativo Dinámica de Sistemas. Cambridge: Instituto de Tecnología de Massachusetts. Escuela de administración 1992. p. 14.

(*) Para más información sobre las tesis de maestría consultar NAVAS GARNICA(2006), LOPEZ MOLINA (2011), y para las tesis de pregrado CASTAÑEDA MEZA(2007), PINTO PRIETO y SIERRA JOVA(2009), FUENTES VARGAS(2013), HERNÁNDEZ BUSTOS(2019).

Si bien en el desarrollo de RedDinámica 3.0 se realizó un proceso de modernización del código usando tecnología MEAN Stack (MongoDB, ExpressJS, AngularJS, NodeJS)³, se evidenció que la herramienta software necesita un proceso constante de crecimiento al ritmo de la evolución de las tecnologías, pues las iteraciones anteriores del software se hicieron obsoletas debido a la falta de mantenimiento y de evolución⁴. Los estándares para los procesos del ciclo de vida del software permiten conectar y asociar el proceso de mantenimiento con los demás procesos existentes en el software⁵. La IEEE 1219 es un estándar que describe un proceso iterativo para la gestión y ejecución de las actividades del proceso de mantenimiento del software.

Por este motivo, se hace necesario establecer una evaluación del software, que comprende diversas pruebas desde pruebas no funcionales que abarcan el rendimiento, la recuperación y la seguridad del software, como test de funcionalidad usando tests de fin a fin y pruebas de usabilidad de RedDinámica 3.0, en el curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica, con el fin de brindar un enfoque de desarrollo hacia la gestión que tiene el usuario con la plataforma. Se tendrá la participación de usuarios estudiantes y profesor, junto con facilitadores expertos en dinámica de sistemas. Luego de descubrir defectos y documentarlos, se obtendrá un documento con especificaciones a resolver dentro del mantenimiento del aplicativo web.

Por otra parte, en los últimos dos años en los cursos de la MIE del curso de Redes de Aprendizaje, en los cuales se ha utilizado RedDinámica, ha surgido la necesidad de mejorar la herramienta para que el usuario Profesor pueda crear un ambiente de aprendizaje de dinámica de sistemas, denominado RedDinámica-Académica, dentro de

³ HERNANDEZ BUSTOS, Juan Daniel, Sitio web de la red de construcción colaborativa de conocimiento para la sostenibilidad de la dinámica de sistemas en la escuela Reddinámica 3.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2019. p. 63.

⁴ Ibid., p. 65.

⁵ MARTÍNEZ PÁRRAGA, Juan Angel. Estándar IEEE 1219 de mantenimiento del software. [En línea] Universidad de Castilla-La mancha, 1999. p. 7;[Consultado: 11 de noviembre de 2020] Disponible en: <https://alarcos.esi.uclm.es/per/fruiz/cur/mso/comple/IEEE1219.pdf>

la red general del colectivo de RedDinámica. De esta forma el profesor se convierte en administrador de su red de estudiantes y puede gestionar los recursos que mejor se adecuen a las necesidades para el desarrollo de la clase, con grados de exigencia menores a los de la comunidad de prácticas de RedDinámica.

Finalmente, existe un problema a la hora de comunicar los cambios en los proyectos, la agendación de citas para el encuentro de trabajo o la posibilidad de que la administración pueda enviar información de interés a la comunidad en general, de esta manera se propone la creación de un diseño y desarrollo del sistema de notificaciones. Esto mejora la comunicación, que se traduce en una mayor motivación y participación. En versiones anteriores se encontró que si el ambiente está motivado se mejora la producción intelectual en la comunidad de práctica⁶.

⁶ FUENTES VARGAS, Edgar Alberto. MARTINEZ PARODI, Ailin Johana. Técnicas de web semántica para RedDinámica 2.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2013. p.123-124.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una nueva versión de RedDinámica a partir de la evaluación y mantenimiento de la versión actual y de los requerimientos académicos del curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica en el cuarto semestre de la Maestría en Informática para la educación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar RedDinámica 3.0 para identificar defectos y fallas mediante la aplicación de un Plan de pruebas caracterizado por:
 - Pruebas de funcionalidad, pruebas de API, pruebas de interfaz, pruebas de compatibilidad, pruebas de rendimiento y pruebas de seguridad.6
 - Pruebas de usabilidad de RedDinámica 3.0 con usuarios, estudiantes y profesor, en el curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica en el Cuarto semestre de la Maestría de Informática para la Educación (MIE), junto con facilitadores expertos en dinámica de sistemas.

- Desarrollar RedDinámica 4.0 contemplando:
 - Los defectos y fallas identificados en la ejecución del plan de pruebas de la versión 3.0
 - Reestructurar RedDinámica agregando un módulo que garantice un espacio para promover el aprendizaje de la dinámica de Sistemas denominado RedDinámica-Academica.
 - Diseñar y desarrollar un sistema de notificaciones para RedDinámica.

- Realizar la evaluación del sistema por medio de un plan de pruebas con la participación de usuarios finales y las demás pruebas realizadas sobre la versión 3.0
- Liberar la nueva versión de RedDinámica mediante el despliegue del software en la infraestructura aportada por el grupo SIMON y la Maestría en Informática para la Educación, migrando previamente el contenido de la versión anterior.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 REDES DE APRENDIZAJE Y COMUNIDADES DE PRÁCTICA

Las redes de aprendizaje (Learning Networks) son redes sociales en línea mediante las cuales los participantes comparten información y colaboran para crear conocimiento⁷. En ese sentido, las redes de aprendizaje se diseñan para tratar de enriquecer la experiencia de aprendizaje en los contextos de educación no formal (educación profesional) y, con ciertas adaptaciones, también resultan útiles en el contexto de la educación formal (escuelas o universidades)⁸. En su empeño para adquirir competencias, los usuarios de una red de aprendizaje pueden, por ejemplo (Koper, 2009):

- Intercambiar experiencias y conocimiento con otros.
- Trabajar en colaboración en proyectos (p. ej., de innovación, investigación, trabajos).
- Crear grupos de trabajo, comunidades, debates y congresos.
- Ofrecer y recibir apoyo a/de otros usuarios de la red de aprendizaje (como dudas, observaciones, etc.).
- Evaluarse a sí mismos y a otros, buscar recursos de aprendizaje, crear y elaborar sus perfiles de competencias.

Una red de aprendizaje, en tanto red social, se integra por personas que comparten intereses bastante similares; cualquier red de aprendizaje ofrece recursos que los participantes pueden utilizar para sus objetivos particulares (véase la lista anterior) y diversos servicios que les ayudan a alcanzarlos⁹.

⁷ SLOEP Peter, Berlanga Adriana, Redes de aprendizaje, aprendizaje en red, Revista Comunicar, n°37, v. XIX, 2011 p.55. [sitio web]. [Consultado: 18 de Diciembre de 2020], Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3733909>

⁸ Ibid., p.56.

⁹ Ibid., p.57.

Por su parte, Wenger sostiene que en algunas organizaciones el término red de aprendizaje, grupo temático o club de técnicos es equiparable con el término Comunidad de prácticas. Las comunidades de prácticas son grupos de personas que comparten una preocupación o una pasión por algo que hacen y aprenden a hacerlo mejor, interactuando con regularidad¹⁰. Este término fue acuñado desde la teoría de aprendizaje, además fue acuñado para referirse a la comunidad como un currículum vivo para el aprendiz¹¹.

Wenger menciona la existencia de tres características propias de una comunidad de práctica: dominio, comunidad y práctica. El dominio es un interés común que conecta y se mantiene unido a la comunidad. La comunidad está obligada por las actividades compartidas que persiguen (por ejemplo, reuniones, discusiones) en torno a su dominio común. La práctica se da debido a que los miembros de una comunidad de práctica son practicantes; lo que hacen involucra su participación en la comunidad; y lo que aprenden de la comunidad afecta a lo que hacen¹².

3.2 DINÁMICA DE SISTEMAS EN LA EDUCACIÓN

La dinámica de sistemas (DS) es una metodología para analizar y modelar el comportamiento temporal en entornos complejos¹³. Fue desarrollada en los años 50's por Jay Forrester, fue usada originalmente para ayudar a los gerentes corporativos a mejorar

¹⁰ WENGER, E, Communities of practice a brief introduction. 2013. [Sitio web] [Consultado: 18 de Diciembre de 2020]. Disponible en : <https://wenger-trayner.com/wp-content/uploads/2013/10/06-Brief-introduction-to-communities-of-practice.pdf>

¹¹ Ibid., p.3.

¹² BATES, Tony. Enseñar en la Era digital. 2017. [sitio web] [Consultado: 18 de Diciembre de 2020]. Disponible en : <https://cead.pressbooks.com/chapter/4-6-las-comunidades-de-practica/>

¹³ IZQUIERDO, Luis R.; GALÁN, José M.; SANTOS, José I. del Olmo, Ricardo. Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales. 2008. 16. pp. 85-112

su comprensión de los procesos industriales, ahora se está utilizando en todo el sector público y privado para el análisis y el diseño de políticas¹⁴. El objetivo de la DS es comprender de qué forma la estructura del sistema es responsable de su comportamiento, así que para ello se vale de diagramas de Forrester¹⁵, junto con ecuaciones diferenciales, y lenguajes de sistemas dinámicos. Además, a medida que se construyen prototipos aumenta la complejidad y el alcance del modelo¹⁶.

Por otro lado, el pensamiento sistémico promueve la reflexión y la observación de la totalidad del fenómeno, el análisis va más allá de sus componentes o partes. Explora las interdependencias entre los elementos de un sistema, buscando los modelos en lugar de memorizar hechos aislados¹⁷. Es importante su uso dentro de los procesos educativos, pues en conjunto con la dinámica de sistemas, se analizan aquellos constantes cambios e interconexiones dentro del fenómeno, permitiendo una apreciación y análisis del mismo¹⁸. Así mismo se interpretan y analizan los sistemas de la vida real para lograr generar modelos que se puedan simular a través de los computadores y analizar posibles comportamientos¹⁹.

Gracias a la formación en un contexto dinámico-sistémico²⁰ en la educación, los

¹⁴ RADZICKI, Michael J., Taylo,Robert A, Origin of System Dynamics: Jay W. Forrester and the History of System Dynamics. 2008. [sitio web]. [Consultado: 20 de Agosto de 2020]. Disponible en *U.S. Department of Energy's Introduction to System Dynamics*: <http://wayback.archive-it.org/10432/20180521200656/http://lm.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/start.htm>

¹⁵ J. Forrester, "System Dynamics and LearnerCentered-Learning," in kindergarten through 12th Grade Education. Road Maps, 1994.

¹⁶H. Andrade, D. Isaac, A. Espinosa, H. López Garay, and R. Sotaquirá, *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de la unidad*. 2001.

¹⁷M. C. Jackson, *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. 2003, p. 378.

¹⁸ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, GÓMEZ FLÓREZ, Luis Carlos, *Tecnología Informática en la Escuela*., 3rd ed. Bucaramanga, Colombia: 2007, p. 187.

¹⁹ *Ibid.*, p. 187.

²⁰ H. Andrade, D. Isaac, A. Espinosa, H. López Garay, and R. Sotaquirá, *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de la unidad*. 2001.

estudiantes pueden desarrollar habilidades de pensamiento, aptitudes y comportamientos entre las cuales se destacan²¹:

- Pensamiento Dinámico: identifica patrones de comportamiento; ve patrones de cambio en el tiempo, más que eventos aislados. Ve en las trayectorias temporales de los elementos del sistema, la historia de su comportamiento dinámico.
- Pensamiento en términos de causalidad: reconoce que los problemas y sus soluciones están dentro del sistema no fuera de éste. Entiende que unas son las manifestaciones y otras las causas profundas que determinan lo que se manifiesta, estas causas pueden estar distantes en el tiempo y en el espacio de sus efectos (manifestaciones) y generalmente son múltiples.
- Pensamiento operacional: Aprecia y entiende cómo la estructura causal del sistema se refleja en su comportamiento, y comprende que la estructura básica se puede aplicar a todos los sistemas. Entiende los conceptos de flujo y nivel y la relación entre los mismos.
- Pensamiento de ciclo cerrado: reconoce la realimentación., lo cual indica que una acción tiene consecuencias que pueden influir en nuevas acciones. Así mismo la Dinámica de sistemas tiene algunos aportes para el profesor y el centro educativo quienes construyen conocimiento alrededor de esta temática, desarrollando las siguientes características.
- Se diseñan actividades permitiendo a los estudiantes construir sus propios conocimientos.

²¹ ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, GÓMEZ FLÓREZ, Luis Carlos, Tecnología Informática en la Escuela., 3rd ed. Bucaramanga, Colombia: 2007, p. 187.

- La Dinámica de Sistemas será incluida dentro del programa de estudios. No será un curso más; sino que hará parte del conocimiento común a todas las áreas y asignaturas.
- Mejorará las herramientas y formas de trabajo para integrar y revitalizar el programa de estudios existente.
- Analizar los problemas primero, al presentarle desde un inicio una situación problemática, tendrán la necesidad de aprender varias cosas para solucionarla, los estudiantes mirarán la situación globalmente y luego buscarán el conocimiento necesario para tratarla como en la vida real.²²

Además, los docentes también transforman su método de enseñanza, junto con la responsabilidad delegada al estudiante sobre su proceso educativo, y van más allá de tener un rol de autoridad que provee conocimientos a ser un guía o tutor. Así también, gracias a la dinámica de sistemas se mejoran las herramientas y formas de trabajo para integrar y revitalizar el programa de estudios²³.

3.3 REDDINÁMICA.

RedDinámica surge desde el grupo de investigación SIMON con el objetivo de transformar la educación tradicional a través de la inclusión de la informática, el modelado y la dinámica de sistemas. Por esta razón, se formalizó en 2006 una propuesta cuyo objetivo era usar de base al pensamiento sistémico, el modelado y la simulación, y de

²² PINTO PRIETO, Laura Patricia, SIERRA JOVA, Luis Fernando, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando. RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p. 344-345.

²³ ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, GÓMEZ FLÓREZ, Luis Carlos, Tecnología Informática en la Escuela., 3rd ed. Bucaramanga, Colombia: 2007, p. 187.

esta forma desarrollar en los estudiantes aptitudes, experiencias, un espíritu crítico y creador para explicar e intervenir el mundo y sus fenómenos.

Así, se desarrolló en 2007 la primera versión²⁴, cuyo propósito era dar soporte a una red de aprendizaje colaborativo (RedDinámica), sitio diseñado para apoyar el proceso de aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación básica y media a través de la construcción colaborativa de conocimiento²⁵. Esta primera versión permitió la conformación de una comunidad donde se profundiza el estudio, se desarrollan materiales y se comparten experiencias.

Sin embargo, la comunicación en esta primera versión se realizaba a través de foros y había poca documentación. RedDinámica continuó en su proceso de mejora y dos años después se agregaron nuevas funcionalidades, se enfocó el desarrollo en la comunicación entre usuarios, la gestión de contenidos y la administración del sistema²⁶. Se tuvo de esta manera la segunda versión que se mantuvo sin cambio hasta el año 2013, momento en que se trabajó en el desarrollo de técnicas de web semántica, reestructurando la página a través del uso de metadatos semánticos y ontológicos que permitían compartir y reutilizar datos de diversas fuentes²⁷.

En la tercera versión se utilizó una arquitectura MVC(Modelo-Vista-Controlador) para desarrollar una SPA (Single page application) a través del marco de desarrollo Stack

²⁴ Para más información sobre la primera versión dirigirse a CASTAÑEDA MEZA (2007).

²⁵ PINTO PRIETO, Laura Patricia, SIERRA JOVA, Luis Fernando, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando. RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p. 343.

²⁶ PINTO PRIETO, Laura Patricia. SIERRA JOYA. Luis Fernando. Elaboración de la plataforma RedDinámica versión 2.0 como soporte al aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Tesis de pregrado. Bucaramanga. 25 Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, 2009. p. 5.

²⁷ FUENTES VARGAS, Edgar Alberto. MARTINEZ PARODI, Ailin Johana. Técnicas de web semántica para RedDinámica 2.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2013. p.19.

MEAN²⁸ con el fin de actualizar las tecnologías usadas y aprovechar los recursos de las plataformas actuales²⁹, pues la versión desarrollada anteriormente había quedado en desuso por falta de mantenimiento y por uso de tecnologías que ya no contaban con soporte.

Actualmente, RedDinámica requiere un proceso de evaluación, de mantenimiento y desarrollo de nuevas funcionalidades, pues la plataforma ha sido usada por espacio de dos años por la Maestría en Informática para la Educación y desde allí se ha obtenido un número significativo de nuevas funcionalidades que serán estudiadas y abordadas en el alcance del desarrollo de esta nueva versión.

Se espera que, en un nivel avanzado de desarrollo, RedDinámica se consolide como una comunidad de prácticas de la dinámica de sistemas en la educación que involucre a profesores, estudiantes, egresados y demás interesados en el tema³⁰.

3.3.1 Usuarios de RedDinámica. La conformación de RedDinámica se da a través de la interacción entre profesores, profesionales de diferentes carreras, estudiantes, e instituciones interesadas en incluir la dinámica de sistemas en su proceso de formación³¹. Se identifican así 3 tipos de usuarios: Administrador, Experto, y General (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de usuarios de RedDinámica

Usuario general	El usuario general es aquel que se registra como estudiante, profesor o invitado; este usuario tiene acceso limitado a las funcionalidades del sitio.
-----------------	---

²⁸ HERNANDEZ BUSTOS, Juan Daniel, Sitio web de la red de construcción colaborativa de conocimiento para la sostenibilidad de la dinámica de sistemas en la escuela Reddinámica 3.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2019. p. 69.

²⁹ Ibid., p. 23.

³⁰ Ibid., p. 18.

³¹ PINTO PRIETO, Laura Patricia, SIERRA JOVA, Luis Fernando, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando. RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p. 345.

Usuario experto	Es un usuario con un conocimiento avanzado sobre dinámica de sistemas y está especializado en determinadas áreas de conocimiento. Además de las opciones a las que tiene acceso un usuario general, el experto tiene acceso a algunas funcionalidades que le permiten asesorar las lecciones de clase en desarrollo por los usuarios.
Usuario Administrador	Persona que se encarga de la administración de los contenidos publicados en el sitio y supervisar el proceso de construcción del conocimiento. El administrador tiene acceso a las mismas opciones que los anteriores usuarios, adicionalmente tiene acceso al módulo de administración.

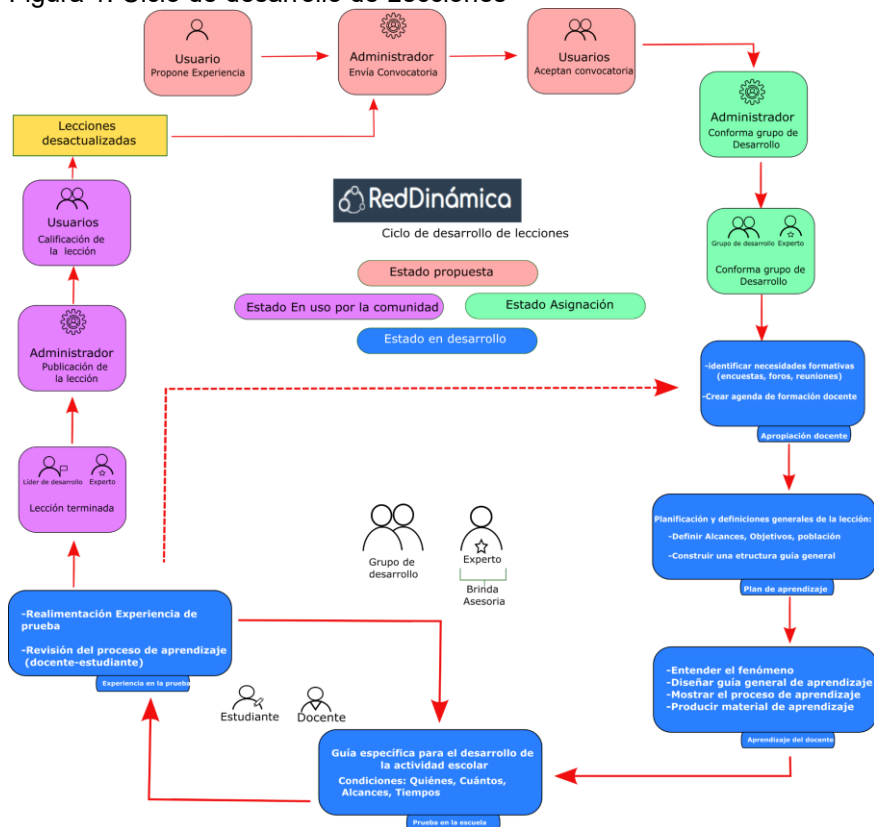
Fuente: PINTO PRIETO, Laura Patricia, SIERRA JOVA, Luis Fernando, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando. RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p. 345.

3.3.2 Ciclo de lecciones de RedDinámica. Con el fin de realizar una construcción colaborativa de conocimiento, en PINTO PRIETO (2013) se explica el ciclo de lecciones de RedDinámica, donde se permite a los usuarios proponer, participar y desarrollar proyectos en conjunto con expertos en dinámica de sistemas trabajando en un material didáctico llamado Lección que debe ser de alta calidad y confiabilidad dentro del área de interés trabajada por el grupo.

Así mismo, la versión actual permite publicar dichas lecciones para ser utilizadas por los demás usuarios en las actividades de formación académica de sus estudiantes, como también almacenar comentarios, sugerencias y calificación de los materiales. Entendiendo esta última fase clave para la mejora continua a través de la evaluación y validación por parte de los usuarios, así como la actualización según la realimentación que se obtenga.

Este proceso se ha formalizado a través del siguiente ciclo de desarrollo de lecciones desarrollado por el grupo de investigación SIMON:

Figura 1. Ciclo de desarrollo de Lecciones



Fuente: ALBERTO FUENTES VARGAS, Edgar Alberto. MARTINEZ PARODI, Ailin Johana. Técnicas de web semántica para RedDinámica 2.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 62.

Este ciclo involucra una serie de actividades llevadas a cabo en cuatro fases o estados que incluyen un conjunto de actividades, que son desarrolladas por uno o más usuarios de RedDinámica (Cuadro 1). Así, HERNANDEZ BUSTOS(2019) desarrolló el siguiente cuadro (Cuadro 2) donde se resume este proceso:

Cuadro 2 Resumen del ciclo de desarrollo de RedDinámica

Estado	Actividades	Descripción	Usuario
Propuesta	Propone experiencia	Inicio del Ciclo. Se propone una lección en la plataforma. La propuesta debe incluir: objetivos, justificación y sugiere	Usuarios RedDinámica

		el área de conocimiento donde puede aplicarse la lección.	
	Envío de convocatoria	Se envía convocatoria para todos o algunos miembros seleccionados de RedDinámica.	Administrador
	Aceptan convocatoria	Aquellos usuarios seleccionados para la propuesta u otros usuarios indican su interés en participar.	Usuarios RedDinámica
Asignación	Conforma grupos de desarrollo	Se conforma el grupo de desarrollo de la lección (4 o 5 participantes) entre ellos se selecciona el líder que coordina, adicionalmente se asigna un experto asesor.	Administrador
	Presentaciones integrantes de grupo	Se presentan los usuarios seleccionados.	Grupo de desarrollo y experto
Desarrollo	Apropiación docente	El objetivo es que el docente viva la experiencia de aprendizaje antes de aplicar cualquier tipo de material con sus estudiantes y para esto se debe: - Identificar necesidades formativas: Buscar que todos los docentes estén al mismo nivel de conocimiento en Dinámica de sistemas, manejo de las herramientas a utilizar y sobre el tema general de la lección. - Crear agenda de formación docente para definir las fechas de la formación, reuniones, actividades y entrega de resultados.	Grupo de desarrollo y experto

	Plan de aprendizaje	Los docentes elaboran: - La planificación y definiciones generales de la lección, - Definir alcances, objetivos, población - Construir una estructura guía general	Grupo de desarrollo y experto
	Aprendizaje del docente	Los docentes aprenden a trabajar colaborativamente, modifican paradigmas, adquieren conocimientos de diversas áreas y aplican el plan de aprendizaje para lograr los objetivos propuestos, realizando actividades como: - Entender el fenómeno. - Diseñar guía general de aprendizaje. - Mostrar el proceso de aprendizaje. - Producir material de aprendizaje	Grupo de desarrollo y experto
Desarrollo	Prueba en la escuela	Se prueban los materiales creados desarrollándolos con estudiantes en las escuelas, según las condiciones, alcance y tiempos definidos.	Docente
	Experiencia de la prueba	Se observa el impacto de los recursos creados, Además, se generan reuniones para la reflexión y la realimentación del proceso de prueba. Esto mediante: - Realimentación de la experiencia de la prueba. - Revisión del proceso de aprendizaje	Docente
Uso por la comunidad	Lección terminada	Se da por terminado el desarrollo de la lección una vez el experto y el líder del grupo consideren que esta tiene la	Líder de desarrollo y experto

		calidad necesaria para ser aplicada en el aula.	
	Publicación de la lección	Publicación de las lecciones para todos los usuarios de RedDinámica.	Administrador
	Calificación de la lección	La lección recibe comentarios, sugerencias y calificaciones según los comentarios e interés de los usuarios, la lección puede pasar a otro ciclo de desarrollo.	Usuarios RedDinámica

Fuente: HERNÁNDEZ BUSTOS, Juan Daniel, Sitio web de la red de construcción colaborativa de conocimiento para la sostenibilidad de la dinámica de sistemas en la escuela RedDinámica 3.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2019. p. 26-28.

3.4 MANTENIMIENTO DE REDDINAMICA SEGÚN ESTÁNDAR IEEE 1219 - 1998.

Según el IEEE, el mantenimiento del Software es la modificación de un producto software después de su entrega al cliente o usuario para corregir defectos, para mejorar el rendimiento u otras propiedades deseables, o para adaptarlo a un cambio de entorno.³² Esta norma describe un proceso iterativo para ejecutar y gestionar actividades de mantenimiento de software. Los criterios establecidos se aplican a la planificación del mantenimiento del software mientras este se encuentra en desarrollo, así como a la planificación y ejecución de actividades asociadas al mantenimiento para el software existente.

³² MARTÍNEZ PÁRRAGA, Juan Angel. Estándar IEEE 1219 de mantenimiento del software. [En línea] Universidad de Castilla-La Mancha, 1999. p. 7;[Consultado: 11 de noviembre de 2020] Disponible en:<
<https://alarcos.esi.uclm.es/per/fruiz/cur/mso/comple/IEEE1219.pdf>>

Este estándar establece los requisitos del proceso, el control y la gestión de la planificación, así como la ejecución y documentación de las actividades de mantenimiento de software. El proceso se divide en fases dentro de las cuales el estándar define los procedimientos que se han de llevar a cabo. Con estos se identifican la documentación, las personas y los productos de software que intervienen.

3.4.1 Fases de la norma. A continuación, se presenta el siguiente proceso en cascada e iterativo que se tiene dentro de cada fase:

- Identificación del problema.
- Análisis.
- Diseño.
- Implementación.
- Pruebas del sistema.
- Pruebas de aceptación.
- Puesta en producción o liberación de versión.

3.4.2 Identificación, clasificación y priorización del problema. En esta fase se identifican, clasifican y asignan una prioridad inicial a las modificaciones del software.³³ Cada Solicitud de Modificación se evalúa para determinar su clasificación y prioridad.

³³ MARTÍNEZ PÁRRAGA, Juan Angel. Estándar IEEE 1219 de mantenimiento del software. [En línea] Universidad de Castilla-La Mancha, 1999. p. 10;[Consultado: 11 de noviembre de 2020] Disponible en: <<https://alarcos.esi.uclm.es/per/fruiz/cur/mso/comple/IEEE1219.pdf> >

3.4.3 Análisis. En esta fase se estudia la viabilidad y el alcance de las modificaciones, que ya tenemos clasificadas y priorizadas, así como la generación de un plan preliminar de diseño, implementación, pruebas y liberación del software³⁴.

3.4.4 Diseño. A partir de toda la documentación existente del proyecto y del sistema que esté en producción, así como todo el código fuente y las bases de datos de la última versión, se va a realizar el diseño de las modificaciones del sistema en base a la documentación generada en la fase de análisis³⁵.

El primer paso en la fase de diseño será identificar los módulos software que van a ser objeto de modificación, con el fin de hacer constar la planificación de tareas y ver la previsión de las mejoras a introducir. Según se avanza en los módulos se realizarán las modificaciones oportunas a la documentación de estos. Esta documentación consiste en diagramas de flujo y control, esquemas, etc.

Para las modificaciones a realizar, se generarán unos casos de pruebas que incluyan los elementos de seguridad y robustez. Además, hay que identificar e incluir las pruebas de regresión necesarias.

En la documentación que se va generando en la fase de diseño, se tendrán que identificar y documentar los cambios que se realicen sobre los requisitos, y mantener al día una lista con las modificaciones que se van a llevar a cabo.

3.4.5 Implementación. Para esta fase, se van a seguir unos determinados procesos que serán iterativos, y gradualmente incrementales, es decir, se irán repitiendo y

³⁴ PINTO PRIETO, Laura Patricia, SIERRA JOVA, Luis Fernando, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando. RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p.11.

³⁵ Ibid., p. 13.

desarrollando en mayor detalle, hasta obtener el resultado previsto por la organización.

Estos procesos son:

- Codificación y pruebas de unidad
- Integración.
- Regresión
- Pruebas del sistema

3.4.5.1 Pruebas de Unidad. Las pruebas unitarias suelen ser pruebas automatizadas escritas y ejecutadas para garantizar que una sección de una aplicación, conocida como "unidad", cumpla con su diseño y se comporte según lo previsto³⁶. Las pruebas de unidad se enfocan en la lógica de procesamiento interno y en las estructuras de datos dentro de las fronteras de un componente³⁷.

3.4.5.2 Pruebas de Integración. Es una técnica sistemática para construir la arquitectura del software mientras se llevan a cabo pruebas para descubrir errores asociados con la interfaz. El objetivo es tomar los componentes probados de manera individual y construir una estructura de programa que se haya dictado por diseño³⁸.

3.4.5.3 Pruebas de Regresión. La base de las pruebas de regresión es la existencia de una suite de pruebas o inventario de pruebas usadas en versiones anteriores de la aplicación.

Las pruebas automatizadas son recomendables para asegurar que las pruebas ejecutadas en la versión x-1, se ejecuten tal cual en la versión x. La estrategia de pruebas

³⁶HAMILL, P, Unit Test Frameworks: Tools for High-Quality Software Development. O'Reilly Media, Inc. 2004.

³⁷ PRESSMAN. Roger. Ingeniería del software. Un enfoque práctico.7 ed. México. McGraw-Hill. 2010. p. 389.

³⁸ *Ibíd.*, p.392

ideal ejecuta el mayor número de pruebas posibles para recorrer un mayor subconjunto del espacio de estados de la aplicación³⁹.

3.4.6 Pruebas del sistema. Las pruebas de sistema se realizan sobre un sistema modificado. Son conducidas para asegurar que los módulos trabajan correctamente sin error. Esta fase ha de llevarse como si se tratara de un sistema completamente integrado.

Las pruebas del sistema examinan el cumplimiento de los requerimientos de la organización y su utilidad, seguridad y desempeño. También prueba la documentación del sistema. Dentro de las pruebas están las Pruebas de Rendimiento, Pruebas de Carga, Pruebas de Estrés, Pruebas de Seguridad y Pruebas de Recuperación.

3.4.6.1 Pruebas de Seguridad. Verifica que los mecanismos de protección incorporados protegerán al sistema. Estas se diseñan para sondear las vulnerabilidades del entorno lado cliente, las comunicaciones de red que ocurren conforme los datos pasan de cliente a servidor y viceversa y el entorno del lado servidor⁴⁰.

El proyecto OWASP (*Open Web Application Software Project**) proporciona un *framework* de prueba completo, no simplemente una simple lista de verificación o prescripción de problemas que deben abordarse. Este marco puede ser usado como plantilla para crear programas de pruebas⁴¹ adaptadas a las necesidades del aplicativo. OWASP Se orienta

³⁹ LINARES VÁSQUEZ, Mario. ESCOBAR VELÁSQUEZ, Camilo. PRUEBAS AUTOMÁTICAS DE SOFTWARE [En línea] Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2018-2020. [Consultado: 08 de Diciembre de 2020] Disponible en:

<<https://miso-4208-labs.gitlab.io/book/>>

⁴⁰ Ibid., p.471.

*Para más información sobre el proyecto OWASP consultar su sitio web: <https://owasp.org/>

⁴¹ Open Web Application Security Project – OWASP Foundation, La comunidad libre y abierta sobre seguridad en aplicaciones, OWASP testing guide v4.2, 2020. [En línea]. [Consultado 11 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://owasp.org/www-project-web-security-testing-guide/v42/>

al estudio de documentos, metodologías, prácticas y herramientas para aplicaciones web seguras, teniendo en cuenta el desarrollo del software, las pruebas y las métricas⁴².

3.4.6.2 Pruebas de Recuperación. Las pruebas de recuperación tienen como objetivo evaluar si un sistema es capaz de recuperarse luego de la pérdida de recursos. Las pruebas permitirán establecer si el sistema funciona de manera estable y, que ninguna de las transacciones que se encontraban realizando se hayan visto afectadas⁴³.

3.4.7 Pruebas de fin a fin. Una técnica para pruebas de sistema y de aceptación, que busca validar que la combinación de diferentes funcionalidades en un sistema bajo pruebas se comporta como debe ser y no emergen errores al combinar los componentes involucrados⁴⁴.

Las pruebas de Fin a Fin(E2E) pueden ser de nivel sistema o aceptación y se ejecutan directamente contra la GUI de la aplicación. En ambos niveles se puede decidir diseñar/ejecutar pruebas que se enfocan en casos de uso individuales, o en combinaciones de casos de uso.

Las pruebas de fin a fin permiten identificar errores que emergen por (i) la integración de diferentes subsistemas y componentes, y (ii) flujo de datos y cambios de estados cuando se ejecutan diferentes funcionalidades. Las pruebas E2E son más cercanas a escenarios reales de uso.⁴⁵

⁴² Díaz Díaz, Silvia Margarita, Pruebas de seguridad en aplicaciones web como imperativo en la calidad de desarrollo del software. 2013. p. [En línea]. [Consultado 11 de Diciembre de 2020]. Disponible en: https://www.unab.edu.co/sites/default/files/MemoriasGrabadas/papers/capitulo7_paper_13.pdf

⁴³ BURNSTEIN, Ilene, Practical Software Testing, Springer-Verlag New York, Inc, 2003. p. 175.

⁴⁴ LINARES VÁSQUEZ, Mario; ESCOBAR VELÁSQUEZ, Camilo. Pruebas Automáticas De Software [en línea] Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2018-2020. [Consultado: 08 de Diciembre de 2020] Disponible en: <https://miso-4208-labs.gitlab.io/book/> >

⁴⁵ LINARES VÁSQUEZ, Mario. ESCOBAR VELÁSQUEZ, Camilo. Pruebas Automáticas De Software [en línea] Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2018-2020. [Consultado: 08 de Diciembre de 2020] Disponible en:

3.4.8 Pruebas de Aceptación. Son realizadas principalmente por los usuarios con apoyo del equipo de proyecto. Las pruebas de aceptación se utilizan para determinar si un software satisface todos los requisitos desde la perspectiva comercial o del usuario.

Después del lanzamiento u ofrecer acceso beta a los clientes, se realizan más pruebas de aceptación evaluando cómo funciona el software con uso real y recopilando comentarios de los usuarios. Así mismo, se pueden realizar pruebas canarias de aceptación cuyo enfoque es verificar que todo opere correctamente, en el concepto de que si hay un daño este sea limitado y controlado⁴⁶.

3.4.9 Liberación de nueva versión. Una vez probado completamente el sistema, se está a punto de pasar a la fase de liberación de la versión modificada.

Los pasos que seguir para instalar la nueva versión serán:

- Notificar a la comunidad de usuarios.
- Desarrollar una versión de archivo del sistema para salvaguarda del mismo.
- Realizar la instalación y formación para el cliente. Se ha de proveer del material de sistema necesario para facilitar la utilización a los usuarios.
- Se ha de completar la Documentación de Descripción de la Versión⁴⁷.

<<https://miso-4208-labs.gitlab.io/book/>>

⁴⁶ ELLINGWOOD, Justin. An Introduction to Continuous Integration, Delivery, and Deployment. [en línea]. 2017. [Consultado: 11 de Diciembre de 2020] Disponible en: <https://www.digialocean.com/community/tutorials/an-introduction-to-continuous-integration-delivery-and-deployment>

⁴⁷MARTÍNEZ PÁRRAGA, Juan Angel. Estándar IEEE 1219 de Mantenimiento del Software. [en línea] Universidad de Castilla-La Mancha, 1999. p. 19;[Consultado: 11 de noviembre de 2020] Disponible en: <<https://alarcos.esi.uclm.es/per/fruiz/cur/mso/comple/IEEE1219.pdf>>

3.5 TECNOLOGÍAS USADAS EN EL DESARROLLO DE REDDINAMICA.

Teniendo en cuenta el desarrollo llevado a cabo en RedDinámica 3.0 y con el fin de dar soporte, así como una evolución al proyecto, se continúa usando la tecnología Stack MEAN (MongoDB*, Express**, Angular***, Node****) actualizando el software a la última versión estable y que sea compatible con las librerías utilizadas en la construcción de RedDinámica 3.0.

* Para consultar la documentación oficial sobre MongoDB visitar el sitio web: <https://www.mongodb.com/>.

** La documentación oficial de express se encuentra en el sitio web: <https://expressjs.com/>

*** La documentación oficial de Angular se encuentra en el sitio web: <https://angular.dev/>

**** La documentación oficial de Node se encuentra en el sitio web: <https://nodejs.org/es>

4. METODOLOGÍA

Los proyectos de software deben construirse bajo una metodología que garantice calidad y cumplimiento de los requerimientos de los usuarios. Se presenta a continuación la metodología del proyecto.

4.1 MODELO ITERATIVO E INCREMENTAL

El modelo iterativo e incremental aplica secuencias lineales en forma escalonada según va avanzando el calendario de actividades. Cada secuencia lineal produce “incrementos” de Software susceptibles a entregarse de manera parecida a los incrementos producidos en un flujo de proceso evolutivo⁴⁹. Se plantea adaptar este modelo para desarrollar de manera ágil subconjuntos lógicos de requerimientos que ofrezcan funcionalidad a los usuarios para así mismo permitir la evaluación del software según la realimentación generada en cada una de las iteraciones.

4.2 FASES Y CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

El ciclo de vida del proyecto, estructurado bajo el modelo iterativo e incremental, se compone de las siguientes fases clave:

4.2.1. Evaluación Inicial y Análisis de Requisitos.

⁴⁹ PRESSMAN. Roger. Ingeniería del software. Un enfoque práctico. 7 ed. México. McGraw-Hill. 2010. p. 35.

4.2.1.1. Evaluación del Software Existente. Se inicia con una revisión exhaustiva de la documentación y el código de la versión actual (RedDinámica 3.0).

4.2.1.2. Plan de Pruebas. Se ejecuta un plan de pruebas integral que incluye: pruebas e2e, pruebas de rendimiento, pruebas de seguridad, y pruebas del sistema (parte de este esfuerzo se realizó en el desarrollo del curso de la Maestría en Informática para la Educación).

4.2.1.3 Definición de Requisitos. Con base en los resultados de la evaluación y pruebas, se establecen y documentan formalmente los requisitos funcionales y no funcionales de la versión 4.0.

4.2.2 Construcción por Iteraciones Funcionales.

4.2.2.1. Desarrollo Iterativo. Se procede a la construcción de la solución en múltiples iteraciones funcionales. Se definieron tres iteraciones funcionales para el desarrollo de este proyecto.

4.2.2.2. Garantía de Calidad por Iteración. Cada iteración incorpora un riguroso esquema de pruebas, que incluye:

- Pruebas unitarias
- Pruebas de integración
- Pruebas automatizadas usando karma js
- Pruebas de regresión y aceptación

4.3. EVALUACIÓN FINAL Y ACEPTACIÓN

4.3.1 Evaluación General del Software. Se realiza una evaluación final del software, utilizando el plan de pruebas definido inicialmente y consideraciones adicionales surgidas durante el desarrollo.

4.3.2 Prueba de Aceptación del Usuario (UAT). Se lleva a cabo una prueba de aceptación con la participación de usuarios estudiantes, profesores y facilitadores.

El objetivo es corregir defectos detectados.

Documentar no conformidades y definir el trabajo futuro para las siguientes versiones.

4.4 LIBERACIÓN (*DEPLOYMENT*).

Liberación de RedDinámica 4.0: Finalmente, se procede a la liberación de la nueva versión, incluyendo la migración de los datos de la versión anterior a la infraestructura de la versión 4.0.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo de RedDinámica 4.0 se ejecutó bajo un enfoque iterativo e incremental, aplicando principios de Ingeniería de Software y siguiendo el estándar IEEE para la especificación de requisitos de software (SRS). El proyecto partió de la evaluación exhaustiva de RedDinámica 3.0, identificando necesidades surgidas de la experiencia en aula, pruebas al sistema y el planteamiento de nuevas funcionalidades orientadas al ámbito académico. A continuación, se detallan las actividades realizadas y los resultados obtenidos en cada fase del desarrollo.

5.1 FASE DE INICIO Y EVALUACIÓN.

La fase de inicio se ejecutó con el fin de establecer lo que constituye el espacio del problema y determinar el conjunto de requisitos para el desarrollo del proyecto. Para esto se ejecutaron un conjunto de actividades enfocadas en entender la situación actual de RedDinámica 3.0 y cómo encaminar el proyecto hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos.

5.1.1 Evaluación de RedDinámica 3.0 y pruebas en aula. Al inicio del proyecto se realizó una evaluación integral de RedDinámica 3.0, la cual incluyó:

- Pruebas de seguridad con OWASP: Se ejecutó un análisis de vulnerabilidades utilizando las metodologías y herramientas del *Open Web Application Security Project (OWASP)* antes de comenzar el desarrollo. Esta evaluación permitió identificar posibles fallos de seguridad, vulnerabilidades de inyección, problemas de autenticación y autorización, así como configuraciones inseguras. Los hallazgos se documentaron y se establecieron como requisitos de seguridad prioritarios para la nueva versión.
- Experiencia piloto en el curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica: Se ejecutó un plan de pruebas con usuarios reales en la asignatura del cuarto semestre de la Maestría en Informática para la Educación de la Universidad

Industrial de Santander. Durante esta experiencia participaron estudiantes, profesores y facilitadores expertos en dinámica de sistemas, quienes utilizaron la plataforma para el desarrollo de lecciones colaborativas. La retroalimentación obtenida fue fundamental para identificar:

- Errores y no conformidades en la interfaz de usuario
 - Dificultades en el flujo de trabajo de las lecciones
 - Necesidades de comunicación y notificación
 - Requerimientos para un entorno académico diferenciado
- **Análisis de errores y no conformidades:** A partir de la experiencia en aula se recopilaban reportes de errores, sugerencias de mejora y solicitudes de nuevas funcionalidades. Este proceso permitió documentar de manera sistemática las limitaciones de la versión 3.0 y establecer una base sólida para la definición de requisitos.

5.1.2 Definición y especificación de requisitos bajo norma IEEE. A partir de la evaluación realizada y la retroalimentación obtenida, se procedió a la construcción del documento de especificación de requisitos de software (ERS) para RedDinámica 4.0, tomando como referencia el estándar IEEE 830. Este proceso incluyó:

5.1.2.1. Identificación inicial de requisitos. Se identificaron un total de 81 requisitos funcionales (RF) derivados de:

- Corrección de errores y no conformidades detectadas
- Mejoras de usabilidad observadas en la experiencia de aula
- Nuevas funcionalidades solicitadas por usuarios y el grupo de investigación SIMON
- Requisitos académicos específicos para RedDinámica-Académica
- Necesidades de comunicación a través del sistema de notificaciones
- Selección y priorización: Del conjunto inicial de 81 requisitos funcionales, se seleccionaron 76 RF para su implementación en el proyecto (Ver Anexo A). Los 5 RF descartados se determinaron como fuera de alcance y trabajo futuro tras el análisis (Ver Cuadro 3).

Cuadro 3 Requisitos definidos como trabajo futuro

ID	Modulo	Nombre	Estado
RF18	LECCIONES	Realizar llamadas o videollamadas para comunicación sincrónica	Trabajo futuro
RF19	LECCIONES	Permitir que todos los usuarios de la lección puedan subir archivos	Trabajo futuro
RF35	GENERAL	Captchas en registro de usuarios	Trabajo futuro
RF39	GENERAL	Tutorial interactivo para usuarios	Trabajo futuro
RF40	GENERAL	Anuncios temáticos en la página de inicio	Trabajo futuro
RF41	GENERAL	Crear un sistema de búsqueda	Trabajo futuro

Fuente. Elaboración propia

La priorización se realizó considerando:

- Criticidad para el funcionamiento del sistema
 - Impacto en la experiencia de usuario
 - Relación con los objetivos del proyecto
- Requisitos no funcionales: Se establecieron 12 requisitos no funcionales (RNF) enfocados en:
 - Aspectos de usabilidad y experiencia de usuario (RNF1-RNF5)
 - Seguridad, privacidad y cumplimiento normativo GDPR (RNF6-RNF7)
 - Rendimiento, escalabilidad y mantenibilidad (RNF8-RNF12)

El **documento ERS** completo describe características adicionales del sistema como el ámbito, definiciones, acrónimos, descripción general del producto, características de los usuarios y restricciones del sistema. La especificación detallada se presenta en el **Anexo A. Documento de Especificación de Requisitos de Software RedDinámica 4.0.**

5.1.3 Estrategia de desarrollo iterativo. Para abordar el conjunto de requisitos funcionales y no funcionales, se planteó una estrategia de desarrollo en tres iteraciones, donde cada una permitió la construcción incremental del sistema, validando y probando a través del tiempo sus funcionalidades. La distribución estratégica fue la siguiente:

Iteración 1: Estabilización y corrección (No conformidades y errores)

- Alcance: Corrección de errores críticos y no conformidades identificadas en RedDinámica 3.0
- Enfoque: Garantizar la estabilidad de la plataforma como base para funcionalidades futuras
- Entregable clave: Corrección de errores encontrados y sistema de reporte de errores y no conformidades
- RNF abordados: RNF1 a RNF5 (usabilidad básica y terminología)

Iteración 2: Ampliación funcional (Notificaciones y Gestor de lecciones)

- Alcance: Implementación del sistema de notificaciones y mejoras al gestor de lecciones
- Enfoque: Mejorar la comunicación y coordinación dentro de la plataforma
- Entregables claves:
 - Centro de notificaciones con suscripción a eventos
 - Mejoras en el flujo de trabajo de lecciones
 - Creación del rol "Gestor de lecciones"
- RNF abordados: RNF6 a RNF12 (seguridad GDPR, rendimiento, actualización tecnológica)

Iteración 3: Integración operativa y RedDinámica Académica (Gobierno y nuevas capacidades)

- Alcance:
 - Integración de notificaciones con módulo de lecciones
 - Introducción del sistema RedDinámica Académica
 - Sistema de denuncias y moderación
 - Centro de gestión de tareas para administrador y gestor
- Enfoque: Consolidación operativa y diferenciación de entornos (Comunidad vs. Académica)
- Entregables claves:

- RedDinámica Académica completamente funcional
- Sistema de denuncias de publicaciones y usuarios
- Centro de gestión unificado de tareas pendientes
- Mejoras al repositorio general y académico

5.2 FASE DE MODELADO Y DISEÑO.

Una vez determinados los requisitos para RedDinámica 4.0, se inició la fase de modelado del sistema, la cual tuvo como objetivo realizar la abstracción y modelado de la solución que permitiera entender el panorama general del sistema, cómo se desarrollarían las partes que lo conforman y la interacción entre estas.

5.2.1 Arquitectura del sistema. Se mantuvo y evolucionó la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) implementada en RedDinámica 3.0, desarrollada mediante el uso de un modelo *REST* que ofrece ventajas significativas en aspectos de evolución, escalabilidad y crecimiento del proyecto.

La versión 4.0 comprende los siguientes componentes arquitectónicos principales:

- Capa de presentación (Cliente):
 - Módulos de lecciones con gestión completa del ciclo de vida
 - Centro de notificaciones y sistema de suscripción a correos
 - Sistema de reportes y denuncias
 - Paneles de administración y gestión de RedDinámica
 - Interfaz diferenciada para RedDinámica Académica
 - Módulo de repositorio general
- Capa de servicios (Servidor/API):
 - *API RESTful* para lecciones, notificaciones, reportes y denuncias
 - Servicios de autenticación y autorización por roles
 - Gestión de eventos y notificaciones en tiempo real
 - Servicios de administración operativa

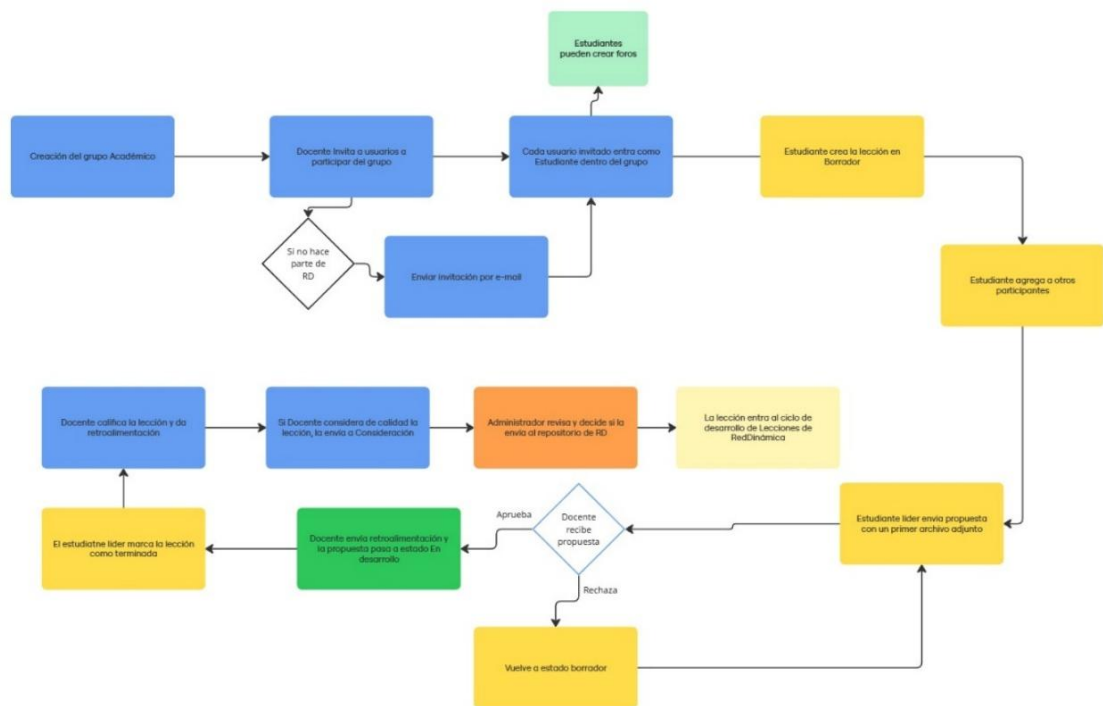
- Servicios específicos para RedDinámica Académica
- Sistema de envío de correos electrónicos (boletines mensuales, notificaciones críticas)
- Capa de datos:
 - Modelos de datos para lecciones, usuarios, notificaciones, reportes y denuncias
 - Modelos específicos para grupos académicos y recursos
 - Reglas de integridad referencial y validación
 - Sistema de auditoría y trazabilidad de acciones críticas
- Integraciones:
 - Acoplamiento entre RedDinámica (Comunidad) y RedDinámica Académica
 - Sistema de eventos para notificaciones asíncronas
 - Flujos de moderación y aprobación
 - Integración con servicios de correo electrónico

5.2.2 Casos de uso y diagramas. Se especificaron los casos de uso del sistema y sus respectivos diagramas, permitiendo visualizar los distintos escenarios y cómo el sistema se comportaría en la interacción con los diferentes tipos de usuarios:

Usuarios generales: Registro, perfil, publicaciones, comentarios, seguimiento de usuarios, reportes de no conformidades, sistema de denuncias

- Estudiantes/Participantes: Desarrollo de lecciones, gestión de propuestas, participación en convocatorias, comunicación en foros
- Gestor de lecciones (nuevo rol agregado en RedDinámica 4.0): Moderación de lecciones, aprobación de propuestas, gestión de convocatorias
- Administrador: Gestión completa del sistema, centro de tareas, moderación de denuncias, gestión de grupos académicos
- Docente académico: Creación de grupos, gestión de estudiantes, moderación de recursos, retroalimentación

Se presenta a continuación el ciclo de lecciones de RedDinámica – Académica:
 Figura 2. Ciclo de lecciones de RedDinámica - Académica



Fuente. Elaboración propia

Los casos de uso detallados, con sus flujos principales, alternativos y excepciones, se presentan en el **Anexo B. DOCUMENTO DE DISEÑO, REDDINAMICA 4.0.**

5.2.3 Modelo de datos. Se actualizó y expandió el modelo de datos no relacional de MongoDB, aprovechando su flexibilidad, facilidad de escalamiento y rapidez en las consultas. Las principales colecciones incluyeron:

- Usuarios: Información de perfil: información sobre lecciones donde participa el usuario, preferencias de notificación y redes sociales
- Lecciones: Ciclo de vida completo, estados, miembros, roles dentro de la lección, recursos asociados.
- Notificaciones: Tipos de eventos, suscripciones, estado de lectura, prioridad
- Reportes y denuncias: Clasificación, estado, asignación, historial de moderación
- Grupos académicos: Docentes, estudiantes, lecciones asociadas, configuración
- Publicaciones: Contenido, comentarios anidados, reacciones, denuncias

- Mensajería: Conversaciones, mensajes, estados de lectura
- Recursos: Repositorio general y académico, *metadata*, aprobaciones

El modelo completo con sus relaciones se presenta en el Anexo B.

5.2.4 Diseño de interfaces. Se desarrollaron las pantallas principales del sitio web, nacidos de los escenarios descritos en los casos de uso, con un enfoque en ser sencillas e intuitivas para el usuario. Los diseños priorizaron:

- Accesibilidad: Cumplimiento de estándares básicos de accesibilidad web
- Responsividad: Adaptación a diferentes dispositivos y tamaños de pantalla
- Consistencia: Lenguaje visual unificado entre RedDinámica Comunidad y Académica
- Usabilidad: Reducción de clics necesarios para tareas comunes

Los prototipos y diseños se presentan en el Anexo B

5.2.5 Actualización tecnológica. Como parte de los requisitos no funcionales RNF10, RNF11 y RNF12, se planificó una actualización tecnológica significativa:

- Bootstrap: Migración de versión 4 a versión 5
- Angular: Actualización a Angular 19, refactorizando funciones obsoletas
- Librerías y dependencias: Actualización de todas las dependencias obsoletas
- Estándares modernos: Adopción de mejores prácticas y patrones actuales

Esta actualización garantizó la sostenibilidad técnica del proyecto y mejoró el rendimiento general del sistema. Las consideraciones para la actualización se encuentran en el Anexo B.

5.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN

Una vez realizada la abstracción, planteado el diseño y los aspectos técnicos para la construcción de RedDinámica 4.0, se procedió a iniciar con la programación de la

herramienta. Este proceso se ejecutó de manera incremental según las tres iteraciones definidas.

5.3.1 Iteración 1: Estabilización y sistema de reportes. La primera iteración se enfocó en corregir errores críticos y establecer una base sólida para el desarrollo futuro. Se implementaron mejoras de usabilidad y se creó el sistema de reporte de errores y no conformidades.

Principales requisitos funcionales (RF) desarrollados:

- RF1: Crear botón en las publicaciones para denunciar
- RF2: Botón de enlace a redes sociales del usuario
- RF3: Botón de lecciones en el perfil
- RF4: Doble confirmación para dejar de seguir
- RF5: Crear botón en el perfil para denunciar el perfil
- RF6: Mostrar más de 10 usuarios en los seguidores/seguidos
- RF31: Crear centro de reportes y denuncias
- RF32: Crear botón para reportar una no conformidad
- RF43-RF45: Mejoras en visualización de publicaciones (botones "ver más", respuestas anidadas)
- RF46: Botón de "me gusta" en publicaciones

Requisitos no funcionales RNF1-RNF5:

- RNF1: Cambio de terminología de "Recursos" a "Repositorio"
- RNF2: Mejorar estilo de descripción del perfil
- RNF3: Spinner para carga de seguidores
- RNF4: Eliminar "lección:" de detalle de convocatoria
- RNF5: Modificar estado "terminada" a "En uso por la comunidad"

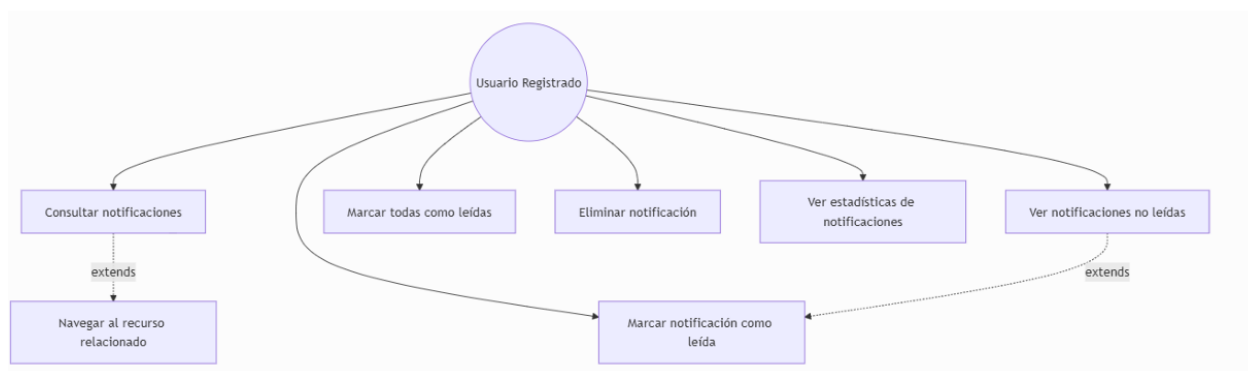
El entregable principal de esta iteración es un sistema básico de reporte que permitió canalizar las no conformidades de manera estructurada. Además, como parte de la validación, se ejecutaron pruebas funcionales de cada RF implementado, verificando el comportamiento esperado en escenarios normales y excepcionales. Los resultados se

documentaron y todos los casos de prueba fueron exitosos antes de pasar a la siguiente iteración. Ver **Anexo C. DOCUMENTO DE PRUEBAS REALIZADAS EN REDDINAMICA 4.0.**

5.3.2 Iteración 2: Sistema de notificaciones y gestor de lecciones. La segunda iteración se centró en mejorar la comunicación dentro de la plataforma y optimizar el flujo de trabajo de las lecciones.

A continuación se observa el diagrama de casos de uso para las notificaciones. Se presenta más a detalle el diseño en el **Anexo B.**

Figura 3. Sistema de Notificaciones – Diagrama de casos de uso



Fuente. Elaboración propia.

Principales RF desarrollados:

Sistema de notificaciones:

- RF7: Crear un centro de notificaciones
- RF11: Notificación de lección publicada por el administrador
- RF27: Notificar sobre nuevas convocatorias abiertas
- RF28: Notificar aceptación o rechazo de lección o experiencia sugerida
- RF29: Notificar nuevos mensajes en las lecciones
- RF33: Crear un botón de notificaciones
- RF47: Notificar nuevos seguidores
- RF48: Actualizaciones sobre publicaciones donde participa el usuario
- RF49: Avisar si el archivo subido al repositorio ha sido aprobado o rechazado
- RF50: Notificar por correo un boletín informativo mensual

Mejoras al gestor de lecciones:

- RF8: Permitir al usuario escoger nivel de desarrollo en su propuesta
- RF9: Permitir varios niveles académicos en la propuesta
- RF10: Chat general recién creada la lección
- RF12: Gestionar privacidad de los foros tras completar la lección
- RF13: Barra de progreso de lección
- RF14-RF17: Editar y eliminar mensajes en conversaciones
- RF20: Identificación del colectivo en lecciones
- RF21-RF22: Editar conversaciones creadas desde facilitador y líder
- RF23: Enviar alerta al líder sobre restricciones al cambiar a "Terminada" la lección.
- RF24: Eliminar mensajes creados en conversaciones
- RF25: Incluir al autor automáticamente en la propuesta y asignarlo como líder
- RF26: Avisar cuando la lección esté en estado "Terminada" para publicación

Nuevo rol:

- RF34: Crear rol "Gestor de lecciones" con permisos específicos para moderación

Requisitos no funcionales RNF6-RNF12:

- RNF6: Mejorar el sistema de GDPR para usuarios no autenticados
- RNF7: Mejora de Términos y condiciones y Políticas de uso
- RNF8: Crear porcentaje de carga para imágenes y archivos
- RNF9: Mejorar la estética de la calificación de recursos y lecciones
- RNF10: Actualización de Bootstrap 4 a 5
- RNF11: Actualizar librerías obsoletas y modificar lógica acorde
- RNF12: Actualizar funciones obsoletas según estándar de Angular 19

Los entregables principales de la segunda versión son:

- Centro de notificaciones completamente funcional con suscripciones por tipo de evento
- Flujo optimizado de gestión de lecciones con notificaciones integradas
- Sistema mejorado de privacidad y cumplimiento GDPR
- Base de código modernizada y actualizada tecnológicamente

Se realizaron pruebas de integración entre el sistema de notificaciones y los diferentes módulos de la plataforma. Se verificó la entrega oportuna de notificaciones, tanto en

plataforma como por correo electrónico. Se validó el correcto funcionamiento del rol de Gestor de lecciones. **Ver Anexo C.**

5.3.3 Iteración 3: RedDinámica Académica y sistema de denuncias. La tercera iteración integró todas las funcionalidades previas y añadió el sistema completo de RedDinámica Académica, junto con mejoras significativas en moderación y gestión.

Sistema de denuncias y moderación:

- RF36: Sistema de denuncia de publicaciones
- RF37: Sistema de denuncia de usuario
- RF38: Sistema de bloqueo de usuarios
- RF42: Centro de reportes y denuncias (evolución de RF31)

Gestión administrativa:

- RF30: Mejorar guía para nuevos usuarios
- RF51: Integridad de la base de datos una vez migrada la nueva versión
- RF52: Gestionar envío de avisos por correo por parte de administrador
- RF53: Visualización de roles al agregar miembros
- RF54: Módulo de gestión de grupos y lecciones de RedDinámica Académica
- RF55: Avisar de nuevos usuarios pendientes de activación
- RF56: Avisar de solicitud de aprobación de recurso sugerido
- RF57: Avisar sobre solicitud de lecciones propuestas por usuarios
- RF58: Solicitud de experiencias propuestas por usuarios
- RF59: Crear un módulo en el panel de administración para gestión de tareas

RedDinámica Académica (RF60-RF81):

Funcionalidades generales:

- RF60: Importar recursos del repositorio general a recursos de RD Académica
- RF61: Botón de ingreso a la plataforma de RD Académica
- RF62: Crear un nuevo grupo académico
- RF63: Enviar solicitud de acceso a grupo por correo a estudiantes
- RF67: Invitar a usuarios al grupo académico
- RF77: Gestión de grupos por parte de docente y administración

Funcionalidades académicas:

- RF64: Realizar publicaciones en grupos académicos
- RF65: Realizar comentarios en grupos académicos
- RF66: Actualizar perfil de estudiantes
- RF68: Proponer recursos en cada lección dentro de academia
- RF69: Buscar y descargar recursos académicos
- RF70: Gestionar recursos académicos

Gestión de lecciones académicas:

- RF71: Avalar propuesta de lección (de borrador a propuesta)
- RF72: Estudiante crea lección en borrador e invita compañeros
- RF73: Buscar lecciones académicas
- RF74: Sugerir lección académica
- RF75: Actualizar estado de las lecciones académicas
- RF76: Desarrollar lecciones académicas
- RF81: Docente da retroalimentación en las lecciones

Dashboards:

- RF78: *Dashboard* de estudiante con métricas y tareas
- RF79: *Dashboard* de profesor con métricas y tareas
- RF80: Sugerir mejores lecciones para pasar a RedDinámica general

Los entregables principales de la tercera iteración son:

- Sistema completo de RedDinámica-Académica operativo
- Sistema de denuncias con flujo completo de moderación
- Centro de gestión de tareas unificado para administrador y gestor
- Flujo de promoción de lecciones desde módulo Académica a Comunidad
- Sistema de retroalimentación docente-estudiante
- Envío de correo notificando la actualización de Términos y condiciones de uso de RedDinámica
- Guía mejorada de *onboarding* para nuevos usuarios

Se ejecutaron pruebas *end-to-end* de escenarios completos que involucraban múltiples módulos. Se validó la correcta separación entre RedDinámica Comunidad y Académica, así como la integración entre ambas. Se verificaron los flujos de moderación y el centro de gestión de tareas.

5.4 GESTIÓN DE CONFIGURACIÓN Y CONTROL DE CAMBIOS

A lo largo del desarrollo se implementó un sistema de gestión de configuración que incluyó:

- Versionado de código: Uso de Git para el control de versiones del código fuente
- Estrategia de ramas: Ramas diferenciadas por iteración y por tipo de funcionalidad
- Revisiones de código: Revisiones cruzadas antes de integrar cambios a la rama principal
- Documentación de cambios: Registro detallado de cambios significativos en cada iteración
- Migraciones de datos: Scripts controlados para actualizar la estructura de la base de datos
- Control de dependencias: Gestión continua de versiones de librerías y *frameworks*

5.5 CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y SEGURIDAD.

5.5.1 Privacidad y protección de datos (GDPR). Como parte de RNF6 y RNF7, se implementaron mejoras significativas en el cumplimiento de principios de protección de datos:

- Consentimiento informado: Mejora del sistema de aceptación de términos y condiciones para usuarios no autenticados
- Minimización de datos: Recolección únicamente de datos estrictamente necesarios
- Control de acceso por rol: Implementación rigurosa de permisos según el rol del usuario
- Derecho al olvido: Mecanismos para eliminación de datos personales
- Políticas actualizadas: Términos y condiciones y políticas de privacidad actualizadas

5.6 FASE DE DESPLIEGUE Y MIGRACIÓN.

La fase de despliegue constituyó uno de los aspectos más importantes del proyecto, dado que implicaba migrar la base de datos existente y garantizar la continuidad del servicio para los usuarios de RedDinámica 3.0.

5.6.1 Estrategia de despliegue dual. Para garantizar la integridad de los datos y minimizar riesgos, se implementó una estrategia de despliegue dual:

Ambiente de pruebas "reddinamica2":

- Se configuró un contenedor Docker independiente denominado "reddinamica2".
- Se realizó la migración inicial de la base de datos de RedDinámica 3.0 a este ambiente.
- Se ejecutaron pruebas exhaustivas de integridad de datos.
- Se validó que todas las lecciones existentes fueran visibles y accesibles.
- Se verificó la persistencia correcta de usuarios, publicaciones, mensajes y recursos.
- Se ejecutaron pruebas de regresión completas en este ambiente.

Ambiente de producción:

- Una vez validado el ambiente de pruebas, se procedió con la migración a producción.
- Se ejecutó un plan de migración controlada con ventanas de mantenimiento definidas.
- Se realizó un *checklist* de verificación post-despliegue.

5.6.2 Migración de base de datos. El proceso de migración de base de datos incluyó:

Preparación:

- Análisis de la estructura de datos de RedDinámica 3.0.
- Desarrollo de scripts de migración para las lecciones.
- Mapeo de campos y transformaciones necesarias.

- Validación de integridad referencial.

Ejecución:

- Respaldo completo de la base de datos de RedDinámica 3.0.
- Ejecución de scripts de migración en el ambiente "reddinamica2".
- Validación de la migración mediante consultas de verificación.
- Pruebas de acceso y visualización de datos migrados.

Validación (RF51):

- Verificación de que todas las lecciones son visibles y accesibles.
- Validación de perfiles de usuario y sus relaciones (seguidores/seguidos).
- Comprobación de publicaciones, comentarios y mensajes.
- Verificación de recursos y archivos adjuntos.
- Validación de roles y permisos de usuarios.

5.6.3 Configuración de infraestructura. Se mantuvo la arquitectura de contenedores Docker establecida en RedDinámica 3.0, con las siguientes configuraciones:

Contenedores principales:

- Contenedor para la aplicación cliente (Angular 19)
- Contenedor para la API del servidor (Node.js/Express)
- Contenedor para la base de datos (MongoDB)
- Servidor Nginx como proxy inverso

Configuraciones específicas:

- Dockerfile actualizado con las nuevas versiones.
- Docker-compose configurado para orquestar los contenedores
- Nginx configurado para servir RedDinámica 4.0 desde la ruta <https://simon.uis.edu.co/reddinamica/>
- Variables de entorno para configuración de ambiente de producción

5.6.4 Estrategia de respaldo y continuidad. Como medida de seguridad y continuidad operativa se mantiene RedDinámica 3.0 como página de respaldo:

- La versión 3.0 se mantiene operativa en un enlace oculto del servidor
- Configurada como respaldo por un período de dos años.
- Accesible solo mediante URL directa no publicada

Esta consideración se tomó debido a que la Maestría en Informática para la Educación retomará clases el próximo periodo académico, por tanto, se planea garantizar la disponibilidad de datos históricos en caso de incidencias. Así mismo, permite comparación y validación durante el período de estabilización, y ofrece un plan de contingencia ante problemas críticos en la versión 4.0

5.6.5 Documentación técnica. Se generó documentación técnica completa para desarrolladores y administradores del grupo SIMON:

- Manual del desarrollador: presenta la configuración del ambiente de desarrollo, estructura del código, guías de creación de servidores de prueba y guía de despliegue.

6. PRUEBAS

El plan de pruebas de RedDinámica 4.0 se diseñó siguiendo un enfoque integral que abarcó diferentes niveles y tipos de pruebas, garantizando la calidad del software tanto desde el punto de vista funcional como no funcional. El proceso de pruebas se ejecutó de manera iterativa, acompañando cada fase de desarrollo, y culminó con una validación exhaustiva antes del despliegue en producción.

6.1 ESTRATEGIA GENERAL DE PRUEBAS.

La estrategia de pruebas se fundamentó en los siguientes principios:

- Validación con usuarios: Pruebas en contexto real de aula
- Enfoque multicapa: Pruebas en diferentes niveles (unitarias, integración, sistema, aceptación)
- Iteratividad: Cada iteración de desarrollo incluyó su propio ciclo de pruebas
- Automatización: Maximización de pruebas automatizadas para garantizar regresión
- Trazabilidad: Mapeo completo RF/RNF → casos de prueba → resultados
- Seguridad: Pruebas específicas de seguridad siguiendo metodologías OWASP
- Rendimiento: Evaluación de tiempos de respuesta y comportamiento bajo carga

6.2 PRUEBAS DE SEGURIDAD (OWASP)

6.2.1 Evaluación inicial de RedDinámica 3.0. Antes de iniciar el desarrollo de RedDinámica 4.0, se ejecutó una evaluación exhaustiva de seguridad sobre la versión 3.0 utilizando las metodologías y herramientas del Open Web Application Security Project (OWASP).

Aspectos evaluados:

1. Inyección (SQL/NoSQL *Injection*)
 - Validación de entradas en formularios
 - Sanitización de parámetros en consultas a MongoDB
 - Pruebas de inyección en campos de búsqueda y filtros
2. Autenticación y gestión de sesiones
 - Fortaleza de contraseñas
 - Mecanismos de recuperación de contraseña
 - Gestión de tokens de sesión
 - Tiempo de expiración de sesiones
3. Exposición de datos sensibles
 - Transmisión de información por HTTPS
 - Almacenamiento seguro de contraseñas (*hashing*)
 - Exposición de información personal en logs
4. Control de acceso
 - Validación de permisos por rol
 - Acceso a recursos protegidos
 - Escalación de privilegios
5. Configuración de seguridad
 - *Headers* de seguridad HTTP
 - Configuración de CORS
 - Versiones de dependencias y vulnerabilidades conocidas
6. Cross-Site Scripting (XSS)
 - Sanitización de contenido HTML en publicaciones
 - Validación de enlaces y contenido embebido
 - Escape de caracteres especiales
7. Cross-Site Request Forgery (CSRF)
 - Implementación de tokens CSRF
 - Validación de origen de peticiones

Se identificaron vulnerabilidades de severidad media principalmente relacionadas con:

- Falta de algunos *headers* de seguridad HTTP
- Librerías con versiones desactualizadas con CVEs conocidos

- Validaciones de entrada insuficientes en algunos formularios.

Se documentaron recomendaciones de seguridad que se incorporaron como requisitos no funcionales (RNF6, RNF11, RNF12).

6.2.2 Pruebas de seguridad post-despliegue. Una vez desplegada RedDinámica 4.0, se ejecutó una nueva evaluación OWASP para verificar la corrección de las vulnerabilidades identificadas:

Validaciones realizadas:

- Verificación de corrección de todas las vulnerabilidades de severidad media y alta
- Validación de *headers* de seguridad (Content-Security-Policy, X-Frame-Options, etc.)
- Comprobación de actualización de dependencias vulnerables
- Pruebas de penetración básicas en formularios y APIs

Todas las vulnerabilidades críticas y de severidad media fueron corregidas. Se implementaron mejoras significativas en la postura de seguridad general.

El informe completo de las pruebas OWASP se dentro del apartado de pruebas de seguridad del **Anexo C**.

6.3 PRUEBAS DE RENDIMIENTO

6.3.1 Pruebas de carga. . Se realizaron pruebas de carga para evaluar el comportamiento del sistema bajo condiciones de uso normal y pico, simulando diferentes cantidades de usuarios concurrentes.

Escenarios evaluados:

1. Carga media (50-100 usuarios concurrentes)
 - Creación de publicaciones con imágenes
 - Comentarios en publicaciones
 - Envío de mensajes
 - Búsqueda de usuarios y lecciones

Métricas evaluadas:

- Tiempo de respuesta promedio de APIs (< 200ms objetivo para operaciones comunes)
- Tiempo de carga de páginas principales (< 3 segundos)
- *Throughput* (peticiones por segundo)
- Tasa de errores bajo carga
- Uso de CPU y memoria en servidor
- Tiempo de respuesta de base de datos

Resultados:

- El sistema mantiene tiempos de respuesta aceptables hasta 100 usuarios concurrentes
- Bajo carga alta (200+ usuarios) se observó degradación de rendimiento aceptable (tiempos < 1 segundo para la mayoría de operaciones)
- No se presentaron errores críticos bajo ningún escenario de carga.

6.3.2 Pruebas de estrés. Se ejecutaron pruebas de estrés para identificar el punto de ruptura del sistema y su capacidad de recuperación:

Metodología:

- Incremento gradual de usuarios concurrentes hasta observar fallos
- Evaluación de mecanismos de recuperación automática
- Validación de mensajes de error apropiados

Resultados:

- El sistema maneja adecuadamente hasta 300 usuarios concurrentes antes de degradación significativa
- Los mecanismos de recuperación funcionan correctamente tras picos de carga
- Se identificaron oportunidades de optimización debido a que en algunos momentos los tiempos de espera superaron los 30 segundos y el 5% de las solicitudes fueron perdidas. Esta latencia tiene que ver con las condiciones actuales de la infraestructura de la UIS.

Los resultados detallados de las pruebas de rendimiento se presentan en el Anexo C.

6.4 PRUEBAS AUTOMATIZADAS

6.4.1 Pruebas unitarias con Karma. Se desarrolló una suite completa de 180 casos de prueba automatizados utilizando Karma y Jasmine para el *framework* Angular.

Cobertura de pruebas unitarias:

1. Componentes de UI (45 casos de prueba)
 - Renderizado correcto de componentes
 - *Binding* de datos
 - Interacción con eventos
 - Validación de formularios
 - Estados de componentes
2. Servicios (35 casos de prueba)
 - Lógica de negocio
 - Llamadas a APIs
 - Manejo de errores
 - Transformación de datos
 - Caché y almacenamiento local
3. Modelos y validaciones (15 casos de prueba)
 - Validación de modelos de datos
 - Transformaciones y mapeos
 - Reglas de negocio
4. Pipes y utilidades (10 casos de prueba)
 - Formateo de datos
 - Filtros personalizados
 - Funciones auxiliares

Las pruebas automatizadas se ejecutaron desde la carpeta *automated-test* del proyecto. Se configuró integración continua para ejecutar automáticamente las pruebas. Todas las pruebas debían pasar antes de integrar cambios a la rama principal

Cobertura de código:

- Cobertura de líneas: 85%
- Cobertura de ramas: 78%

- Cobertura de funciones: 82%

Resultado

- Todos los casos de prueba pasaron exitosamente antes del despliegue final
- Se identificaron y corrigieron múltiples bugs durante el desarrollo gracias a las pruebas automatizadas

6.4.2 Pruebas de integración. Se desarrollaron pruebas de integración para validar la correcta comunicación entre componentes:

Áreas probadas:

- Integración cliente-servidor (llamadas a API)
- Flujos completos de autenticación y autorización
- Sistema de notificaciones end-to-end
- Flujo de creación y moderación de denuncias
- Integración entre RedDinámica Comunidad y Académica

Resultado:

- Todos los puntos de integración funcionan correctamente
- Se validó la correcta propagación de eventos en el sistema de notificaciones

6.5 PRUEBAS MANUALES

6.5.1 Pruebas funcionales por iteración. Para cada iteración se ejecutaron pruebas manuales exhaustivas de los requisitos funcionales implementados.

Para la primera iteración, Estabilización y reportes (RF1-RF6, RF31-RF32, RF43-RF46), Se validaron manualmente:

- Creación de reportes y denuncias
- Botones de denuncia en publicaciones y perfiles
- Enlaces a redes sociales
- Confirmación para dejar de seguir usuarios
- Expansión de contenido en publicaciones

- Sistema de "me gusta"

Casos de prueba representativos:

Cuadro 4. Cuadro de Pruebas representativas para primera iteración.

Requerimiento	Caso de prueba	Resultado esperado	Cumple
RF1 - Denunciar publicación	Usuario hace clic en botón de denuncia de una publicación	Se despliega formulario de denuncia con tipos predefinidos	Sí
RF1 - Denunciar publicación	Usuario envía denuncia con todos los campos completos	Denuncia se registra y aparece en centro de denuncias del administrador	Sí
RF31 - Centro de reportes	Administrador accede al centro de reportes	Se muestra listado de reportes y denuncias con filtros	Sí
RF31 - Centro de reportes	Administrador cambia estado de un reporte	Estado se actualiza y se genera notificación al usuario	Sí
RF46 - Me gusta	Usuario da "me gusta" a una publicación	Contador se incrementa y se registra la acción	Sí

Fuente. Elaboración propia.

Para la segunda iteración, que comprende el módulo de Notificaciones y Lecciones (RF7-RF29, RF33-RF34), se validaron manualmente:

- Centro de notificaciones
- Suscripción a eventos
- Notificaciones por correo electrónico
- Mejoras en gestión de lecciones
- Rol de Gestor de lecciones
- Edición y eliminación de mensajes en foros

Se definieron los siguientes casos de prueba representativos:

Cuadro 5. Cuadro de pruebas representativas para segunda iteración.

Requerimiento	Caso de prueba	Resultado esperado	Cumple
RF7 - Centro de notificaciones	Usuario accede al centro de notificaciones	Se muestran todas las notificaciones ordenadas por fecha	Sí
RF7 - Centro de notificaciones	Usuario marca notificación como leída	Notificación cambia de estado visual	Sí
RF11 - Notif. lección publicada	Admin publica una lección	Todos los miembros reciben notificación en plataforma	Sí
RF27 - Notif. convocatoria	Usuario publica convocatoria	Sus seguidores reciben notificación	Sí
RF50 - Boletín mensual	Sistema genera boletín automático	Todos los usuarios activos reciben correo mensual	Sí
RF34 - Rol Gestor	Usuario con rol Gestor accede a panel de gestión	Visualiza opciones de moderación de lecciones	Sí
RF14 - Editar mensaje	Usuario edita su mensaje en foro de lección	Mensaje se actualiza con indicador "editado"	Sí

Fuente. Elaboración propia

Para la tercera iteración, que abarca RedDinámica Académica y el sistema de denuncias (RF36-RF38, RF51-RF81), se validaron manualmente:

- Sistema completo de denuncias
- RedDinámica Académica
- Centro de gestión de tareas
- Dashboards de estudiante y profesor
- Migración e integridad de datos

Casos de prueba representativos (RedDinámica Académica):

Cuadro 6. Cuadro de casos de prueba RedDinámica Académica

Requerimiento	Caso de prueba	Resultado esperado	Cumple
RF62 - Crear grupo académico	Docente crea nuevo grupo académico	Grupo se registra y docente es asignado como administrador	Sí
RF63 - Invitar por correo	Docente envía invitación por correo a estudiantes	Estudiantes reciben correo con enlace de acceso	Sí
RF72 - Estudiante crea lección	Estudiante crea lección en borrador	Lección queda en estado borrador visible solo para autor	Sí
RF71 - Avalar lección	Docente revisa y aprueba lección en borrador	Lección pasa a estado "propuesta" y es visible para el grupo	Sí
RF78 - Dashboard estudiante	Estudiante accede a su <i>dashboard</i>	Se muestran métricas, tareas pendientes y progreso	Sí
RF79 - Dashboard profesor	Docente accede a su <i>dashboard</i>	Se muestran grupos, lecciones pendientes de revisión y estadísticas	Sí
RF81 - Retroalimentación	Docente da retroalimentación en lección	Estudiante recibe notificación y puede ver comentarios	Sí
RF80 - Promover lección	Docente sugiere lección destacada para RedDinámica general	Solicitud llega a administrador de Comunidad	Sí

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 7. Casos de prueba representativos para el sistema de denuncias:

Requerimiento	Caso de prueba	Resultado esperado	Cumple
RF36 - Denunciar publicación	Usuario denuncia publicación con contenido inapropiado	Denuncia se registra con tipo específico	Sí
RF37 - Denunciar usuario	Usuario denuncia perfil de otro usuario	Denuncia llega a centro de moderación	Sí
RF42 - Gestionar denuncias	Administrador revisa denuncia y toma acción	Denuncia se marca como resuelta y se notifica al denunciante	Sí

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 8. Casos de prueba de migración e integridad:

Requerimiento	Caso de prueba	Resultado esperado	Cumple
RF51 - Integridad de datos	Se accede a lecciones migradas de RD 3.0	Todas las lecciones son visibles con su contenido completo	Sí
RF51 - Integridad de datos	Se accede a perfiles de usuarios migrados	Perfiles mantienen fotos, descripciones y relaciones	Sí
RF51 - Integridad de datos	Se acceden a publicaciones antiguas	Publicaciones mantienen imágenes y comentarios	Sí
RF51 - Integridad de datos	Se acceden a recursos del repositorio	Recursos son descargables y mantienen <i>metadata</i>	Sí

Fuente. Elaboración propia

6.5.2 Pruebas End-to-End (E2E). Se ejecutaron pruebas manuales de escenarios completos que involucraban múltiples módulos:

Cuadro 9. Escenarios de pruebas E2E

Escenario	Resultados
-----------	------------

<p>Escenario 1: Ciclo completo de lección en RedDinámica Comunidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario sugiere propuesta de lección → notificación a administrador 2. Administrador aprueba propuesta → notificación a usuario 3. Usuario crea convocatoria → notificación a seguidores 4. Usuarios se inscriben en convocatoria 5. Líder asigna grupo de desarrollo → notificación a miembros 6. Equipo desarrolla lección con mensajes en foro → notificaciones de nuevos mensajes 7. Líder marca lección como terminada → notificación a administrador 8. Administrador publica lección → notificación a toda la comunidad 9. Usuario califica y comenta lección publicada 	<p>Flujo completo exitoso con todas las notificaciones funcionando correctamente</p>
<p>Escenario 2: Ciclo completo en RedDinámica Académica</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Docente crea grupo académico 2. Docente invita a usuarios a participar y a invitados por correo 	<p>Flujo completo exitoso con correcta separación entre ambientes</p>

<ol style="list-style-type: none"> 3. Estudiantes se registran y acceden al grupo 4. Estudiante crea lección en borrador 5. Estudiante invita compañeros para colaborar 6. Grupo desarrolla lección 7. Estudiante solicita aprobación de docente → notificación 8. Docente revisa y da retroalimentación 9. Estudiante corrige según retroalimentación 10. Docente aprueba lección 11. Docente sugiere lección destacada para promoción a Comunidad 12. Administrador revisa y aprueba paso a Comunidad 	
<p>Escenario 3: Sistema de denuncias y moderación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario A reporta publicación inapropiada de usuario B 2. Administrador recibe notificación de nueva denuncia 3. Administrador accede al centro de denuncias 4. Administrador revisa contenido denunciado 5. Administrador decide eliminar publicación y advertir a usuario B 	<p>Flujo de moderación exitoso con trazabilidad completa.</p>

<p>6. Usuario A recibe notificación de resolución de su denuncia</p> <p>7. Usuario B recibe advertencia</p> <p>8. Si usuario B recibe múltiples denuncias, administrador puede tomar acción eliminando la cuenta</p>	
--	--

Fuente. Elaboración propia

6.6 PRUEBAS DE REQUISITOS NO FUNCIONALES

6.6.1 Usabilidad (RNF1-RNF5, RNF9). Se validaron las mejoras de usabilidad mediante:

- Pruebas de terminología (RNF1): Validación del cambio de "Recursos" a "Repositorio" en todas las interfaces
- Mejoras visuales (RNF2, RNF3, RNF9): Revisión de estilos, *spinners* de carga y estética de calificaciones
- Claridad en etiquetas (RNF4, RNF5): Validación de textos y estados más descriptivos

Todas las mejoras de usabilidad fueron implementadas correctamente y recibieron retroalimentación positiva de usuarios.

6.6.2 Seguridad y privacidad (RNF6, RNF7). GDPR para no autenticados (RNF6):

Validación de banners de consentimiento, gestión de cookies

- Términos y condiciones (RNF7): Revisión legal de políticas actualizadas
- Controles de acceso: Pruebas exhaustivas de permisos por rol

El Sistema cumple con requisitos básicos de privacidad y protección de datos.

6.6.3 Rendimiento (RNF8). Indicadores de progreso (RNF8): Validación de barras de progreso en carga de archivos e imágenes

- Tiempos de carga: Medición de tiempos de carga de páginas principales
- Optimización de recursos: Validación de *lazy loading* y carga diferida

Se obtuvo mejoras significativas en la percepción de rendimiento por parte del usuario.

6.6.4 Mantenibilidad (RNF10-RNF12). Actualización Bootstrap (RNF10): Validación de funcionalidad tras migración a Bootstrap 5

- Actualización de librerías (RNF11): Verificación de ausencia de vulnerabilidades en dependencias
- Modernización Angular (RNF12): Validación de refactorización a Angular 19

La base de código fue modernizada, facilitando la mantenibilidad. Todas las funcionalidades mantienen comportamiento esperado tras las actualizaciones.

6.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y SALIDA

Para considerar completada cada iteración y el proyecto en general, se establecieron los siguientes criterios:

Cuadro 10. Criterios de aceptación y salida

Criterios de salida por iteración	Criterios de aceptación final del proyecto:
<p>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los RF comprometidos para la iteración son implementados • Todos los RNF comprometidos para la iteración son implementados 	<ul style="list-style-type: none"> • RF y RNF definidos implementados exitosamente • Pruebas de seguridad OWASP sin vulnerabilidades críticas • Pruebas de integración automatizadas funcionando correctamente.

<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas automatizadas pasando al 100% • Pruebas manuales ejecutadas y documentadas • Cero defectos bloqueantes o críticos sin resolver • Ausencia de regresiones en funcionalidades previas • Documentación actualizada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de carga y estrés con resultados satisfactorios • Migración de datos exitosa con integridad validada • Ambiente de producción estable • RedDinámica 3.0 disponible como respaldo • Documentación técnica completa entregada • Manuales de usuario actualizados
---	---

Fuente. Elaboración propia.

El proceso de pruebas ejecutado para RedDinámica 4.0 fue exhaustivo y multidimensional, abarcando aspectos funcionales, no funcionales, de seguridad, rendimiento y usabilidad. La combinación de pruebas automatizadas, pruebas manuales exhaustivas, pruebas de seguridad OWASP y pruebas de rendimiento garantizó la entrega de un producto robusto, seguro y alineado con las necesidades académicas de la Maestría en Informática para la Educación.

6.8 EVIDENCIAS DE VERSION FINAL DE REDDINAMICA 4.0

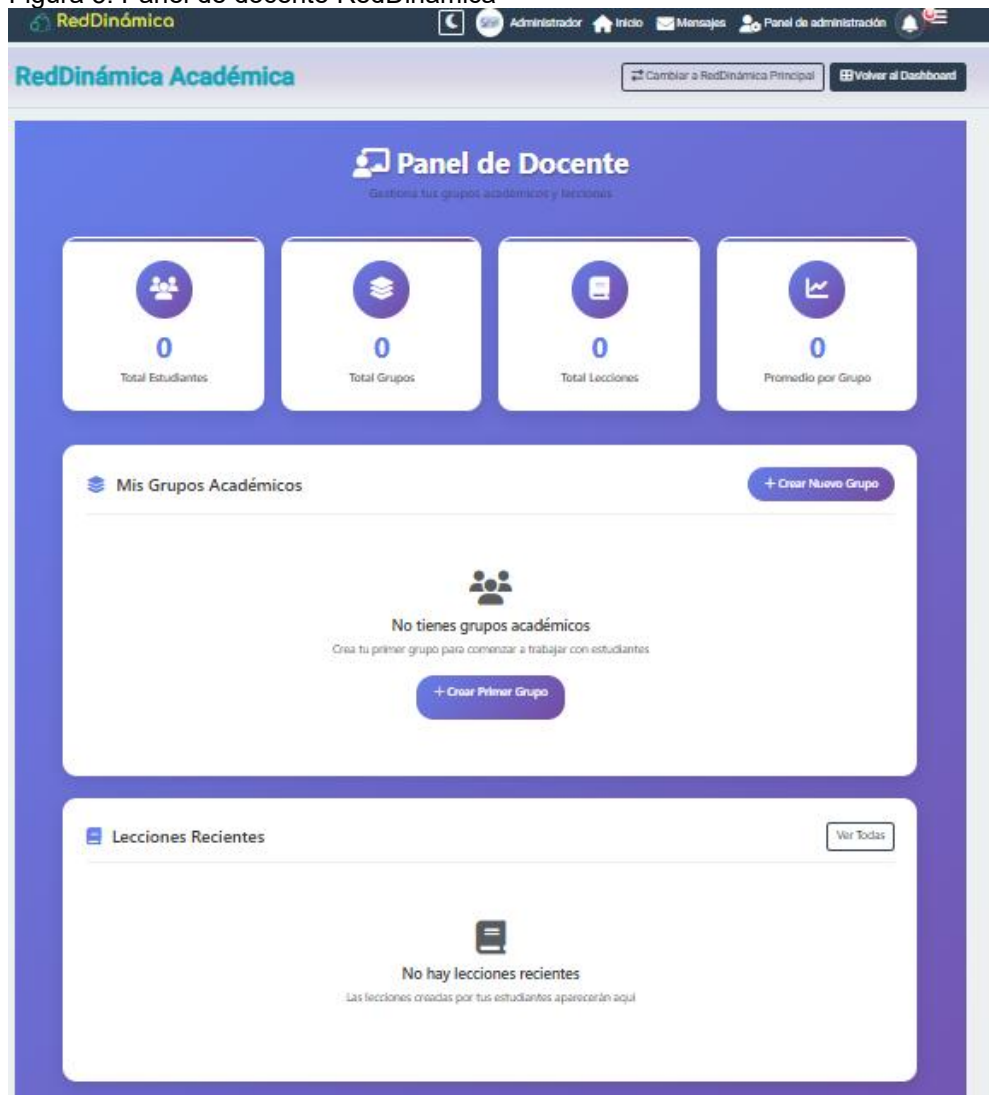
A continuación, se presentan las vistas finales para los diferentes módulos abarcados en el desarrollo de RedDinámica 4.0:

Figura 4. Landing page.



Fuente. Elaboración propia

Figura 5. Panel de docente RedDinámica



Fuente. Elaboración propia

Figura 6. Crear nuevo grupo Académico

The screenshot shows the 'Crear Nuevo Grupo Académico' form in the RedDinámica Académica interface. The form is titled 'Crear Nuevo Grupo Académico' and includes a 'Volver' button. The form fields are:

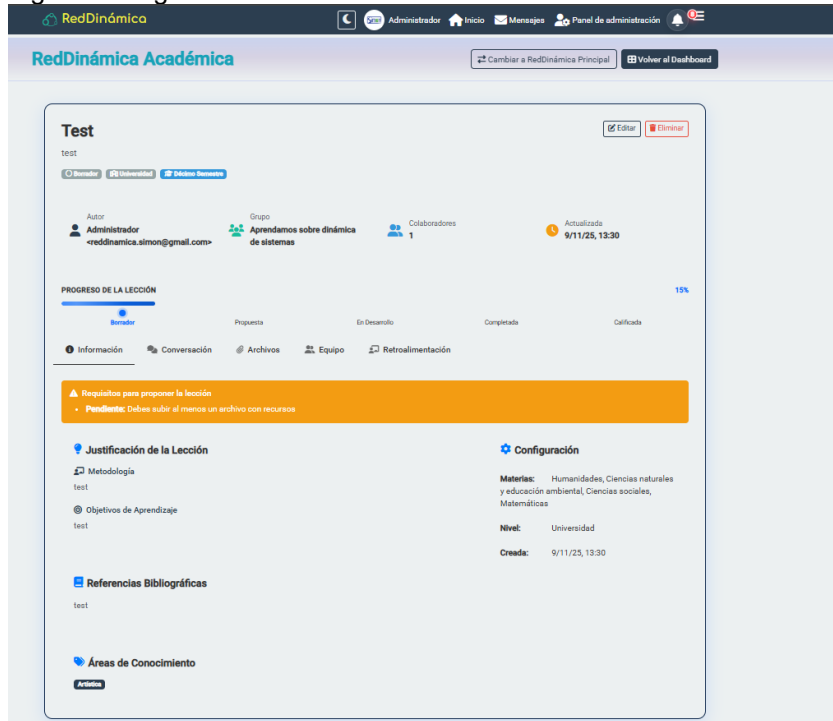
- Nombre del Grupo ***: A text input field with the example 'Ej Matemáticas Avanzadas 2024'.
- Descripción ***: A text area with the placeholder 'Describe el propósito y objetivos del grupo...'.
- Materias***: A text input field with the placeholder 'Escribe para buscar o agregar materia...' and a note 'Escribe para buscar materias (letras) existentes o crear nuevas'.
- Nivel Académico ***: A dropdown menu with the placeholder 'Selecciona un nivel'.
- Grado ***: A dropdown menu with the placeholder 'Selecciona un grado' and a note 'Primero selecciona el nivel académico'.
- Número Máximo de Estudiantes ***: A dropdown menu with the value '30' and a note 'Máximo 100 estudiantes por grupo'.

At the bottom of the form are 'Cancelar' and 'Crear Grupo' buttons. Below the form is an 'Información del Grupo' section with four bullet points:

- ✓ Los grupos académicos permiten organizar a los estudiantes por nivel y grado
- ✓ Como profesor, tendrás acceso completo a todas las lecciones creadas por los estudiantes del grupo
- ✓ Puedes importar contenido de RedDinámica principal a tus grupos
- ✓ Las mejores lecciones pueden ser exportadas a la comunidad principal

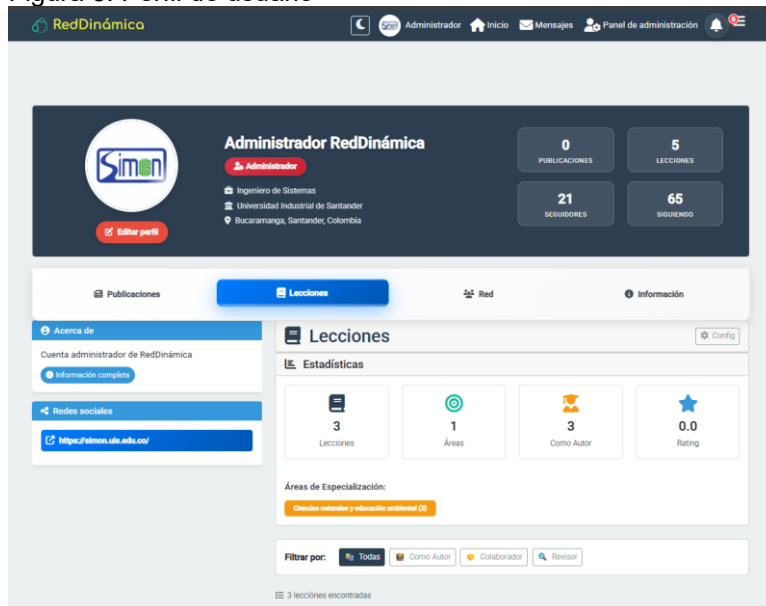
Fuente. Elaboración propia

Figura 7. Página de Lección RedDinámica Académica



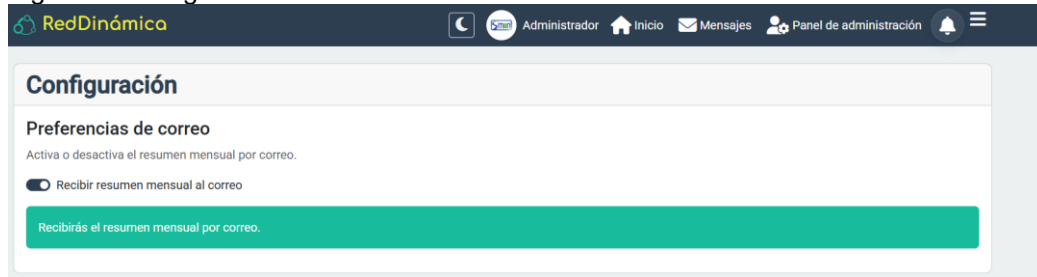
Fuente. Elaboración propia

Figura 8. Perfil de usuario



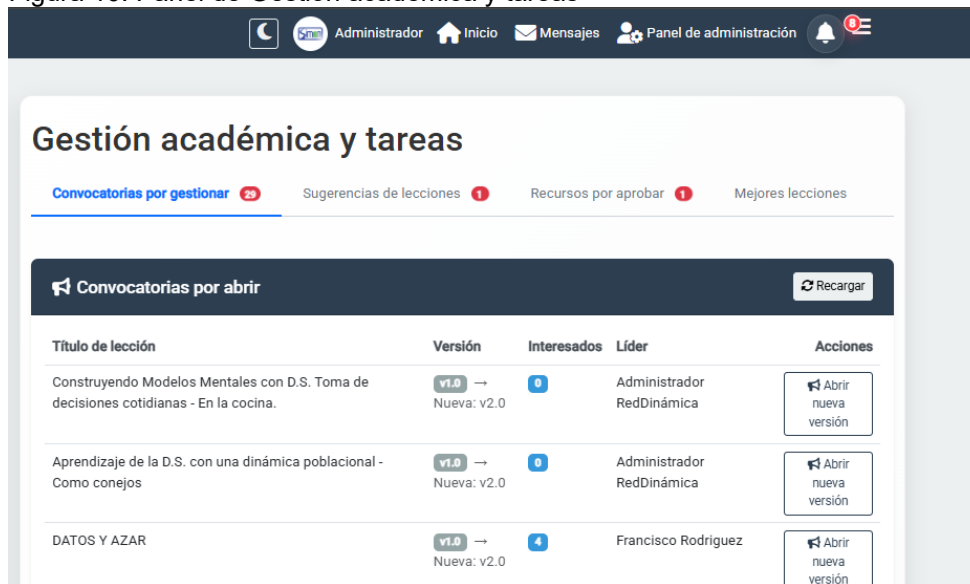
Fuente. Elaboración propia

Figura 9. Configuración de alerta de correo



Fuente. Elaboración propia

Figura 10. Panel de Gestión académica y tareas



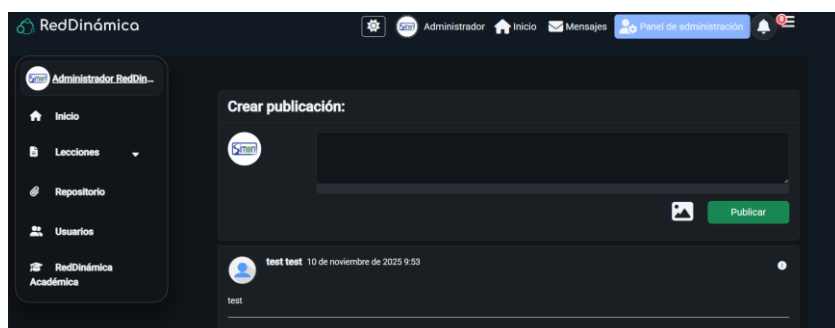
Fuente. Elaboración propia

Figura 11. Panel de Gestión de Reportes y Denuncias



Fuente. Elaboración propia

Figura 12. Página de Inicio con modo oscuro activado



Fuente. Elaboración propia

Figura 13. Página de Inicio



Fuente. Elaboración propia

Figura 14. Centro de reportes y Denuncias

RedDinámica

Administrador Inicio Mensajes Panel de administración

Centro de Reportes y Denuncias

Ayúdanos a mejorar RedDinámica reportando errores o denunciando contenido inapropiado

Categoría *
Reporte Técnico (Errores/Bugs/Mejoras)

Tipo de Reporte *
Seleccione

Módulo o Componente *
Seleccione

Pasos para Reproducir *
Describe los pasos para reproducir el problema...

Descripción Detallada *

Fuente. Elaboración propia

Figura 15. Interfaz de Grupo académico

RedDinámica Académica

Cambiar a RedDinámica Principal Volver al Dashboard

Aprendamos sobre dinámica de sistemas

Editar Eliminar

Grupo para crear lecciones en torno a diversas áreas, la curiosidad es el límite

Universidad Último Semestre Activo

4 Estudiantes 1 Lecciones 30 Capacidad Máxima

Lecciones Estudiantes Discusión Recursos

Lecciones del Grupo

+ Crear Lección

Test
test
Administrador Ver

Fuente. Elaboración propia

Figura 16. Gestión de Reportes y Denuncias

The screenshot shows the 'Gestión de Reportes y Denuncias' page in the RedDinámica system. The interface is divided into a sidebar and a main content area. The sidebar on the left contains a menu with 'Administración' selected, and sub-items like 'Usuarios', 'RedDinámica académica', 'Gestión académica y tareas (29)', 'Locaciones', 'Repositorio', 'Datos básicos', and 'Errores y Sugerencias'. The main content area has a header with 'Gestión de Reportes y Denuncias' and two tabs: 'Errores y Sugerencias' and 'Denuncias'. Below the tabs is a search bar labeled 'Filtrar por tipo de denuncia'. The central part of the page is a table with the following data:

Tipo	Categoría	Objetivo	Descripción	Denunciante	Acciones
Comportamiento inapropiado	Usuario	Victor	comportamiento inapropia...	Administrador RedDinámica	Detalle, Advertir, Resolver
Suplantación	Usuario	Usuario RedDinámica	me parece sospechoso	Administrador RedDinámica	Detalle, Advertir, Resolver
Contenido ofensivo	Publicación	Ver	se	Administrador RedDinámica	Detalle, Eliminar, Resolver
Suplantación	Usuario	Adrian	usuario duplicado	Victor Gallego Umaña	Detalle, Advertir, Resolver

At the bottom of the table, there are navigation buttons: 'Anterior', 'Página 1 de 1', and 'Siguiente'.

Fuente. Elaboración propia

Figura 17. Creación de lección de RedDinámica académica

Administrador Inicio Mensajes Panel de admi

Académica Cambiar a RedDinámica Principal

Crear Nueva Lección Académica ← Volver

¿Cómo funciona?
Aquí puedes crear una nueva lección académica colaborativa para tu grupo. Una vez creada, podrás invitar a otros estudiantes a participar, compartir recursos y trabajar en equipo hasta completar la lección.

Título de la Lección*
Ingresa el título de la lección

Resumen*
Describe brevemente el contenido y objetivos de la lección...

Áreas de Conocimiento* **Etiquetas (Opcional)**
Escribe para buscar o agregar área de conocimiento. Escribe para buscar áreas existentes o crear nuevas. Ej: dinámica de sistemas, modelado, simulación. Separa las etiquetas con comas

Metodología*
¿Cómo se desarrollará la lección? Justifica el modelo de dinámica de sistemas que se llevará a cabo y las actividades principales...

Objetivos de Aprendizaje*
¿Qué se espera lograr con esta lección? Define las competencias y conocimientos que se adquirirán...

Referencias (Requeridas al proponer)
Incluye las citas o enlaces de las fuentes utilizadas (APA/IEEE u otras). Puedes dejarlo vacío en borrador y completarlo cuando propongas la lección. Máximo 2000 caracteres. Acepta texto libre y URLs.

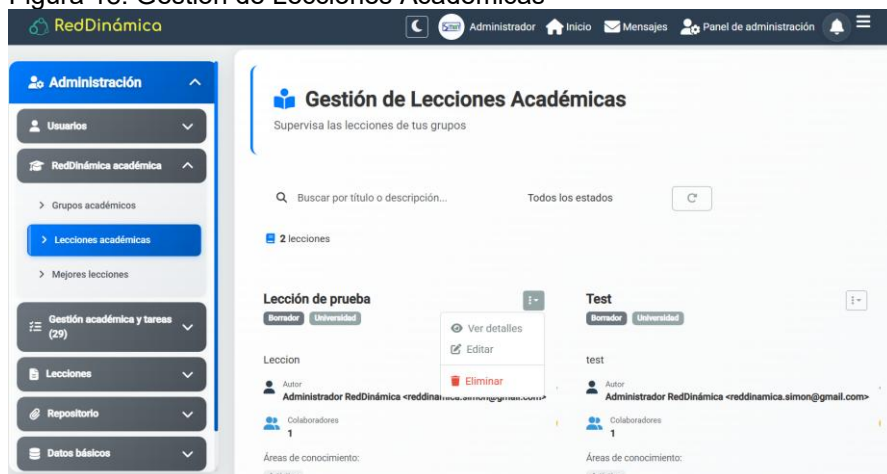
× Cancelar ➤ Crear Lección

Información de la Lección

- La lección se creará como borrador y podrás colaborar con otros estudiantes
- Podrás invitar participantes, compartir recursos y usar el chat del equipo
- Tu profesor revisará la lección y te dará retroalimentación
- Las mejores lecciones pueden ser migradas a RedDinámica principal

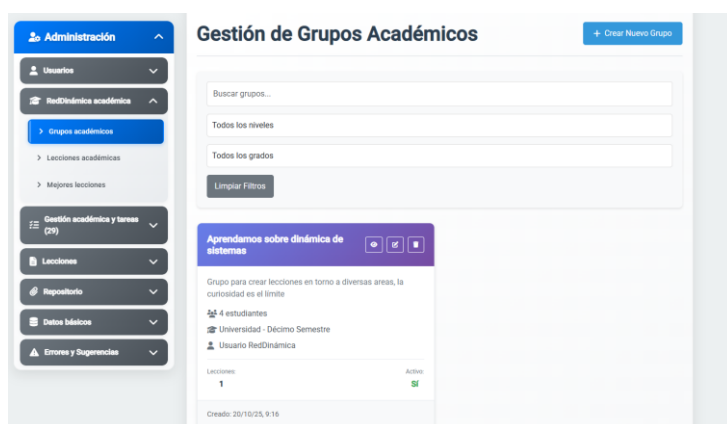
Fuente. Elaboración propia

Figura 18. Gestión de Lecciones Académicas



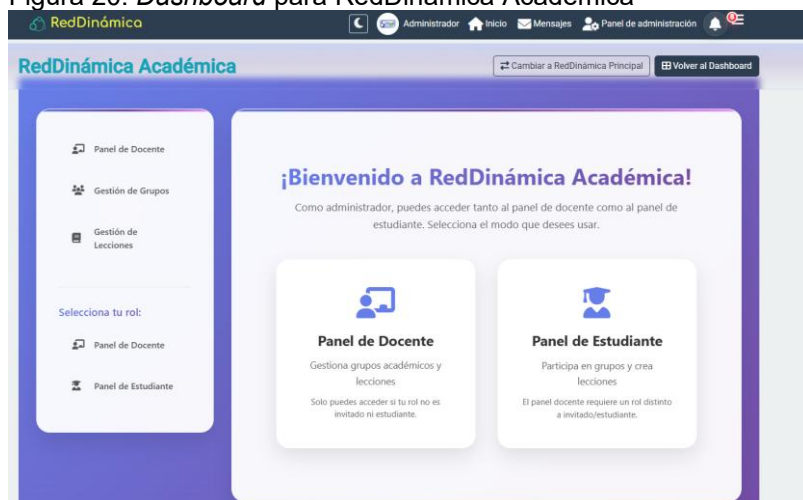
Fuente. Elaboración propia

Figura 19. Gestión de grupos Académicos



Fuente. Elaboración propia

Figura 20. Dashboard para RedDinámica Académica



Fuente. Elaboración propia

7. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

En esta sección se presenta el análisis del cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del proyecto, tanto el objetivo general como los objetivos específicos, contrastando lo propuesto con lo ejecutado y los resultados obtenidos.

7.1 OBJETIVO GENERAL

Cuadro 11 Cumplimiento de Objetivo general

Objetivo	Cumplimiento
<i>Desarrollar una nueva versión de RedDinámica a partir de la evaluación y mantenimiento de la versión actual y de los requerimientos académicos del curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica en el cuarto semestre de la Maestría en Informática para la educación."</i>	CUMPLIDO AL 100% Evidencias de cumplimiento: <ol style="list-style-type: none">Evaluación exhaustiva de RedDinámica 3.0: Se ejecutó un proceso completo de evaluación que incluyó:<ul style="list-style-type: none">○ Pruebas de seguridad con metodología OWASP antes del desarrollo○ Pruebas de usabilidad con usuarios reales en el contexto del curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica○ Identificación sistemática de errores, no conformidades y oportunidades de mejora○ Análisis del código fuente y arquitectura existente

	<p>2. Desarrollo de RedDinámica 4.0: Se construyó exitosamente una nueva versión completa que accesible desde el enlace https://simon.uis.edu.co/reddinamica/</p> <p>3. Integración de requerimientos académicos: Se desarrolló e integró completamente el módulo RedDinámica Académica, cumpliendo con las necesidades específicas del curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica:</p> <ul style="list-style-type: none">○ Sistema de grupos académicos gestionados por docentes○ Flujos diferenciados para estudiantes y profesores○ Dashboards específicos para seguimiento académico○ Repositorio académico separado con capacidad de importación desde el repositorio general○ Sistema de retroalimentación docente-estudiante○ Mecanismo de promoción de lecciones destacadas hacia RedDinámica Comunidad <p>4. Mantenimiento y corrección: Se corrigieron todos los errores críticos y no conformidades identificadas en</p>
--	---

	RedDinámica 3.0, mejorando significativamente la estabilidad y usabilidad de la plataforma.
--	---

Fuente. Elaboración propia

7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Cuadro 12. Cumplimiento de Objetivos específicos.

Objetivo	Cumplimiento
<p><i>"Evaluar RedDinámica 3.0 para identificar defectos y fallas, mediante la aplicación de un Plan de pruebas caracterizado por:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Pruebas de funcionalidad, pruebas de API, pruebas de interfaz, pruebas de compatibilidad, pruebas de rendimiento y pruebas de seguridad.</i> • <i>Pruebas de usabilidad de RedDinámica 3.0 con usuarios, estudiantes y profesor, en el curso de Redes de aprendizaje y comunidades de práctica en el Cuarto semestre de la Maestría de Informática para la Educación (MIE), junto con facilitadores expertos en dinámica de sistemas."</i> 	<p>CUMPLIDO.</p> <p>Evidencias de cumplimiento:</p> <p>A. Plan de pruebas técnicas ejecutado:</p> <p>1. Pruebas de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Evaluación completa con metodología OWASP antes del desarrollo ○ Identificación de vulnerabilidades en autenticación, autorización, inyección, XSS y CSRF ○ Análisis de <i>headers</i> de seguridad HTTP y configuraciones ○ Evaluación de dependencias con vulnerabilidades conocidas (CVEs) ○ Resultado: Identificadas vulnerabilidades de severidad media que fueron

	<p>priorizadas como requisitos de corrección</p> <p>2. Pruebas de rendimiento</p> <ul style="list-style-type: none">○ Pruebas de carga: Evaluación con 10-20, 50-100 y 200+ usuarios concurrentes○ Pruebas de estrés: Identificación del punto de ruptura del sistema (300 usuarios concurrentes)○ Medición de tiempos de respuesta de APIs y páginas principales○ Análisis de <i>throughput</i> y uso de recursos del servidor○ Resultado: Sistema validado para soportar carga esperada con tiempos de respuesta aceptables <p>3. Pruebas de funcionalidad</p> <ul style="list-style-type: none">○ Validación de todos los flujos principales de la plataforma○ Identificación de errores en gestión de lecciones, publicaciones, mensajería○ Detección de inconsistencias en estados y transiciones
--	---

	<ul style="list-style-type: none">○ Resultado: Catálogo completo de no conformidades y errores documentado <p>4. Pruebas de API</p> <ul style="list-style-type: none">○ Validación de <i>endpoints</i> RESTful○ Pruebas de respuestas esperadas y manejo de errores○ Validación de autenticación y autorización en APIs○ Resultado: Identificadas mejoras necesarias en contratos de API <p>5. Pruebas de interfaz</p> <ul style="list-style-type: none">○ Evaluación de usabilidad de componentes○ Identificación de problemas de visualización○ Análisis de flujos de interacción○ Resultado: Detectadas múltiples oportunidades de mejora que se trabajaron en RNF1-RNF5 <p>6. Pruebas de compatibilidad</p> <ul style="list-style-type: none">○ Validación en diferentes navegadores (Chrome, Firefox, Edge, Safari)○ Pruebas en dispositivos móviles y tablets
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Verificación de responsividad ○ Resultado: Identificados problemas de compatibilidad con versiones obsoletas de navegadores
<ul style="list-style-type: none"> ● “Desarrollar RedDinámica 4.0 contemplando: <ul style="list-style-type: none"> ○ Los defectos y fallas identificados en la ejecución del plan de pruebas de la versión 3.0 ○ Reestructurar RedDinámica agregando un módulo que garantice un espacio para promover el aprendizaje de la dinámica de Sistemas denominado RedDinámica-Académica. <p>Diseñar y desarrollar un sistema de notificaciones para RedDinámica”</p>	<p>CUMPLIDO</p> <p>Evidencias:</p> <p>Ver Anexo A. Anexo B. Anexo C. Donde se muestra el ciclo de desarrollo y posterior despliegue de la aplicación.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar la evaluación del sistema por medio de un plan de pruebas con la participación de usuarios finales y las demás 	<p>CUMPLIDO</p> <p>Evidencia:</p> <p>Ver Anexo C.</p>

<p>pruebas realizadas sobre la versión 3.0</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Liberar la nueva versión de RedDinámica mediante el despliegue del software en la infraestructura aportada por el grupo SIMON y la Maestría en Informática para la Educación, migrando previamente el contenido de la versión anterior. 	<p>CUMPLIDO</p> <p>Se realizó el correcto despliegue de RedDinámica y la versión 4.0 se puede encontrar accediendo al enlace: https://simon.uis.edu.co/reddinamica/</p>

Fuente. Elaboración propia

8. CONCLUSIONES

El desarrollo de RedDinámica 4.0 ha representado una evolución significativa de la plataforma, implementando mejoras tomadas a partir de las necesidades de la comunidad de RedDinámica, así como los requerimientos específicos obtenidos del entorno académico formal de la Maestría en Informática para la Educación de la Universidad Industrial de Santander. Esto se evidencia en el documento de pruebas y en la respuesta que ha tenido la comunidad al momento de interactuar con el ambiente.

La decisión de iniciar el proyecto con una evaluación exhaustiva de RedDinámica 3.0, incluyendo pruebas técnicas (*OWASP*, rendimiento, funcionalidad) y experiencia con usuarios reales en contexto de aula, demostró ser fundamental para el éxito del proyecto. Gran parte de los requisitos funcionales implementados surgieron directamente de esta evaluación inicial, garantizando que el desarrollo estuviera orientado a necesidades reales.

La distribución estratégica del desarrollo en tres iteraciones (estabilización, ampliación funcional, integración operativa) permitió validaciones incrementales, detección temprana de problemas y ajustes en el curso del proyecto. Cada iteración generó un producto funcional que servía de base sólida para la siguiente, reduciendo significativamente los riesgos técnicos y funcionales.

El proyecto no solo añadió funcionalidades nuevas, sino que actualizó completamente el *stack* tecnológico (Angular 19, Bootstrap 5, Node.js actualizado, dependencias modernas). Esta inversión, aunque incrementó la complejidad inicial, garantiza la sostenibilidad técnica del proyecto por varios años y facilita el mantenimiento futuro, evitando la obsolescencia que afectó a versiones anteriores.

El desarrollo de casos de prueba automatizados requirió inversión de tiempo significativa, pero previno regresiones, aceleró los ciclos de validación y proporcionó confianza para realizar cambios.

El proceso de desarrollo demostró que la combinación de evaluación rigurosa, desarrollo iterativo, automatización de pruebas, actualización tecnológica y despliegue prudente, constituye una metodología efectiva para proyectos de evolución de la plataforma en contextos académicos.

La decisión de mantener la versión 3.0 de RedDinámica operativa a través de un enlace de acceso directo es una estrategia proactiva de mitigación de riesgos y validación. Esta medida garantiza la disponibilidad continua de los datos históricos y del servicio durante el reingreso a clases de la MIE cumpliendo con el requisito crítico de Cero Interrupción. Al disponer de la versión anterior como respaldo en caliente por un periodo definido de dos años, el proyecto establece una sólida capa de contingencia ante cualquier incidencia crítica en la versión 4.0, permitiendo la comparación rigurosa de datos y la estabilización efectiva del nuevo sistema en un entorno real y operativo. Esta acción subraya el enfoque sistémico del proyecto, donde la transición tecnológica se gestiona con la misma importancia que el desarrollo del *software* mismo.

Finalmente, el uso de *scripts* para automatizar tareas de mantenimiento del lado del servidor sentó las bases de un modelo de trabajo orientado a la eficiencia y reducción del tiempo que lleva realizar tareas del lado del administrador del sitio.

9. RECOMENDACIONES

Con base en la experiencia adquirida durante el desarrollo de RedDinámica 4.0, se presentan las siguientes recomendaciones:

- **Mantenimiento técnico:** Establecer un ciclo de actualización tecnológica regular: Se recomienda revisar y actualizar las dependencias del proyecto al menos cada seis meses. Esto evitará la acumulación de deuda técnica y el surgimiento de vulnerabilidades de seguridad

- **Implementar respaldos automatizados de la base de datos:** Aunque el proyecto incluyó configuración de respaldos, se recomienda establecer una política formal de respaldos con respaldos automáticos de forma periódica y almacenamiento de respaldos en ubicación física diferente.

- **Expandir el sistema de Notificaciones e implementar un sistema de reputación y Gamificación:** Con el fin de aumentar la participación y reconocer las contribuciones valiosas, se recomienda desarrollar un sistema de puntos por participación, Insignias y Rankings de contribuyentes destacados con el fin de incrementar la motivación en la comunidad de práctica.

- **Implementar preferencias de notificación por usuario:** Actualmente las notificaciones son automáticas para todos los eventos. Se recomienda Permitir a cada usuario configurar qué tipos de notificaciones desea recibir, agregar opciones de frecuencia y tener en cuenta las limitantes de máximo número de envío de correos por día debido al uso de Gmail.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, GÓMEZ FLÓREZ, Luis Carlos, Tecnología Informática en la Escuela., 3rd ed. Bucaramanga, Colombia. 2007. p. 187.

BATES, Tony. Enseñar en la Era digital. 2017. [sitio web]. [Consultado: 18 de Diciembre de 2020]. Disponible en :

<https://cead.pressbooks.com/chapter/4-6-las-comunidades-de-practica/>

BURNSTEIN, Ilene, Practical Software Testing, Springer-Verlag New York, Inc, 2003. p. 175.

CASTAÑEDA MEZA, Lilian Rocio, Sitio web para facilitar el aprendizaje y la difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2007.

DÍAZ DÍAZ, Silvia Margarita, Pruebas de seguridad en aplicaciones web como imperativo en la calidad de desarrollo del software. [En línea]. [Consultado 11 de Diciembre de 2020].

Disponible en:

https://www.unab.edu.co/sites/default/files/MemoriasGrabadas/papers/capitulo7_paper_13.pdf

ELLINGWOOD, Justin. An Introduction to Continuous Integration, Delivery, and Deployment. [En línea]. 2017. [Consultado: 11 de Diciembre de 2020] Disponible en:

<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/an-introduction-to-continuous-integration-delivery-and-deployment>

FORRESTER, Jay. La Dinámica de Sistemas y el Aprendizaje del Alumno en la educación escolar. Proyecto Educativo Dinámica de Sistemas. Cambridge: Instituto de Tecnología de Massachusetts. Escuela de administración. 1992. p. 14.

FUENTES VARGAS, Edgar Alberto. MARTINEZ PARODI, Ailin Johana. Técnicas de web semántica para RedDinámica 2.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2013.

FUNDACIÓN NODEJS. Express Infraestructura web rápida, minimalista y flexible para Node.js [En línea] Express, 2020; [Consultado: 20 de Agosto de 2020] Disponible en: <https://expressjs.com/es/>

GOOGLE. Angular Docs. Versión 10.0.8 [En línea] Angular, 2020; [Consultado: 20 de Agosto de 2020] Disponible en: <https://angular.io>

HAMILL, P, Unit Test Frameworks: Tools for High-Quality Software Development. O'Reilly Media, Inc. 2004.

HERNÁNDEZ BUSTOS, Juan Daniel, Sitio web de la red de construcción colaborativa de conocimiento para la sostenibilidad de la dinámica de sistemas en la escuela RedDinámica 3.0. Tesis de pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2019.

IZQUIERDO, Luis R.; GALÁN, José M.; Santos, José I.; del Olmo, Ricardo, Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales 16. 2008. pp. 85-112.

LINUX FOUNDATION, Documentación Node js. [En línea] Node js, 2020; [Consultado: 20 de Agosto de 2020] Disponible en: <https://nodejs.org/es/docs/>

LINARES VÁSQUEZ, Mario. ESCOBAR VELÁSQUEZ, Camilo. PRUEBAS AUTOMÁTICAS DE SOFTWARE [En línea] Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2018-2020. [Consultado: 08 de Diciembre de 2020] Disponible en: <https://miso-4208-labs.gitlab.io/book/>

LÓPEZ MOLINA Giovanni, Modelo de Red de Aprendizaje para proyectos de innovación educativa con TIC[Informe]: Tesis de Maestría. -Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

MARTÍNEZ PÁRRAGA, Juan Angel. Estándar IEEE 1219 de mantenimiento del software. [En línea] Universidad de Castilla-La Mancha, 1999;[Consultado: 11 de noviembre de 2020] Disponible en:

<https://alarcos.esi.uclm.es/per/fruiz/cur/mso/comple/IEEE1219.pdf>

MONGODB, Inc. Documentation MongoDB [En línea] MongoDB, 2020. [Consultado: 20 de Agosto de 2020]. Disponible en:

<https://docs.mongodb.com/>

NAVAS GARNICA, Ximena Marcela. Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación. Un enfoque sistémico. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2006. p. 5.

Open Web Application Security Project – OWASP Foundation, La comunidad libre y abierta sobre seguridad en aplicaciones, OWASP testing guide v4.2, 2020. [En línea]. [Consultado 11 de Diciembre de 2020]. Disponible en:

<https://owasp.org/www-project-web-security-testing-guide/v42/>

PINTO PRIETO, Laura Patricia. SIERRA JOYA. Luis Fernando. Elaboración de la plataforma RedDinámica versión 2.0 como soporte al aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2009. p. 5

PINTO PRIETO, Laura Patricia, SIERRA JOYA, Luis Fernando, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando. RedDinámica: Herramienta computacional para el aprendizaje y difusión de la dinámica de sistemas en la educación. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2. Pereira. 2013. p. 343-345.

PRESSMAN, Roger. Ingeniería del software. Un enfoque práctico. 7 ed. México. McGraw-Hill. 2010.

RADZICKI, Michael J., Taylo, Robert A, Origin of System Dynamics: Jay W. Forrester and the History of System Dynamics. 2008. [sitio web]. [Consultado: 20 de Agosto de 2020]. Disponible en U.S. Department of Energy's Introduction to System Dynamics: <http://wayback.archive-it.org/10432/20180521200656/http://lm.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/start.htm>

SLOEP Peter, Berlanga Adriana, Redes de aprendizaje, aprendizaje en red, Revista Comunicar, n°37, v. XIX, 2011 p.55. [sitio web]. [Consultado: 18 de Diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3733909>

WENGER, E, Communities of practice a brief introduction. 2013. [Sitio web]. [Consultado: 18 de Diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://wenger-trayner.com/wp-content/uploads/2013/10/06-Brief-introduction-to-communities-of-practice.pdf>