

# Proyecto de Grado

---



Verónica García Mesa, Liliana Rivas Canti

Docente Tutor: Ing. Omar Viera (Depto. de Investigación Operativa )

Usuario Responsable: Ing. Leonardo Loureiro (ICA)

Marzo 2006

---

**Departamento de Investigación Operativa  
Instituto de Computación - Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay**

---

## Resumen

En este proyecto se investiga el problema de la incorporación de un SIG (Sistema de Información Geográfica) a un área de mucha aplicación hoy en día como es el Marketing. Este tipo de herramientas denominadas como aplicaciones de Geomarketing son muy útiles para todas aquellas organizaciones que comúnmente realizan estudios de mercado muchas veces basados en la Geografía; desde supermercados para realizar distribución de mercadería o analizar estrategias de venta según distintos locales, pasando por empresas de emergencia médico móvil, hasta instituciones financieras para estudios de ubicación de nuevas sucursales y cajeros automáticos. Este proyecto se enmarca dentro de varias áreas de investigación y aplicación como son Ingeniería del Software, Gestión de Proyectos, SIG, Base de Datos, Investigación Operativa y Marketing. Fundamentalmente se manejan conceptos pilares de los SIG, sistema que en base a un elemento diferenciador, como lo es la información geográfica, permite resolver problemas que requieren el manejo de diferentes tipos de información que sólo pueden ser relacionados por geografía. Los SIG permiten almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones de una manera más intuitiva. El trabajo en el área de Base de Datos es también importante ya que los SIG incorporan lo que se denomina Geodatabase concepto nuevo que ha revolucionado el diseño de los SIG. Por tratarse de la investigación y el desarrollo de un prototipo de un Sistema de Información es necesaria la aplicación de conceptos de Ingeniería del Software y el apego a los procesos que ella define. Básicamente se plantea la utilización de un modelo de desarrollo y gestión del proyecto. También es clara la necesidad de aplicación de conceptos de Investigación Operativa en todo lo referente al análisis de datos que resultan de la utilización de los SIG y uno de los posibles trabajos futuros de este proyecto incluye la implementación de herramientas basadas en algoritmos de Optimización y Ruteo de Vehículos. Como base de conocimiento de este proyecto se plantea la realización de una investigación del Estado del Arte que incluye el análisis de los conceptos que fundamentan los SIG así como también sus áreas de aplicación; conjuntamente con un estudio de las perspectivas técnicas y de aplicación que se plantean para el futuro. El problema que se busca resolver es la integración y automatización de análisis de Geomarketing mediante una herramienta basada en SIG; que proporcione mecanismos de ayuda a la toma de decisiones de una organización. Para ello se plantea la construcción de un prototipo que se adapte a las necesidades que el usuario debe cubrir. Dicho prototipo al que nombramos "geoEstratega" fue desarrollado y probado utilizando una base de datos geográfica, especialmente diseñada para ello y un conjunto de "shapefiles" (archivos que contienen datos espaciales y descriptivos) que mantienen información relevante para la realización de análisis de Geomarketing. El objetivo final de "geoEstratega" consiste en la automatización de análisis de Geomarketing de manera flexible y fácil de comprender en un ambiente amigable para los usuarios; con la finalidad de ser un sistema de apoyo a la toma de decisiones que apunten a optimizar las estrategias de desarrollo de una organización.

**Palabra clave:** SIG, Geomarketing, información geográfica, prototipo, Geodatabase, shapefile.



---

**CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES Y CONTEXTO ACADÉMICO - PRIVADO .....</b>	<b>8</b>
1.1.1 ANTECEDENTES Y CONTEXTO ACADÉMICO .....	8
1.1.2 ANTECEDENTES Y CONTEXTO PRIVADO.....	8
<b>1.2 CONTEXTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 MÉTODO DE SOLUCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.5.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	11
1.5.2 PASOS SEGUIDOS.....	12
<b>1.6 RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>12</b>
1.7.1 CONCLUSIÓN .....	12
1.7.2 APORTES .....	13
1.7.3 TRABAJOS FUTUROS.....	13
<b>1.8 ORGANIZACIÓN DEL INFORME.....</b>	<b>13</b>
<b>2. PLANTEO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 CONCEPTOS .....</b>	<b>16</b>
2.1.1 GEOMARKETING .....	16
2.1.2 ELEMENTOS.....	17
2.1.3 APLICACIONES .....	17
2.1.4 BENEFICIOS DE LOS SIG .....	18
<b>2.2 PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 SOLUCIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 SELECCIÓN DEL LENGUAJE Y ENTORNO DE DESARROLLO .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 ANÁLISIS .....</b>	<b>21</b>
2.5.1 INTRODUCCIÓN .....	21
2.5.2 REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO .....	23
2.5.3 ALCANCE Y ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROTOTIPO .....	24
2.5.4 CASOS DE USO .....	27
<b>2.6 DISEÑO Y ARQUITECTURA .....</b>	<b>28</b>
2.6.1 MODELO DE DISEÑO.....	28
2.6.2 GEODATABASE.....	30
<b>2.7 IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>33</b>
2.7.1 MODELO DEL PROCESO .....	33
2.7.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	34

---

2.7.3	DECISIONES DE IMPLEMENTACIÓN .....	34
<b>3.</b>	<b>VERIFICACIÓN Y TESTEO .....</b>	<b>37</b>
3.1	DATOS .....	37
3.2	AMBIENTE .....	37
3.3	PRUEBAS .....	38
3.4	DEBILIDADES DE GEOESTRATEGA .....	38
3.5	DEBILIDADES DE ARCEENGINE 9.0 - 9.1.....	39
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
4.1	TRABAJOS FUTUROS .....	42
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA - REFERENCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>6.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>47</b>
<b>7.</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>48</b>

**Lista de anexos**

**Anexo I** – Estado del Arte

**Anexo II** – Gestión del Proyecto

**Anexo III** – Análisis y Diseño

**Anexo IV** – Arquitectura

**Anexo V** – Manual de usuario

**Anexo VI** – Especificación de Requerimientos

**Anexo VII** – Reporte de Pruebas

# Introducción

---



En esta introducción se resumen temas tales como: el contexto en el que se desarrolló este proyecto, sus objetivos, plan de trabajo y el método de solución utilizado. Incluye también conclusiones y una proyección de potenciales trabajos futuros.

---

Departamento de Investigación Operativa  
Instituto de Computación - Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes y Contexto Académico - Privado

### 1.1.1 Antecedentes y Contexto académico

La metodología aplicada para obtener información sobre este punto fue la realización de entrevistas con integrantes del cuerpo docente de Institutos relacionados con las áreas de investigación relevantes para este proyecto.

Hasta donde sabemos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República no se cuenta mas que con meros intentos de investigación sobre los SIG y sus aplicaciones que no lograron concretarse. Los Institutos que han incursionado en esta área son el Instituto de Computación y el de Agrimensura.

En lo que refiere al Instituto de Computación, fue a nivel del CECAL (Centro de Cálculo) donde existieron algunos trabajos en lo que respecta al procesamiento de imágenes en los años 1994-1995; para el cultivo de arroz en la zona de India Muerta en el departamento de Rocha. En el área de Investigación Operativa, si bien han habido proyectos de Ruteo y Optimización como el desarrollado en el año 1995 para la gestión del transporte de la materia prima para la empresa CONAPROLE, no hay investigaciones en la materia.

En el marco de colaboraciones de Suecia con el Uruguay se realizaron varios proyectos de intercambio y especialización sobre todo a nivel de posgrado, entre ellos se destacan especializaciones en el área de procesamiento de imágenes e interfaz hombre máquina.

También la Comunidad Económica Europea financió en el año 1997 un proyecto que se realizó en el CECAL, abocado al área de explotación de recursos pesqueros de modo sustentable utilizando los SIG.

A nivel de cursos de grado el Instituto de Computación sólo cuenta con electivas de grado dentro de la carrera Ingeniería en Computación en áreas de procesamiento de imágenes y una introducción a los SIG.

En tanto que el Instituto de Agrimensura brinda cursos de grado en procesamiento de imágenes, fotogrametría y una electiva sobre sensores remotos. Todos los anteriores son de aplicación como base para los SIG pero no han existido proyectos de investigación en esta área.

En la actualidad no se conocen investigaciones dentro de la basta área de aplicaciones que tienen los SIG en la Facultad de Ingeniería. [\[A\]](#)

Dada la información recabada, podemos concluir que es poca la investigación en el área y que queda mucho por profundizar; esperamos que este proyecto ayude en tal sentido. Dado que uno de los objetivos de la Universidad de la República es investigar y en base a esas investigaciones hacer aportes que resulten en beneficio de la sociedad; entendemos que el área de SIG, por su gran aplicabilidad, puede ser de ayuda para cumplir dicho objetivo.

### 1.1.2 Antecedentes y Contexto privado

De la investigación que se desarrolló para este proyecto surge que a nivel nacional hay dos empresas que ocupan un sitio importante en el área de Sistemas de Información Geográfica; como lo son AGEMAP e Ingenieros Consultores Asociados (ICA).

De la recopilación de información sobre estas dos empresas surge que en el Uruguay se cuenta con el "know how" para posicionarse a primer nivel mundial en estos temas, quizás lo que falte sea lograr la confianza y la credibilidad del resto del mundo y de nosotros mismos de que en un país para todos desconocido puede desarrollarse software de clase mundial.

#### 1.1.2.1 AGEMAP

AGEMAP es una empresa que tiene varios productos que pueden catalogarse como de aplicación de Geomarketing.

En los comienzos las investigaciones de AGEMAP se centraron en diseñar un producto para análisis geográficos relacionados con Marketing, investigación de mercados, ventas, estudios de logística, mantenimiento, etc. Luego paulatinamente han ido incorporando productos en el área de control de flota y ruteo como son: GrafoMap que permite la generación y administración de rutas e Infosat que es un sistema de control y despacho de flota. [1]

Hoy en día la empresa cuenta con varios productos entre los que se destacan:

- Agemap Mercado: Herramienta específica para tareas de mercadotecnia (con enfoque geográfico).
- Agemap Distribución: Catalogada como un solución para operar y administrar la distribución diaria de una empresa, optimizando recursos y teniendo en cuenta las necesidades de los clientes.
- Agemap Flota: Considerada como una buena herramienta para administración y control de flotas de vehículos. Dicha herramienta posee un sistema de comunicación con los vehículos para control y monitoreo de los mismos.
- Agemap Internet: Aplicación que permite desarrollos para Internet orientados a la consulta de información geográfica, de mercado y distribución.
- Agemap Engine: Proporciona un kit de comandos programables en VBasic, vFox, Delphi, etc, mediante las cuales es posible dotar aplicaciones de herramientas SIG de gran potencia.

Adicionalmente a esos productos la empresa dispone de datos útiles para la realización de estudios de mercado en diferentes áreas. Como lo es una completa cartografía Latinoamericana para ser utilizada con los productos y servicios AGEMAP. También posee amplia información sobre censos de población, datos económicos, censos comerciales, encuesta de hogares, etc; que resultan una materia prima fundamental para desarrollar el mercado y tener una visión clara a la hora de tomar decisiones.

### 1.1.2.2 **ICA**

Esta empresa, solicitante del proyecto, no cuenta aún con soluciones específicas en el área de Geomarketing. Pero si tiene una basta trayectoria en el desarrollo de SIG. Ha incursionado en variadas ramas de aplicación en algunas con mayor profundidad que en otras. Para nuestro país y en orden cronológico podemos mencionar algunos proyectos que esta empresa ha desarrollado con éxito:

Realizó varios proyectos de automatización de la producción de cartografía urbana, necesaria para el Censo de Población y Vivienda desarrollado en el año 1995. La cartografía incluía mapas de cada zona, segmento y sección de Montevideo así como también cada localidad del interior del país. Esa cartografía fue actualizada luego por la empresa en el año 1999.

Ha incursionado también en la utilización de SIG para gestión de recursos ganaderos en el Uruguay desde 1995.

Son importantes sus incursiones desde 1996 en la incorporación de aplicaciones SIG para gestión de servicios urbanos en Montevideo, como ser recursos de sanidad e inventarios viales.

Es en el área forestal donde su experiencia la ha llevado a posicionarse como un referente a nivel nacional.

Sus aplicaciones cuentan con recursos como: imágenes LANDSAT TM, GPS, etc. ([Ver Anexo I – Estado del Arte – Sección 2.4](#))

En el área de Ruteo y Optimización cuenta con un conjunto de herramientas exitosas, de gran aplicación para gestión de reparto o para ayuda en la toma de decisiones de Ruteo de Vehículos.

Probablemente los SIG se dieron a conocer conjuntamente con la empresa, para el común de la gente, en el año 2000, cuando fue la proveedora de imágenes IKONOS de diferentes lugares de interés turístico e histórico del país; para una serie de guías publicadas por el diario el Observador durante 24 domingos. Luego se sumo la Guía digital de Montevideo basada en el mapa de la ciudad, dicha guía brinda funcionalidades para la ubicación de direcciones en el mapa o determinar los recorridos de las líneas de ómnibus.

## 1.2 Contexto del Proyecto

El proyecto se llevó a cabo en la empresa ICA, solicitante del mismo, en el área específica de integración de SIG a estudios de Marketing. La empresa aún no cuenta con herramientas diseñadas específicamente para estas tareas, donde un usuario del área de Marketing pueda utilizar toda la potencialidad de los SIG para realizar sus estudios.

ICA ha mostrado interés en este tipo de aplicación desde hace un tiempo ya que son cada vez más las necesidades y el interés de utilizar herramientas de este tipo para la ayuda en la toma de decisiones.

Por esta necesidad y falta de recursos apropiados para llevar adelante este trabajo, surgió la idea de proponerlo como proyecto de grado al Departamento de Investigación Operativa del Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería.

## 1.3 Objetivos

Desde siempre las organizaciones dedicadas a las actividades comerciales han utilizado datos demográficos para evaluar sus estrategias, sin embargo en la última década el volumen de datos y las exigencias de los estudios de Marketing crecieron exponencialmente. La Geografía ya constituye un integrante más de estos estudios que por mucho tiempo casi inconscientemente se la incorporó en ellos sin utilizar los beneficios que hoy podemos reconocer.[\[12\]](#)

Así surge la necesidad de contar por parte de los analistas de mercado con una herramienta que les ayude a realizar su tarea, analizando, entre otros, la ubicación de los potenciales clientes, su distribución según puntos de venta, clasificarlos dependiendo de la estrategia a implementar, considerar la segmentación de mercado y cualquier característica particular de ellos que pueda ser relevante a la hora de plantear la estrategia comercial.

De la fusión de la Geografía y el Marketing surge un área de gestión que se denomina Geomarketing [\[12\]](#); logrando integrar información vinculada por su componente geográfica.

De cara a atender estas necesidades este proyecto estudia y resuelve el problema de la obtención de una herramienta de ayuda en la toma de decisiones con las citadas características. En este proyecto se busca posibilitar la realización de análisis propios del Geomarketing en Uruguay de una manera automatizada, fácil e intuitiva, reuniendo aplicaciones de software y un paquete de datos territoriales.

El primer objetivo de este proyecto es investigar y documentar el Estado del Arte incluyendo todos los aspectos que definen los SIG, sus áreas de aplicación y las perspectivas de los mismos. También la investigación en el área de Geomarketing es relevante por ser el área específica al cual se enfoca el trabajo.

Otro objetivo es la implementación de un prototipo al que nombramos “geoEstratega”. Para eso se plantea el estudio del problema de Geomarketing y la búsqueda de una solución. Es primordial el apego a un buen proceso de Ingeniería del Software; iniciando por la interacción con el cliente para conocer sus necesidades en sus términos y su ambiente. El siguiente paso es la determinación de los requerimientos que definan un producto que resuelva el problema, para luego poder determinar aquellos que sean de mayor interés y utilidad para ser incorporados como requerimientos del prototipo definiendo así el alcance del mismo.

El diseño y el desarrollo del prototipo descrito es un objetivo que deberá cumplirse respetando los plazos del cronograma elaborado.

La realización de documentación que incluye no sólo la investigación realizada sino también el diseño de la herramienta conjuntamente con un manual que le permita a los futuros usuarios poder incorporarla a sus análisis habituales de Marketing, también es un punto importante de este proyecto.

Se plantea el mantenimiento de una buena gestión del proyecto, para esto es fundamental realizar un buen cronograma a partir del alcance definido, que se utilizará como guía y permitirá realizar evaluaciones de la evolución a lo largo del proyecto.

Se persigue también la realización de una evaluación a lo largo del proyecto y luego de terminado el mismo que permita valorar los procesos seguidos y los productos obtenidos.

## 1.4 Plan de Trabajo

Se determinó un plan de trabajo con las etapas que se enumeran a continuación, cada una de las cuales son detalladas más adelante. En el [Anexo II – Gestión de Proyecto](#) se presenta el cronograma que se estableció inicialmente conjuntamente con posteriores adecuaciones.

- Estudio del Estado del Arte: Consiste en una investigación y documentación que incluye la historia de los SIG, su teoría y sus aplicaciones. Dado el problema planteado en este proyecto se incorpora también un estudio detallado del área de Geomarketing y sus aplicaciones, realizando una evaluación de la situación actual, las herramientas utilizadas y a utilizar a corto plazo, además de un estudio de la forma de trabajo. También incluye un relevamiento del software libre y comercial existente en el área de los SIG. Dicha investigación fue motivada por la necesidad de adquisición de una visión global de la situación que permitiera evaluar las necesidades de los futuros usuarios de la herramienta.
- Recolección y análisis de requerimientos: La recolección se realiza mediante reuniones con los usuarios donde ellos exponen sus necesidades, se valoran y documentan los requerimientos. Al mismo tiempo se realizan varias versiones de documentos de requerimientos hasta llegar a uno que conforme a todas las partes.
- Valoración del producto y el prototipo: Es importante poder analizar el conjunto de requerimientos y priorizar. Teniendo en cuenta la limitante de tiempo que posee un proyecto como este es fundamental determinar los alcances del prototipo y realizar una buena planificación. El siguiente paso es la especificación funcional de los casos de uso que definen el prototipo.
- Diseño del sistema: Esta etapa consiste en un diseño de todo el sistema, su arquitectura, modelo de datos y los casos de uso más relevantes para el prototipo. También en esta etapa se realiza un estudio de diferentes entornos de desarrollo, contemplando los entornos y lenguajes más utilizados en el mercado, realizando una evaluación de los mismos para luego definir el entorno y lenguaje que mejor se adaptaran en todos los aspectos para el desarrollo del nuevo sistema; siempre teniendo en cuenta las necesidades específicas de ICA.
- Desarrollo del prototipo: Teniendo en cuenta los conocimientos incorporados a través de la investigación del Estado del Arte, la recolección y análisis de requerimientos y el diseño del sistema se utilizan las herramientas elegidas para el desarrollo y se implementa el prototipo.
- Validación del prototipo: utilizando datos reales sobre los cuales el sistema debe trabajar se prueba el funcionamiento del mismo por parte del usuario. Luego de dicho período y a partir de la información registrada es posible validar el prototipo, verificando que los resultados esperados y definidos para el mismo se cumplen.

## 1.5 Método de solución

### 1.5.1 Metodología de trabajo

Se siguió el plan de trabajo definido y se fue avanzando de forma que el desarrollo de cada etapa se basó en los resultados de la etapa anterior, documentando los mismos en informes base para el informe final. También se escribieron informes intermedios para el tutor del proyecto y en cada iteración se informaba a ICA los avances obtenidos.

Durante la etapa de relevamiento de información concerniente a la modalidad de trabajo y herramientas a utilizar se realizaron reuniones con integrantes del área de ventas de ICA.

ICA siempre estuvo disponible para evacuar dudas, ya fueran de tipo funcionales o técnicas. También brindó documentación acerca de las herramientas a utilizar que fueron un aporte de la empresa.

Por parte de Facultad desde el inicio del proyecto se mantuvieron reuniones quincenales con el tutor del mismo. Dichas reuniones se motivaron en el seguimiento del proyecto y consulta de dudas cuya evacuación fue muy útil.

## 1.5.2 Pasos seguidos

Este proyecto busca aplicar la gran potencialidad de los SIG para ayudar a la toma de decisiones estratégicas de Marketing. En la primera etapa se realizó una investigación que profundizó en los SIG y luego en el área que se denomina Geomarketing, para así lograr una visión del alcance de la integración que ambos tienen. Luego que esta etapa de investigación finalizó se realizó un informe que resume los conocimientos adquiridos que se encuentran en el [Anexo I – Estado del Arte](#).

Terminada dicha etapa, se inicia la interacción con el usuario para conocer los requerimientos del mismo, esto inicio la etapa de análisis de requerimientos, luego de definidos, analizados y acordados se valida el alcance del prototipo. En dicha etapa se realiza un estudio de las funcionalidades que los mismos implicaban y se documentaron apropiadamente, esta información se encuentra en el [Capítulo II](#).

Culminada esta etapa se empieza con el diseño del prototipo y posteriormente comienza la etapa de desarrollo. El mismo se realiza en Visual .NET incorporando la biblioteca ArcGIS Engine de ESRI [\[3\]](#), los detalles del desarrollo se encuentran en el [Capítulo II](#). No es posible dejar de mencionar que la etapa de diseño incluyó el de la base de datos geográfica, adaptada según las necesidades planteadas por el sistema a desarrollar; los detalles del diseño, la carga de datos y su utilización constan en el [Capítulo II](#).

Dentro de la etapa de desarrollo se presta especial atención al diseño de la interfaz gráfica por el tipo de aplicación en la cual es muy relevante la visualización de representaciones gráficas en el mapa, para que esta sea lo más amigable posible ya que los usuarios de este tipo de sistema generalmente no son expertos en manejo de SIG, de modo que es importante llevar a su terreno el manejo de la aplicación.

Si bien a lo largo de todo el proceso se realizan pruebas a las funcionalidades a medida que se desarrollan es en la última parte del mismo que se realizan pruebas exhaustivas del prototipo.

## 1.6 Resultados Esperados

Los resultados y aportes esperados para este proyecto son:

- A. Investigación del Estado del Arte. Realizar un análisis del tema que trata este proyecto, buscando adquirir un conocimiento profundo del mismo para luego aplicarlo a solucionar el problema planteado. Incluyendo un estudio del problema de Geomarketing desde el punto de vista de la aplicación de un SIG. Logrando así con ese análisis posibilitar la construcción de una aplicación que se adaptara a las necesidades reales de los usuarios de este tipo de herramientas.
- B. Análisis y diseño de una herramienta que resuelva el problema. El diseño deberá permitir reutilización y extensiones futuras.
- C. Desarrollo de un prototipo para esta herramienta y elaboración de un manual de usuario. Dicho prototipo deberá constituirse en una base para la construcción de un producto capaz de solucionar el problema planteado.

## 1.7 Conclusión y Trabajos Futuros

### 1.7.1 Conclusión

En síntesis, en este proyecto se logra llegar a una solución del problema de incorporar un SIG como herramienta de ayuda en un área de mucha aplicación hoy en día como es el Marketing.

Se realizó una investigación sobre los temas que aborda la resolución de dicho problema como son conceptos y contexto de los SIG.

Se logró desarrollar un prototipo que es factible de ser utilizado para la realización de estudios de Geomarketing, en este caso en la zona metropolitana de Montevideo. Además constituye una

herramienta que puede ser utilizada para otros tipos de estudios como por ejemplo análisis socio-económicos.

El detalle de las conclusiones obtenidas consta en el [Capítulo IV - Conclusiones](#)

### 1.7.2 Aportes

Como ya se ha mencionado no han existido a nivel de proyectos de grado en la Facultad de Ingeniería investigaciones referentes a los SIG ni a sus aplicaciones. Por esta razón uno de los aportes de este proyecto es precisamente el estudio sobre los SIG y una de sus aplicaciones más renombradas como es el Geomarketing. El informe de Estado del Arte se constituye como un importante referente que puede ser base de nuevas investigaciones.

El diseño de la solución planteada constituye también un aporte, ya que se trata de un diseño de un tipo de Sistema de Información que hasta donde conocemos no se había realizado antes en la Facultad de Ingeniería. La forma de almacenamiento de datos constituye un punto interesante ya que se optó por diseñar y utilizar un nuevo concepto: una base de datos geográfica.

Podemos decir que el prototipo es novedoso desde el punto de vista de los datos y la forma de visualización de los mismos así como la forma de interacción del usuario con el sistema. Es novedoso porque la geometría esta presente tanto en los datos como en la manera de visualizarlos. La base de datos geográfica no sólo almacena los datos descriptivos como cualquier base de datos relacional sino que incorpora la geometría de los mismos.

La implementación del prototipo cuenta con un aporte a destacar, que es la utilización de un software de base, moderno (ArcGIS Engine) [4], que es catalogado como uno de los más reconocidos del mercado comercial, si bien aún se encuentra en sus primera etapas de evolución.

### 1.7.3 Trabajos Futuros

Existe una amplia variedad de trabajos que se pueden realizar agregando valor a los productos obtenidos en este proyecto de grado, ya sea ampliando la investigación realizada o implementando mejoras y extensiones al prototipo desarrollado.

Por otro lado y quizás el punto más importante son las aplicaciones que puede tener un sistema basado en “geoEstratega” y su valor como apoyo en la toma de decisiones.

En el [Capítulo IV – Conclusiones](#) se describe una lista de potenciales trabajos futuros.

## 1.8 Organización del Informe

El informe consta de varios capítulos, en los cuales se describe el problema, la forma de resolverlo y por último los resultados obtenidos y las extensiones posibles al prototipo. En el [Capítulo II](#) se describe el problema y la investigación llevada a cabo. Ese capítulo también contiene la explicación de la solución que se llevó a cabo para el problema planteado incluyendo todo el análisis y diseño del proyecto, análisis de requerimientos, planificación de la implementación, diseño de la arquitectura y el diseño de la Geodatabase. Como último ítem de ese capítulo se incluyen las conclusiones alcanzadas y los futuros trabajos que pueden considerarse como extensiones del trabajo realizado. En el [Capítulo III](#) se resume el testeado realizado del prototipo implementado y el reporte de los resultados obtenidos en el mismo. Luego en el [Capítulo IV](#) encontramos las conclusiones de este proyecto. La bibliografía completa utilizada para la investigación y desarrollo del proyecto consta en el [Capítulo V](#). En los Anexos se encuentra información referente a la investigación realizada y al uso del prototipo.

En el [Anexo I – Estado del Arte](#), podemos encontrar toda la investigación realizada previamente al desarrollo del prototipo que llamamos Estado del Arte. En el [Anexo II – Gestión del Proyecto](#) se resumen los aspectos referentes a los cronogramas y las mediciones realizadas en este proyecto. El [Anexo III – Análisis y Diseño](#) se encuentra el análisis y diseño de la solución propuesta. El [Anexo IV – Arquitectura](#) describe la arquitectura de la aplicación. El [Anexo V – Manual de Usuario](#) contiene el manual de usuario del prototipo, con explicaciones claras y ejemplos de uso y en el [Anexo VI – Especificación de Requerimientos](#) constan las especificaciones de requerimientos tanto del producto

como del prototipo implementado. El [Anexo VII – Reporte de Pruebas](#) resume las debilidades detectadas en el prototipo implementado.

# Capítulo II

---



En este capítulo se describe el problema planteado y la solución del mismo. Abarca temas que van desde el análisis y diseño hasta la implementación del prototipo.

---

**Departamento de Investigación Operativa  
Instituto de Computación - Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay**

## 2. Planteo y Solución del problema

Como se expresa en el resumen de este documento en este proyecto se investiga el problema de la incorporación de un SIG a un área de mucha aplicación hoy en día como es el Marketing. Para poder explicar qué significan estas palabras, antes que nada debemos mencionar algunos conceptos claves que resultan de una compilación de diferentes artículos sobre el tema. [\[15-18\]](#)

### 2.1 Conceptos

#### 2.1.1 GeoMarketing

El mundo ha evolucionado mucho y muy rápido, primero llegó el mercado de masas, donde todos los consumidores recibían indiferenciados e idénticos mensajes; como decía Henry Ford: "cualquier color de coche que usted quiera, siempre que sea negro" [\[20\]](#). Luego llegó la segmentación del mercado que dividía los anónimos grupos de consumidores en pequeños grupos con características demográficas similares. Hoy, la disponibilidad de la tecnología informática sofisticada y de datos cada vez más detallados permiten al responsable de Marketing utilizar toda su creatividad para enfrentarse a un mercado competitivo y cambiante, dirigiéndose a reducidos nichos de población, y en definitiva tratando de llegar al más pequeño; el individuo.

Durante años las empresas han utilizado datos demográficos para evaluar sus planes comerciales y sus esfuerzos de Marketing. Actualmente, parece que muchas organizaciones han tomado la iniciativa de invertir e investigar sobre quién es y cómo es el cliente potencial y qué necesita para asegurar su lealtad. Así, a menudo nos abordan con preguntas como: ¿Qué productos compra Ud. habitualmente en nuestro centro?, ¿Cuándo es su cumpleaños? o ¿dónde vive?.

Las empresas almacenan mucha información sobre el consumidor, que cruzarán para predecir si éste es un cliente potencial de su producto, usando éste conocimiento para enviarle un mensaje personalizado que le anime a realizar esta compra. Para muchas organizaciones hoy en día es muy importante conocer las condiciones demográficas y socioeconómicas a nivel de micro mercado. Para ello es necesario evaluar los planes comerciales y los esfuerzos de Marketing desde la óptica de la Geografía con gran nivel de detalle.

La Geografía se hace presente constantemente en nuestras vidas y la utilizamos continuamente, muchas veces inconscientemente. Compramos en grandes superficies fácilmente accesibles en coche. Asignamos territorios a vendedores o a puntos de ventas. Para abrir una cuenta corriente tenemos en cuenta las sucursales bancarias disponibles en el barrio. En este entorno el especialista de Marketing tiene que conocer las posibilidades que ofrecen las técnicas de análisis de bases de datos para escoger la que más se adapte a sus necesidades. Hoy, es imprescindible estudiar el comportamiento y la demografía de los clientes potenciales si la empresa quiere conocer su mercado y alcanzarlo eficazmente. Esto puede lograrse utilizando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) [\[12\]](#) como elemento integrador de toda la información que la empresa está almacenando sobre sus clientes y su mercado en sus bases de datos orientadas al Marketing.

Vale decir que el Geomarketing es una disciplina reciente, aún poco conocida por los analistas, pero de una gran potencialidad, que permite a quienes toman decisiones visualizar las estrategias de Marketing y poner al descubierto aquellas localizaciones de mayor potencialidad en un negocio.

Nacida de la confluencia del Marketing, que se define como "una ciencia del comportamiento que explica las relaciones de intercambio que suelen tener lugar sobre un espacio geográfico entre distintos grupos o individuos de manera que las partes implicadas obtengan la satisfacción de sus necesidades y deseos" [\[21\]](#) y la Geografía. El Geomarketing es una disciplina que podría definirse como el conjunto de técnicas que permiten analizar la realidad económico-social desde un punto de vista geográfico, a través de instrumentos cartográficos y herramientas de la estadística espacial. Dentro del mundo de la distribución comercial, las técnicas de Geomarketing permiten abordar cuestiones críticas y habituales de este sector, que no siempre son atendidas correctamente y podrían resumirse en la siguiente pregunta: ¿quién compra, qué, dónde?

Ahora bien, Geomarketing engloba algo más que Geografía y Marketing, también se nutre de la Informática, la Cartografía y la Estadística. Si bien las definiciones son a veces peligrosas hay una definición que parece ser consensuada en la literatura del tema. El **Geomarketing** podría ser definido como "un sistema integrado por datos, programas informáticos, métodos estadísticos y

representaciones gráficas; destinado a producir una información útil para la toma de decisiones, a través de instrumentos que combinan la cartografía digital, gráficos y tablas” (LATOURET y FLOURET, 2001). Ver [Anexo I – Estado del Arte](#)

El Geomarketing [27] así como el Marketing debe abordar cuatro elementos fundamentales de la mercadotecnia (las cuatro “P”): **Producto**, **Precio**, **Plaza** \ distribución y **Promoción** desde una perspectiva espacial que subyace a todos ellos. Pero analicemos un poco qué quiere decir esto, se refiere a que la dimensión espacial está presente en el proceso en el que un **producto** (bien o servicio) debe ser **comunicado** al público a través de medios de promoción y **distribuido** para su comercialización, con un **precio** que está condicionado por múltiples factores (ej.: la calle, la ciudad de que se trate, si es un centro comercial o un supermercado, etc.).

### 2.1.2 Elementos

Un sistema de Geomarketing tiene varios componentes: información estadística y cartografía, tratamiento de la información y estudios de mercado.

#### Información estadística y cartografía

De procedencia interna y/o externa es la base del todo el estudio del mercado. Los datos internos se encuentran en la propia organización, en ocasiones hay grandes bases de datos que no suelen ser aprovechadas por diversos motivos, como no encontrarse depuradas o difundidas debidamente.

Los datos externos son generalmente brindados por instituciones especialmente dedicadas a la elaboración y difusión de datos de tipo social y económico. Ejemplos son el INE (Instituto Nacional de Estadística), Ministerios, encuestadoras, etc.

Muy importante es también contar con una cartografía digital que permita visualizar y tratar estadísticamente datos procedentes de distintas zonas geográficas en distintas escalas o ámbitos geográficos. La cartografía digital se construye partiendo de datos, con la ayuda de periféricos y dispositivos de escaneo conjuntamente con programas de computadora específicos para el diseño gráfico.

Se requiere una alta tecnología informática capaz de visualizar y tratar estadísticamente los datos procedentes del contexto espacial. Los SIG, son esa alta tecnología que hace capaz la visualización, exploración, almacenamiento eficaz, recuperación rápida y visualización interactiva de conjuntos de datos geográficos.

#### Tratamiento de la información

No sólo es cuestión de acumular datos, lo importante es determinar las relaciones existentes entre ellos, esto se realiza con los llamados análisis estadísticos, que cuando se aplica a grandes volúmenes de micro datos se llama minería de datos. Luego de este proceso se pueden culminar con éxito los estudios de Marketing deseados.

#### Estudios de mercado

Las aplicaciones del Geomarketing son tan variadas como el propio Marketing, a continuación analizamos algunas posibilidades.

### 2.1.3 Aplicaciones

Hay preguntas tradicionales que el Marketing debe contemplar que tienen un fuerte componente geográfico. Por ejemplo:

- ¿Estamos maximizando nuestro potencial de ventas?
- ¿Hacemos publicidad en los lugares adecuados? ¿cuál es su alcance?
- ¿Quiénes son nuestros clientes? ¿cómo están distribuidos en la ciudad?
- ¿Nuestros locales de venta, están bien ubicados? ¿dónde debemos ubicar el próximo?
- ¿Dónde está localizada la competencia? ¿cuáles son sus zonas de influencia?

Las bases de datos tradicionales están acostumbradas a responder preguntas como:

- ¿Cuántos clientes adquirieron el producto X?
- ¿Qué establecimientos se encuentran en esta misma calle?
- ¿Qué establecimientos ofrecen nuestros servicios?

Las capacidades poderosas de los SIG nos permiten ir más allá y saber rápida y fácilmente:

- ¿Dónde viven los clientes que compraron el producto X?
- ¿Cuántas personas de entre 20 y 25 años viven a menos de 5 km de un establecimiento nuestro?

#### **2.1.4 Beneficios de los SIG**

Múltiples empresas a nivel mundial ya están incorporando los SIG a sus negocios a través de la aplicación de Geomarketing. Las ventajas y beneficios de estas herramientas son siempre resaltadas por las empresas dedicadas a proveerlas, jactándose de que un SIG lo llevará en la dirección segura del éxito.

Entre los múltiples beneficios se destacan:

- Ahorro de tiempo y dinero.
- Promover una organización interna eficiente.
- Ayudar a tomar mejores decisiones de negocios mediante:
  - Mayor conocimiento de los mercados y la habilidad de focalizar esfuerzos en determinados segmentos del mercado.
  - Mayor habilidad para ubicar los productos y su correspondiente merchandising con los requerimientos de los distintos segmentos del mercado.
  - Optimización de distribución y la apertura / reubicación de puntos de venta.
  - Evaluación del actual mercado potencial por zonas geográficas, proporcionando una base inteligente, para el establecimiento de una política de expansión eficaz basada en un mayor y mejor conocimiento.

## **2.2 Problema**

La base del problema planteado en este proyecto por el usuario es poder contar con una herramienta informática que básicamente permita contestar las siguientes preguntas:

¿A quién le vendo lo que produzco?, ¿Dónde viven, dónde y qué compran mis clientes?, ¿Cuál es mi público objetivo?, ¿Quiénes son mis competidores?, ¿Cómo almaceno toda la información que tengo sobre mis clientes?, ¿Puedo responderme estas preguntas rápidamente?, ¿Puede una herramienta de software ayudarme?

Para poder contestar esas preguntas lo primero a resolver es qué datos se necesitarán y dónde almacenarlos.

La información que el usuario expresó que desea almacenar y poder visualizar para analizar de distintas maneras es:

- Datos de clientes como ser: identificación (nombre, cédula de identidad, teléfono, etc), formas de pago (manejo o no de tarjetas de crédito, etc) y, por supuesto, su dirección.
- Datos censales: distribución de la población, clasificación por género de habitantes por barrio, cantidad de hogares, etc.
- Ubicación de los locales o sucursales de la empresa y también de la competencia. Ubicación en la ciudad de otros servicios, como ser: almacenes, autoservicios, etc.

- Datos cartográficos de por ejemplo Montevideo metropolitano como ser: calles, manzanas, plazas, distribución de barrios, cursos de agua, límites departamentales, etc.

El usuario expresó algunos de los análisis que le serían útiles en los siguientes términos:

- Es muy importante poder determinar quiénes son sus consumidores y así poder determinar los productos, sus precios, etc.
- Dentro de un radio de acción es necesario para el usuario poder identificar los competidores, estimado la distancia a la que se encuentran del negocio. Incluso puede ser muy útil analizar si ofrecen los mismos productos o no.
- Es sumamente útil poder determinar cuánta gente habita determinada zonas, cuántos de ellos son mis clientes y cuáles son sus características y las de quienes no son aún clientes.
- Es importante localizar los elementos que estudian: puntos de venta, almacenes, etc; ubicados en una ciudad, barrio o segmento censal.
- Buscar un lugar o elemento que reúna alguna condición es un proceso muy útil que por ejemplo sirve para localizar los clientes menores de 25 años.
- También los cambios son factibles de evaluación y muy útiles para evaluar estrategias, como ser, ver diferencias de comportamiento de consumo de habitantes que se dan en una zona a lo largo del tiempo.
- Los patrones de distribución espacial son de gran ayuda para responder preguntas como ¿consumen más los clientes que están a menos de 100 metros de un centro comercial?.
- Es fundamental que la herramienta logre automatizar todos estos análisis que usualmente se realizarían manualmente, con el trabajo que ello requiere.

La variable geográfica le permite a los análisis de Marketing utilizar información censal y posibilita crear mapas de negocio que permitan identificar patrones y comprender relaciones entre los datos que no son fáciles de determinar a partir de la información almacenada en tablas o visualizada en gráficas.

El fundamento de todas las necesidades planteadas anteriormente es el hecho de que la herramienta debe constituirse en una ayuda al proceso de toma de decisiones de la organización. Para ello es fundamental que la solución permita identificar patrones (espaciales y territoriales) que son irreconocibles en las bases de datos utilizadas por Sistemas Información usuales y que los SIG comprenden y muestran con gran facilidad.

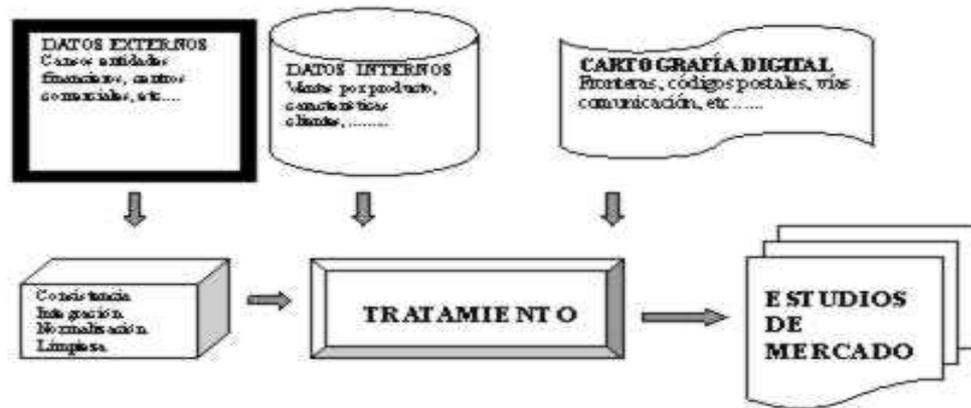
Las decisiones de negocios que usualmente se toman en una organización se pueden clasificar como: operacionales que incluyen optimización de rutas de distribución y zonificación comercial, tácticas que refieren a análisis cuantitativos y cualitativos de datos que permitan alcanzar una alternativa beneficiosa y por último, y al mas alto nivel, se encuentran las posibles decisiones estratégicas que son las que colaboran con el plan de negocios de la organización. [25]

Estos análisis que hemos mencionado le sirven al usuario para tomar decisiones basadas en la **mercadotecnia**, [22] que se define como un “proceso social a través del cual la estructura de demanda de bienes y servicios será anticipado, acrecentado y satisfecho mediante la concepción, promoción, intercambio, distribución física de bienes y servicios”.

Esos análisis le van a permitir definir una estrategia para posicionarse en el mercado; entre las cuales son muy conocidas aquellas denominadas: **masiva**, que consiste en orientar los productos de la empresa de la misma manera para todo el mercado; **diferenciada**: que propone enfocarse de una manera diferente según varios grupos del mercado; y por último la estrategia **concentrada**: en la cual la organización se dedica a satisfacer las necesidades de un grupo específico del mercado. Estos grupos que mencionamos surgen de los propios análisis que el usuario quiere realizar con la herramienta.

## 2.3 Solución

El problema que se planteó en este proyecto: la búsqueda de una solución informática basada en un SIG que automatice, agregue y trate datos de diversas fuentes para realizar estudios de mercados, tiene su solución según el siguiente esquema.



Dentro de las necesidades básicas encontramos:

Parte del problema a resolver es la forma de visualizar, navegar y acceder a los datos que comúnmente se manejan para realizar estudios de Geomarketing, ya descritos anteriormente; para ello se plantea disponer de un manejo simple, intuitivo de barras de herramientas de navegación y barra de trabajo. La primera, brindando la posibilidad de acercamiento, alejamiento de la vista gráfica; seleccionar, desplazar y obtener información de los elementos gráficos. Por otro lado la barra de trabajo incluye funciones como: abrir espacio de trabajo, guardarlo y agregar datos.

Para poder realizar estudios de Marketing se planteó resolver casos de uso como los que se listan a continuación:

- Para poder asignar y seleccionar clientes de zonas geográficamente delimitadas, la herramienta permite definir buffers de un conjunto de puntos (locales de la empresa), para establecer la zona de influencia de los mismos.
- Para poder visualizar zonas de concentración de variables como ser gastos, ticket promedio, género, densidad de población etc, es necesario que la herramienta posibilite la clasificación de datos según dichas variables.
- Dado que a un analista de mercado le resulta muy útil utilizar “maplets”, es decir, gráficas de barras o tortas, la herramienta permite clasificar datos; y presentarlos sobre el mapa.
- Para permitir la integración temática, se solicitó la funcionalidad de unión e intersección geográfica de datos.
- Un problema usual de un analista de mercado es poder extraer datos con distintas características, entre grandes volúmenes de información; esa extracción generalmente se determina por el valor de alguna variable que interese tener en cuenta, como ser el poder adquisitivo de clientes o aquellos con mayor consumo, etc. Para poder brindarle esta ayuda, se incluyeron mecanismos de consulta espacial o por atributos, en la solución del problema.
- Para realizar estudios de una complejidad avanzada se provee una forma de selección que integra el factor espacial y el descriptivo, en una sola funcionalidad; permitiendo cruzar información de diferentes conjuntos de datos.
- Otra característica propia del área de Marketing es la necesidad de utilizar datos de diversas fuentes. Es muy difícil poder contener toda la información en una misma base de conocimiento, por lo que se detectó la necesidad de poder realizar cruzamiento de datos externos con los propios. Por ello se brinda la posibilidad de relacionamiento entre datos propios y externos.
- Para poder concluir un buen análisis de mercado, es necesario poder almacenar la información que se analizó y su resultado de una forma clara, para que resulten útiles en el proceso de toma de decisiones. Para ello se optó por brindar la posibilidad de guardar la vista del mapa en imagen y de permitir exportar datos descriptivos de tablas a distintos formatos de archivo, así como también guardar información geográfica en archivos.

Entonces, ya se ha mencionado que uno de los objetivos principales del proyecto de grado es obtener un prototipo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones. Podemos decir que la solución permite:

Definir el problema: es la base de cualquier proceso de toma de decisiones, primero que nada se debe obtener información sobre qué es lo que sucede, dónde y porqué. geoEstratega permite obtener rápida y claramente información relacionandola con su localización.

Identificar alternativas: permite analizar diferentes ubicaciones y obtener datos sobre alguna variable de interés para compararla con otras localizaciones.

Seleccionar una alternativa: en base a las alternativas estudiadas, el usuario aplicando sus conocimientos de marketing y las herramientas que le brinda geoEstratega optará por la alternativa que crea más conveniente.

Plan de acción para implementarla: la organización decidirá en base a los análisis realizados, a su experiencia y a sus recursos que plan de acción desarrollará.

Monitoreo de la implementación del plan aplicado: nuevamente apelando a los beneficios de geoEstratega la organización podrá comparar la situación anterior existente en un lugar de interés con la resultante de aplicar el plan. [26]

## 2.4 Selección del Lenguaje y Entorno de Desarrollo

La informática tiene como una de sus características principales los múltiples lenguajes de programación, así como paquetes de software que proporcionan entornos de desarrollo con todas las utilidades necesarias para el programador.

En este proyecto la elección del lenguaje y el entorno de desarrollo se decidió en base a necesidades específicas que desde un comienzo el usuario planteo como imprescindibles. El pedido primordial de ICA fue que se utilizara el kit de desarrollo ArcGIS Engine 9.1; [4] pero esta biblioteca puede usarse con distintos lenguajes de programación como ser Java, C++, Visual Basic 6.0 y Visual Estudio .NET (esta última en franco ascenso como una de las más utilizadas). [5]

A pedido de ICA se utilizó Visual Estudio .NET(2003) [19] para implementar geoEstratega.

## 2.5 Análisis

### 2.5.1 Introducción

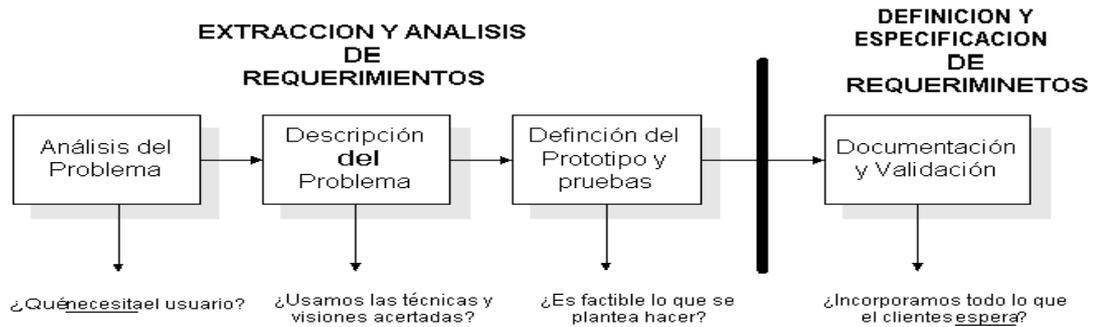
El análisis y la especificación de requerimientos tanto del producto como del prototipo a implementar (basada en el estándar IEEE 830) es un proceso que incluyó varias etapas, re-planificaciones e incluso por distintas razones replanteamientos de algunos requerimientos. [6]

Los participantes en el proceso de recolección de los requerimientos fueron:

- El docente tutor quién sugirió hitos de control y cronogramas que restrinjan el desarrollo del sistema.
- Un grupo de usuarios que estuvo compuesto por integrantes del área de Marketing y el gerente de proyectos de ICA.

Se cumplieron roles de analistas, diseñadores y verificadores a la vez, ya que a pesar de ser la etapa donde se centró la atención en las necesidades del cliente se debían analizar los problemas que se plantearon desde todas las aristas para no omitir nada que luego significara una vuelta atrás. [7]

El siguiente esquema muestra el proceso de determinación de los requerimientos:



La etapa de análisis del problema constó en primera instancia de un trabajo llevado a cabo con los solicitantes del proyecto, para extraer información, realizando preguntas y analizando las necesidades que se planteaban. Ese proceso de recolección de los requerimientos se considera una parte crítica de este proyecto, ya que fue fundamental poder especificar correctamente los mismos para luego realizar una planificación lo más exacta posible.

La metodología de trabajo utilizada fue la realización de reuniones con el usuario y con el tutor donde se trató de subdividir el problema para un mejor análisis; se interrogó a los usuarios para poder determinar los límites del sistema.

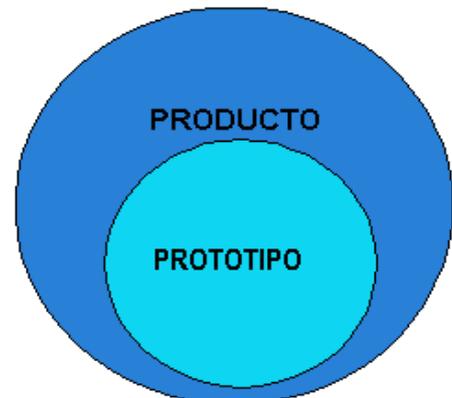
Se clasificaron los requerimientos según su importancia en:

- 1) requerimientos indispensables.
- 2) requerimientos deseables (pero no imprescindibles).
- 3) requerimientos posibles (podían eliminarse o considerarse parte de lo que el sistema ve como extensiones potenciales).

En ese mismo momento se determinaba cuáles serían parte del prototipo y cuáles conforman el producto completo para así ir tomando conciencia del volumen del sistema.

A su vez cada uno de estos grupos se clasificaron por categorías, para atender las necesidades según las funcionalidades requeridas.

Se determinaron los requerimientos del producto y los que están comprendidos en el prototipo. El producto además de todo lo que brinda el prototipo comprende por ejemplo herramientas de consultas específicas que pueden requerir los usuarios potenciales.



A la hora de documentar los requerimientos tanto del producto como del prototipo se planteó una duda sobre si realizar uno o dos tipos de documentos. En caso de ser dos documentos sería por un lado un documento de definición de requerimientos escrito en términos que el usuario maneja; que contendría un listado completo de las cosas que él espera del proyecto (clasificado según prioridad y por funcionalidades) y otro de especificación que reitera la definición pero en términos técnicos necesarios para luego tenerlo en cuenta en la etapa de diseño.

Se optó por utilizar un solo tipo de documento que se adaptara a ambos propósitos, y llevara a un entendimiento común con los usuarios. [Ver Anexo VI – Especificación de Requerimientos.](#)

### Reuniones

En la primera reunión que se realizó con el usuario y el tutor del proyecto se analizaron cuáles eran las necesidades que el primero tenía con respecto a este proyecto. En esa oportunidad se elaboró una lista de funcionalidades primordiales que el prototipo debía cumplir y se marcaron las prioridades de las mismas, también se analizaron puntos referentes a las características especiales que debería

cumplir el sistema. Por ello se prestó especial atención y se interrogó al usuario a cerca de las características que tendrían los usuario finales del futuro prototipo. Así surgieron las primeras peculiaridades que el Geomarketing impone sobre el diseño y la implementación del software.

Con los apuntes que se tomaron en ese primer intercambio se elaboró un documento de especificación de requerimientos que constaba simplemente de una lista de los más importantes incluso priorizados. La elaboración de esa primera versión ayudó a plantear puntos que eran de particular importancia y a pensar otros que podían enriquecer aún más al proyecto. Se elaboró una primera planificación que incluía las etapas de análisis, diseño, implementación y testeo; esperando que en las sucesivas reuniones esa planificación sufriría cambios.

En las posteriores reuniones se determinaron también los requerimientos deseables y los posibles; así paso a paso se incorporan versiones más refinadas del documento de especificación de requerimientos.

### Medición de los requerimientos y estimaciones

A medida que se determinaron los requerimientos se seleccionaron aquellos indispensables, los deseables y de aquellos posibles; se escogieron algunos que se consideraron enriquecedores para el proyecto.

Se analizó cuidadosamente la complejidad de cada uno de los requerimientos para estimar el tamaño del sistema en cuestión.

### Validación

El análisis de los requerimientos sirvió para dos cosas fundamentales. Primero, fue una manera para llegar a un acuerdo con el usuario sobre lo que debe hacer el sistema. Segundo, con la especificación se obtuvieron las pautas para diseñar el sistema. Esta validación fue un proceso en el cual se determinó mediante entrega de varios documentos al usuario las especificaciones del sistema; luego de diferentes ajustes e intercambios de necesidades se logró un documento de alcance del sistema que fue aceptado por ICA, de modo que asegura que los requerimientos satisfacen sus necesidades.

## **2.5.2 Requerimientos del Producto**

El primer punto clave que constituye un requerimiento en si mismo es el hecho de que los usuarios finales del sistema se caracterizan principalmente por no ser expertos en el uso de herramientas basadas en Sistemas de Información Geográfica, lo que impone características particulares al diseño del mismo.

En los siguientes puntos describimos las herramientas básicas que incluye la definición del producto.

### **Herramientas de trabajo y visualización**

Dentro de estas herramientas el sistema contará con mecanismos para crear, guardar y abrir proyectos de trabajo. Conjuntamente con herramientas básicas de manejo de la visualización del mapa, como lo son diferentes formas de realizar acercamientos o seleccionar elementos en el mismo. Otra herramienta que se destaca es aquella que permita desplegar la información de los objetos del mapa uno a uno según selecciona el usuario.

### **Mecanismos de clasificación**

Muy variadas son las maneras que se pueden clasificar los elementos de la vista del mapa, según distintas formas, colores o tamaños; según valores de los atributos, etc.

### **Herramientas de selección**

Las formas de selección que brindará el sistema serán la espacial (basada en su ubicación geográfica) y por atributos (brindándose la posibilidad de utilizar consultas SQL para realizarla). Una herramienta muy útil que se incluye dentro de este subconjunto que se denomina "selección avanzada" permite seleccionar elementos de una capa temática en base a la ubicación relativa a elementos de otras capas (como máximo 4) y que a su vez cumpla condiciones de filtro en base a sus atributos.

### **Manejo de información**

Un conjunto de funcionalidades permitirán que se pueda almacenar información de distintas maneras; en distintos formatos de imágenes para congelar la vista del mapa y utilizar diferentes formatos de archivos para almacenar datos descriptivos y geográficos.

### **Herramientas para relacionar datos (Join)**

Dado que este sistema busca incorporar datos que el usuario tenga independientemente de los que el sistema le brinde, se constituye una herramienta que permite relacionar tablas de la Geodatabase con tablas de interés del usuario.

### **Mecanismos para análisis de Marketing**

Incluye varias herramientas para ayudar en la realización de estudios de mercado, como la obtención de zonas de influencia, operaciones espaciales (unión e intersección) y buffers de los elementos.

### **Georeferenciación de direcciones**

La geocodificación de datos es un área de mucha utilidad, el sistema brindará la posibilidad de geocodificar tablas de datos y también será posible localizar una ubicación en el mapa dada una dirección.

### **Herramientas de Ruteo de Vehículos y Optimización**

Se constituye por un conjunto de herramientas que permiten realizar análisis de ruteo como es el caso de TSP (“*Travelling Salesman Problem*”) que es muy útil para optimizar rutas de distribución.

La especificación de requerimientos del producto en formato IEEE (830) se encuentra en el [Anexo VI – Especificación de Requerimientos](#).

## **2.5.3 Alcance y Especificación de Requerimientos del Prototipo**

El prototipo refiere a un conjunto de requerimientos que constituyen una base para el producto descrito anteriormente. En los siguientes puntos se listan los requerimientos funcionales y no funcionales, cuya especificación en formato IEEE (830) se encuentra en el [Anexo VI – Especificación de Requerimientos](#).

### **2.5.3.1 Requerimientos Funcionales**

#### **Barra de Trabajo (Prioridad: ALTA)**

Aquí se incluyen todas las funcionalidades básicas de un proyecto de trabajo como ser: crear nuevo proyecto en blanco con los datos iniciales de las capas básicas, abrir proyectos previamente guardados, cargar y quitar capas particulares con datos de interés del usuario.

#### **Viewer/Visualización (Prioridad: ALTA)**

El sistema permitirá al usuario las funcionalidades de navegación como son:

- Acercar/Alejar: Permite un acercamiento \ alejamiento de una zona seleccionada del mapa, se puede acercar \ alejar tanto como el nivel de detalle de los datos lo permitan. El máximo alejamiento posible es equivalente a la vista completa del mapa.
- Desplazar: Permite desplazar el mapa para visualizar cada área específica, es un procedimiento similar a mover con la mano un mapa de papel en un escritorio.
- Vista Completa del Mapa: Permite la visualización completa del mapa según el tamaño de ventana en el momento, redibujando el mismo.
- Acercar la capa: Acerca la capa seleccionada a su vista completa.

- Acercamiento a elementos seleccionados: dado un conjunto de objetos seleccionados previa consulta espacial o descriptiva se visualiza la máxima extensión de los objeto seleccionados.

Así como también herramientas de información:

Estas permiten visualizar los datos asociados a los objetos geográficos. Proporcionando información sobre un objeto seleccionado. Ejemplo: la etiqueta del objeto, los atributos del mismo, el nombre de la capa al que pertenece, que tipo de objeto es, punto, polígono, etc. La visualización de la información es posible para todas las capas, encendidas o apagadas; brindando la posibilidad que el usuario lo determine. El objeto seleccionado mediante clic resaltará para transmitirle al usuario claramente de quién es la información que se despliega.

### **Clasificación** (Prioridad: ALTA)

El sistema permitirá clasificar los elementos geográficos según criterios de forma y/o color y/o tamaño. Este lo permitirá tanto en forma específica, es decir según el valor único del atributo o también por medio de la especificación de un rango de valores. Se permitirá personalizar la cantidad de rangos, esto quiere decir que el usuario podrá elegir la cantidad de rangos por atributos por los que clasificar.

También se permitirá la creación de gráficas (torta o barras) sobre el mapa (maplets). Aquí la idea es poder brindar al usuario gráficos que representen la información en forma de gráficas.

### **Selección** (Prioridad: ALTA)

Se permitirá realizar selección de elementos de las capas mediante herramientas de selección rectangular y pinchando en el mapa.

Realizando clic en la vista de la capa se brinda la posibilidad de guardar lo seleccionado en caso de haber algo seleccionado. En caso de no haber nada seleccionado no se guarda nada.

### **Proyecto** (Prioridad: ALTA)

Se permitirá salvar el ambiente de trabajo tal cual el usuario lo tiene especificado (colores, extensión, simbología, capas encendidas \ apagadas, etc.). La extensión de los proyectos salvados será mxd. Esto le brinda la posibilidad al usuario de guardar trabajos y luego en otro momento poder abrirlos y continuar trabajando.

### **Impresión** (Prioridad: BAJA)

El sistema brindará la posibilidad de mantener templates. Existiendo la posibilidad de tener algunos pre-fabricados, permitiéndose insertar o cambiar escalas, títulos, leyendas, unidades, página, importar imágenes, etc; para que el usuario pueda personalizarlos.

### **Export** (Prioridad: MEDIA)

El sistema dará la posibilidad de exportar la vista del mapa a diferentes formatos de imágenes. Los formatos admitidos serán los detallados a continuación:

- JPEG
- GIF
- TIFF
- PNG

### **Consulta y Selección Avanzada** (Prioridad: ALTA)

Denominamos selección avanzada a la capacidad de seleccionar elementos de una capa que cumplan simultáneamente con condiciones de filtro (de tablas propias o de tablas a un nivel de

relacionamiento) y con relaciones espaciales con respecto a otras capas. Se tomará una capa "base" y hasta cuatro capas más que llamaremos de superposición espacial. Para la capa base se permitirá agregar filtros por atributos de esa capa o por tablas relacionadas (hasta un nivel). Se puede indicar si desea aplicar la consulta sólo a elementos seleccionados o a todos los elementos de la capa.

### **Data** (Prioridad: MEDIA)

El sistema permitirá exportar sólo la información descriptiva de los objetos, todos o algunos de ellos, esta última previa selección. Los formatos exportados posibles serán: archivo de texto (txt), Data Base File (dbf), Microsoft Excel (csv), Microsoft Access (mdb).

### **Join** (Prioridad: ALTA)

El sistema brindará la posibilidad de realizar joins con datos externos. Se permitirá visualizar los resultados de los mismos en tablas. Esta herramienta no constituirá un navegador entre relaciones sino que sólo realizará join con una tabla que se debe especificar por parte del usuario, así como también debe brindar la información de la ubicación de la base de datos que desea.

### **Zonas de Influencia**

1) Se permitirá generar buffers a elementos de una capa. El resultado a obtener puede ser uno o varios polígonos concéntricos coloreados de manera que sea posible diferenciar un polígono de otro y asociar polígonos entre sí. Se podrán construir buffers dada una distancia, según un atributo que el usuario elija y también puede elegir cuantas zonas concéntricas desea y a que distancia. (Prioridad: ALTA)

2) También será posible colorear los puntos de una capa diferencialmente, en función de cuán próximos están a un punto de otra capa. (Prioridad: ALTA)

El usuario podrá simplemente hacer estas zonas en forma gráfica y además tienen la opción de guardarlas en un shapefile ya existente o de crear uno nuevo con estas zonas.

### **Operaciones Especiales** (Prioridad: ALTA)

El sistema permitirá tanto la intersección como la unión entre elementos de distintas capas.

### **2.5.3.2 Requerimientos No Funcionales**

#### Datos Obligatorios

Las capas con las que inicia geoEstratega son las de Montevideo metropolitano y las de Uruguay 1:20.000. Se dará la opción de que el usuario al levantar el software elija si quiere trabajar sólo con Montevideo o en todo el Uruguay.

La cartografía 1:20.000 esta compuesta por: Caminería, Hidrografía, Polígonos de centros Poblados, Centroídes de centros poblados y límites departamentales.

Los usuarios podrán apagar las capas que no le interese visualizar en un momento determinado.

El sistema requerirá que los usuarios carguen sus capas de datos particulares, como por ejemplo la ubicación de los clientes.

#### Documentación

Se entregará un manual de usuario que contenga toda la información que se necesita para utilizar el sistema correcta y eficientemente. Este documento presentará las características y funcionalidades del sistema en forma completa y comprensible.

Las funciones se describirán una a una, qué es lo que hacen y la forma de realizar o invocar las mismas.

## 2.5.4 Casos de Uso

Los casos de uso describen cada funcionalidad particular que el sistema debe realizar; esto es modelado en base al diálogo que el usuario tiene con el sistema desarrollado. [Ver ANEXO III – Análisis y Diseño.](#)

A continuación se describen los caso de uso del sistema:

- **Selección por atributos:** El usuario selecciona la opción de consultas y el sistema abre una ventana para formular consultas (SQL) sobre las tablas de Base de Datos Geográfica con la que se está trabajando. El usuario ingresa la consulta y le avisa al sistema que culminó de ingresar la misma. El sistema realiza la consulta y muestra el resultado.
- **Selección espacial:** El usuario selecciona la opción de realizar la selección espacial, el sistema abre una ventana para especificar la selección por ubicación a realizar. El usuario elige la o las capas de las cuales se seleccionarán los elementos que cumplan con el método de selección elegido (interceptan, están contenidos en, están completamente contenidos en, están a una distancia de, tocan la frontera de, son cruzados por la línea de, etc) con respecto a elementos de una segunda capa de superposición espacial. El sistema seleccionará en color cyan los elementos de las capas que cumplan la condición de selección.
- **Selección avanzada:** El usuario selecciona la opción de realizar la selección avanzada, el sistema abre una ventana para especificar la selección que incluye selección por atributos y por ubicación con hasta un máximo de cinco capas. El usuario elige la capa de la que se seleccionarán los elementos que cumplan con el método de selección elegido con respecto a elementos de hasta cuatro capas de superposición espacial, permitiéndose además filtrar los elementos a superponer espacialmente en cada capa por la aplicación de filtros por atributos (SQL) de cada una de las capas involucradas. El sistema seleccionará con el color especificado por el usuario los elementos de la capa escogida y los elementos de las demás capas que se utilizaron de superposición espacial también se visualizarán con el color dado por el usuario a cada una de ellas.
- **Exportar vista del mapa:** El usuario elige la opción de exportar la vista del mapa. El sistema responderá abriendo una ventana que le solicitará el nombre del archivo y el formato al cual desea convertir la vista del mapa (los formatos admitidos son JPG, GIF, TIFF, PNG), a su vez le permitirá navegar en el sistema de archivos para ubicar donde se almacenará el mismo.
- **Exportar información descriptiva:** El usuario elige la opción de exportar la información descriptiva de los objetos (todos o sólo algunos de ellos). El sistema responderá abriendo una ventana que le solicitará el nombre del archivo y el formato al cual desea convertir la información descriptiva de los objetos (los formatos admitidos son txt, dbf, csv y mdb), a su vez le permitirá navegar en el sistema de archivos para encontrar ubicar donde se almacenará el mismo.
- **Join con datos externos:** El usuario selecciona la opción de realizar joins (con datos externos), el sistema responderá abriendo una ventana que le solicitará que seleccione el nombre de la tabla del sistema (interna) y el atributo de la misma que quiere usar como condición del join además de solicitarle que ingrese la ubicación y nombre de la tabla externa.
- **Información:** El usuario elige la opción de obtener información de los datos asociados a los objetos geográficos. El usuario seleccionará haciendo clic en el área del mapa un objeto. El usuario podrá determinar de que capa desea visualizar la información. El sistema responderá a esta acción mostrando la información sobre los objetos cercanos al punto elegido para cada una de las capas.
- **Clasificación:** El usuario selecciona una de las capa en la tabla de contenidos del sistema, entonces se desplegará una ventana con opciones de clasificación. Luego el usuario seleccionará el tipo de clasificación que desea realizar: valores únicos, símbolo simple, rangos y maplets (tortas o barras). En el caso de elegir valores únicos el usuario deberá elegir por que atributo se clasificará y que valor será el determinante. Si se selecciona símbolo simple deberá elegir el color con que desea colorear todos los elementos de la capa. En el caso de seleccionar rangos será posible elegir el atributo por el que se determinarán los rangos y cuantos rangos se desean. Por último, si selecciona tortas o barras deberá elegir los atributos por los cuales desea graficar las mismas. El sistema coloreará o graficará las tortas o barras, en la capa de la vista del mapa seleccionada según la clasificación elegida.

- **Zonas de influencia:** El usuario elegirá la opción de realizar las zonas de influencia y deberá elegir dos capas de la lista de aquellas cargadas en la vista del mapa, donde la primera es la capa base y la segunda es la capa que se quiere colorear por zonas según distancias respecto a los elementos de la primera. Luego seleccionará la cantidad de zonas de influencia que desea y para cada una de ellas deberá determinar cual es la distancia desde los objetos de la primera capa a los de la segunda para cada una de las zonas. El sistema coloreará los elementos de la segunda capa elegida con un color específico para cada una de las zonas y las guardará en un nuevo shapefile que se cargará en la vista del mapa en el mismo momento.
- **Buffers:** El usuario podrá elegir entre varios tipos de buffers sobre los objetos de una capa o sobre los seleccionados de una capa, sea por distancia, por el valor de algún atributo o incluso podrá construir anillos concéntricos según distancia. El sistema construirá los buffers y creará una nueva capa que se cargará en la vista del mapa automáticamente.
- **Operaciones espaciales:** Son aquellas que el usuario puede elegir para realizar la unión o la intersección de los elementos de una capa que debe elegir, para luego determinar donde desea almacenar el resultado de esta operación. El sistema realizará la operación y guardará el resultado en el shapefile especificado que se cargará en la vista del mapa automáticamente.
- **Geocodificación:** En este conjunto de herramientas el usuario puede elegir buscar una dirección en el mapa o geocodificar una tabla de direcciones que posea en una tabla de la base de datos. Si elige buscar una dirección en el mapa el sistema brinda dos opciones, buscar una esquina (dados dos nombre de calles) o buscar una dirección dada por el nombre de una calle y un número de puerta. El sistema buscará las direcciones que sean candidatos para la que se busca y desplegará una tabla con los que encuentre, si el usuario lo desea se da la posibilidad de graficar en el mapa el candidato con más posibilidad de ser el buscado.
- **Salvar Proyecto:** El usuario podrá salvar el proyecto en que esta trabajando para seguir trabando después, podrá guardarlo en la ubicación que desee.
- **Impresión:** El usuario tiene la posibilidad de imprimir la vista del mapa, permitiéndose seleccionar el tamaño de la hoja y el acercamiento.

## 2.6 Diseño y Arquitectura

### 2.6.1 Modelo de diseño

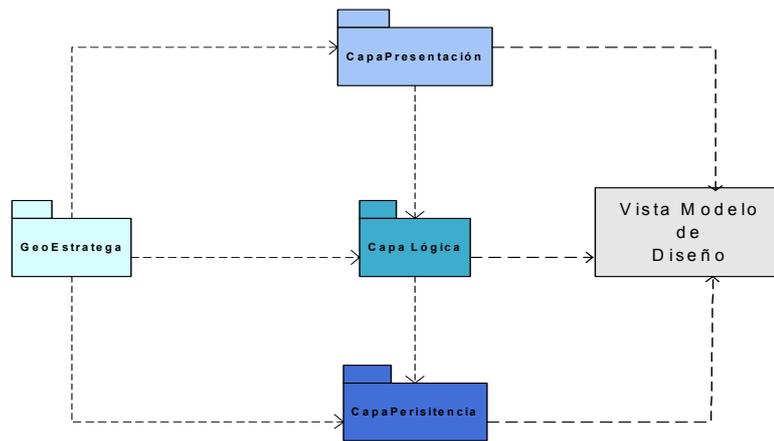
A la hora de diseñar un sistema se busca identificar plenamente un conjunto de componentes que satisfagan los requerimientos. La elección se basa en preferencias del grupo de desarrollo y a la propias características del sistema y de las herramientas. [Ver Anexo IV – Arquitectura](#).

Se optó por el modelo de Estratificación o Modelo de Capas que comúnmente se denomina “modelo de tres capas”, [7] en el cual las capas son jerárquicas; cada una presta servicios a la capa inmediatamente superior y actúa como un cliente.

Aplicando este modelo se logró descomponer el problema en una secuencia de pasos más abstractos; adicionalmente con este modelo es relativamente fácil agregar, modificar o reutilizar una capa o alguno de sus componentes si es necesario; este último punto siempre es deseable a la hora de implementar un nuevo sistema.

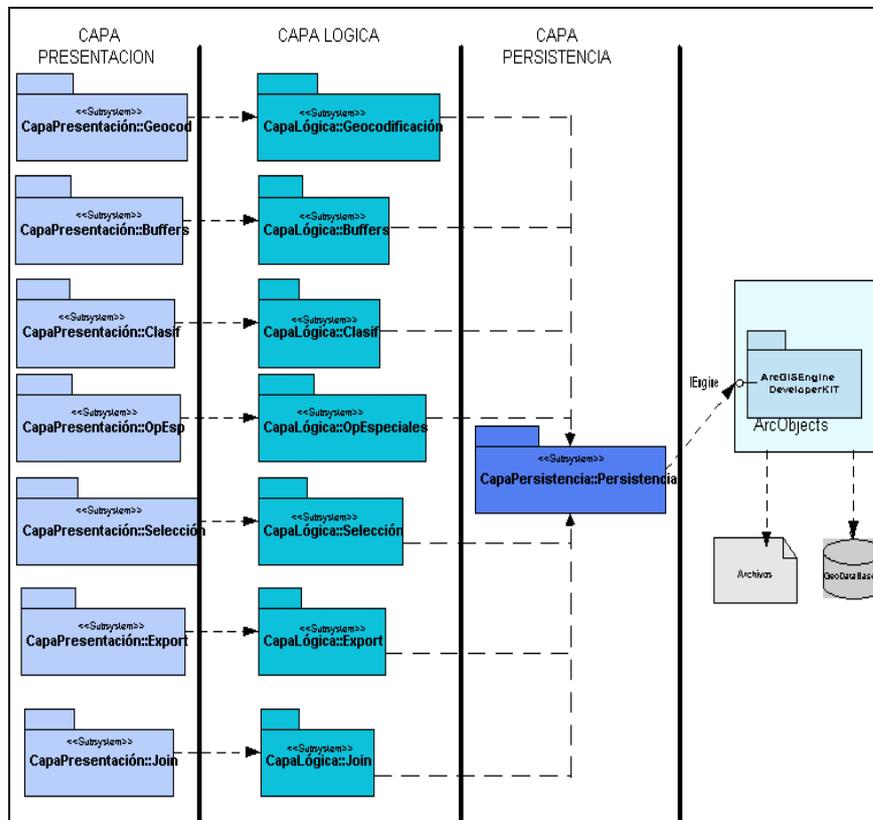
Utilizar este modelo de diseño tuvo algunos inconvenientes ya que no fue fácil de estructurar y la abstracción de estas capas no surge evidente cuando se examinan los requerimientos sino que lleva un proceso de análisis más detallado.

El problema principal radicó en que se trata de una aplicación en la que tiene mucha importancia el componente gráfico y por ello no es simple realizar la división de las capas restantes.



Entre las decisiones de diseño que se tomaron en el proyecto podemos destacar aquella que refiere al uso o no de un desarrollo orientado a objetos. Se optó por no utilizar orientación a objetos dada la naturaleza del sistema. Si bien la orientación a objetos puede aplicarse a cualquiera de los modelos de ciclo de vida en este tipo de aplicaciones una implementación modular resulta mucho más sencilla y fácil de reutilizar.

Se realizó un diseño modular. A continuación se detallan los módulos presentes en cada capa de la arquitectura del sistema y sus interrelaciones [8].



- Capa Presentación

Este sistema es una aplicación que brinda todas las funcionalidades de modo gráfico, por lo que en esta capa se encuentran todas las interfaces gráficas con las que el usuario podrá interactuar y además permite trabajar en comunicación con las demás capas.

Cada módulo contiene las interfases utilizadas por conjuntos de funcionalidades que corresponden en algún caso a un casos de uso o a más de uno.

- Capa Lógica

Los módulos de la capa superior (capa de presentación) utilizan servicios de esta capa. Dichos servicios son ofrecidos por cada módulo, uno por cada funcionalidad o Casos de Uso.

A continuación se detalla una descripción de cada uno de los módulos de esta capa:

**Buffers:** Incluye la lógica que permite el manejo de “buffers” sobre elementos geográficos y también la creación de zonas de influencia.

**Clasif:** Incluye la lógica para realizar los distintos tipos de clasificación de datos útiles para análisis de información.

**OpEspeciales:** Maneja la lógica necesaria para la realización de operaciones espaciales sobre elementos del mapa.

**Geocodificación:** Incluye la lógica que permiten realizar procesos de geocodificación de datos.

**Selección:** Contiene la lógica capaz de resolver distintos tipos de selección sobre elementos del mapa, como lo son: la selección espacial, por atributos y la selección avanzada que combina las dos anteriores.

**Export:** Contiene la lógica para resolver los distintos tipos de almacenamiento de datos sean datos o vista del mapa.

**Join:** Contiene la lógica para permitir relacionar datos de capas de la vista del mapa con tablas de datos por algún atributo elegido.

- Capa Persistencia

Esta capa se encarga de brindarle a las capas superiores mecanismos para la comunicación con las dos formas de almacenamiento que tiene el sistema; archivos y Geodatabase. Estos módulos son utilizados por varios módulos de la capa lógica según las necesidades de manejo de datos que tengan. Un punto a destacar es que estos módulos utilizan la biblioteca de desarrollo AcrEngine para el acceso y manejo de los datos sea de la base de datos geográfica como de los archivos de datos geográficos.

## **2.6.2 Geodatabase**

### **2.6.2.1 Decisiones**

No forma parte de los requerimientos que el usuario planteo el diseño de una Geodatabase para almacenar información. Pero por el interés que despertó ese tema se decidió estudiar el tema e incorporar una base de datos geográfica como una forma más de almacenamiento de datos del sistema.

La idea inicial manejada era que el sistema utilizaría una base de datos con toda la información que requería el usuario del mismo, luego a medida que el análisis avanzó se consideraron diferentes soluciones; buscando cuales eran los datos básicos que permitirían al producto ser una herramienta genérica que pudiera adaptarse fácilmente a cualquier organización con el menor esfuerzo.

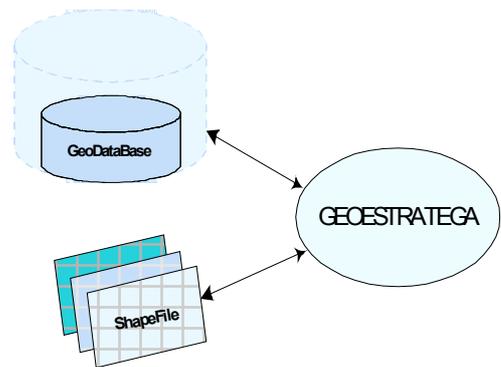
Esos datos base se modelaron como una Geodatabase que según los requerimientos del solicitante incluye la cartografía base de Montevideo metropolitano en una escala 1:20.000 compuesta por ejes de calles, hidrografía, límites departamentales, espejos de agua, espacio verdes y manzanero.

Los datos de la cartografía fueron proporcionados por ICA en archivos (“shapefile”) ver [Anexo VI – Glosario](#), según los requerimientos planteados y luego cargados en la base diseñada.

Resumiendo, el modelo de datos diseñado constituye el modelo base que ayuda a definir al sistema como una herramienta genérica.

Se determinaron cuales eran los pasos a la hora de utilizar este sistema para una organización específica. En principio el usuario final del sistema deberá determinar que datos desea manejar. Luego existen varias maneras de incorporar los mismos:

- Agregando los datos específicos en la base genérica ya diseñada; esto requiere que se agregue al diseño nuevos elementos; resultando un nuevo diseño de la base.
- Obteniendo archivos de datos, Shapefile, que mantengan la información deseada; para manejarlos conjuntamente con la base diseñada.



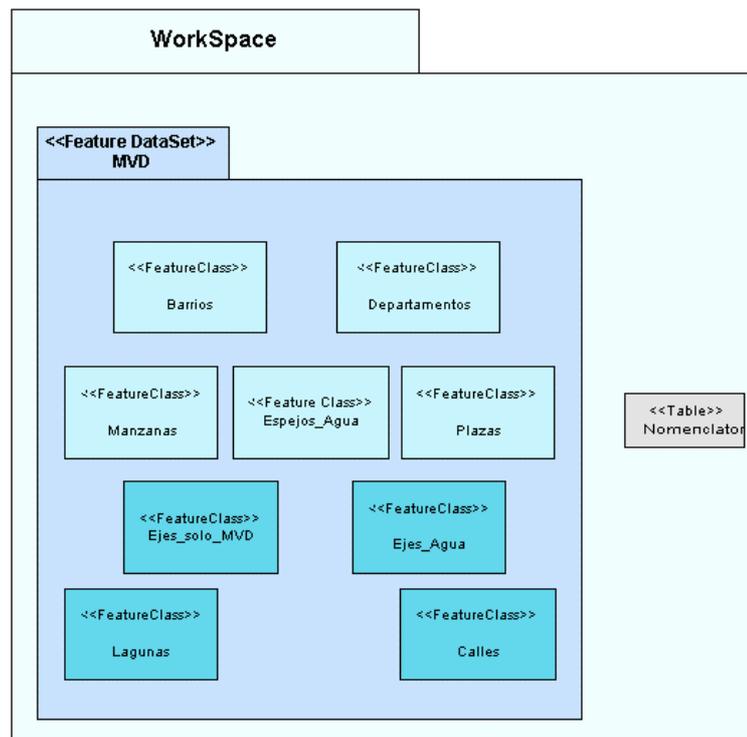
Datos que claramente deberán incorporarse al sistema ya sea en una extensión del modelo de la Geodatabase o como shapefile son la ubicación de los clientes de la organización, conjuntamente con tablas con datos que usualmente están en otra base de datos que la organización posea y que perfectamente se podrán manejar conjuntamente. También podrían incorporarse datos sobre diferentes servicios que sean de interés según el rubro de la organización que utilice el sistema.

### 2.6.2.2 Modelado

Los datos se organizan en una Geodatabase utilizando herencia de objetos del modelo de datos genérico que proporciona ESRI [9]. Es así como los objetos Feature Dataset, Feature Class y Table nos permiten diseñar con facilidad la Geodatabase.

- Se maneja el término Feature Dataset para modelar colecciones de Feature Class que tienen la misma referencia espacial, redes geométricas y topologías.
- A su vez con el término Feature Class denominamos a las colecciones de elementos con el mismo tipo de geometría (punto, línea o polígono) y los mismos atributos.
- Por otro lado tenemos las tablas que se utilizan para mantener datos sin referencia espacial, mantienen colecciones de filas con atributos colocados en columnas.

El siguiente esquema en UML (Unified Modeling Lenguaje, [8]) muestra la estructura de la Geodatabase a través de la utilización de packages que representan los Features Dataset. Así mismo las clases de UML son usadas para representar los Feature Class que se relacionan con tablas que no pertenecen al Feature Dataset. El esquema muestra los anteriores elementos dentro de un package que se nombra como "workspace" que representa la Geodatabase propiamente dicha.



El diseño completo y los procesos que permitieron el mismo se encuentran descritos en el [Anexo III – Análisis y Diseño](#).

Se determinó que era necesario sólo un Feature Dataset con el sistema de referencia espacial que utiliza ICA. En él se incorporan los Feature Class: Barrios, Departamentos, Manzanas, Lagunas, Espejos de Agua, Plazas, Calles, Ejes\_solo\_MVD y la tabla de datos: Nomenclator

Barrios, Departamentos y Manzanas se modelan como Feature Class ya que son conjuntos de elementos con el mismo tipo de geometría (polígono). Ellos son de especial utilidad para el tipo de estudios que realiza el prototipo y el producto en cuestión.

Por otro lado se incluyen los Feature Class Calles y Ejes\_solo\_MVD que contienen los ejes de calles de la zona metropolitana y los de Montevideo solamente. Estos son de utilidad para las tareas que tiene que ver con geocodificación de direcciones. Estos ejes tienen tipo de geometría de línea.

Como tabla se modela el Nomenclator de las calles de Montevideo. El hecho que hace que estos no se modelen como Feature Class radica en que solamente son datos descriptivos que no mantienen referencia geográfica, por ese motivo tampoco tienen geometría.

### 2.6.2.3 Beneficios de Utilización de Geodatabase

Para diseñar la Geodatabase se sigue un proceso muy similar al que se haría con una base de datos relacional, pero por detrás hay un conjunto de conceptos que fundamentan la utilización de la misma para resolver el problema de almacenamiento de datos para los SIG. [Ver Anexo III – Análisis y Diseño](#).

A pesar de que algunos de los beneficios que se obtienen con el uso de una Geodatabase pueden lograrse con una simple base de datos relacional, eso sólo sería posible mediante la escritura de código muy complejo. Por lo que con el uso de la Geodatabase dejamos todo ese problema a cargo de la herramienta.

Si bien el diseño puede parecer similar al de una base de datos relacional común es de destacar que la referencia geográfica y los conceptos tras las Geodatabase claramente simplifican el diseño de la misma para los propósitos del sistema.

Si se optara por diseñar un modelo de datos para el problema planteado con una base de datos tradicional deberían incluirse atributos para describir la geometría que determinarían la forma de tratar los elementos luego en el código para el manejo de los mismos.

La Geodatabase es un modelo diseñado por ESRI [3], su principal objetivo es permitir al usuario almacenar información; modelando los datos de una forma muy cercana al lógico permitiendo la mayoría de las operaciones sin la necesidad de escribir código. Eso se logra controlando los datos y las respuestas de los mismos mediante dominios, reglas de validación y funciones provistas por software.

El uso de la Geodatabase claramente resulta en un beneficio para el problema que se plantea en este proyecto. El cual brinda un modelo físico de datos que sin lugar a dudas es más representativo del modelo lógico, incluso podríamos decir que es una forma de almacenamiento de datos mucho más intuitiva.

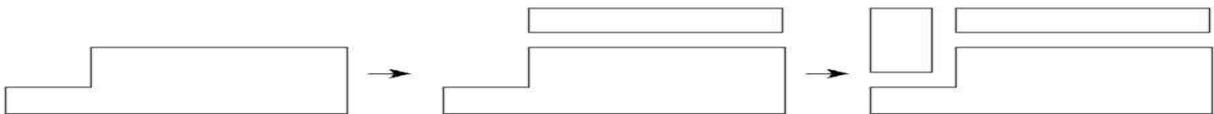
## 2.7 Implementación

### 2.7.1 Modelo del Proceso

En el marco del desarrollo de este proyecto de grado se siguió un conjunto de procedimientos para organizarlo y así lograr satisfacer los objetivos. Para ello se determinaron cuáles eran las actividades principales, organizadas según importancia y los recursos con lo que se contaba. [7]

El modelo de desarrollo seguido para el proyecto puede catalogarse como iterativo e incremental, porque se realizaron distintas etapas en las cuales se transcurre por los mismos estados; como ser análisis, diseño, implementación; a su vez en cada una de esas etapas se va incrementando ya sean los estados por los que se pasa o la funcionalidad que se obtiene como resultado.

#### DESARROLLO INCREMENTAL



#### DESARROLLO ITERATIVO



Se optó por esta forma de desarrollo por fases por varias razones:

- El intercambio con los usuarios podía comenzar en etapas tempranas del desarrollo permitiéndoles que observaran como se ejecutan ciertas funciones, sugiriendo los cambios que se requieran, para incluirse en versiones posteriores.
- Permite solucionar problemas de manera más rápida y global a medida que se detectan.
- El grupo podía concentrarse en diferentes áreas de especialización con las diferentes versiones. Por ejemplo una versión puede cambiar la modalidad de la interfaz gráfica, o puede mejorar notablemente el rendimiento del sistema. [Ver Anexo II – Gestión del Proyecto.](#)

## 2.7.2 Herramientas utilizadas

El sistema se desarrolló en .NET y se utilizó:

- Entorno de desarrollo: Visual Estudio .NET 2003 en entorno Windows XP (2003). Nuestra opinión es que no es la más eficiente para implementar este tipo de aplicaciones, creemos que una mejor opción hubiera sido utilizar Visual Basic 6.0 ya que es posible migrar a .NET pero de .NET no es posible volver hacia Visual Basic y porque además se pierden algunas funciones que aunque no son importantes en volumen son útiles en un conjunto de detalles de desarrollo. Además, en caso de querer reutilizar componentes de geoEstratega e incorporarlos a ArcMap estos deben estar programados en Visual Basic 6.0.
- Developer Kit 9.0 y 9.1 de ArcGIS Engine es la biblioteca de desarrollo que se utilizó; la misma requirió de mucho estudio, el mismo se hizo en base a tutoriales que ICA brindó y también la consulta de la página web de la herramienta y foros de consulta. Se comenzó la implementación en la versión 9.0 pero luego se migró la aplicación a 9.1, cuando estuvo disponible, por expreso pedido de ICA. Ese proceso de migración insumió tiempo ya que existen cambios en la localización de sus componentes. La biblioteca esta en constante desarrollo y en los próximos meses se liberará la versión beta 9.2 y ya se conoce que brindará muchas funcionalidades que fueron implementadas en este proyecto. [\[10\]](#)

### 2.7.2.1 Fortalezas

ArcGIS Engine es una librería de componentes embebibles para la implementación de aplicaciones con múltiples interfases de programación que incluyen una serie de componentes programables que aportan una vía comprensible para los programadores de SIG.

Una de sus principales ventajas es que las aplicaciones construidas con esta biblioteca pueden incluirse en aplicaciones ya existentes o incluso pueden embeberse en aplicaciones desarrolladas en ArcGIS Desktop o ArcGIS Server, este último es una plataforma para desarrollar aplicaciones servidor de SIG en ambiente web, se utiliza tanto para brindar servicios web como para aplicaciones. [Ver Anexo I – Estado del Arte- Software Comercial -ESRI.](#)

Todo lo anterior resulta beneficioso para el prototipo desarrollado ya que sus componentes o incluso la aplicación permite perfectamente ser utilizada y adaptada a otras necesidades.

### 2.7.2.2 Debilidades

La biblioteca de software de base utilizada (ArcGIS Engine) es una herramienta que aún esta en sus primeras versiones, lo que constituye de alguna forma un problema puesto que se detectaron variadas omisiones, bugs y a veces falta de documentación apropiada.

En el proceso de desarrollo del prototipo por tales debilidades se vió afectado el desarrollo de distintas funcionalidades. Ver [Capítulo III – Verificación y Testeo](#)

## 2.7.3 Decisiones de Implementación

En los siguientes puntos se describen cuales fueron las decisiones de implementación de los módulos diseñados.

Exceptuando el módulo lógico de geocodificación que fue proporcionado por ICA, no se reutilizaron componentes ni se rehusó código existente para la implementación de geoEstratega.

### Capa Presentación

Según el diseño propuesto se implementaron módulos para grupos de casos de uso, donde cada uno brinda la comunicación con el cliente a través de una interfaz gráfica; comunicándose con las capas inferiores.

A continuación se explican un conjunto de decisiones adoptadas acerca del diseño y la implementación de la interfase gráfica:

- geoEstratega fue diseñado de tal forma que tiene el estilo de un asistente, que guía al usuario paso a paso en las funcionalidades que brinda, además de proveer un texto explicativo de ayuda al usuario disponible en cada uno de los formularios de las distintas funcionalidades.
- Para nombrar las funciones del sistema se utilizaron términos dentro de la terminología que los usuarios finales de la aplicación manejan.
- Hay muchos casos donde si no es posible, por el estado del sistema, utilizar una funcionalidad estas no se encuentran habilitadas.
- Se manejan mensajes de texto que sirven al usuario para poder determinar los errores de manejo de la aplicación en lo que se incurra.
- Las funcionalidades más complejas del sistema cuentan con ayudas guiadas que permiten al usuario realizar una consecución de pasos claros para él. El usuario puede optar por utilizar esta ayuda o no, esto se pensó para que cuando el usuario ya este familiarizado con la herramienta pueda prescindir de esa guía.
- Se incorporaron gráficos en los cuadros de diálogo desplegados en cada funcionalidad que ayudan visualmente al usuario a ver que es lo que va realizar el sistema.
- Se respetó un lenguaje y aspecto común en todas las funcionalidades del sistema.

### Capa Lógica

Según las decisiones de diseño, por conjuntos de casos de uso se crearon módulos que brindan servicios necesarios a la capa de presentación para que sea capaz de llevar adelante la ejecución de los mismos.

Una decisión importante fue la implementación de librerías dinámicas (DLL) para varios de los comandos a incluirse dentro de las barras de herramientas, esto simplifica la reutilización de las mismas en cualquier aplicación existente o ha desarrollarse en un futuro.

Para la selección por atributos se utilizó el “query filter” que es el tipo de lenguaje de consulta que define la herramienta ArcGis Engine.

### Capa Persistencia

En esta capa se encuentran módulos que brindan servicios de persistencia de datos, para ello se apoya en las múltiples habilidades que le brinda la biblioteca utilizada (AcrGis Engine).

# Capítulo III

---



Describe la forma de verificación y testeo realizado en este proyecto, incluyendo las fortalezas y debilidades encontradas.

---

**Departamento de Investigación Operativa  
Instituto de Computación - Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay**

## 3. Verificación y Testeo

En este proyecto se planteó desde un comienzo que la tarea de verificación se realizaría durante el desarrollo del mismo. Se abordó la verificación desde varios puntos de vista, como los son:

- El control de la correcta especificación de los requerimientos (ya que una errónea especificación o la omisión de algún detalle potencialmente puede provocar un incumplimiento de los mismos).
- El control de diseño del sistema (ya que un error de diseño puede ocasionar una gran complicación a la hora de implementar).
- El control de las funcionalidades que permite verificar que el código implementa correctamente el diseño.

### 3.1 Datos

El juego de datos de prueba fue proporcionado por ICA con la finalidad de testear el comportamiento de geoEstratega simulando la vida real del sistema. Dichos datos comprenden la cartografía base del área metropolitana Montevideo y un conjunto de "shapefile" con información estadística que utilizan usualmente.

La cartografía base de Montevideo comprende datos de:

- Plazas y espacios verdes
- Calles
- Cursos de agua y espejos de agua
- Departamentos del área metropolitana
- Barrios de Montevideo
- Manzanas

Los "shapefile" de prueba refieren a una muestra de datos de propiedad de ICA útiles para el tipo de análisis que puede realizar geoEstratega, resumiéndose en:

- Segmentos censales (INE)
- Áreas de código postal
- Puntos de venta de empresas
- Clientes de alguna empresa

### 3.2 Ambiente

Tanto el desarrollo como las pruebas se realizaron en ICA utilizando los datos proporcionados por la misma. Si bien se realizaron testeos por parte del grupo de proyecto de grado, se considera que las pruebas más importantes son las que los propios usuarios pudieron realizar con el prototipo. ICA utilizó el sistema y realizó testeo de las funcionalidades de más importancia de la herramienta.

Gran parte del desarrollo de geoEstratega se realizó en un PC Intel Pentium II, 2 GHz, 512 RAM con sistema operativo Windows 2000.

Las pruebas fueron realizadas en la máquina en la que se culminó el desarrollo de geoEstratega que cumple con los requerimientos del software base con las siguientes características: procesador Intel Pentium 4, CPU de 3 GHz, memoria RAM de 960 MB. El sistema operativo utilizado al igual que en la última etapa de la implementación de geoEstratega fue Windows XP Professional, Versión 2002 con el Service Pack 2.

### 3.3 Pruebas

En el marco de este proyecto se diseñó un prototipo que puede considerarse importante, por el hecho de contener varios módulos integrados.

Se decidió realizar varios tipos de pruebas, la primera sobre el prototipo implementado es la denominada prueba de módulo o prueba unitaria [7], en la cual lo que se hizo fue verificar cada componente a medida que se desarrollaba, esta prueba nos permitió aislar los errores y poder solucionarlos en tempranas iteraciones.

Ahora bien, no sólo son necesarias las pruebas funcionales que constatan que los requerimientos sean cumplidos por el sistema sino que también fueron necesarias pruebas de rendimiento que testeen los tiempos de respuesta de la aplicación.

Otro punto que se consideró en este proyecto con respecto a las pruebas, es que es un hecho que aún cuando un sistema este desarrollado con un enfoque no egoísta, es muy difícil separar los sentimientos personales del proceso de prueba. Por lo que se trató de realizar las pruebas de un determinado componente por un integrante del grupo que no tuviera esa presión, es decir generalmente quién verificaba un subsistema o un componente no era la persona que lo ha desarrollado. De esa manera evitamos el conflicto entre la responsabilidad personal por los defectos y la necesidad de descubrir tantos defectos como sea posible.

El resumen de errores detectados en geoEstratega consta en el [Anexo VII – Reporte de Pruebas](#)

### 3.4 Debilidades de geoEstratega

En el prototipo desarrollado se constatan debilidades que son fruto de: cambios que se realizaron a las prioridades de los casos de uso posteriormente a la etapa de análisis de requerimientos; a dificultades para poder solucionar complicaciones que la biblioteca de base presenta y también a falta de tiempo para poder solucionar los ya detectados.

Algunas de las debilidades detectadas se listan a continuación clasificadas por caso de uso:

#### Clasificación

No es posible seleccionar por forma, es decir no es posible asignar distintos tipos de símbolos a los elementos de la vista de mapa.

Sólo es posible realizar clasificaciones por rango de tipo intervalos iguales que permite dividir el espectro en rangos iguales de valores.

No es posible seleccionar el color de clasificación para clasificar por valores únicos y rangos; el sistema colorea de forma automática.

#### Selección

Se ha detectado un limitante al seleccionar grandes cantidades de elementos, que enlentece la respuesta del sistema.

#### Data

El sistema actualmente sólo permite exportar información descriptiva de los objetos a formatos de archivo: texto (txt) y archivo de base de datos (dbf).

#### Join

El sistema permite realizar join de una capa con datos externos y luego visualizarlo de manera correcta, lo que el sistema da como resultado hasta el momento son sólo los registros relacionados de la tabla externa, falta agregar los campos de la propia capa. Todas las otras funcionalidades que deberían tener en cuenta el resultado del join; como ser la obtención de información de elementos geográficos de la vista del mapa, las selecciones, buffers, etc; aún no están disponibles para las capas con campos relacionados.

#### Buffers

El sistema brinda la opción de realizar “dissolve” (disolver las fronteras de los polígonos graficados) de los buffers a construir si son por atributos o por distancia, en cambio no brinda esta opción para los buffers anidados (o también llamados anillos concéntricos).

No es posible elegir el color de los buffers sino que el sistema colorea automáticamente.

### 3.5 Debilidades de ArcEngine 9.0 - 9.1

Durante la etapa de implementación surgieron dificultades en el desarrollo de varios casos de uso, se detectaron un conjunto de limitantes que tiene la biblioteca utilizada como software de base. El proceso de determinación de estos errores fue trabajoso (dado que se detectaron bugs que no están reportados por ESRI) ya que era preciso asegurarse de no pasar por alto errores de codificación.

Se utilizaron foros de consulta de la empresa ESRI [\[23\]](#) propietaria del software, para buscar soluciones y otras veces se optó por resolver el problema sin utilizar interfaces y las clases que las implementan ya que contienen problemas o incluso muchas veces aún no están implementadas. El proceso anteriormente descrito provocó pérdida de tiempo en varias oportunidades a lo largo del proyecto.

En los siguientes puntos se listan algunas de las limitaciones más importantes:

- A. Un error reportado como “bug” de la herramienta tiene que ver con el uso de la clase StyleGalleryCoClass que funciona correctamente pero para aplicaciones standalone como es el caso del prototipo no se encuentra habilitada todavía. Esta limitación de la biblioteca provocó que no pudiera brindarse al usuario la posibilidad de seleccionar diferentes estilos de simbología para los elementos del mapa.
- B. Existen también limitantes en lo que tiene que ver con la captura de diversos eventos sobre la tabla de contenidos (TocControl), por ejemplo no es posible capturar el evento de arrastre del mouse sobre el mismo.
- C. Existe un error que no está reportado en la listas de bugs de la herramienta pero que sí es mencionado en distintos foros de consulta de la misma. Es el hecho de que la selección consecutiva de muchos elementos puede provocar el entrecimiento de la ejecución del sistema.
- D. Otro limitante de la herramienta es que las barras de herramientas (AxToolbarControl) no permiten cambiar su orientación.

# Capítulo IV

---



Aquí se resumen las conclusiones obtenidas producto del análisis y la solución propuesta al problema planteado.

---

**Departamento de Investigación Operativa  
Instituto de Computación - Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay**

## 4. Conclusiones

El proyecto estuvo compuesto por una serie de procesos, cada uno de los cuales fue pensado para cumplir un objetivo planteado.

La forma de evaluar esos procesos que vimos como más apropiada es la recopilación de información a lo largo de todo el proyecto y luego la realización de un *análisis post mortem* [7] (luego de finalizada la implementación del prototipo), en el cual hicimos una valoración de todos los aspectos que constituyeron el proyecto: productos, procesos y recursos, pensando en identificar los aciertos y las posibles mejoras.

Las siguientes líneas plantean las conclusiones sobre cada uno de los objetivos trazados. Así como estos se catalogaron en etapas, las conclusiones se plantean de la misma manera.

El primer objetivo cumplido lo constituye la investigación y documentación del Estado del Arte. El mismo es relevante por la gran cantidad de aplicaciones que surgen a diario y por la integración que los SIG están alcanzando a todos los niveles de la sociedad. En el consta un análisis completo sobre los conceptos y fundamentos que abarca la temática del proyecto. Así como también un estudio de la situación actual de las investigaciones en estos temas y una recopilación del software libre y comercial existente en el mercado. Se utilizaron distintas fuentes de información para la elaboración del informe, como lo son: bibliografía, material proporcionado por ICA y páginas web. La investigación fue muy útil para posicionarse sobre la base teórica del proyecto. [Ver Anexo I – Estado del Arte](#) y [Anexo II – Gestión del Proyecto](#).

Analizando las necesidades de los usuarios y aplicando los conocimientos adquiridos durante la investigación del Estado del Arte sobre los SIG y sus aplicaciones se logró comprender el problema y así determinar los requerimientos tanto de un producto que solucione el mismo como de un prototipo para desarrollar en este proyecto.

La validación de los documentos de especificación de requerimientos por parte del usuario, aseguran que se cumplió la meta trazada de interpretar sus necesidades y poder solucionar el problema planteado.

El cronograma de actividades realizado fue de mucha utilidad y guía a lo largo de todo el proyecto, en base a él fue posible evaluar el estado de avance en cada una de las etapas; logrando así visualizar las desviaciones ocurridas a tiempo para mitigarlas. Es importante destacar que se produjeron cambios en la lista de requerimientos que inicialmente se determinaron para el prototipo; se incorporaron nuevos y se modificaron prioridades de algunos o de algunas funcionalidades de los mismos, en los que el solicitante estuvo de acuerdo. Ese hecho ocasionó una nueva estimación y una replanificación para tomar en cuenta estos cambios y poder cumplir con los plazos previstos. Entendemos que se logró estimar, medir y mitigar los cambios ocurridos a lo largo del proyecto.

Creemos que el hecho de realizar gestión del proyecto documentada fue un aporte importante ya que permitió ordenar y mantener al tanto del avance al tutor y al usuario a la vez. Por ejemplo el hecho de haber documentado los riesgos potenciales, su probabilidad de ocurrencia y la forma de mitigarlos fue de gran ayuda en el momento que estos se detectaron.

La implementación de geoEstratega comenzó utilizando la biblioteca base ArcGIS Engine versión 9.0 y luego se realizó una migración de versión de la biblioteca de 9.0 a 9.1 sin mayores inconvenientes que los esperables. [4]

Vale comentar que se implementaron los requerimientos y se logró la integración de un módulo lógico que fue proporcionado por ICA y que posibilita la geocodificación de datos. Se aportó una interfaz gráfica para comunicación de ese módulo con el usuario. Cabe destacar que dicho requerimiento no fue incluido dentro de aquellos que se listaban en el prototipo pero que por su aplicación se consideró relevante.

También se ha probado incorporar algún componente desarrollado para geoEstratega en aplicaciones ya existentes; como es el caso de la biblioteca dinámica (DLL) que permite obtener información de los objetos geográficos representados en el mapa, lo que nos permite pensar que geoEstratega puede integrarse fácilmente a otras aplicaciones.

Según lo expresado mediante la validación del diseño y la implementación del prototipo, geoEstratega logra satisfacer las necesidades de ICA; obteniendo una solución al problema planteado y cumpliendo con los requerimientos especificados. [Ver Anexo III – Especificación de Requerimientos](#).

Se implementó aproximadamente un 90% de los requerimientos de prioridad alta y de prioridad media en tanto que aquellos catalogados como posibles o de prioridad baja se logró implementar un 33%. Estas cifras surgen de evaluar el total de requerimientos del prototipo ver [Anexo VI – Especificación de Requerimientos](#) de donde surge un total de doce requerimientos, nueve fueron clasificados como de prioridad alta, dos de prioridad media y uno con prioridad baja.

De aquellos de prioridad alta y media se estima que el porcentaje implementado es del 90% ya que si bien todos fueron desarrollados se han detectado algunos defectos en algunas funcionalidades y en otros casos por motivos de debilidades del software de base no ha sido posible resolverlos de la manera esperada.

Es importante destacar que el prototipo obtenido es una herramienta con funciones genéricas que puede adaptarse por cualquier organización que desea realizar estudios de GeoMarketing, simplemente requiere de la obtención de los datos que desee manejar y en caso de ser necesario de algunas herramientas particulares que pueden incorporarse fácilmente. Cabe destacar que se logró un alto grado de amigabilidad de la aplicación, resultando un manejo intuitivo, sencillo y de respuesta rápida.

Concluimos que la solución obtenida también puede utilizarse no sólo para análisis de mercado sino también para otros fines como ser: para realizar análisis sociales, estudios de sanidad, etc.

En lo que respecta a la verificación del prototipo debemos decir que se realizaron testeos de las funcionalidades del mismo a lo largo de todo el desarrollo y se resolvieron algunos de los defectos encontrados. Los responsables del proyecto por parte de ICA probaron el prototipo en distintas oportunidades y en cada una hicieron críticas constructivas que ayudaron a mejorar el mismo. Un hecho inesperado fue la constatación de limitaciones y “bugs” en el software de base que no estaban apropiadamente documentadas. Ver [Capítulo III – Verificación y Testeo](#)

Hay muchos detalles de implementación que aún faltan pulir [Anexo VII – Reporte de Pruebas](#). Esto es propio de un prototipo cuyo valor no es el de ser producto final sino cumplir con los objetivos en los plazos estipulados.

Globalmente podemos decir que el proyecto logró cumplir sus objetivos, obteniéndose el prototipo deseado documentándose apropiadamente las decisiones tomadas en cada etapa.

Cabe mencionar que fue posible aprender sobre un tema que era de nuestro interés aplicando herramientas de desarrollo de última generación.

Resultó muy gratificante poder aplicar conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y comprobar que era posible enfrentarse al planteo de un problema, investigar sobre él y luego resolverlo. Consideramos que el trabajo realizado tiene un valor fundamental en los temas que aborda por su aplicabilidad en el mundo actual.

## 4.1 Trabajos Futuros

Del análisis y el diseño de la solución del problema planteado en este proyecto surgen un conjunto muy amplio de posibles trabajos a realizar sobre el prototipo implementado. Como ya hemos dicho el diseño que se logró permite la fácil incorporación de nuevas herramientas.

En la etapa de recolección de requerimientos se plantearon extensiones al prototipo algunas de las cuales se incorporan como parte del producto y otros surgieron posteriormente.

Podemos clasificar los posibles trabajos futuros en: funcionalidades particulares de alguna herramienta que el prototipo ya brinda o nuevas funcionalidades que apuntarían a completarlo y constituirlo como un producto.

En el primer grupo encontramos algunas funcionalidades que resultarían muy enriquecedoras para cualquier aplicación de Geomarketing, como lo son:

- Navegación entre tablas mediante relaciones que sería una forma de potenciar aún más la funcionalidad de selección avanzada con que cuenta el prototipo.
- Agregar más mecanismos de georeferenciamiento como por ejemplo herramientas de geocodificación de datos almacenados en tablas.[\[11\]](#)

- Brindar herramientas para la elaboración de informes o incluso mantener algunos prediseñados que le permitan al analista en Marketing construir reportes con información geográfica y resultados de análisis realizados.
- Proporcionar barras de herramientas específicas en las cuales se brinden consultas prefabricadas para necesidades particulares de cada usuario final del sistema.

Por ejemplo si consideramos la herramienta siendo utilizada para análisis de mercado de una cadena de supermercados hemos detectado que para ellos puede ser muy útil contar con comando accesibles que le permitan y quién en:

- A. Poder marcar manzanas y que se identifiquen los clientes que se encuentren en esa área.
- B. Poder seleccionar en el mapa los clientes según determinados atributos como: género, mayor consumo, el que tiene celular, etc.
- C. Obtener zonas de concentración de variables como ser: tickets promedio, gastos, frecuencia.
- D. Ver cruzamientos de compras entre distintos supermercados o entre distintas sucursales; por ejemplo: identificar en el plano los clientes que compra en distintos locales.

El otro grupo de extensiones es muy basto y puede incluir:

- La construcción y el análisis de zonas de influencia es muy útil para análisis usuales en GeoMarketing; son muy ricas las formas de visualización que el sistema podría brindar. Por ello sería útil posibilitar la edición de zonas de influencia basadas en ejes de calles y aún más interesante resultaría la posibilidad de determinar zonas de influencia con curvas de nivel obtenidas mediante algoritmos que hoy en día ya son conocidas por desarrolladores de este tipo de aplicaciones que son algo complejos pero de muchísima utilidad.
- La aplicación de algoritmos de Ruteo y Optimización para tratar problemas conocidos como TSP (“Travelling Salesman Problem”) [\[14\]](#) útiles para planificar estrategias de distribución optimizada.
- Es posible pensar en utilizar la aplicación como extensión de ArcMAP [\[4\]](#), gracias a que esa es una de las fortalezas del software de base ArcGis Engine.
- Resulta también muy interesante poder pensar en la herramienta accesible en Internet, hecho que daría mucho valor a la misma dado el auge de esa forma de trabajo.

El principal objetivo de “geoEstratega” es la ayuda a la toma de decisiones con la finalidad de potenciar el desarrollo de una organización. Por lo que un potencial trabajo futuro es la incorporación de una herramienta como esta en una organización y así lograr conformar un SIG.

El SIG deberá integrar los recursos de software y hardware con: la información y los usuarios del mismo, esa tarea es mucho más compleja que aprender a manejar un nuevo producto de software. El SIG por su estructura logrará cambiar la manera en que la información circula en una organización ya que concentrará y manejará la misma de forma más rápida; incluso si se realiza de la forma correcta, la actualización de datos puede lograrse más eficientemente.

De la mano de la integración de un SIG en una organización viene otro trabajo futuro que consideramos muy interesante como lo es la integración del SIG con otro(s) software a través de vínculos directos (la propia herramienta puede trabajar conjuntamente con el software) o indirectos (que los datos que se obtengan como resultado de los análisis realizados se puedan utilizar por herramientas de gestión, programas de automatización de cálculos, etc).

Creemos que el resultado que se obtenga de la extensión del prototipo logrado, se convertirá en un pilar fundamental en aplicaciones de Geomarketing para ICA.

# Capítulo V

---



Durante todo el proyecto se utilizó diverso material bibliográfico cuyas referencias constan en este capítulo.

---

**Departamento de Investigación Operativa  
Instituto de Computación - Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay**

## 5. Bibliografía - Referencias

[1] Página de empresa AGEMAP dedicada a la construcción de Sistemas de Información Geográfica: [www.agemap.com](http://www.agemap.com) (último acceso 15 de febrero de 2006).<sup>1</sup>

[2] Página de la empresa solicitante del proyecto, Ingenieros Consultores Asociados: [www.ica.com.uy](http://www.ica.com.uy) (último acceso 20 de febrero de 2006).

[3] Página de la empresa ESRI, proveedora del software de base ArcGis [www.esri.com](http://www.esri.com) (último acceso 10 de marzo de 2006).

[4] Página de ayuda online de la biblioteca de desarrollo ArcGIS Engine versión 9.1 <http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.1/> y la de la versión 9.0 <http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.0/>. (último acceso 10 de marzo de 2006).

[5] Página de Microsoft sobre el lenguaje y los entornos de programación .NET: [www.microsoft.com/net/](http://www.microsoft.com/net/) (último acceso 10 de noviembre de 2006).

[6] Standar IEEE Recomendad Practice of Software Requirements Specification (830-1998) – ANSI (American National Standars Institute).

[7] Ingeniería de Software – Teoría y Práctica – Shari Lawrence Pfleeger – Copyright 2002 – Primera edición enero 2002 – PEARSON EDUCATION S.A – ISBN: 987-9460-71-5.

[8] UML y Patrones - Erich Craig Larman – Prentice Hall- Segunda Edición - Fecha de publicación Diciembre de 2002 – ISBN: 8420534382.

[9] Building\_a\_Geodatabase - Published by ESRI – Copyright 2004 – ESRI.

[10] Engine\_Developers\_Guide - Published by ESRI – Copyright 2004 – ESRI.

[11] Geocoding\_in\_ArcGIS - Published by ESRI – Copyright 2004 – ESRI.

[12] Anexo I – Estado del Arte.

[14] Página con conceptos claros sobre el problema y los algoritmos de solución del Traveling Salesman Problem- [http://en.wikipedia.org/wiki/Traveling\\_salesman\\_problem](http://en.wikipedia.org/wiki/Traveling_salesman_problem) (último acceso 10 de marzo de 2006).

[15] “Geomarketing una nueva forma de ver el mercado” – Autor: ESRI España <http://www.ripit.granma.inf.cu/biblioteca%20Digital/marketing%20y%20negocio/Geomarketing.pdf> (último acceso 28 de marzo de 2006).

---

<sup>1</sup> Las direcciones web que no cuentan con la información de la última actualización se debe a que dicha información no está presente en la página web correspondiente.

[16] Artículo sobre conceptos y actualidad del marketing: “Los 5 grandes problemas del Marketing” [http://www.enfoque5.com/articulo\\_1-8.htm](http://www.enfoque5.com/articulo_1-8.htm) (último acceso 28 de marzo de 2006).

[17] Boletín de la Universidad de Autónoma de México: “Tecnologías de información, cartografía y geografía en la era digital” – año 2003 <http://www.sociedadinformacion.unam.mx/pdfs/tecnolGEO.pdf> (último acceso 28 de marzo de 2006).

[18] “El Geomarketing y la distribución comercial “ - Autor: Prof. Dra. Coro Yrigoyen de la Universidad Autónoma de Madrid.

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/coro/investigacion/geomarketing03.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/coro/investigacion/geomarketing03.pdf) (último acceso 28 de marzo de 2006).

[19] Página de Microsoft Visual Studio Developer Center:

<http://msdn.microsoft.com/vstudio/previous/2003/> (último acceso 10 de febrero de 2006).

[20] Póublicación de entrevista realizada al profesor Remo Bodei, de la Universidad de Pisa en el año 1999: <http://fs-morente.filos.ucm.es/publicaciones/logos/n33/nota3.PDF> (último acceso 10 febrero de 2006).

[21] Página con conceptos básicos de Marketing y links a referencias interesantes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Marketing> (último acceso 28 de marzo de 2006).

[22] Página con referencias a definiciones de Mercadotecnia y a la Facultad de Administración de la Universidad de Ohio <http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/mercadotecnia/> (último acceso 28 de marzo de 2006).

[23] Foros de consulta de ArcGIS Engine: <http://forums.esri.com/forums.asp?c=159> (último acceso 29 de marzo de 2006).

[24] Página con conceptos sobre la integración de los SIG en las organizaciones para ayuda en la toma de decisiones: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia31.html> (último acceso 29 de marzo de 2006).

[25] Página de ESRI con conceptos sobre la aplicación de los SIG a los negocios: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia31.html> (último acceso 29 de marzo de 2006).

[26] Página de la Universidad de San Juan de Puerto Rico:

<http://sju.albizu.edu/Correccion/EI%20Proceso%20de%20Toma%20de%20Decisiones/> (último acceso 29 de marzo de 2006).

[27] University Business, The Magazine for College and University Administrators: <http://www.universitybusiness.com/page.cfm?p=751> (último acceso 26 de marzo 2006).

[A] Docente del Instituto de Computación: Ing. Pablo Rebufello y el Director del Sistema de Información Territorial (SIT) de la Intendencia Municipal de Montevideo Ing. Fabián Barbató.

## 6. Agradecimientos

Este proyecto fue posible gracias a un trabajo de varios meses y a un conjunto de personas a las que deseamos agradecer, ya que de una u otra forma hicieron posible que el cumplimiento de los objetivos trazados se hiciera posible.

- A nuestras familias que nos apoyaron y contuvieron a lo largo de toda la carrera.
- Ing. Omar Viera: tutor del proyecto por su útil guía, aporte y disponibilidad.
- Ing. Leonardo Loureiro: Gerente Comercial de ICA (usuario responsable), por el tiempo dedicado para este proyecto y por sus aportes.
- Ing. Pablo Rebuffelo: Gerente de Proyectos de ICA por ser nuestro nexa con los SIG
- Y a todo el personal de ICA por la colaboración brindada.

## 7. Glosario

**SIG (Sistema de Información Geográfica):** es un sistema de software de computadora, hardware, información y personas para ayudar a manipular, analizar y presentar información que esta integrada con información espacial.

**Geomarketing:** La constituye información integrada y vinculada por su componente geográfica, conforma una potente herramienta de gestión de Marketing

**Objetos geográficos:** objetos con una ubicación definida sobre la superficie terrestre.

**Delimitación espacial:** corresponde a la propia geometría de los objetos definida en un plano

**Prototipo:** modelo o versión inicial de un producto previsto para probar y desarrollar un diseño.

**Geodatabase (base de datos geográfica):** denominación que se le da a las bases de datos geográficas que son utilizadas en los SIG permitiéndoles trabajar a la vez con la forma definida en el plano y los atributos temáticos asociados de los objetos geográficos.

**SIG orientado a objetos:** nuevo concepto que intenta organizar la información geográfica a partir del propio objeto geográfico y sus relaciones con otros.

**Shapefile:** formato de archivos utilizados por ESRI que permite almacenar datos descriptivos y también descripción de la geometría de los elementos.

**Casos de uso:** es la secuencia de pasos de comunicación entre un Sistema Informático y un usuario, refieren un problema que el sistema resuelve de determinada manera.

**Buffer:** área o polígono que rodea un punto, línea o área.

**Data (datos):** Hechos, conceptos, instrucciones o caracteres representados de una manera apropiada para que sean comunicados, transmitidos o procesados por seres humanos o por medios automáticos y a los cuales se les asigna o se les puede asignar significado.

**Sistema de referencia espacial:** describe el sistema de coordenadas, el dominio espacial y la preescisión con que se manejan los datos en un SIG.

**Dominio espacial:** rango permitido de coordenadas x, y, m (measure) y z de la ubicación de los elementos en el mapa.

**Precisión:** describe el número de unidades de sistema por unidad de medida.

**Geoprocesamiento:** conjunto de procesos aplicados a los datos con referencias geográficas utilizados en los SIG.

**Geovisualización:** proceso de visualización de datos con referencias geográficas, muy eficientemente realizado en los SIG.

**Bug:** error en una biblioteca de Software o Sistema de Información

**Procesamiento de datos o de información:** realización sistemática de operaciones sobre datos o sobre información, tales como manejo, fusión, organización o cómputo.

**Sistema:** cualquier arreglo organizado de recursos y procedimientos diseñados para el uso de tecnologías de información, unidos y regulados por interacción o interdependencia para cumplir una serie de funciones específicas, así como la combinación de dos o más componentes interrelacionados, organizados en un paquete funcional, de manera que estén en capacidad de realizar una función operacional o satisfacer un requerimiento dentro de unas especificaciones previstas.

**Información:** significado que el ser humano le asigna a los datos luego que estos han sido estructurados de alguna forma conveniente a sus necesidades

**Software:** información organizada en forma de programas de computación, procedimientos y documentación asociados, concebidos para realizar la operación de un sistema, de manera que pueda proveer de instrucciones a los computadores así como de datos expresados en cualquier forma, con el objeto de que éstos realicen funciones específicas.