

Una representación basada en *Semat* y RUP para el Método de Desarrollo SIG del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Claudia Elena Durango Vanegas

Estudiante Doctorado
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
cedurangov@unal.edu.co

Carlos Mario Zapata Jaramillo

Profesor Titular
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
cmzapata@unal.edu.co

(Tipo de Artículo: Investigación. Recibido el 05/04/2015. Aprobado el 15/07/2015)

Resumen. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen un apoyo importante para el análisis y solución de problemas en áreas, como: salud, hidrología, ingeniería y gestión territorial, entre otras. El desarrollo metodológico de los SIG no incluye especificaciones propias; por el contrario, son propuestas modificadas de otros métodos, que contienen los mismos productos de trabajo, actividades y recursos de los métodos tradicionales de desarrollo, tales como el *Rational Unified Process* (RUP). Uno de esos métodos es del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). *Semat* (Teoría y Métodos de la Ingeniería de Software) es una iniciativa que ayuda a capturar elementos esenciales y comunes, universales a todos los esfuerzos de desarrollo de software. En busca de las especificaciones propias de los métodos de desarrollo de SIGs, en este artículo se propone una representación basada en el núcleo de *Semat* del método IGAC para identificar la relación con el método tradicional Proceso Unificado de Racional (RUP). Con esta representación es posible determinar las prácticas asociadas con el método IGAC que se heredan de los métodos tradicionales.

Palabras clave. Método de desarrollo, Proceso Racional Unificado, *Semat*, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de Información Tradicionales.

A representation based on the *Semat* kernel and RUP of the Agustín Codazzi Geographic Institute development method

Abstract. *Geographic Information Systems (GIS) give important support for analyzing and problem solving of areas like health, hydrology, engineering and territorial management. GIS method development lacks proper specifications; instead, such development results are modifications of work products, activities, and resources from traditional development methods like Rational Unified Process (RUP). Agustín Codazzi Geographic Institute (IGAC) has one GIS development methods. Semat (Software Engineering Method and Theory) is an initiative intended to capture common elements of any software development endeavor. Looking for the proper GIS development specifications, in this paper we propose a representation of the IGAC development method based on the Semat framework. We also identify the relationship between the IGAC method and RUP. We can determine—from such representation—the practices associated with the IGAC method and inherited from well-known methods.*

Keywords. *Development Method, Rational Unification Process, Geographic Information Systems, Traditional Information Systems.*

1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son casos especiales de los sistemas de información tradicional, con capacidad de integrar datos descriptivos y espaciales [1]. Los SIG se vienen consolidando como un apoyo importante en la toma de decisiones, especialmente para análisis espaciales [1]. Es por ello que su aplicación se relaciona con diversas áreas del conocimiento como: salud, hidrología, ingeniería y gestión territorial, entre otras.

El desarrollo metodológico de los SIG lo dirigen profesionales que requieren establecer un orden en sus actividades para la ejecución de los proyectos SIG. Esto conduce a implementar métodos dirigidos por proyectos [2], basados en el proceso geoinformático (adquisición, almacenamiento, análisis y publicación del geodato) [3] y combinados con métodos de desarrollo de sistemas de información tradicionales [4]. Por esta razón, los líderes de proyectos SIG cuentan con diversos métodos, que

adaptan según sus necesidades. En los métodos que se emplean en la actualidad para desarrollar los SIG no se incluyen las especificidades propias de los SIG y, por el contrario, se manejan como nuevas propuestas de métodos, cuando en realidad contienen los mismos productos de trabajo, actividades y recursos de los métodos tradicionales de desarrollo. El *Rational Unified Process* [5] es uno de los métodos de desarrollo que nutre con sus características a los métodos de desarrollo de SIGs.

El Centro de Investigaciones y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) propone uno de estos métodos de desarrollo de SIG. El método integra el trabajo conjunto entre los siguientes grupos del CIAF: Estándares, Percepción Remota, SIG, Geoportales y Geoservicios. Además, reúne las características convenientes para IGAC de diferentes métodos de desarrollo de software tradicional analizados [6].

Semat (Teoría y Métodos de la Ingeniería de Software) es una iniciativa que apoya un proceso para redefinir la ingeniería de software con base en una teoría sólida, principios probados y mejores prácticas. *Semat* generaliza la ingeniería de software identificando acciones y elementos universales; permite describir métodos en un lenguaje sencillo y universal; permite evaluar, comparar y medir las prácticas comunes de métodos existentes [7].

Los SIG representan una dificultad para el proceso de ingeniería de requisitos dado que es difícil modelar sus características especiales como: atributos espaciales, escalas de representación y componentes espacio-temporales. Existen métodos de desarrollo para SIG basados en métodos de desarrollo de sistemas de información tradicionales. Estos métodos tienen dificultades para modelar las características propias de los SIG [4]. Por lo anterior, en este artículo se propone una representación basada en el núcleo de *Semat* del método IGAC para identificar la relación con el método tradicional RUP. Se aborda el método IGAC para demostrar que las prácticas de este método se heredan de los métodos tradicionales y, además, que dejan procesos de los SIG sin desarrollar.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta el marco teórico, donde se realiza una descripción de los Sistemas de Información Geográfica y tradicionales, el Proceso Unificado Racional y la iniciativa *Semat*; en la Sección 3 se presentan los antecedentes; en la sección 4 se propone una representación en el núcleo de *Semat* del método tradicional *Rational Unified Process*; en la Sección 5 se propone una representación en el núcleo de *Semat* del Método de Desarrollo de Software SIG del IGAC. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. MARCO TEÓRICO

Los SIG manejan información territorial de diversos tipos, en función del modelo de datos espacial y de la naturaleza de sus atributos. Los modelos de datos geográficos permiten reconocer habilidades de distribución y patrones espaciales, mediante localización, asociación y correlación de fenómenos de distribución. La naturaleza de sus atributos depende de las características (valores) a representar. Estas variables pueden ser binomiales (dos valores), nominales (cualidades) u ordinales (cualitativas) [8]. Los SIGs son sistemas estructurados para representar, modelar, analizar y planificar el territorio usando herramientas

computacionales. Los proyectos SIG soportan los procesos de adquisición, modelado, procesamiento y distribución de información de carácter espacial. Por su carácter multidisciplinario, los proyectos SIG no tienen un número de fases definidas, sino unidades funcionales: entrada de datos, modelado de datos, manipulación de datos y presentación de resultados [4].

RUP es un método que permite modelar y desarrollar tareas y responsabilidades en una organización para incorporarlas en una aplicación de software. RUP utiliza algunas de las mejores prácticas en el desarrollo de software, que permiten dar un buen servicio a un gran número de proyectos y organizaciones [9]. En el campo de desarrollo de software, las buenas prácticas son prácticas que comúnmente usan los equipos de desarrollo de software y se recomiendan para mejorar los proyectos en términos de costos, calidad y tiempo. RUP identifica e incorpora seis mejores prácticas de software, a saber: desarrollo de software de forma iterativa, arquitectura basada en componentes, verificación de la calidad, control de cambios, gestión de requisitos y modelado visual del software [5]. El desarrollo de software de forma iterativa posibilita el monitoreo del cliente y el desarrollador en pequeños avances sobre el progreso del producto a desarrollar. La arquitectura basada en componentes enfatiza el diseño modular, separa las funcionalidades y las reutiliza y divide el producto final en varios subsistemas. La verificación de la calidad implica la verificación y validación de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema a desarrollar. El control de cambios permite organizar las tareas y monitorear los cambios en el sistema a desarrollar. La gestión de requisitos permite educir y organizar las funcionalidades y restricciones del sistema a desarrollar. El modelado visual del software facilita la construcción del modelo gráfico y permite ilustrar la estructura, el comportamiento de la arquitectura y los componentes de la aplicación de software a desarrollar [10].

Semat se enfoca en encontrar un núcleo de elementos que acepta la comunidad de desarrollo de software. La propuesta pretende refundar la ingeniería de software mediante la definición de una teoría sólida, principios comprobados y mejores prácticas. *Semat* busca determinar un núcleo para describir acciones y elementos universales, usando un lenguaje y las prácticas de desarrollo de software, para poderlas aplicar, evaluar y medir [11]. El núcleo de *Semat* contiene un pequeño número de "cosas con las que siempre se trabaja" (véase la fig. 1) y "cosas que siempre se hacen" (véase la Fig. 2) cuando se desarrollan sistemas de software.

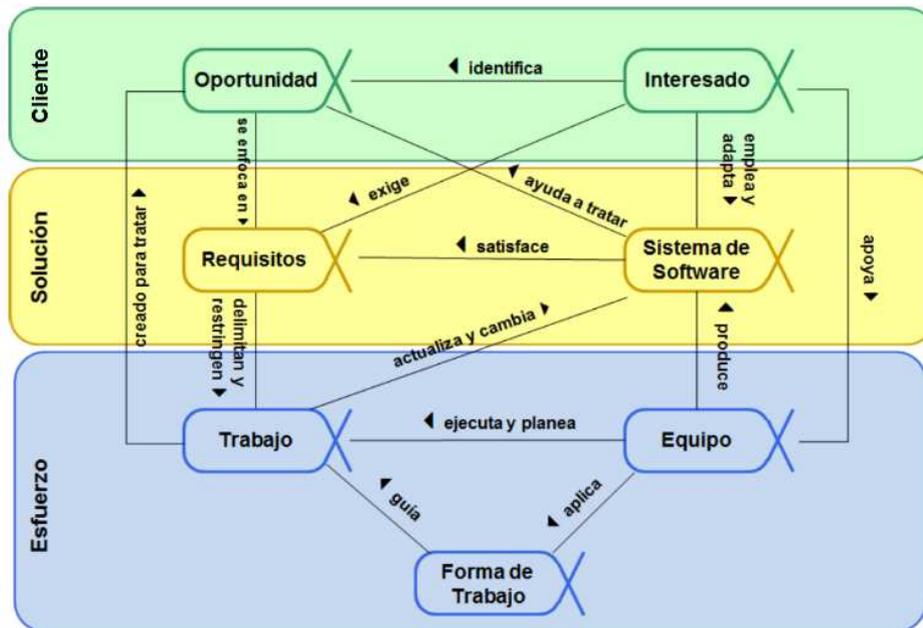


Fig. 1. Alfabeto, Cosas con las que siempre se trabaja [11].

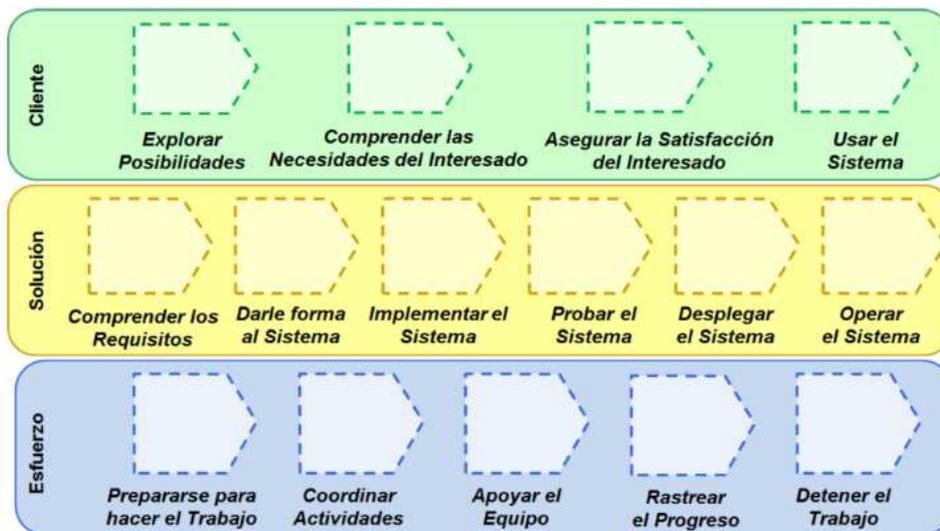


Fig. 2. Espacios de Actividad, Cosas que siempre se hacen [11].

Semat suministra tres características únicas del núcleo: es accionable, es extensible y es práctico [11].

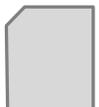
El **núcleo es accionable** por la forma en que maneja las “cosas con las que siempre se trabaja”. Ellas se capturan como alfabetos en lugar de productos de trabajo. Un alfa es un elemento esencial del esfuerzo de ingeniería de software, siendo relevante para la evaluación del progreso y la salud. *Semat* identifica siete alfabetos: oportunidad, interesados, requisitos, sistema de software, trabajo, forma de trabajo y equipo (Véase la fig. 1).

El **núcleo es extensible** para apoyar diferentes proyectos, pues ayuda a agregar prácticas, como casos de uso, arquitectura y desarrollo basado en componentes, entre otras. Las prácticas representan unidades modulares aisladas y diferentes, que el equipo escoge emplear.

El **núcleo es práctico** por ser un marco de pensamiento tangible y práctico para evaluar el trabajo de los profesionales de software. Para lograrlo, se apoya en el uso de tarjetas para proporcionar listas de chequeo y sugerencias prácticas, en lugar de discusiones conceptuales.

Semat permite estandarizar la ingeniería de software incluyendo un conjunto de elementos comunes que sirven de referencia para relacionar y diferenciar métodos de desarrollo de software. *Semat* se organiza en tres áreas de interés que se centran en aspectos específicos de la ingeniería de software [12]: clientes (verde), solución (amarillo) y esfuerzo (azul; véanse las fig. 1 y 2). Para lograrlo, utiliza alfas, espacios de actividad, actividades, prácticas, métodos, patrones y productos de trabajo. En la Tabla 1 se introduce la representación gráfica de los elementos *Semat*.

TABLA 1
Elementos del núcleo de *Semat* [12]

Elemento	Descripción
Alfa 	Describe las cosas que el equipo debe administrar, producir y usar en el proceso de desarrollo, mantenimiento y soporte. <i>Semat</i> identifica siete alfas: oportunidad, interesado, requisitos, sistema de software, trabajo, equipo y forma de trabajo (Véase la fig. 1).
Espacio de Actividad 	Representa las cosas esenciales que se deben hacer para desarrollar el software. <i>Semat</i> define 15 espacios de actividad (Véase la fig. 2).
Actividad 	Define uno o más tipos de producto de trabajo y uno o más tipos de tarea, además de dar orientación sobre cómo utilizarlos en el contexto de una práctica.
Práctica 	Es un grupo de elementos necesarios del núcleo de <i>Semat</i> para expresar la guía de trabajo con un objetivo específico.
Método 	Es un conjunto de elementos utilizados para formar una base común que describe el esfuerzo de ingeniería de software.
Patrón 	Es una descripción de la estructura de una práctica.
Producto de trabajo 	Es un artefacto de valor y relevancia para el esfuerzo de la ingeniería de software. Un producto de trabajo puede ser un documento, una parte de software, una prueba de software o la preparación de un curso.

El núcleo en acción tiene diversas aplicaciones en la vida diaria de los profesionales de software como: correr una iteración, correr el desarrollo completo desde la concepción de la idea hasta la entrega del producto y escalar hacia grandes organizaciones y esfuerzos complejos de desarrollo de software. *Semat* presenta beneficios para los profesionales y equipos de trabajo de software, por permitir evaluar el progreso y salud de los

esfuerzos de desarrollo de software, evaluar las prácticas actuales, mejorar la forma de trabajo, mejorar la comunicación entre equipos integrando nuevas ideas y mejorar la interoperabilidad entre equipos, proveedores y organizaciones de desarrollo de software [11].

3. ANTECEDENTES

Ávila y Morales [13] presentan una guía metodológica que combina resultados de informática SIG con *geomarketing*. El SIG permite el manejo estratégico para la gestión de información, manejo de rutas óptimas y localización exacta de los clientes, entre otras. La guía se basa en el método SIG SARA (*State Archives and Records Administration*) y el Método de Desarrollo de Software del IGAC (MDS IGAC). La guía se basa en el usuario, se fundamenta en estándares internacionales y locales, requisitos de los usuarios y parámetros que establece el MDS-IGAC. Este método se desarrolla en tres etapas: análisis, diseño y desarrollo e implementación de la interfaz gráfica del SIG (Véase la fig. 3, que incluye la representación de las fases en la notación del núcleo de *Semat*). La etapa de análisis aclara las necesidades de los usuarios con el sistema y apoya la abstracción del conocimiento de los usuarios (véase la fig. 4). La etapa de diseño presenta el modelo conceptual, esquematiza las entidades fundamentales de la base de datos como entidades, atributos, objetos espaciales y diccionario de datos; en esta etapa se diseña el modelo lógico y se identifican entidades, restricciones y usos de llaves primarias y foráneas. En la última etapa se desarrolla la interfaz con la estructura definida de los requisitos funcionales y no funcionales (lenguaje, librerías, sistema operativo y navegador, entre otros). Además, se elaboran los informes de soporte del SIG y se definen documentos y guías para proporcionar información del proyecto [13]. La guía describe una representación basada en las fases del proceso de desarrollo del software según los métodos SARA, MDS-IGAC y diagrama de flujo para la definición y especificación de requisitos. En la representación falta identificar las prácticas, técnicas exitosas, actores involucrados y los productos de trabajo requeridos.

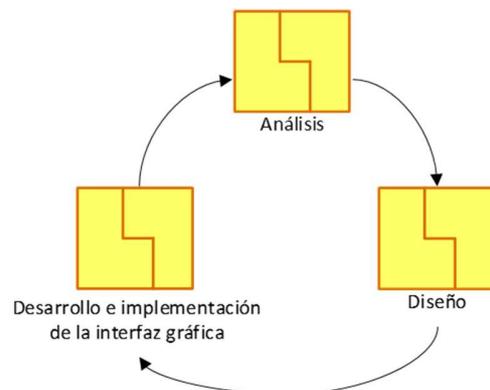


Fig. 3. Fases de la Guía Metodológica. Construcción Propia con base en Ávila y Morales [13].

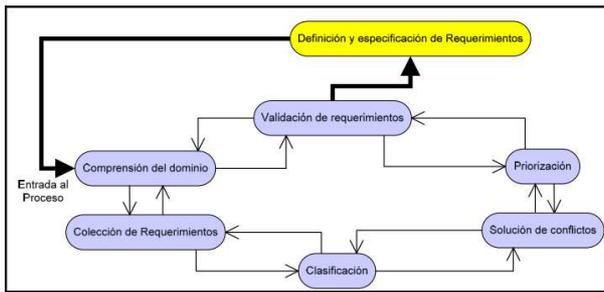


Figura 4. Proceso para la definición y especificación de requisitos [12].

Gómez *et ál.* [6] presentan una descripción de las principales características en la implementación de un SIG, en Web, relacionado con la vulnerabilidad de la mujer desplazada (SIG-VMD). El SIG permite ubicar geográficamente atributos de vulnerabilidad de mujeres desplazadas en Colombia y su relación espacio-temporal. El aplicativo SIG-VMD es resultado de un trabajo conjunto entre el CIAF del IGAC y el proyecto “Protección de Tierras y Patrimonio de la Población Desplazada de Acción Social”. El aplicativo SIG-VMD se basa en el MDS-IGAC. En su desarrollo, se reconocen cuatro fases fundamentales: Análisis/viabilidad, Diseño, Desarrollo/construcción e Implementación (véase la fig. 5) [6]. La fase de análisis/viabilidad incluye el alcance, las funcionalidades y el diseño preliminar de la interfaz de usuario. La fase de diseño permite refinar los requisitos y diseñar la arquitectura, la plataforma tecnológica, la operación, la administración del sistema y una propuesta de seguridad y control de la arquitectura. La fase de construcción permite implementar la arquitectura planteada y desarrollar las funcionalidades del sistema. La fase de implementación/lanzamiento incluye un plan de versiones para describir la estabilidad de software antes del lanzamiento final y contempla el apoyo a los usuarios finales, relacionado con el uso y la administración [5]. Los autores presentan una síntesis de las actividades presentes en el MDS-IGAC y enfocan la descripción en la presentación de la información en la Web. Falta identificar los artefactos, actividades, usuarios y prácticas requeridas en los proyectos SIG.

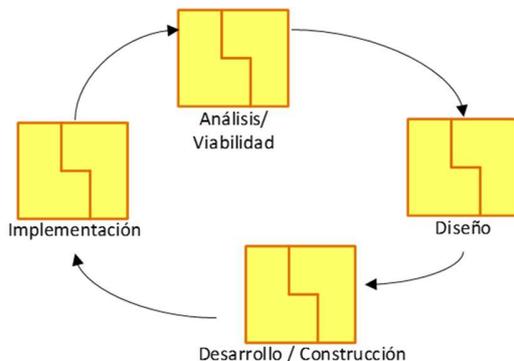


Fig. 5. Síntesis de actividades según MDS-IGAC. Construcción Propia a partir de Gómez *et ál.* [6].

4. REPRESENTACIÓN EN EL NÚCLEO DE SEMAT DEL MÉTODO RUP

En esta Sección se propone una representación del método RUP basada en el núcleo de *Semat*, con el fin de establecer la diferenciación posterior con el MDS-IGAC, específicamente para la práctica gestión de requisitos. RUP es un método estándar de desarrollo que usan y difunden en empresas de desarrollo de software, con características adaptables a las organizaciones y proyectos de software. Los productos de trabajo que se elaboran durante el proceso se representan en UML. RUP define cuatro fases en la etapa de desarrollo: inicio, elaboración, construcción y transición (véase la fig. 6). Estas fases se cruzan con unas disciplinas: requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas [10].

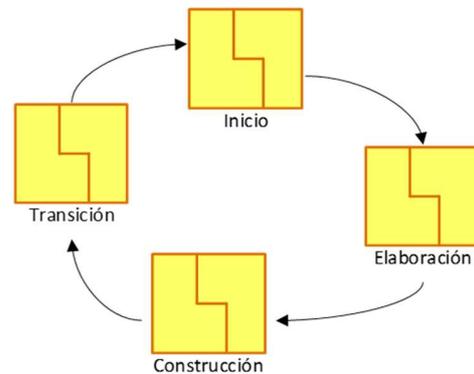


Fig. 6. Fases del método RUP. Construcción Propia con base en Ahmed *et ál* [10].

González *et ál.* [14] representan en el núcleo de *Semat* las seis mejores prácticas de RUP y las ubican en cada área de interés (véase la fig. 7) [14]. La práctica gestión requisitos se ubica, principalmente, en la fase de inicio con la disciplina requisitos y en la primera actividad de la fase elaboración (Véase la TABLA). RUP define una serie de roles, actividades y productos de trabajo distribuidos entre los miembros del proyecto. RUP especifica un flujo de trabajo de requisitos con los siguientes pasos: enumerar los requisitos candidatos, comprender el contexto del sistema y capturar requisitos funcionales y no funcionales [5].

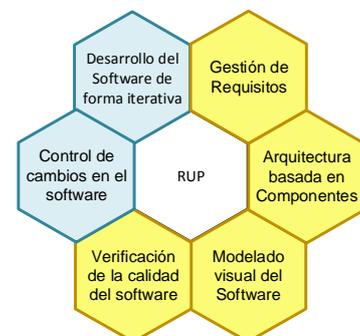


Fig. 7. Representación en el núcleo de *Semat* de las seis mejores prácticas RUP [13]. Traducción: los autores.

TABLA 2
Elementos principales del método RUP asociados con elementos *Semat*. Construcción propia

Fase	Práctica	Espacio de Actividad	Actividad	Productos de Trabajo	Alfa	Roles
Inicio	Gestión de Requisitos	Comprender los requisitos	Concebir nuevo proyecto	Caso del negocio	Requisitos	Administrador del Proyecto
				Plan de desarrollo del software		Interesado
				Lista de riesgos		
			Registro de revisión			
			Preparar ambiente del proyecto	Proceso de desarrollo		Ingeniero del Proceso
			Herramientas	Especialista herramienta		
		Darle forma al sistema	Definir requisitos	Visión		
				Modelo de casos de uso		Analista del sistema
				Requisitos funcionales y no funcionales		Arquitecto de software
			Realizar pruebas de arquitectura	Glosario		Diseñador de pruebas
				Arquitectura del software		
				Documento de pruebas		
Elaboración	Comprender los requisitos	Refinar requisitos	Documento de arquitectura de software			
			Modelo de análisis			
			Modelo de diseño		Arquitecto de software	
		Planear el proyecto	Modelo de despliegue			
			Arquitectura de pruebas			
			Registro de revisión			
			Documento de evaluación de la iteración			
			Listado de riesgos		Administrador del Proyecto	
			Plan de desarrollo de software			
			Plan de iteración			
			Casos de uso		Especificador de requisitos	
			Especificaciones suplementarias			
			Glosario		Analista de sistemas	
			Documento de arquitectura de software		Arquitecto de software	

En las fig. 8 y 9 se muestra la representación en el núcleo de *Semat* de la fase inicio del método tradicional RUP. Para realizar la representación, se consideran los elementos identificados en la TABLA 2. La práctica gestión de requisitos para RUP se asocia con la fase de

inicio, donde se encuentra el alfa requisitos. Es por ello que la representación sólo cuenta con dicho alfa en su representación. Los productos de trabajo se asocian con metas de los roles, por lo que se agrupan los productos de trabajo según los roles que trabajan en estos.

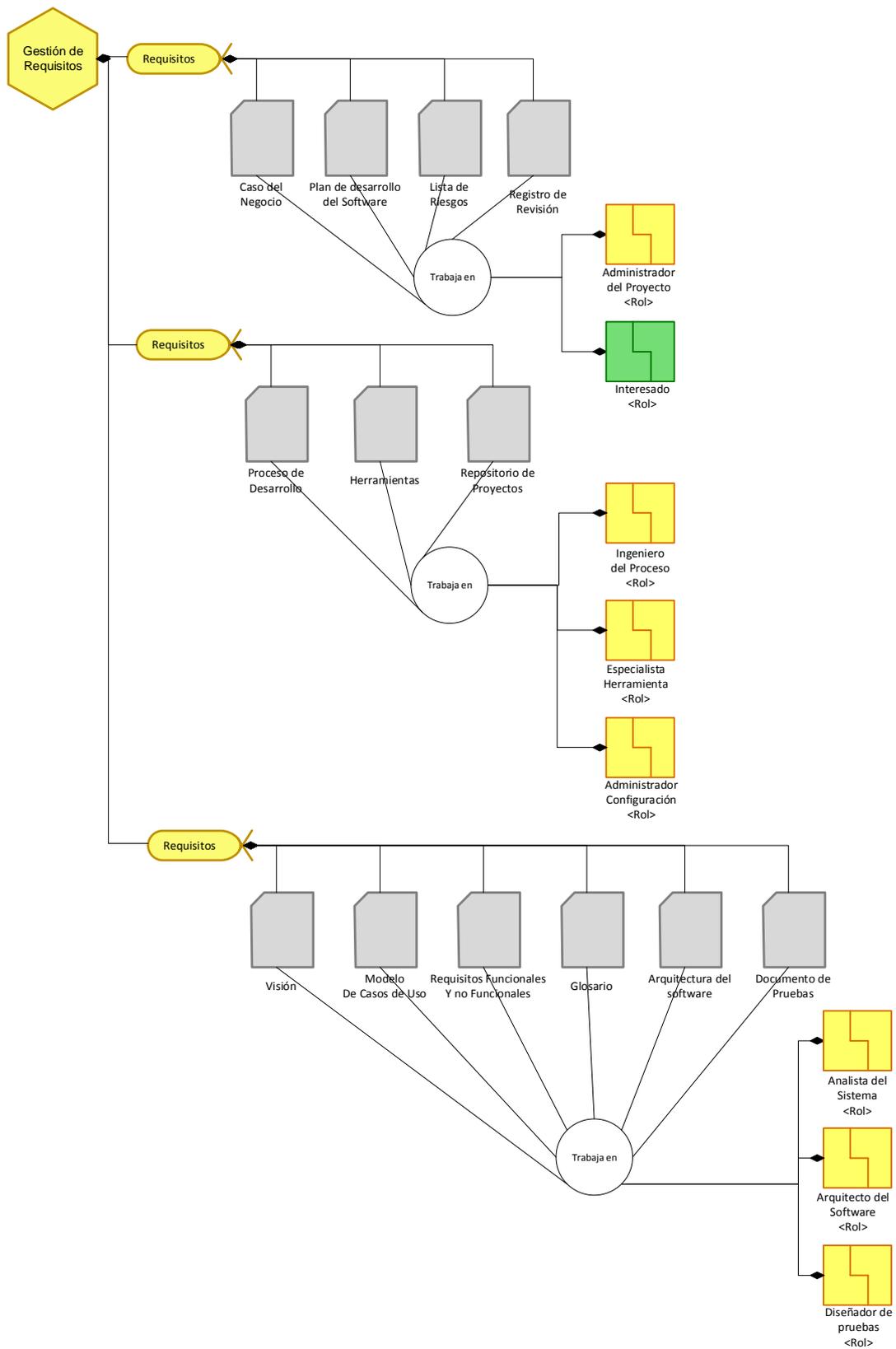


Fig. 8. Representación de Alfas, Productos de Trabajo y Roles de la Fase Inicio del Método RUP, según la Tabla 2. Construcción Propia.

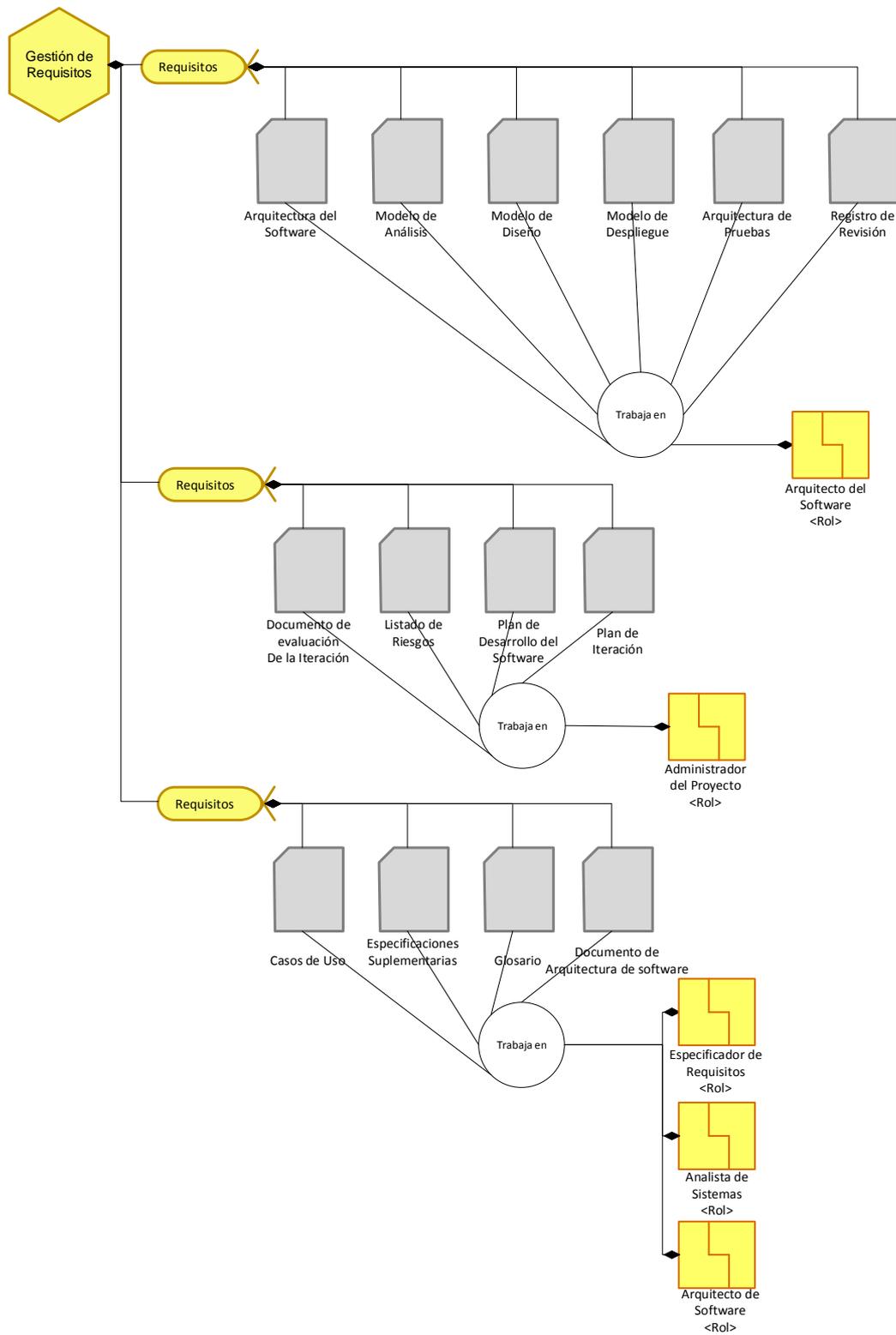


Fig. 9. Representación de Alfas, Productos de Trabajo y Roles de la Fase Inicio del Método RUP, según la Tabla 2. Construcción Propia.

En la fig. 10 se muestra la representación en el núcleo de *Semat* de los espacios de actividad y actividades según la TABLA 2. Para la representación se muestran las actividades del método tradicional RUP de la fase inicio y

la primera de la fase elaboración, para la práctica gestión de requisitos. Posteriormente, se asocian los espacios de actividad definidos en el núcleo de *Semat* que se relacionan con las actividades de las fases.



Fig. 10. Representación de espacios de actividad y actividades del Método RUT. Construcción Propia.

5. REPRESENTACIÓN SEMAT DEL MÉTODO IGAC

En esta sección se propone una representación utilizando los elementos del núcleo de *Semat* del MDS-IGAC, que incluye los principales elementos detectados en el método.

El ciclo de vida MDS-IGAC se basa en cinco fases: análisis y viabilidad, diseño, construcción, lanzamiento y soporte (véase la fig. 11). En la primera fase de la representación, se agrupan las fases con sus respectivas actividades, artefactos y actores. Posteriormente, se relacionan roles con alfas, alfas con productos de trabajo, productos de trabajo con actividades, actividades con espacios de actividad y espacios de actividad con las mejores prácticas de RUP. En MDS-IGAC se identifican cinco buenas prácticas de RUP: desarrollo de software de forma iterativa, verificación de la calidad, control de cambios, gestión de requisitos y modelado visual del software (véase la fig. 12).

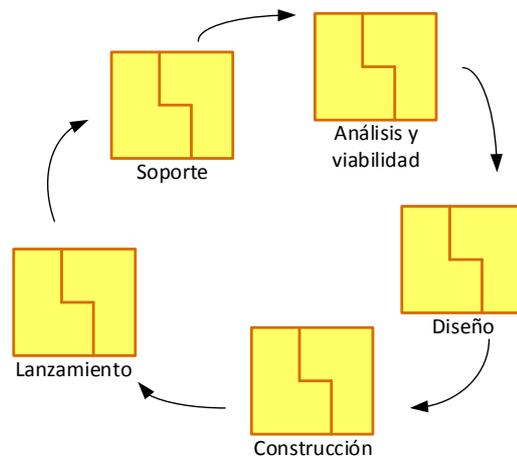


Fig. 11. Fases del método MSD-IGAC. Construcción Propia.

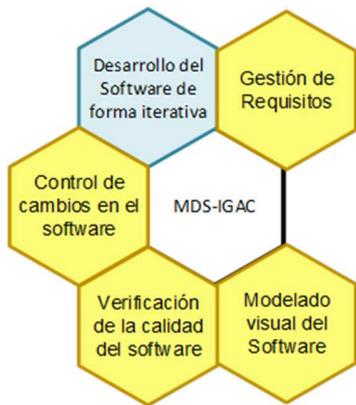


Fig. 12. Prácticas RUP asociadas a MDS-IGAC. Construcción Propia.

En el desarrollo de SIG, el proceso inicial de ingeniería de requisitos es débil, dada la complejidad de los SIG. Por ello, la representación *Semat* del MDS-IGAC propuesta se basa en la buena práctica Gestión de Requisitos de RUP. En la TABLA 3 se visualiza el resultado de agrupar la práctica RUP Gestión de Requisitos del MDS IGAC.

Una representación de *Semat* se basa en identificar los productos de trabajo y roles del método relacionados con los alfas definidos para *Semat*, para la práctica RUP Gestión de Requisitos del MDS-IGAC (Véanse las fig. 13 y 14).

Otra representación de *Semat* se basa en identificar las actividades del método con los espacios de actividad definidos para *Semat* para la práctica RUP Gestión de Requisitos del MDS-IGAC (Véanse las fig. 15 y 16).

TABLA 3

Elementos principales del MDS-IGAC asociados con elementos *Semat*. Construcción propia

Fase	Práctica	Espacio de Actividad	Actividad	Productos de Trabajo	Alfa	Roles
Análisis y Viabilidad	Gestión de Requisitos	Comprender las necesidades del Interesado	Levantamiento de Requisitos	Entrevista inicial	Interesado	
				Glosario	Oportunidad	Coordinador del Proyecto
				Alcance		Analista funcional
				Listado de requisitos funcionales		Interesados
				Listado de requisitos no funcionales		
				Diagramas de casos de uso		
				Mapa de navegación		
				Arquitectura de información		Analista funcional
				Listado de requisitos Funcionales		
				Listado de requisitos No funcionales		
Diseño	Gestión de Requisitos	Comprender los requisitos	Inspección	Modelo de Objetos del Negocio	Requisitos	Analista funcional
				Presentación de Interfaz de Usuario		Diseñador
						Profesional temático
				Comprender Requisitos		Analista funcional
						Arquitecto
				Modelado		Analista funcional
				Diagrama de clases		
				Diagrama de secuencias		
				Definición de arquitectura		Arquitecto
				Diseño de arquitectura		
Diseño	Darle forma al Sistema	Diseño de base de datos	Diseño de base de datos	Diseño de base de datos		Experto en base de datos
				Diccionario de datos		
				Modelado de Geodatabase		Analista funcional
				Modelo entidad relación		

Las fig. 13 y 14 muestran la representación en el núcleo de *Semat* de la fase análisis y viabilidad del método MDS-IGAC. Para realizar la representación se consideran los elementos identificados en la TABLA 3. La práctica gestión de requisitos para MDS-IGAC se asocia con la

fase de análisis y viabilidad, donde se encuentran los alfas interesados, oportunidad y requisitos. Los productos de trabajo se asocian con metas de los roles, por lo que se agrupan los productos de trabajo según los roles que trabajan en ellos.

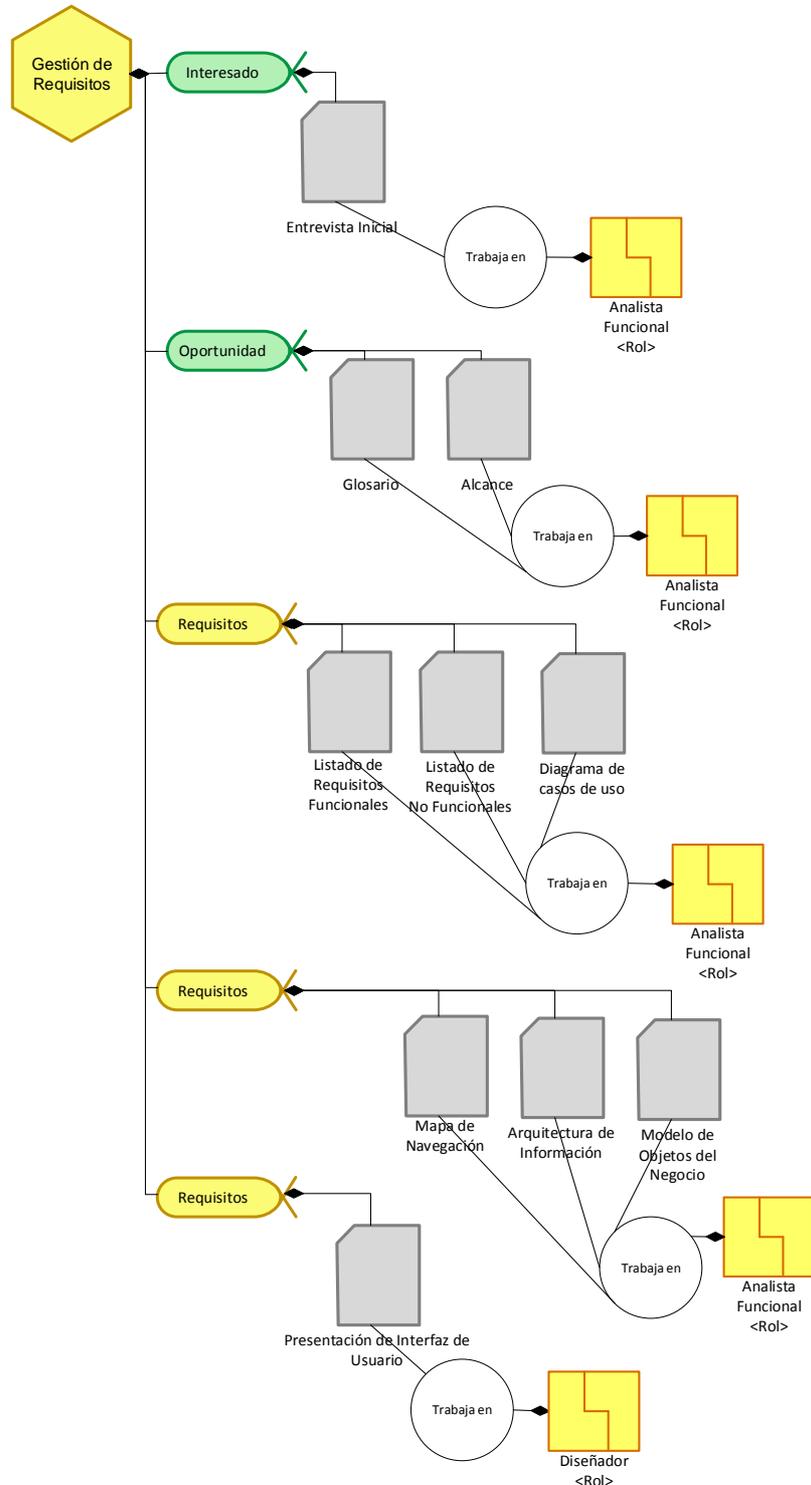


Fig. 13. Representación de Alfás, Productos de Trabajo y Roles de la Fase Análisis y Viabilidad de MDS-IGAC. Construcción Propia.

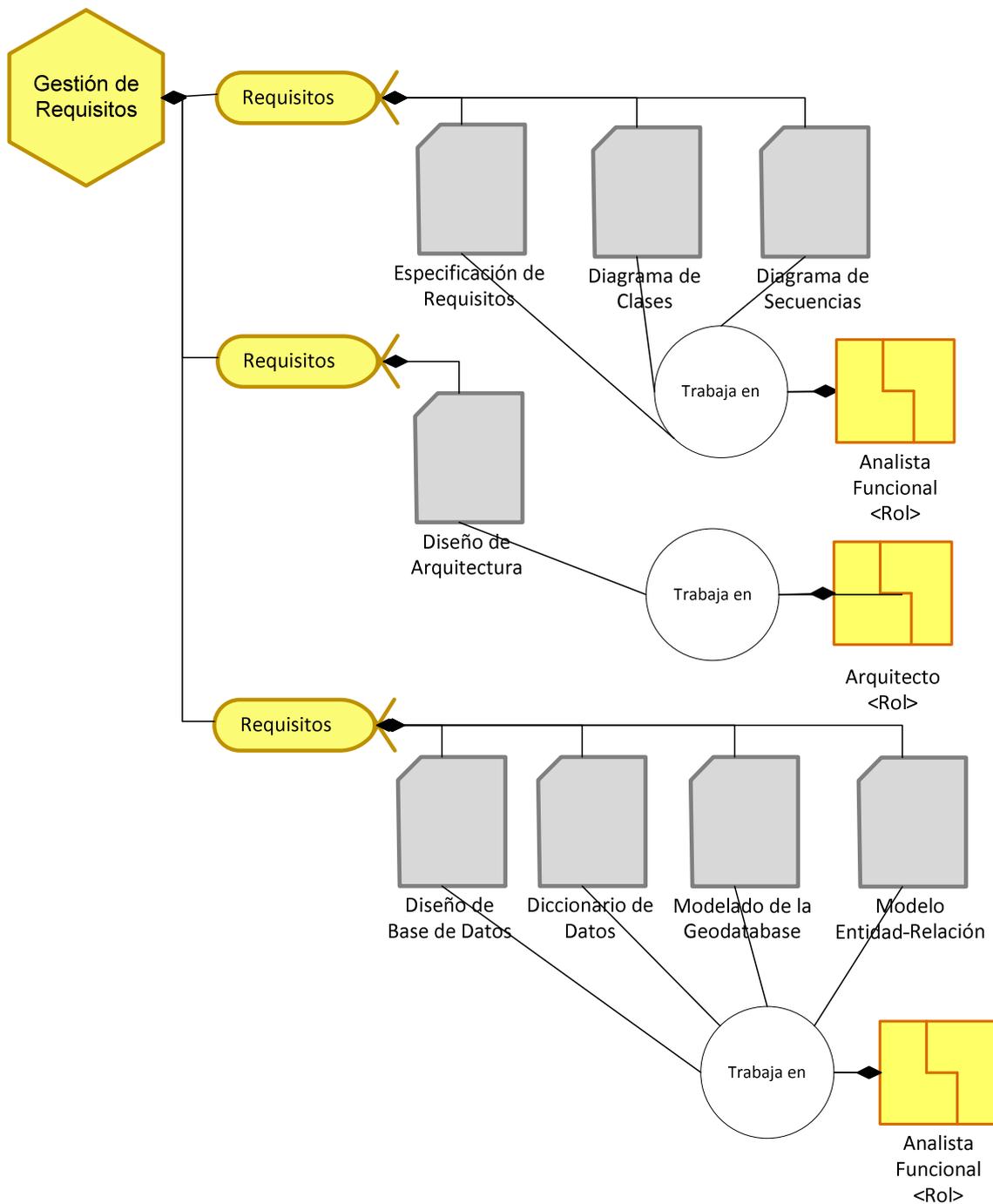


Fig. 14. Representación de Alfas, Productos de Trabajo y Roles de la Fase Diseño de MDS-IGAC. Construcción Propia.

En las fig. 15 y 16 se muestra la representación en el núcleo de *Semat* de los espacios de actividad y actividades según la TABLA . Para la representación se muestran las actividades del método tradicional RUP de la fase inicio y la primera de la fase elaboración, para la práctica gestión de requisitos. Posteriormente, se asocian los espacios de actividad definidos en el núcleo de *Semat* que se relacionan con las actividades de las fases. Nótese que las únicas diferencias que se encuentran con la

representación de RUP radican en los productos de trabajo que se elaboran y que en la práctica Gestión de Requisitos la única alusión a los geodatos se relaciona con el modelado de la geodatabase. Los atributos espaciales, las escalas de representación y los componentes espacio-temporales ni siquiera se consideran en el método, que se limita a proponer actividades que corresponden a los métodos tradicionales como RUP.

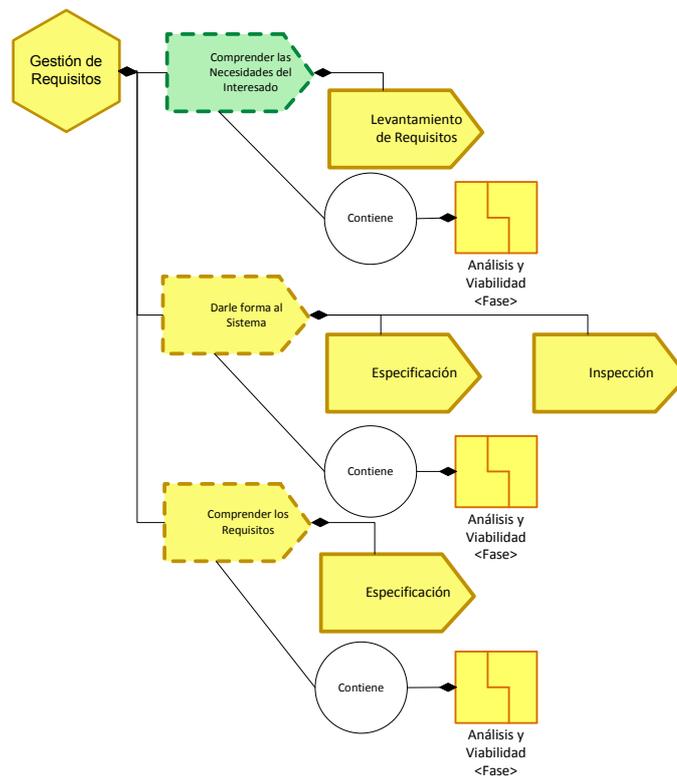


Fig. 15. Representación de espacios de actividad y actividades de la Fase Análisis y Viabilidad de MDS-IGAC. Construcción Propia.

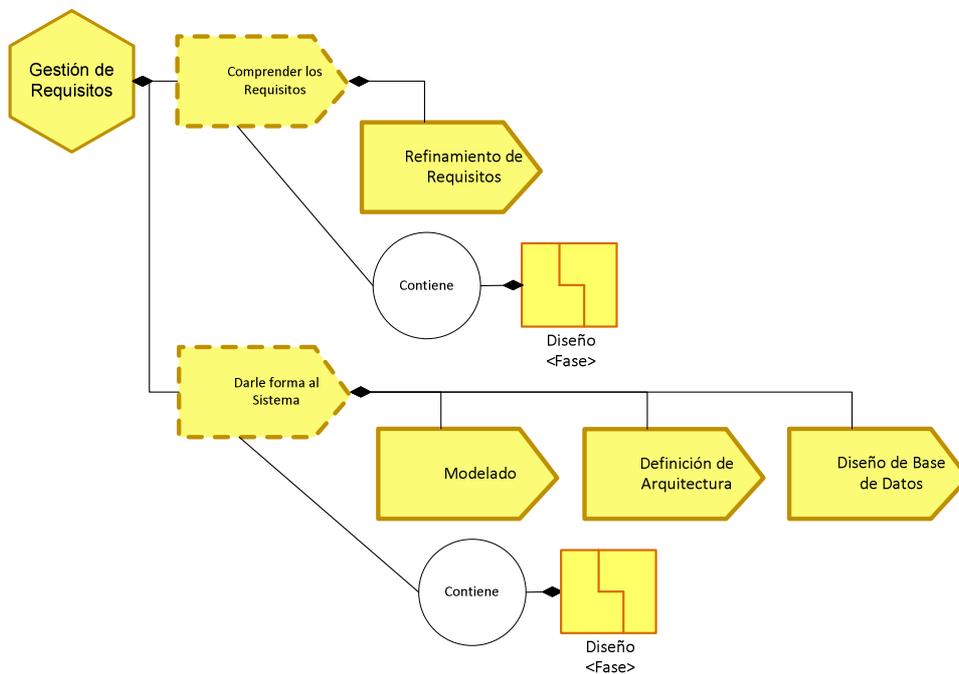


Fig. 16. Representación de espacios de actividad y actividades de la Fase Diseño de MDS-IGAC. Construcción Propia.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El uso del núcleo de *Semat* apoya la normalización de la ingeniería de requisitos para SIG. Una debilidad en el desarrollo de SIG es el levantamiento de requisitos, que para efectos de estas representaciones se aborda específicamente la práctica RUP “Gestión de Requisitos”. En la representación en el núcleo de *Semat* para los métodos RUP y MDS-IGAC se observa lo siguiente

- La representación propuesta permite rastrear las actividades del MDS-IGAC con los espacios de actividad asociados con el área de interés “Solución” de *Semat*, identifica los productos de trabajo que se relacionan con las especificaciones y el desarrollo del sistema.
- La mayoría de las actividades de la práctica gestión de requisitos se relacionan con el alfa “Requisitos.
- Las fases en ambos métodos tienen nombres diferentes; al comparar las funciones se identifica que la fase análisis y viabilidad del MSD-IGAC son parecidas a la fase inicio de RUP; de igual forma la fase lanzamiento y soporte de MSD-IGAC cumplen las mismas funciones de la fase transición de RUP, mientras que las otras dos son iguales en nombre y funciones (diseño y construcción).
- *Semat* permite asociar el MDS-IGAC con cinco de las seis buenas prácticas del método RUP.
- Los roles tienen nombres diferentes pero cumplen funciones similares.
- RUP cuenta con una cantidad considerable de productos de trabajo mientras que el MDS-IGAC identifica los esenciales para el cumplimiento de las metas.
- Las actividades presentan nombres diferentes, aunque se observa que el objetivo de las actividades del MDS-IGAC cumple con la función de las actividades de RUP.
- Los espacios de actividad asociados con ambos métodos son los mismos.

Como conclusión general, se observa que el MDS-IGAC contienen los mismos productos de trabajo, actividades y recursos que el método tradicional de desarrollo RUP. Por lo anterior, el MDS-IGAC requiere productos de trabajo, actividades y recursos específicos para los SIG, aunque las características y atributos especiales de los SIG no se toman en consideración en el método.

El trabajo futuro se relaciona con proponer nuevas representaciones *Semat* de otros métodos para desarrollo de sistemas de información geográfica. Estas representaciones permitirán identificar las actividades y productos de trabajo específicos para los SIG e integrar métodos similares.

7. REFERENCIAS

- [1] L. Murphy, "Geographic information systems: are they decision support systems?". *System Sciences*, vol.4, pp.131-140, 1995. doi: 10.1109/HICSS.1995.375736
- [2] R. Somers. "Developing GIS Management Strategies for an Organization". *J. Hous. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 157-178, 1998, doi: 10.5555/jhor.9.1.j9756u260n255224.
- [3] E. Flores. "Geoinformática e investigación geográfica. Situación actual y perspectiva". *Rev. For. Latinoam.*, vol. 36, pp. 59–81, 2004.
- [4] L. Medina. "Caracterización del proceso y herramientas metodológicas de la ingeniería de requerimientos para aplicaciones de sistemas de información geográfica". *Rev. Ing. e Investig.*, vol. 27, no. 1, pp. 123–131, 2007.
- [5] C. Péraire, M. Edwards, A. Fernandes, E. Mancin, and K. Carroll. "The IBM Rational Unified Process for System z". New York-USA, International Technical Support Organization, 2007.
- [6] L. Gómez, D. Pérez, and R. Ibarra. "Tecnologías SIG Open Source respondiendo a una necesidad social: vulnerabilidad de mujeres desplazadas en Colombia". *Vent. Informática*, vol. 23, pp. 71–91, 2010.
- [7] C. Zapata, R. Arango., and L. Jiménez. "Mejoramiento de la consistencia entre la sintaxis textual y gráfica del lenguaje de *Semat*," *Prolibits*, no. 49, pp. 83-89, 2014.
- [8] J. Lee and R. Bednarz. "Effect of GIS Learning on Spatial Thinking," *J. Geogr. High. Educ.*, vol. 33, no. 2, pp. 183-198, 2009.
- [9] V. Del Maschi, M. Spinola, I. Costa, A. Esteves, L. Souza, W. Vendramel, and J. Pirola. "Practical Experience in Customization for a Software Development Process for Small Companies Based on RUP Process and MSF". in *Proceedings PICMET, Oregon-USA*, pp. 2440-2457, 2007. doi: 10.1109/PICMET.2007.4349579
- [10] F. Ahmed, L. F. Capretz, P. O. Box. A. Dhabi, and U. A. Emirates. "Best practices of RUP ® in software product line development". *Computer and Communication Engineering*, 2008. ICCCE 2008. International Conference on, pp.1363-1366, 13-15 May 2008. doi: 10.1109/ICCCE.2008.4580828
- [11] I. Jacobson, P. Ng, and P. E. McMahon. "La Esencia de la Ingeniería de Software: El Núcleo de *Semat*". *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, vol. 1, No. 3, pp. 71–78, 2013.
- [12] OMG. (2014). *Essence: Kernel and Language for Software Engineering Methods*. [Online]. Available: <http://www.omg.org/spec/Essence/>.
- [13] M. Ávila, A. Morales. "Análisis y diseño del sistema de información Geomap". In *10th LACCEI Latin American and Caribbean Conference*, Panamá, pp. 1–11, 2012..
- [14] M. González, C. Zapata, and L. González. "Toward a standardized representation of RUP best practices of project management in the *SEMAT* kernel". In *Software engineering: methods, modeling and teaching*, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, vol. 3, pp. 47–52, 2013.