

InCo – Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

SIGAP
Sistema de Información Geográfica para el Análisis
Prospectivo

Informe del Proyecto de Grado
Presentado como requisito de graduación de la carrera Ingeniería en
Computación

María Eugenia CRISTIANI
Santiago MORENO

Cliente: Ing. Agrim. Rosario CASANOVA

Tutora: Ing. Raquel SOSA

Montevideo – 2016

Resumen

Existen cada vez más y distintas técnicas para estudiar el futuro. Una de las técnicas utilizadas con este objetivo es la Prospectiva. La misma se basa en el método científico teniendo en cuenta el pasado y presente para lograr obtener una representación lo más completa posible de diferentes alternativas del futuro. Se utiliza para medir los potenciales impactos de determinados proyectos pudiendo de este modo prevenir resultados no deseados.

En Uruguay esta disciplina se suele utilizar en la gestión de políticas de ordenamiento territorial. Es en esta área de estudio donde cobran relevancia las variables territoriales georeferenciadas. En este contexto surge la necesidad de promover el desarrollo de técnicas y herramientas de software, que ayuden a sistematizar los procesos de análisis prospectivo tradicional vinculándolo con elementos geográficos.

Una línea de investigación de Rosario Casanova es la aplicación de sistemas de información geográfica para realizar estudios prospectivos. El objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación que asista al analista prospectivo en la tarea de procesar los distintos factores clave, generando así los diferentes escenarios territoriales posibles. Esta herramienta permitiría al analista prospectivo realizar sus estudios de forma más sencilla y objetiva.

Para lograr dicho objetivo, cobran especial relevancia los Sistemas de Información Geográfica como herramienta idónea para modelar y entender los comportamientos de las variables geográficas. Estos no solo permiten una visualización del territorio de manera simple e intuitiva, sino que también permiten realizar operaciones geográficas entre los datos que participan en el análisis.

En este proyecto de grado se desarrolló una herramienta como extensión de gvSIG que ayuda a realizar el análisis prospectivo en todas sus etapas. La misma permite la definición del modelo prospectivo, los factores clave y realizar las proyecciones correspondientes. Esta será publicada como plugin oficial de gvSIG y puesta a disposición de la comunidad.

Palabras clave: Prospectiva, GIS, SIGAP, gvSIG

Contenido

Resumen.....	3
Índice de Figuras.....	7
Capítulo 1 - Introducción.....	9
1.1 Motivación.....	9
1.2 Contexto.....	9
1.3 Objetivos	11
1.4 Resultados esperados	11
1.5 Resultados alcanzados	12
1.6 Estructura del documento	13
Capítulo 2 - Marco teórico	15
2.1 Introducción a la prospectiva	15
2.2 Método prospectivo tradicional.....	16
2.3 Desventajas del método prospectivo tradicional	20
2.4 Sistemas de información geográfica.....	20
2.4.1 Conceptos básicos	20
2.4.2 Ventajas y utilización de SIG en el análisis prospectivo.....	24
2.4.3 Descripción gvSIG	25
2.4.4 Modelo de trabajo de gvSIG.....	27
2.5 Funcionamiento de SIGAP Versión 1	27
2.6 Enfoque de SIGAP para ayudar al modelo prospectivo tradicional.....	32
2.6.1 Conceptos básicos	32
Capítulo 3 - Análisis y Diseño.....	35
3.1 Requerimientos funcionales	35
3.2 Requerimientos no funcionales.....	37
3.3 Modelo de Dominio	38
3.4 Casos de uso	39
3.5 Diagramas de secuencia.....	42
3.5.1 Agregar factor clave.....	42
3.5.2 Generar escenarios	43
3.6 Decisiones tomadas.....	43
3.7 Arquitectura y diseño.....	45
Capítulo 4 - Detalle de implementación	49
4.1 Tecnologías Utilizadas.....	49

4.2	Ambiente de desarrollo	50
4.3	Diagrama de Clases.....	51
4.4	Tipos de datos utilizados	52
4.5	Módulos de SIGAP	53
4.6	Algoritmos Utilizados	56
4.6.1	Generación de escenarios	56
4.6.2	Combinaciones imposibles	57
4.6.3	Agrupación de escenarios	58
4.6.4	Proyección de un escenario.....	58
4.7	Pruebas de Concepto / Benchmark	59
4.8	Decisiones tomadas de implementación	60
4.9	Oficialización del plugin.....	61
Capítulo 5	- Pruebas y Validación.	63
5.1	Metodología.....	63
5.2	Pruebas realizadas	65
5.3	Caso de estudio	66
Capítulo 6	- Gestión del proyecto	71
6.1	Planificación inicial	71
6.2	Contraste y análisis de diferencia entre plan y ejecución	73
6.2.1	Contraste	73
6.2.2	Análisis de diferencia entre el plan y la ejecución.....	75
Capítulo 7	- Conclusiones	77
7.1	Conclusiones	77
7.2	Dificultades encontradas	78
7.3	Posibles extensiones.....	78
7.4	Aprendizajes.....	79
Anexos.....		85
Anexo 1	- Mockups de la aplicación.....	85
Anexo 2	- Caso de estudio.....	89
Anexo 3	- Planificación detallada	111
Anexo 4	- Manual de usuario.....	113

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas de la Prospectiva. Basada en [8]	17
Figura 2. Representación Ráster. Extraída de [13]	22
Figura 3. Representación Vectorial. Extraída de [13]	23
Figura 4. gvSIG 1.0	25
Figura 5. Factores Clave SIGAP 1.0	28
Figura 6. Asignación de Capas SIGAP 1.0	29
Figura 7. Generación de Escenarios SIGAP 1.0	29
Figura 8. Agrupación de Escenarios SIGAP 1.0	30
Figura 9. Combinaciones Imposibles	30
Figura 10. Abrir Proyecto SIGAP 1.0	31
Figura 11. Modelo de Dominio. Elaboración propia.	38
Figura 12. Diagrama de Casos de Uso. Elaboración propia.	40
Figura 13. Diagrama de Flujo SIGAP – Elaboración propia	40
Figura 14. DSS - Agregar Factor Clave – Elaboración propia	42
Figura 15. DSS - Generación de Escenarios – Elaboración propia	43
Figura 16. Arquitectura de gvSIG 2.0 - Extraída de [37]	45
Figura 17. Arquitectura Propuesta por gvSIG – Basado en [4]	46
Figura 18. Arquitectura de SIGAP - Elaboración propia	46
Figura 19. Diagrama de Clases – Elaboración propia	51
Figura 20. Arquitectura de SIGAP – Elaboración propia	53
Figura 21. Estructura de Proyecto SIGAP – Elaboración propia	54
Figura 22. Diagrama de Interacción de Componentes – Elaboración propia	55
Figura 23. Interacción de Componentes 2 – Elaboración propia	56
Figura 24. Metodología de Desarrollo. Elaboración propia.	64
Figura 25. Caso de estudio SIGAP 1/2	68
Figura 26. Caso de estudio SIGAP 2/2	69
Figura 27. Gantt Propuesto	72
Figura 28. Dedicación en Horas por Mes	74
Figura 29. Distribución de Tiempo por Fase	75

Capítulo 1 - Introducción

En este capítulo se presenta el contexto general, la motivación, así como los objetivos, resultados esperados y alcanzados. Por último se presenta la organización del resto del documento.

1.1 Motivación

Si bien existen muchas variables y eventos que condicionan el futuro, este se compone fuertemente de lo que ya ocurrió y está ocurriendo. Se puede decir que de alguna forma existe una tendencia que condiciona o induce a un determinado futuro. Acuña y Konow [1] plantean una fórmula para el futuro que tiene tres componentes fundamentales $F = (a \times T) + (b \times E) + (c \times P)$. Donde T es la tendencia o inercia histórica, E refiere a eventos o acontecimientos inesperados y P a propósitos u objetivos individuales y/o colectivos. Los parámetros a, b y c son coeficientes tales que $a + b + c = 1$.

Visto el interés humano en el futuro y sabiendo que el pasado (o tendencia) es un componente que influye en el futuro, es posible realizar suposiciones acerca de este, que estén basadas en un análisis del pasado. Estas, al tener un componente teórico real, concreto y robusto, dejan de ser simplemente meras suposiciones debido a que tienen gran posibilidad de ocurrir. Es en esta dirección en la cual se enmarca el presente proyecto de grado.

Existen múltiples áreas para las cuales se puede utilizar el pasado para conocer o aproximarse a posibles escenarios futuros. En este estudio particular se hace enfoque en aquellos que son representables geográficamente y contribuyen al desarrollo de nuevas políticas preventivas públicas orientadas a la mejora de la sociedad que se esté estudiando.

1.2 Contexto

La prospectiva es la disciplina que pronostica acciones futuras desde un punto de vista ambiental, social, económico, científico y tecnológico [2]. Gastón Berger, uno de los creadores del término prospectiva, la define como la ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él [3]. En esencia, con la prospectiva se trata de imaginar o proyectar escenarios futuros posibles, condicionados según múltiples variables continuas o discretas, con el fin de planificar las acciones necesarias para evitar o acelerar su ocurrencia. Desde

esta instancia, se debe entender como una sistemática mental que, en su tramo más importante, viene desde el futuro hacia el presente; primero anticipando la configuración de un futuro deseable, luego, reflexionando sobre el presente desde ese futuro imaginado, para finalmente concebir estrategias de acción tendientes a alcanzar el futuro deseable.

La prospectiva, no debe necesariamente constituir solamente una proyección de los acontecimientos o situaciones actuales, sino que debe ser un punto de partida o propuesta para el diseño y la elaboración de políticas y estrategias destinadas a alcanzar los objetivos de desarrollo de un territorio y de los actores sociales que en él habitan. En este sentido, la prospectiva utiliza escenarios como medio descriptivo de los resultados propuestos.

Los escenarios constituyen elementos centrales en el proceso de planificación. A su vez, la planificación puede ser abordada bajo dos enfoques: descriptivo y normativo. Cuando se planifica de acuerdo con el enfoque descriptivo el objetivo es explorar el futuro con el propósito de visualizar todas las situaciones que puedan presentarse, lógicamente bajo la presunción de que el futuro es incierto. Mientras que el enfoque normativo se rige por una serie de normas o parámetros previamente establecidos. En este contexto el proceso planificador emplea escenarios descriptivos o exploratorios, para diseñar un plan de acción o estrategia que sea coherente con los posibles escenarios futuros.

Los escenarios suelen ser el resultado de una tarea ardua y compleja, que podría automatizarse. En este contexto, en su tesis de doctorado, Rosario Casanova plantea el desafío de la construcción de un sistema capaz de facilitar el trabajo de los prospectivistas, apoyándose en un Sistema de Información Geográfica. Como experiencias previas en el área, se cuenta con avances realizados por *Sebastián Rodríguez* quien comenzó su proyecto de grado con objetivo similar en el año 2013. En ese proyecto se implementó un prototipo denominado SIGAP v1 cuyo desarrollo no fue culminado.

En el marco del estudio prospectivo, pueden ser muchos los factores a estudiar para generar los distintos escenarios futuros posibles: **futuribles**. El cruce entre estos factores y la territorialización de los mismos es un trabajo costoso para hacerlo de forma manual, además de ser propenso a errores.

Si bien existen varios Sistemas de Información Geográfica (SIG) no se ha encontrado ninguno que esté enfocado en facilitar el análisis prospectivo. Esto resulta sorprendente debido a que cuando se estudian en profundidad los conceptos referentes a la prospectiva queda en evidencia que la mayoría de los factores que influyen en las tomas de decisiones son representables en un plano, es decir *territorializables*. Además los resultados obtenidos luego de un análisis prospectivo pueden tener más impacto si la representación de los mismos se muestra en un mapa.

El desafío es lograr construir una herramienta que permita representar geográficamente distintos factores, con las posibles tendencias que estos tengan y lograr combinarlos de forma de obtener escenarios factibles.

De esta forma poder estudiar el futuro, comprenderlo y eventualmente poder influir en él. Con los futuribles sobre la mesa, tomar decisiones se hace mucho más sencillo y con las consecuencias más claras, pudiendo así mitigar los riesgos existentes en tiempo y forma.

El proyecto se elabora frente a un terreno casi sin explorar y con la posibilidad de generar un sistema que sea de gran utilidad a la hora de tomar decisiones y políticas preventivas.

1.3 Objetivos

El objetivo principal, es diseñar y desarrollar una herramienta de apoyo al Análisis Prospectivo como extensión de una herramienta GIS.

Para lograr esto se definen los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar SIGAP 1.0, y acompañar a la tesis de doctorado de Rosario Casanova.
- Relevar mejoras con respecto a SIGAP 1.0 y diseñar a la nueva versión de SIGAP.
- Implementar la herramienta como extensión de un software libre GIS: *gvSIG* [4] en su versión 2.0 o posterior.
- El código generado debe ser puesto a disposición de la comunidad *gvSIG*. Para ello es necesario cumplir con una serie de requisitos establecidos por la misma comunidad. De esta forma se habilita el uso y la extensión del complemento por otros usuarios que así lo consideren.

1.4 Resultados esperados

Los resultados esperados son los siguientes:

- Abordar y profundizar los conceptos de Prospectiva.

- Conocer las estructuras de datos utilizadas por los sistemas de información geográfica.
- Estudiar las tecnologías necesarias para poder implementar el plugin mencionado.
- Diseñar e implementar una pieza de software autocontenida que funcione como plugin de gvSIG.
- Escribir el informe final.
- Creación del manual de usuario.
- Publicación de SIGAP como plugin oficial de gvSIG.

1.5 Resultados alcanzados

A continuación se detallan los principales aportes del proyecto.

- Se profundizó en el estudio de los conceptos relacionados a la prospectiva incluyendo SIGAP v1.0 y un documento generado para la cliente. Ver dicho documento en la documentación digital adjunta.
- Se obtuvieron conocimientos sobre la información que manejan los sistemas de información geográfica.
- Se relevaron las nuevas funcionalidades y requerimientos con la cliente, como se verá en detalle en el capítulo 3.
- Se logró implementar una versión de SIGAP que cumple con las funcionalidades planteadas como extensión de gvSIG.
- Se logró disponibilizar el plugin de forma oficial.
- El alcance fue ajustado por restricciones de performance en acuerdo con la cliente para la manipulación de los datos.

1.6 Estructura del documento

El resto del documento se compone de seis capítulos:

En el capítulo dos se presenta el marco contextual identificando y describiendo los principales conceptos utilizados en el proyecto. Además se realiza un estudio del estado actual de los sistemas de información geográfica referentes al análisis prospectivo y se presentan trabajos relacionados.

En el capítulo tres se detallan las funcionalidades a desarrollar mostrando el análisis de requerimientos, diseño y arquitectura de la solución.

En el capítulo cuatro se presenta el detalle de implementación. En el mismo se presentan las tecnologías utilizadas, los principales algoritmos y el detalle de la liberación.

El capítulo cinco está destinado a la sección de pruebas. Se presentan el plan de pruebas y los resultados obtenidos. También se presenta el caso de estudio representativo propuesto por la cliente.

En el capítulo seis se resume la organización y planificación del trabajo realizado a lo largo del proyecto enfocándose en el proceso en lugar del producto.

En el capítulo siete se exponen las conclusiones del trabajo, lecciones aprendidas y trabajos futuros.

Capítulo 2 - Marco teórico

En este capítulo se presenta el marco contextual identificando y describiendo los principales conceptos utilizados en el proyecto. Además se realiza un estudio del estado actual de los sistemas de información geográfica referentes al análisis prospectivo y se presentan trabajos relacionados.

2.1 Introducción a la prospectiva

A mediados del siglo XX el filósofo francés *Gaston Berger*, introduce una nueva disciplina, la **prospectiva**, también conocida como *futurología*, **la ciencia basada en el método científico que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él.** [3]

En primer lugar, la prospectiva presupone la aceptación de una disciplina metodológica y una voluntad de continuidad ordenada en el tiempo.

En segundo lugar, está referida al largo plazo, lo que quiere decir que no se está hablando de prospectiva cuando se hacen previsiones sobre lo que puede ocurrir dentro de unos meses.

Y finalmente, se tiene en cuenta la evolución y los condicionamientos de varios factores entre ellos económicos y sociales, lo que hace que los ejercicios de prospectiva tengan un carácter multidisciplinar. [5]

Existen diversas metodologías por la cual la prospectiva intenta predecir el porvenir, la mayoría de las cuales hacen foco en construir escenarios futuros y posibles, los cuales se denominan **futuribles**.

El objetivo no es predecir el futuro, si no tratar de ayudar a construirlo. A partir de los futuribles planificar acciones necesarias para intentar cambiarlos, acelerar su ocurrencia o evitarlos. Es importante resaltar el concepto de que toda decisión que se toma hoy, puede generar con cierto grado de incertidumbre, diferentes escenarios futuros.

En general, se suele confundir la prospectiva con otros términos, para ello es interesante ver la definición de cada uno de ellos:

- **Profecía:** Juicio o conjetura que se forma de algo por las señales que se observan en ello.
- **Proyección:** Construcción del futuro siguiendo las evoluciones pasadas.

- **Previsión:** Método científico para poder describir el futuro, según ciertas hipótesis planteadas.
- **Prospectiva:** Disciplina intelectual que tiene por objeto responder a la pregunta “¿Qué puede suceder?” y así poder incidir para construir un futuro deseable. [6]

Se pueden identificar distintas ramas de la prospectiva:

- **Prospectiva teórica:** En la que se plantea la pregunta: ¿cómo pensar el futuro?
- **Prospectiva mundial:** Se analizan temas globales que afecta a todo el planeta, ejemplo: calentamiento global.
- **Prospectiva aplicada:** Prospectiva aplicada a una temática concreta. Por ejemplo, Prospectiva aplicada a la economía en el cambio de las modalidades comerciales.
- **Prospectiva territorial:** “La prospectiva territorial es una rama de la prospectiva general que tiene por objeto la identificación del porvenir posible o deseable de un territorio” [7]

2.2 Método prospectivo tradicional

No existe una fórmula única para realizar un análisis prospectivo. Siguiendo los lineamientos planteados por la mayoría de los autores especialistas en la prospectiva, se identifican cinco etapas comunes o muy similares en todos los casos.

A continuación se presenta un diagrama propuesto por *Francisco Mojica* donde se muestra las etapas y el flujo entre las mismas. [8]

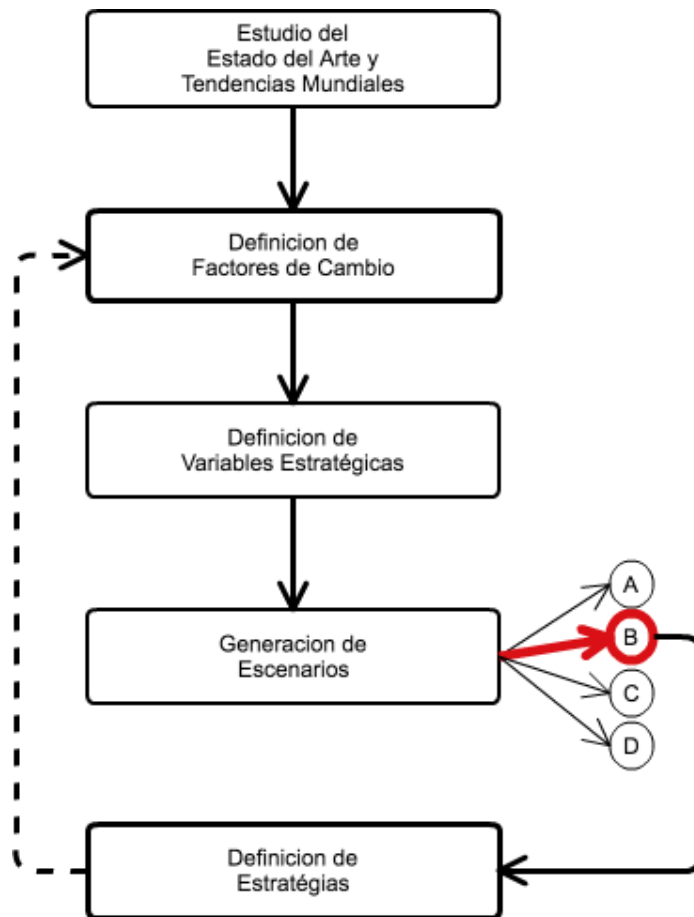


Figura 1. Etapas de la Prospectiva. Basada en [8]

Las siguientes fases se enmarcan dentro de proyectos que tengan características territoriales, es decir los abordados en este proyecto.

Etapas de la Prospectiva

Para el análisis prospectivo es necesario tener claridad hacia dónde se dirige el tema que se está analizando. Es decir, cuáles son las tendencias mundiales del negocio, si se trata del análisis prospectivo de una empresa; o cuáles son los potenciales económicos con los que el ente territorial podría generar riqueza en el futuro.

Es indispensable ser tan claro como preciso en la explicitación del problema, asegurarse esencialmente de que el título de la pregunta no lleve a confusión, y de que el campo esté bien delimitado. [9]

Etapas de la Prospectiva

La búsqueda de los determinantes principales del sistema y de sus parámetros más sensibles pasa por el examen de los efectos directos e indirectos de las

variables del entorno general (variables externas) sobre las variables que caracterizan el fenómeno estudiado (variables internas).

Dicho de otro modo, en esta etapa se busca determinar aquellos agentes de cambio que influyen directa o indirectamente en el caso de estudio particular. Esta no es una tarea sencilla de realizar. No es fácil determinar si un factor puede influir o no sobre determinado caso de estudio, y aún más difícil es que la lista de estos factores determinantes esté completa. Los mismos pueden ser de muy diversas índoles como sociales, económicas, territoriales, etc.

Para este propósito se emplean las siguientes herramientas:

- Matriz del cambio de Michel Godet que sugiere explicitar los cambios temidos, presentidos y anhelados. [10]
- Matriz FODA para precisar las fortalezas, debilidades (endógenas) y oportunidades, amenazas (exógenas).

En esta etapa es necesario determinar los factores de cambio y priorizar los mismos.

Etapas 3 - Definición de variables estratégicas

En esta etapa se definen qué variables determinan a cada uno de los factores de cambios y cómo las mismas pueden evolucionar en el tiempo.

Una variable estratégica es una cualidad o característica concreta que se deriva del modelo conceptual del sector o territorio, identificable y distinta de otras, con capacidad de cambiar y de ser medida directamente o a través de sus indicadores.

Se puede decir que una verdadera prospectiva demográfica exigiría una segmentación en tres factores de cambio:

- Evolución de nacimientos.
- Evolución de muertes.
- Evolución del saldo migratorio.

Cada uno de ellos es regulado por varias variables, y objeto de hipótesis más o menos contrastadas, que combinadas dan lugar a micro escenarios por subsistema, los que, finalmente, se combinan entre ellos para elaborar escenarios globales.

Por ejemplo, la evolución del número de nacimientos como factor de cambio puede ser influida por las siguientes variables:

- El número de mujeres en edad de procrear.
- La edad de unirse en pareja.
- El deseo de tener hijos.
- Expectativas frente al futuro (en términos de empleo, ingresos, vivienda, etc.).

Etapas 4 - Generación y depuración de escenarios

A comienzos de la etapa 4, los escenarios se encuentran todavía en estado embrionario, se limitan a unos juegos de hipótesis, realizables o no. Se trata de describir los caminos que conducen desde la situación actual hasta las imágenes de futuro señaladas. El número de escenarios a considerar es variable; pero se recomienda recoger el abanico de futuribles. Al escenario más probable se le definirá como de tendencia o referencia.

En esta etapa se descartan combinaciones infactibles entre variables estratégicas y alternativas de las mismas, y se agrupan los escenarios similares.

Etapas 5 - Definición de estrategias

En la etapa 5, se desarrollan en profundidad los escenarios y se realizan los diagnósticos externos e internos. Tras la elección del escenario-apuesta es posible entonces, pasar a la estrategia.

Finalmente, se persigue también evaluar y elegir las opciones estratégicas posibles expresadas en función de metas u objetivos generales, medios-objetivos-condiciones y acciones, tanto básicas como secundarias.

Es posible, que ante la definición de una estrategia, se quiera volver a la Etapa 2, teniendo en cuenta algún factor de cambio que se haya modificado o agregado (en base a la estrategia adoptada) y realizar el estudio nuevamente.

2.3 Desventajas del método prospectivo tradicional

La tarea de abstracción para la formulación de escenarios futuros es una tarea compleja. No sólo para lograr la objetividad de las conclusiones, dado que depende de la experiencia, conocimientos y percepciones de las personas involucradas en el análisis, sino también, para la generación de los escenarios. Al tener que combinar tantas variables, resulta mucha carga operativa para poder tener en cuenta todas las combinaciones posibles.

Esto quiere decir que por más que se suponga que los factores clave, sus variables y sus alternativas son correctamente definidos por los analistas, lleva mucho trabajo realizar las combinaciones entre las distintas alternativas para poder generar los escenarios.

Una vez realizado un estudio prospectivo, con todas las definiciones pertinentes y con los escenarios resultantes; si se encuentra un nuevo factor clave que agrega valor al estudio, no es una tarea sencilla volver a generar los escenarios resultantes. Esta situación es similar a la que se presenta cuando el analista evalúa la toma de decisiones para evitar ciertos escenarios o acelerar su ocurrencia. En este caso, incorporar el comportamiento de la decisión tomada como factor de incidencia para evaluar el efecto, implica mucho re-trabajo.

2.4 Sistemas de información geográfica

Un sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. [11]

Estos sistemas permiten a sus usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica asociada a un territorio, conectando mapas con datos.

2.4.1 Conceptos básicos

A continuación se repasan conceptos básicos vinculados a gvSIG que son utilizados a lo largo del proyecto. [12] De los conceptos expuestos a

continuación, Proyecto y Tablas de contenido son particulares para gvSIG y el resto son generales para todos los SIG.

- Proyecto: Un proyecto de gvSIG permite guardar las sesiones de trabajo en un fichero con extensión .gvsproj, el mismo contiene los orígenes de la información (rutas a ficheros, a bases de datos, enlaces web) y el trabajo realizado sobre estos datos (leyendas, etiquetados, mapas diseñados, gráficas realizadas,...).
- Tablas de contenido: Es el área donde se encuentra el listado de capas disponibles para una vista. Permite cambiar la posición de las capas (el orden en el TOC se corresponde al orden de visualización), activar o desactivar su visualización, y mostrar mediante una leyenda como cada capa representa la información.
- CRS: Coordinate Reference System es un sistema de referencias coordinado o, como se denomina más habitualmente, sistema de referencia.
- Capas: La información con componente geográfica se representa como capas. Cada capa representa un conjunto determinado de datos. gvSIG soporta varios modelos de datos, entre ellos vectorial y ráster que son los más utilizados. [13]
El modelo Ráster divide el espacio en un conjunto regular de celdas, donde cada una de estas celdas contiene un único valor para el área de cobertura de esa celda. Suelen utilizarse para representar imágenes de satélite o fotografías aéreas.

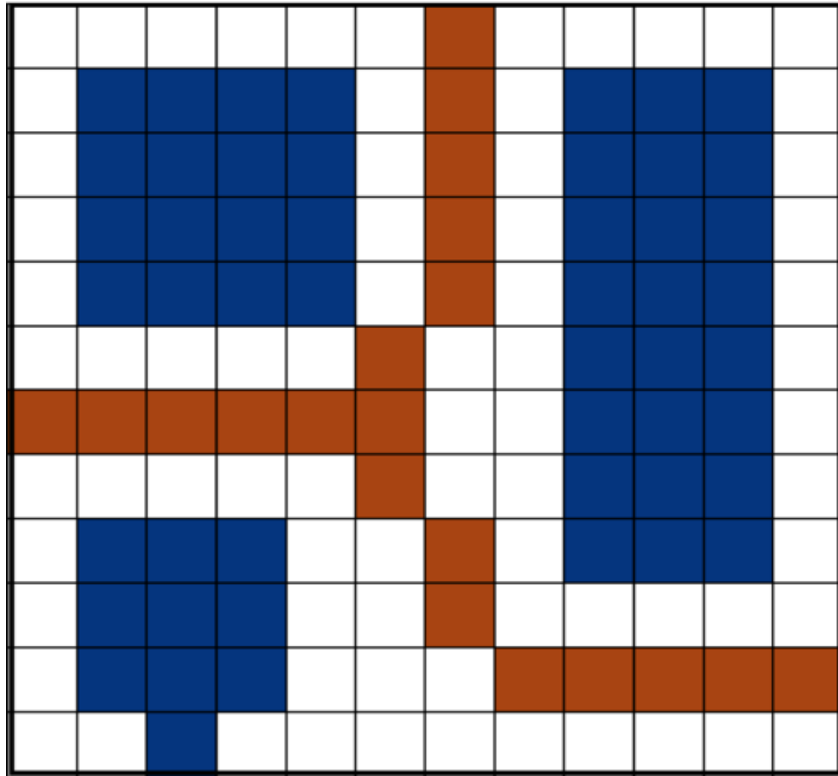


Figura 2. Representación Ráster. Extraída de [13]

El vectorial, sin embargo representa la información mediante puntos, rectas y polígonos. Además tiene tabla de atributos con datos de tipo alfanumérico, es decir que cada elemento puede tener mucha información asociada. Las siguientes imágenes representan gráficamente la diferencia entre una y otra.

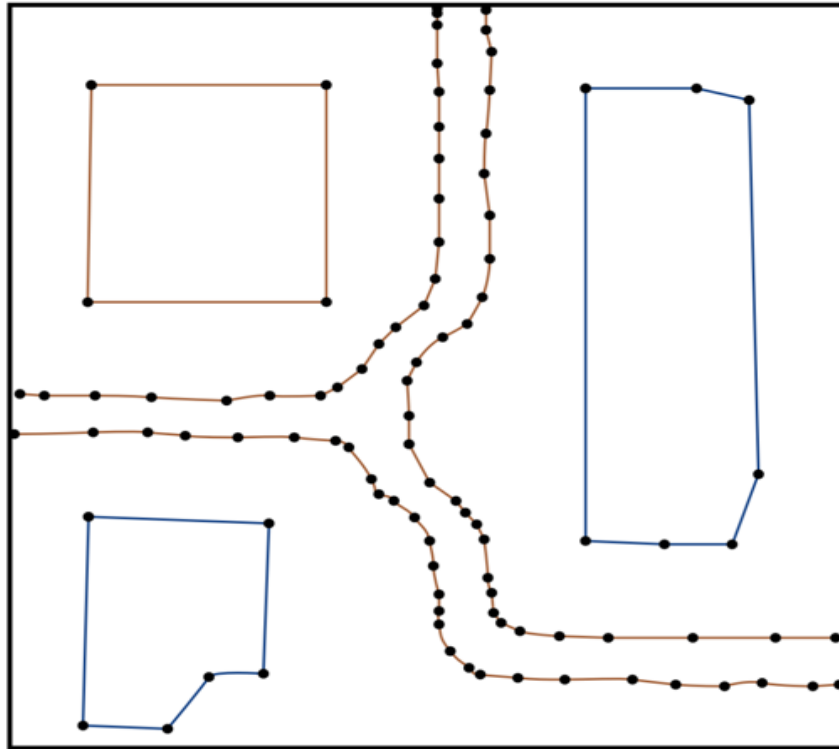


Figura 3. Representación Vectorial. Extraída de [13]

- WMS: Web Map Service, servicio de visualización estándar del OGC [14] (Open Geospatial Consortium). Representa la información geográfica en formato de imagen como PNG, GIF o JPEG.
- WMTS [15]: Web Map Tiled Service, servicio de visualización estándar del OGC. Utiliza teselación para mejorar la velocidad de respuesta respecto al WMS. Representa la información geográfica en formato de imagen
- WFS [16]: Web Feature Service, servicio estándar del OGC para el acceso a información vectorial.
- WCS [17]: Web Coverage Service, servicio estándar del OGC de acceso a datos ráster.
- OSM [18]: Open Street Map es un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables. Los mapas se crean utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, ortofotografías y otras fuentes libres. Esta cartografía, tanto las imágenes creadas como los datos vectoriales almacenados en su base de datos, se distribuye bajo licencia abierta: Licencia Abierta de Bases de Datos. [19]
- Geoprocesamiento: Funciones fundamentales de un GIS que mediante operaciones concretas da una información precisa procedente de otras preexistentes. Se trata de herramientas orientadas a la recopilación y al

tratamiento (sobre todo esto último) de informaciones espaciales; con un objetivo concreto

- Geoproceso: Los geoprocesos son operaciones que implica la manipulación de datos con componente espacial. Un geoproceso tiene:
 - input (parámetros de entrada).
 - procesamiento (simple o complejo).
 - output (parámetros de salida, habitualmente en forma de capa de datos).
- Geoproceso Unión: Al geoproceso "Unión" se le conoce como "OR espacial", porque la capa resultado estará formada por las geometrías que aparecen en las dos capas (intersecciones entre los polígonos), más las geometrías que parecen solamente en una u otra de las dos capas puestas en relación. [20]

2.4.2 Ventajas y utilización de SIG en el análisis prospectivo

El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo; desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas o de densidad de población. Además, permiten realizar consultas que combinen los datos ingresados que tengan o no relación.

Hoy en día no es frecuente ver la explotación de los SIG para realizar análisis prospectivo, por lo que es un terreno en el cual hay mucho por avanzar. El objetivo de utilizar las herramientas SIG en cuanto al análisis prospectivo es poder utilizar las funcionalidades que brindan los sistemas informáticos al servicio de los usuarios.

Los beneficios que los sistemas informáticos nos brindan son: la capacidad y velocidad de procesamiento y las interfaces gráficas amigables e interactivas que permiten una mejor interpretación de los datos. En el contexto de este proyecto interesa poder aplicar el procesamiento para la generación de las posibles combinaciones de factores clave y a partir de ellas definir posibles escenarios. Cuanto mayor cantidad de dimensiones se identifiquen y mayor cantidad de factores clave se utilicen, el estudio será más preciso, pero la cantidad de posibles escenarios aumenta en forma exponencial, lo cual hace imposible estudiar todas las opciones y aumenta la probabilidad de cometer errores manualmente.

Lo que se plantea al utilizar estos sistemas es quitar el foco del trabajo repetitivo y sistemático que puede conducir a diversos errores, ahorrando tiempo y permitiendo dedicar el mismo, al estudio en sí de los posibles escenarios. Además, una herramienta visual ayuda a esclarecer ideas a la hora de interpretar los escenarios.

Otra ventaja que se identifica es obtener los resultados de forma gráfica de los distintos escenarios. Además poder comparar unos con otros, si se modifican ciertas variables.

La formulación de escenarios prospectivos permite visualizar los diferentes futuribles del territorio. La prospectiva permite identificar escenarios que servirán a la toma de decisiones para la gestión de políticas territoriales. La generación de dichos futuribles, con herramientas informáticas que permiten un modelado territorial, brindan la posibilidad de análisis territorial más allá de las variables incluidas inicialmente.

Además de que el analista se beneficia de las funcionalidades del software para poder automatizar y agilizar el proceso de análisis, otra ventaja es que se nutre de la objetividad que surge de las ejecuciones y generación automática de los escenarios prospectivos.

2.4.3 Descripción gvSIG

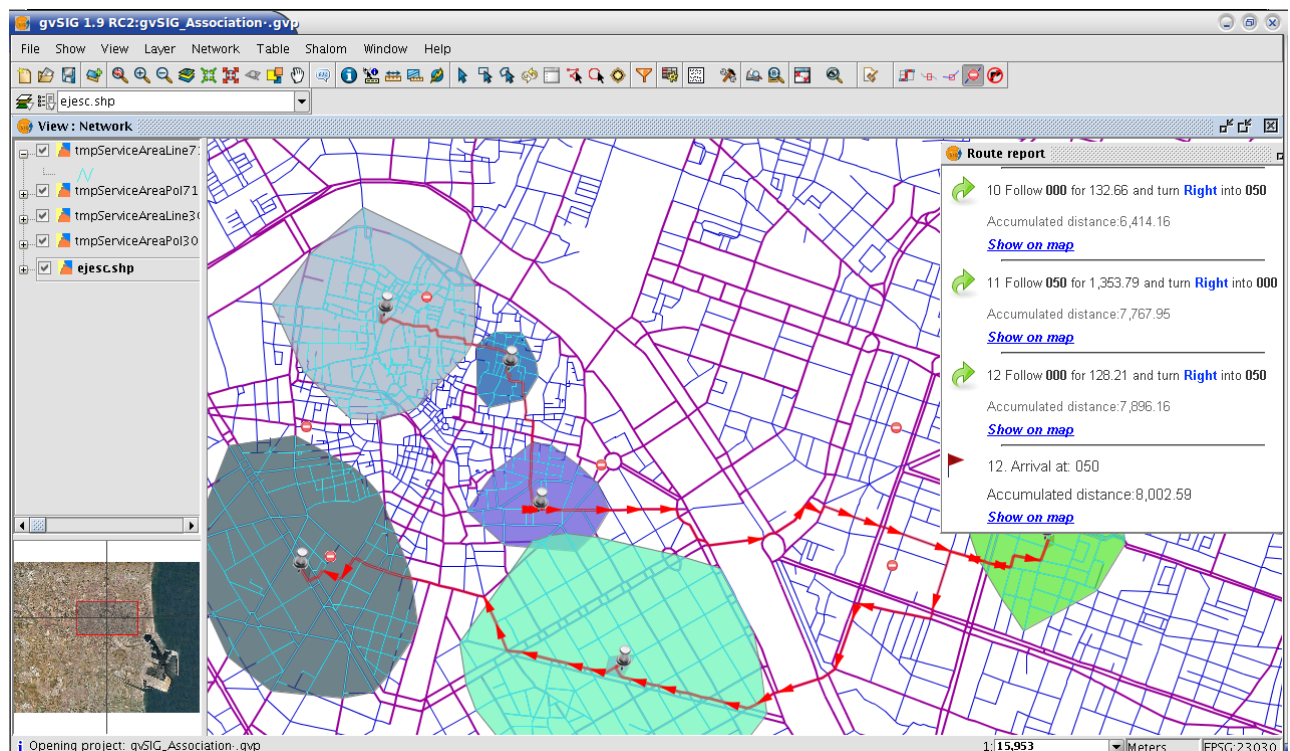


Figura 4. gvSIG 1.0

gvSIG es un proyecto de software libre iniciado en el año 2004 impulsado originalmente por la Generalitat Valenciana [21] y la Unión Europea , el cual incluye las aplicaciones gvSIG Desktop [22] y gvSIG Mobile [23]. Implementado básicamente en lenguaje Java [24], se distribuye bajo licencia GNU GPL v2 [25].

Permite acceder a información vectorial y ráster, así como a servidores de mapa que cumplan con las especificaciones OGC (Open Geospatial Consortium), como por ejemplo Web Map Service (WMS) [26] y Web Feature Service (WFS).

En lo que respecta a información vectorial, permite trabajar con archivos de con varios formatos GML [27], KML [28], DWG [29], Shapefiles entre otros.

Se ejecuta sobre los sistemas operativos Windows, Linux y Mac OS.

Una de las características más explotadas por la comunidad de desarrolladores es la flexibilidad que tiene para la creación de extensiones implementadas en Java.

Es por ello que existe un conjunto de extensiones oficiales que se incluyen en la instalación básica y también una gran variedad de extensiones no oficiales que se pueden descargar del repositorio común y usar libremente.

Aunque gvSIG cubre casi por completo la mayoría de las necesidades de cualquier usuario SIG y se ha convertido en referencia dentro de este tipo de tecnologías, aún continúa en fase de desarrollo perfeccionándose y evolucionando siempre bajo los principios de colaborar y compartir.

El hecho de permitir el desarrollo de extensiones en un lenguaje orientado a objetos como Java, hace que sea una excelente opción para proyectos que agreguen funcionalidades a las ya incluidas en la distribución básica.

Es por esta razón, la documentación disponible, la popularidad de gvSIG entre los usuarios SIG, y la experiencia de la comunidad de desarrolladores que gvSIG es seleccionado para la implementación de SIGAP.

El 15 de abril de 2013 se lanza la versión 2.0 de gvSIG. La misma trata de una nueva arquitectura, un nuevo gvSIG. La versión gvSIG Desktop 2.0 además funciona correctamente en equipos de 64 bits.

En junio 2015 gvSIG lanza la versión 2.2 y es en la cual se comienza el desarrollo de SIGAP. En Octubre de 2016 es liberada la versión 2.3 y SIGAP es adaptado a la misma. [30]

2.4.4 Modelo de trabajo de gvSIG

Las tareas más comunes que se pueden realizar con gvSIG son:

- Representar datos espacialmente: gvSIG puede abrir varios formatos (vectoriales y ráster; archivos, bases de datos y servicios remotos) y representarlos espacialmente en los distintos sistemas de coordenadas. Es capaz de aplicar leyendas y etiquetado para representar estos datos.
- Diseñar mapas para impresión: gvSIG dispone de herramientas para diseñar con facilidad mapas, permitiendo añadir elementos cartográficos y ofreciendo opciones de impresión y exportación.
- Edición: gvSIG ofrece un amplio conjunto de herramientas para editar tanto datos cartográficos como alfanuméricos.
- Análisis: gvSIG cuenta con herramientas que facilitan el análisis de los datos existentes, tanto cartográficos como alfanuméricos. En gvSIG hay disponibles más de 300 geoprocursos. En particular para SIGAP será fundamental el uso de la unión.
- Personalizar gvSIG: Además de tener la posibilidad de ampliar la funcionalidad de gvSIG mediante Java, cuenta con un módulo de scripting sobre Python [31].

2.5 Funcionamiento de SIGAP Versión 1

SIGAP v1 fue implementado como una extensión (plugin) de gvSIG 1.11, la cual permite al usuario aprovechar todas las funcionalidades nativas de gvSIG como crear vistas, cargar y editar capas, además de las funcionalidades de análisis prospectivos incluidas en la extensión SIGAP v1.

SIGAP v1 es una herramienta informática que se propone para el apoyo al análisis prospectivo. No intenta sustituir el rol del analista prospectivo, sino que por el contrario intenta colaborar con él.

Uno de los objetivos de la herramienta es que el analista se beneficie de las funcionalidades del software para poder automatizar y agilizar el proceso de análisis, nutriéndose de la objetividad que surge de las ejecuciones y generación automática de los escenarios prospectivos.

Con la ayuda de SIGAP v1, los modelos analizados con el método tradicional podrán contener aún más dimensiones y factores clave dado que las funcionalidades que el software provee hace que sean mucho más manejables que si se hicieran de una forma manual.

Además de las facilidades que ofrece el software para mejorar el análisis prospectivo, es muy importante el componente geográfico que introduce en el dicho análisis.

La integración con gvSIG hace que los resultados del análisis prospectivo se puedan territorializar. Esta territorialización de los resultados le da un nuevo e interesante enfoque tanto al análisis como a los resultados obtenidos, dado que para una misma región geográfica que integra el caso de estudio pueden existir diferentes combinaciones de escenarios resultantes; de la misma manera que un escenario en particular podría no ser aplicable para toda la superficie analizada sino que podría ser sólo válido para algunas regiones.

Debido a la introducción del componente geográfico en el análisis, se hace fundamental el conocimiento que el usuario analista pueda tener de la herramienta SIG, en este caso gvSIG.

El método y las funcionalidades propuestas por SIGAP v1 hacen que para el usuario sea ineludible la manipulación de capas geográficas, no sólo para formular y definir los modelos prospectivos sino que también para el estudio de los resultados obtenidos. En este sentido es que gvSIG hace un aporte favorable al proyecto y al usuario final, dado que es una herramienta muy difundida en otras áreas de la ciencia. Se estima que el usuario de SIGAP v1 que no cuente con conocimientos de SIG pueda adaptarse fácilmente a este software de base.

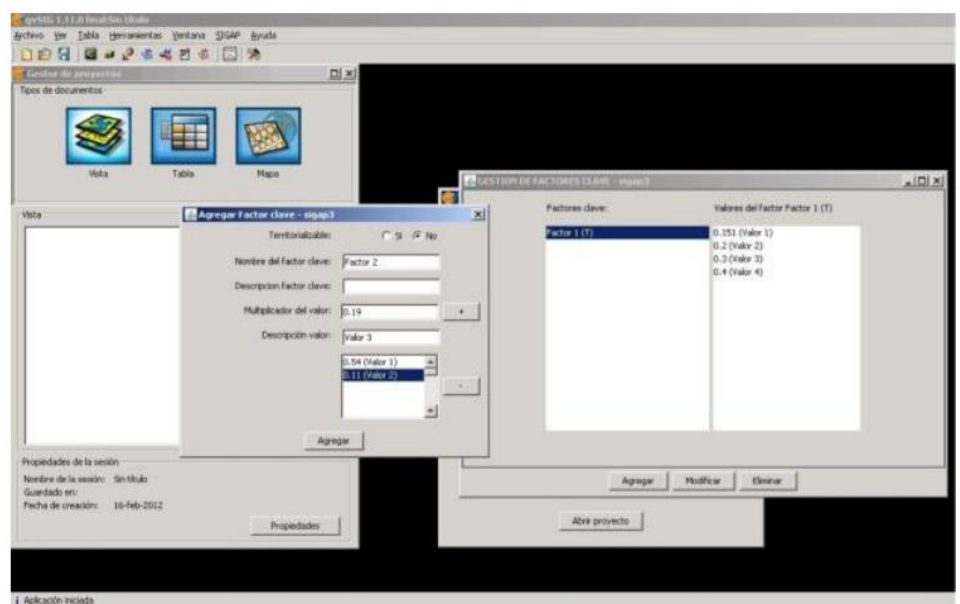


Figura 5. Factores Clave SIGAP 1.0

El mismo permite definir el Modelo Prospectivo mediante la definición factores claves. A su vez, se debe especificar cómo es que estos varían en el tiempo. Para

la definición de estos factores contamos con las opciones de definirlos para todo el territorio de forma constante, así como la posibilidad de definirlos específicamente según las distintas áreas.

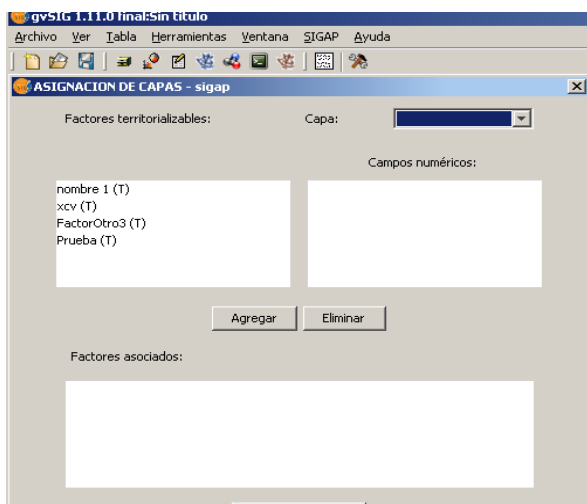


Figura 6. Asignación de Capas SIGAP 1.0

Como resultado de la definición de los factores clave se generan a nivel de SIG una capa correspondiente por cada factor. Esto permite llevar los valores conceptuales al mapa y de esta forma se pueden utilizar todas las bondades de los SIG para interrelacionar los elementos de las distintas capas.

Así permite generar automáticamente los posibles escenarios prospectivos. Los mismos son generados a partir de los factores clave de interés y sus posibles estados. Una vez que se tengan todas las variables definidas, se generan todas las combinaciones posibles entre los mismos.

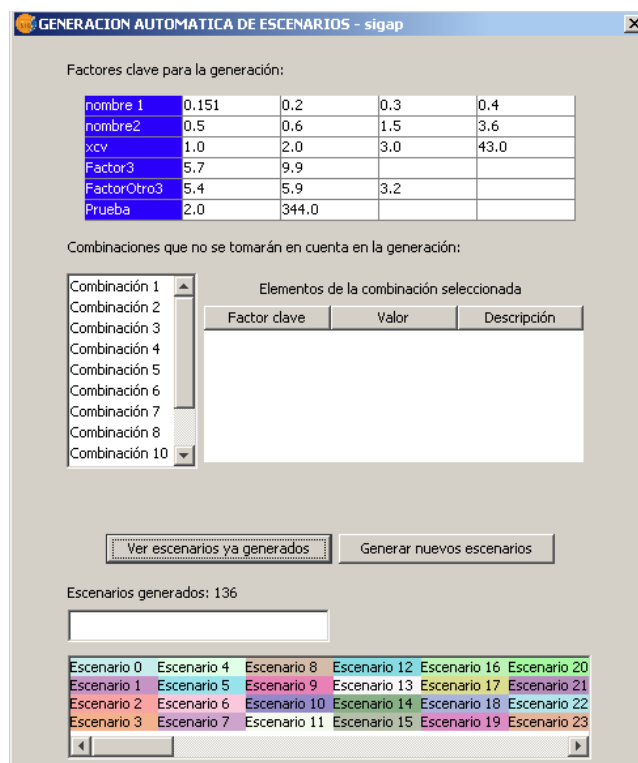
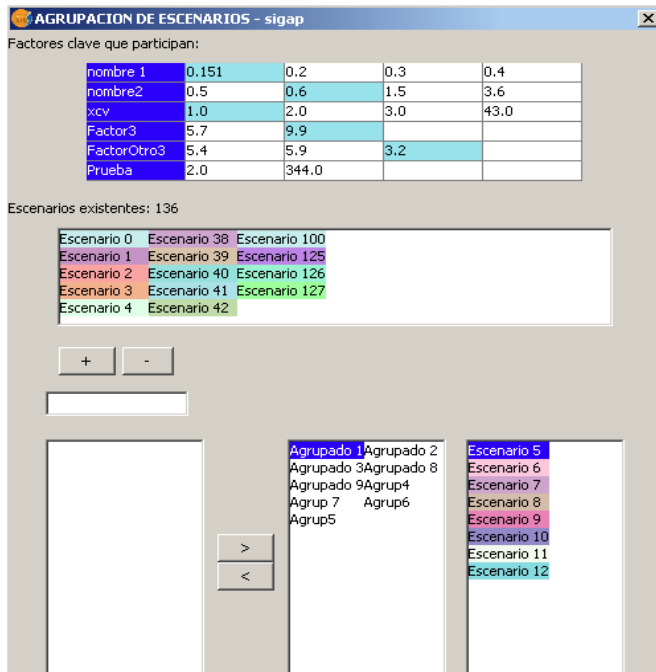


Figura 7. Generación de Escenarios SIGAP 1.0



Una vez generados los escenarios prospectivos permite la agrupación de escenarios similares.

Figura 8. Agrupación de Escenarios SIGAP 1.0

A su vez, dentro de las combinaciones existentes, hay ciertas que no se podrían dar jamás, o no interesa ver los resultados de las mismas. Por esto se permite la selección de combinaciones imposibles.

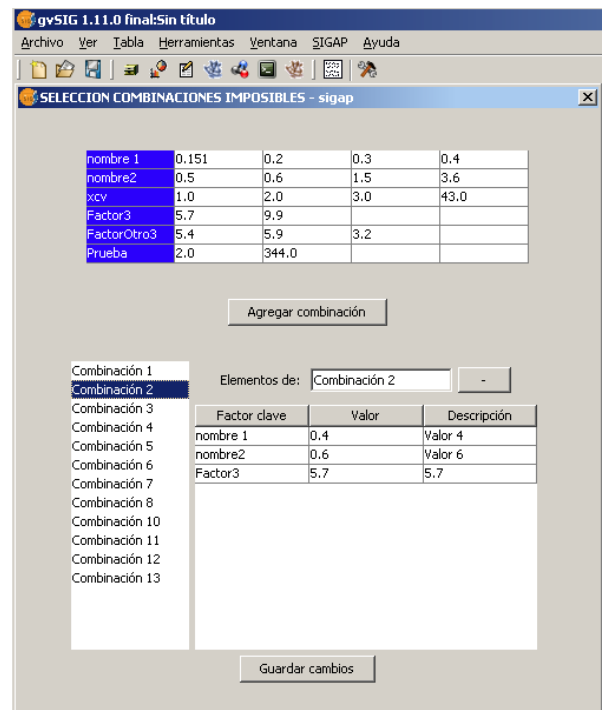


Figura 9. Combinaciones Imposibles

Para finalizar, el SIGAP v1 permite ejecutar el modelo con las restricciones impuestas y los datos de entrada, generando una nueva capa que muestra los distintos escenarios resultantes.

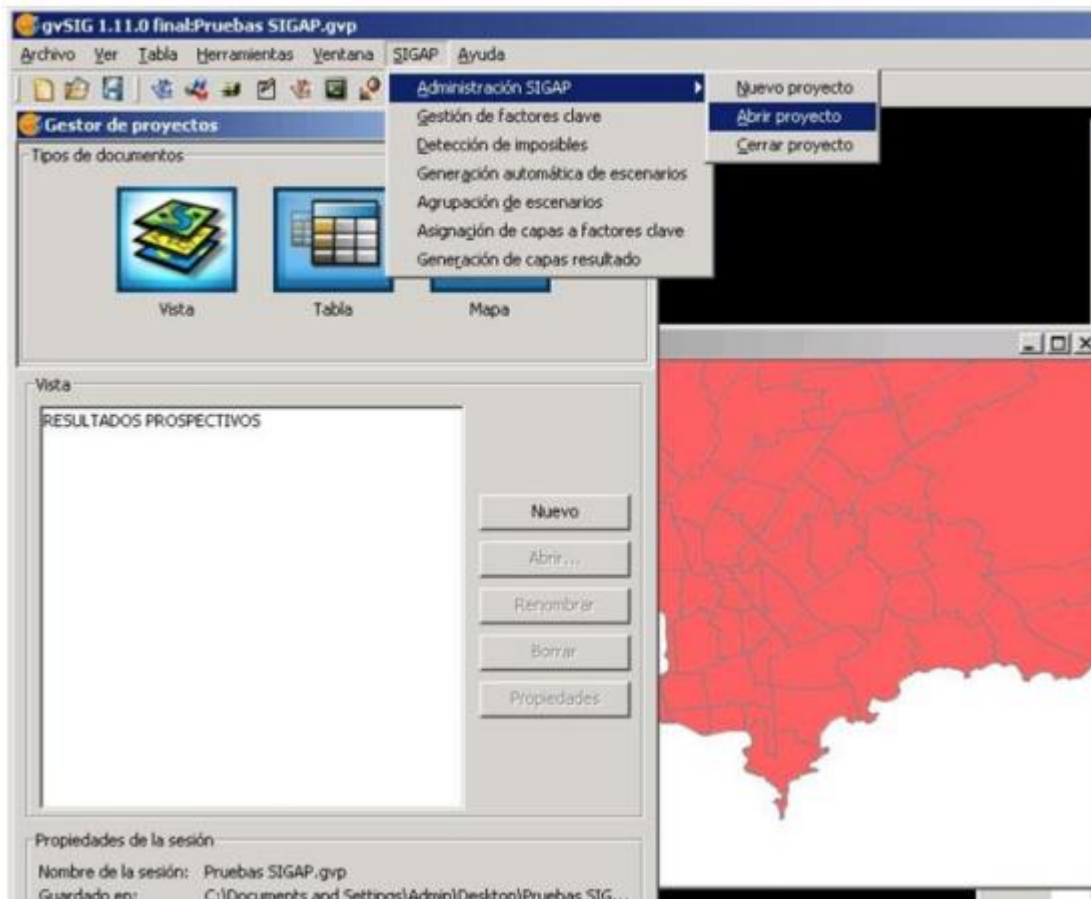


Figura 10. Abrir Proyecto SIGAP 1.0

En síntesis:

- Entrada: conjunto de capas geográficas con los valores de los factores.
- Procesamiento: se aplica el modelo prospectivo definido para todo el territorio, usando los datos de entrada.
- Salida: mapa de escenarios futuros por zonas del territorio.

Especificaciones técnicas

En tecnologías empleadas se incluyen:

- gvSIG Desktop 1.11 como plataforma base.
- Repositorio de código de gvSIG: SVN [32].
- Lenguaje de desarrollo Java. Versión de SDK 1.6.

- XML [33] como formato de persistencia para los datos que el prototipo requiera.
- ShapeFiles [34] como formato de capas geográficas.

2.6 Enfoque de SIGAP para ayudar al modelo prospectivo tradicional

Una vez que se finaliza la etapa 3 del método prospectivo tradicional, combinar todos los factores clave con sus respectivas alternativas se vuelve repetitivo, monótono y propenso a errores. Es en la etapa 4, en la cual SIGAP puede aportar al modelo prospectivo tradicional, evitando el trabajo manual y obteniendo como resultado una proyección de los factores de cambio. A su vez, permitirá agrupar escenarios similares y evitar escenarios imposibles facilitando el análisis del prospectivista.

2.6.1 Conceptos básicos

Dimensiones

Las dimensiones, son para cada estudio, los principales motivos que afectan o impactan al objeto de estudio. Son los hechos que marcan una tendencia sobre los cuales la prospectiva se apoya. Algunos autores llaman a esta tendencia como “*inercia histórica*”. [35]

Factores clave

Se consideran factores clave a los indicadores que generan el comportamiento de las dimensiones. Estas permiten cuantificar los agentes de cambio.

Alternativas

Son las distintas posibilidades que pueden tomar los factores clave. Se utilizan para describir cómo puede evolucionar el factor clave en el tiempo.

Escenarios

Un escenario es “*un conjunto formado por la descripción de una situación futura y el proceso que marca la propia evolución de los acontecimientos de manera que permitan al territorio pasar de la situación actual a la situación futura*” (Gabiña, 1998). [36]

Se distinguen dos tipos de escenarios:

- Exploratorios: parten de tendencias pasadas y presentes y conducen a un futuro probable;
- De anticipación o normativos: contruidos sobre diferentes imágenes de futuro, podrían ser deseados o, por el contrario, temidos.

Un escenario no es una realidad futura, sino un medio de representarla de forma que permita visualizar mejor la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables.

Un escenario no es un fin en sí mismo, no tiene sentido si no es útil para la elección de las opciones estratégicas. Interesa en la medida que interviene en los resultados y en las consecuencias para las propias acciones estratégicas. En oportunidades es preferible limitar los escenarios a la combinación de los factores clave más importantes del sistema que conforma el territorio. Para ello el analista agrupa escenarios similares y determina combinaciones infactibles.

Estos escenarios sirven de base para la reflexión del tipo *¿Qué hacer si...?* o *¿Cómo hacer para...?*. En síntesis, los escenarios se ajustan ante todo a una reflexión previa y explícita sobre los factores clave, sus tendencias y el juego de actores que se produce a la hora de controlar los factores clave. Incluso, es importante distinguir una fase exploratoria de identificación de los retos de futuro y una fase normativa de definición de las opciones estratégicas posibles frente a estos desafíos.

Los escenarios también constituyen un enfoque indispensable para orientar las opciones estratégicas. El método de escenarios puede ayudar a elegir, situando el máximo de posibilidades a su lado, la mejor estrategia posible en coherencia con el escenario-apuesta. Su construcción lógica (delimitación del sistema, análisis retrospectivo, estrategia de actores, elaboración de escenarios) se ha experimentado con ocasión de numerosos estudios prospectivo-estratégicos aplicados al territorio.

Los escenarios prospectivos se pueden agrupar en cuatro tipos:

- **Tendenciales:** Se deduce del posible comportamiento a futuro de cada una de las variables estratégicas, respetando el patrón histórico de cada una de ellas.
- **Contrastados:** Se visualiza un cambio en las tendencias del pasado. Un cambio radical o ruptura importante con respecto a lo tendencial, que da como resultado un escenario muy diferente.

- **Deseables:** Son los que surgen a partir de una decisión que se toma para alcanzar una imagen de futuro deseable. Corresponde a la construcción de la imagen deseable del futuro, que deberá ser definida según las prioridades y objetivos del equipo político decisor y puede ser implementado bajo la perspectiva de un desarrollo sostenible. Los criterios básicos para definirlo están orientados en el sentido de mejorar la calidad de vida de la población mediante accesibilidad a infraestructuras y servicios; realizar una gestión óptima de los recursos naturales, inclinarse hacia inversiones sin implicar compromiso ambiental, entre otras.
- **Inadmisibles:** Son los escenarios opuestos a la imagen de futuro deseable.

Los profesionales de la prospectiva son conscientes que el futuro es en gran medida indeterminado y no se lo puede predecir a ciencia cierta. Sin embargo también es correcto afirmar que los escenarios futuros no se suceden por casualidad ni de forma aleatoria, sino que existen tendencias que con mayor o menor impacto pueden incidir en el resultado final del escenario futuro real.

Estas tendencias se pueden agrupar en tres categorías:

- **Tendencias robustas.** Son fenómenos con una importante inercia desde el pasado y que se proyectan hasta el horizonte temporal de estudio. Son tendencias relativamente estables y predecibles.
- **Tendencias emergentes.** Son fenómenos que están surgiendo y en un futuro pueden convertirse en tendencias robustas.
- **Rupturas.** Conjunto de eventos o decisiones cuya ocurrencia podrán determinar un quiebre, un cambio drástico de lo tendencial.

Capítulo 3 - Análisis y Diseño

En este capítulo se detallan las funcionalidades a desarrollar mostrando el análisis de los requerimientos, diseño y arquitectura de la solución. También se abordan las decisiones tomadas.

3.1 Requerimientos funcionales

SIGAP como plugin de gvSIG debe incorporarse a dicho programa cuando el mismo inicia, dando la posibilidad al usuario de utilizar nuevas funcionalidades.

Antes de hacer referencia a las funcionalidades que hacen más interesante al proyecto, es importante mencionar aquellas que generan un entorno apropiado para la utilización del mismo.

La primera funcionalidad esperada en un sistema que maneja tanta información es la posibilidad de crear un nuevo proyecto específico SIGAP (**RF1**). Es en este proyecto sobre el cual se va a trabajar. Toda la información y los estudios realizados dependen del mismo. La información que se desea guardar queda siempre asociada y contextualizada dentro de un proyecto.

Manejar la información de este modo permite al sistema realizar dos tareas muy importantes: la capacidad de guardar y exportar proyectos (**RF2**). Cuando se realizan estudios de grandes magnitudes y sobre todo en aplicaciones de escritorio, como en este caso, suele ser de interés la posibilidad de respaldar los trabajos.

La posibilidad de exportar carece de sentido si no existe también la opción de importar los proyectos guardados (**RF3**). En resumen, el sistema permite crear proyectos, guardarlos, exportarlos e importarlos.

Ya aclaradas las funcionalidades básicas del entorno, y con el foco ya puesto en la prospectiva, el comportamiento del proyecto se puede dividir en dos grandes etapas: la definición del problema, y la manipulación de los resultados.

La definición del problema implica que las interfaces del sistema permitan al prospectivista ingresar la información que sea relevante para el estudio que desee a realizar. Para comprender las necesidades de los prospectivistas, se analizó la forma en que los mismos trabajan y los conceptos que manejan. Gran parte del trabajo que estos realizan fue documentada en el capítulo 2. En base a los mismos fueron establecidos los requerimientos de SIGAP.

El próximo requerimiento funcional que se identifica, si se comienza el trabajo al igual que los prospectivistas, es la posibilidad de la definición de los factores clave (**RF4**). Para esto el sistema debe (siempre contextualizado dentro de un proyecto) ofrecer la posibilidad de agregar factores clave indicando su nombre, descripción y si es un factor representable de forma territorial o no. La información requerida va a depender si factor es territorializable o no.

Si no lo es, el prospectivista debe agregar un valor inicial único con la fecha en la cual fue tomado.

En caso de que lo sea se ofrece la posibilidad de cargar el valor inicial desde una capa. La capa se compone de una serie de polígonos, y cuando se carga una es importante definir para cada uno de los polígonos cual es el su valor inicial, y la fecha de medición del mismo para toda la capa.

Los valores iniciales de los factores clave representan como se encuentra efectivamente el objeto de estudio en la fecha indicada. Este valor es el que se utilizará como punto de partida para los posteriores análisis.

Además del o los valores iniciales, un factor clave cuenta con las distintas alternativas (**RF5**). Las alternativas pretenden describir cómo va a evolucionar el factor clave en el tiempo. Cada factor clave va a tener un máximo de 5 alternativas. Las mismas son "Tendencia Robusta", "Con Rupturas", "Tendencia Suave", "Señales de futuro" y "Personalizado". Al igual que el valor inicial la alternativa puede o no ser territorializable. En caso de que no lo sea, el sistema solicitará que se ingrese un factor multiplicador. Este factor será utilizado más adelante, junto con el valor inicial, para la construcción de los escenarios. Si la alternativa es territorializable, nuevamente se debe representar los datos de la misma mediante una capa, en la cual, para cada polígono esté definido el factor multiplicador.

Cada alternativa puede contener más de un factor multiplicador. Al momento de cargar los mismos se debe definir la fecha hasta la cual aplica. De esta manera se puede tener por alternativa una lista de pares (Factor Multiplicador, Fecha).

Con los datos mencionados hasta el momento y un horizonte temporal, el sistema debe permitir al usuario generar los futuribles combinando automáticamente entre las distintas alternativas de los distintos factores clave (**RF6**).

Solo restan describir los requerimientos que se pueden clasificar como de manipulación de resultados. El objetivo de los mismos es generar un resultado del estudio más claro y concreto. Esto se logra filtrando escenarios mediante la definición de combinaciones (factores clave y alternativas) imposibles, y la agrupación de escenarios similares.

Es por esto que el sistema debe contar con un panel para poder gestionar los escenarios donde se desplegará las posibles combinaciones entre las distintas alternativas de los factores clave y se permitirá mediante una tabla interactiva, seleccionar combinaciones de alternativas que no pueden darse. A esta funcionalidad se le llama “selección de combinaciones imposibles” (**RF7**). El resultado de la combinación de alternativas conduce a los posibles escenarios, y si una combinación no es alcanzable, se deben filtrar aquellos escenarios que la contengan.

El especialista, según el objetivo de su análisis, puede agrupar una serie de escenarios que los considera similares (**RF8**). Esto se realiza mediante otra tabla interactiva, que permita seleccionar escenarios similares y cuando desea agruparlos se solicita al usuario que seleccione a uno de ellos como representante del nuevo grupo de escenarios.

Por último, para cualquier escenario generado, el sistema deberá ser capaz de representarlo gráficamente en gvSIG (**RF9**). En este momento el sistema ejecuta el algoritmo de proyección y muestra los resultados en las capas correspondientes. Cualquiera de las soluciones generadas deben admitir la descarga en formato imagen y shapefile.

3.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales que plantea este proyecto son: El desarrollo de la aplicación SIGAP se debe implementar como una extensión de gvSIG. Esto significa que la aplicación tiene que incorporarse como un plugin de gvSIG, siguiendo los requerimientos que la comunidad de desarrollo exige. Además es de interés que el código quede disponible como un plugin oficial de gvSIG, con lo cual deberán respetarse los criterios de programación, tests y hacerse el licenciamiento correspondiente.

La primera versión de SIGAP fue implementada sobre la versión 1.1 de gvSIG. Cuando gvSIG cambia de versión y publica la 2.0, cambia la arquitectura con la cual venía trabajando. Este cambio lleva a que los plugins existentes no fueran compatibles, debido a la forma de acoplarse. Se entiende que a partir de este cambio de arquitectura, gvSIG es adaptable a los cambios de tecnología y está de hecho muy orientado a la aceptación de plugins. Es por esto que se decide que el plugin funcione sobre la versión 2.2 de gvSIG. Versión liberada formalmente el 03/06/2015 y la última al momento de comienzo del proyecto.

3.3 Modelo de Dominio

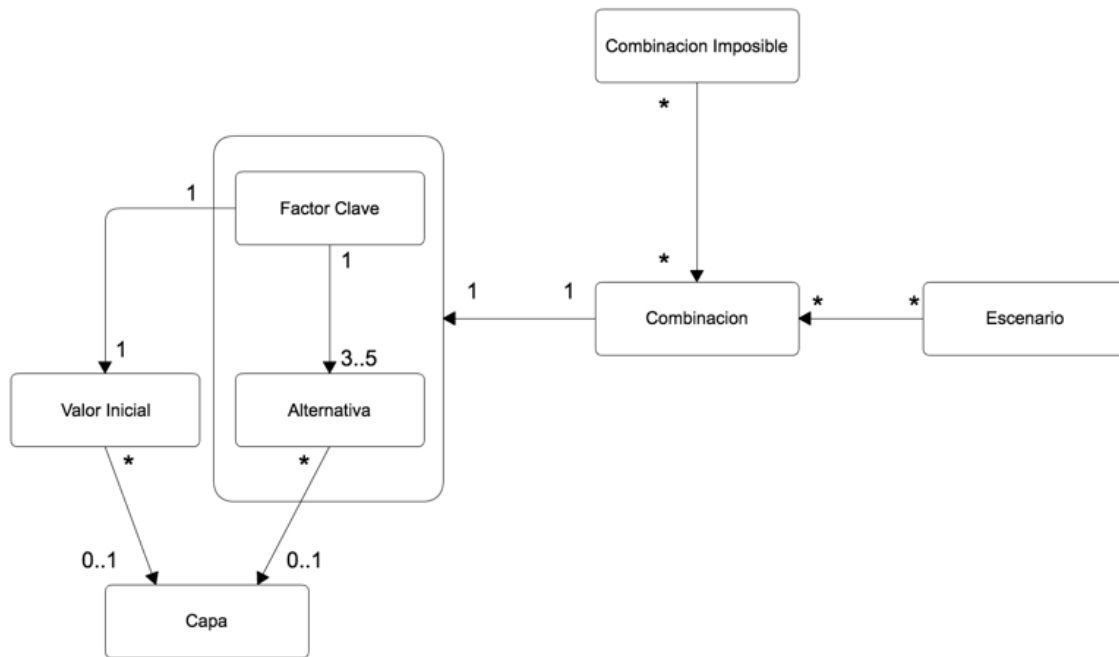


Figura 11. Modelo de Dominio. Elaboración propia.

En este diagrama se representan los conceptos básicos utilizados en SIGAP y se muestra la relación entre los mismos.

Se puede ver la relación entre Factor Clave, Valor inicial y Alternativa que son los conceptos que definen al problema. A su vez se muestra la relación con el componente geográfico (Capa).

Una combinación es un par que se compone de una alternativa y un factor clave. Cada escenario se compone de una lista de largo n , siendo n la cantidad de factores clave, y sus elementos son combinaciones. Cada una de las combinaciones debe ser de un factor clave distinto.

Las combinaciones imposibles son una lista de combinaciones de factores clave distintos. A diferencia de los escenarios, estas deben tener al menos dos elementos pero no se exigen que tenga tantos elementos como factores clave.

3.4 Casos de uso

El caso de uso gestión de proyecto engloba a los requerimientos funcionales de creación, importar y exportar proyecto (RF1, RF2 y RF3).

Agregar factor clave hace referencia al requerimiento de crear el modelo de estudio. Esto implica crear el factor clave, definir su valor inicial (RF4) y sus alternativas (RF5).

Para generar los escenarios (RF6) el usuario debe seleccionar la opción correspondiente y el sistema se encargará de combinar los factores clave y las alternativas obteniendo como resultado un listado de escenarios.

Una vez generados los escenarios, el usuario puede señalar las combinaciones imposibles al sistema (RF7). El mismo las almacenará y dejará de mostrar los escenarios que las contengan. Los escenarios filtrados serán mostrados en otra sección.

Territorializar resultados (RF9) es el caso de uso que permite al prospectivista visualizar el escenario seleccionado. Esta representación visual incluye una capa resultante, por cada uno de los factores clave que lo componen, con la proyección del valor inicial proyectado según la alternativa correspondiente.

El usuario podrá a partir de la lista de escenarios seleccionar aquellos que desee agrupar (RF8). Cuando selecciona varios escenarios y marca la opción de agregar, debe elegir a uno que los represente.

El siguiente diagrama representa los distintos casos de uso.

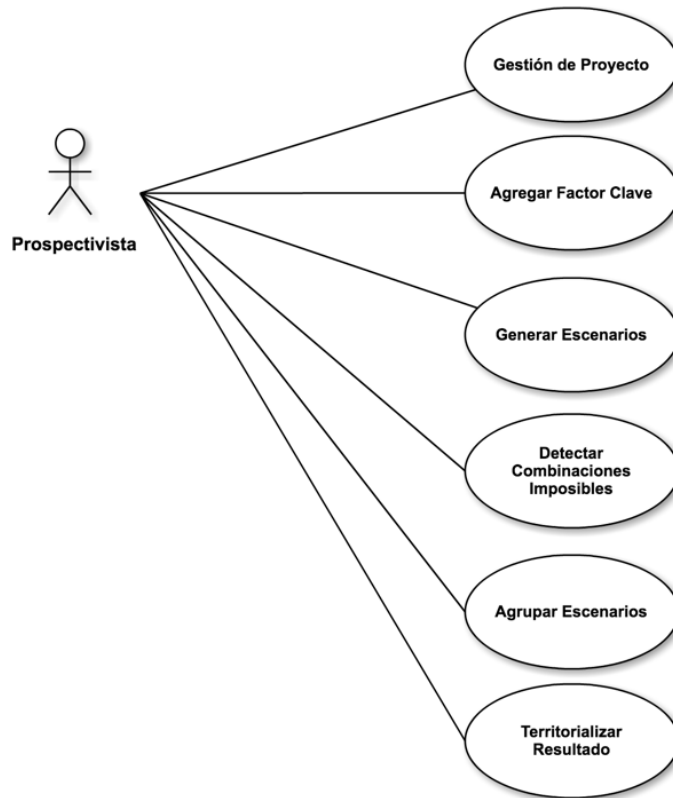


Figura 12. Diagrama de Casos de Uso. Elaboración propia.

Si bien los casos de uso son varios, en el diagrama no se representa el orden entre los mismos debido a que este no está establecido y puede variar según quien lo utilice. El orden relativo entre los distintos casos de uso, se ve reflejado a continuación.

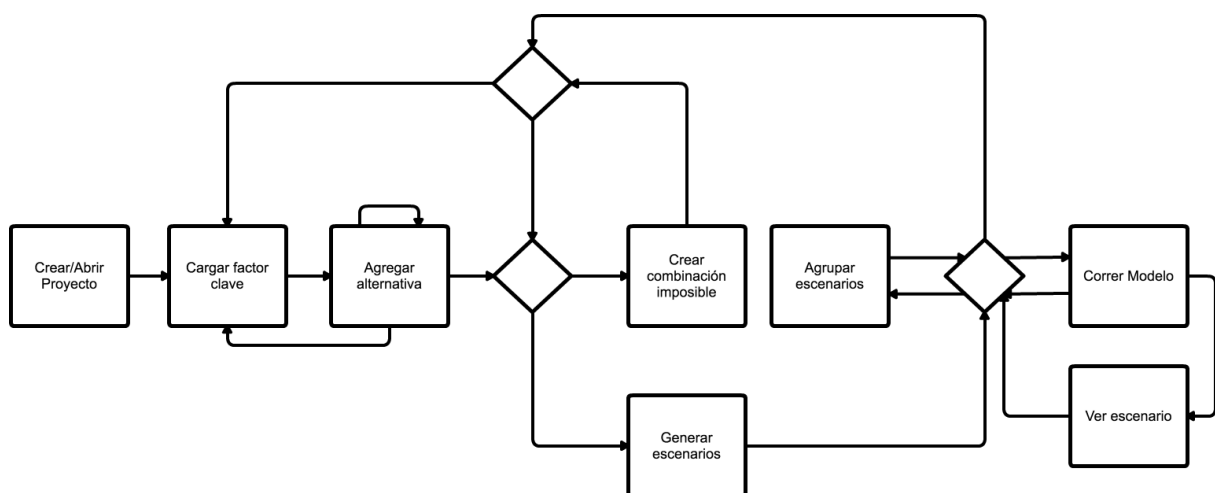


Figura 13. Diagrama de Flujo SIGAP – Elaboración propia

El diagrama representa la secuencia de acciones que el usuario puede realizar en el sistema. Una particularidad de SIGAP es que el flujo de trabajo es muy

abierto. Esto le da al prospectivista gran flexibilidad con respecto al orden en el cual realiza las tareas.

Una vez creado un proyecto, el resto de las tareas pueden realizarse según el flujo representado en el diagrama. Las restricciones en el flujo están dadas únicamente para mantener la integridad de los datos, y priorizar la performance de la aplicación.

SIGAP propone dos etapas diferenciadas: La definición del problema (Creación de factores clave y alternativas) y el procesamiento de la solución (filtrado, agrupación y ver escenarios). Cuando se termina de definir el problema, se puede realizar la acción de "generar escenarios" la cual da inicio a la segunda etapa.

El usuario tiene la posibilidad de redefinir o agregar factores claves del modelo habiendo dado inicio a la segunda etapa. Ante un cambio de estos se detectan cuatro situaciones:

- Se agrega un factor clave.
 - Si el usuario había configurado agrupaciones de escenarios, las mismas se eliminan, ya que los escenarios del nuevo modelo no son los mismos.
 - Las combinaciones imposibles se mantienen.
- Se elimina un factor clave.
 - Si el usuario había configurado agrupaciones de escenarios, las mismas se eliminan, ya que los escenarios del nuevo modelo no son los mismos.
 - Las combinaciones imposibles que involucran al factor clave eliminado se eliminan.
- Se modifica un factor clave y no se eliminan alternativas.
 - Las agrupaciones de escenarios se mantienen.
 - Las combinaciones imposibles se mantienen.
- Se modifica un factor clave y se elimina alguna alternativa.
 - Se eliminan las agrupaciones de escenarios que contengan el factor clave con la alternativa eliminada.
 - Se eliminan las combinaciones imposibles que contenga el factor clave con la alternativa eliminada.

Cuando finaliza la redefinición, si desea ver los nuevos resultados debe generar nuevamente los escenarios.

3.5 Diagramas de secuencia

A continuación se presentan dos diagramas de secuencia representativos.

3.5.1 Agregar factor clave

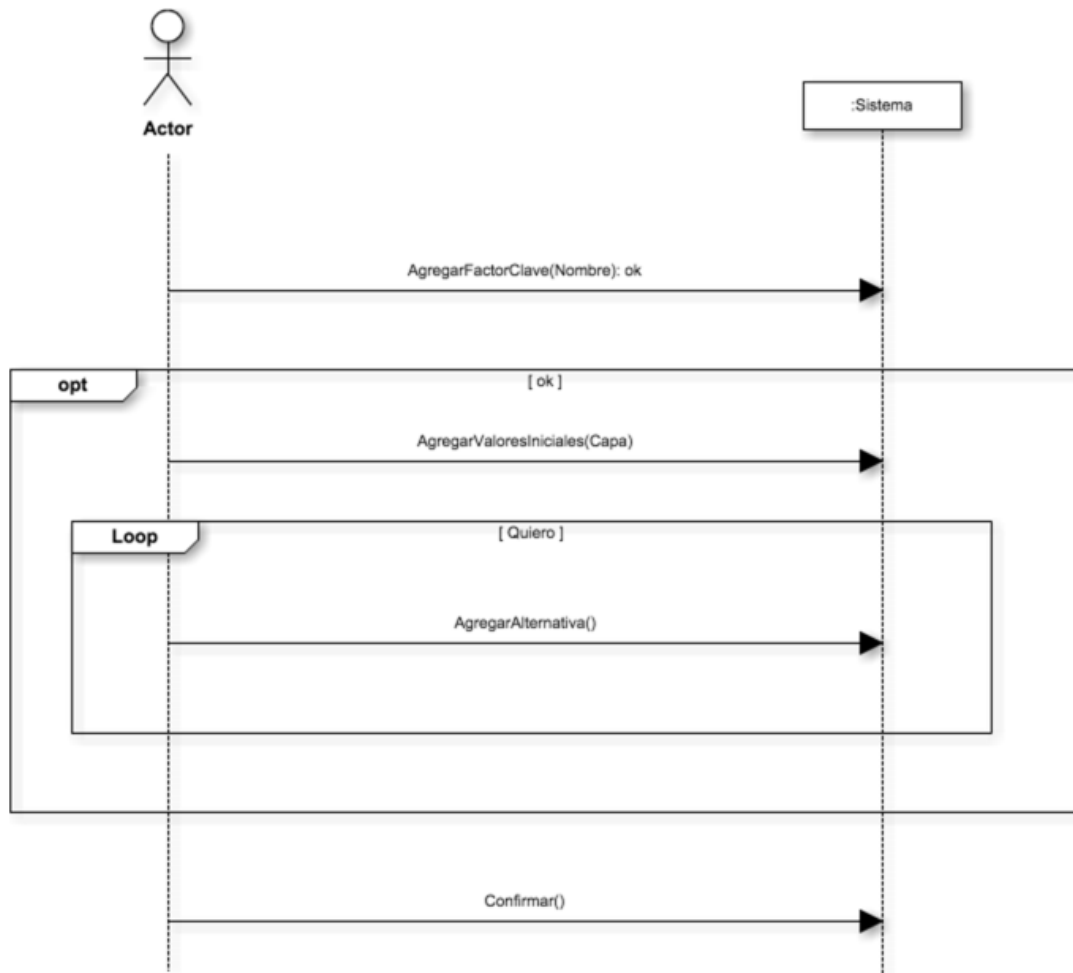


Figura 14. DSS - Agregar Factor Clave – Elaboración propia

Este diagrama muestra la interacción que debe realizar el usuario con el sistema si desea agregar un factor clave. Este proceso incluye el registro de al menos 3 alternativas y como máximo 5. Además para cada una de ellas, en caso de ser territorializable, deben definirse las capas con los factores multiplicadores. Este proceso puede ser muy largo y complejo.

3.5.2 Generar escenarios



Figura 15. DSS - Generación de Escenarios – Elaboración propia

La funcionalidad de generar los escenarios en SIGAP es totalmente transparente para el usuario. El mismo al seleccionar la opción de generar los mismos, obtendrá el listado de todos ellos. Los escenarios son el resultado del producto cartesiano de cada alternativa de cada factor clave. Para un prospectivista es imposible realizar este trabajo ya que la cantidad de escenarios asciende de forma exponencial. En el caso de definir 10 factores claves con 5 alternativas, la cantidad de escenarios resultado es 9.765.625 (5^{10}).

3.6 Decisiones tomadas

Una de las decisiones tomadas en el proyecto fue la de limitar la cantidad de alternativas. Se toma esta decisión por varios motivos. Desde el punto de vista de la prospectiva, se obliga al prospectivista a tomar en cuenta al menos tres alternativas posibles y hasta cinco. Si son menos de tres podría no considerarse de un análisis prospectivo ya que no toma en cuenta todas las alternativas. A su vez se limita a un máximo de cinco para realizar de forma más sencilla y amigable las etapas de filtrado y agrupación.

La cantidad de factores clave es también limitada. El motivo principal por el cual se limita el máximo de factores claves es que para que un factor sea considerado clave su influencia debe estar en el entorno de un 10%. Con lo cual si existen más de diez, alguno no es tan influyente, en cuyo caso no debería ser considerado como clave.

A efectos de evitar procesamiento innecesario, la representación gráfica de los escenarios resultantes es generada en el momento en el que el usuario desea ver el mismo. De lo contrario se debería generar una representación gráfica de cada escenario, previo al filtrado lo cual generaría mucho procesamiento y mantenimiento de los mismos en memoria.

Con el mismo objetivo, se decide, para darle libertad al prospectivista a la hora de cargar los factores, que el usuario tenga que indicar cuando el modelo está listo para ser ejecutado. Otra opción podría haber sido la de que al momento de la carga de un factor se recalculase el modelo, pero generaría una sobrecarga innecesaria del sistema. A su vez, a la hora de correr el modelo, en caso de que ya existiese una corrida previa, se aplicarán las reglas detalladas al final de la sección 3.4.

Como en la mayoría de los SIG, gvSIG soporta mapas realizados con varios sistemas de referencia. En el proyecto SIGAP, donde se crean capas manualmente, se tomará por defecto el sistema de referencia EPSG:4326. Este requerimiento responde a que ese sistema es un estándar internacional para el tipo de representaciones que se realizan en el proyecto.

La persistencia de los proyectos SIGAP se realiza en archivos de formato Json. Se considera que el mismo agrega la metadata suficiente para realizar la persistencia.

Por último, a la hora de crear las capas de las alternativas con sus factores multiplicadores, puede ocurrir que los polígonos no coincidan con los de la capa inicial. Esto presenta un problema a la hora de generar el cálculo a futuro ya a que no se puede asumir como correcto que se divida el valor de la capa inicial porcentualmente a la división generada por la otra capa superpuesta ya que el valor puede no estar homogéneamente distribuido en la zona. Por esto, SIGAP para realizar la multiplicación correcta, toma solo aquellos polígonos de los valores iniciales que están completamente comprendidos dentro del polígono de la capa de la alternativa. Para solucionar este problema se opta por el geoproceto “unión” que se encarga de dividir los polígonos de forma de hacer los cálculos antes mencionados.

3.7 Arquitectura y diseño

gvSIG utiliza una arquitectura y diseño particular que persigue el objetivo de soportar extensiones, que se acoplen de forma sencilla. Es por eso que para desarrollar las extensiones, gvSIG exige que se cumplan ciertas características de arquitectura y diseño. La arquitectura con la que trabaja gvSIG, se ve representada en la siguiente figura.

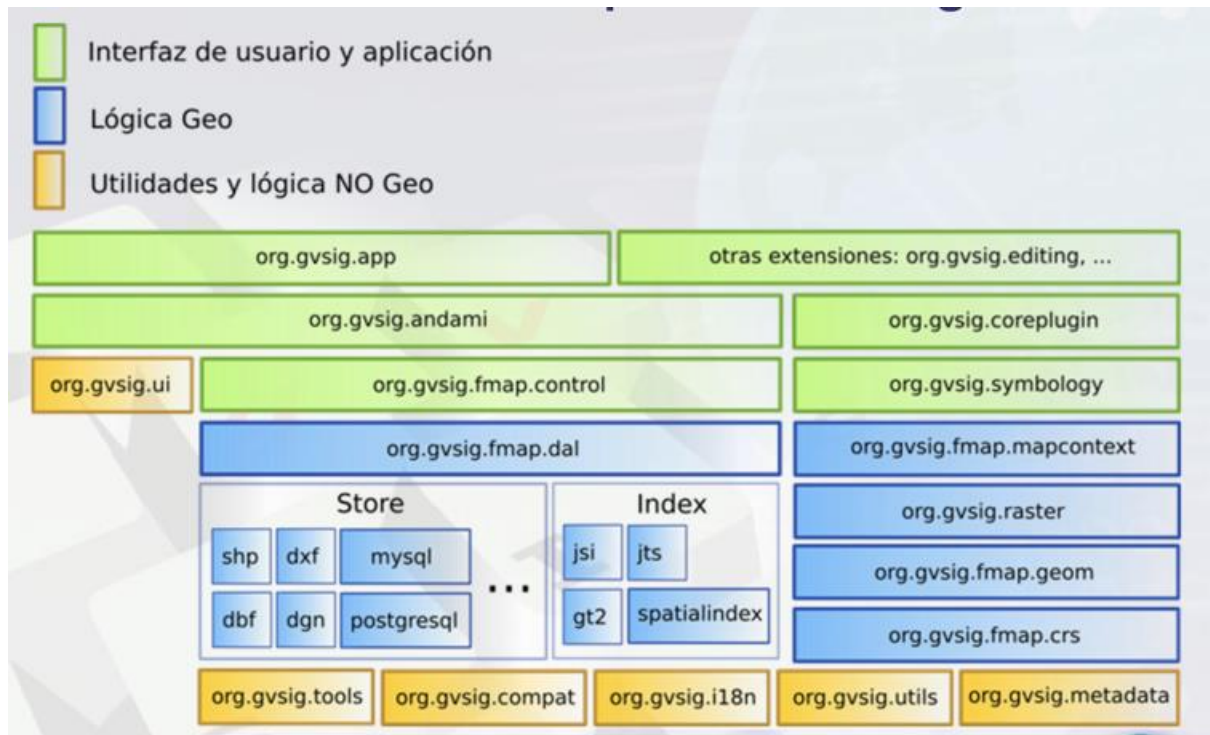


Figura 16. Arquitectura de gvSIG 2.0 - Extraída de [37]

La arquitectura de componentes sugerida por gvSIG consta básicamente de separar la interfaz de usuario de la lógica de negocio; y también la declaración de los distintos métodos de sus implementaciones según la figura a continuación.

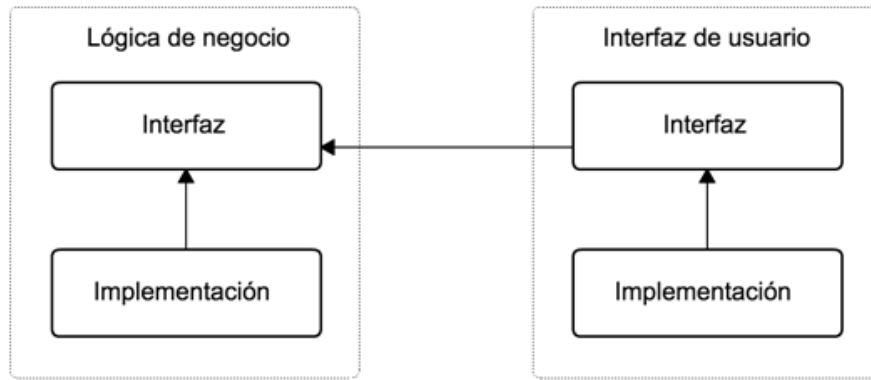


Figura 17. Arquitectura Propuesta por gvSIG – Basado en [4]

De esta forma los encargados de mantenimiento de gvSIG pueden detectar los módulos que fallan de forma más sencilla y notificar a los encargados del plugin.

SIGAP sigue la arquitectura propuesta. A continuación se muestra el diagrama con la definición de las interfaces a partir de los requerimientos.

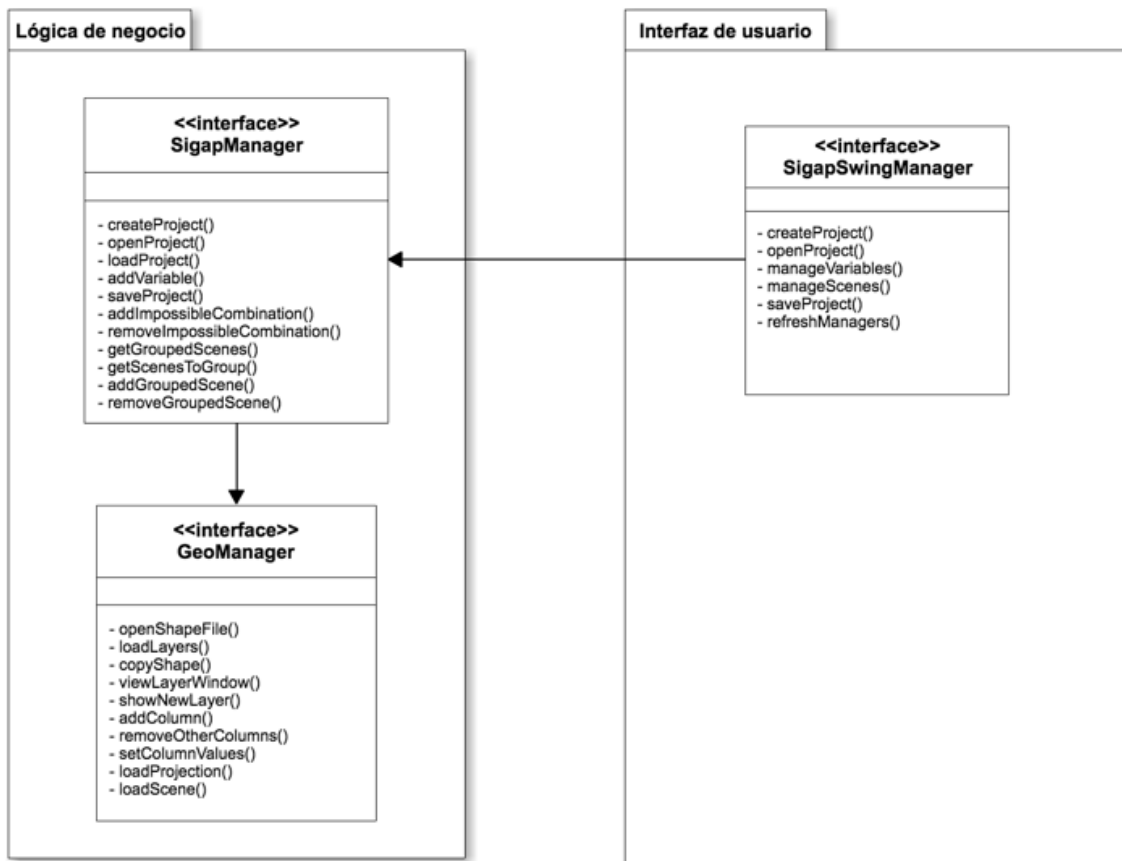


Figura 18. Arquitectura de SIGAP - Elaboración propia

Para validar la interfaz de usuario, se realizaron tempranamente mockups de cada una de las pantallas. Los mismos fueron elaborados con Balsamiq Mockups

[38] brindando la posibilidad de navegar entre las pantallas. Esto permite validar la interacción de usuario pudiendo evaluar el flujo completo antes de empezar a implementar. Estos mockups fueron utilizados en las reuniones con la cliente y se encuentran en el Anexo 1.

Capítulo 4 - Detalle de implementación

En este capítulo se detalla la solución propuesta para resolver el problema planteado. En primer lugar se detallan las tecnologías utilizadas y el ambiente de desarrollo. En segundo lugar se detalla la implementación del sistema.

4.1 Tecnologías Utilizadas

Como lenguaje de desarrollo se utilizó Java. La elección fue impuesta de forma casi obligatoria por gvSIG. Existía también la opción de realizar la extensión como un conjunto de scripts en Python ya que gvSIG también lo soportaba. En el momento en que se inicia el desarrollo de SIGAP, gvSIG se encontraba en pleno desarrollo de la versión 2.3. Dicha versión incorpora varios cambios en lo que respecta al procesamiento de scripts en Python. En particular comienza a utilizar scripts en Jython, lenguaje que permite combinar Java y Python.

La versión de Java utilizada para el desarrollo de gvSIG es la 1.7, con lo cual, a la hora de ejecución los usuarios deberán utilizar dicha versión. En la documentación de gvSIG se especifica que con Java 1.8 existen funcionalidades que no funcionan de forma adecuada. Es por esto que se decide trabajar con Java 1.7. Sin embargo SIGAP ha sido testeada en Java 1.8 y si gvSIG se migra por completo a esta versión, el plugin sigue siendo compatible.

La comunidad gvSIG y su documentación oficial, recomiendan la utilización de los IDEs: Eclipse y NetBeans. Esto se debe a que tienen plugins estables para la manipulación de java Swing. Debido a esto y la experiencia previa de los integrantes del equipo, se decide utilizar Eclipse.

Como repositorio de código gvSIG utiliza SVN, con lo cual fue necesario utilizarlo en dos momentos puntuales: Al clonar el código de gvSIG en desarrollo y al publicar el código generado para liberar el plugin. Para el control de versiones interno el equipo utilizó el GIT. Para compartir el código entre los miembros del equipo se utilizó Bitbucket.

El motivo principal para la elección de GIT es que ambos miembros del equipo cuentan con gran experiencia en la utilización del mismo. Como consecuencia, se buscó una plataforma para compartir el código que en un principio fuera privada y gratuita. Bitbucket cumple con estas dos características.

Siguiendo los lineamientos de gvSIG se utilizó Maven como software para la gestión del proyecto. Si bien esta es solo una recomendación de gvSIG y no está

impuesto, no se vio motivo por el cual no seguir este consejo. Ambos miembros del equipo habían utilizado esta tecnología en el pasado y las experiencias habían sido buenas.

La tecnología utilizada para que el plugin sea traducible fue i18n. Se decidió utilizar dicha tecnología porque es la que utiliza por defecto gvSIG y tanto las variables, como la selección de idioma, como la lógica de donde se encuentran las traducciones las resuelve el mismo gvSIG.

Los test unitarios fueron desarrollados en JUnit. Este es un framework sencillo de utilizar que cumple con los requerimientos necesarios para realizar los tests.

4.2 Ambiente de desarrollo

Cuando se comenzó el desarrollo, gvSIG era compatible para distribuciones de Linux y Windows. Ambos integrantes del equipo contaban con equipos con macOS, con lo cual fue necesario adaptar ciertos parámetros de gvSIG para lograr la ejecución en dicho sistema operativo. Estos cambios se realizaron sobre el código descargado de gvSIG.

Más allá del ambiente en el cual se desarrolla, todas las versiones intermedias liberadas de SIGAP fueron compatibles con los sistemas operativos Linux y Windows. En los momentos finales del desarrollo de SIGAP, cuando se libera la versión 2.3 de gvSIG, se incorpora un ejecutable para macOS. Cuando se lanza esta versión, el plugin es testeado en la misma y no requirió de modificaciones.

4.3 Diagrama de Clases

A grandes rasgos, SIGAP maneja los conceptos representados a continuación.

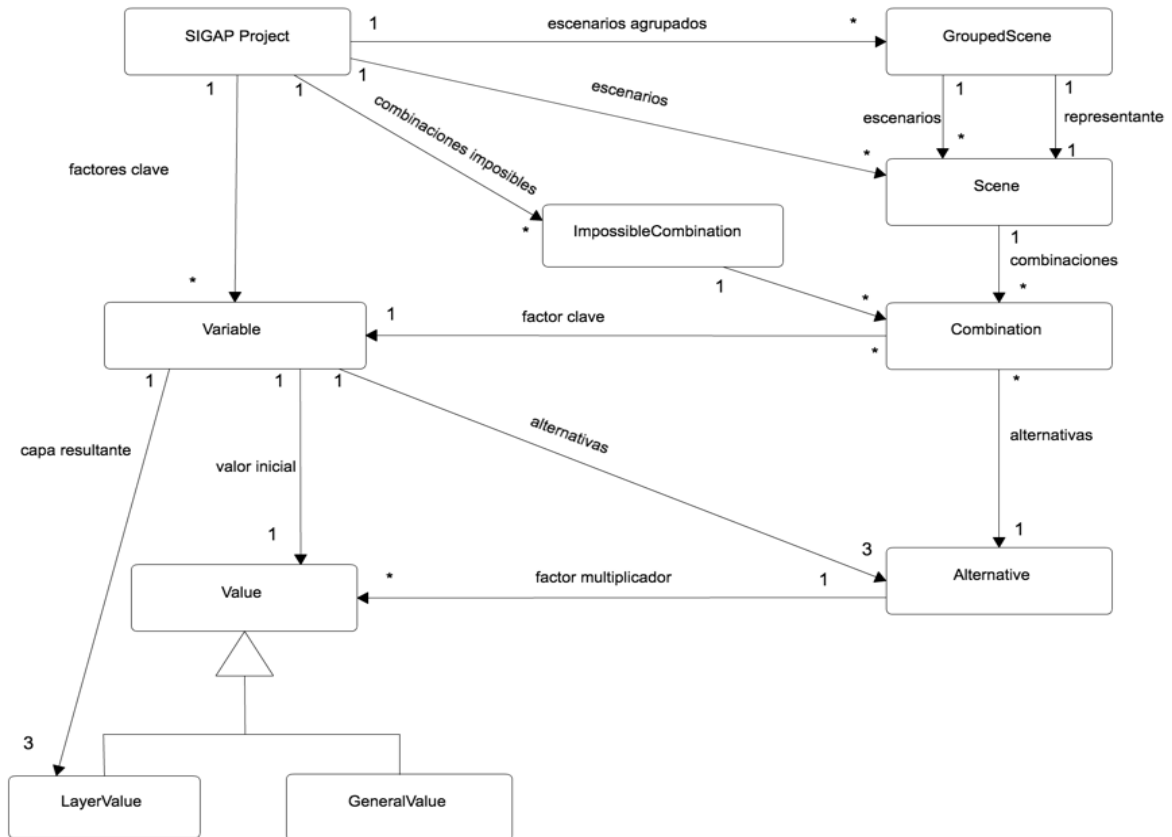


Figura 19. Diagrama de Clases – Elaboración propia

SIGAP_Project es la entidad que almacena toda la información del proyecto. Está compuesta por:

- **Grouped_scenes:** conjunto de escenarios (**Scene**) agrupados que tienen un escenario representante.
- Colección de factores clave (**Variable**).
- Una lista de combinaciones imposibles.
 - Cada combinación imposible se compone de una lista de combinaciones.
 - Cada combinación (**Combination**) está compuesta por un factor clave (**Variable**) y una alternativa (**Alternative**) del mismo.
- Conjunto de escenarios generados (**Scene**).
 - Cada escenario es un conjunto de combinaciones

Variable, son los factores clave compuesto por:

- **LayerValue**: para cada alternativa se guarda un valor de la capa resultado.
- **Value**: valor inicial, que en caso de ser territorializable es una instancia de **LayerValue**, y de no ser territorializable **GeneralValue**.
- **Alternative**: conjunto de alternativas definidas para el factor clave.

4.4 Tipos de datos utilizados

Los tipos de datos utilizados para la implementación de la solución en general, no representan mayor complejidad con la excepción de los datos geográficos. Para la manipulación de los datos geográficos, se utilizaron las librerías que gvSIG provee. Además de las distintas operaciones a realizar con estos datos también se utilizan las librerías ya provistas por el software base.

Los tipos de datos más utilizados de las librerías de gvSIG son: FeatureStore, FeatureSet y Feature. FeatureStore es un tipo de dato que almacena pares de FeatureSet asociadas a distintos tipos (FeatureType). Los FeatureSet son una colección de Feature. Feature representa la unidad básica de datos geográficos expresados en una estructura tabular, equivalente a un registro en una base de datos. Tiene una estructura adecuada para mantener información geográfica. Representa al concepto de “*cartographic feature*”.

Un atributo de los datos espaciales es el CRS (sistemas de referencia de coordenadas). Más allá de los estándares, cada capa es representada en su propio sistema de coordenadas. Para lograr mantener una compatibilidad entre distintas capas en distintos sistemas de coordenadas y referencias, es necesario normalizar los mismos para lograr consistencia entre los datos. Para ello se utilizaron las funcionalidades de gvSIG para obtener los datos en el sistema de referencias considerado “por defecto” para este proyecto.

Una alternativa puede contar con más de un factor multiplicador. Esta funcionalidad brinda flexibilidad al analista prospectivo ya que puede definir tasas de crecimiento o reducción variables en el tiempo. Para estos casos, SIGAP pide una fecha hasta cuando aplica el factor multiplicador, pudiendo así cambiar de tasa en el año dado para calcular los escenarios.

4.5 Módulos de SIGAP

Los módulos de SIGAP, siguiendo las recomendaciones propuestas por gvSIG, se organizan de la siguiente forma:

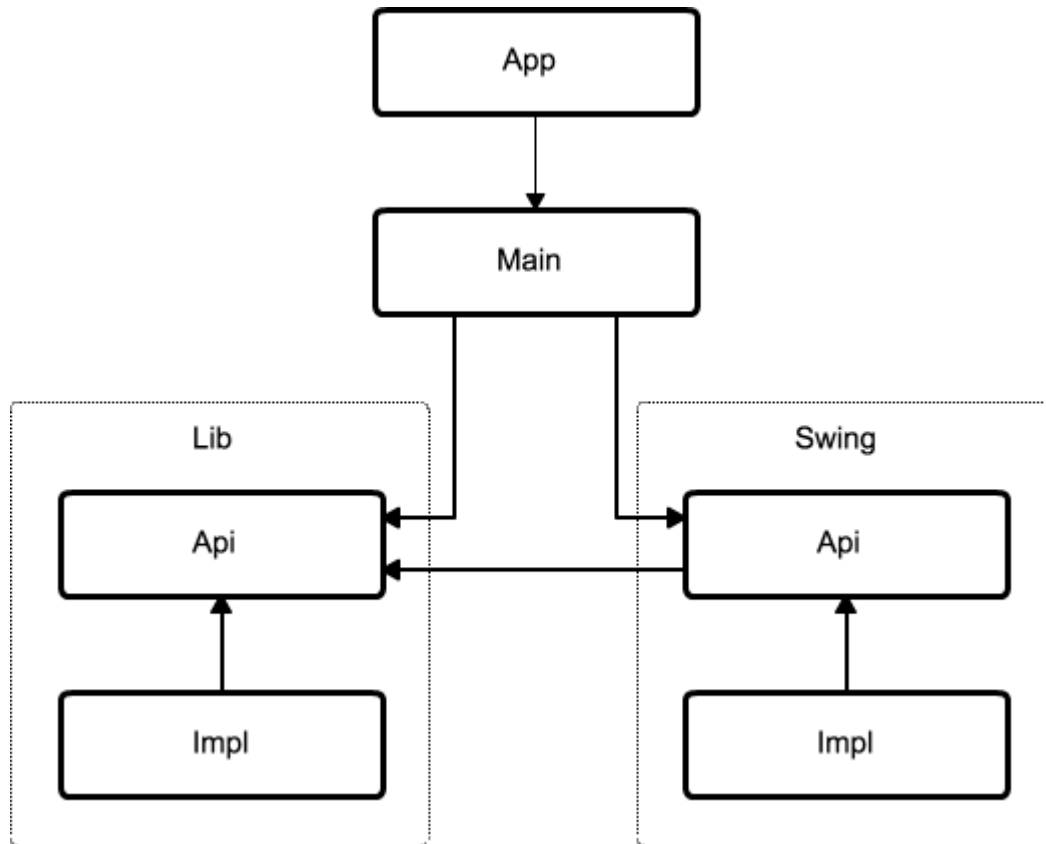


Figura 20. Arquitectura de SIGAP – Elaboración propia

Cada módulo representado en el diagrama se corresponde directamente con un proyecto en la estructura jerárquica antes mencionada (sección 3.7). Con lo cual, la estructura de proyectos que componen SIGAP queda representada por el siguiente diagrama.

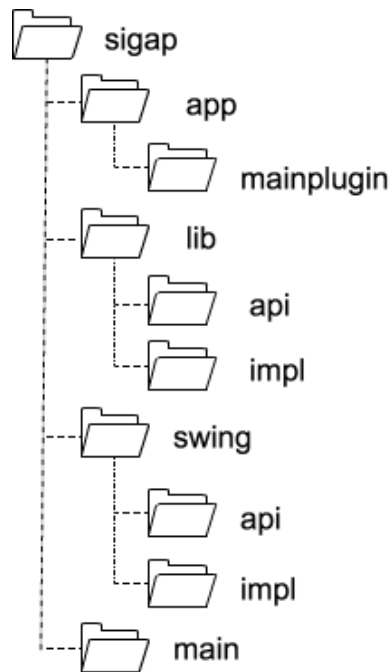


Figura 21. Estructura de Proyecto SIGAP – Elaboración propia

Cada uno de ellos tiene su objetivo y responsabilidades particulares. Son independientes el uno del otro y las únicas relaciones entre ellos son las que están representadas en el esquema.

Básicamente se explota la jerarquía de dependencias entre los distintos proyectos anidados que Maven provee. La estructura del plugin en un primer nivel, es un proyecto (extensión SIGAP) con cuatro módulos. Cada uno de estos en realidad es un subproyecto. Al compilar y generar el ensamblado, el proyecto padre SIGAP compila a sus cuatro subproyectos antes, y luego genera la versión correspondiente. Esto funciona con efecto recursivo, cada proyecto hace lo mismo con sus subproyectos.

El módulo App tiene por objetivo generar el plugin de modo que sea reconocido por gvSIG y a su vez sea ejecutable. Para esto necesita contemplar dos cosas. La primera es la definición de los módulos y librerías externas e internas que deben ser exportadas junto con el código del proyecto ya que van a ser utilizadas en tiempo de ejecución y forman parte del core de gvSIG (Ej. datePicker). La segunda es la definición del punto de entrada del plugin a gvSIG. Para esto, se definen los componentes del menú inicial y se implementan las interfaces de extensiones de gvSIG.

El módulo Main se encarga de inicializar los componentes. Es además quien contiene el contenido estático del proyecto. Es también el encargado de sobrescribir algunas funcionalidades de gvSIG en el caso de que se quieran modificar.

Dentro del módulo Lib se encuentra todo lo relacionado con la lógica del plugin. Este cuenta con dos subproyectos: Api e Impl. Api define la interfaz pública, que expone los servicios para que los demás módulos consuman. Impl es la implementación de esta interfaz.

Algo particular de esta relación es que ningún módulo, ni Api, conocen a Impl. El principal beneficio que esto trae es el bajo acoplamiento. Diseñando los módulos de esta forma es posible cambiar las implementaciones de las interfaces creando un módulo nuevo y sustituyendo el anterior sin necesidad de recompilar todo el proyecto. A nivel de implementación esto se resuelve desde el módulo Api, indicando que va a buscar en el classpath la clase con la implementación deseada. Java resuelve esto mediante reflection. Este mecanismo consta en ir a buscar la clase con determinado nombre a la JVM pudiendo instanciar la misma en tiempo de ejecución.

El proyecto Swing se encarga generar la interfaz gráfica, consumiendo los servicios de Lib. Es también encargado de mantener el flujo del programa. Al igual que Lib está compuesto por los módulos Api e Impl, los cuales tienen características similares a los ya mencionados.

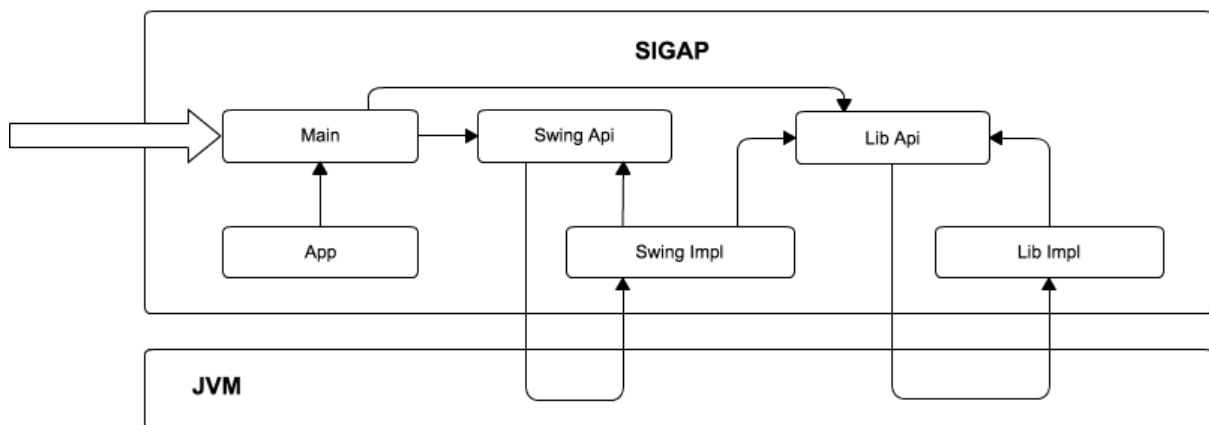


Figura 22. Diagrama de Interacción de Componentes – Elaboración propia

La flecha en la figura indica una llamada de gvSIG a SIGAP. La figura muestra cómo resuelve SIGAP esta llamada en un caso típico. La interfaz gráfica resuelve **Swing Api**, pero como no conoce al módulo **Swing Impl** busca a través de la JVM la implementación de la interfaz. Esta implementación se encuentra en **Swing Impl**, quien al construir los componentes gráficos necesita de la información adecuada para desplegar. Esta información la obtiene consumiendo las funciones expuestas por **Lib Api**. La interfaz de **Lib Api** es implementada por **Lib Impl**, que al igual que en el módulo **Swing**, para lograr instanciar la implementación debe hacerlo a través de la JVM.

Cuando inicia gvSIG debe cargar todos los Plugins que estén registrados. Cuando se incorpora SIGAP como plugin, el flujo es el siguiente:

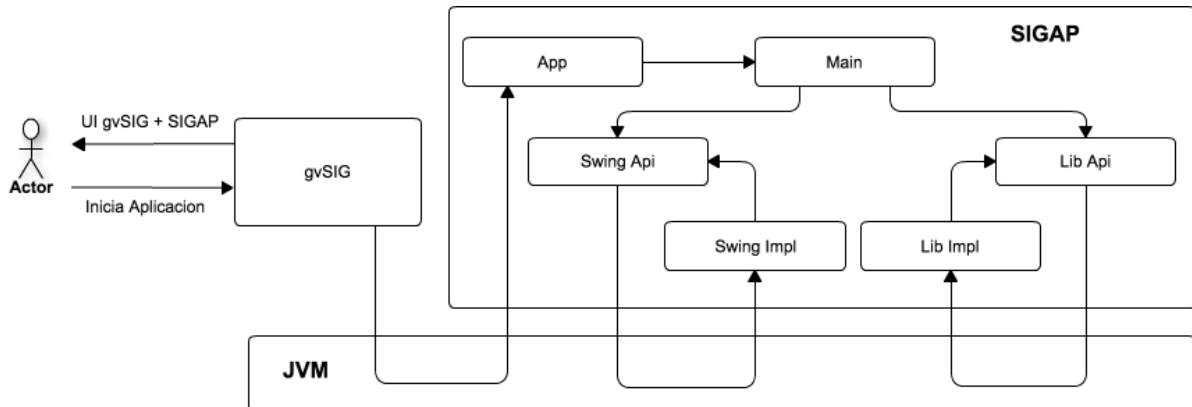


Figura 23. Interacción de Componentes 2 – Elaboración propia

Al quedar iniciado gvSIG, los módulos de SIGAP ya quedan instanciados. Las implementaciones de las interfaces son singleton, y ya quedan disponibles para ser utilizados.

4.6 Algoritmos Utilizados

4.6.1 Generación de escenarios

Para resolver la problemática de combinar las distintas alternativas de los distintos factores clave y así obtener una lista de escenarios resultado, se implementó el producto cartesiano.

El producto cartesiano entre dos conjuntos A y B, es el conjunto constituido por la totalidad de los pares ordenados que tienen un primer componente en A y un segundo componente en B. [38]

Por ejemplo, si el conjunto A está formado por los elementos 3, 5, 7 y 9, mientras que el conjunto B tiene los elementos m y r, el producto cartesiano de ambos conjuntos es el siguiente:

$$A \times B = \{(3, m), (3, r), (5, m), (5, r), (7, m), (7, r), (9, m), (9, r)\}$$

Para el caso de SIGAP, el producto cartesiano se realiza entre tantos conjuntos como factores claves hayan. Los valores que toman estos conjuntos están dados por las alternativas que estos posean.

A modo de ejemplo se propone el siguiente caso

Alternativa/Factor Clave	F1	F2	F3
A1	X	X	X
A2	X	X	
A3	X		X

Tabla 1. Combinaciones

Se tienen los siguientes 3 conjuntos:

- F1: F1_A1, F1_A2, F1_A3
- F2: F2_A1, F2_A2
- F3: F3_A1, F3_A3

Escenarios generados = $F1 \times F2 \times F3 = \{ (F1_A1, F2_A1, F3_A1), (F1_A1, F2_A1, F3_A3), (F1_A1, F2_A2, F3_A1), (F1_A1, F2_A2, F3_A3), (F1_A2, F2_A1, F3_A1), (F1_A2, F2_A1, F3_A3), (F1_A2, F2_A2, F3_A1), (F1_A2, F2_A2, F3_A3), (F1_A3, F2_A1, F3_A1), (F1_A3, F2_A1, F3_A3), (F1_A3, F2_A2, F3_A1), (F1_A3, F2_A2, F3_A3) \}$

4.6.2 Combinaciones imposibles

SIGAP debe proveer la posibilidad de filtrar escenarios imposibles a partir de ciertas combinaciones de factores clave y una alternativa dada. Para esto, se estudiaron dos soluciones posibles. La primera constaba que a la hora de generar los escenarios, no se generen aquellos que son imposibles. La gran ventaja es que aplicando podas al algoritmo, este se vuelve más performante y no genera escenarios imposibles. La desventaja de esta solución es que si luego de generados los escenarios, el usuario elimina alguna combinación imposible, los escenarios que no se hayan generado, se van a tener que calcular. Esto implica el reprocesamiento del algoritmo.

La segunda es que el sistema genere todos los escenarios con el algoritmo visto anteriormente y luego filtra aquellos que contengan combinaciones imposibles. Estos van a ser quitados de la lista de escenarios posibles y mostrados en la lista de escenarios filtrados. De esta forma, si el usuario elimina alguna combinación imposible, el escenario ya fue previamente calculado. Además permite ver si a partir de alguna combinación imposible se filtró algún escenario que no debería.

Se optó por desarrollar la segunda solución.

4.6.3 Agrupación de escenarios

El usuario tiene la posibilidad de agrupar escenarios que representan una misma realidad y elegir cual es el representante de esa agrupación.

Para lograr esto se creó una entidad GroupedScenes que guarda una colección de los escenarios agrupados y cuál es el representante. Este se establece al momento de crear la agrupación y permite seleccionar como representante a cualquiera de los escenarios a agrupar.

4.6.4 Proyección de un escenario

Una vez que está definido el modelo, para cada factor clave y sus alternativas asociadas se debe calcular el *valor final a la fecha de proyección*. Esto es en base a:

- Valor inicial del factor clave, tomando en cuenta a partir de qué fecha rige el valor.
- Factores multiplicadores de la alternativa
 - Una alternativa puede tener más de un factor multiplicador asociado, cada uno de estos tiene especificado hasta que fecha rige.

Para ello se utiliza una sucesión que se basa en la fórmula de interés compuesto [39], ajustada a SIGAP:

$$V_1 = V_0 * fm_1^{\min(f_p, f_1) - f_0}$$

$$V_{j+1} = V_j * fm_{j+1}^{\min(f_p, f_{j+1}) - \min(f_p, f_j)}$$

Dónde:

V_0	Valor inicial del factor clave.
f_0	Fecha a partir de la cual aplica el valor inicial.
f_p	Fecha de proyección.
$fm_i \ i > 0$	Factor multiplicador del periodo i.
$f_i \ i > 0$	Fecha hasta la cual aplica el factor multiplicador del periodo i.
V_n	Valor a calcular, tal que $f_n \geq f_p$ o $n = \# \text{factores multiplicadores}$.
$f_j < f_{j+1} \forall j$	Las fechas deben estar ordenadas en orden ascendente.

Para esto se supone el siguiente caso, para uno de los polígonos de la capa del factor:

- Valor inicial: 5 (V_0).
- Fecha a partir de la cual rige el valor inicial: 2010 (f_0).

- Factor multiplicador 1: 1.5 (f_{m_1}).
- Fecha hasta la cual aplica el factor multiplicador 1: 2012 (f_1).
- Factor multiplicador 2: 1.7 (f_{m_2}).
- Fecha hasta la cual aplica el factor multiplicador 2: 2015 (f_2).
- Fecha de proyección: 2016 (f_p).

Cálculo a realizar:

$$V_1 = 5 * 1.5^{\min(2016, 2012) - 2010} = 11.25$$

$$V_2 = 11.25 * 1.7^{\min(2016, 2015) - 2012} = 55.27$$

La proyección al año 2016 es 55.27

4.7 Pruebas de Concepto / Benchmark

Para tomar ciertas decisiones, sobre todo en la etapa de análisis y desarrollo, se realizaron pruebas de concepto con el fin de medir cuán factible era realizar el desarrollo. El algoritmo que presentaba mayor complejidad para la administración de los recursos de la computadora: memoria y CPU es el que combina todos los factores clave con sus alternativas. Este es el producto cartesiano como se explica en la sección anterior.

La siguiente tabla muestra la cantidad de escenarios futuribles a partir de la cantidad de alternativas y factores clave.

	Factores Clave					
Alternativas	7	8	9	10	11	12
2	128.00	256.00	512.00	1,024.00	2,048.00	4,096.00
3	2,187.00	6,561.00	19,683.00	59,049.00	177,147.00	531,441.00
4	16,384.00	65,536.00	262,144.00	1,048,576.00	4,194,304.00	16,777,216.00
5	78,125.00	390,625.00	1,953,125.00	9,765,625.00	48,828,125.00	244,140,625.00

Tabla 2. Cantidad de futuribles según Factor Clave y Alternativa

Además de obtener el número de escenarios, se realizaron pruebas de performance para calcular los tiempos de procesamiento necesarios para generar los escenarios. Es importante destacar que los cálculos fueron realizados para generar las combinaciones, en ninguna de ellas se aplicaron cálculos o se instancian objetos dentro de ellas. En caso de ser así los tiempos de respuesta hubieran variado exponencialmente. Los datos de la tabla que se muestra a continuación son expresados en milisegundos.

Alternativas	FactoresClave					
	7	8	9	10	11	12
2	20.00	25.00	30.00	58.00	83.00	185.00
3	66.00	221.00	963.00	3,478.00	10,954.00	38,612.00
4	547.00	3,258.00	13,173.00	56,857.00	1,192,868.00	5,776,620.00
5	3,463.00	17,226.00	94,671.00	560,441.00	23,363,987.00	

Tabla 3. Tiempo de generación de futuribles

El último valor no fue obtenido debido a que al pasar dos días, la ejecución no había finalizado y se decidió cortarla.

Teniendo en cuenta que los tiempos de respuesta fueran aceptables y que la cantidad de soluciones fuera manipulable por los analistas prospectivos se decide tomar la combinación de 10 factores clave con 3 alternativas cada uno. Esta decisión además fue validada por la cliente quien, viendo la situación planteada, también creyó que era la mejor solución en cuanto al equilibrio entre performance y funcionalidad brindada.

Las pruebas fueron realizadas sobre una computadora MacBook Pro con un procesador Intel Core i7 [40] con 16GB de memoria DDR3.

4.8 Decisiones tomadas de implementación

Una vez comenzada la etapa de implementación se tomaron tres decisiones con respecto al alcance y solución del proyecto.

- Luego de los resultados de las pruebas, se decide restringir a 3 las alternativas para cada factor clave. Esto se decide por dos razones. La primera es que tener hasta 5 alternativas podía generar que el procesamiento sea demasiado y no logre terminar de ejecutarse. La segunda es que analizando el caso de estudio no es habitual, y de hecho sería un caso excepcional, querer estudiar más de 3 alternativas de tendencia para un factor. Esto fue planteado a la cliente y validado por la misma.
- El sistema en una primera instancia debía ser capaz para cada factor clave y para cada una de sus alternativas, de cruzar las capas entre estos. Es decir, en el caso de tener un factor clave, para el cual tiene 3 factores multiplicadores para la alternativa A, hacer la unión entre las 4 capas que lo representan (la del valor inicial, y la de cada una de los factores multiplicadores), para así poder una vez teniendo la unión de las capas calcular la proyección para cada uno de los polígonos de la capa resultante. Luego de estudiar el plugin de SEXTANTE [41], que permite la ejecución de geoprocesos en gvSIG, no se logró integrar la API de

SEXTANTE con SIGAP. Se consultó con la comunidad y con los desarrolladores de gvSIG, con reunión por videoconferencia de por medio, y se llegó a la conclusión que no era posible integrarlo al proyecto. Por lo cual, esto implica agregar un paso extra para el usuario de generar la unión, y una nueva funcionalidad, que permita al usuario cargar la capa resultante.

Cabe destacar que ante la situación planteada, el equipo de desarrollo de gvSIG se comprometió a desarrollar una API que fuera compatible con Java y utilice la API de SEXTANTE para que en la siguiente versión, 2.4.0, sea posible esta integración.

- Para mejor manejo del proyecto se decidió para cada capa cargada, crear una copia de la misma y guardar solamente los valores de la columna seleccionada para esa capa. Esto permite que los procesos que realiza SIGAP sobre las capas involucradas no interfieran con otros trabajos realizados sobre las mismas. A su vez, se crea una carpeta local con el nombre de proyecto en el cual se está trabajando y en dicha carpeta se guardan todas las capas relacionadas con el proyecto. De esta forma también se facilita la exportación del proyecto, ya que al importar el proyecto se cargan las capas utilizadas. Y en caso de cambiar de computadora basta con copiar esa carpeta creada. Para facilitar el cálculo de la proyección y homogeneizar los nombres de las columnas, se renombran las columnas en base a lo que representen.

4.9 Oficialización del plugin

Uno de los objetivos propuestos es liberar el plugin de forma oficial para los usuarios de gvSIG. Con este motivo se contactó a los responsables por parte de gvSIG y remarcaron las distintas modalidades para las liberaciones de los plugins.

Para disponibilizar un plugin existen 2 modalidades; como plugin de la comunidad o como plugin oficial.

La forma más sencilla es liberarlo como un **plugin de la comunidad**. Para liberar un plugin en esta modalidad simplemente se tiene que disponibilizar el mismo y que este quede disponible en el sitio oficial de descargas de gvSIG.

La otra modalidad que existe es como **plugin oficial**. Dentro de estos, existen tres niveles:

- El nivel básico, pide que el plugin vaya con documentación asociada. Es decir, que no sea solo el plugin sino que cuente con un manual de usuario,

y con una explicación de que hace y cuál es el objetivo de dicho plugin. Además el plugin debe ser traducible: Si bien no exigen las traducciones a ningún otro lenguaje, debe poder ser adaptable agregando simplemente un archivo de traducciones.

Otro requerimiento es que además del plugin, el código también quede disponible en algún repositorio y que el mismo cuente con pruebas unitarias.

- Un segundo nivel, Intermedio, exige además del nivel básico que la herramienta de resolución de dependencias, pero sobre todo de compilado y estructura de proyecto sea Maven. Esto responde a que gvSIG podría compilar automáticamente el plugin liberado, desde un servidor Jenkins [42] cada vez que se libera una versión.
- El tercer nivel, Avanzado, es que se utilice para el desarrollo la arquitectura propuesta por gvSIG de separación de capas y módulos según la lógica y la interfaz gráfica.

Debido a la selección de las tecnologías, la arquitectura, el diseño y la implementación llevadas a cabo en el proyecto, SIGAP está en condiciones de aplicar como plugin oficial de nivel avanzado.

Un requerimiento fundamental para lograr un plugin oficial de gvSIG es que el código quede licenciado bajo alguna licencia de los tipos: GNU GPL v3 [43] o alguna compatible con creative commons [44]. SIGAP se licenció bajo GNU GPL para poder ser liberada como plugin oficial. Este tipo de licencias permiten a los distintos usuarios copiar, modificar y redistribuir el código generado. Esto es de gran importancia en una comunidad de desarrollo. Además esta licencia cuenta con la posibilidad que si se desea comercializar con versiones o modificaciones del código debe ser siempre con el consentimiento de los creadores. Esta licencia le da la potestad a gvSIG y el beneficio a los desarrolladores de que, si en una próxima versión de gvSIG los tests del plugin no pasan satisfactoriamente, los propios desarrolladores de gvSIG podrían hacer las adaptaciones necesarias.

Capítulo 5 - Pruebas y Validación.

Este capítulo está destinado a la sección de pruebas. Se presentan el plan de pruebas y los resultados obtenidos. También se presenta el caso de estudio representativo propuesto por la cliente.

5.1 Metodología

La calidad del software depende de diversos factores. Para la formulación del plan de pruebas se priorizaron ciertos factores considerados especialmente importantes para el software construido. Uno de estos es evaluar si la solución propuesta es realmente una solución al problema planteado originalmente. Con el objetivo de verificar que esto se cumpla, se diseñan las pruebas funcionales.

Como el software en este proyecto es desarrollado a partir de una necesidad de un cliente, son de vital importancia las pruebas de aceptación del mismo.

Por último, para asegurar la calidad en el código y la tolerancia a fallos, se realizan pruebas unitarias y de integración.

Las pruebas son realizadas a lo largo de todo el proceso de desarrollo. Una vez que el producto es terminado se vuelve a testear de forma completa para asegurar el correcto funcionamiento del mismo en su conjunto, pero el esfuerzo más grande en las pruebas es cuando se libera una funcionalidad.

La calidad del software está directamente relacionada e influenciada por la realización de las pruebas en los momentos adecuados. Es por esto que la metodología aplicada para el desarrollo fue diseñada con el objetivo de obtener la mejor calidad de software posible.

El proceso definido se apoyó fuertemente en la tecnología utilizada para el control de versiones. En este caso se utilizó GIT [45] como Software Content Management (SCM). La metodología utilizada se ve representada en la siguiente figura.

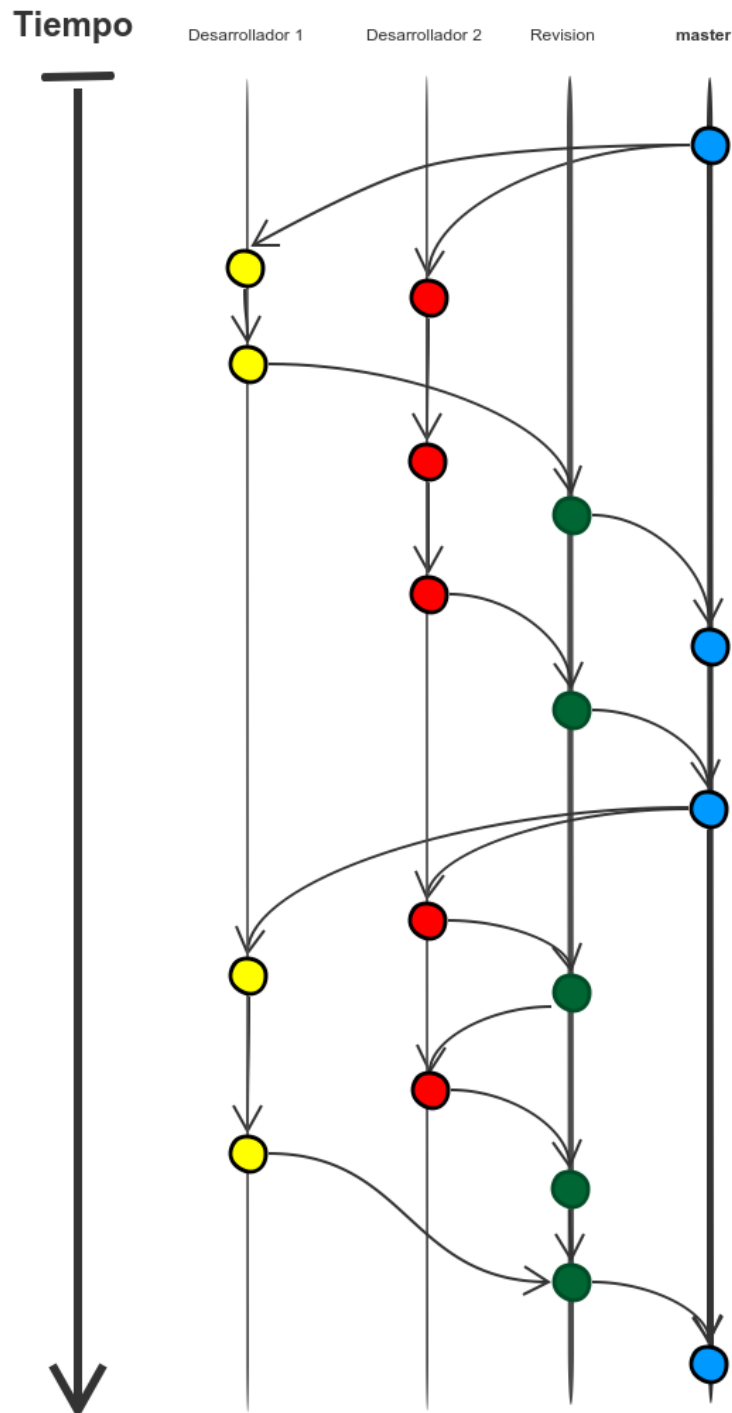


Figura 24. Metodología de Desarrollo. Elaboración propia.

En el diagrama se puede ver la línea llamada master. Esta es la rama principal, también llamada línea base. Esta contiene el código que está probado y de la cual se puede generar una versión en cualquier momento. La línea de revisión se utiliza para subir los cambios implementados por un desarrollador y se encuentra en condiciones de ser revisado por el otro desarrollador. Luego se ven las ramas sobre las cuales trabaja cada uno de los desarrolladores. Los círculos de colores representan los commits realizados.

La metodología utilizada constó en que cada nueva funcionalidad que es desarrollada, por más pequeña que fuere, debía implementarse en una rama independiente. Manteniendo la línea base libre de toda pieza de software que no fuera verificada y validada previamente.

Una vez que un desarrollador termina de implementar una nueva funcionalidad, es responsable de realizar las pruebas correspondientes a dicha funcionalidad. Cuando considera que realizó las pruebas suficientes, y el código está en condiciones de pasar a la línea base del proyecto, es necesario que tenga una revisión de código por parte de otro desarrollador.

Una vez que los dos están de acuerdo con que el código y la funcionalidad cumplen con los estándares de calidad propuestos en el proyecto, la solicitud es aceptada y el código pasa a línea base.

Esta metodología tiene sus ventajas y desventajas. En el momento que se definió, fue considerado que las ventajas eran superiores a las desventajas. La principal desventaja, es que se avanza en las funcionalidades más lentamente. Esto es por la cantidad de revisiones que sufre el código antes de lograr avanzar. Por otro lado cuenta con importantes beneficios. En primer lugar los tests son realizados a medida que el software es desarrollado y no solo al final. Además el software no es solamente probado por la funcionalidad resultante, sino que el código también es revisado.

5.2 Pruebas realizadas

Según la metodología aplicada, el plan de pruebas se puede dividir en dos etapas: las realizadas durante el desarrollo y realizadas una vez finalizado.

Las pruebas realizadas a medida que el software es construido son las unitarias y las de revisión de código. A su vez las pruebas unitarias pueden ser divididas en las que son realizadas en el mismo código (pruebas programadas) como en las que realiza cada desarrollador manualmente.

Las pruebas programadas son realizadas para las funciones consideradas más importantes. Si bien esto puede ser muy arbitrario, y efectivamente queda a criterio de cada programador, como criterio mínimo se realizan pruebas programadas a todas las funciones de las interfaces definidas. La tecnología utilizada para realizar las mismas es JUnit.

Las pruebas realizadas luego de tener el software construido son las funcionales, de integración y de aceptación de usuario. Las pruebas funcionales son realizadas

para cada uno de los requerimientos definidos y siguiendo los casos de uso y los prototipos realizados.

El foco principal de las pruebas funcionales estuvo puesto en:

- Administración de Proyectos: Creación, Guardado y apertura (RF1, RF2 y RF3)
- Definición del problema: Creación de Factores Clave y alternativas (RF4 y RF5)
- Restricciones y agrupaciones: Combinaciones imposibles y agrupación de escenarios (RF7 y RF8)
- Generación de Combinaciones (RF6)
- Proyección de valores (RF9)

Como el flujo de SIGAP es bastante abierto, no fue del todo sencillo probar todas las opciones posibles. Para realizar las pruebas correspondientes se definieron los flujos más frecuentes y algunos secundarios para prestar especial atención en los mismos.

Durante la etapa de implantación del proyecto existió una liberación de gvSIG. Cuando se comenzó, la versión de gvSIG era la 2.2 y en octubre de 2016 se libera la versión 2.3. Cuando se lanza esta versión, el plugin es testeado en la misma y no requirió de modificaciones.

En los últimos años gvSIG ha avanzado en las tecnologías que utiliza. Uno de los cambios que están planificados para el mediano plazo es la migración de la versión 1.7 de Java a la 1.8. Previendo esta situación SIGAP ha sido testeada en Java 1.8 y si gvSIG se migra por completo a esta versión, el plugin sigue siendo compatible.

5.3 Caso de estudio

En esta sección se presenta un caso de estudio en el cual se aplica el método prospectivo y como ayuda SIGAP a realizar los estudios correspondientes. Este caso fue elaborado por Rosario Casanova y presentado en el CLAEH [46]. El informe completo se encuentra en el anexo 2.

Este estudio se sitúa en la temática “Incidencias de las políticas de acceso a la vivienda de interés social sobre el territorio Montevideano”. La aplicación de políticas de vivienda, orientadas a mejorar el acceso a los habitantes de una región, pueden generar diferentes realidades sobre el territorio. Las viviendas, las redes de infraestructuras y servicios, la realidad ambiental son elementos que integran un mismo sistema, por tanto interactúan entre sí.

La coexistencia de varios de estos elementos en un mismo territorio, así como los posibles comportamientos de cada uno de ellos genera diferentes escenarios. La aplicación de las políticas de vivienda componen un mapa territorial particular.

El objetivo es elaborar diferentes futuribles sobre la vivienda de interés social al 2030 de manera de poner en evidencia las posibles puntos débiles de las posibles políticas públicas.

Para esto se definen los factores clave:

- Factores Endógenos
 - Déficit Habitacional.
 - Producción Habitacional.
 - Mercado de suelo y vivienda.
- Exógenos
 - Economía familiar: socio económica.
 - Políticas de incentivo viviendas de interés social.
 - Inversiones.
 - Servicios e infraestructuras.
 - Políticas sobre la vivienda rural.
 - Zonas de vulnerabilidad ambiental.
 - Políticas de gestión de asentamientos informales.
- Intangibles
 - Preferencias locativas.
 - Beneficios sociales de vivir en asentamientos.

Cada uno de los factores clave tiene a su vez varias dimensiones. Para realizar el estudio se seleccionaron las dimensiones más relevantes de los factores clave. A su vez, se enfrentó al problema de que los datos que se quieren representar no han sido medidos, o al menos no se encuentran los datos disponibles de forma sencilla.

A modo de ejemplo, para el factor clave “Déficit Habitacional” se identifican las siguientes dimensiones:

- Déficit de viviendas.
- Tasa de crecimiento anual de viviendas.
- Número total de hogares.
- Número de viviendas particulares.
- Número de viviendas formales.
- Número de viviendas informales.
- Número de viviendas nuevas construidas.
- Número de viviendas con materiales permanentes.
- Localización de concentración de población con déficit habitacional cuantitativo.
- Localización de viviendas nuevas construidas.

En lugar de agregar la información correspondiente a cada una de las dimensiones, se cargan solo aquellas que hayan sido medidas y exista el dato, y que sean los más representativos. En este caso particular se seleccionaron: %Stock de viviendas ocupadas y cantidad de hogares. Con estos dos datos, se puede medir, a grandes rasgos el déficit de viviendas.

Resumiendo todos los casos de factores clave y dimensiones, se obtiene la siguiente lista.

Factor Clave	Dimensión	Capa	Campo	Tendencia Robusta	Señales de futuro	Rupturas
Deficit Habitacional	%Stock vivienda ocupado	Marco2011_ZONA_Monteideo_VivHogPer	Calculado = V_TOT_OC / V_TOT	1 al 2030	1.1 al 2030	0.9 al 2030
	Cantidad de hogares	Marco2011_ZONA_Monteideo_VivHogPer	H_TOT	1.12 en asentamientos 1.05 resto	1.1 al 2030	0.8 al 2030
Producción Habitacional	Población	Marco2011_ZONA_Monteideo_VivHogPer	P_TOT	1.08 anual en asentamientos 0.85 resto al 2030	1 al 2030	0.95 en asentamientos al 2030 0.85 resto al 2030
	Censo	Marco2011_ZONA_Monteideo_VivHogPer	V_TOT	1.12 al 2030	1.08 hasta 2020 1 hasta 2030	1 al 2030
Socio - económicas	Personas que trabajan	Marco2011_SEG_Monteideo_Total	TR_EN	1 al 2030	0.8 al 2030	0.88 al 2030

Tabla 4. Factores clave

Como se mencionaba en el capítulo 2, en SIGAP se llama factor clave a las dimensiones. Por este motivo, van a existir 5 factores clave en el sistema.

Ya cargados los datos en SIGAP se obtiene el siguiente resultado:

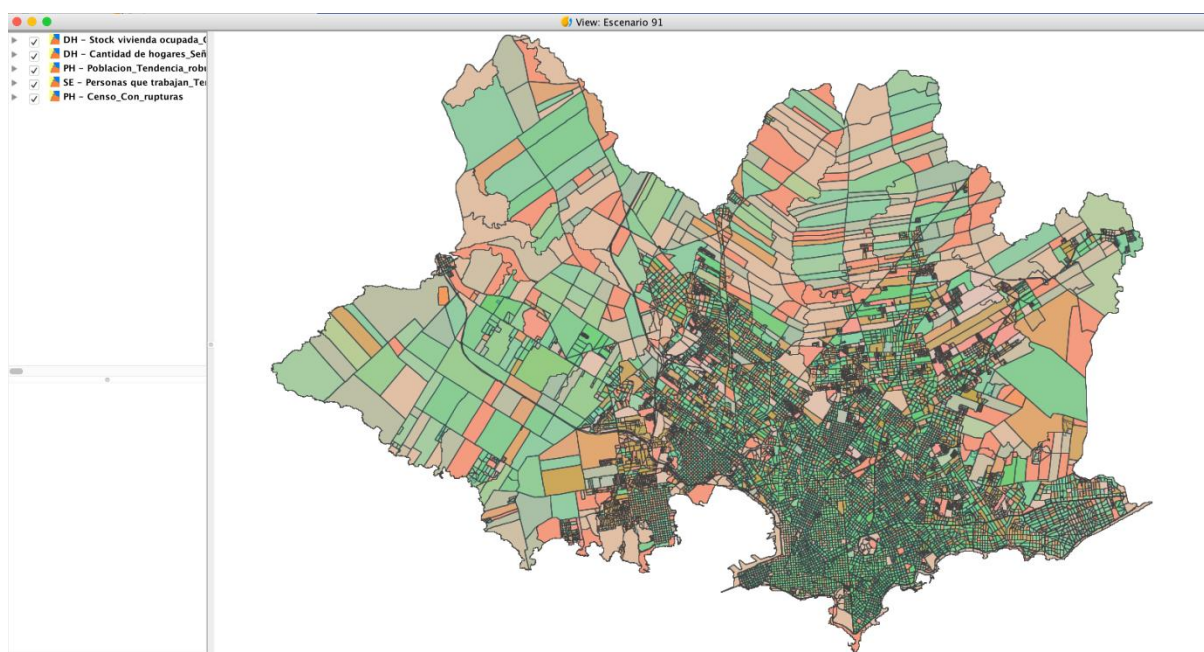


Figura 25. Caso de estudio SIGAP 1/2

Utilizando códigos de colores por cada capa que compone al escenario, segmentando gradualmente el color según la criticidad se obtiene un mapa como el anterior.

Además para cada segmento censal se obtienen la información de cada uno de los factores clave pudiendo ver el detalle.

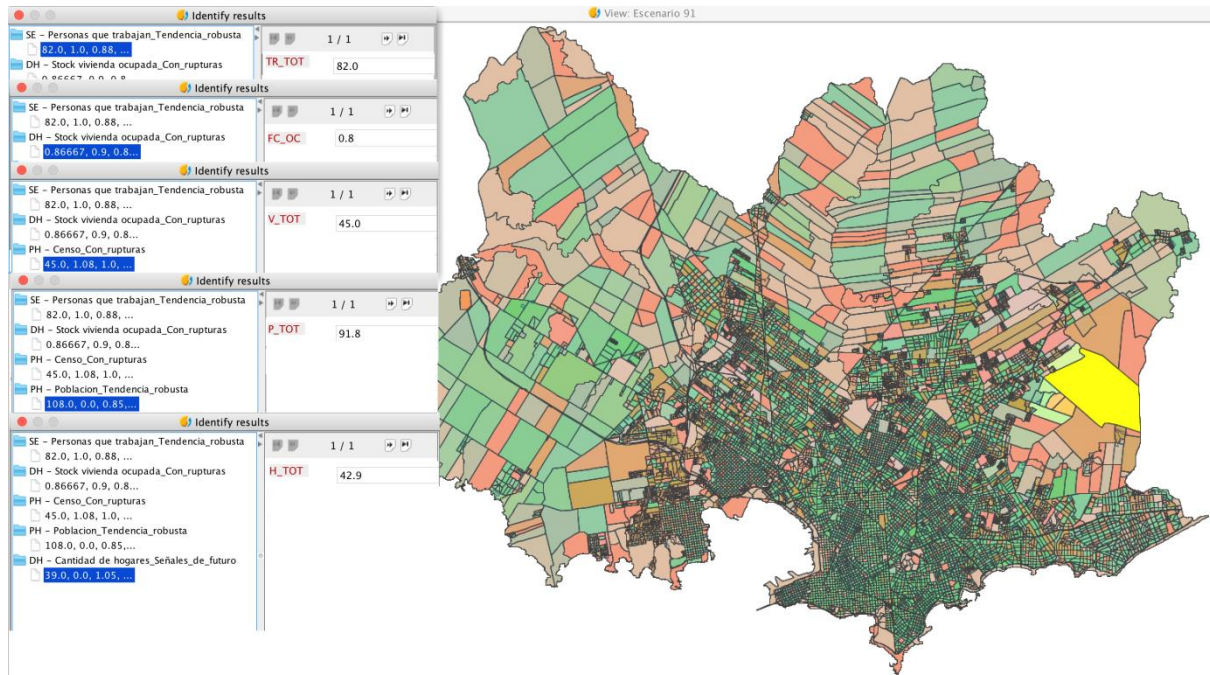


Figura 26. Caso de estudio SIGAP 2/2

Con esta información, un analista prospectivo puede continuar su análisis y usarlo como insumo adicional. Es importante destacar que existen diversos factores como los mencionados dentro de "intangibles" que no se pueden medir pero afectan a la realidad e inciden en el futuro. Estos factores no se pueden modelar en SIGAP.

Los datos geográficos utilizados para este análisis fueron obtenidos del área de información geográfica de la Intendencia de Montevideo [47].

Capítulo 6 - Gestión del proyecto

En este capítulo se describe la organización y planificación del trabajo realizado a lo largo del proyecto enfocándose en el proceso en lugar del producto.

Se detallan las etapas planificadas al inicio del proyecto y luego se describen las desviaciones ocurridas a lo largo del proyecto.

6.1 Planificación inicial

Al comienzo del proyecto se identificaron las distintas fases que sería necesario llevar a cabo para poder alcanzar los objetivos planteados. Dichas fases constaban de:

- Estudio previo

Al inicio del proyecto se debió leer la documentación existente del proyecto anterior, así como también interiorizarse en los temas afines al proyecto en sí, como ser el análisis prospectivo, Sistemas de información geográfica, etc.

Basando los cálculos en una dedicación semanal de entre 30 y 40 horas hombre (dos desarrolladores con una dedicación de entre 15 y 20 horas), se estimó que esta tarea con llevaría unas 3 semanas de esfuerzo.

- Instalación del ambiente

Una vez instruidos acerca de lo que trataba el proyecto, se comenzó la instalación del entorno de desarrollo, así como del producto en sí, gvSIG. El tiempo que se estimó necesario fue de 2 semanas, debido a que se sabía que la documentación existente del proyecto anterior era débil en este punto. Además los productos a instalarse no cuentan con soporte adecuado sobre el cual apoyarse para hacer funcionar el ambiente en el entorno de trabajo (macOS).

- Análisis del producto

Esta fase implica el análisis del código existente, conjuntamente con lecturas de soporte orientadas a la temática, que permitiera una comprensión del funcionamiento integral de la herramienta. Se planificó una semana de trabajo para esta tarea.

- Identificación de cambios

La próxima fase implica analizar el código más en detalle, identificando posibles mejoras de diseño y algoritmia, para darle al producto mejores prestaciones y tener una base más sólida para futuras fases donde se

deban desarrollar funcionalidades. En esta misma fase, se debe también comprender la nueva arquitectura de gvSIG 2.0, ya que hubo un cambio significativo con respecto a la 1.1 utilizada en el proyecto anterior. Se estimó 2 semanas

- Diseño y arquitectura de software
En esta fase, dada la información obtenida en las fases anteriores, se espera construir el diseño y arquitectura de SIGAP. Para esta fase se estimó 2 semanas de trabajo.
- Implementación de solución
Esta fase se divide en distintos puntos:
 - Integrar plugin a gvSIG - 2 semanas
 - Diseño de pantallas - 2 semanas
 - Implementación de algoritmo para calcular escenarios posibles - 2 semanas
 - Manejo de capas integradas a SIGAP - 4 semanas
 - Persistencia de proyectos - 2 semanas
 - Manipulación de capas - 5 semanas
 - Estandarizar plugin para disponibilizar como oficial en gvSIG - 2 semanas
- Documentación
La documentación se realiza a lo largo de todo el proyecto de grado. Para esta tarea se estimó 4 semanas si se suman los tiempos dedicados durante el mismo.

A continuación se muestra el diagrama de Gantt [48] que representa las distintas fases del proyecto en una línea de tiempo. Veremos en dicho diagrama que el comienzo de una tarea se pensaba dar al finalizar inmediatamente anterior, esto se debía a la interdependencia que se supuso entre las actividades, las cuales brindaban su resultado final como entrada a la tarea siguiente.



Figura 27. Gantt Propuesto

6.2 Contraste y análisis de diferencia entre plan y ejecución

6.2.1 Contraste

La siguiente tabla muestra la dedicación en horas y el porcentaje del tiempo dedicado en los distintos meses indicando la tarea realizada.

Mes	Tema	Dedicacion en horas	%
abril 2015	Estudio y Análisis	54	4,45%
mayo 2015	Estudio y Análisis	38	3,13%
junio 2015	Documentacion	44	3,62%
julio 2015	Documentacion	46	3,79%
agosto 2015	Diseño y Arquitectura	50	4,12%
septiembre 2015	Diseño y Arquitectura	36	2,97%
octubre 2015	Diseño y Arquitectura	24	1,98%
noviembre 2015	Documentacion	14	1,15%
diciembre 2015	Documentacion	8	0,66%
enero 2016	Documentacion	8	0,66%
febrero 2016	Documentacion	20	1,65%
marzo 2016	Documentacion	40	3,29%
abril 2016	Diseño y Arquitectura	56	4,61%
mayo 2016	Desarrollo	78	6,43%
junio 2016	Desarrollo	124	10,21%
julio 2016	Desarrollo	146	12,03%
agosto 2016	Desarrollo	138	11,37%
septiembre 2016	Desarrollo	80	6,59%
septiembre 2016	Testing	90	7,41%
octubre 2016	Documentacion	120	9,88%

Tabla 5. Dedicación en horas

En este gráfico se refleja la dedicación horaria de los integrantes del equipo por mes.

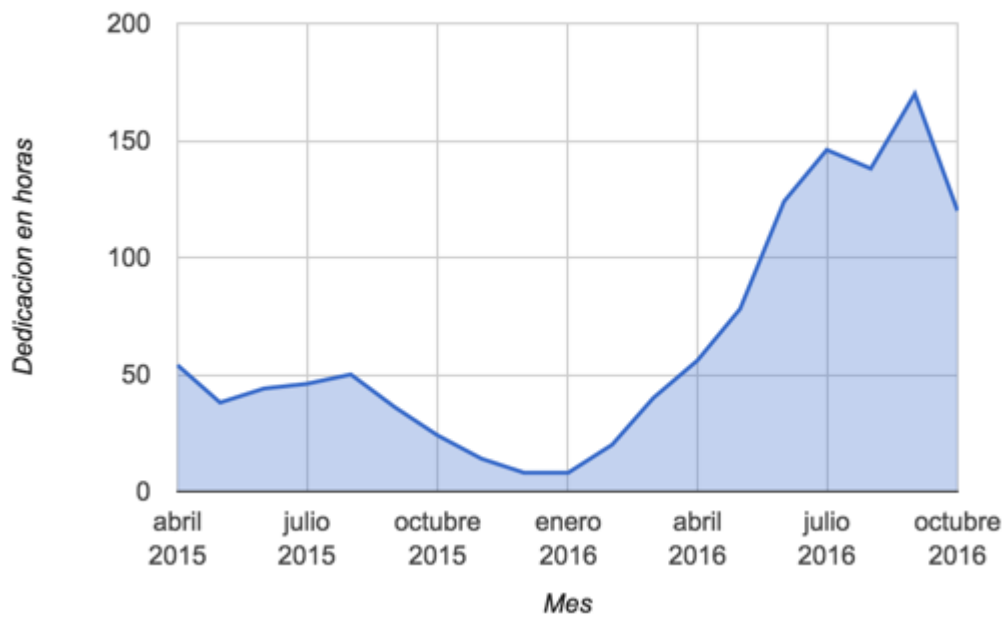


Figura 28. Dedicación en Horas por Mes

La tabla a continuación muestra la dedicación en horas y el porcentaje dedicado según las distintas tareas realizadas.

Tema	Dedicacion en horas	%
Estudio y Análisis	92	7,58%
Documentacion	300	24,71%
Diseño y Arquitectura	166	13,67%
Desarrollo	566	46,62%
Testing	90	7,41%

Tabla 6. Dedicación por fases

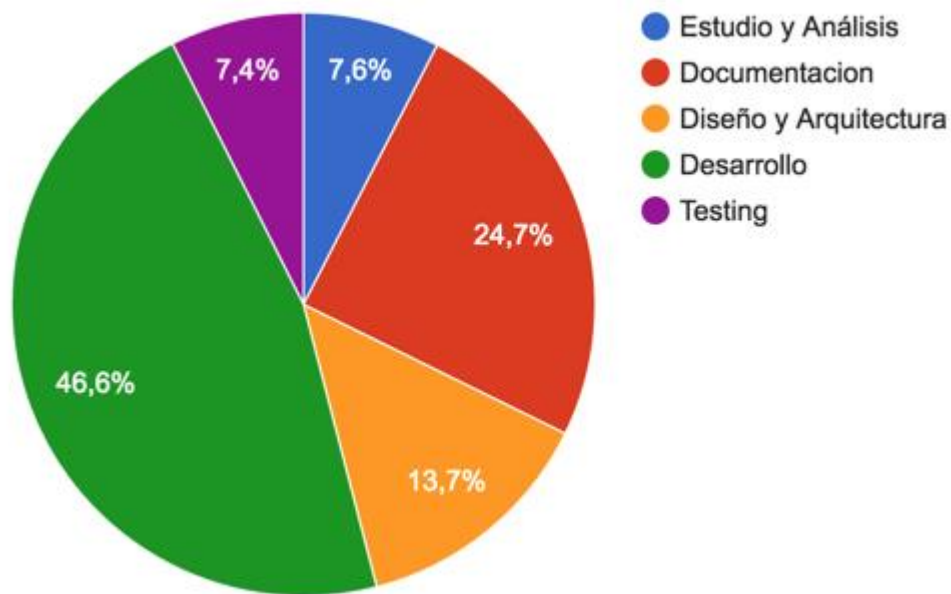


Figura 29. Distribución de Tiempo por Fase

6.2.2 Análisis de diferencia entre el plan y la ejecución

Los primeros meses del proyecto fueron dedicados exclusivamente a la investigación de fundamentos teóricos de las distintas temáticas del proyecto.

El equipo realizó un informe sobre lo que ya estaba implementado sobre la arquitectura anterior y estado del arte. Ese documento fue de gran ayuda para poder hacer un estudio exhaustivo del proyecto.

Por otro lado, la instalación del ambiente costó más de lo previsto ya que se trabajó con macOS y hubo que adaptar la instalación existente de gvSIG.

La disminución del esfuerzo entre octubre 2015 a febrero 2016 que se ve reflejado en la Figura nro. 23, se debe principalmente a la falta de la validación de los requerimientos. Dada esta situación y que ambos miembros del equipo debían rendir su último examen, la dedicación fue dividida entre ambas tareas.

El equipo se apoyó en la comunidad de gvSIG ante problemas detectados. En uno de ellos, dicha comunidad no logró contribuir a la solución del problema y

esto llevó a una dedicación de tiempo más elevada de lo previsto para culminar el desarrollo.

Capítulo 7 - Conclusiones

En este capítulo se exponen las conclusiones del trabajo, dificultades encontradas, posibles extensiones y lecciones aprendidas.

7.1 Conclusiones

El objetivo general del proyecto fue la construcción de un software que facilitara el trabajo a los analistas prospectivos. Dicho software debía ser implementado como extensión de un software SIG existente llamado gvSIG.

Para cumplir dicho objetivo fue necesario en una primera etapa realizar un estudio sobre qué es la prospectiva y como se realizan los estudios prospectivos. También fue necesario adquirir conocimientos de que son los software SIG, que tipos de datos manejan y en particular conocer el detalle de la implementación de gvSIG.

Se diseñó SIGAP como un plugin capaz de ser incorporado a gvSIG siguiendo los estándares propuestos por la comunidad de desarrollo de gvSIG. El código generado es licenciado bajo la licencia GNU GPL v3 y es puesto a disposición de la comunidad de forma oficial al igual que el mismo plugin. Cabe destacar que no solo fue puesto a disposición el código como era el objetivo, sino que además se logró hacerlo de forma oficial.

En cuanto a las tecnologías y herramientas utilizadas fueron todas las propuestas por gvSIG y en cuanto a las que no estaban definidas, se utilizaron aquellas con las que ambos miembros contaban con experiencias previas.

Es importante mencionar también que el equipo trabajó en contacto con la comunidad de desarrollo de gvSIG así como con los representantes de la misma. A partir de lo conversado con los mismos se encontraron algunas falencias sobre los servicios que gvSIG brinda. Los encargados se dispusieron a realizar los cambios pertinentes para disponibilizar los servicios necesarios en próximas versiones.

Poniendo en práctica un modelo prospectivo real, aplicado al territorio uruguayo, con la temática de "Incidencias de las políticas de acceso a la vivienda de interés social sobre el territorio Montevideano" descrito en el capítulo 5 con todo su detalle en el Anexo 2. Se encontraron que para este caso de estudio no se obtienen los datos necesarios para la definición del problema. Esto es una

limitante para los prospectivistas ya que se debe partir de ciertas suposiciones para lograr los futuribles.

7.2 Dificultades encontradas

La primera dificultad encontrada fue que los integrantes del grupo trabajan, y en el primer año seguían con materias además del proyecto de grado. Dado que el proyecto no tiene entregas parciales, es fácil sacarle prioridad al proyecto para atender a otras entregas.

Para prevenir esto, se fijaron dos días en la semana para reunirse y avanzar, al margen de los avances de cada uno por su lado. Luego se decidió dedicarse a terminar las materias ya que se terminaban las clases y comenzaba el periodo de exámenes, y se sabía que no se iba a poder estar 100% con el proyecto. Afortunadamente en febrero los integrantes del equipo pudieron terminar con todo lo pendiente.

En 2016, el foco fue completo en el proyecto y se fijaron 4 días a la semana para el proyecto. Dos entre semana, y el fin de semana completo, ya que entre semana el tiempo que tenían los integrantes no era suficiente.

Otra dificultad encontrada fue que no se encontró mucha documentación sobre la ejecución de geoprocesos en gvSIG. La documentación existente está orientada a los usuarios de gvSIG y no a los desarrolladores. Faltó tal vez análisis en la primera etapa y armar un prototipo real para entender el problema a enfrentar.

El hecho de que el proyecto se enmarca en un área de investigación, la creación de un caso de estudio aplicado a la realidad no fue sencillo de construir. Una vez construido el caso de estudio, otra dificultad encontrada fue obtener los valores georeferenciados correspondientes para cada uno de los factores clave.

Por último, el primer año, fue difícil encontrar los tiempos para reunirse con el cliente, debido a distintas responsabilidades laborales de parte del equipo y del cliente.

7.3 Posibles extensiones

Si bien era un requerimiento implementar el plugin para gvSIG 2.0, que es una aplicación de escritorio. Debido al fuerte crecimiento de las aplicaciones web, parece razonable cuestionarse si los SIG también siguen esta tendencia. Las aplicaciones web son populares debido a lo práctico del navegador web como cliente ligero, a la independencia del sistema operativo, así como a la facilidad

para actualizar y mantener aplicaciones web sin distribuir e instalar software a los usuarios. Por lo tanto se puede pensar que una posible extensión trabajo a futuro, sería integrar SIGAP a algún SIG web, como puede ser GoogleMaps.

Ventajas de las mismas:

- La inversión en infraestructura inferior: Al ser web, no se depende del sistema operativo en el cual se ejecuta, permitiendo mayor diversidad e independencia a los distintos usuarios.
- Utilización de recursos más eficiente y elasticidad: Esto permite mayor capacidad de procesamiento.
- Escalado automático: La actualización de versiones y mejoras en la aplicación son transparentes para el usuario. No debe instalar nada para tener lo último.

Otra posible extensión es utilizar el cloud para compartir proyectos y capas resultantes entre varias personas. Esto tiene como ventaja, no solo poder compartir el trabajo realizado por un analista prospectivo sino también tener un respaldo del trabajo realizado.

Para las extensiones propuestas se debe tener en cuenta la sensibilidad de los datos utilizados.

Una limitante técnica en el proyecto fue la ejecución de geoprocursos desde SIGAP. Dado que el equipo de gvSIG se comprometió a desarrollar esta funcionalidad para la versión 2.4.0, migrando SIGAP a esta versión de gvSIG se podría cumplir con el requerimiento inicial.

7.4 Aprendizajes

Uno de los aprendizajes adquiridos a partir del proyecto es que en la etapa de análisis faltó la creación de un prototipo. De haber realizado uno, quizás se podría haber identificado la limitante en la ejecución de los geoprocursos. De esta forma se le podría haber comunicado al equipo de gvSIG en una etapa más temprana dicha limitante. Con la disposición para solucionar el problema que el equipo mostró, era factible contar con una versión de gvSIG que tuviera dicha funcionalidad para antes de la finalización del proyecto.

Para comprender las recomendaciones tanto de arquitectura como de implementación se consultó a la comunidad de desarrollo de gvSIG. La

interacción con la misma permitió resolver varios problemas. Se aprendió a trabajar de forma colaborativa en un proyecto internacional.

La interacción con un cliente no técnico también es un punto que no siempre se ve en las tareas normales de un desarrollador. El diálogo con la cliente fue bueno y se entiende que se logró comprender de forma adecuada las necesidades de la misma. Asimismo, la elaboración de un informe de un proyecto no específicamente tecnológico fue un desafío importante.

Bibliografía

- [1] H. Acuña y I. Konow Hott, Métodos y técnicas de investigación prospectiva para la toma de decisiones, Santiago de Chile: FUNTURO, 1990.
- [2] L. Forciniti y J. Elbaum, LA PROSPECTIVA. QUE ES Y PARA QUE SIRVE, 2001.
- [3] G. Berger, J. de Bourbon-Busset y M. Pierre , De la prospective, Paris : Harmattan, 2007.
- [4] gvSIG Association, «Portal gvSIG,» [En línea]. Available: <http://www.gvsig.com>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [5] J. Ramírez Faúndez y G. Ramírez Martínez, Hacia un nuevo paradigma para la previsión de la empresa global, Unidad Iztapalapa: UAM, 2004.
- [6] R. Casanova, «Introducción a la prospectiva en ambiente SIG,» Montevideo, 2011.
- [7] F. Goux-Baudiment, Donner du futur aux territoires., Lyon : CERTU, 2000.
- [8] F. J. Mojica, Dos modelos de la escuela voluntarista de prospectiva estratégica, Colombia, 2008.
- [9] H. de Jouvenel y H. Fish, Invitation a la prospective, Paris : Futuribles, 2004.
- [10] M. Godet, l'anticipation à l'action, Paris: Dunod, 1991.
- [11] S. Arnalich y T. Ton-That, gvSIG y cooperación, Almería: Arnalich Water and Habitat, 2010.
- [12] gvSIG, «Manual de usuario GVSIG 2.2,» Valencia, 2015.
- [13] V. Olaya, «Sistemas de información geográfica,» Createspace, 2016.
- [14] OGC, «OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [15] OGC, «OpenGIS Web Map Tile Service Implementation Standard | OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wmts>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [16] OGC, «Web Feature Service | OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [17] OGC, «Web Coverage Service | OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [18] «OpenStreetMap,» [En línea]. Available: <https://www.openstreetmap.org/>.
- [19] Open Data Commons, «Open Database License (ODbL),» [En línea]. Available: <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/>. [Último acceso: 20 11 2016].
- [20] F. Virginia , N. López , U. Aguado y G. D'Angelo, «Geoprocesamientos y

- creación de datos con gvSIG,» 2014. [En línea]. Available: http://downloads.gvsig.org/download/events/jornadas-uruguay/2014/talleres/Taller-gvSIG_avanzado-presentacion.pdf. [Último acceso: 20 11 2016].
- [21] Generalitat, «Generalitat: Benvinguda,» [En línea]. Available: <http://www.gva.es>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [22] gvSIG Association, «gvSIG Desktop - Portal gvSIG,» [En línea]. Available: <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [23] gvSIG Association, «gvSIG Mobile - Portal gvSIG,» [En línea]. Available: <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-mobile>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [24] Oracle, «Java.com,» [En línea]. Available: <https://www.java.com/>.
- [25] I. Free Software Foundation, «GNU General Public License v2.0 - GNU Project - Free Software Foundation,» [En línea]. Available: <https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [26] OGC, «Web Map Service | OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>.
- [27] OGC, «Geography Markup Language | OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [28] OGC, «KML | OGC,» [En línea]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [29] Autodesk, «What Is DWG? | DWG File Format | TrustedDWG | Autodesk,» [En línea]. Available: <http://www.autodesk.com/products/dwg>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [30] gvSIG blog, «gvSIG blog,» [En línea]. Available: <https://blog.gvsig.org/2016/09/30/gvsig-2-3-ya-esta-aqui/>. [Último acceso: 19 11 2016].
- [31] Python Software Foundation, «Python.org,» [En línea]. Available: <https://www.python.org/>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [32] Apache Software Foundation, «Apache Subversion,» [En línea]. Available: <https://subversion.apache.org/>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [33] W3C, «Extensible Markup Language (XML),» [En línea]. Available: <https://www.w3.org/XML/>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [34] openstreetmap, «Shapefiles - OpenStreetMap Wiki,» [En línea]. Available: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Shapefiles>. [Último acceso: 23 11 2016].
- [35] F. E. Frei, Prospectiva y construcción de escenarios para el desarrollo territorial, Santiago de Chile: Gráfica Funny S.A., 2005.

- [36] J. J. Gabiña, *Prospectiva y ordenación del territorio*, Barcelona: Marcombo, 1998.
- [37] J. J. del Cerro, C. Ordiñana y J. Piera, «Introducción a las novedades de desarrollo en gvSIG 2.0,» de *Introducción a las novedades de desarrollo en gvSIG 2.0*, Valencia, 2009.
- [38] R. P. Grimaldi, *Matemáticas discreta y combinatoria*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1998.
- [39] A. García Santillán, *Matemáticas financieras para la toma de decisiones*, Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2014.
- [40] Intel Corporation, «Intel Corporation,» [En línea]. Available: www.intel.com. [Último acceso: 24 11 2016].
- [41] Equipo SEXTANTE, «Manual práctico de SEXTANTE en gvSIG,» 2008. [En línea]. Available: <http://personales.upv.es/jpalomav/cursos/gvsig/doc/ManualPracticoSEXTANTE.pdf>. [Último acceso: 20 11 2016].
- [42] Jenkins, «Jenkins,» [En línea]. Available: <https://jenkins.io/>. [Último acceso: 26 11 2016].
- [43] Free Software Foundation, «GNU.org,» [En línea]. Available: <https://www.gnu.org/licenses/quick-guide-gplv3.html>. [Último acceso: 26 11 2016].
- [44] Creative Commons, «Creative Commons,» [En línea]. Available: <https://creativecommons.org/>. [Último acceso: 26 11 2016].
- [45] «Git,» [En línea]. Available: <https://git-scm.com/>. [Último acceso: 25 11 2016].
- [46] C. L. d. E. Humana, «Centro Latinoamericano de Economía Humana,» [En línea]. Available: <http://claeu.edu.uy/>. [Último acceso: 27 11 2016].
- [47] Intendencia de Montevideo, «Sistema de Información Geográfica,» [En línea]. Available: <http://sig.montevideo.gub.uy/mapas/mapa-principal>. [Último acceso: 28 11 2016].
- [48] H. L. Gantt, *Work, Wages and Profit*, N.Y.: Engineer Mag. Co, 1916.

Anexos

Anexo 1 - Mockups de la aplicación

Menú SIGAP



Figura 30. Mockup Menú SIGAP

Gestión de factores claves

Figura 31. Mockup Gestión de Factores Claves

Agrupación de escenarios

Selección	Escenario	Representante	Habitantes km2	Viviendas km2
<input type="checkbox"/>	Escenario 1 *	<input type="radio"/>	Aumenta	Mantiene
<input type="checkbox"/>	Escenario 2	<input type="radio"/>	Disminuye	Mantiene
<input type="checkbox"/>	Escenario 4	<input type="radio"/>	Mantiene	Disminuye
<input type="checkbox"/>	Escenario 6 *	<input type="radio"/>	Mantiene	Aumenta

Escenarios	Representante
Escenario 1	<input checked="" type="checkbox"/>
Escenario 3	<input type="checkbox"/>

Figura 32. Mockup Agrupación de Escenarios

Combinaciones imposibles

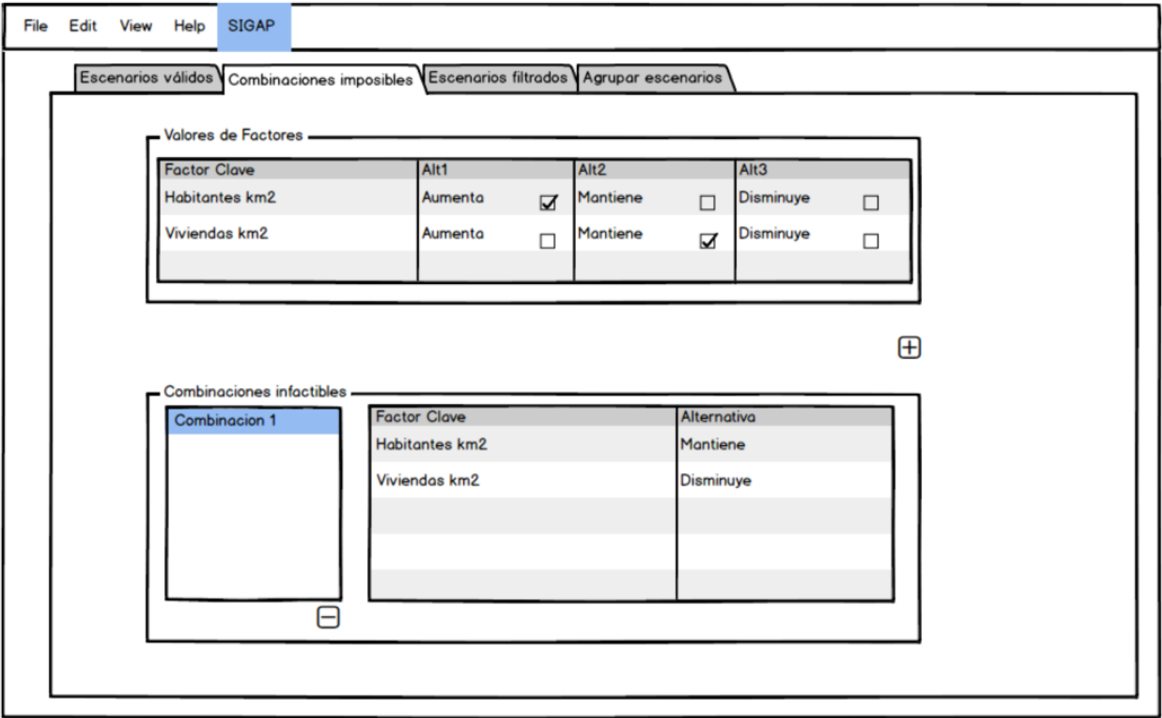


Figura 33. Mockup Combinaciones Imposibles

Anexo 2 – Caso de estudio

INTRODUCCIÓN:

El presente trabajo se realiza como tarea final para el Curso de Formación - Acción en Prospectiva dictado en el CLAEH por la Dra. Carina Nalerio y el Sr. Alvaro Echaider. Complementariamente, formará parte de la tesis de doctorado de la autora. En este sentido, se plantea un enfoque inicial de la investigación sobre la generación de escenarios prospectivos sin incluir el análisis espacial propio de la tesis a desarrollar. Por tanto, se presenta un estudio parcial correspondiente a la temática: "Incidencias de las políticas de acceso a la vivienda de interés social sobre el territorio montevideano"

JUSTIFICACIÓN:

La aplicación de políticas de vivienda, orientadas a mejorar el acceso a los habitantes de una región, pueden generar diferentes realidades sobre el territorio. Las viviendas, las redes de infraestructuras y servicios, la realidad ambiental son elementos que integran un mismo sistema, por tanto interactúan entre sí. La coexistencia de varios de estos elementos en un mismo territorio, así como los posibles comportamientos de cada uno de ellos generan diferentes escenarios. La aplicación de las políticas de vivienda componen un mapa territorial particular.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVO:

- Cómo incidirán las políticas de vivienda sobre el territorio del departamento de Montevideo?
- en particular en lo que corresponde a viviendas para sectores de la sociedad que hoy no acceden a las mismas por la vía formal?

Preguntas complementarias:

- Dichas políticas orientarán las zonas de crecimiento o decrecimiento residencial?
- Qué consecuencias provocarán sobre otros aspectos territoriales, por ej. redes de infraestructura y servicios?

OBJETIVO: Elaborar diferentes futuribles sobre la vivienda de interés social al 2030 de manera de poner en evidencia las posibles puntos débiles de las posibles políticas públicas.

FOCO PROSPECTIVO: Mirada de los futuribles desde su incidencia sobre el territorio.

HORIZONTE telescópico: 2030

FACTORES CLAVE:

- Factores Endógenos:
 - Déficit Habitacional.
 - Producción Habitacional.
 - Mercado de suelo y vivienda.
- Exógenos:
 - Economía familiar: socio económica.
 - Políticas de incentivo viviendas de interés social.
 - Inversiones.
 - Servicios e infraestructuras.
 - Políticas sobre la vivienda rural.
 - Zonas de vulnerabilidad ambiental.
 - Políticas de gestión de asentamientos informales.
- Intangibles:
 - Preferencias locativas.
 - Beneficios sociales de vivir en asentamientos.

FACTORES CLAVE Primera selección	
Lista primaria de Fc	Síntesis de Fc
<ul style="list-style-type: none"> •Déficit Habitacional. •Producción Habitacional. •Mercado de suelo y vivienda. •Economía familiar: socio económica. •Políticas de incentivo viviendas de interés social. •Inversiones. •Servicios e infraestructuras. •Políticas sobre la vivienda rural. •Zonas de vulnerabilidad ambiental. •Políticas de gestión de asentamientos 	<ul style="list-style-type: none"> •Déficit Habitacional. •Producción Habitacional. •Mercado de suelo y vivienda. •Economía familiar: socio económica. •Políticas de incentivo viviendas de interés social.

DIMENSIONES DE LOS FACTORES CLAVE:

5.1. Déficit Habitacional

Dimensiones:

- Déficit de viviendas
- Tasa de crecimiento anual de viviendas
- Número total de hogares
- Número de viviendas particulares
- Número de viviendas formales
- Número de viviendas informales

- Número de viviendas nuevas construidas
- Número de viviendas con materiales permanentes
- Localización de concentración de población con déficit habitacional cuantitativo.
- Localización de viviendas nuevas construidas.

FACTOR CLAVE: Déficit Habitacional:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
D1 Déficit de viviendas	Muy alto	Alto	Cero	Superá vit
D2 No. total de hogares	Aumenta	Mantiene	Disminuye	
D3 No. total de viv. formales	Aumenta	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
D4 No. total de viv. informales	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
D5 No. total de viv. nuevas construidas	Muy alto	Aumenta	Mantiene const	Muy bajo

5.2. Producción Habitacional

Dimensiones:

- Cantidad de empresas de construcción.
- Número de viviendas nuevas construidas.
- Número de viviendas informales nuevas.
- Costo de construcción residencial económica.
- Costo de producción de materiales de construcción.
- Área mínima de construcción vivienda económica.
- Costo de terreno con y sin servicios.
- Costo de proceso de regulación de vivienda.
- Tiempo de duración del proceso de regulación de vivienda.
- Localización de viviendas nuevas.

FACTOR CLAVE: Producción Habitacional:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Costo de construcción viv. nueva formal	Muy alto	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Costo mín. viv.	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
Costo proceso regulación	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
Duración proceso regulación	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
No. Empresas formales de construcción	Aumenta	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Área mín. constr. formal	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.

5.3. Mercado de suelo y vivienda

Dimensiones:

- Costo de la unidad de vivienda nueva formal.

- Capacidad económica del hogar – oferta.
- Área mínima de construcción vivienda económica.
- Costo de terreno con y sin servicios.
- Tamaño mínimo del lote.
- Porcentaje de edificabilidad.
- Costo de permisos de regulación.
- Tiempo de duración del proceso de regulación de vivienda.
- Tasa total de impuestos sobre la propiedad.
- Acceso a financiamiento.
- Localización de valores de suelo.

FACTOR CLAVE: Mercado de Suelo y Vivienda:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Costo de terreno con servicios.	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Disminuye
Costo de terreno sin servicios.	Se dispara	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Tamaño mínimo del lote.	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin. mucho
Factor de ocupación del suelo	Aumenta mucho	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Tasa total de impuestos sobre la propiedad.	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho
Costo de construcción viv. nueva formal	Se dispara	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Costo de permisos de regulación.	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho

5.4. Socio - económicas

Dimensiones:

- Capacidad económica del hogar
- Población económicamente activa
- Ingreso medio del hogar
- Acceso a financiamiento
- Rango etéreo

FACTOR CLAVE: Socio económico:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Capacidad económica del hogar	Aumenta mucho	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Población económ. activa	Aumenta mucho	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho
Acceso a financiamiento	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho
Rango etéreo	Aumenta envej. boom	Aumento leve	Mantiene	Baby Boom

5.5. Políticas de incentivos a la construcción de VIS

Dimensiones:

- Montos y cantidad de beneficiarios de deducción impositiva para obras de vivienda de interés social.
- Montos y cantidad de beneficiarios de construcción pública de viviendas.

- Montos y cantidad de beneficiarios de concesiones y franquicias.
- Montos públicos y cantidad de beneficiarios asignados a mejora de infraestructura.
- Montos y cantidad de beneficiarios destinados a mejoramiento barrial.
- Políticas para fomento del ahorro privado a la construcción.
- Políticas para financiamiento de viviendas
- Incentivar nuevas inversiones - nuevos actores.

FACTOR CLAVE:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Deducción impositiva VIS	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Se agregan más imp
Construcción pública de viviendas.	Se construye mucho		Mantiene	Nada
Mejora de infraestructura.	Gran inversión	Mantiene	Disminuye	Nada
Mejoramiento barrial.	Gran inversión	Aumento leve	Mantiene	Nada
Fomento ahorro privado.	Mucho incentivo	Mantiene	Nada	Desalienta
Financiamiento de viviendas	Promueve	Mantiene	Nada	Desalienta
Incentivos nuevas inversiones - nuevos actores.	Mucho incentivo	Mantiene	Nada	Desalienta

5.6. Políticas de acceso al bien inmueble

Dimensiones:

- Políticas de empleo.
- Políticas de arrendamientos: arrendador – arrendatario
- Planes de financiamiento de viviendas – préstamos, subsidios para acceso de materiales.
- Políticas y gestión de asentamientos informales:
 - Mejora calidad viviendas.
 - Restricciones acceso.
 - Aumento costos regularización para asentados.

FACTOR CLAVE:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Políticas de empleo.	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Nada
Planes de financiamiento	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Nada
Incentivos al arrendamiento	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Nada
Mejora calidad viviendas en AI.	Fuertes Inversiones	Inversiones leves	Mantiene	Nada
Restricciones generación AI	Fuerte control		Mantiene	Permis. total
Transferencia costos regularización a asentados.	Traspaso fuerte	Mantiene	Parcial	Nada

5.7. Infraestructuras y servicios

Dimensiones:

- Cobertura de Saneamiento.
- Cobertura de la red vial.
- Cobertura de red eléctrica.
- Cobertura de red telefónica. Alcance telefonía celular.
- Cobertura red Informática – XO.
- Localización espacios públicos.
- Localización de centros de salud.
- Localización de centros de enseñanza.
- Localización de centros de recreación.
- Localización de comercios.

FACTOR CLAVE: Infraestructuras y servicios:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Cobertura de Saneamiento.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura de la red vial.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura de red eléctrica.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura de telefonía.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura red Informática – XO.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Centros educativos.	Excede lo necesario	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Centros de asistencia.	Excede lo necesario	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual

5.8. Preferencias locativas

Dimensiones:

- Preferencias por mantenerse en las cercanías de la vivienda anterior.
- Preferencias por vivir en asentamientos informales.
- Preferencias por mantener los vínculos sociales ya establecidos.
- Preferencias por vivir en casa con fondo.
- Preferencias por vivir en apartamento.
- Preferencias por vivir aislado.

FACTOR CLAVE: Preferencias locativas:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Preferencias por mantener localización.		Total - inamovibles	Indiferencia	Huir
Preferencias por vivir en AI.		Total - inamovibles	Indiferencia	Huir
Preferencias por mantener los vínculos sociales.		Total - inamovibles	Indiferencia	Huir
Preferencias por vivir en "casa con fondo".		Total	Indiferencia	"Ni locos"
Preferencias por vivir en apartamento.		Total	Indiferencia	"Ni locos"
Preferencias por vivir aislado.		Total	Indiferencia	Nada

SUB-ESCENARIOS DE CADA FACTOR CLAVE:

FACTOR CLAVE: Déficit Habitacional:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
D1 Déficit de viviendas	Muy alto	Alto	Cero	Supera vit
D2 No. total de hogares	Aumenta	Mantiene	Disminuye	
D3 No. total de viv. formales	Aumenta	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
D4 No. total de viv. informales	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
D5 No. total de viv. nuevas construidas	Muy alto	Aumenta	Mantiene const	Muy bajo

CIUDAD
EN CREC.
BAJO
CONTROL

CIUDAD
FANTASMA

HACINAM
INFOR.

CIUDAD
EN CREC.
DESCONT

FACTOR CLAVE: Producción Habitacional:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Costo de construcción viv. nueva formal	Muy alto	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Costo mín. viv.	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
Costo proceso regulación	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
Duración proceso regulación	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.
No. Empresas formales de construcción	Aumenta	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Área mín. constr. formal	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin.



FACTORES CLAVE: Mercado de Suelo y Vivienda:					
alternativas de la dimensión	a	b	c	d	e
Dimensiones del Fc					
Costo de terreno con servicios.	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Disminuye	
Costo de terreno sin servicios.	Se dispara	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho	
Tamaño mínimo del lote.	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Dismin. mucho	
Factor de ocupación del suelo	Aumenta mucho	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho	
Tasa total de impuestos sobre la propiedad.	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho	
Costo de construcción viv. nueva formal	Se dispara	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho	
Costo de permisos de regulación.	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho	

CIUDAD FORMAL
ACCESIBLE

CIUDAD
FORMAL
MUY CARA

CIUDAD MÁS
CARA PERO
POSIBLE

FACTOR CLAVE: Socio económico:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Capacidad económica del hogar	Aumenta mucho	Mantiene	Disminuye	Dismin. mucho
Población económ. activa	Aumenta mucho	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho
Acceso a financiamiento	Se dispara	Aumento leve	Mantiene	Dismin. mucho
Rango etéreo	Aumenta envej. boom	Aumento leve	Mantiene	Baby Boom

CIUDAD ENVEJECIDA

CIUDAD MÁS JOVEN Y ACTIVA

ADULTOS JUBILADOS VUELVEN A CASA CON DINERO

CIUDAD JOVEN Y POBRE

FACTORES CLAVE:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Deducción impositiva VIS	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Se agregan más imp
Construcción pública de viviendas.	Se construye mucho		Mantiene	Nada
Mejora de infraestructura.	Gran inversión	Mantiene	Disminuye	Nada
Mejoramiento barrial.	Gran inversión	Aumento leve	Mantiene	Nada
Fomento ahorro privado.	Mucho incentivo	Mantiene	Nada	Desalienta
Financiamiento de viviendas	Promueve	Mantiene	Nada	Desalienta
Incentivos nuevas inversiones - nuevos actores.	Mucho incentivo	Mantiene	Nada	Desalienta

CIUDAD SIN PRODUCCIÓN VIS

MÁS INTERÉS POR LA CONSTRUCCIÓN VIS (ES RENTABLE)

VIS PRODUCIDA SOLO POR EL ESTADO

FACTOR CLAVE:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Políticas de empleo.	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Nada
Planes de financiamiento	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Nada
Incentivos al arrendamiento	Aumenta mucho	Aumenta	Mantiene	Nada
Mejora calidad viviendas en AI.	Fuertes Inversiones	Inversiones leves	Mantiene	Nada
Restricciones generación AI	Fuerte control		Mantiene	Permis. total
Transferencia costos regularización a asentados.	Traspaso fuerte	Mantiene	Parcial	Nada

SE PROMUEVE
ACCESO A VIS -
FORMAL

DÍFICIL ACCESO
A VIVIENDA:
FORMAL E
INFORMAL
POBREZA

SE PROMUEVE
ACCESO A VIS -
INFORMAL

CIUDAD SIN
INCENTIVOS

FACTOR CLAVE: Infraestructuras y servicios:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Dimensiones del Fc				
Cobertura de Saneamiento.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura de la red vial.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura de red eléctrica.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura de telefonía.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Cobertura red Informática – XO.	Total	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Centros educativos.	Excede lo necesario	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual
Centros de asistencia.	Excede lo necesario	Leve mejoría	Mantiene	Empeora lo actual

**CIUDAD
HOMOGÉNEA –
BIEN SERVIDA**

**CIUDAD
SEGMENTADA-
ZONAS MÁS
CARAS**

**CIUDAD
SEGMENTADA –
CONCENTRACIÓN
CERCANÍAS A
SERVICIOS**

FACTOR CLAVE:				
Preferencias locativas:				
alternativas de la dimensión	a	b	c	d
Preferencias por mantener localización.	Total - inamovibles	Indiferencia		Huir
Preferencias por vivir en AI.	Total - inamovibles	Indiferencia		Huir
Preferencias por mantener los vínculos sociales.	Total - inamovibles	Indiferencia		Huir
Preferencias por vivir en "casa con fondo".	Total	Indiferencia		"Ni locos"
Preferencias por vivir en apartamento.	Total	Indiferencia		"Ni locos"
Preferencias por vivir aislado.	Total	Indiferencia		Nada

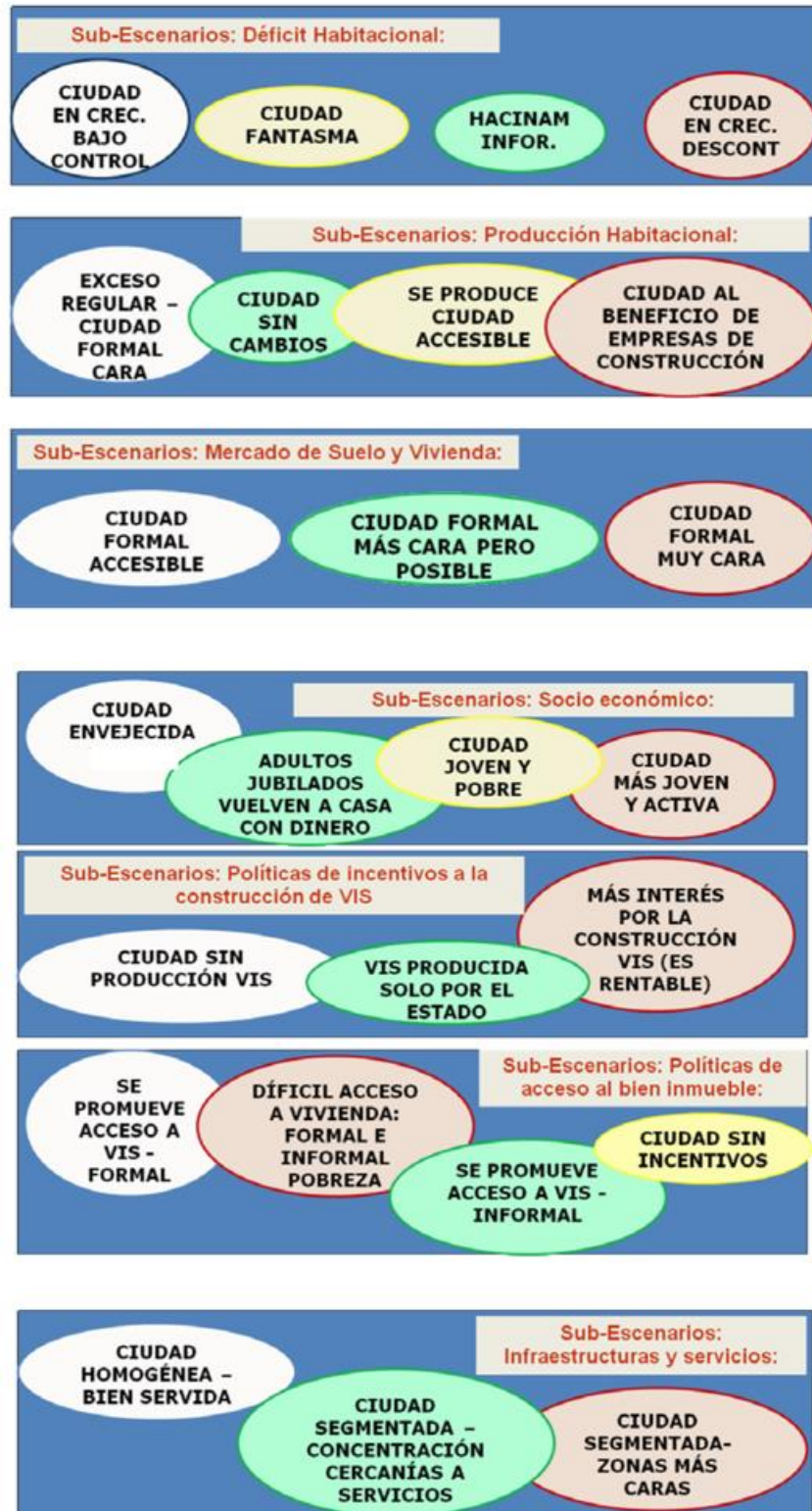
CIUDAD EN ZONAS ESTANCADAS

CIUDAD EN BUSCA DE SEGURIDAD

CIUDAD DEL AISLAMIENTO

CIUDAD VINCULADA

FUTURIBLES

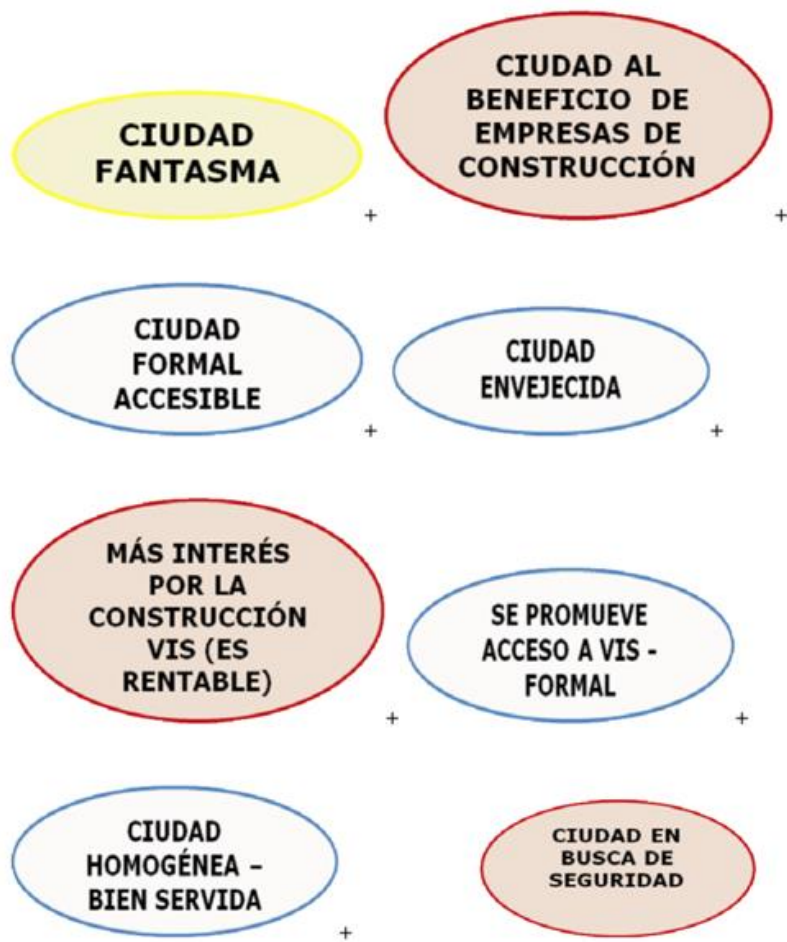




7.1 ESCENARIO 1: CIUDAD POR LAS NUBES



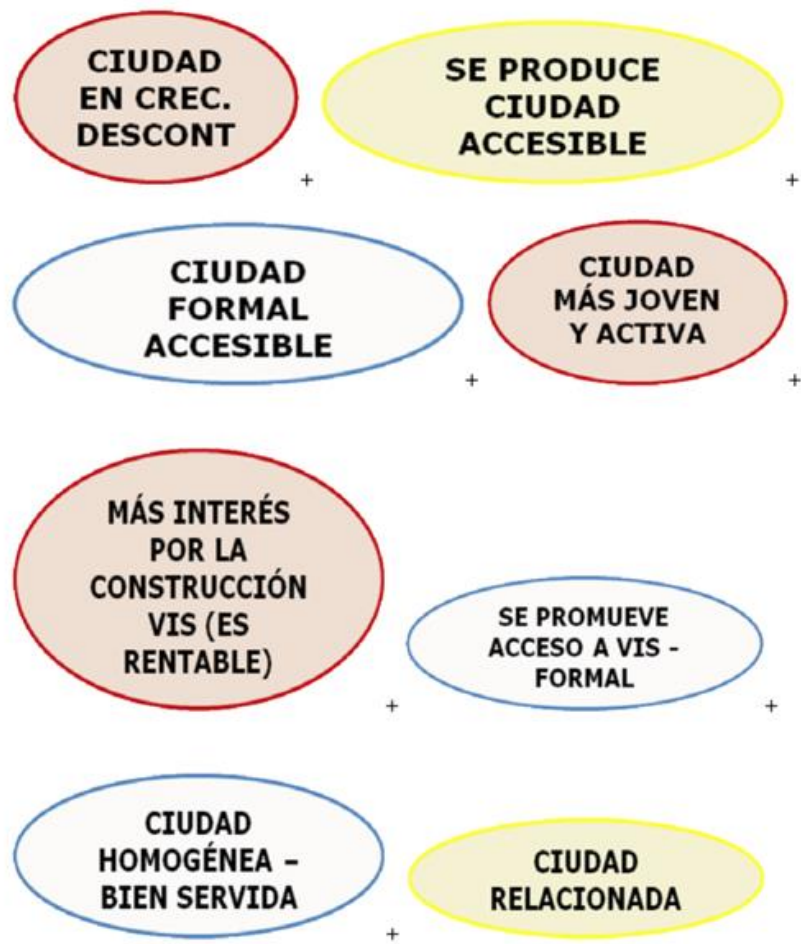
7.2 ESCENARIO 2: CIUDAD FANTASMA



7.3 ESCENARIOS 3: CIUDAD INFORMAL EN CRECIMIENTO



7.4 ESCENARIOS 4:



7.5 ESCENARIO 5:



TENDENCIAS

8.1. TENDENCIAS ROBUSTAS:

- Políticas de mejoramiento en asentamientos informales.
- Crecimiento de población en asentamientos informales.
- Empobrecimiento de clase baja.

8.2. TENDENCIAS EMERGENTES:

- Planes para facilitar el financiamiento de viviendas.
- Inversiones extranjeras en diversos ámbitos económicos.

8.3. RUPTURAS:

- Cambio de partido de gobierno.
- Fuerte políticas para inmigración de jóvenes.
- Visión de suelo como bien de interés social y planes de actuación al respecto.

- Fuerte promoción de inversiones.
- Cese en las políticas proteccionistas del Estado a población de bajos recursos.

8.4. SEÑALES PORTADORAS DE FUTURO:

- Interés de promotores privados por actuar en VIS.
- Solicitudes de capacitación sobre una nueva mirada territorial.
- Regreso de emigrantes.

ALGUNAS REFLEXIONES:

La elaboración del proceso prospectivo no es tarea fácil y no es posible de realizar por una sola persona. De todas formas, por haber participado en otros proyectos de investigación sobre las políticas de vivienda y suelo, me han permitido abordar esta temática.

La realización de la presente tarea me ha permitido avanzar sobre mi propuesta de tesis de doctorado. En particular, acotar la propuesta inicial, la que era demasiado amplia y ambiciosa. Igualmente, me resta la vinculación del análisis realizado en este trabajo con su localización territorial y por tanto montarlo en el SIG (Sistema de Información Geográfico), propuesta de la tesis de doctorado.

BIBLIOGRAFÍA:

- ANGEL, S (2010), "Diagnóstico de Vivienda", BID- UNHabitat
- DINOT/MVOTMA (2004), "Informes del Foro Temático Gran Montevideo" - Ciclo Nacional de Reflexión.
- DE COURSON, J. (2001) "Prospectiva territorial y decisión política".
- DE REFAIE,M (2004), "Environmental Planning For Sustainable Urban Development-Integrated Approach for Sustainability Assessment of Tourism Development in Sharm El-Sheikh" – Tesis de doctorado
- GODET, M., DURANCE, P. (2008) "La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios" - Cuaderno del Lipsor
- NALERIO, C. (2010), Material apoyo al Curso formación-acción de Prospectiva en CLAEH.
- NALERIO, C. (2007), "La ville au futur. Montevideo: prospective et enjeux stratégiques" - Tesis de doctorado.

Anexo 3 - Planificación detallada

A continuación se detalla los Ganttts de cada etapa

Estudio y análisis

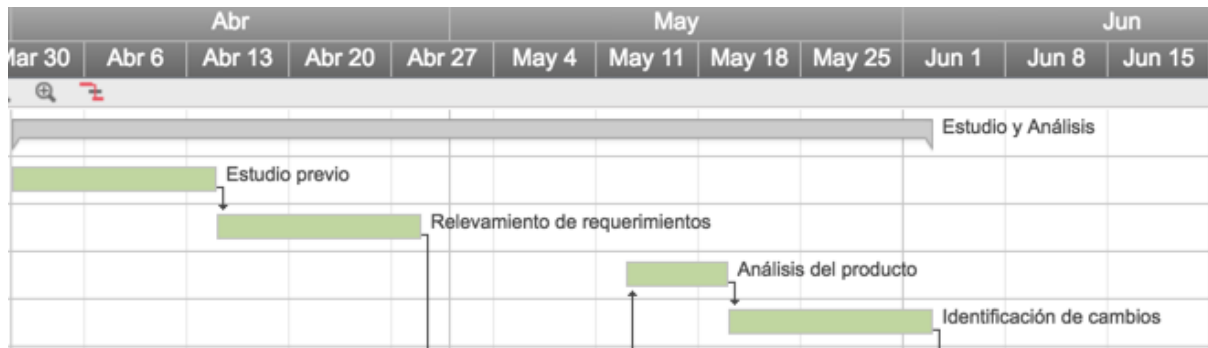


Figura 34. Gantt Estudio y Análisis

Documentación

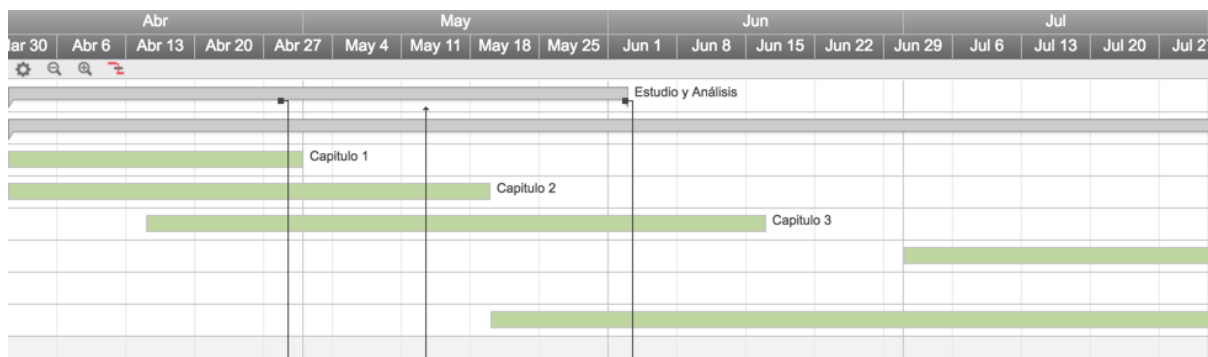


Figura 35. Gantt Documentación 1/2

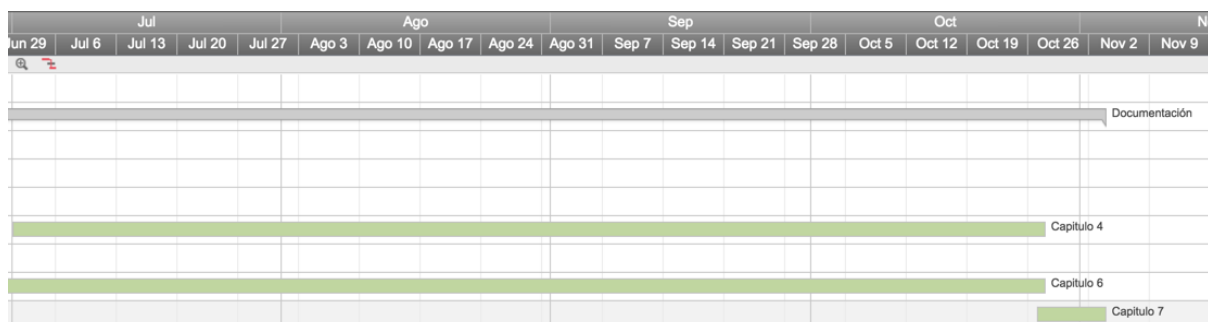


Figura 36. Gantt Documentación 2/2

Desarrollo

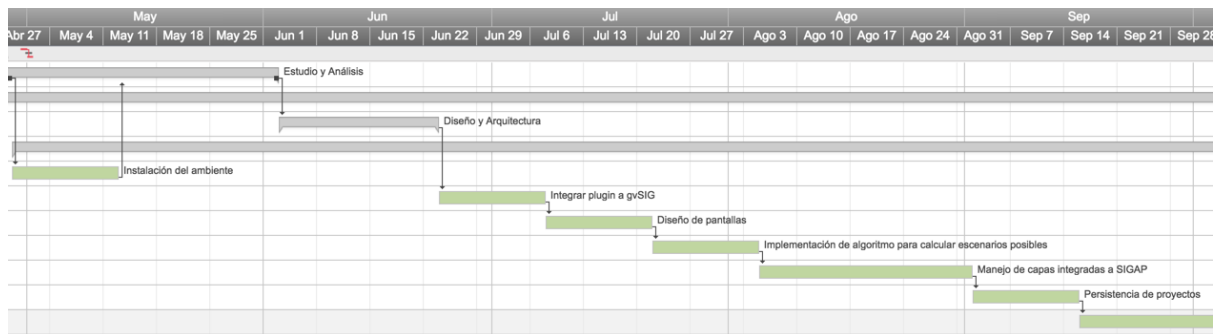


Figura 37. Gantt Desarrollo 1/2

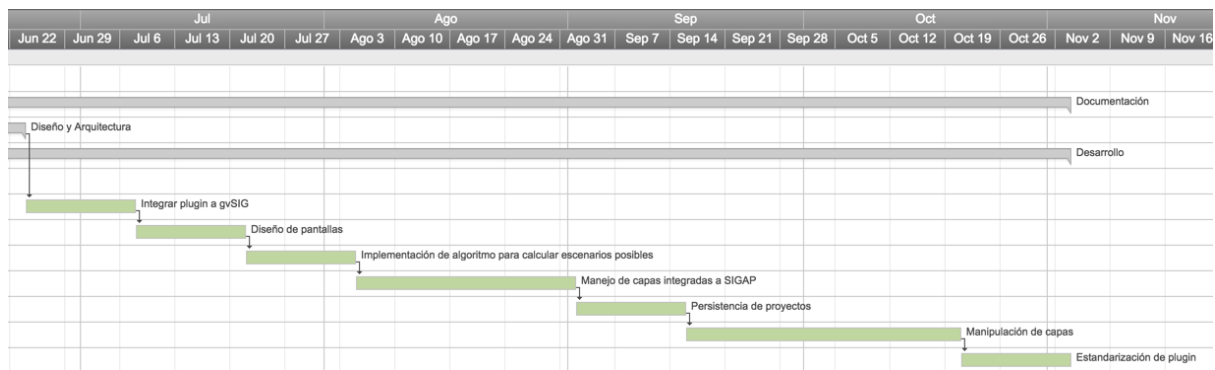


Figura 38. Gantt Desarrollo 2/2

Anexo 4 - Manual de usuario

Modo de uso

Para poder trabajar con SIGAP es necesario tener un proyecto SIGAP abierto.

Esto se puede lograr de dos formas:

- Crear proyecto SIGAP
- Abrir proyecto SIGAP

Una vez que estamos trabajando con un proyecto abierto, se prosigue a la carga del modelo.

Primero se deben definir los factores claves.

Crear proyecto SIGAP

Para crear un proyecto SIGAP, ir al menú contextual

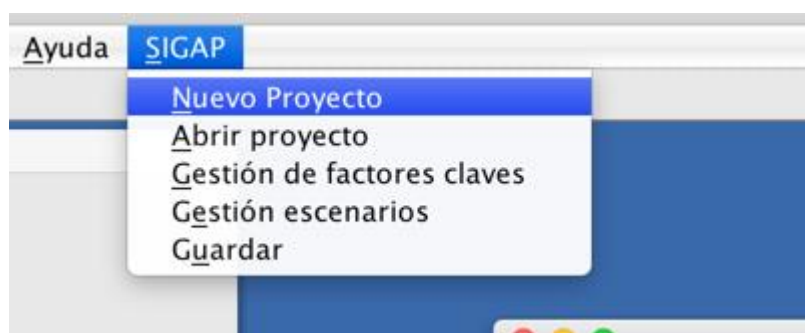


Figura 39. Crear proyecto 1/2

Se debe indicar Nombre del proyecto, descripción del mismo y fecha de proyección.




Figura 40. Crear proyecto 2/2

Abrir proyecto SIGAP

Para crear un proyecto SIGAP, ir al menú contextual y seleccionar la opción de Abrir Proyecto.

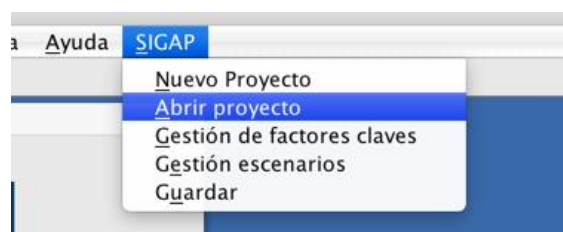


Figura 41. Abrir proyecto 1/3

Se abrirá un modal que le permite llegar hasta el archivo y seleccionarlo haciendo clic sobre su nombre. El archivo seleccionado deberá ser de tipo .json y cumplir con el formato de proyectos SIGAP.

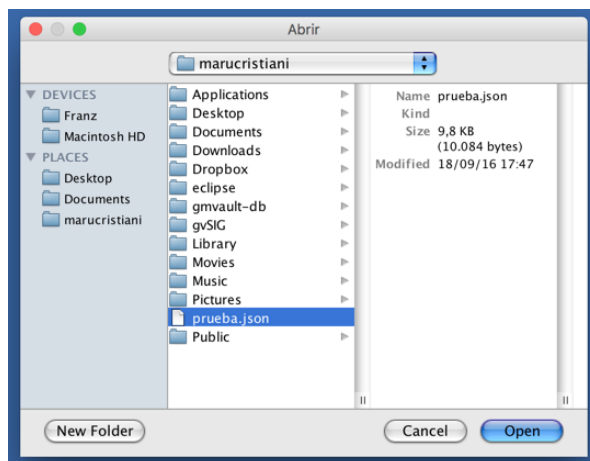


Figura 42. Abrir proyecto 2/3

A su vez, todas las capas utilizadas por el proyecto deberán encontrarse en la carpeta de la cual se levantó el proyecto.

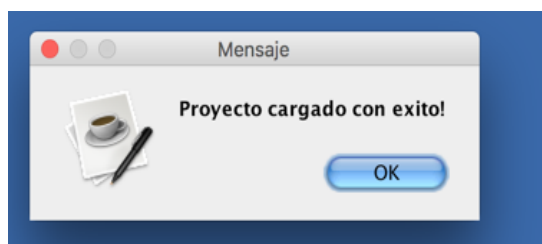


Figura 43. Abrir proyecto 3/3

Crear factor clave

Para crear un proyecto SIGAP, ir al menú contextual y seleccionar la opción de Gestión de factores claves

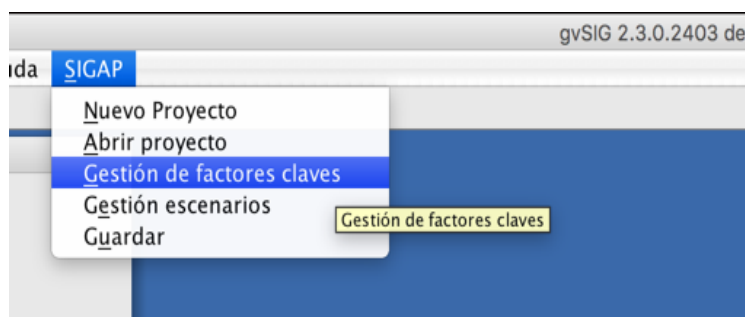


Figura 44. Gestión de factores clave 1/2

Luego se deberá cargar nombre y descripción de la misma, e indicar si la misma es territorializable o no. Una vez cargados, hacer clic en "Guardar" para continuar la configuración.

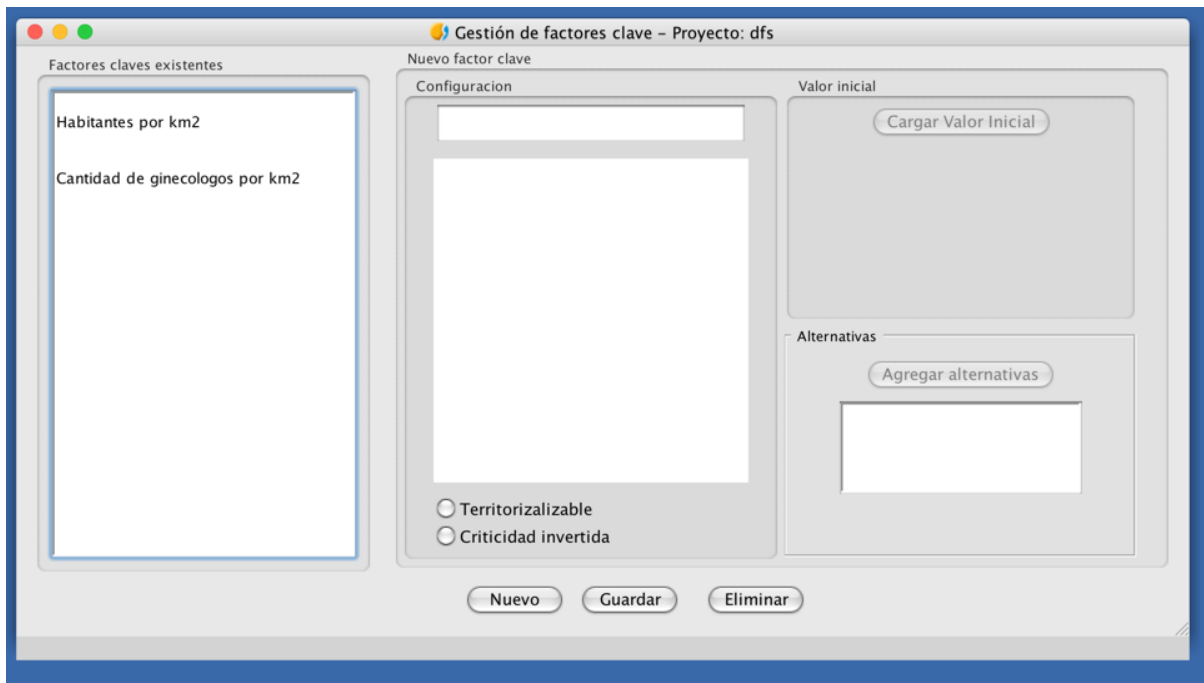


Figura 45. Gestión de factores clave 2/2

Se deberá en primer lugar cargar un valor inicial

Acá el flujo se abre en dos caminos

- Cargar valor inicial de un factor clave territorializable
- Cargar valor inicial de un factor clave no territorializable

Cargar valor inicial de un factor clave territorializable

Seleccionar Cargar Valor Inicial

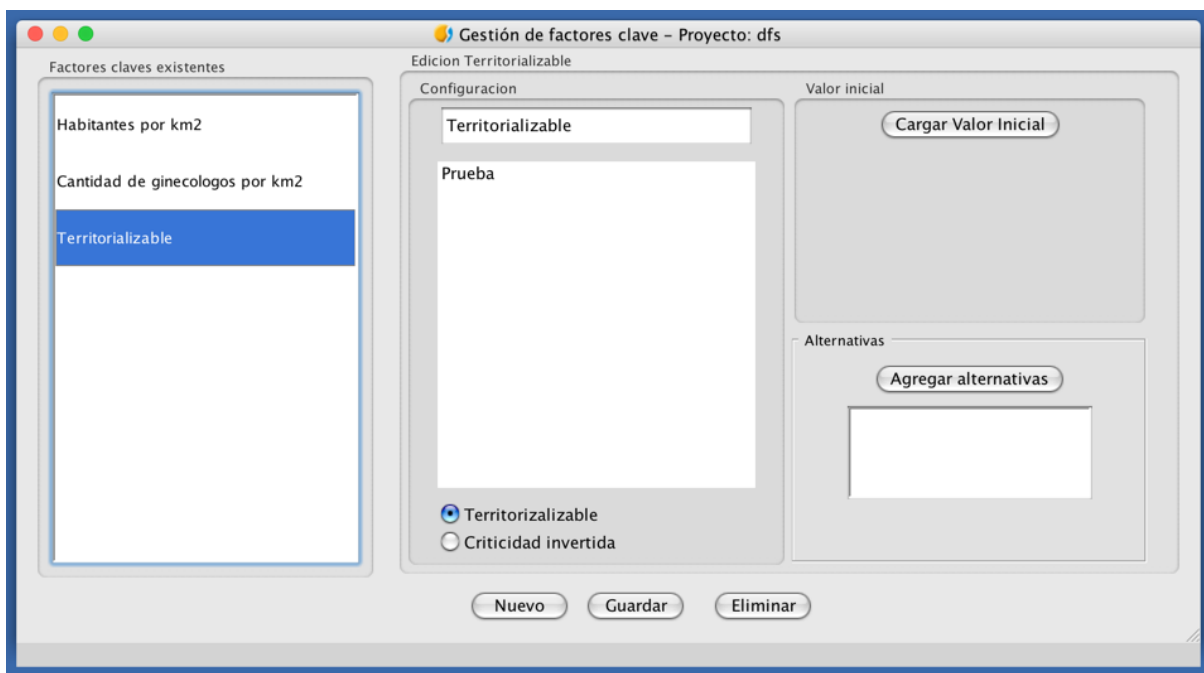


Figura 46. Cargar valor inicial territorializable 1/4

Se deberá seleccionar capa a asociar al valor inicial

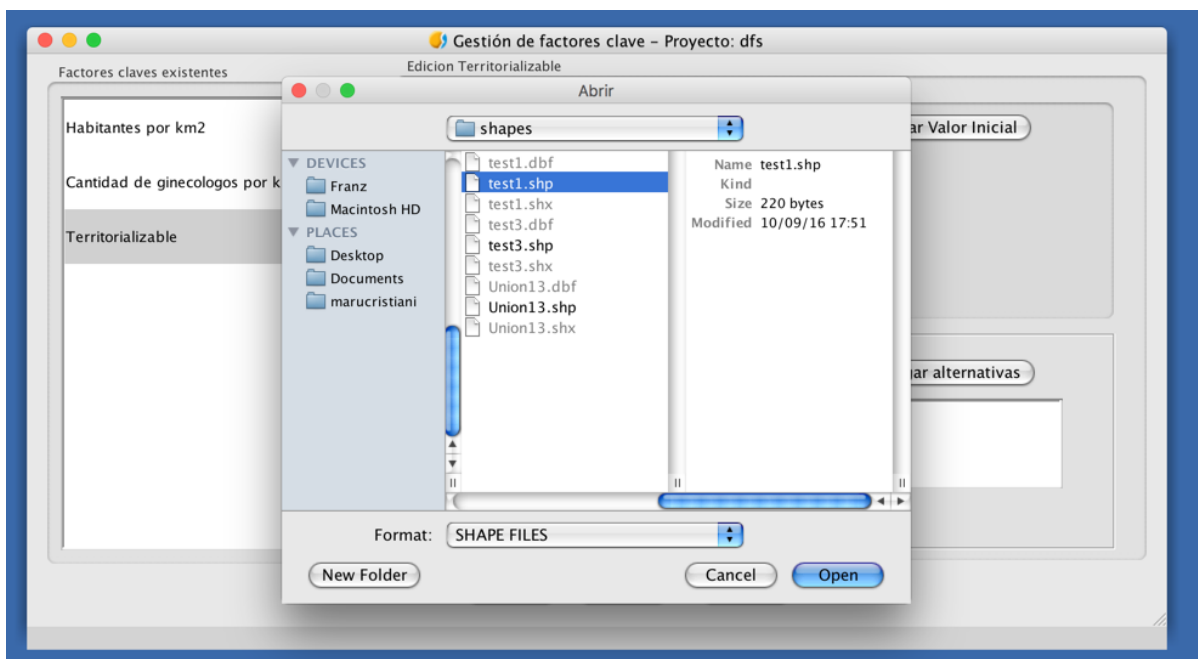


Figura 47. Cargar valor inicial territorializable 2/4

Seleccionar columna a tomar como valor inicial

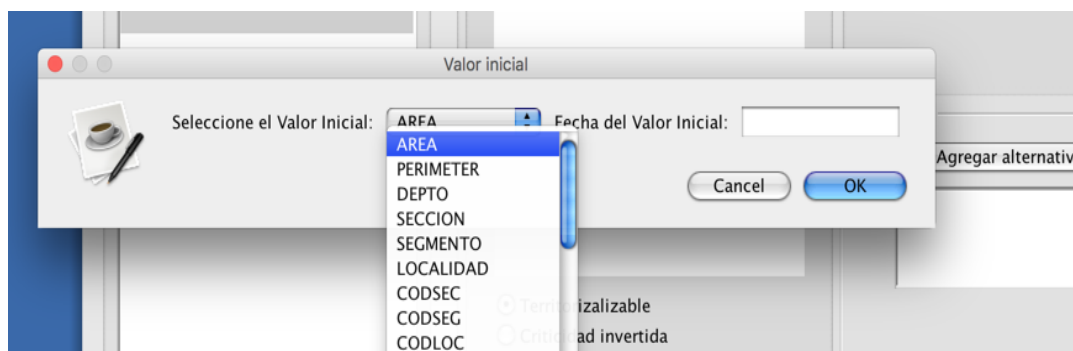


Figura 48. Cargar valor inicial territorializable 3/4

Indicar año a partir del cual rige el valor

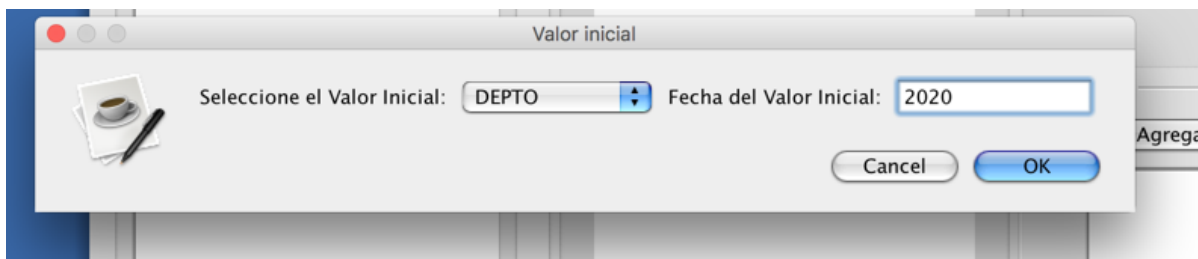


Figura 49. Cargar valor inicial territorializable 4/4

Cargar valor inicial de un factor clave no territorializable

Seleccionar "Cargar Valor Inicial".

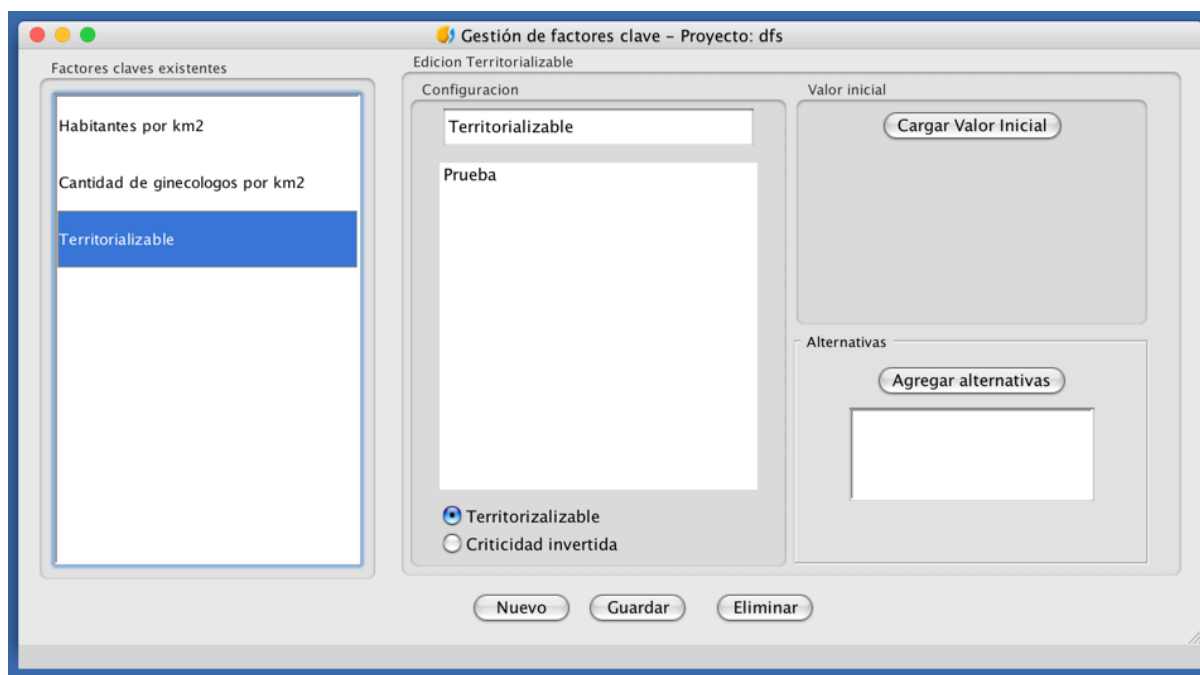


Figura 50. Cargar valor inicial no territorializable

Cargar valor inicial (numérico) y fecha a partir de la cual rige el valor

Agregar alternativas

Seleccionar "Agregar alternativas"

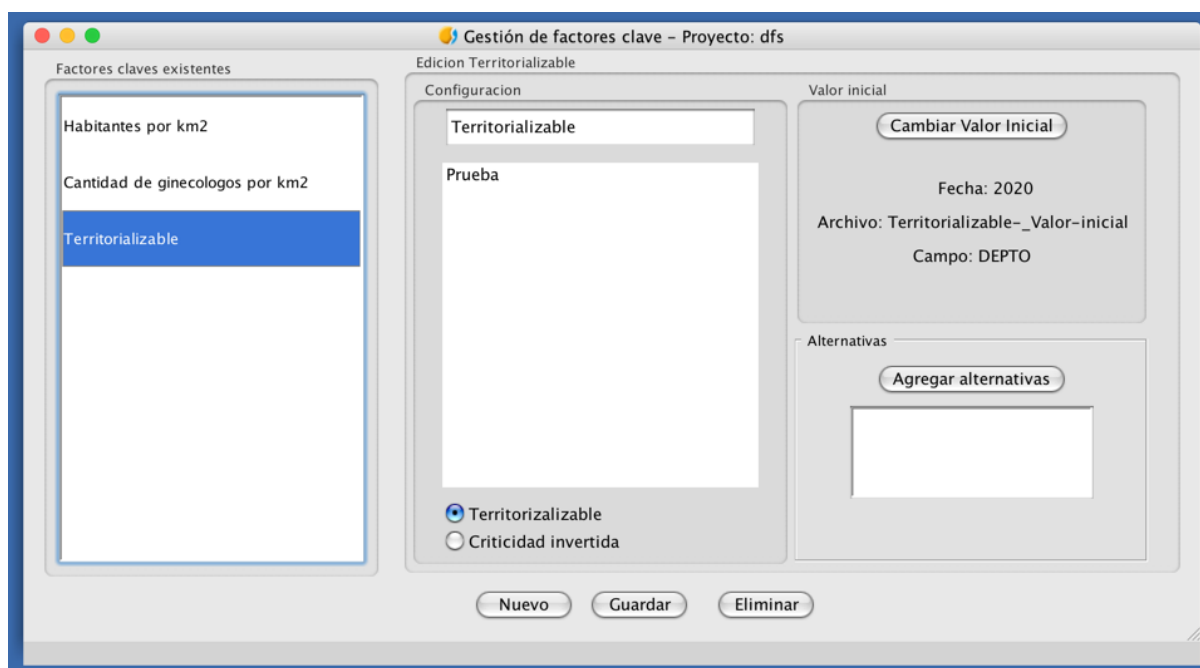


Figura 51. Agregar alternativa 1/2



Figura 52. Agregar alternativa 2/2

Se deberá seleccionar si la alternativa es homogénea a todo el territorio, o si es territorializable

Agregar alternativa homogénea

Se deberá indicar factor multiplicador, y fecha hasta la cual aplica el factor

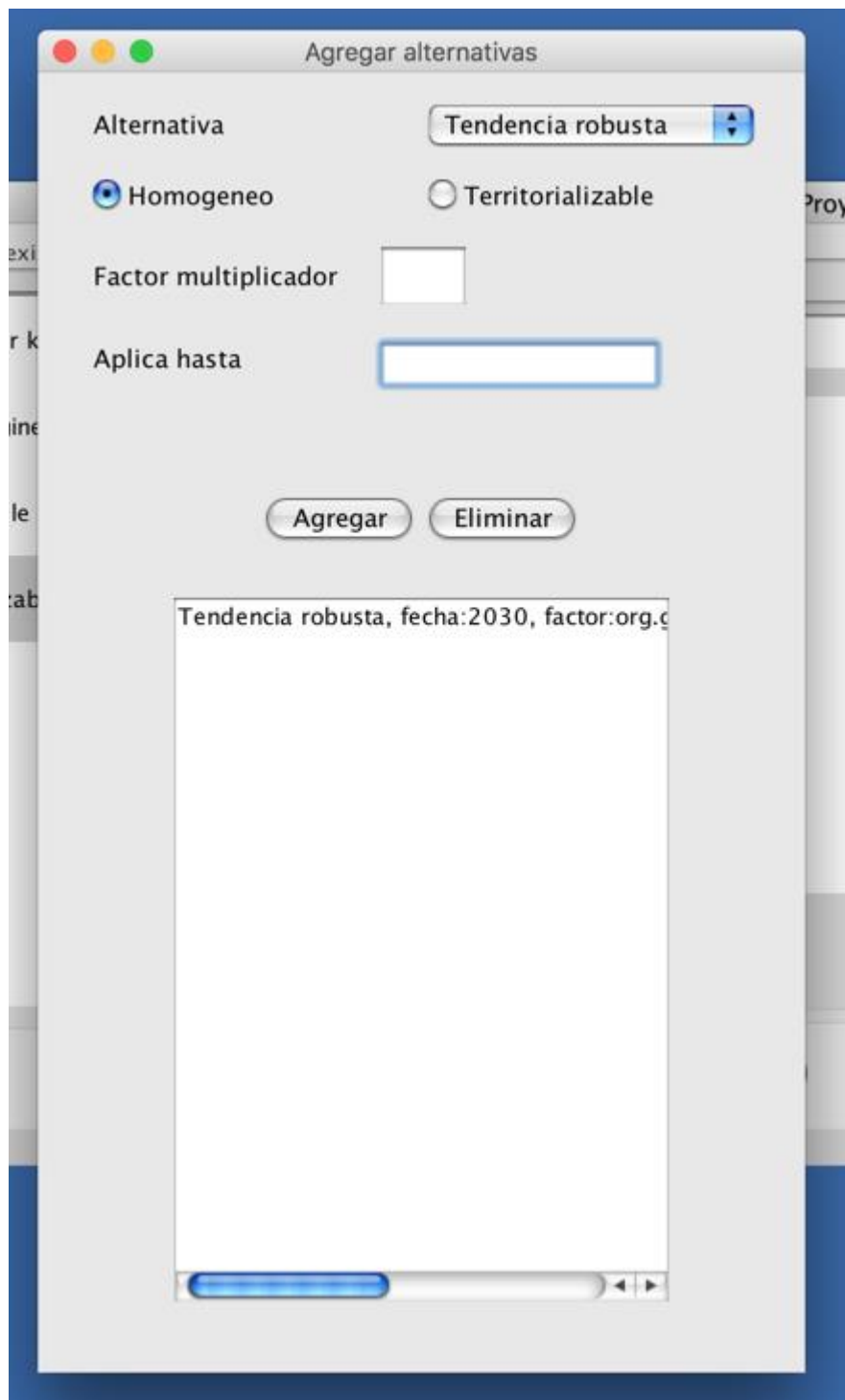


Figura 53. Agregar alternativa homogenea

En caso de estar asociada a un factor clave territorializable, se aplicará el valor a toda la capa del valor inicial del factor.

Agregar alternativa territorializable

Se deberá cargar el año hasta el cual aplica el factor y la capa para aplicar factor multiplicador

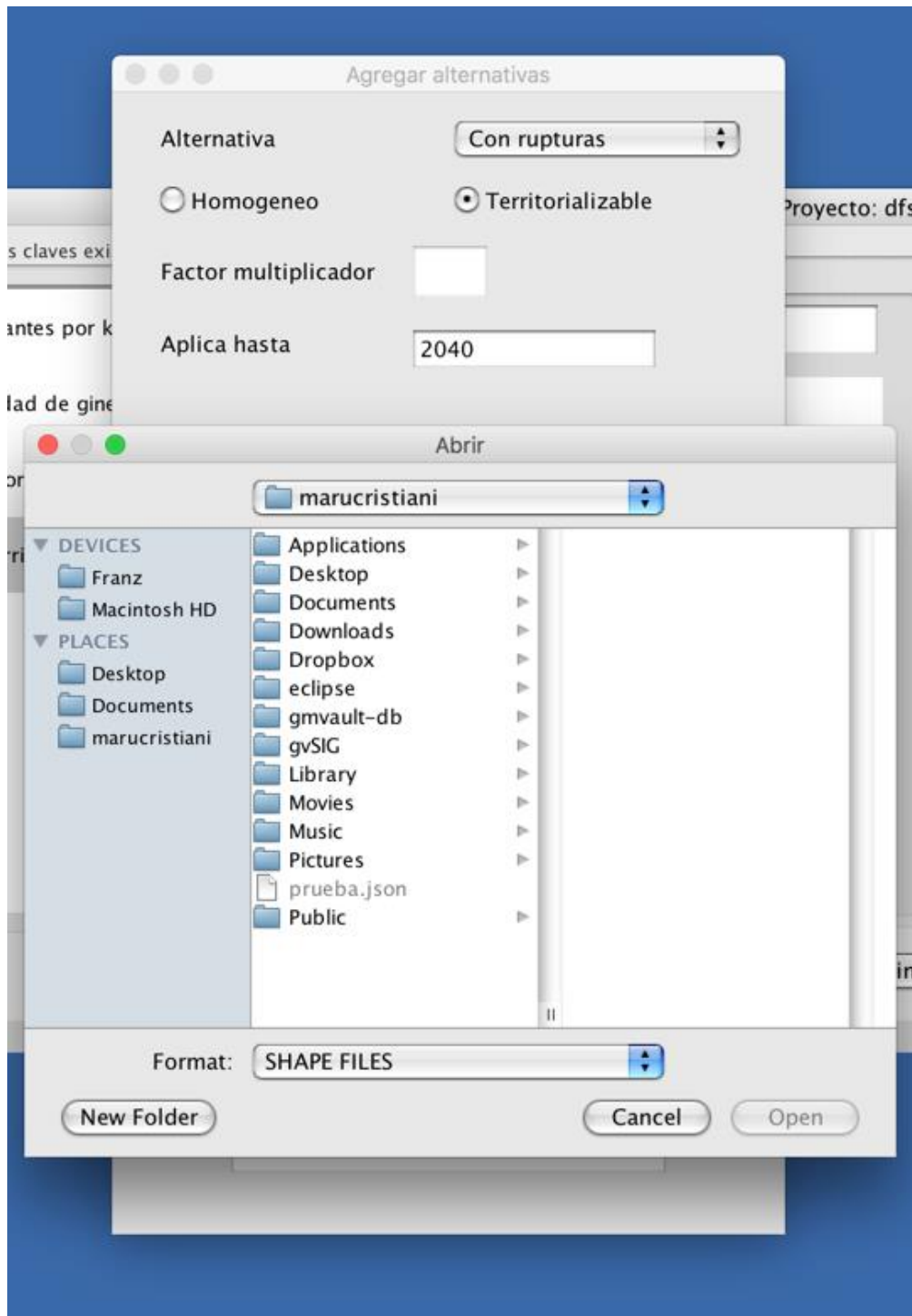


Figura 54. Agregar alternativa territorializable 1/2

Se debe luego seleccionar qué columna de la capa contiene el factor multiplicador

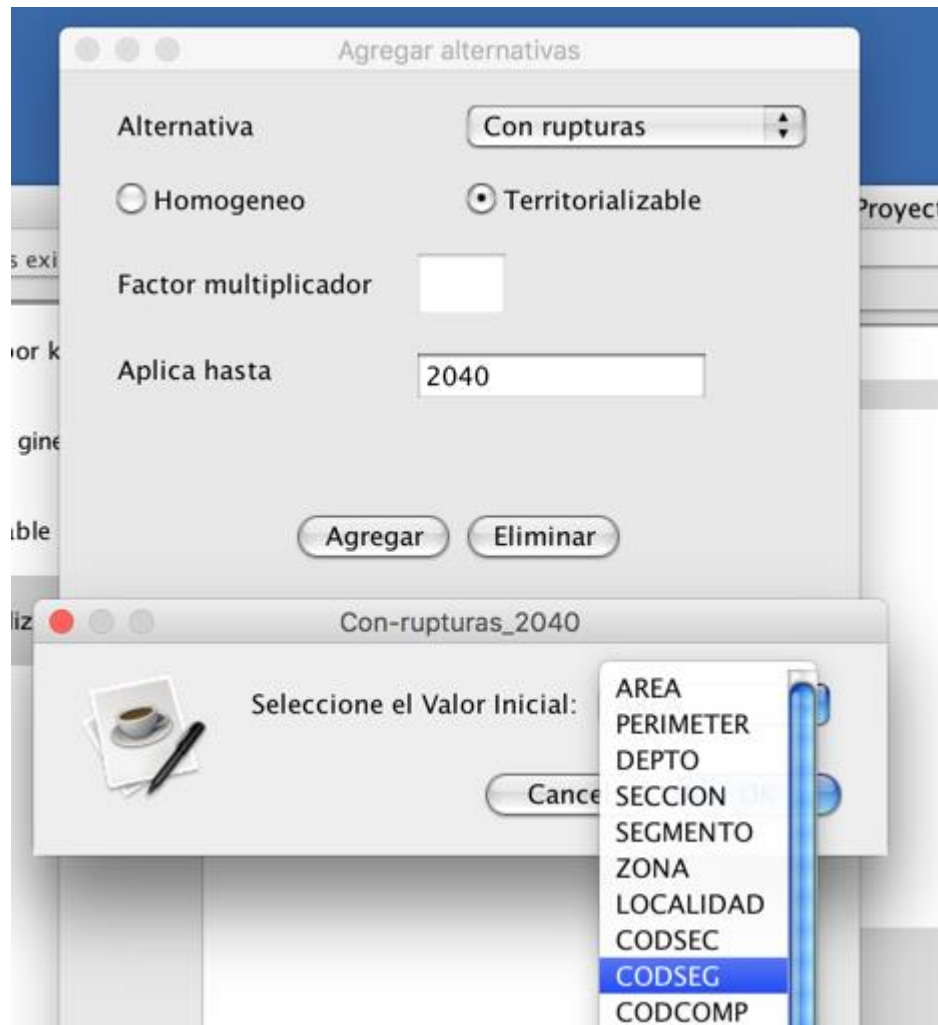


Figura 55. Agregar alternativa territorializable 2/2

Agregar capa geoprocesada

Dado que no fue posible ejecutar la unión entre las capas de una alternativa de un factor clave, el usuario debe realizarlo con gvSIG. Y la capa resultante deberá cargarse para la alternativa del factor clave.

Para esto, se deberá ir al gestor de factor claves, y en la sección de alternativas, Agregar capas geoprocesadas.

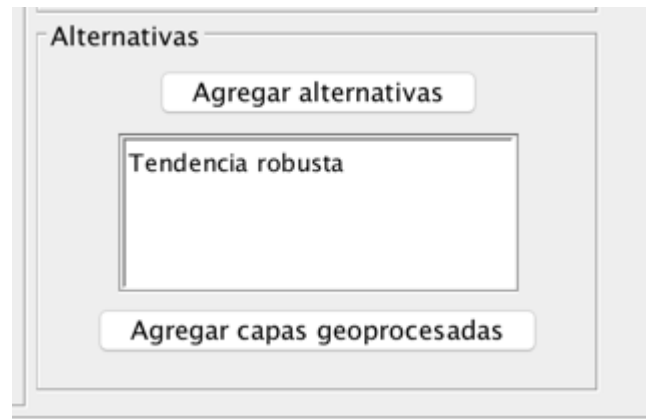


Figura 56. Agregar capa geoprocesada 1/2

Para cada una de las alternativas se deberá cargar la capa geoprocesada. Esta capa deberá ser la unión de las capas generadas por SIGAP a la hora de cargar valor inicial y alternativas del factor clave.

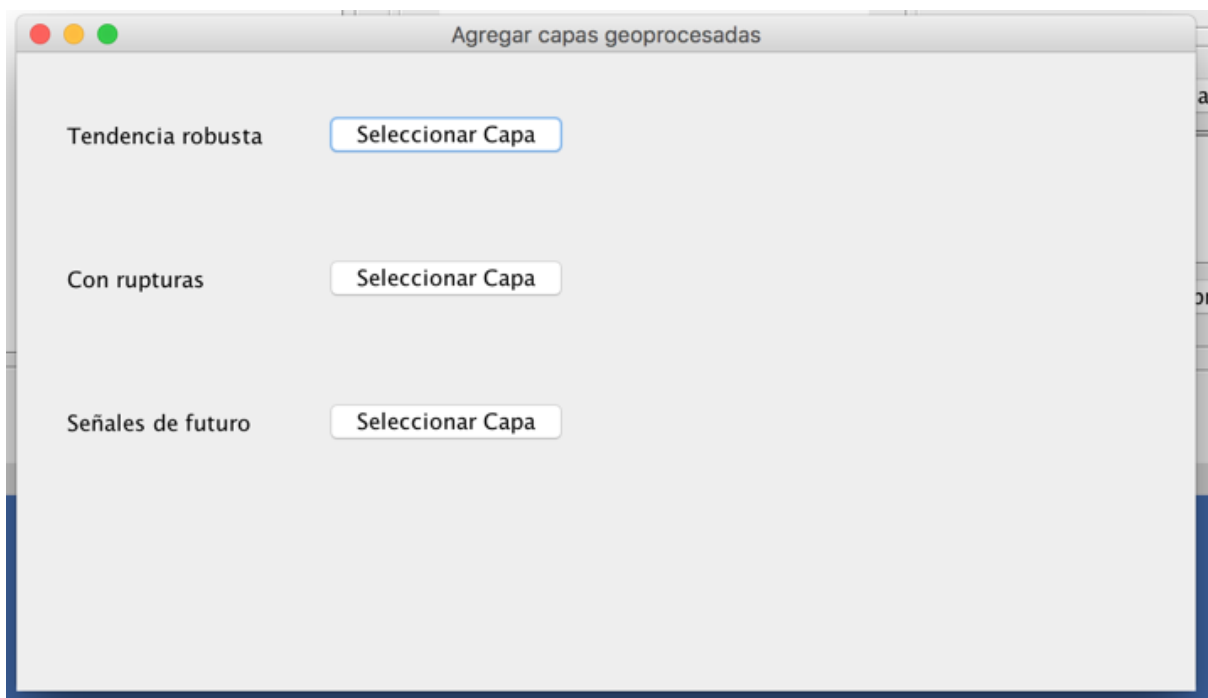


Figura 57. Agregar capa geoprocesada 2/2

Una vez cargada la capa geoprocesada, el sistema realizará la proyección del factor clave al año de proyección y agregará a la capa cargada la columna con la proyección calculada.

Determinar combinaciones imposibles

Para determinar combinaciones imposibles entre alternativas de factores, ir al menú contextual y seleccionar la opción de Gestión de Escenarios.

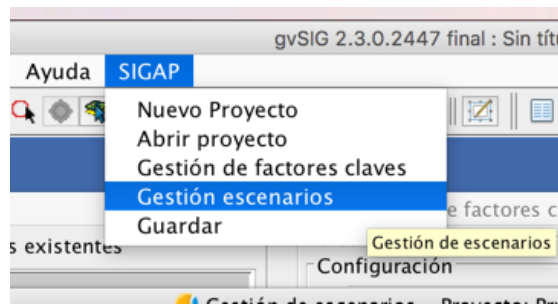


Figura 58. Combinaciones imposibles 1/5

Luego ir a la pestaña Combinaciones imposibles

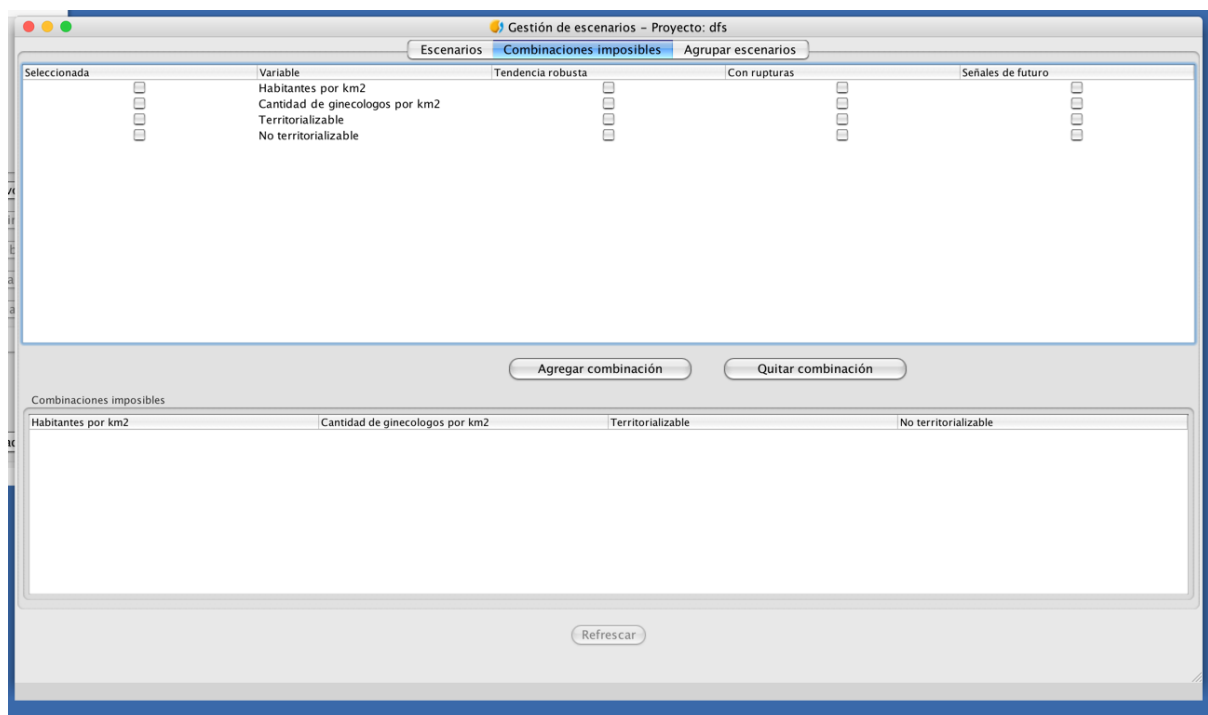


Figura 59. Combinaciones imposibles 2/5

En el primer recuadro se podrá seleccionar las alternativas de los factores clave a combinar para determinar cómo imposibles.

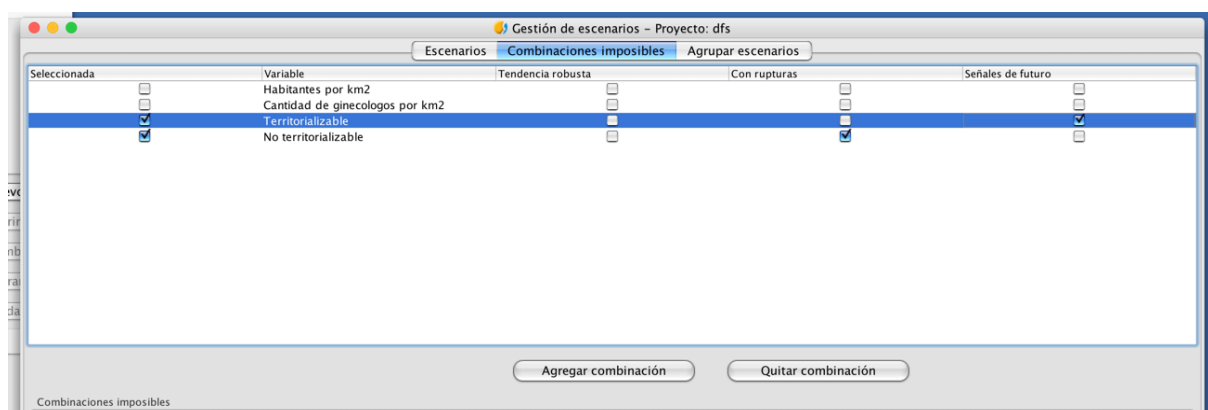


Figura 60. Combinaciones imposibles 3/5

Al agregarse, se filtraran aquellos escenarios que contengan la combinación agregada.

En el segundo recuadro se podrán visualizar las combinaciones imposibles cargadas, y las mismas podrán deshacerse.

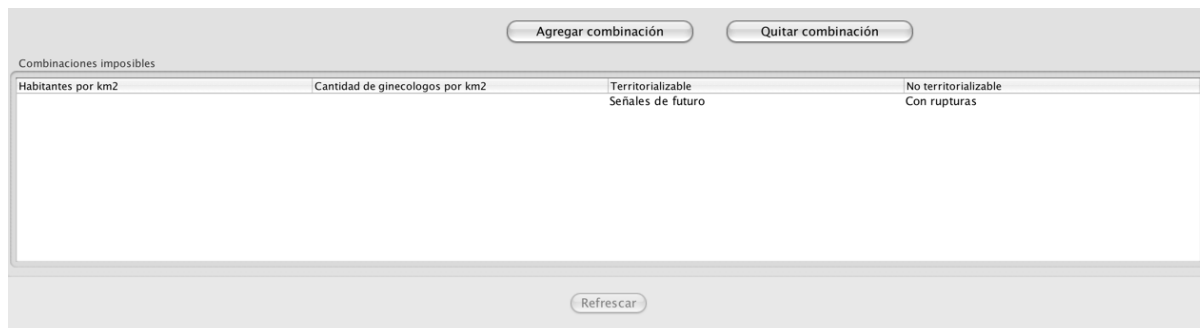


Figura 61. Combinaciones imposibles 4/5

En la pestaña de "Escenarios" -> "Escenarios filtrados" se podrán visualizar aquellos escenarios que se vieron afectados por las combinaciones previamente definidas como imposibles.

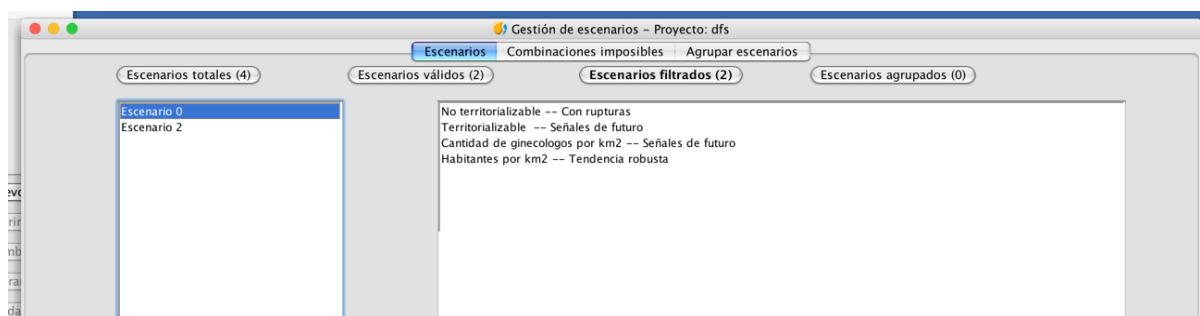


Figura 62. Combinaciones imposibles 5/5

Agrupar escenarios

Para poder agrupar escenarios similares, ir al menú contextual y seleccionar la opción de "Gestión de Escenarios".

Luego ir a la pestaña "Agrupar escenarios".

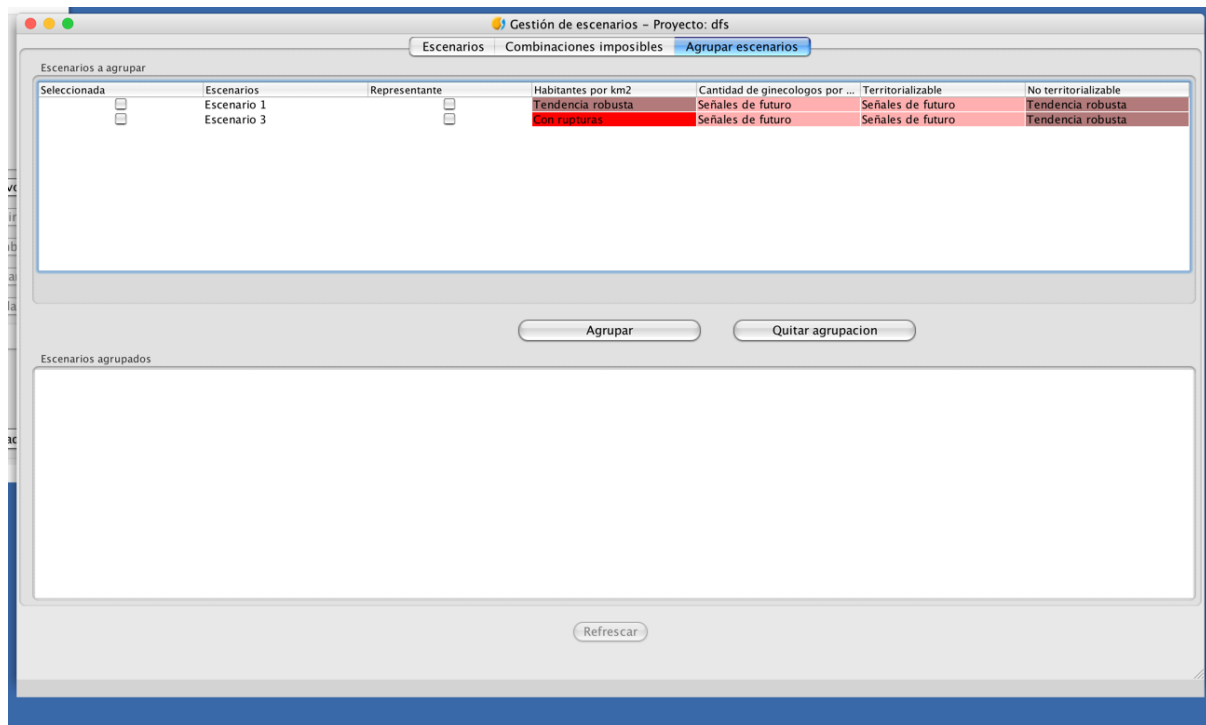


Figura 63. Agrupar escenarios 1/5

En el primer recuadro podrá seleccionar los escenarios a agrupar, y deberá elegir qué escenarios que representa a la agrupación

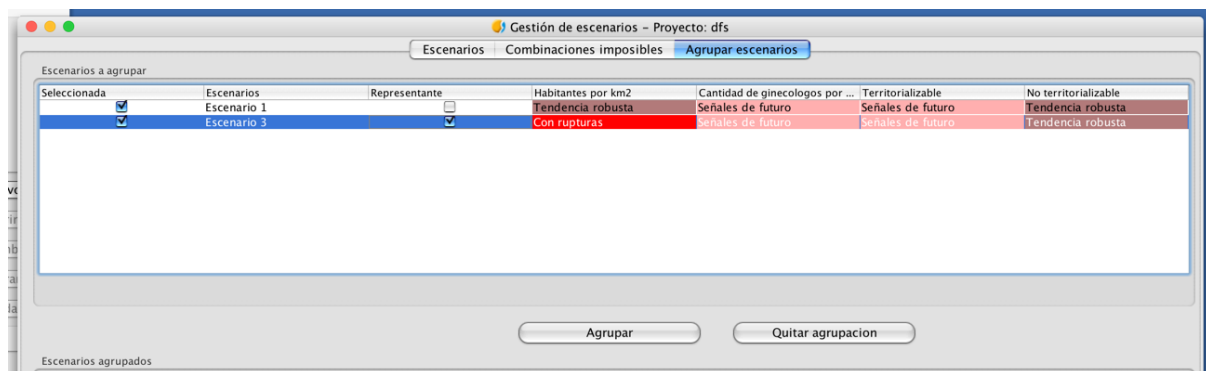


Figura 64. Agrupar escenarios 2/5

En el segundo recuadro podrá visualizar las agrupaciones realizadas.

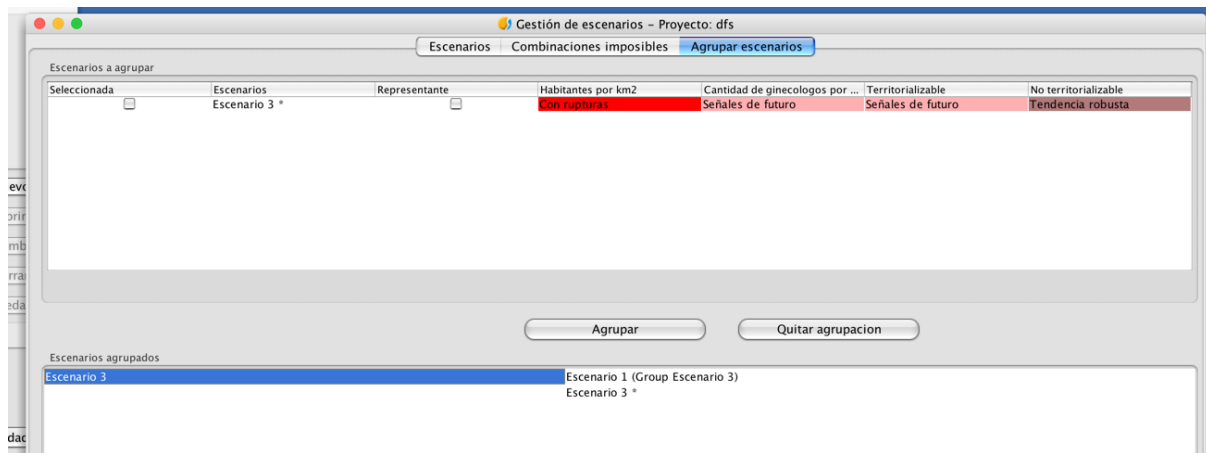


Figura 65. Agrupar escenarios 3/5

Seleccionando una en la primera lista, podrá visualizar el detalle de la agrupación en la segunda lista. Indicándose con un (*) cuál es el escenario representante de la agrupación.

En la pestaña de “Escenarios” -> “Escenarios agrupados” se podrán visualizar aquellos escenarios que han sido agrupados, los representantes se verán en la lista.

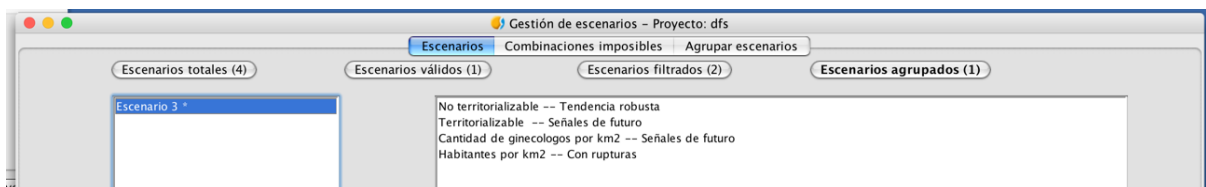


Figura 66. Agrupar escenarios 4/5

Se puede visualizar en “Escenarios totales”, aquellos escenarios que pertenezcan a un grupo, indicándose cuál es el escenario representante del grupo.

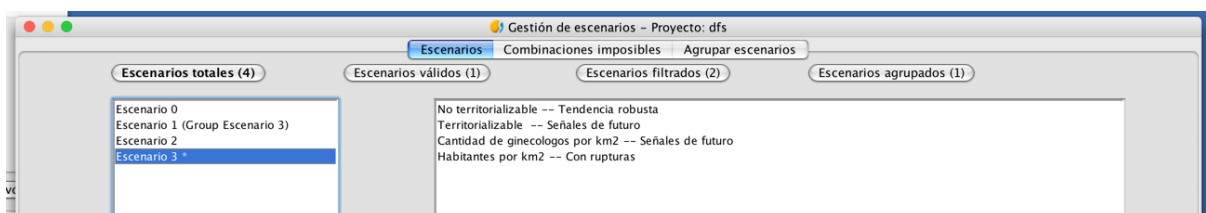


Figura 67. Agrupar escenarios 5/5

Refrescar escenarios

Ante alguna de las siguientes situaciones, es necesario refrescar el modelo.

- Se agrega un factor clave.

- Si el usuario había configurado agrupaciones de escenarios, las mismas se eliminan, ya que los escenarios del nuevo modelo no son los mismos.
- Las combinaciones imposibles se mantienen.
- Se elimina un factor clave.
 - Si el usuario había configurado agrupaciones de escenarios, las mismas se eliminan, ya que los escenarios del nuevo modelo no son los mismos.
 - Las combinaciones imposibles que involucren al factor clave eliminado se eliminan.
- Se modifica un factor clave y no se eliminan alternativas.
 - Las agrupaciones de escenarios se mantienen.
 - Las combinaciones imposibles se mantienen.
- Se modifica un factor clave y se elimina alguna alternativa.
 - Se eliminan las agrupaciones de escenarios que contengan el factor clave con la alternativa eliminada.
 - Se eliminan las combinaciones imposibles que contenga el factor clave con la alternativa eliminada.

Si alguna de las situaciones mencionadas ocurrió, al ir al menú contextual y seleccionar la opción de “Gestión de Escenarios”, se verá habilitado el botón de Refrescar.

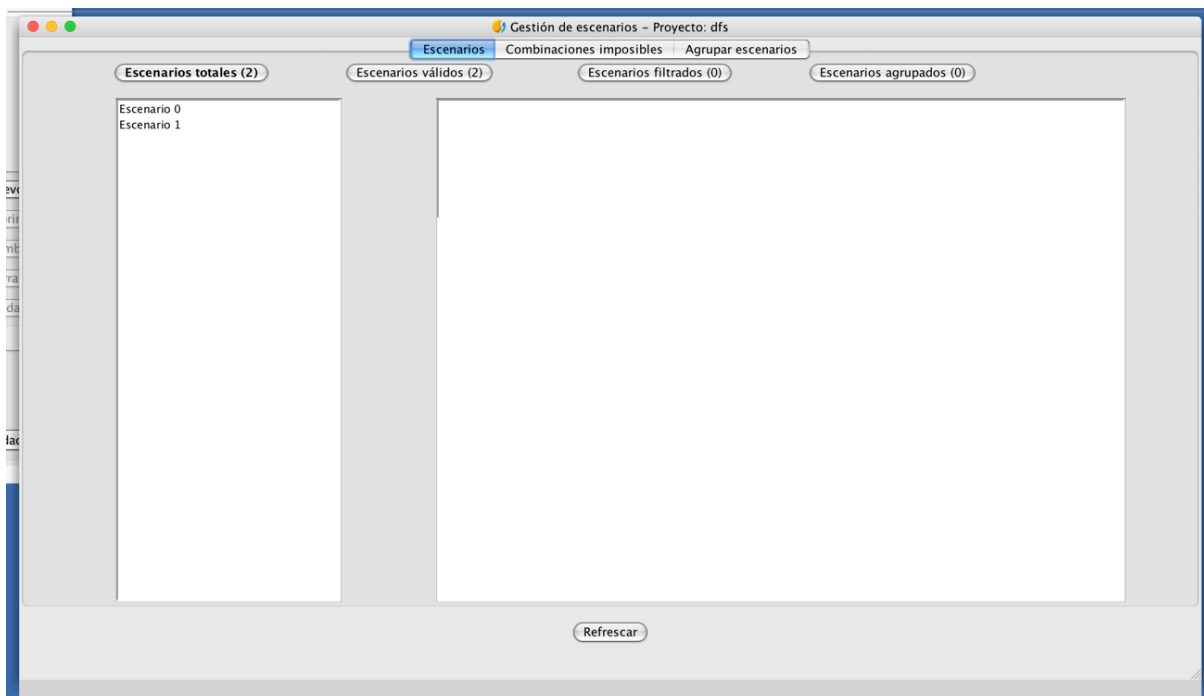


Figura 68. Refrescar escenarios 1/3

Al hacer clic, se calculará de nuevo el modelo. Y se inhabilitará nuevamente el botón.



Figura 69. Refrescar escenarios 2/3

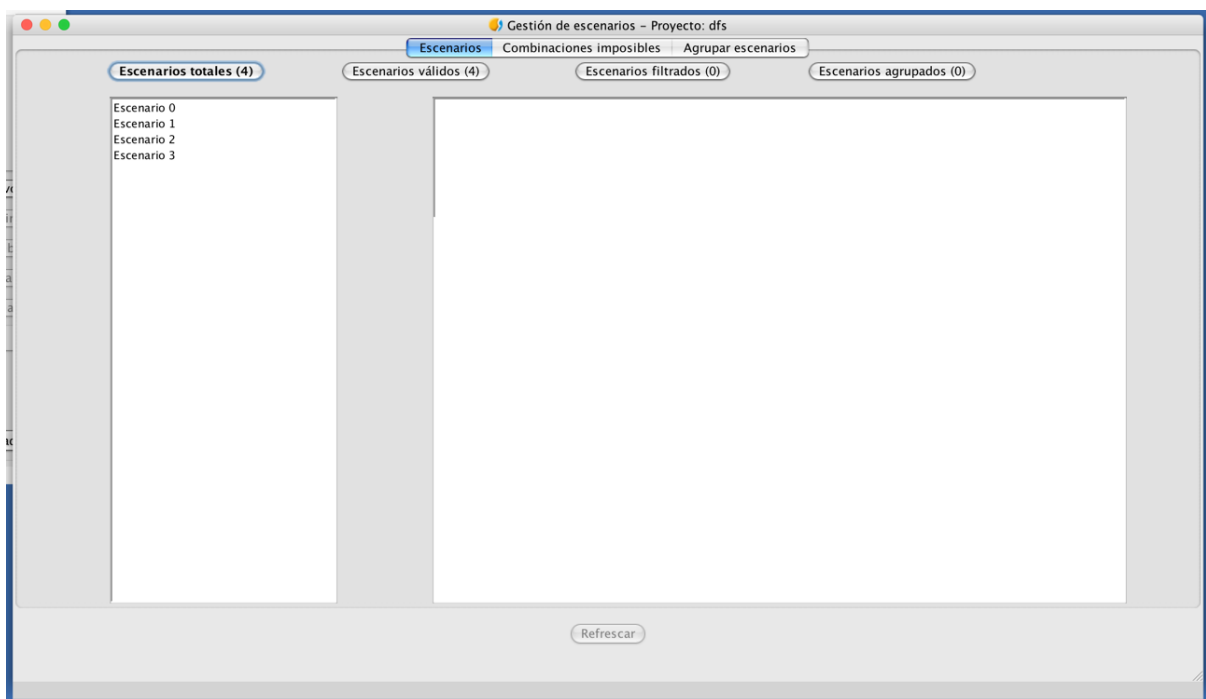


Figura 70. Refrescar escenarios 3/3

Esta acción puede repercutir sobre las combinaciones imposibles y la agrupación de escenarios.

Ver escenario

En "Gestión de escenarios" se podrá seleccionar la opción de "Ver escenario", seleccionando uno antes de la lista.

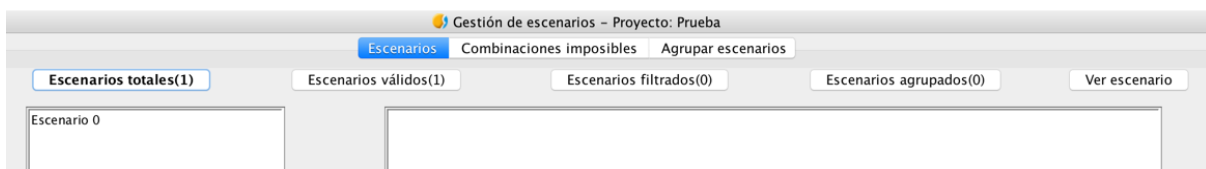


Figura 71. Ver escenario 1/2

Al hacer clic sobre el botón se cargará en el gestor de proyectos de gvSIG el escenario seleccionado

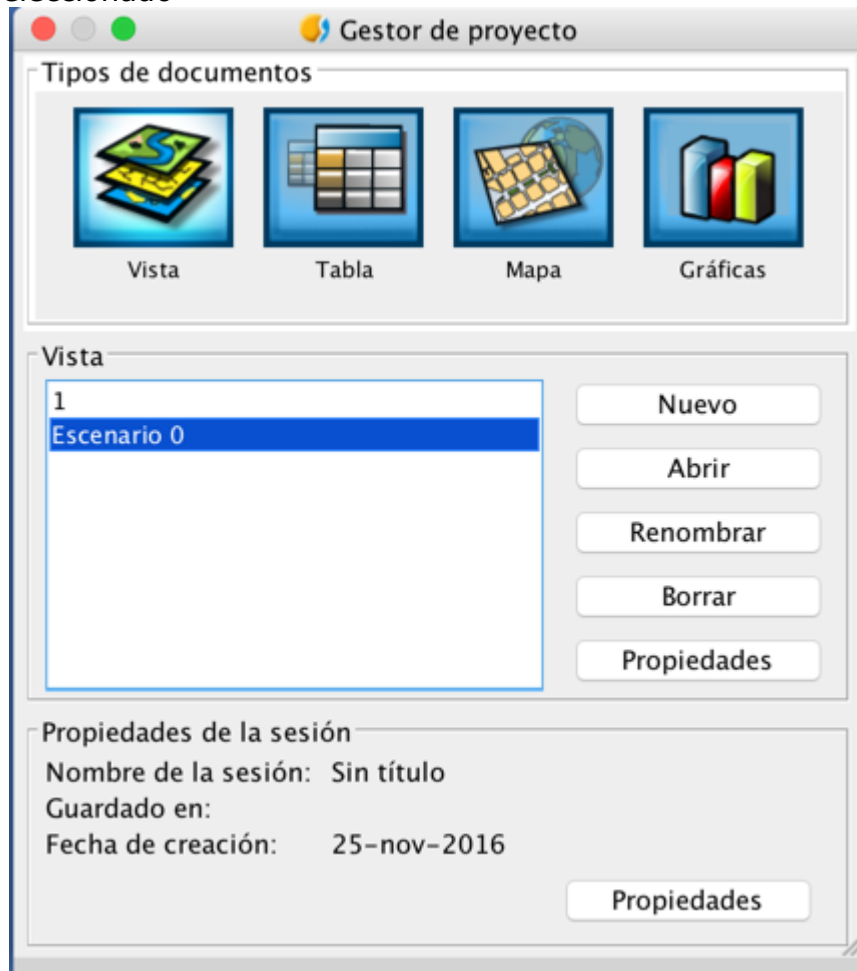


Figura 72. Ver escenario 2/2

Guardar proyecto

Para poder guardar el proyecto SIGAP, ir al menú contextual y seleccionar la opción de "Guardar" proyecto.

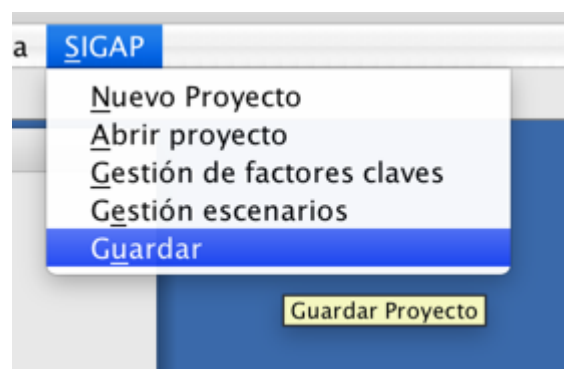


Figura 73. Guardar Proyecto 1/2

Se deberá seleccionar la carpeta en la cual se desea guardar el proyecto, y elegir un nombre para el mismo.

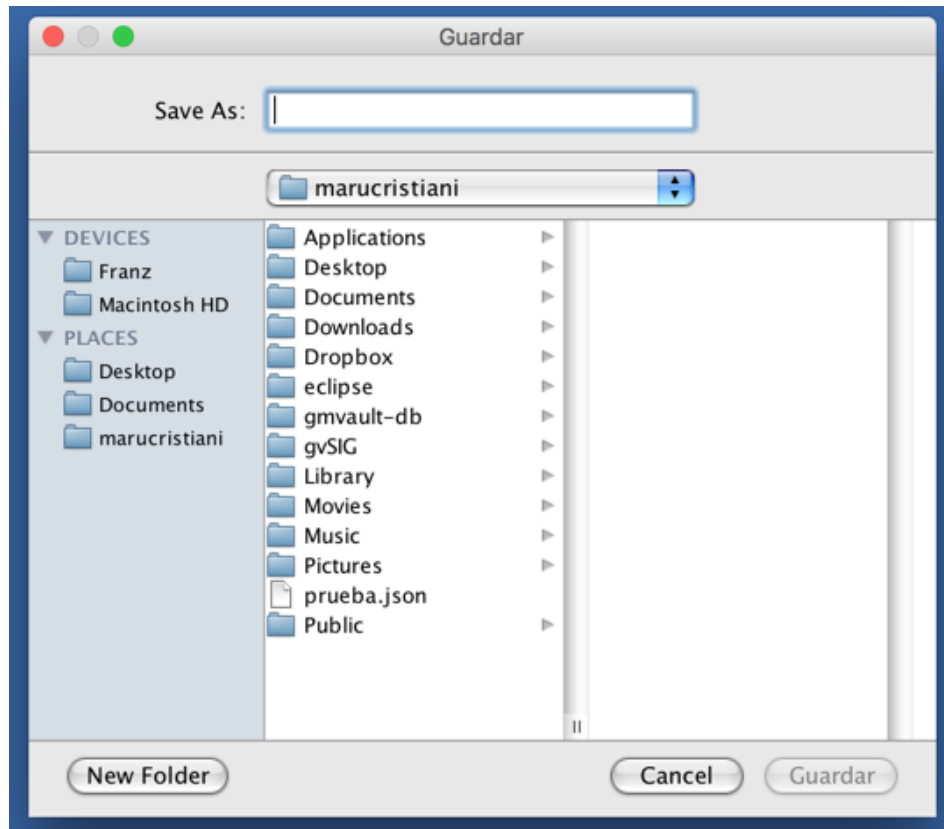


Figura 74. Guardar Proyecto 2/2