



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Establecimiento de zonas de acción mediante el empleo de
Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Juan Fco. Pato Gándaras

DIRECTORES: Mercedes Solla Carracelas

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Establecimiento de zonas de acción mediante el empleo de
Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

El TFG consiste en usar un software del Sistema de Información Geográfica (gvSIG), para buscar una zona de acción o zona del terreno que cumpla con las necesidades requeridas para el despliegue de una unidad militar. Dicha unidad militar es un Batallón del Tercio de Armada, y las condiciones operativas del despliegue son fijadas de antemano, ya que dependiendo de la situación táctica, serán más interesantes unos parámetros que otros.

El trabajo busca encontrar dicha zona dentro de la provincia de Pontevedra, de una extensión aproximada de 25 km², en donde fijar una fuerza de manera semipermanente con las condiciones mínimas de seguridad, atendiendo a parámetros como población, infraestructuras, hidrología, etc.

Finalmente, la zona será representada mediante mapas temáticos con las herramientas que el programa ofrece e intentando buscar el grado de detalle adecuado al trabajo.

PALABRAS CLAVE

SIG, buffer, capa, despliegue, unidad militar.

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Dña. Mercedes Solla Carracelas, por su labor de tutorización, dirección y coordinación del presente trabajo.

Al Capitán (IM) D. Francisco Javier Folla López, por la documentación facilitada sobre la aplicación de tiro TALOS, actualmente en uso en las baterías de artillería y secciones de morteros del Tercio de Armada, y que ha sido incluida en este trabajo.

A todo el Departamento de Infantería de Marina de la ENM, por el apoyo prestado durante la realización del trabajo.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Motivación o justificación	7
1.2 Evolución histórica de los SIG.....	8
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivos Generales.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos	11
2 Estado del arte	13
2.1 Sistemas de Información Geográfica	13
2.1.1 Principios básicos	13
2.1.2 Aplicaciones de los SIG.....	15
2.1.3 Los SIG en el mundo militar. La actualidad en España	16
3 Desarrollo del TFG.....	21
3.1 Descripción de la zona de acción planteada.....	21
3.2 Metodología de trabajo	24
3.2.1 Software	24
3.2.2 Datos de partida	25
3.2.3 Geoprocesamiento	27
4 Resultados	33
4.1 Desarrollo.....	33
5 Conclusiones y líneas futuras	59
5.1 Conclusiones	59
5.2 Conclusión final	60
5.3 Líneas futuras	60
5.3.1 Continuación del trabajo.....	60
5.3.2 Establecimiento de campos de tiro mediante gvSIG	60
6 Bibliografía.....	63
Anexo I: Zonas Iniciales Seleccionadas	65
Anexo II: Zona Inicial con Capas.....	67
Anexo III: Catastro.....	69

Anexo IV: Zona Final Seleccionada 71

Anexo V: Despliegue Unidad.....73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Mapa original del Doctor John Snow (http://es.wikipedia.org/)	8
Figura 2-1. Ejemplos de modelos ráster y vectorial. (concurso.cnice.mec.es)	15
Figura 2-2. Esquema producción cartográfica. (www.defensa.gob.es).....	16
Figura 2-3. Logo MGCP. (www.defensa.gob.es).....	17
Figura 2-4. Sistema ATLANTE. (www.indracompany.com)	19
Figura 3-1. Playa de La Lanzada. (www.depo.com).....	22
Figura 3-2. Pendiente Mirador de O Ezaro de 14.6%.	23
Figura 3-3. Programa CORINE. (www.ign.es)	25
Figura 3-4. Logo Red Natura 2000. (www.magrama.gob.es).....	26
Figura 3-5. Portal de acceso a descargas. (www.magrama.gob.es).....	26
Figura 3-6. Portada Inventario Forestal. (centrodedescargas.cnig.es)	27
Figura 3-7. Propiedades del trabajo. (www.manualgvsig.es).....	28
Figura 3-8. Herramienta filtro. (www.manualgvsig.es)	29
Figura 3-9. Explicación intersección. (www.manualgvsig.es).....	30
Figura 3-10. Explicación intersección. (www.manualgvsig.es).....	30
Figura 3-11. Cuadro diferencia. (www.manualgvsig.es)	31
Figura 4-1. Capa de Galicia.....	33
Figura 4-2. Provincia de Pontevedra	34
Figura 4-3. Capa de Concellos	34
Figura 4-4. Capa de parroquias	35
Figura 4-5. Ejemplo tabla de atributos.	35
Figura 4-6. Capa usos del suelo.....	36
Figura 4-7. Tipos de suelo que me interesan.....	36
Figura 4-8. Suelos que interesan en Pontevedra.....	37
Figura 4-9. Capa Red Natura.....	37
Figura 4-10. Capa Espacios Naturales Protegidos	38
Figura 4-11. Red Natura Pontevedra.....	38
Figura 4-12. Espacios Protegidos Pontevedra.....	39
Figura 4-13. Terreno que me interesa sin E.N. ni R.N.....	39
Figura 4-14. Comparativa usos del suelo con y sin R.N. y E.P.	40
Figura 4-15. Zonas mayores de 25 km ²	41
Figura 4-16. Capa curvas de nivel.....	42
Figura 4-17. Zonas de 25 km ² más curvas de nivel.....	42

Figura 4-18. Zona 4 con curvas de nivel.	43
Figura 4-19. Zonas 3 y 2 con curvas de nivel.	43
Figura 4-20. Zona 1 con curvas de nivel.	44
Figura 4-21. Triángulo de distancias.	44
Figura 4-22. Zona 1, con polígonos de demasiada pendiente.	45
Figura 4-23. Zona 2, con polígonos de demasiada pendiente.	45
Figura 4-24. Zona 3, con polígonos de demasiada pendiente.	46
Figura 4-25. Zona 4, con polígonos de demasiada pendiente.	46
Figura 4-26. Zonas con demasiada pendiente.	47
Figura 4-27. Superficies de los 4 polígonos.	47
Figura 4-28. Hidrología.	48
Figura 4-29. Capa carreteras y población.	49
Figura 4-30. Bufferes de 5 y 10 km de radio.	49
Figura 4-31. Unión de capas.	50
Figura 4-32. Unión de capas en zona 4.	51
Figura 4-33. Unión de capas en zona 3.	52
Figura 4-34. Unión de capas en zona 2.	53
Figura 4-35. Unión de capas en zona 1.	53
Figura 4-36. Zona final seleccionada.	54
Figura 4-37. División en parcelas.	55
Figura 4-38. Información catastral.	55
Figura 4-39. Cobertura 3G.	56
Figura 4-40. Playa de Cesantes.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Tabla detalle personal y vehículos	10
--	----

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación o justificación

De entre las funciones que debe realizar un oficial de Infantería de Marina según su nivel de mando y de acuerdo con el nivel de fuerzas disponible son, valorar la situación, tomar decisiones, asignar misiones, distribuir recursos, dirigir a las fuerzas, motivar a las fuerzas o proporcionar liderazgo.

Ya sea un joven oficial que ejerce directamente el mando y control sobre su unidad, o un oficial experimentado que forma parte del EM/PLM (órgano auxiliar del comandante), que proporciona asesoramiento y ayuda al mando y presta apoyo a las unidades subordinadas, este siempre debe ser consciente de que el terreno es un factor crítico de la decisión a la hora de desplegar las unidades y mantener o delegar el control táctico sobre ellas.

Podemos decir de manera general que lo que a un mando le interesa del terreno es su zona de acción (ZA), definida por los manuales de Infantería de Marina y para el combate convencional como una zona definida por límites laterales, una línea de partida y un objetivo final, y cuya responsabilidad se asigna a una unidad que tiene plena libertad de maniobra y fuegos en su interior, sin duda, esta definición debe cambiar debido a las operaciones actuales, ya que dependiendo del tipo de misión (bélica, mantenimiento de la paz, humanitaria, evacuación de no combatiente, etc). La definición de zona de acción no siempre se ajustará a la realidad. Lo que si podemos afirmar es que mantendrá su esencia como zona de responsabilidad del mando.

Dentro de esta zona de acción, son muchos los factores del terreno a estudiar dependiendo del tamaño de la unidad a desplegar, del terreno a ocupar, el tipo de movimiento, o si se va o no a permanecer estático y por supuesto de la misión. Es por esto que podemos destacar algunos conceptos como la observación, que es la capacidad de la unidad de ver al enemigo bajo condiciones variadas de terreno, esencial para alcanzar un fuego efectivo sobre el enemigo, controlar el movimiento de la unidad o prevenir un ataque por sorpresa. Desde el punto de vista de la observación, el mejor terreno permite a la vez observación lejana de las zonas de apoyo del enemigo y observación cercana de sus elementos de combate. Los campos de tiro son zonas del terreno en las que un arma o grupo de armas pueden batir con eficacia. El mando considera la observación y los campos de tiro desde su punto de vista y el del enemigo, y mueve a su unidad de forma que los elementos eviten las zonas vistas y aquellas en las que el enemigo pueda batir con sus armas. La cubierta es la protección contra los efectos del fuego enemigo. La ocultación es la disimulación o enmascaramiento de una unidad y sus actividades a la observación enemiga. En la mayoría de los casos la cubierta y la ocultación se consiguen por la utilización de zonas de bosques, edificaciones, valles, colinas, arroyos, barrancos,

pliegues del terreno y demás accidentes similares. El terreno que ofrece cubierta proporciona también ocultación. Cuanto más irregular sea un terreno, mayor ocultación ofrecerá a la observación terrestre. Los obstáculos, que son accidentes del terreno, naturales y artificiales, que detienen, retrasan o restringen el movimiento de las unidades. Pueden ser una ayuda o una dificultad, dependiendo de su situación y naturaleza, por ejemplo, un arroyo profundo situado transversalmente a la dirección del movimiento, retrasará cualquier ataque, mientras que el mismo situado a un flanco del atacante, le proporciona una medida de seguridad. En general, los obstáculos perpendiculares a la dirección del movimiento favorecen a los defensores, mientras que los paralelos a dicha dirección dan ventajas al atacante, al protegerle los flancos. Los puntos críticos son cualquier zona o punto cuya ocupación o control proporciona una señalada ventaja sobre las fuerzas enemigas. La selección de puntos críticos del terreno está basada en la misión de la unidad. Los puntos críticos se determinan entre los accidentes del terreno que si están bajo nuestro control, nos dan una señalada ventaja. Un puente sobre un río no vadeable, por ejemplo, es un punto crítico, puesto que nos proporciona acceso a la orilla opuesta sin requerir su paso a través del mismo. Y por último, destacar las avenidas de aproximación que son zonas de terreno que permiten el fácil movimiento de una fuerza hacia su objetivo.

1.2 Evolución histórica de los SIG

Conocer los orígenes de los SIG, así como sus antecedentes históricos, es necesario para entender como se ha desarrollado el sistema hasta llegar a la actualidad. Desde siempre cualquier civilización que se pueda considerar desarrollada ha elaborado la información espacial de forma que se pueda disponer del terreno y atender a las necesidades de la población. Así pues, se pueden establecer enlaces con antiguas civilizaciones que marcarían los orígenes del SIG, como pueden ser pinturas rupestres halladas en el sur de Europa, que son una forma de delimitar el terreno, documentación gráfica encontrada en asentamientos fenicios, en donde se explicaban o se recogían las navegaciones o exploraciones de este pueblo. Aunque sin duda un pueblo que marcó la diferencia fue el egipcio, que delimito mediante cuerdas las orillas del Río Nilo, para repartir el terreno entre sus agricultores.[1]

En 1854 el Doctor John Snow proporcionaría otro clásico ejemplo de este concepto, cuando cartografió en un ya famoso mapa (figura 1-1), la incidencia de los casos del cólera en Londres, este protoSIG es uno de los ejemplos del método geográfico, que permitió al Doctor localizar un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote. El mapa de John Snow, fue el único que utilizando métodos cartográficos no sólo representaba la realidad, sino que analizaba conjuntos de fenómenos geográficos dependientes. Como se puede ver en la siguiente representación, los casos de cólera de concentraban en torno a lo que posteriormente sería el problema.[2]



Figura 1-1 Mapa original del Doctor John Snow (<http://es.wikipedia.org/>)

A principios del S. XX se desarrolló la foto litográfica, en donde los mapas eran separados en capas, el avance de hardware impulsado por la investigación en armamento nuclear, daría lugar al desarrollo de aplicaciones cartográficas para ordenadores de propósito general.

En el año 1962 se utilizaron por primera vez los SIG, concretamente en Ottawa, (Canadá), impulsado por Roger Tomlison, y fue llamado Sistema de Información Canadiense (CGIS) utilizado para almacenar, analizar y manipular los datos obtenidos sobre la tierra de Canadá. Este sistema permite superponer capas de información, realizar mediciones, y llevar a cabo digitalizaciones y escaneo de datos entre otras cosas. Fue desarrollado como un sistema basado en un ordenador central y su fortaleza radicaba en que permitía realizar análisis complejos de conjuntos de datos que abarcaban el continente.

En los años 80 se introduce el software en el Sistema de Información Geográfico. Durante los últimos años los SIG han evolucionado mucho, destacando las aportaciones del Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis de EEUU (NCGIA), creado para desarrollar los fundamentos teóricos y conceptuales de los futuros SIG, y no para desarrollar el software de los sistemas. Las líneas de investigación son:

- Análisis y estadística espacial
- Relaciones espaciales y estructuras de las bases de datos.
- Inteligencia artificial y sistemas expertos.
- Visualización de datos espaciales.
- Cuestiones institucionales, sociales y económicas de los SIG.

En España destaca la aportación del Instituto Geográfico Nacional, que desarrolló en los años 80 bases de datos geográficos en formato digital, el resultado más relevante fue la creación de dicha base de datos a escala 1:200.000. Cabe citar la labor emprendida por el Ayuntamiento de Madrid, con el proyecto plano ciudad, y la labor emprendida por el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria del Ministerio de Hacienda, generando una gran base de datos con las fincas rurales y propiedades urbanas.

A nivel estatal tres son los organismos que hasta la fecha se han preocupado de desarrollar, elaborar y comercializar coberturas para usuarios SIG's: el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Servicio Geográfico del Ejército (SGE) y el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (CGCCT).

1.3 Objetivos

El objetivo del presente trabajo es demostrar la utilidad que tienen los modernos sistemas de información geográfica a la hora de estudiar los parámetros que se deben de tener en cuenta en el despliegue de una unidad militar. Evaluar como el uso de dichos softwares, proporcionan información fiable y que puede ser utilizada.

1.3.1 Objetivos Generales

Desde el punto de vista práctico, y como objetivos generales establezco la conjunción de todos los datos necesarios dentro del gvSIG para buscar una zona de terreno en la provincia de Pontevedra, que supere la extensión de 25 km², y que sea apta para desplegar una unidad militar. Además por tratarse la unidad de un Batallón Reforzado de Desembarco, también me interesa encontrar una playa adecuada

que facilite el movimiento de las unidades de desembarco, desde el mar a la tierra. La unidad propuesta se detalla a continuación (tabla 1-1).

Dicha unidad está formada en base al Tercer Batallón de Desembarco del Tercio de Armada. Al ser un Batallón Reforzado, lleva asignadas otras unidades, que en este caso también son unidades del Tercio de Armada y que todas juntas constituirán un Grupo Táctico de Desembarco. Los efectivos de personal y material, son los que a continuación detallo:

	OF	SUB	TROP	TOTAL	OBS
56	56	84	786	926	
40	40	55	568	663	
MPLM BRD III	7	4	11	22	4 PIRAÑAS
DTO CIA CIS (BCG)	1	3	8	12	2 HS + 2 HC
DTO CIA IS	1	4	8	13	1 HS + 2 HC
DTO TP-AUTO	0	0	2	2	2 CAM 10-T + 2 RQ GEN.
SERECO	1	2	25	28	4 PIRAÑAS
CIA PLM	2	4	15	21	2 CAM 10-T + 5 HC + 1 RQ GEN. + 1 RQ CUBA
SC M-81	1	2	29	32	8 HC (8 M-81) + 1 HS
CIA I	4	5	74	83	10 PIRAÑAS
CIA J	4	5	74	83	10 PIRAÑAS
CIA CARROS	4	4	44	52	9 M-60+ 1 M-88
SEC MEC ZAP	1	1	20	22	4 PIRAÑAS
CIA E	4	8	90	102	1 CAM 10-T
CIA A	4	8	90	102	1 CAM 10-T
SC MCCM	1	1	24	26	6 HC
SC AAV	1	3	38	42	12 AAVP + 1 AAVR + 1 AAVC
1 PN ZAP	0	1	8	9	1 CAM 10-T
DTO SAN	4	0	8	12	4 HA
UNIDAD TAR	2	2	24	28	4 HA
UNIDAD TAR	2	2	24	28	4 HB
CIA EMB.	0	1	11	12	2 H
SC EMB.	0	1	11	12	3 EMB
GAD	5	11	91	107	3 ATP
MPLM	1	2	4	7	1 HS+ 1 HC
3 BIA	3	8	80	91	6 ATP 155 + 6 FAASV + 1 HS
DTO TP-AUTO	0	1	5	6	2 CAM 10-T + 4 CAM 6-T + 2 RQ 11/2
DTO SAN	1	0	2	3	1 HA
UAL	9	15	92	116	5 HA
CIA PLM	2	2	4	8	1 HS
CIA APROV	2	3	35	40	2 CAM 10-T + 2 HC + 1 CAM CIST. + 1 CAM CUBA + 3 RQ CUBA + 1 RQ GEN + 3 MULAS MEC.
CIA MANT	1	3	12	16	1 CAM MOD. + 1 CAM GRUA + 1 CAM 6-T + 1 RQ 11/2
CIA TP-AUTO	1	3	8	12	6 CAM 10-T + 6 HC + 4 RQ 11/2
CIA SAN	2	2	6	10	3 HA
SEC OMP	1	2	27	30	HORQUILLA + BULLDOZER

Tabla 1-1 Tabla detalle personal y vehículos

Como se puede observar, el Grupo Táctico propuesto tiene un total de 926 personas y unos 163 vehículos, entre los de ruedas y los de cadenas.

Según doctrina de la Armada, existen cinco tipos de operaciones anfibia: Demostración Anfibia (Demonstration), Incursión Anfibia (Raid), Asalto Anfibia (Assault), Retirada Anfibia (Withdrawal) y Apoyo Anfibia a otras operaciones. Ejemplos de apoyo a otras operaciones sería apoyo a una operación de evacuación de no combatientes (NEO), o apoyo a una Operación humanitaria.

El desembarco propuesto, pertenecería por lo tanto a este último tipo, ya que sería un desembarco administrativo sin ningún tipo de oposición, y en donde la finalidad que tendría la fuerza, sería la ocupación de una base semipermanente, de duración aproximada tres o cuatro meses, por los motivos que fuesen.

1.3.2 Objetivos Específicos

Familiarizarse con los distintos procesos de análisis del gvSIG, para poder llevar a cabo el trabajo de interpretación, comparación y análisis de los datos de partida.

Obtención de los datos de partida, es decir, la obtención de capas de las distintas fuentes. Labor que a priori resultará la más complicada. Las capas que necesitamos han de incluir usos del suelo, red natura y espacios protegidos, curvas de nivel, hidrografía, carreteras, catástro, patrimonio histórico, núcleos de población y zonas de cobertura 3G.

Realización de varios mapas temáticos que muestren un resumen del trabajo realizado. Entre ellos debe haber uno de la zona o zonas del terreno seleccionadas dentro de la provincia de Pontevedra, en donde aparezcan representada la situación del terreno y las distintas unidades que conforman el Grupo Táctico. El resto de mapas deben mostrar la interacción entre la zona/s con los datos fuente.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Sistemas de Información Geográfica

2.1.1 Principios básicos

Los Sistemas de Información Geográfica de relevancia en los últimos años han unido a los distintos campos que pueden afectar dentro del área geográfica. El término SIG de origen inglés Geographic Information System (GIS), lo podemos definir como una herramienta que nos permite almacenar, recuperar, analizar y desplegar información geográfica.[4]

Un SIG está compuesto por varios elementos, que interaccionan entre ellos para conformar la información a estudiar y su posterior tratamiento o procesamiento. Dichos componentes son:

- Hardware; Es el equipo con el que opera un SIG, resulta muy útil para realizar un procesamiento de las operaciones que con la realización de operaciones algorítmicas, dan solución a las relaciones geométricas.

- Software; dispone las herramientas necesarias para el tratamiento de la información disponible. Existen herramientas para la entrada, manipulación de datos y un sistema de administración de todos ellos, que consigue la consulta, el análisis, la visualización y por último una interfaz gráfica que facilite al usuario el acceso a las herramientas.

- Dato; Es el elemento primordial de información que relaciona los atributos de los elementos descriptivos, con el tipo de geometría, conformando la información espacial. Para obtener la información espacial hay que relacionar la geometría con los objetos del mundo real que se relacionan topológicamente.

- Gente; Son las personas que administran el conjunto, y que realizan actividades como proporcionar la fuente, editar la información o implementar algoritmos útiles.

- Métodos; Son los planes de un buen diseño y las normas por parte de la empresa, las cuales son modelos y prácticas de operación de cada organización.[4]

La capacidad de análisis es el valor más alto de los SIG, entre los análisis de geoprocésamiento más habituales y los datos que se generan de ellos encontramos:

1. Análisis de diversificación y soporte de decisión espacial: Como en el caso de este trabajo, el análisis puede establecer criterios de inclusión o exclusión, determinando unas zonas de territorio que cumplan unos requisitos, previamente seleccionados (usos del suelo, ecosistema, vías de transporte, etc.) Los datos más importantes que podríamos obtener sería por ejemplo la ubicación de una actividad

económica, tal como una industria o un parque eólico, que afecta directamente al desarrollo socio-económico de sus habitantes.

2. Análisis de redes: Estas técnicas interaccionan líneas como pueden ser redes de carreteras, caminos o senderos con otros factores topográficos, obteniendo evaluaciones de impacto económico, determinaciones para trazar una nueva carretera, localizar “cuellos de botella” en redes de distribución energética o determinación de rutas más rentables a seguir por los transportes públicos.

3. Análisis de superficies: En este tipo de análisis se interpolan los fenómenos climáticos, precipitación, (viento, temperatura) con modelos digitales de terreno detectando zonas de erosión o inundación, visibilidad entre infraestructuras o visibilidad de infraestructuras, de donde se obtiene la visibilidad para las antenas de telecomunicaciones.

4. Análisis económicos territoriales (Business Geographcis or Geomarquetin) en este análisis determinamos la economía productiva de un territorio así como sus potencialidades y sus debilidades. En base a esto se desarrollan planes en el que se obtienen aplicaciones como áreas de influencia, densidad de población en las cercanías de las empresas o representación espacial del poder adquisitivo por áreas, factor indispensable para la situación competitiva de una empresa.

5. Análisis de seguimiento y monitorización. (Monitoring) en el detectamos cambios en la evolución de un territorio o la actividad que en él se desarrolla a corto, medio y largo plazo. Esto es posible gracias al manejo de datos históricos y gracias a ellos se puede monitorizar la masa arbórea o de la combinación de especies, evolución de espacios naturales o red natura, o el estudio de modelos simulados de los efectos demográficos debido a la implantación de nuevas infraestructuras.

6. Análisis de situaciones de emergencia: En él se desarrollan secuencias de apoyo a la toma de decisiones en el caso de incendios forestales o inundaciones.

Hay dos tipos de modelos SIG (figura 2-1) con ventajas e inconvenientes, que determinaran el uso de uno u otro dependiendo de la naturaleza de las investigaciones, el modelo ráster representa la realidad a partir de superficies determinadas que quedan dispuestas en forma de matriz, en donde cada elemento está representado por un pixel, la representación cartográfica queda dividida en celdas, que agrupadas en unidades representan los objetos de la realidad. La representación queda simplificada a cuadrados y rectángulos.

La resolución geométrica depende del tamaño de dichas celdas, que representan superficies de 100 m² que son las más utilizadas. Dichas celdas quedan identificadas en un diagrama cartesiano por filas y columnas. Lo que hace el sistema ráster es digitalizar el mundo real, transformando los elementos y representándolos en píxeles. Cada celda tiene un valor que representa fenómenos que se manifiestan en el territorio, que pueden ser, variables físicas, como topografía y precipitaciones, regiones, distancias entre objetos, uso de suelos, o emisiones y reflexiones de energía que son captadas por los sensores de los satélites. Las celdas sólo pueden tener un valor, se debe separar el espacio en diferentes capas, según los aspectos de la realidad, esta es una de las limitaciones del modelo ráster, ya que son necesarias muchas capas. En la codificación de los ráster, se tienen que tener en cuenta dos aspectos, el de localización que viene determinado por el lugar que ocupa dentro de la matriz, y el del valor, que lo determina un número. En el almacenamiento de los archivos ráster no necesitan ser incluidas las coordenadas, sólo los valores, una gran ventaja de este modelo es la fácil instrumentalización de la recogida de datos a tratar y posterior conversión de la información digitalizada. Es especialmente útil en estudios de impacto ambiental, ya que es posible traducir la realidad a formato digital en aquellos fenómenos sólo perceptibles mediante sensores.

Por otro lado existe el modelo vectorial que se basa en la localización de puntos individuales según determinadas coordenadas, definida por funciones matemáticas, representadas por puntos, líneas y parábolas. Estos datos incluidos en los SIG, deben ser parámetros que ocupen un lugar en una ecuación, tales como radios de círculos o distancias en general. Los puntos y las líneas son unidades que contienen información de un modo más complejo que el modelo ráster. Al tratarse de funciones

tiene la ventaja de que su representación gráfica mantiene siempre el mismo tamaño de trazo, es decir que si aumenta un cuadrante, las líneas se mantendrán del mismo grosor, mientras que en el ráster se trataba de teselas que aumentarían de tamaño. Los elementos están representados por una función matemática, que a su vez mantienen un vínculo con una base de datos. La base de datos de cada uno de los elementos tiene asignado parámetros identificativos. La unidad básica de representación gráfica es el punto. La línea está determinada por un punto de origen y otro de final. Un polígono está determinado por varias líneas, cada elemento llevará una etiqueta que lo vincula a su correspondiente registro dentro de la base de datos, y por lo tanto le asignan los atributos que se hayan incluidos. Dentro de los modelos vectoriales se distinguen dos modelos, el espagueti y los modelos topológicos. Las fronteras comunes entre polígonos están duplicadas, es decir, digitalizadas dos veces, una por cada polígono que la comparte y siendo la única forma de mantenerlos como unidades independientes. Resultando una trama de líneas que dan lugar a la representación de líneas dobles entrecruzadas, de hay que se le denomina con el nombre de espagueti. Esto aleja al sistema de la precisión necesaria para poder representar la realidad. La inclusión de topografía, como factor de identificación de los elementos evita estos inconvenientes. Esta relación topográfica se mantiene aunque se altere la forma y la extensión de elementos, lo que significa una gran ventaja a la hora de manipular estos datos. Este modelo representa ventajas sobre el ráster a la hora de analizar redes, contigüidad y conectividad.

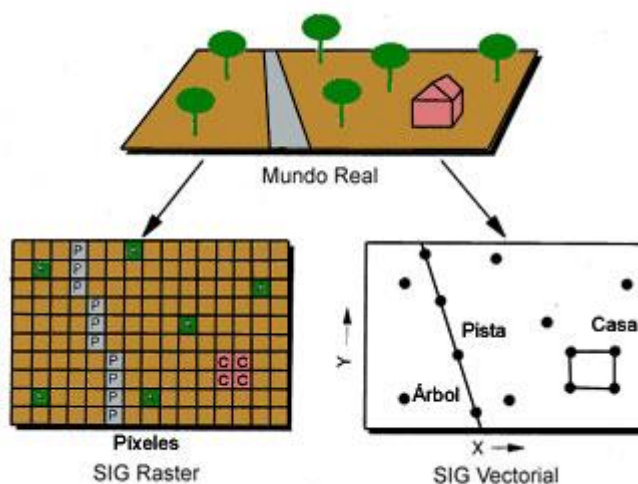


Figura 2-1. Ejemplos de modelos ráster y vectorial. (concurso.cnice.mec.es)

No parece clara la imposición de un modelo sobre otro, ya que las ventajas de cada uno lo hacen indispensables y favorables para determinadas áreas de estudio. Los SIG tanto vectoriales como ráster poseen herramientas de conversión para tratar las coberturas con las diferencias de cada uno de los modelos. En esta conversión se debe tener en cuenta las limitaciones que poseen ambos modelos y preparar previamente las coberturas para la información que se crea al convertir. La conversión sólo sirve para facilitar la labor de análisis de datos.

2.1.2 Aplicaciones de los SIG

En la actualidad los SIG se han convertido en un factor determinante para el desarrollo de actividades, tanto en el sector público como privado. De entre las aplicaciones más importantes podemos destacar:

1. Bases cartográficas, especialmente indicadas para referencias espaciales de bienes inmuebles y preparación de la gestión de la administración pública.
2. Empresas de servicios, que controlan los transportes por medio de equipos de rastreo satelital.
3. Planificación hidrológica, gestión de agua, distribución de esta tanto en red urbana como agrícola, estudio hidrológico de cuencas fluviales o análisis de riesgos.
4. Geografía empresarial, mediante localización de las nuevas infraestructuras de las empresas en base a datos de población, comunicación o geomarketing.
5. Protección del medio ambiente, conservación del medio natural mediante el uso de variables medioambientales.
6. Aplicación forestal, determinación de la situación y magnitud de una explotación forestal y la rentabilidad del acceso a ella.
7. Ordenación territorial, combinación de SIG con imágenes satélites para la planificación del territorio.
8. Censos, para la distribución de agua potable o de transportes en base a ellos.

2.1.3 Los SIG en el mundo militar. La actualidad en España

La contribución de las FAS a la información geográfica y espacial del territorio nacional (figura 2-2) está distribuida en los tres centros de producción cartográfica. La cartografía terrestre la realiza el Centro Geográfico del Ejército, situado en Madrid, de la cartografía náutica que incluiría la ZEEE (Zona Económica Exclusiva Española), se encarga el Instituto Hidrográfico de la Marina, en Cádiz y por último de la aeronáutica el Ejército de Aire con su Centro Cartográfico y Fotográfico, también en Madrid. Los tres organismos están dirigidos a elaborar el Sistema Cartográfico Nacional, en desarrollo de la ley 7/1986 de enero. Dicho sistema está elaborado por la cartografía y la toponimia oficial e infraestructuras de datos geoespaciales. De igual manera también participan en la elaboración otras entidades u organismos públicos.



Figura 2-2. Esquema producción cartográfica. (www.defensa.gob.es)

El plan cartográfico de las FAS tiene carácter cuatrienal y determina objetivos y líneas de actuación que deben desarrollar los organismos de las FAS, según las necesidades de estas. Entre los objetivos del plan encontramos las necesidades de información geoespacial, cumplir la política geoespacial de la OTAN, mantener participación y grupos de trabajo internacionales, apoyo entre organismos militares o establecer las formas de difundir dicha información. De entre las líneas de actuación podemos resaltar la producción de los materiales solicitados, obtener cartografía de países extranjeros o de posibles zonas de actuación militar en el extranjero, atender algún tipo de solicitud en particular, como por ejemplo superposición de cartografía con imágenes satélite, y es aquí donde entra la línea de actuación que más enlaza con el tema que estamos desarrollando, que consiste en crear aplicaciones informáticas que permita la explotación de la cartografía digital estándar con una base de datos de interés exterior a ella, por lo que podemos definir un SIG militar como un "conjunto de elementos hardware, software, organización y procedimientos integrados en un sistema de mando y control, que permite almacenar, analizar y actualizar información militar geográfica necesaria que permite la resolución de problemas por el comandante y sus asesores." [9]

El Ministerio de Defensa tiene competencias y obligaciones en el tratamiento de información geoespacial, en particular mediante la Infraestructura de Datos Espaciales de la Defensa (IDEDF), que trabaja y coopera como parte de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Administración General del Estado (IDEAGE), organismo creados para satisfacer las necesidades del Parlamento Europeo y del Consejo que establece que los miembros de la UE deben compartir información geoespacial relevante y de calidad que permita políticas de actuación favorables al medioambiente.

Englobando al Ministerio de Defensa y a la política de compartición de información con sus aliados dentro del marco de la UE, España se encuentra liderando como país principal el Multinational Geospatial Coproduction Program (MGCP) (figura 2-3), con la Dirección General de Armamento y Material (DIGAM), como principal órgano administrativo y de financiación. Esta participación de España responde sobre todo a intereses geoestratégicos de Defensa Nacional, así como a posibles actuaciones en territorios de cooperación internacional, de igual manera nos ayuda a mantenernos en la vanguardia de dichas tecnologías. Prueba de ello es la participación activa de ISDEFE (Ingeniería de sistemas para la Defensa de España) o INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial).



Figura 2-3. Logo MGCP. (www.defensa.gob.es)

Los Sistemas de Información Geográfica han experimentado un gran cambio en los últimos años como se ha dicho, y la defensa no podía quedarse ajeno a ello, por lo que se han desarrollado y hoy en día se usa prácticamente en todas las operaciones, aplicaciones geoespaciales para el mando y control, las comunicaciones, inteligencia o reconocimiento y vigilancia.

La manera en que ha evolucionado esta tecnología se ha dejado ver sobre todo en los niveles de mando, mientras que en un principio estas sólo alcanzaban a niveles estratégicos u operacionales, hoy en día también abarca al táctico, ya que los datos pueden llegar tanto a un soldado en el campo de

batalla como a un coronel en un cuartel general, en ambos casos el sistema proporciona información para abarcar de manera más eficaz y rápida el análisis y la toma de decisiones. Por otro lado, hay factores que son comunes a toda operación militar, como pueden ser el análisis de los factores claves de la decisión, uno de ellos el terreno, es decir, la información geográfica que con el salto cualitativo y cuantitativo que ha dado en los últimos años el procesamiento de esta, toma si cabe, todavía más importancia.

Para que los mandos de las unidades puedan tener la información en el tiempo y lugar oportuno, que la información sea sintetizada correctamente, o que el volumen y el detalle satisfagan las demandas de los usuarios, el SIG militar debe contar con unos requisitos específicos. 9

1. Requisitos geográficos, esto quiere decir que posea una geografía común y específica del lugar de conflicto, esta debe ser digital y con la toponimia adecuada, por lo tanto, que permita ser actualizada.

2. Requisitos tecnológicos, desde el punto de vista que se disponga de los equipos necesarios para computizar la información de acuerdo con las necesidades de cada operación. Dichas máquinas deben ser uso sencillo e intuitivo, para facilitar el uso sin demasiada especialización. Por último proporcionará posibilidad de enlace con cualquier entidad geográfica física, permitiendo por tanto ubicar su localización y realizar consultas inteligentes.

3. Requisitos de carácter administrativo, para realizar los trabajos de recolectar, archivar y analizar la información.

Existen ya numerosos ejemplos de equipos y maquinaria militar que son la evidencia de este avance en tecnología aeroespacial, tanto a nivel internacional mediante programas de cooperación internacional, como MAJIIC2 (Multi-Intelligence All-Source Joint Intelligence Surveillance And Reconnaissance Interoperability Coalition), como a nivel estatal, ya que son muchos los esfuerzos dedicados a la adquisición de medios por parte de la DGAM, (Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa). Podemos destacar SEISMO, ATLANTE (figura 2-4) Y TALOS, de los que hablaremos a continuación.

SEISMO; Sistema de adquisición de información, desarrollado por la empresa española Gmv, es un programa que tiene como finalidad compartir resultados de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, para dar el aprovechamiento máximo a los sensores y medios de explotación disponibles. Ha sido financiado por DGAM (Dirección General de Armamento y Material), y por SUBTECIN (Subdirección General de Tecnologías de Innovación) y probado a nivel internacional, ya que dicho programa se encuadra dentro de la parte española del MAJIIC2, siendo un éxito rotundo su resultado. El ejercicio de nombre TIE 2 fue desarrollado en marzo de 2012 en la agencia de Mando y Control (C2) de la OTAN en Holanda y contaba con la colaboración de Noruega, Reino Unido, EEUU, Francia, Alemania, España y Holanda.

ATLANTE; Creado de manera conjunta entre Cassidian, Gmv e Indra, se ha diseñado para responder a las necesidades de las fuerzas terrestres desplegadas en zonas de conflicto, igual que el anterior es un sistema encargado de adquirir información ISR (inteligencia, vigilancia y reconocimiento), pero además identifica blancos, corrige el tiro y evalúa los daños, como sus siglas indican es un Avión Táctico de Largo Alcance no Tripulado Español cuyo sistema está compuesto por cuatro UAV's (aviones no tripulados), una estación de control terrestre, una unidad de lanzamiento y recogida, y terminales de equipo remoto. Mediante el espectro infrarrojo y láser la unidad en vuelo recoge la información, para transmitirla a tierra mediante un enlace por medio de datos y su posterior aprovechamiento.



Figura 2-4. Sistema ATLANTE. (www.indracompany.com)

TALOS; Sistema fabricado por la empresa española Gmv, es un sistema de localización especialmente diseñado para unidades de apoyo de fuegos (artillería, morteros, naval y aéreo). Poseen el TALOS para artillería y morteros tanto el Ejército de Tierra como Infantería de Marina, siendo la primera unidad en probarlo el Mando de Artillería de Campaña (MACA) en julio del 2010 en el Campo de adiestramiento de San Gregorio.

Actualmente el sistema TALOS está formado por dos componentes, el TALOS Técnico y el TALOS Táctico. Son dos subsistemas diferentes, cada uno con su propio manual y que pueden trabajar por separado o juntos entre ellos a la hora de realizar la conducción de las operaciones. El primero de ellos, el técnico, permite la ejecución de fuegos y según este configurado el PC, trabajará en versión artillería de campaña, morteros, o fuego naval de apoyo. Cada una de las versiones tiene células distintas, que en el caso de la artillería de campaña serán Control y Dirección de Fuego (FDC), Observador Avanzado (OAV) y Batería, lo mismo para el caso de morteros, y en caso de fuego naval de apoyo, existen las células de Terminal Fragata y Spotter. El Táctico permite la conducción de la orden de operaciones planeada.

El sistema tiene una configuración portátil y otra embarcado, esta última se compone de dos equipos, uno de ellos controlado por el jefe de la pieza, que controla los datos técnicos, mientras que el apuntador proporciona información de los datos de tiro. Según relatos de los propios usuarios se puede decir que el sistema tiene una gran facilidad de uso y que debido a las primeras experiencias de las tropas españolas en Afganistán se puede asegurar que el sistema gestiona de manera rápida los datos para un apoyo eficaz de los fuegos.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Descripción de la zona de acción planteada

Como se ha explicado en los objetivos, la finalidad del trabajo es encontrar una zona de terreno que permita desplegar una unidad militar, tipo Batallón en la provincia de Pontevedra. Para ello tengo que tener en cuenta todos aquellos datos que me interesan desde el punto de vista militar y analizarlos al detalle.

-Pontevedra, concellos y parroquias; El primer hito a desarrollar en el trabajo fue la elección de la zona donde desplegar la unidad. Pontevedra con una extensión de 4500 km² sería lo suficientemente grande para permitir la conservación de unas zonas y el descarte de otras. En un principio parece claro que cualquiera de las provincias gallegas serían válidas para realización del trabajo, pero debido al emplazamiento de la Escuela Naval Militar, con sede en Marín, finalmente se ha escogido Pontevedra. La provincia de Pontevedra está situada en el sudoeste de Galicia, siendo su capital la ciudad de Pontevedra. Hace frontera con el resto de provincias gallegas, con Portugal y con el Océano Atlántico. Tiene una población repartida entre 62 ayuntamientos. Vigo es el ayuntamiento y la ciudad más importante con respecto al número de habitantes e industria. Pertenecen a Pontevedra el archipiélago del Parque Nacional de las Islas Atlánticas, y que no formarán parte de mi estudio.

Pontevedra tiene un clima oceánico litoral, las temperaturas son suaves durante todo el año y apenas aparece la nieve o las heladas. Sin embargo tiene abundantes precipitaciones durante todo el año, lo que sin duda afecta al suelo y al terreno dependiendo del tipo de material que lo constituya.

-Playas; Debido al carácter especial de Infantería de Marina, que es una unidad cuya principal idiosincrasia es el proyectarse desde la mar a tierra, se hace necesario el estudio de zonas ideales para ello, que no son otras que las playas.

Debido a que será un desembarco de tipo administrativo, me interesará una playa que no tenga demasiado gradiente, ni obstáculos naturales, para que las embarcaciones varen en la orilla. Al mismo tiempo el suelo debe ser de tipo arenoso, evitando en la medida de lo posible rocas que puedan dañar a los vehículos anfibios. Será ideal cualquier playa con poco oleaje, protegida por cualquiera de las rías de Pontevedra, y como premisa fundamental establezco que no se encuentre incrustada en un centro histórico, propia de una villa marinera, que permita el paso de los grandes vehículos que transportarán a los vehículos de cadenas. Por último el tamaño, pasa a un segundo plano considerando el tipo de desembarco. Sería preferible una playa larga para aumentar la velocidad de la puesta de la fuerza en tierra, sin embargo de no ser posible con aumentar el número de olas, entendiendo ola como las embarcaciones que llegan a a vez a a playa de desembarco, sería suficiente. Con respecto a la distancia

entre la playa y la entrada en la zona seleccionada, la establezco en un radio de no más de 20 km. Como ejemplo la figura 3-1, muestra lo que sería una playa de desembarco ideal.



Figura 3-1. Playa de La Lanzada. (www.depo.com)

-Tipos de suelo; El tipo de suelo también será un factor importante en la zona a desplegar, debiendo evitar cualquier terreno arenoso o pantanoso. Sin embargo debido al tipo de suelo predominante en prácticamente toda la provincia que se corresponde casi al núcleo del Orógeno Hercínico, en el que hay una compleja sucesión de pizarras, esquistos, cuarcitas, mármoles, anfibolitas, migmatitas y vulcanitas metamorfizadas, se pueden afirmar que casi todos los suelos serán aptos para el movimiento.

-Red Natura y Espacios protegidos; El despliegue en el terreno, al no tener en cuenta consideraciones de carácter táctico, tendrá como una de sus prioridades el conservar los recursos naturales y proteger las especies vegetales y animales. Para ello se debe tener una visión amplia que englobe directamente el terreno que está siendo utilizado con espacios naturales cercanos. Serán descartadas todas las zonas en donde la autoridad competente haya establecido la conservación de la naturaleza y de la biodiversidad como obligación de primer orden.

-Zonas de 25 km²; Las superficies de dichas zonas son las que se han estimado a priori, como la mínima superficie necesaria para desplegar a una unidad. Dicho de otra forma supongo un cuadrado de 5 km de lado, donde se instalarán unos 1000 soldados y unos 100 vehículos con sus materiales y aprovisionamientos de forma semi-permanente. A duras penas se conseguirá una zona que tenga la forma de un cuadrado perfecto, ya que lo más probable es que salga un terreno bastante irregular, pero como ya se ha dicho el despliegue no atenderá a consideraciones tácticas, sino más bien a razones de espacio.

-Curvas de nivel; La valoración de las curvas de nivel será uno de los aspectos que más tiempo se le dedicará en el desarrollo del trabajo. En particular dentro de las curvas de nivel me interesan las pendientes. Para hacer frente a la situación explicada se han de evitar las pendientes demasiado pronunciadas, ya que estas pondrían en peligro a los vehículos y a las dotaciones. Además para calcular las rutas de las patrullas por el interior de mi zona de acción será preferible moverse por terreno llano. Para abarcar este punto se fijará el límite de pendiente en un 13%, que quiere decir que toda aquella zona de terreno que supere dicha pendiente no será útil. En otras palabras, será descartada aquella zona de terreno cuya diferencia de alturas en menos de 150 m sea superior a 20 m. Como referencia real de pendiente, muestro en la figura 3-2 la conocida pendiente del Ézaro, que tiene una pendiente media de 14.6%, llegando a unas rampas máximas entre el 20 y 28%.



Figura 3-2. Pendiente Mirador de O Ezaro de 14.6%.

-Hidrografía; El agua es indispensable en la vida del ser humano. La disponibilidad de agua o no, condiciona la calidad de vida de un ser humano. Según cálculos la cantidad de agua que un ser humano consume al día es aproximadamente unos 100 litros, teniendo en cuenta el agua que se bebe, y la que se utiliza para el aseo personal y mantenimiento de las condiciones de higiene mínimas. Si además calculamos otros 100 litros por vehículo diarios, de mantenimiento, lavado y reparaciones, esto lleva a hacer un cálculo de necesidad de agua en la base de unos $100 \times 1100 = 110000$ litros de agua diarios. Es por esto que el lugar donde se instale la unidad, tendrá reservas de agua, sino dentro de la zona, en las cercanías.

Es de esperar, que la provincia de Pontevedra, y en general Galicia debido a su alto índice de pluviosidad tenga muchas zonas como lagos o embalses, y que los cauces de los ríos se mantengan todo el año con agua.

-Carreteras; Las vías de comunicación son un claro síntoma del grado de desarrollo que tiene una sociedad. Tanto es así, que podemos afirmar que la capacidad de una persona para moverse libremente, ir de un lugar a otro o establecer relaciones con otras personas son un factor de ello.

Allá donde vayamos a desplegar, esto se debe tener en cuenta, para respetar sus ramales de comunicación y no entorpecer ni estropear, por ejemplo sus autopistas.

Dentro de la provincia de Pontevedra, buscaré que mi zona este libre de grandes vías de comunicación a ser posible, pero que al mismo tiempo tenga carreteras secundarias que enlazen prácticamente toda mi zona de 5 km de lado.

Así mismo, en situaciones de conflicto, las carreteras, pistas, o zonas del terreno donde el movimiento es fácilmente realizable, representan las principales vías de aproximación del enemigo, y deben ser tenidas en cuenta en todo momento.

-Catastro; La referencia catastral es el identificador oficial y obligatorio de los bienes inmuebles. Consiste en un código alfanumérico que es asignado por el Catastro de manera que todo inmueble debe tener una única referencia catastral que permita situarlo inequívocamente en la cartografía catastral.

Teniendo en cuenta la definición de la referencia catastral, siempre que una unidad pretenda realizar una base semipermanente en territorio nacional, como es el caso, se han de conocer las referencias catastrales de todas las parcelas que se pretenden ocupar. Esto nos permitirá conocer su propietario, si es un bien público o privado, para que esta destinado el suelo dentro de la concentración

parcelaria, o cual es su valor aproximado en caso de que hubiese que indemnizar. Dentro de la zona que yo obtenga será necesario lograr la información de cada parcela.

-Patrimonio histórico; El Patrimonio histórico es todo lo que tenga una importancia cultural, y que lo acumula una sociedad, país o región con el paso del tiempo. Son en sí mismos bienes culturales, sean del tipo que sean y también son conocidos a nivel europeo como Patrimonio de la Humanidad. De igual forma que la Red Natura o los Espacios protegidos, el Patrimonio Histórico debe ser conocido allá donde se vaya, evitando en todo momento causar cualquier daño a este tipo de bienes.

-Núcleos de población; Una base militar proporciona a los militares que en ella se encuentran todos los servicios para la vida diaria. En estos servicios se encuentran un hogar, un lugar de adiestramiento, ocio, religión y otros servicios básicos. Normalmente cuando hablamos de operaciones no bélicas, parte de estos servicios los proporcionará la población civil, sin embargo la base nunca podrá albergar en su interior núcleos de población, ya que los accesos deben ser controlados.

Es por ello que las zonas que se identifiquen como aptas para la construcción de la base deben estar libres de núcleos de población.

-3G; El desarrollo de nuevas tecnologías que han sido desarrolladas desde mediados del siglo XX, hace que en la actualidad la información y la comunicación ocupe un lugar privilegiado en nuestra sociedad. En las Fuerzas Armadas este lugar se hace más importante si cabe, ya que en cualquier operación la información proporciona un valioso recurso que debe ser aprovechado. En numerosas ocasiones será el punto de inflexión de una victoria o una derrota. Además esta información, tratada y almacenada debe ser transmitida en momento y lugar adecuado en los distintos niveles del mando. Desde que ha explotado el concepto global de internet como red de enlace de datos, internet es utilizado por los principales sistemas de comunicación e información disponibles, es por ello que mi zona de despliegue debe poseer en la medida de lo posible puntos de acceso a la red.

3.2 Metodología de trabajo

3.2.1 Software

GVSIG es un sofisticado Sistema de Información Geográfica que permite gestionar datos espaciales y realizar análisis complejos sobre éstos. La aplicación es de código abierto, con licencia GPL (General Public License o licencia pública general) y gratuita.

El origen de GVSIG se remonta al año 2004, y surge por iniciativa de la Generalitat Valenciana, a través de la Consellería de Infraestructuras y Transporte (CIT) (concurso público "Servicios informáticos de desarrollo de aplicaciones SIG para la CIT utilizando software libre"). Inicialmente nace con unos objetivos acordes a las necesidades de la CIT. Estos objetivos se ven rápidamente ampliados, fruto por un lado de la naturaleza del software libre que facilita enormemente la expansión de la tecnología, del conocimiento y establece las bases sobre la que constituir una comunidad, mientras que por otro lado da una visión de proyecto materializada en unas líneas de demarcación y un plan acorde para llevarlas a cabo.

El programa GVSIG está orientado al manejo de información geográfica. Se caracteriza por una interfaz amigable y sencilla, con capacidad para acceder ágilmente a los formatos más usuales (ráster y vectoriales). GVSIG además es capaz de integrar datos en una vista, tanto locales como remotos, a través de un origen WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) WCS (Web Coverage Service) O JDBC (Java Database Connectivity).

Está orientado a usuarios finales de información geográfica, profesionales o personal de Administraciones Públicas (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías o Ministerios). También resulta de especial interés para los ambientes universitarios, debido a su componente I+D+I (Investigación +Desarrollo +Innovación).

3.2.2 Datos de partida

A la hora de afrontar cualquier realización de un trabajo, se ha de comenzar adquiriendo unos datos iniciales de los que se extraerán todo el desarrollo. Como el trabajo está basado principalmente en el estudio y comparación de datos a través de un software, hace falta la adquisición de esos datos en el soporte adecuado para que sean entendidos por mi programa.

Con esta premisa he ido adquiriendo cada capa de distintas páginas fuente que a continuación iré comentando:

-Infraestructuras, usos del suelo (land cover): Sobre el año 1985 la Unión Europea crea el Programa CORINE (figura 3-3), Coordination of Information of the Environment, trabajo experimental en el que se recopila principalmente información del medio ambiente y los recursos naturales de una zona. En este programa está el CORINE Land Cover, que es dirigido por La Agencia Europea del Medio Ambiente para obtener una base de datos europea de ocupación del suelo y de la que se pueda sacar provecho para el análisis territorial y de gestión de políticas europeas. Actualmente dicho trabajo está incluido en el Land Core Monitoring System, que es un desarrollo global de la Unión Europea para poder observar Europa y los usos del suelo de manera independiente.



Figura 3-3. Programa CORINE. (www.ign.es)

Desde el Centro de Descargas, web del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) se descargan gratuitamente ficheros de información geográfica digital generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y que pertenecen al anterior programa, siempre y cuando esa información sea compatible con la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. [17]

-Red Natura y Espacios Naturales Protegidos; Desde el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se ofrecen servicios de obtención y consulta de información geográfica para empresas privadas, como para particulares. La información de la que se dispone abarca la protección del patrimonio natural, del mar, del agua, la biodiversidad, el desarrollo rural, los recursos agrícolas, ganaderos, pesqueros y alimentarios, entre otros. [18]

A través de la pestaña Cartografía y SIG, se han obtenido ambas capas, Red Natura y Espacios Protegidos. Aunque la información es similar en ambas capas, no son totalmente iguales, ya que una Red Natura es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Existen Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Se busca con ella la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, para así no perder la biodiversidad. Por otro lado, los Espacios Protegidos son aquellas zonas terrestres o marinas que por sus valores naturales sobresalientes, están específicamente dedicadas a la conservación de la naturaleza y sujetas, por lo tanto, a un régimen jurídico especial para su protección.



Figura 3-4. Logo Red Natura 2000. (www.magrama.gob.es)

-Hidrología; Dentro de la sección de agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se publica cartografía relacionada con temas del agua. Se puede acceder a ellos mediante visores geográficos, o descargando información que interactúe con mapas de las distintas áreas del Ministerio. Los datos de partida en mi caso han sido las capas con toda la información relacionada con el agua, desde ríos hasta embalses y lagos. Las aplicaciones del Magrama permiten también acceder a estadísticas y previsiones de niveles de agua, así como información más al detalle. [18]

-La capa de geología; De la página web de la IGME (figura 3-5), se obtienen las capas de litología con su denominación. El Instituto Geológico y Minero de España es un Organismo Público de Investigación, bajo dependencia de las autonomías y del Ministerio de Economía y Competitividad. Fue creado en el año 1849 y tuvo distintos nombres hasta llegar al actual. El Instituto Geológico proporciona información de los ficheros y servicios que permiten visualizar, o descargar mapas geológicos y temáticos. Del mismo modo desarrolla mucha documentación relacionada con las Ciencias y Tecnologías de la Tierra, aumentando el conocimiento de ellas a nivel estado y en cada Comunidad Autónoma, con bases de datos, fondos documentales y sistemas de gestión y tratamiento de la información.



Figura 3-5. Portal de acceso a descargas. (www.magrama.gob)

- Especies Forestales: La información de la que se parte, se extrae de igual manera que datos anteriores en de la página web magrama, dependiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (figura 3-6). En particular la información proviene del Inventario Forestal Nacional, que podríamos decir que es un proyecto que busca la adquisición de la máxima información posible sobre la situación, régimen de propiedad y protección, naturaleza, estado legal, probable evolución y capacidad productora de todo tipo de bienes de los montes. Es un dato de gran importancia en el desarrollo de mi trabajo, ya que gran parte del territorio a estudiar está cubierto de masa forestal, lo que podría dificultar el movimiento o tránsito por ciertas zonas. Galicia cuenta aproximadamente con 0.5 millones de hectáreas de superficie forestal. Los últimos informes muestran la masa arbórea sin cambios significativos en los últimos 12 años.[18]



Figura 3-6. Portada Inventario Forestal. (centrodedescargas.cnig.es)

-Carreteras; La capa de carreteras, al igual que la de usos del suelo ha sido extraída del Centro de Descargas, que es una página del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). España tiene los derechos de distribución de la información y en particular la descarga de esta capa se realiza de manera gratuita.[19]

-Ciudades y población; De la página web de la Diputación de Pontevedra extraigo las capas relativas a las ciudades más importantes así como los principales núcleos de población. Particularmente la provincia de Pontevedra representa la provincia más poblada de Galicia, principalmente entorno a dos ciudades, aunque también es característica de ella la dispersión de la población a lo largo de todo su territorio. [20]

-Provincias, concellos, parroquias; El enlace arriba mostrado es una página web oficial de la Xunta de Galicia, que permite descargar las capas para el SIG arriba indicadas. Esta capa se extrae de la Infraestructura de Datos Espaciales de Galicia (IDEG) que agrupan toda la información geográfica y cartográfica que son proporcionados por la Administración General de Galicia. IDEG se crea en el año 2007 para colaborar con la infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE). En ella se centralizan todos los datos relacionados con Galicia y que pueden ser posicionados geográficamente. [21]

3.2.3 Geoprocesamiento

La interfaz de gvSIG dispone las herramientas necesarias para la realización del Trabajo de Fin de Grado. Su sencillez y facilidad de uso permite relacionar de manera directa los datos de partida que nos interesa y el terreno, para así lograr los resultados esperados.

Antes de comenzar directamente con la elaboración del trabajo, fueron necesarias varias horas de entrenamiento, para conocer los distintos métodos de trabajo. Sin ese conocimiento previo, hubiese sido imposible interaccionar con el software.

La interfaz de gvSIG tiene una ventana principal, en donde están la variedad de herramientas que componen el programa. Existen multitud de comandos y órdenes que se le pueden dar, las posibilidades que ofrece el programa son infinitas, sin embargo, para la realización de este trabajo no fueron necesarias el uso de todas ellas, desarrollando prácticamente la totalidad del trabajo con unos quince o veinte comandos. A continuación desarrollaremos las tareas que realizan cada uno, intentando profundizar en ellos lo suficientemente como para lograr una fácil comprensión.

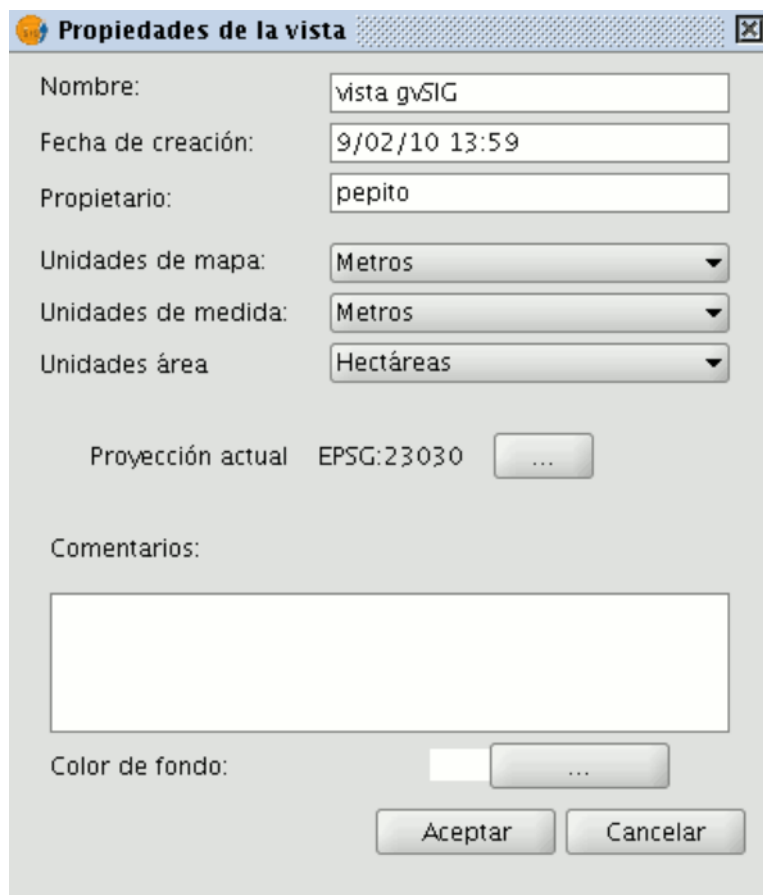
Antes de comenzar debemos saber que siempre que trabajamos en gvSIG, lo hacemos mediante la realización de un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos. Los documentos en gvSIG son de tres tipos: Vistas, tablas y mapas.

-Vistas: Son documentos donde se trabaja con datos gráficos.

-Tablas: Son documentos donde se trabaja con datos alfanuméricos.

-Mapas: Constructor de mapas que permite insertar los distintos elementos cartográficos que componen un plano (vista, leyenda, escala, etc.)

Antes de comenzar con el trabajo será necesario establecer los parámetros a los que se van a referenciar todas las capas y vistas, es decir las propiedades (figura 3-7). Así registraremos el nombre del proyecto, su fecha de creación y el propietario. Continuaremos seleccionando las unidades de mapa, de medida y de área, que será normalmente en España, el Sistema Métrico Internacional (SMI). Un factor importante es la elección de la proyección, que deberá corresponderse con el Datum o el elipsoide de referencia con el que se ha fabricado el mapa o la vista. De no ser así lo más probable es que hay falta de exactitud al superponer unas capas con otras.



Propiedades de la vista

Nombre: vista gvSIG

Fecha de creación: 9/02/10 13:59

Propietario: pepito

Unidades de mapa: Metros

Unidades de medida: Metros

Unidades área: Hectáreas

Proyección actual: EPSG:23030

Comentarios:

Color de fondo:

Aceptar Cancelar

Figura 3-7. Propiedades del trabajo. (www.manualgvSIG.es)

Una vez los parámetros iniciales hayan sido fijados, creamos un proyecto y podemos empezar a introducir en el programa las distintas capas, mediante el comando “añadir capa”, que por supuesto podrá ser eliminada en cualquier momento mediante botón derecho del ratón y eliminar. Estas capas tienen unas propiedades que son modificables, según nuestro propio interés. Esto nos permitirá principalmente visualizar en la pantalla la información según los parámetros que nosotros fijemos, así por ejemplo, podemos disponer en pantalla de tres vistas diferentes, una que nos muestre los núcleos de población, otra con la litografía y otra con las vías de comunicación. Así pues, para lograr que se distingan unas de otras, lo más fácil es asignarle un color que identifique a cada una. Además cada capa tiene asociada una tabla de atributos, que no son más que los datos de dicha capa. Podemos

acceder a esta tabla, mediante el localizador de atributos, en el que buscamos directamente la característica que nos interesa.

Estas capas de información cartográfica, que pueden ser vectoriales o ráster, se pueden encontrar en una amplia variedad de formas, aunque el formato del SIG es el SHAPE, que almacena datos espaciales y atributos de los mismos. En realidad es más que un solo archivo, ya que son varias extensiones con un solo nombre. Se pueden acceder a cualquier tipo de formato o base de datos si se instalan los drivers correspondientes, en particular se han usado la base de datos ORACLE, de la que ya hemos hablado. Se podrían utilizar DATOS CAD, con formatos dxf, dwg y dgn, Datos WMS (Web Mapping Service), Datos WFS (Web Feature Service), Datos WCS (Web Coverage Service), Datos ArcIms, GML (Geography Markup Language), KML (Keyhole Markup Language) o imágenes en formato tiff, jpg, ecw, mrsid, etc.

A continuación se explican las principales herramientas utilizadas para la realización del trabajo.

-Filtro (figura 3-8); Lo que se hace con la herramienta filtro es seleccionar de entre los atributos que tiene la tabla, lo que se necesite. Así en el cuadro de texto “Campos” se muestran los atributos de la capa por los que puede filtrar. Se pueden ver los valores del campo seleccionado pulsando sobre él. Para confeccionar el filtro sobre la capa, haga doble click sobre el campo que desea filtrar y aparecerá en el área de texto inferior, a continuación pulso sobre el operador que desee aplicar y por último selecciono el valor en el área de texto “Valores” haciendo doble click sobre él. Pulso el botón “Aceptar” cuando haya compuesto su filtro y exporto la capa a shp para poder visualizarla.

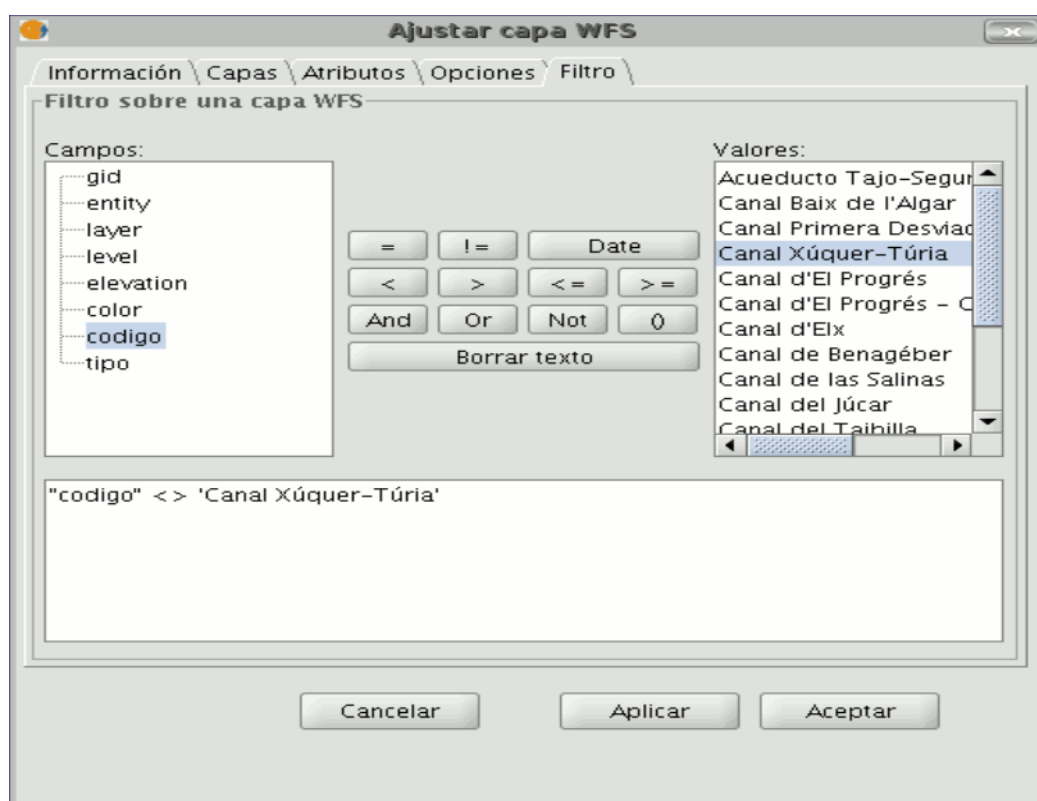


Figura 3-8. Herramienta filtro. (www.manualgvsig.es)

-Intersección (figuras 3-9 y 3-10); En geoprocesamiento selecciono intersección, y saldrá un cuadro de diálogo donde hay que seleccionar la capa de entrada y la capa de solape. Además hay que tener una carpeta en donde guardar los resultados obtenidos. Finalmente pulsamos el botón “Aceptar” y se ejecuta el geoproceso. Como norma general y para entender el funcionamiento del proceso, hay que pensar que la capa de entrada suele ser la más grande, o dicho de otra manera, la que más información tiene, y la capa de solape será la más pequeña. El resultado será una capa con el espacio geográfico e información resultante de las dos anteriores. Por ejemplo, si interseco el pentágono con el cuadrado, obtengo la figura en verde.

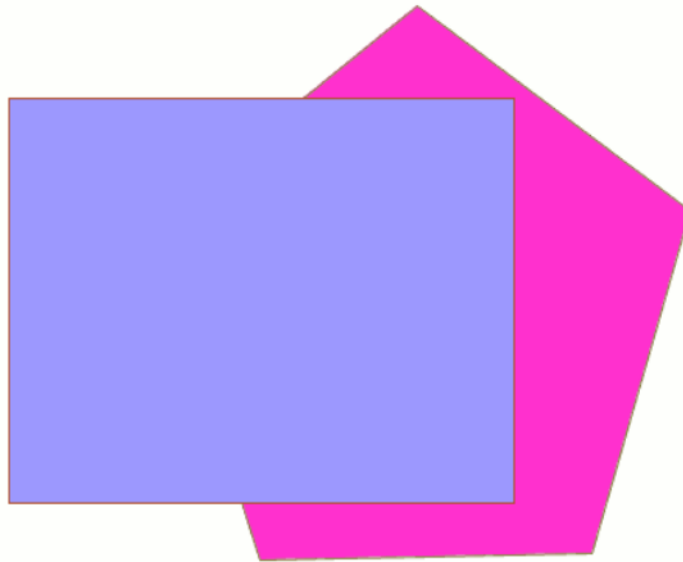


Figura 3-9. Explicación intersección. (www.manualgvsig.es)

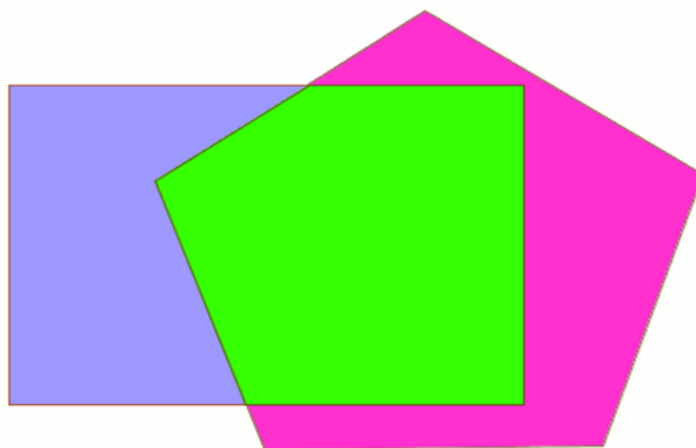


Figura 3-10. Explicación intersección. (www.manualgvsig.es)

-Diferencia (figura 3-11); Al abrir la herramienta de geoprocésamiento “Diferencia” se trabaja con una capa de entrada y una capa de solape, al igual que en la intersección. Esta herramienta permite extraer las zonas de una capa que no están presentes en la otra capa. El resultado conservará intacto el esquema alfanumérico de la capa de entrada, pues al fin y al cabo viene a dar más información sobre ésta. Al igual que otras herramientas, este geoprocésamiento puede ser muy útil. Como ejemplo, se puede citar el cruce de la capa de las provincias de Galicia, con la capa de Concellos de Galicia, obteniendo como resultado los Concellos que se hayan seleccionado para realizar la diferencia.

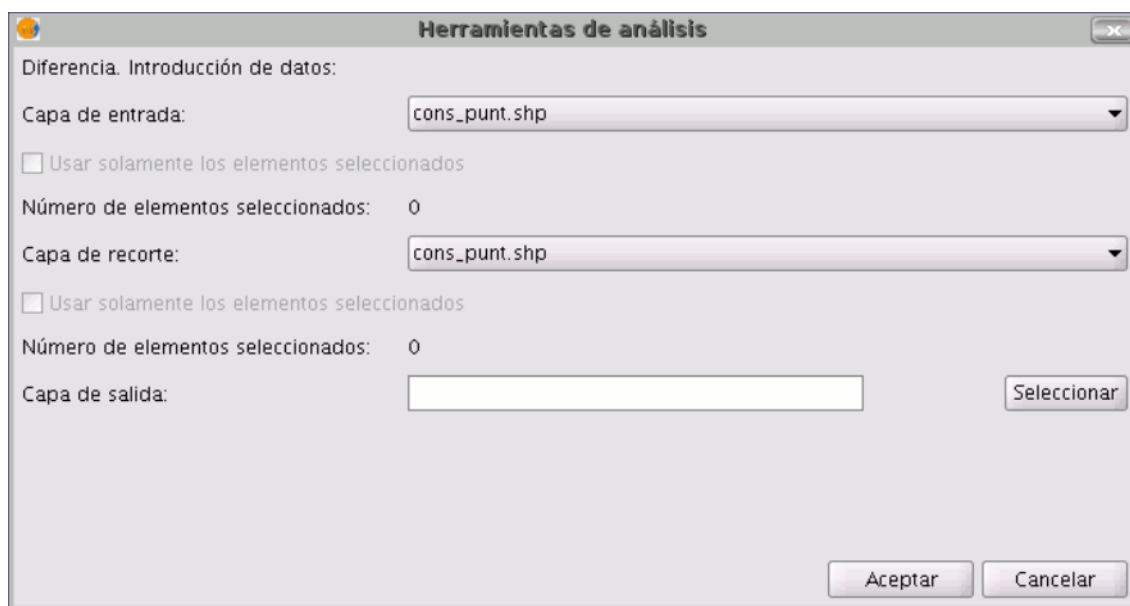


Figura 3-11. Cuadro diferencia. (www.manualgvSIG.es)

-Añadir capa de eventos; Mediante la herramienta “Añadir capa de eventos” creo la capa que yo necesito a partir por ejemplo de una tabla Excel. Puedo hacerlo de diferente manera, añadiendo una tabla al proyecto o trabajando con una tabla asociada.

Mediante el gestor de proyectos cargo la tabla, dentro de tablas elijo “nuevo” y dentro de ella el tipo csv: string. Vuelvo a la vista, “añadir capa de eventos”, y me sale una tabla con coordenadas x e y que se tienen que rellenar. Una vez finalizada, exporto a shp que es el formato del Gvsig. Si lo que se quiere es trabajar con una tabla asociada, en primer lugar activo la tabla de atributos, y mediante el botón “añadir capa de eventos” compruebo que la capa se ha añadido.

-Edición de tablas; Esta herramienta permite añadir, borrar o renombrar campos en la tabla de atributos. Entrando en el menú, tabla, modificar, estructura de tabla, pulsamos y aparece una ventana en la que se incluyen los campos de la tabla seleccionada y donde tenemos que ir pulsando para crear un nuevo campo, borrarlo o renombrarlo. Como en el caso de este trabajo, lo que se hace es añadir un campo, pulso sobre “Nuevo campo” y aparece la ventana donde se configuran las propiedades del nuevo campo que se quiere añadir. Si hubiese querido borrar o renombrar, con seleccionar el campo deseado y pulsar sobre el botón correspondiente bastaría.

*Tipo: Debemos poner el tipo de campo según la necesidad, sabiendo que STRING (permite formato alfanumérico de letras y números), INTEGRER (números enteros) o DOUBLE (números con decimales).

*Tamaño: En el se indica la longitud máxima del campo, teniendo en cuenta lo máximo permitido y para que tipo.

*Precisión: número de decimales que pueden tener. Obviamente sólo para los numéricos

*Valor por defecto: Lo que entenderá el programa si no se le indica nada.

A continuación, se añade la fórmula en el campo correspondiente, en este caso área (/1000000, y al poner ese valor en el denominador lo que se está haciendo es pasar a las unidades que necesito, en este caso km². Para finalizar capa y terminar edición.

-Buffer; También conocida como área de influencia, esta herramienta lo que primero solicita es la selección de los elementos cuya área de influencia se va a calcular. Por medio de una lista se selecciona la capa vectorial sobre la que se va a aplicar el cálculo. A continuación introduciremos las características del buffer a calcular. Podemos introducir una distancia, que será lo que conformará el radio del buffer o bien seleccionar y dar el campo que nos interesa, del que saldrán los valores a aplicar. De esta última forma los radios del buffer pueden ser varios, mientras que con la primera forma no nos lo permite. Como ejemplo, podríamos nombrar una ciudad con dos o tres áreas de influencia equidistantes de la geometría, en el que la distancia buffer podría ser 200 m. y así se generarían tres anillos concéntricos a 200, 400 y 600 m, con ellos podríamos ver si otros datos que nos interesan están dentro del área de influencia.

-Añadir una capa WMS; Se va a añadir una capa y se hace click en la lista de servidores WMS, de entre los que hay se busca el que interesa. En caso de que no exista se añadirá uno. Se pulsa para conectar, y el programa se enganchará a un servidor. Cuando la conexión sea la adecuada, un mensaje nos lo indicará, siempre que este configurado. Si el mensaje no apareciese debe comprobarse que la conexión es buena, siempre y cuando de la posibilidad de continuar. A partir de aquí y dándole al botón de siguiente, se comienza la configuración de la capa WMS. Una vez dentro del servicio, podemos consultar información relativa al servidor y a la petición que se va a solicitar. Se puede repetir el proceso tantas veces como sea necesario, con cualquier servidor que nos interese, los que se han utilizado aquí fundamentalmente son ortofotos del plan PNOA, para cargar en la vista imagen png con las parcelas del catastro.

-Selección por polígono; Por medio de esta selección, a la que se accede a través de la barra de herramientas, o por medio de menú, vista, selección, eliminamos las partes de la capa que queremos desechar. Para ello creamos un polígono y eliminamos todo lo que se encuentre dentro de él. La forma de definir dicho polígono es sencilla e intuitiva ya que con el cursor en la zona de la vista, delimitamos el polígono de selección mediante un click de ratón. Cuando lo finalizo hago doble clic y quedarán marcados todos los elementos que pertenezcan al polígono o que intersecten con alguno de ellos. Esta herramienta fue la utilizada para desechar las zonas de terreno con demasiada pendiente y que no se podían incluir dentro de las zonas de terreno aptas.

4 RESULTADOS

4.1 Desarrollo

Parto de la capa de Galicia (figura 4-1), y por medio de un filtro obtengo solo la provincia de Pontevedra (figura 4-2).

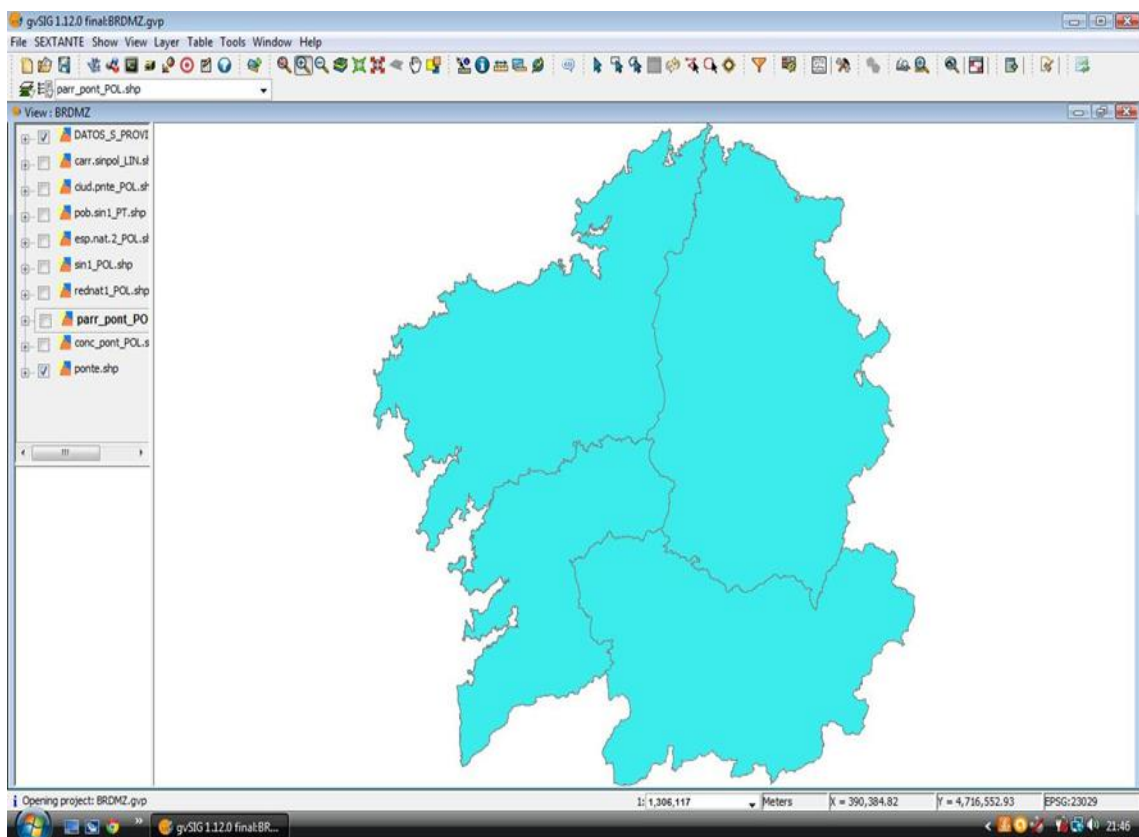


Figura 4-1. Capa de Galicia

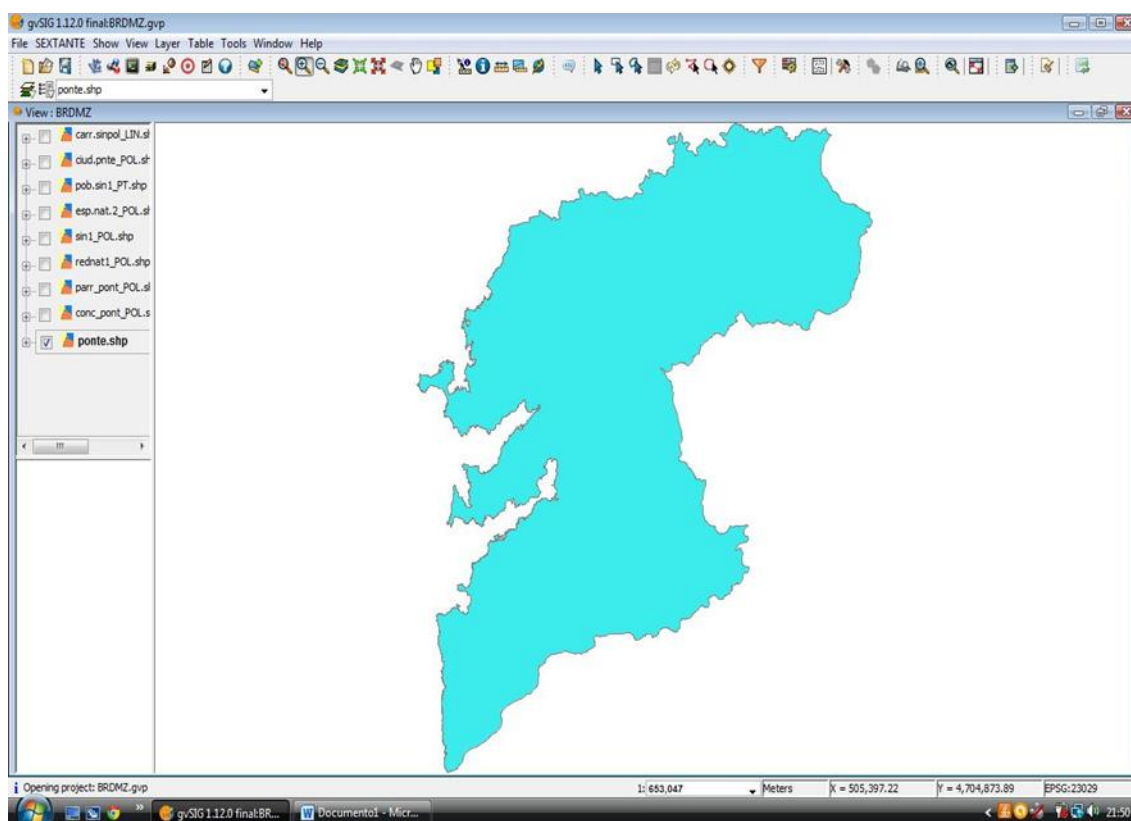


Figura 4-2. Provincia de Pontevedra

Por medio de intersección entre la capa de Pontevedra y las capas de concellos y parroquias, obtengo las capas de concellos y parroquias respectivamente (figuras 4-3 y 4-4).

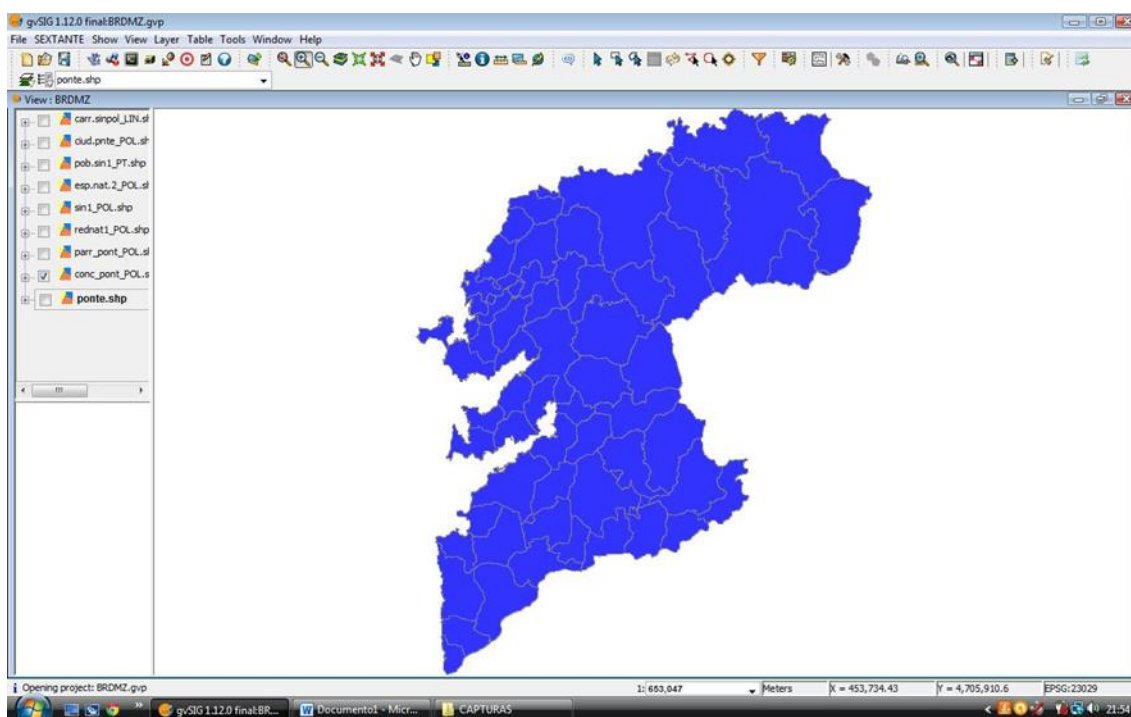


Figura 4-3. Capa de Concellos

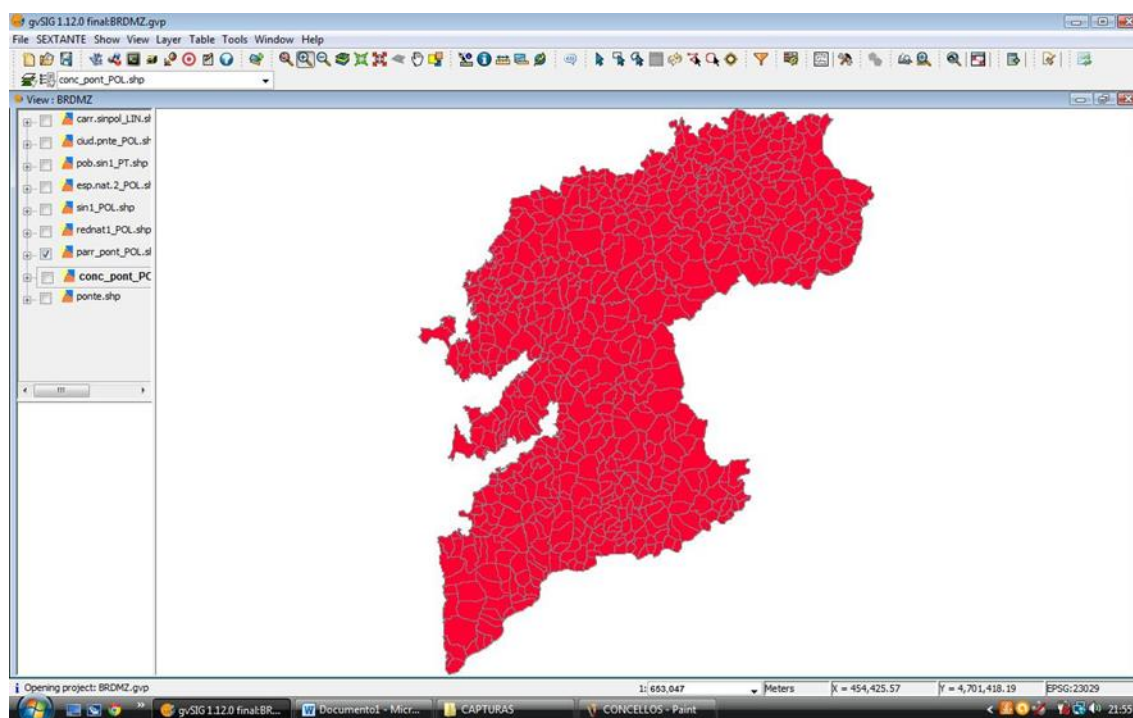


Figura 4-4. Capa de parroquias

Si abrimos la tabla de atributos (figura 4-5) de esta última capa, observamos que dicha tabla contiene las parroquias (municipio), su correspondiente concello, (distrito), y por último, la provincia de Pontevedra.

gvSIG 1.12.0 finalBROMZ.gvp

File SEXTANTE Show View Layer Table Field Tools Window Help

Table Attribute table conc_pont_POL.shp

Figura 4-5. Ejemplo tabla de atributos.

A continuación cargo la capa de usos del suelo de Galicia (figura 4-6), para posteriormente filtrarla con los tipos de suelo que me interesan (figura 4-7) (matorral de bosque mixto, matorral de frondosas, zonas en construcción y zonas industriales). Con el resultado hago intersección con la provincia de Pontevedra para obtener los suelos de interés en Pontevedra (figura 4-8).

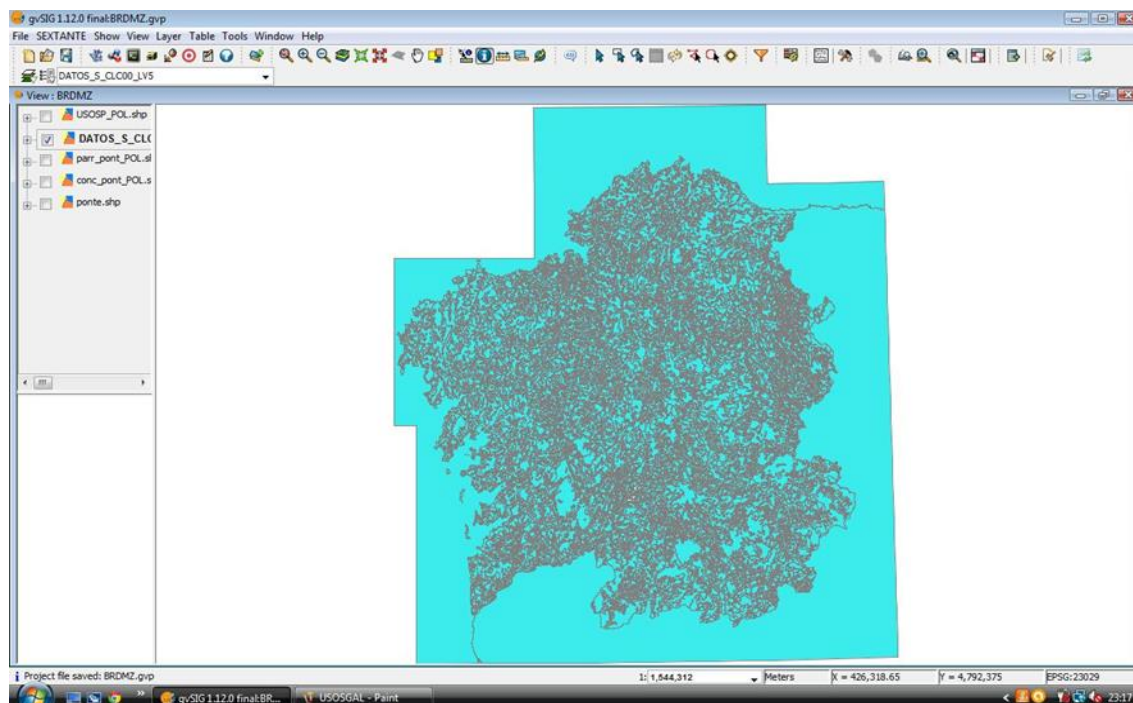


Figura 4-6. Capa usos del suelo

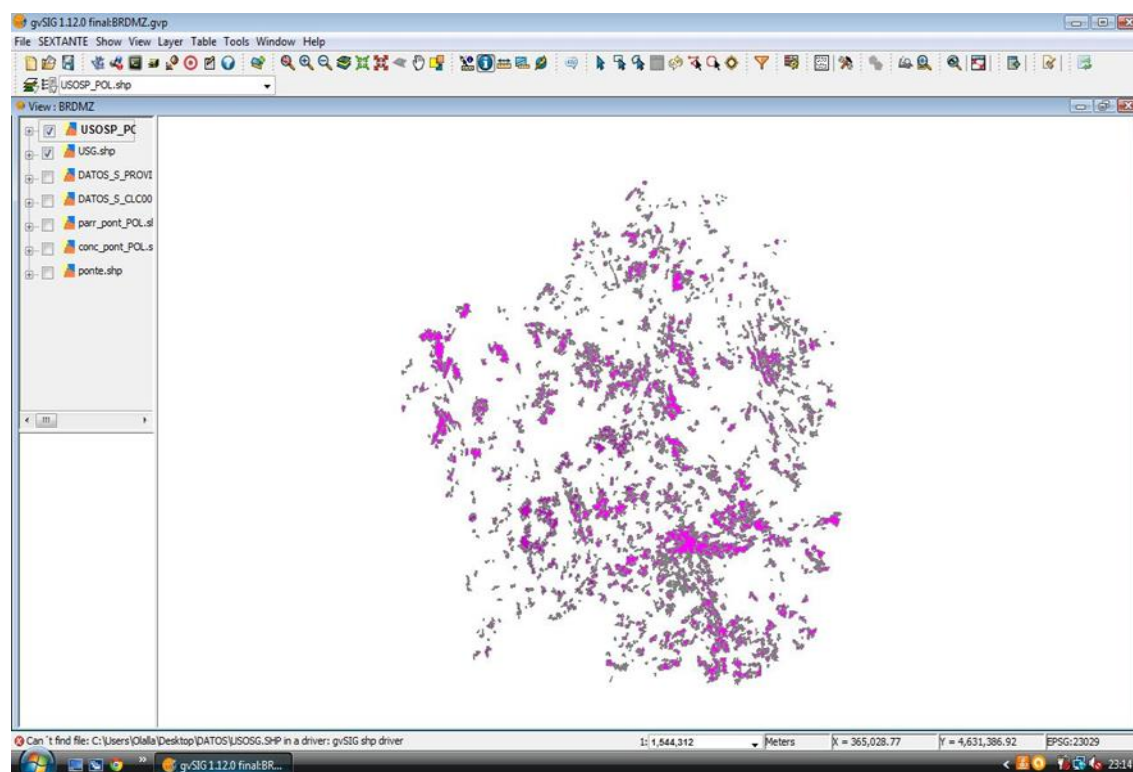


Figura 4-7. Tipos de suelo que me interesan.

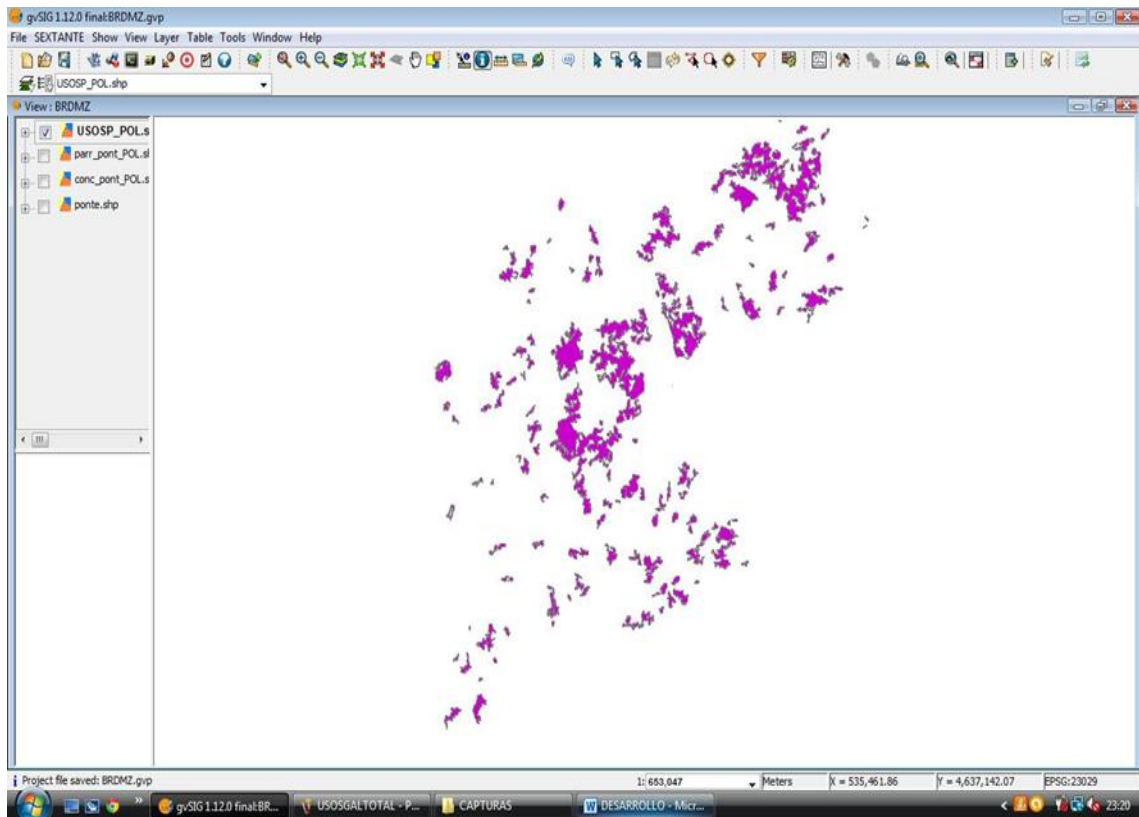


Figura 4-8. Suelos que interesan en Pontevedra.

Se prosigue cargando la capa de Red Natura (figura 4-9) y de Espacios Naturales Protegidos (figura 4-10), que son dos capas muy similares pero distintas.

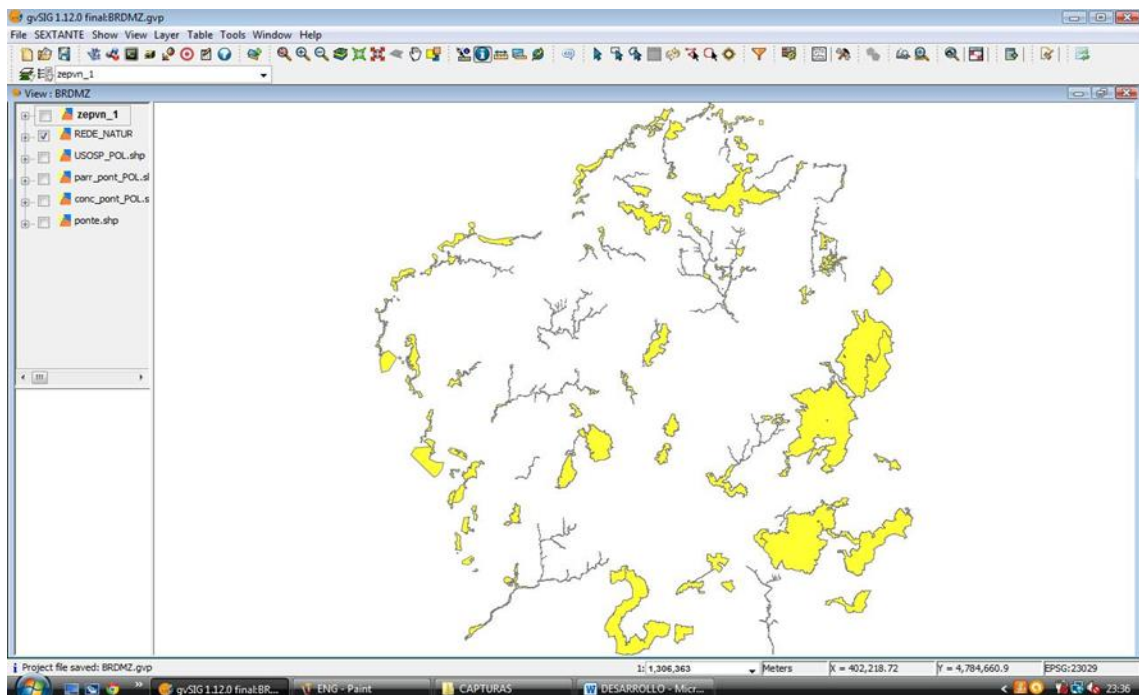


Figura 4-9. Capa Red Natura

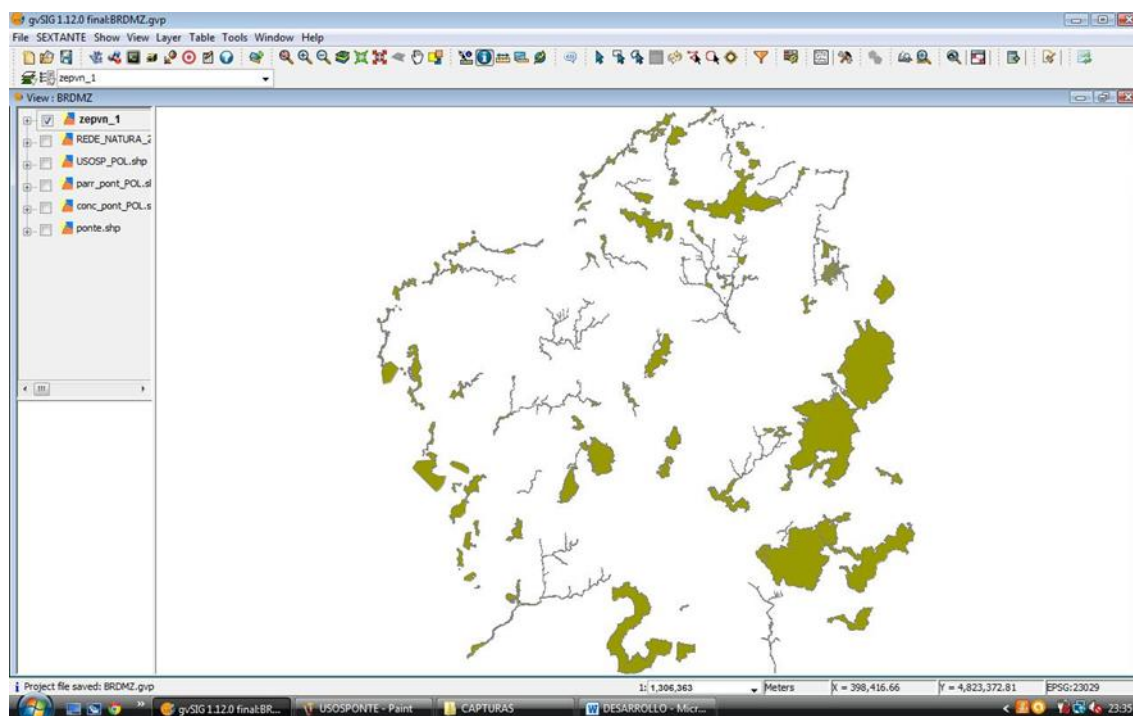


Figura 4-10. Capa Espacios Naturales Protegidos

Por medio de otra intersección con la provincia de Pontevedra obtengo Red natura y Espacios Protegidos de Pontevedra (figuras 4-11 y 4-12).

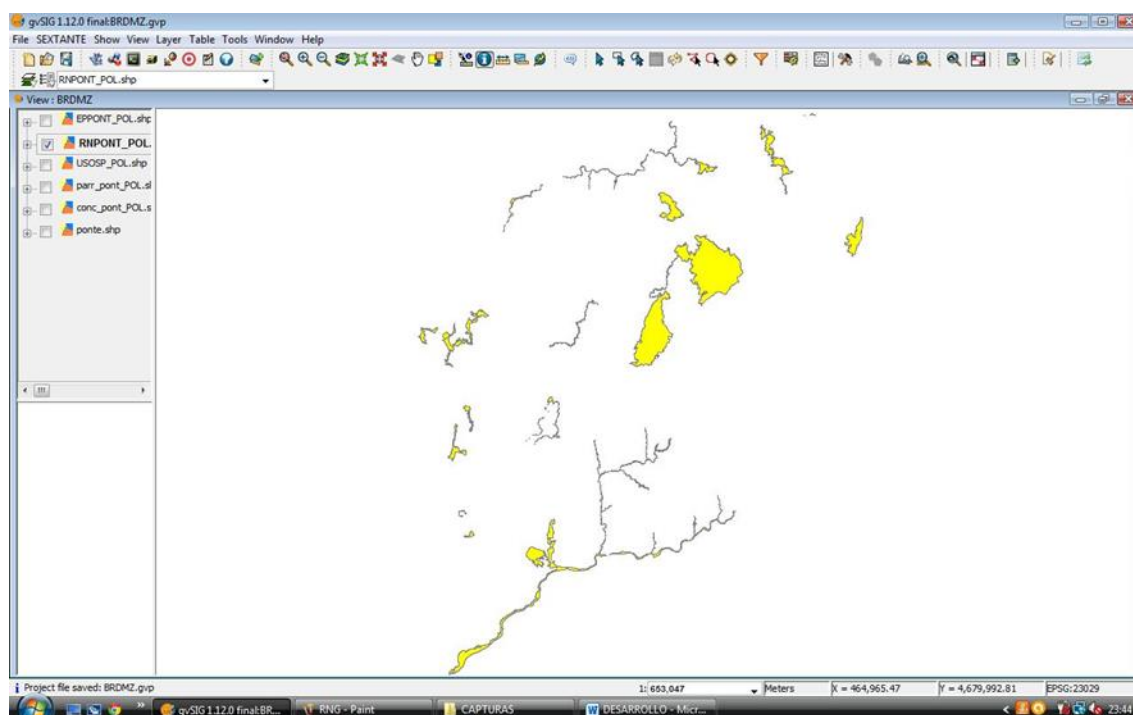


Figura 4-11. Red Natura Pontevedra

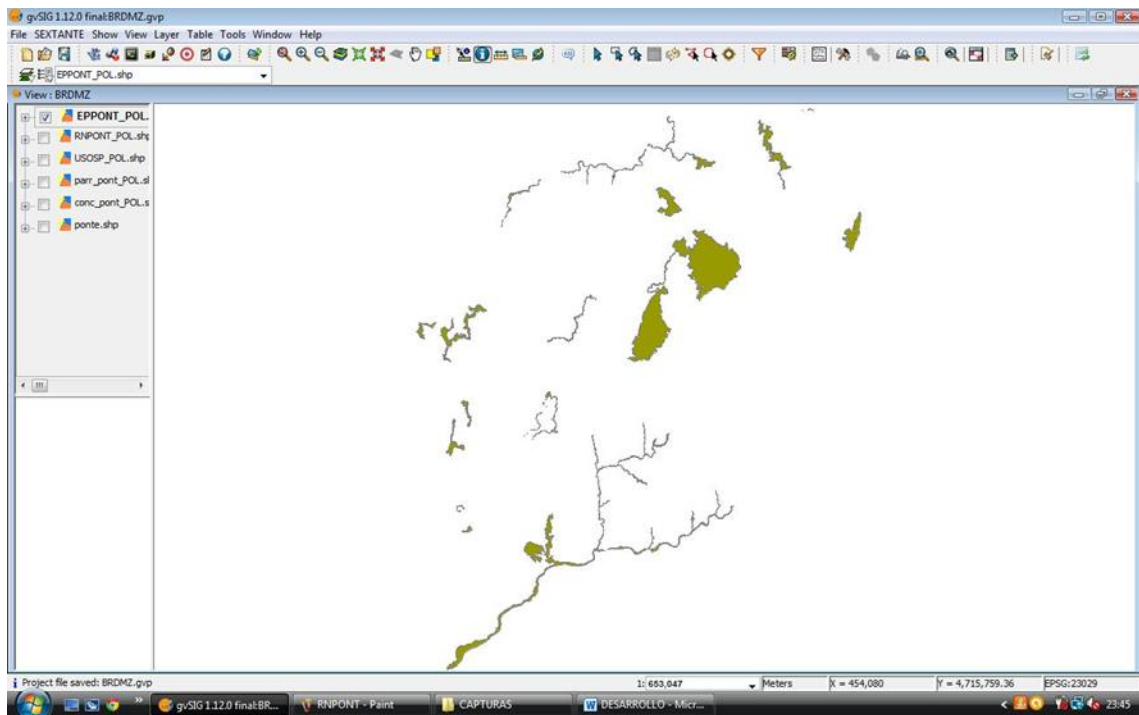


Figura 4-12. Espacios Protegidos Pontevedra

A la capa de usos del suelo de Pontevedra le hacemos diferencia primero de Red Natura y después de Espacios Protegidos (figura 4-13).

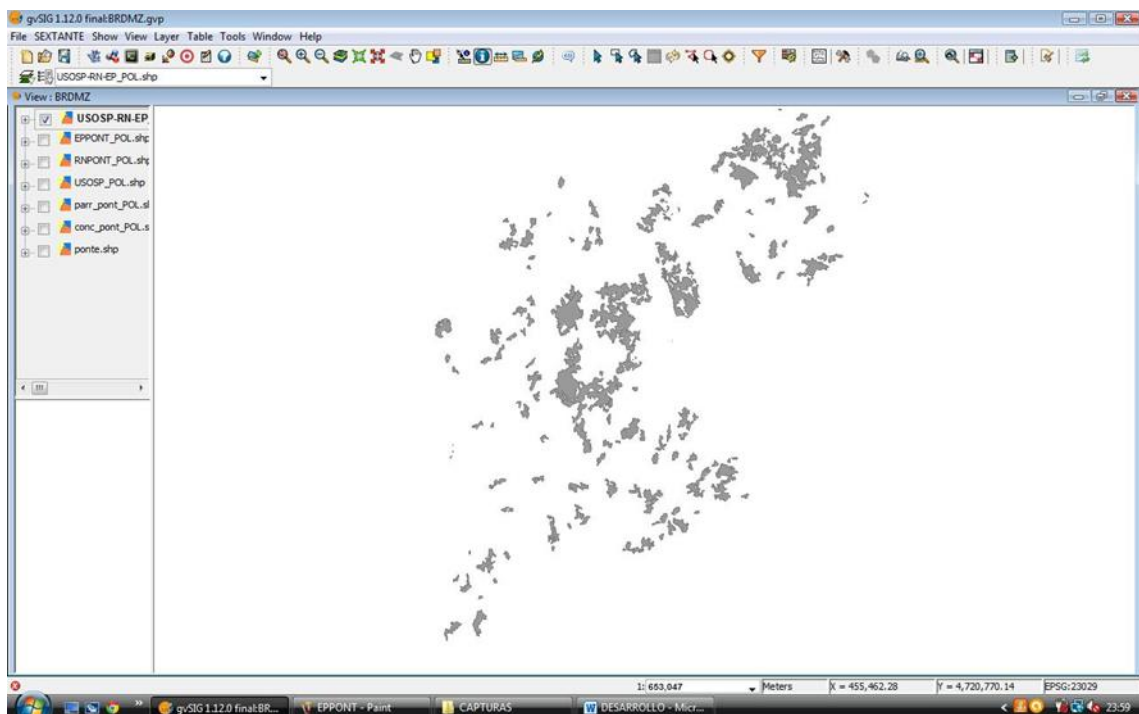


Figura 4-13. Terreno que me interesa sin E.N. ni R.N.

Observar a continuación que el espacio de terreno eliminado al hacer las anteriores diferencias es casi inapreciable a esta escala. Comparar las dos capturas, a la derecha (figura 4-14) los usos del suelo de Pontevedra con Red Natura y Espacios protegidos eliminados ya (gris). A la izquierda (figura 4-14), lo mismo, aunque está superpuesta a la antigua capa de usos del suelo de Pontevedra (violeta).

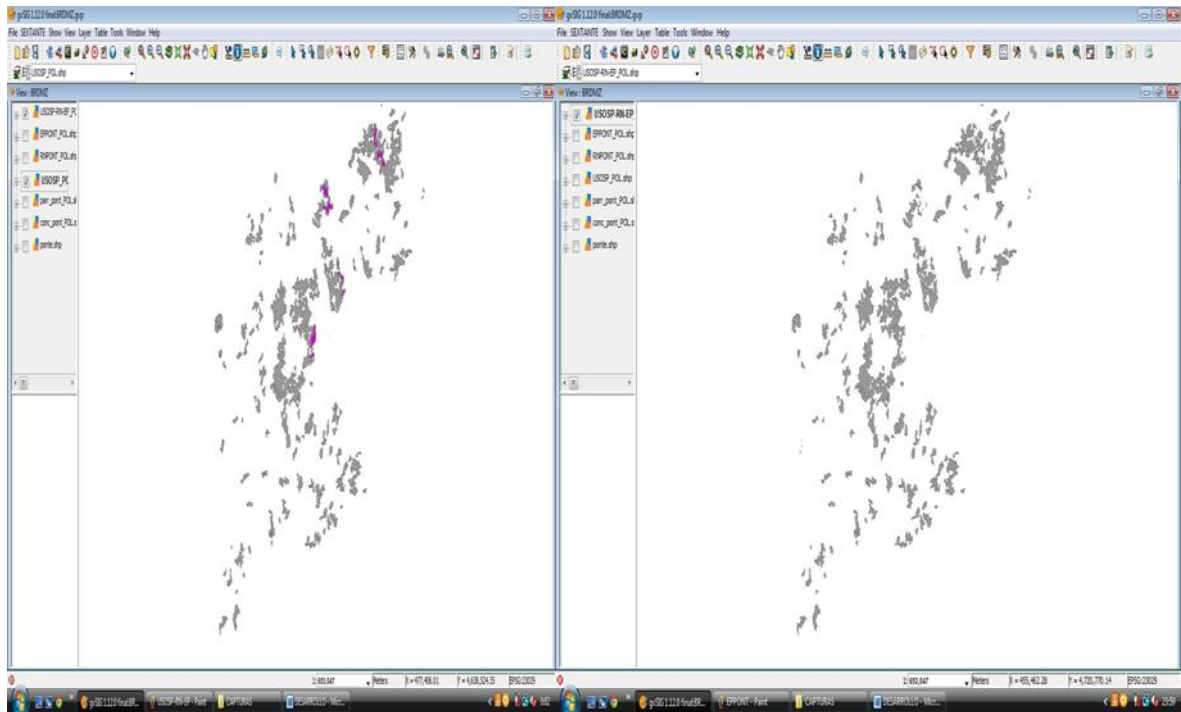


Figura 4-14. Comparativa usos del suelo con y sin R.N. y E.P.

De la capa obtenida y por medio de un filtro, selecciono las superficies que me interesan, que son las mayores a 25 km² (figura 4-15). Se enumeran las zonas de Norte a Sur como zona 1, zona 2, zona 3 y zona 4, para poder identificarlas y referirse a ellas en el desarrollo posterior del trabajo, ya que será necesario tratarlas una por una y usar una escala más grande en cada una ellas.

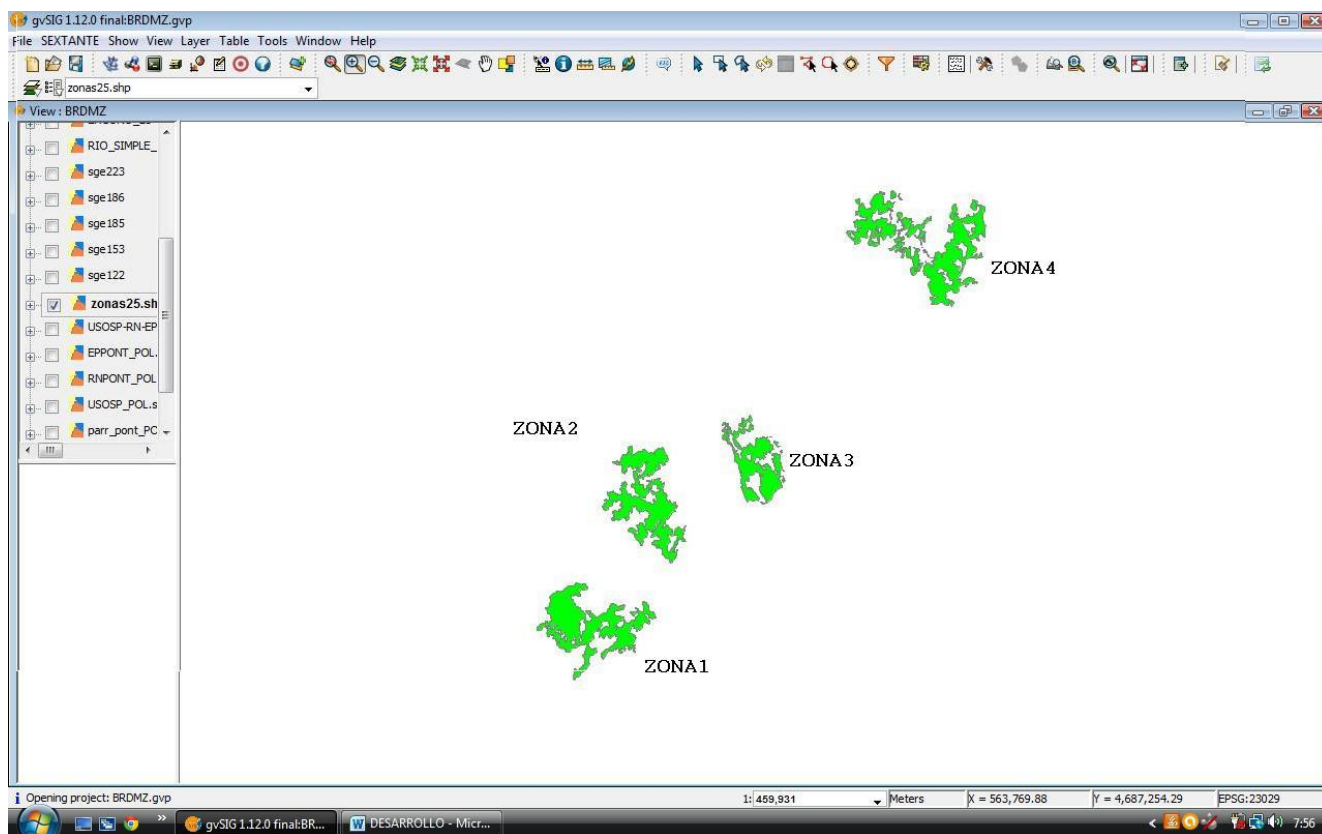


Figura 4-15. Zonas mayores de 25 km²

Continuo añadiendo la capa de las curvas de nivel (figura 4-16), que a diferencia de las anteriores no viene como una única capa, sino que viene en diferentes capas cubriendo toda la extensión de la Comunidad Gallega. Por lo tanto se necesita abrir capa a capa, ya que se desconocen los códigos de identificación, hasta encontrar exactamente las capas de curvas de nivel que cubren las zonas de 25 km², para posteriormente intersectar como se ha hecho anteriormente y obtener la capa de zonas de 25 km² con curvas de nivel (figura 4-17).

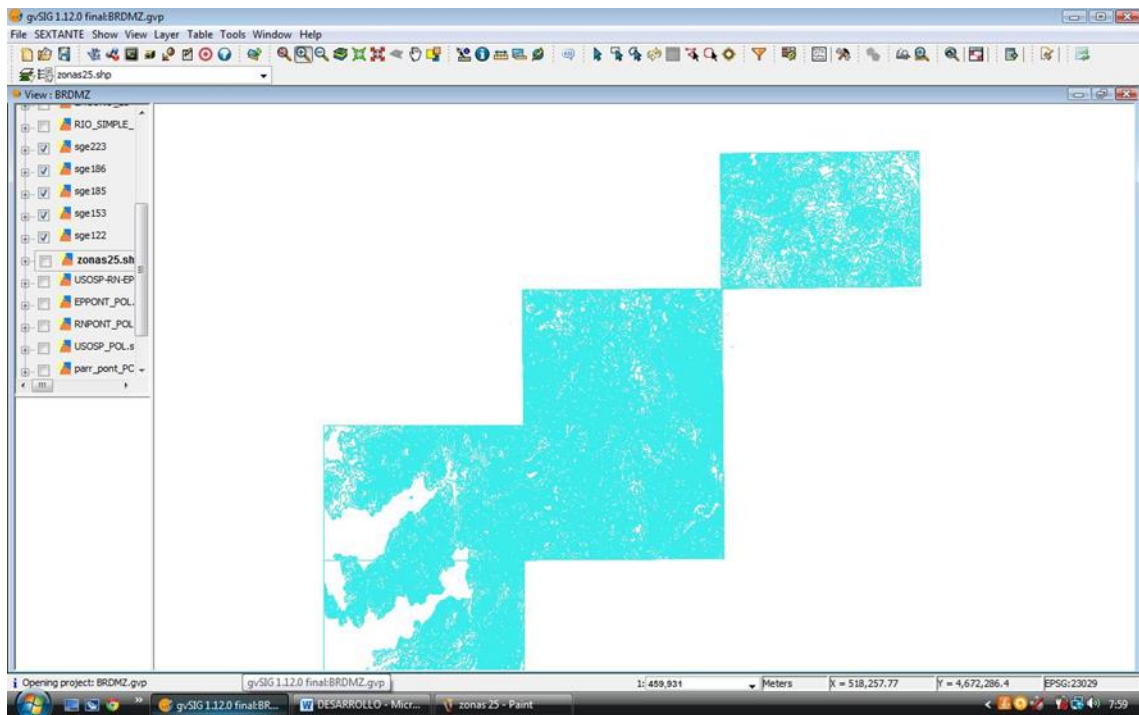


Figura 4-16. Capa curvas de nivel

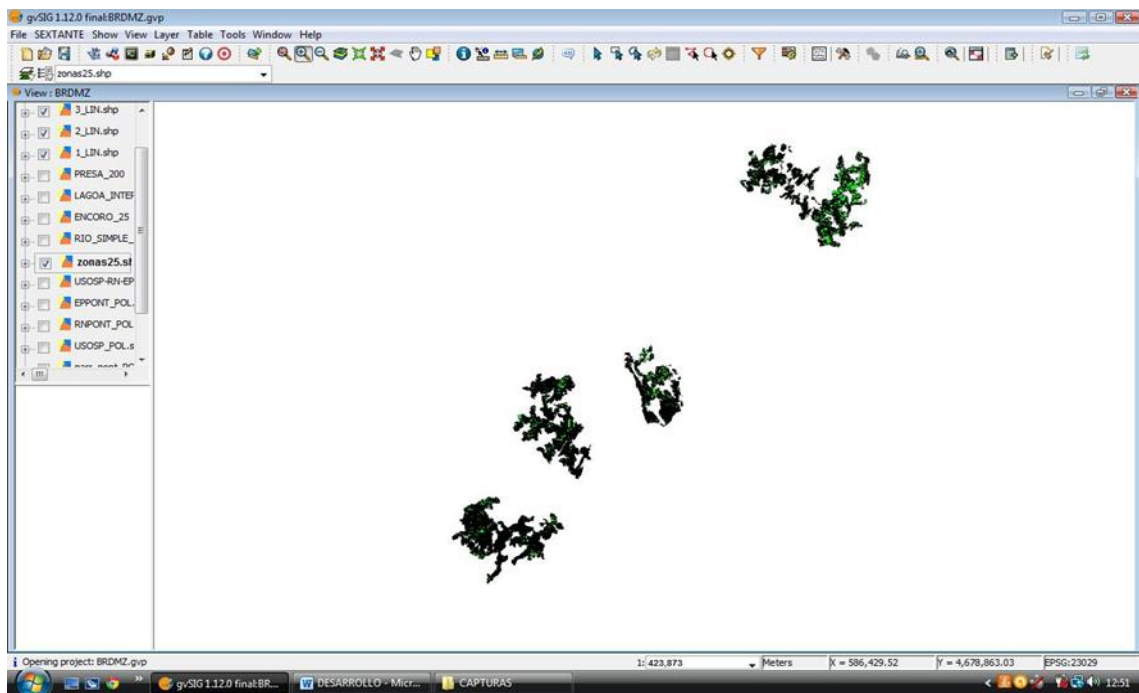


Figura 4-17. Zonas de 25 km² más curvas de nivel.

Como la escala a la que se está trabajando, no permite distinguir bien las curvas de nivel (negro), del terreno o zonas de 25 km² (verde), lo que se hace es mostrar una imagen ampliada de cada una de las porciones de terreno empezando por la que está más al Norte y finalizando por la de más al Sur (figuras 4-18,4-19 y 4-20).

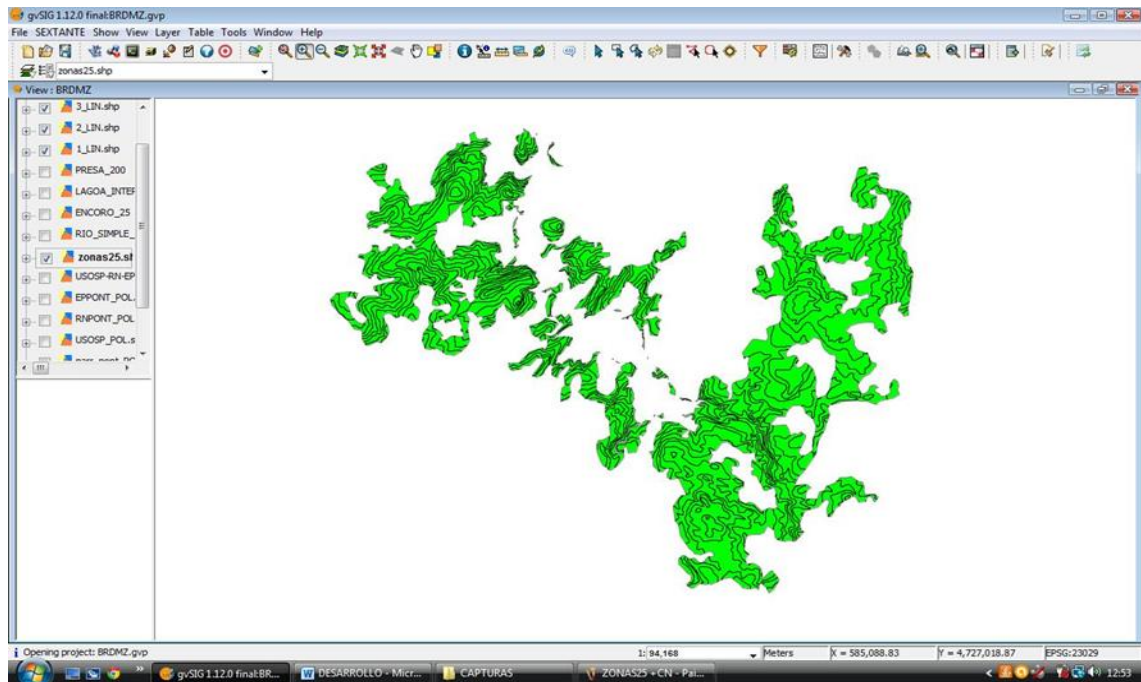


Figura 4-18. Zona 4 con curvas de nivel.

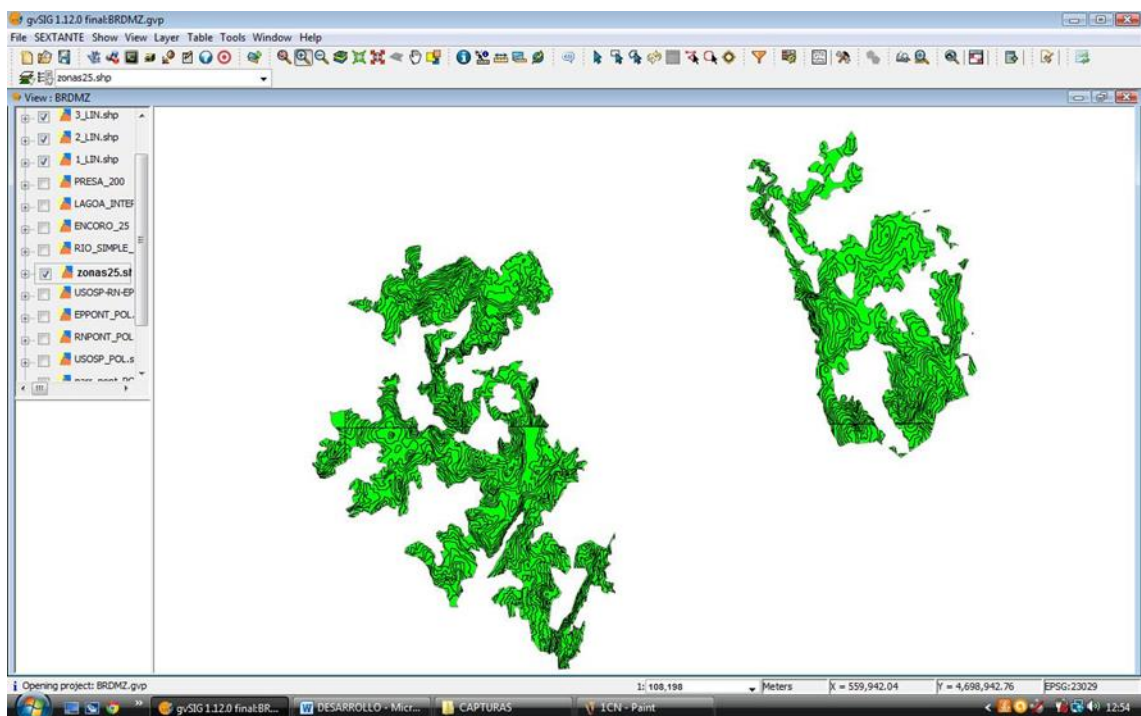


Figura 4-19. Zonas 3 y 2 con curvas de nivel.

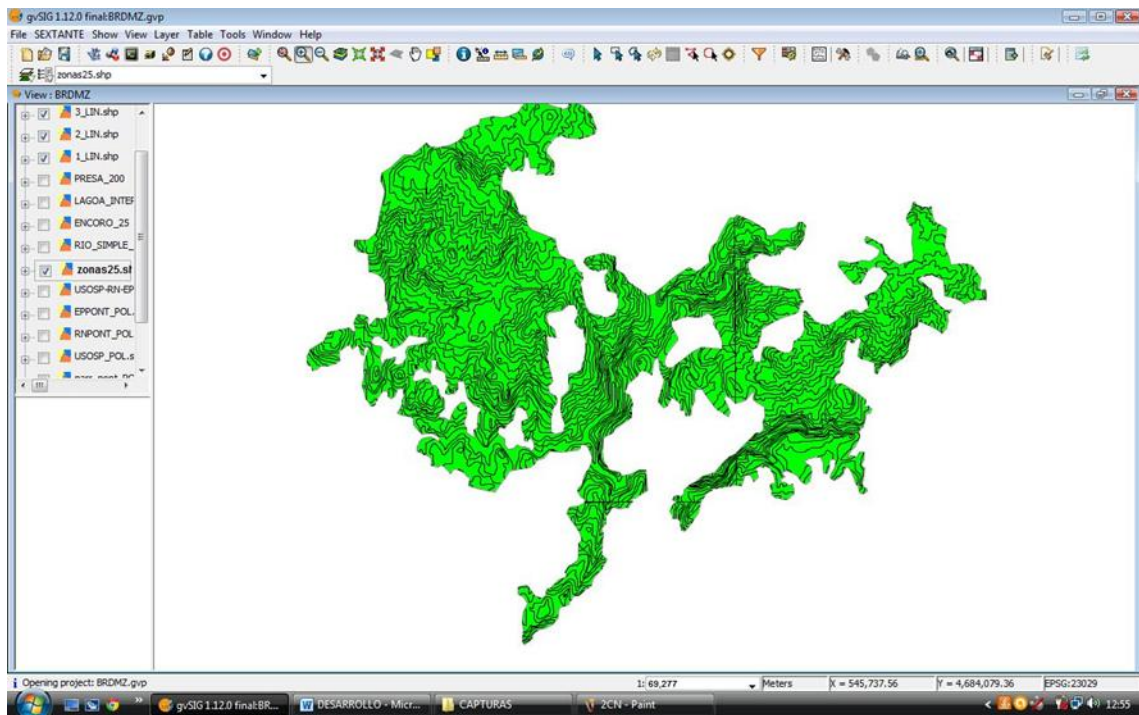


Figura 4-20. Zona 1 con curvas de nivel.

A continuación, debo seleccionar los polígonos de terreno dentro de cada zona con demasiada pendiente y que por lo tanto no interesan para el despliegue. Dicho cálculo se realizará manualmente ya que la tabla de atributos no dispone de un dato que indique la pendiente.

Según los siguientes cálculos el límite se fijará en:

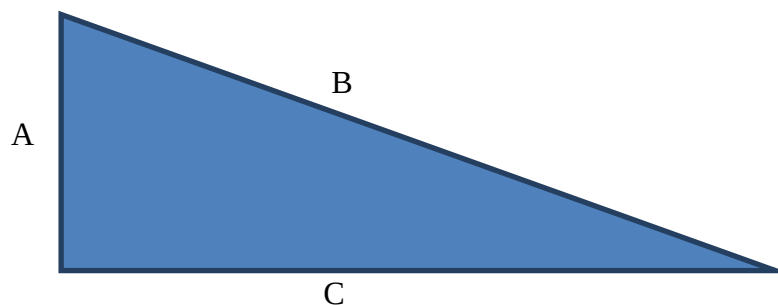


Figura 4-21. Triángulo de distancias.

Siendo:

A: la diferencia de altura de una curva de nivel a otra

B: Distancia real o geométrica

C: La distancia reducida entre los dos puntos de diferentes alturas.

$A = 20 \text{ m}$, $C = 150 \text{ m}$, $(20/150) \times 100 = 13.3\%$ de pendiente.

Luego todo aquel terreno cuya pendiente sea mayor a un 13.3 %, no interesa y se tendrá que eliminar de la última capa de zonas de 25 km².

Así de los cuatro polígonos de zonas de 25 km², se seleccionan las zonas cuya pendiente es superior a lo prefijado. Se hace con una edición en la capa de zonas 25 km², y mediante polígonos se crea una nueva capa con sólo las zonas cuya pendiente no interesan.

A continuación (figuras 4-22, 4-23, 4-24, 4-25) se muestran los polígonos de terreno con demasiada pendiente (en azul).

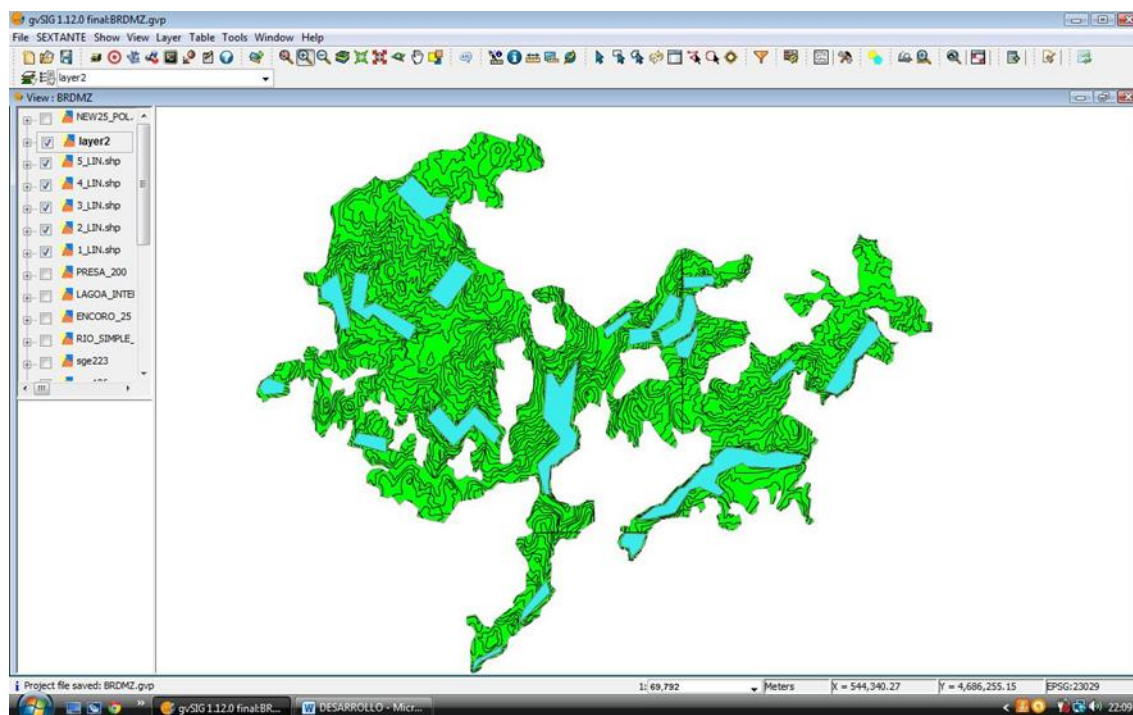


Figura 4-22. Zona 1, con polígonos de demasiada pendiente.

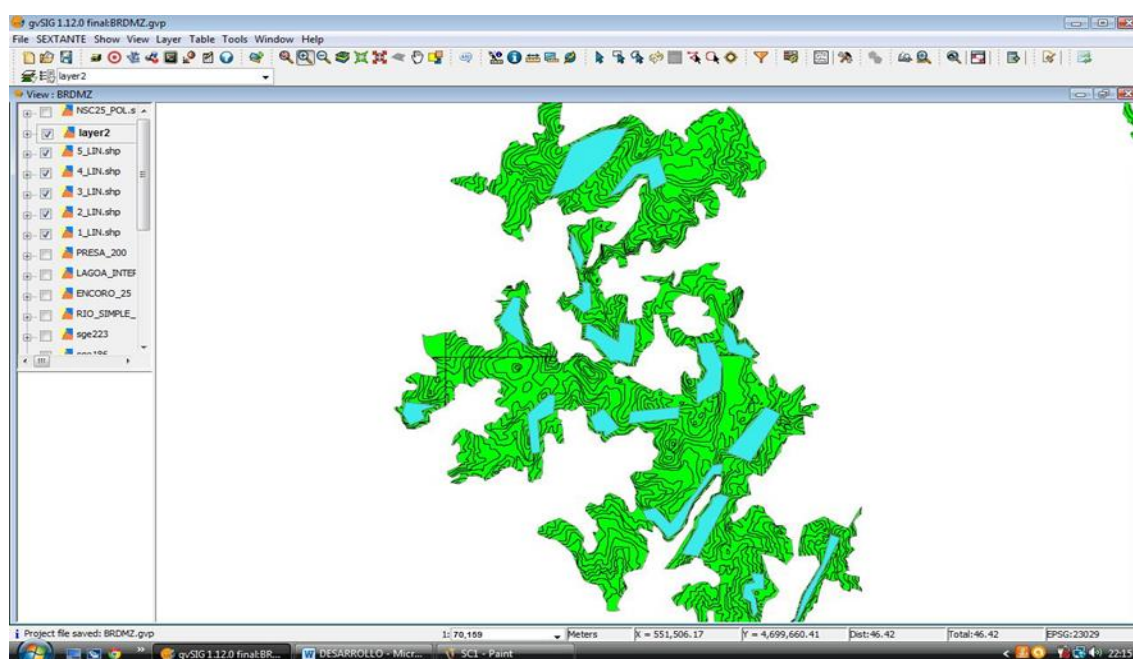


Figura 4-23. Zona 2, con polígonos de demasiada pendiente.

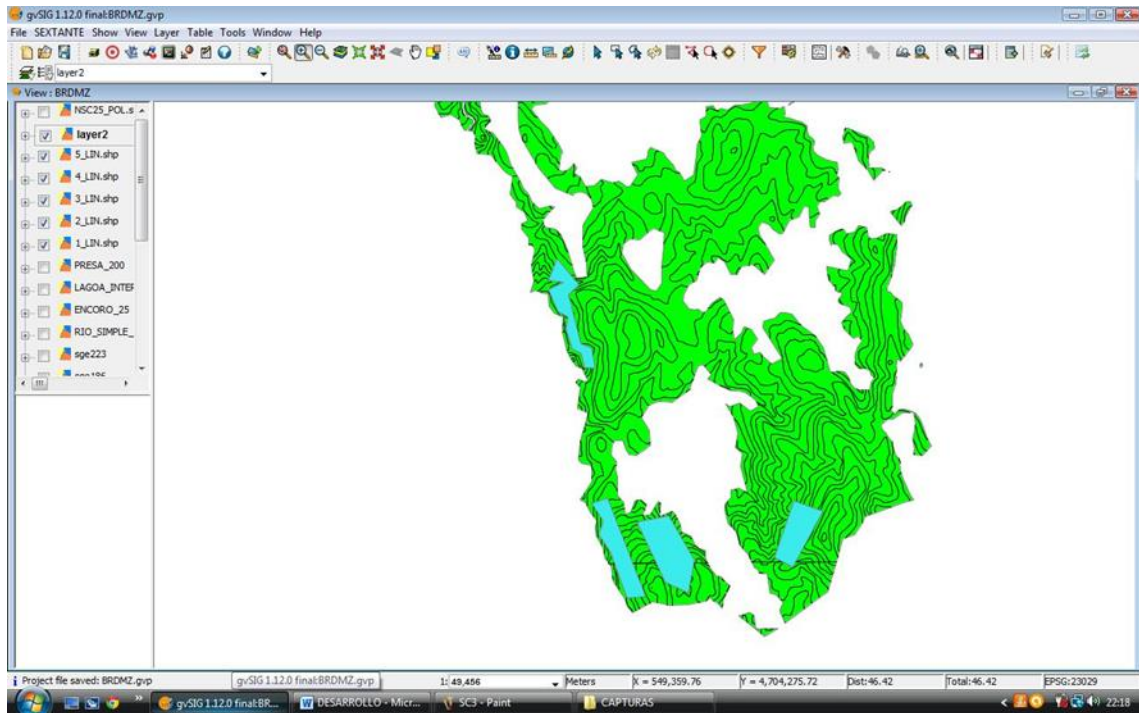


Figura 4-24. Zona 3, con polígonos de demasiada pendiente.

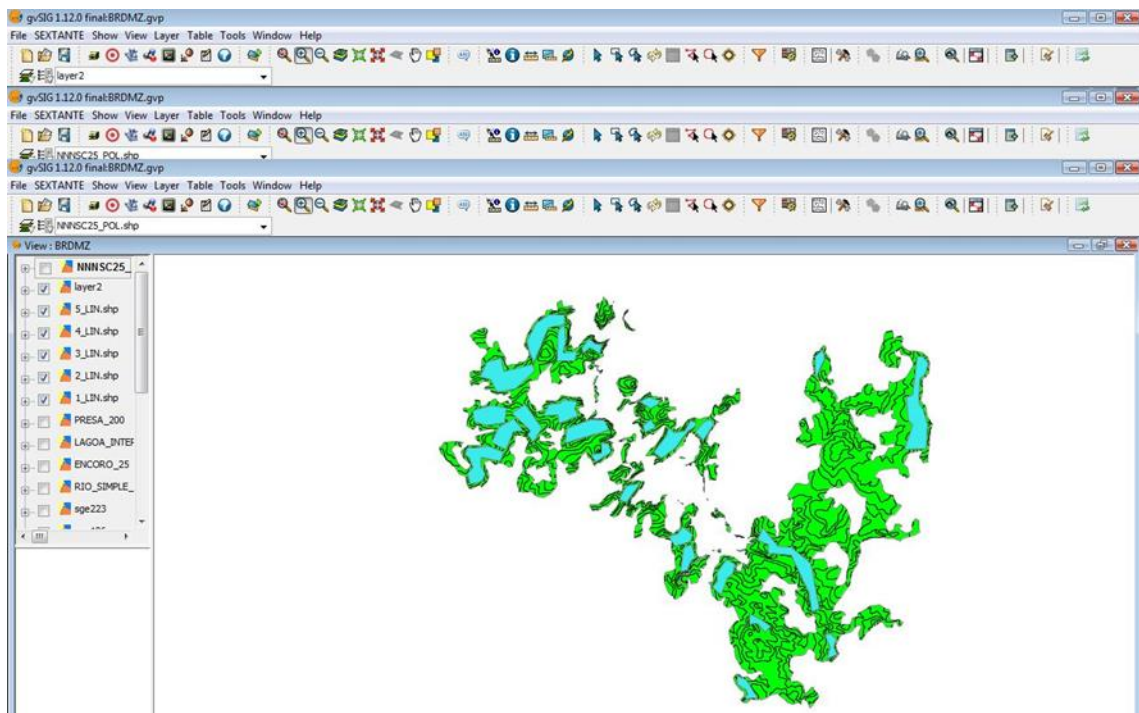


Figura 4-25. Zona 4, con polígonos de demasiada pendiente.

El resultado es una capa con las zonas que no interesan porque tienen demasiada pendiente (figura 4-26).

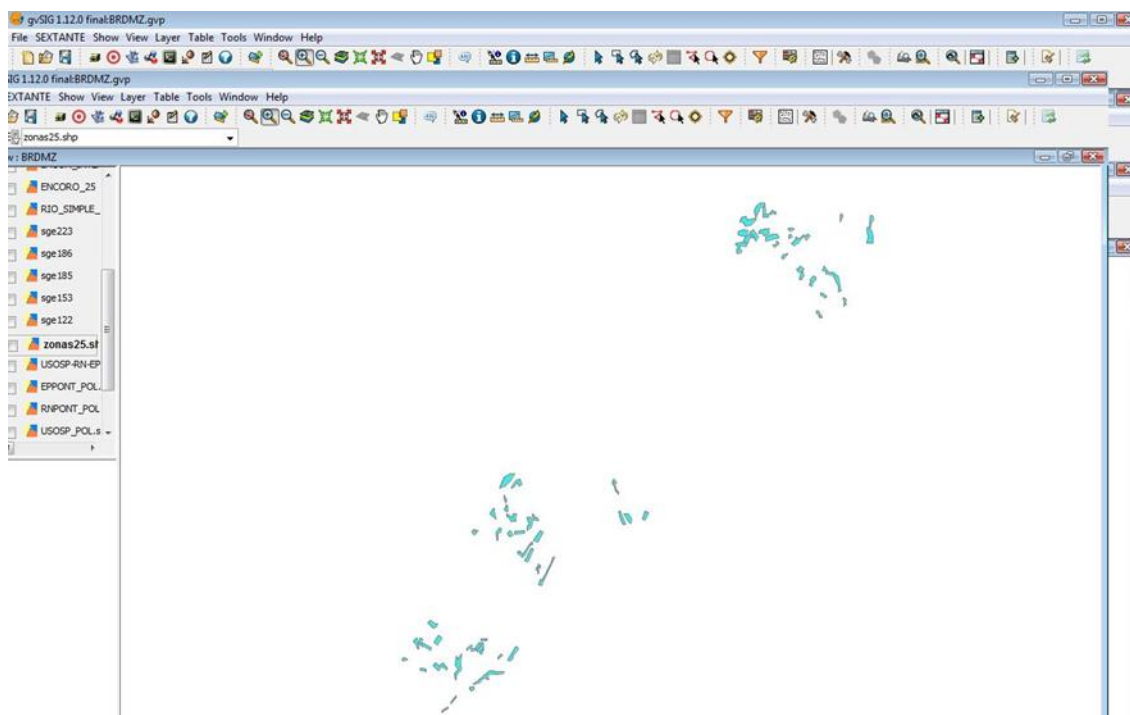


Figura 4-26. Zonas con demasiada pendiente.

Mediante diferencia entre las zonas de 25 km² y la capa que se acaba de crear, quedan las zonas de 25 km² sin pendientes. Es preciso actualizar la superficie, ya que después de la diferencia, dicha extensión se verá menguada al eliminar las pendientes.

El resultado son zonas de superficie más pequeña. Aún así todas las zonas siguen siendo mayores a 25 km², por lo que todavía cumplen los requisitos iniciales y no se puede descartar ninguno. Lo comprobamos en su correspondiente tabla de atributos (figura 4-27).

P	BRUMETER...	E00_CENTRO	E00_CENT_1	LEYENDA	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN	DATO	OBJECTID	PROVI	CDPROVI	MSLINK	MESID	Superficie	new superf.
2.40819	4691745.59...	558502.67079	Matorral de ...	0.0	0.0	-20956.0	4.0	PONTEVEDRA	36.0	3508.0	1002.5.0	27.0626	25.473082	
7.62358	4687529.65...	537639.04325	Matorral de ...	0.0	0.0	-20956.0	4.0	PONTEVEDRA	36.0	3508.0	1002.5.0	49.16784	42.281538	
5.38841	4702353.61...	543795.67741	Matorral de ...	0.0	0.0	-20956.0	4.0	PONTEVEDRA	36.0	3508.0	1002.5.0	45.74187	38.927628	
1.61037	4733313.28...	575357.57312	Matorral de ...	0.0	0.0	-20956.0	4.0	PONTEVEDRA	36.0	3508.0	1002.5.0	59.87469	48.402592	

Figura 4-27. Superficies de los 4 polígonos.

Se prosigue añadiendo más capas, estas son, la capa de hidrología, (presas, lagoas, encoros, etc), carreteras y población. Como en capas anteriores se tiene la hidrología, carreteras y población de toda Galicia, pero solo se necesita de la provincia de Pontevedra, por lo que se intersecaran todas las capas anteriores con la provincia de Pontevedra.

Se muestra la capa de hidrología (figura 4-28), en violeta las zonas de 25 km², en azul los ríos, en rojo lagos y presas apenas apreciables y en amarillo los embalses que serán importantes para el estudio.

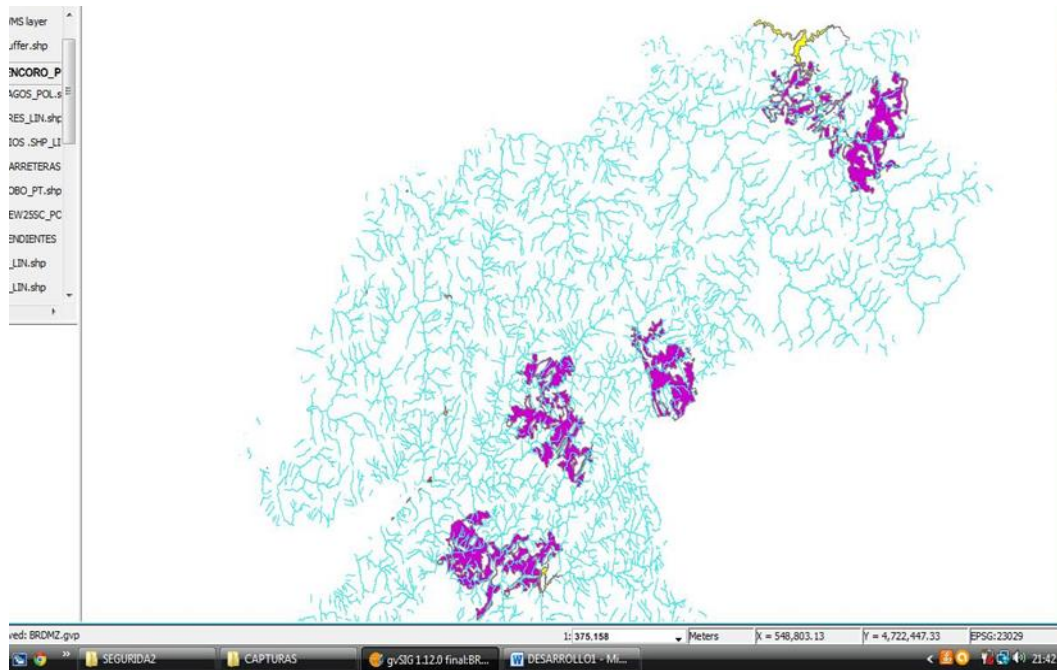


Figura 4-28. Hidrología.

A continuación se añaden (figura 4-29) capas de carretera (verde) y población (rojo).

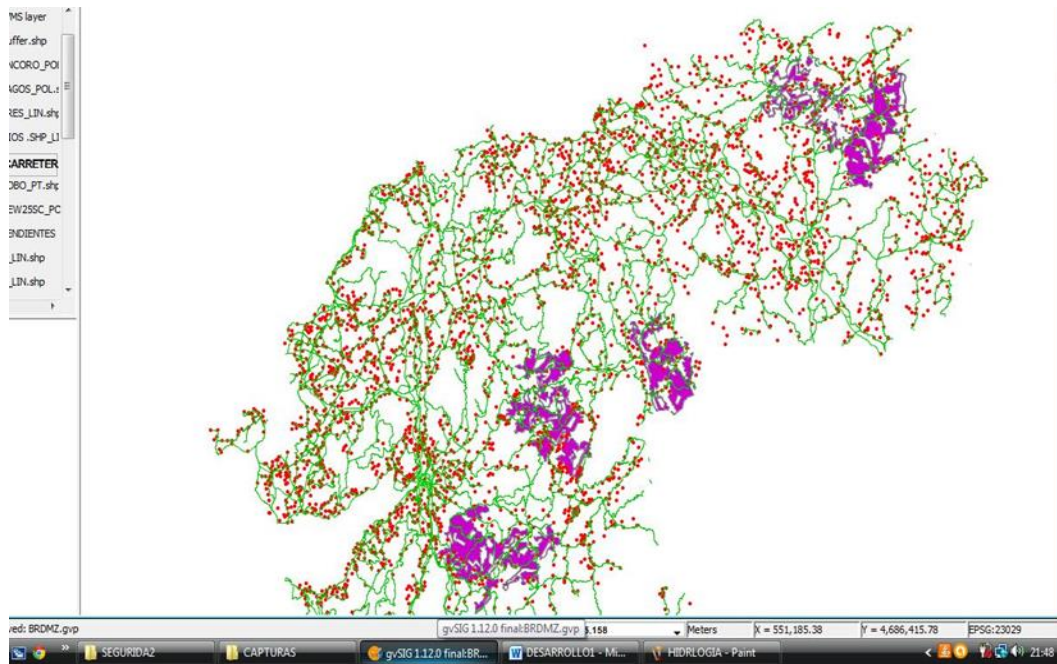


Figura 4-29. Capa carreteras y población.

Después de haber obtenido el resultado mostrado, se aplicará el comando buffer para lograr alrededor de las zonas de 25 km², dos anillos concéntricos, el primero de 5 km de radio y el segundo de 10 km, con respecto al centro de cada zona (figura 4-30).

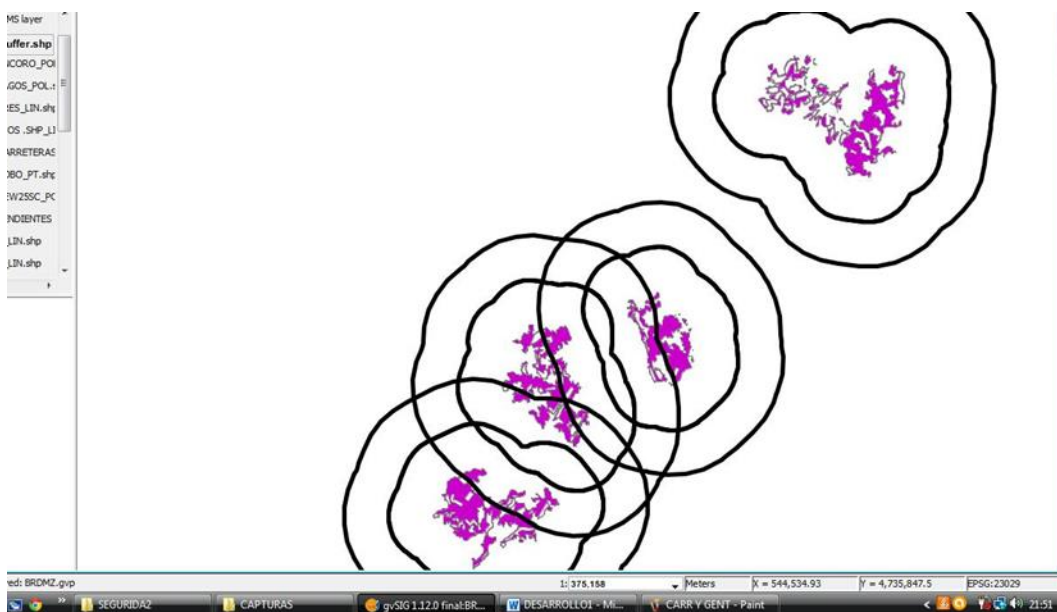


Figura 4-30. Bufferes de 5 y 10 km de radio.

Para seguir se necesita introducir una última capa de geología, se comprueba que el tipo de terreno de cualquiera de las zonas de 25 km² es apto para la circulación de los vehículos de ruedas o cadenas.

Una vez la capa de geología ha sido cargada en el gvSIG, se hace la correspondiente intersección con las zonas de 25 km². A partir de aquí y mediante su tabla de atributos se obtiene un código y un identificador, que se traducen a datos geológicos en la siguiente página fuente. [18].

Alcanzado este punto se ha de hacer un estudio de las zonas de 25 km², y de como le afecta cada una de las capas que se han ido introduciendo, para poder descartar unas en caso necesario y/o seleccionar las que más interesan. Así se muestra una primera captura de todas las capas y zonas de 25 km² (figura 4-31).

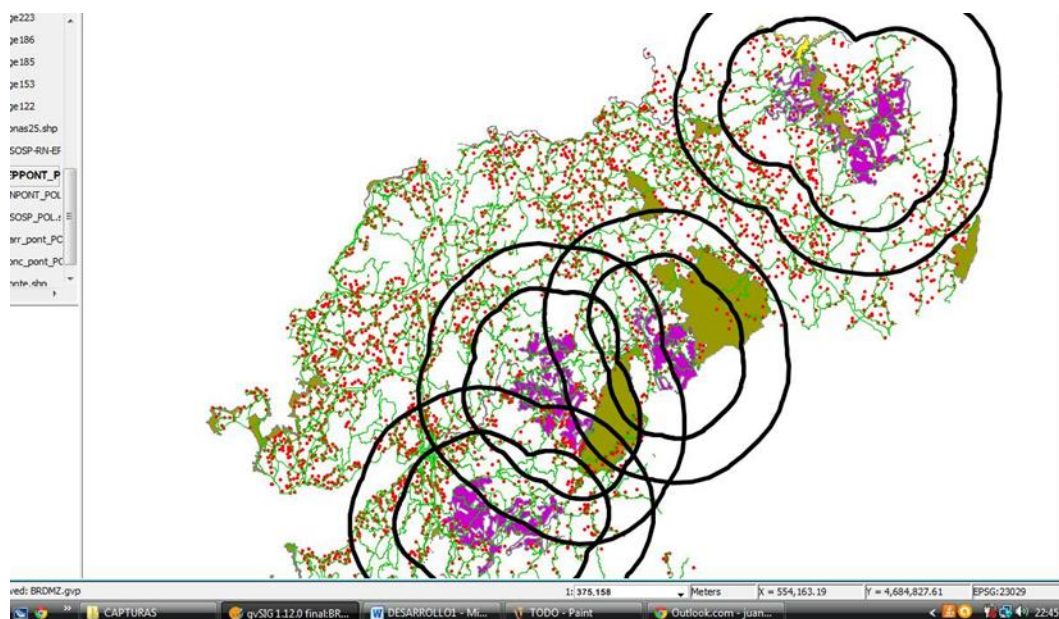


Figura 4-31. Unión de capas.

Se puede observar, zonas de 25 km² en violeta, carreteras (líneas en verde), población (puntos en rojo), zonas de especial protección y pertenecientes a la red natura (verde oscuro) y anillos de 5 y 10 km (negro). A continuación se examinarán una por una.

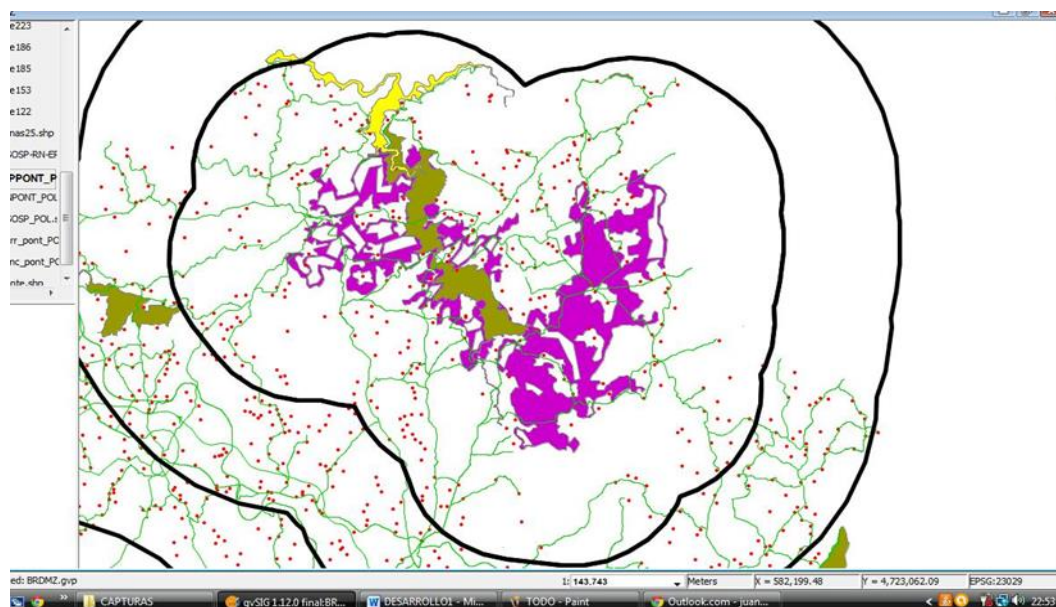


Figura 4-32. Unión de capas en zona 4.

En la captura (figura 4-32) se observa la zona 4. Como aspectos positivos, se destaca que al Norte de la zona de 25 km² está el Encoro de Portodemouros, factor determinante ya que el agua es necesaria para el mantenimiento de todo tipo de maquinaria o vehículos, así como para el desarrollo de la vida diaria en cualquier instalación, sea del tipo permanente o semipermanente. Otros aspectos positivos son que hay poca población y que existen suficientes vías de comunicación en toda la zona para que exista comunicación tanto en el interior como hacia el exterior de la zona. Por otro lado y como aspectos negativos, se observa primero la existencia de un espacio protegido dentro de la zona (Sobreirais do Arnego), que será una limitación para cualquier tipo de movimiento o maniobra, además de reducir notablemente nuestro espacio de 25 km². También se observa que nuestra zona de acción de 10 km de radio se sale de la provincia de Pontevedra, factor totalmente excluyente ya que las directivas para nuestro despliegue ha de ser que el terreno pertenezca a la provincia de Pontevedra. La valoración global resulta pues negativa.

A continuación muestro la captura de la zona 3 (figura 4-33).

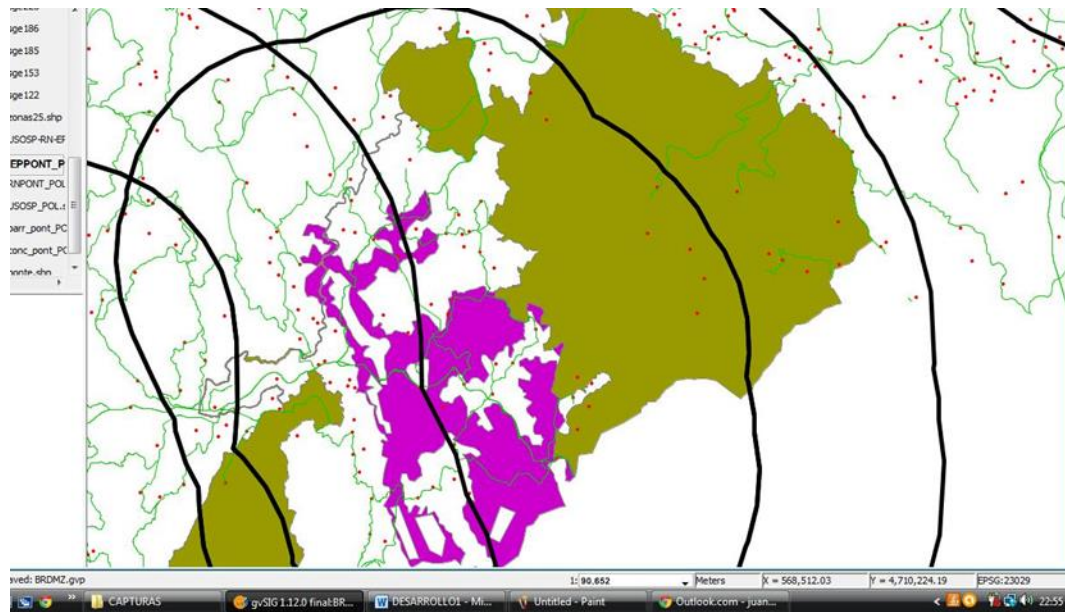


Figura 4-33. Unión de capas en zona 3.

Los factores positivos y negativos a destacar en esta zona son prácticamente los mismos que en la anterior, sólo que afectan de distinta manera. Positivamente, ausencia de población y buenas comunicaciones, negativamente el caso de las zonas de espacio protegidas, (al NE, Serra de Candán, al SW, Serra de Cando), que este caso son mucho más acentuadas, llegando incluso a rodear casi completamente a la zona de 25 km², lo que sólo permitiría movimiento libre hacia el norte. También valorar que no existe ninguna fuente de obtención de agua, ya sea lago o embalse. Y por último y también excluyente, que la zona de acción también se sale de la provincia de Pontevedra.

A continuación muestro la captura de la zona 2 (figura 4-34).

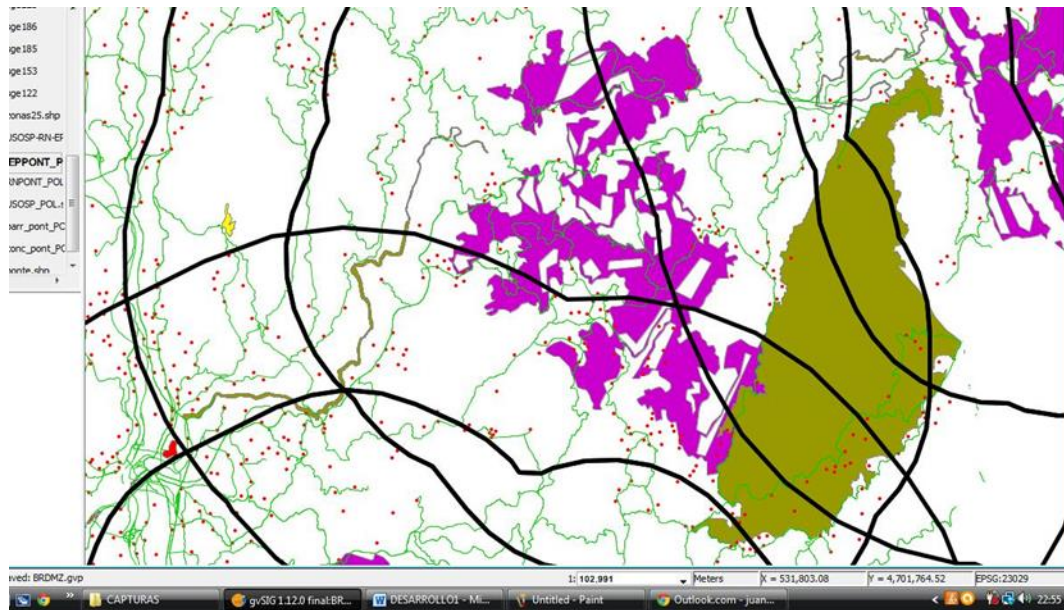


Figura 4-34. Unión de capas en zona 2.

Zona muy similar a la anterior, bloqueada totalmente al Sur por un Espacio Protegido, y con una única fuente de obtención de agua, aproximadamente a unos 10 km de distancia.

Para finalizar se muestra la zona 1 (figura 4-35).

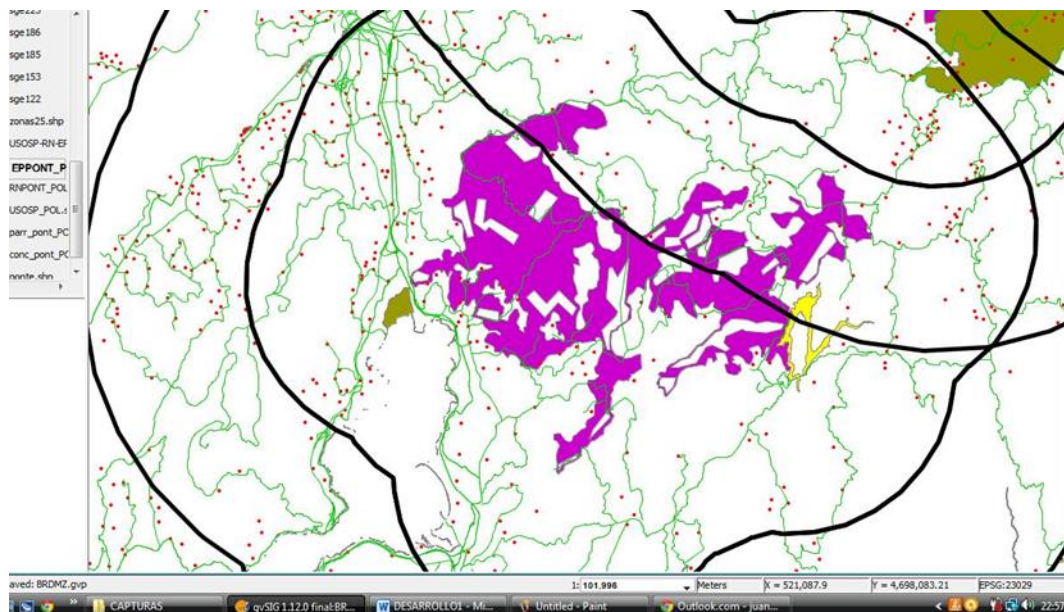


Figura 4-35. Unión de capas en zona 1.

En esta última zona se distinguen solo aspectos positivos. Ausencia de población en prácticamente la totalidad de la zona de 25 km². Presencia del Encoro de Eiras al Este. Vías de comunicación, tanto interiores como hacia el exterior. Existe un factor añadido como es la presencia cercana del mar, a menos de 5 km, lo que aumenta el valor de la zona, ya que las unidades a desplegar son unidades de Infantería de Marina y que serán desplegadas desde plataforma naval. Luego el desembarco y la ocupación de la zona de terreno asignada será casi inmediata sin necesidad de realizar una aproximación demasiado larga o costosa.

En conclusión la zona seleccionada para el despliegue será la zona 1.

Por medio de WMS, se descarga la página del catastro para saber a que concellos corresponde el terreno que se ha seleccionado. Así como se muestra en las captura (figura 4-36), la zona de terreno de 25 km² denominada como zona 1, corresponde con los concellos de Pontevedra, Pontecaldelas y Soutomaior en su mayoría, aunque también abarca un poco extensión de los concellos de Redondela, Fornelos de Montes y Vilaboa.

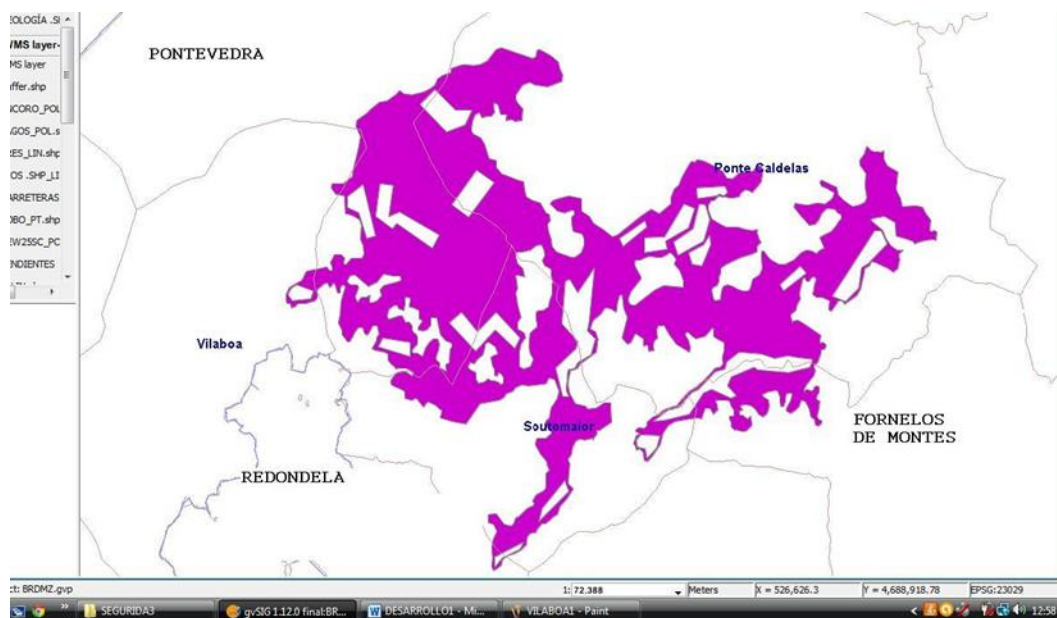


Figura 4-36. Zona final seleccionada.

Consultando la información contenida en el WMS de catastro, accedo a la ficha catastral de cada parcela, compruebo el tipo de parcela que es, o el tanto por cien de participación que hay en ella. A continuación también muestro mediante capturas de pantalla toda la información catastral disponible (figura 4-38).

Como ejemplo pongo una zona de terreno perteneciente a Vilaboa (figura 4-37). En ella podemos observar todas las parcelas y parte de la información disponible de ella. La utilidad de esta herramienta es el conocer la titularidad de cada zona del terreno o a que actividad está destinada, por si fuese necesario rendir informes o algún tipo de expropiación.

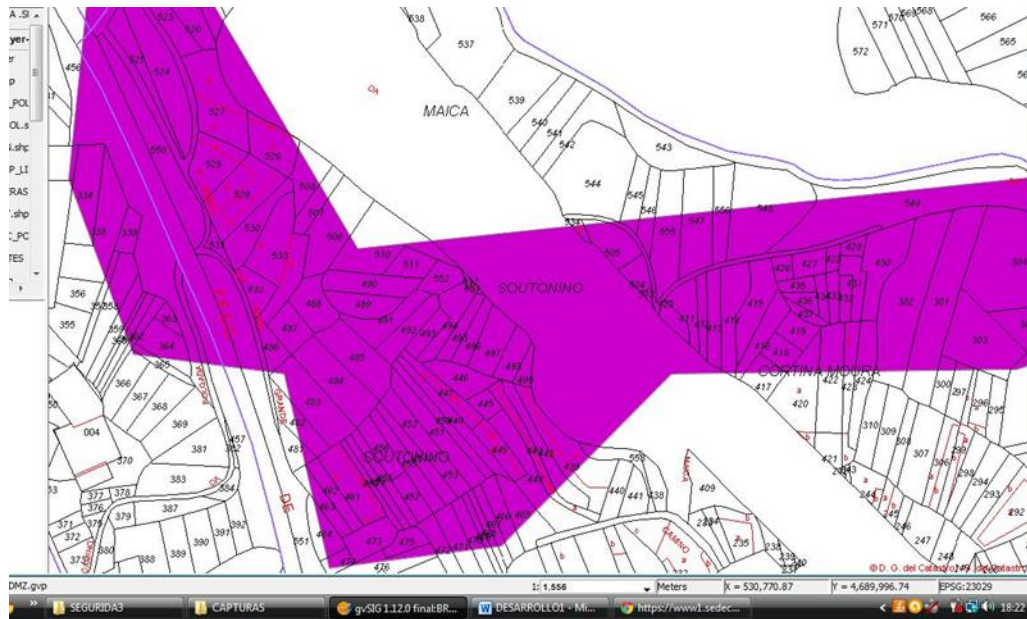


Figura 4-37. División en parcelas.

Referencia catastral	36058A032003040000LW		
Localización	Polígono 32 Parcela 304 CABADA DO SOUTO. VILABOA (PONTEVEDRA)		
Clase	Rústico		
Coefficiente de participación	100,000000 %		
Uso	Agrario		

Referencia catastral	36058A032003050000LA		
Localización	Polígono 32 Parcela 305 CORTIÑA MOURA. VILABOA (PONTEVEDRA)		
Clase	Rústico		
Coefficiente de participación	100,000000 %		
Uso	Agrario		

Figura 4-38. Información catastral.

A continuación se introducen las posibilidades de conexión 3G que hay en la zona (figura 4-39).

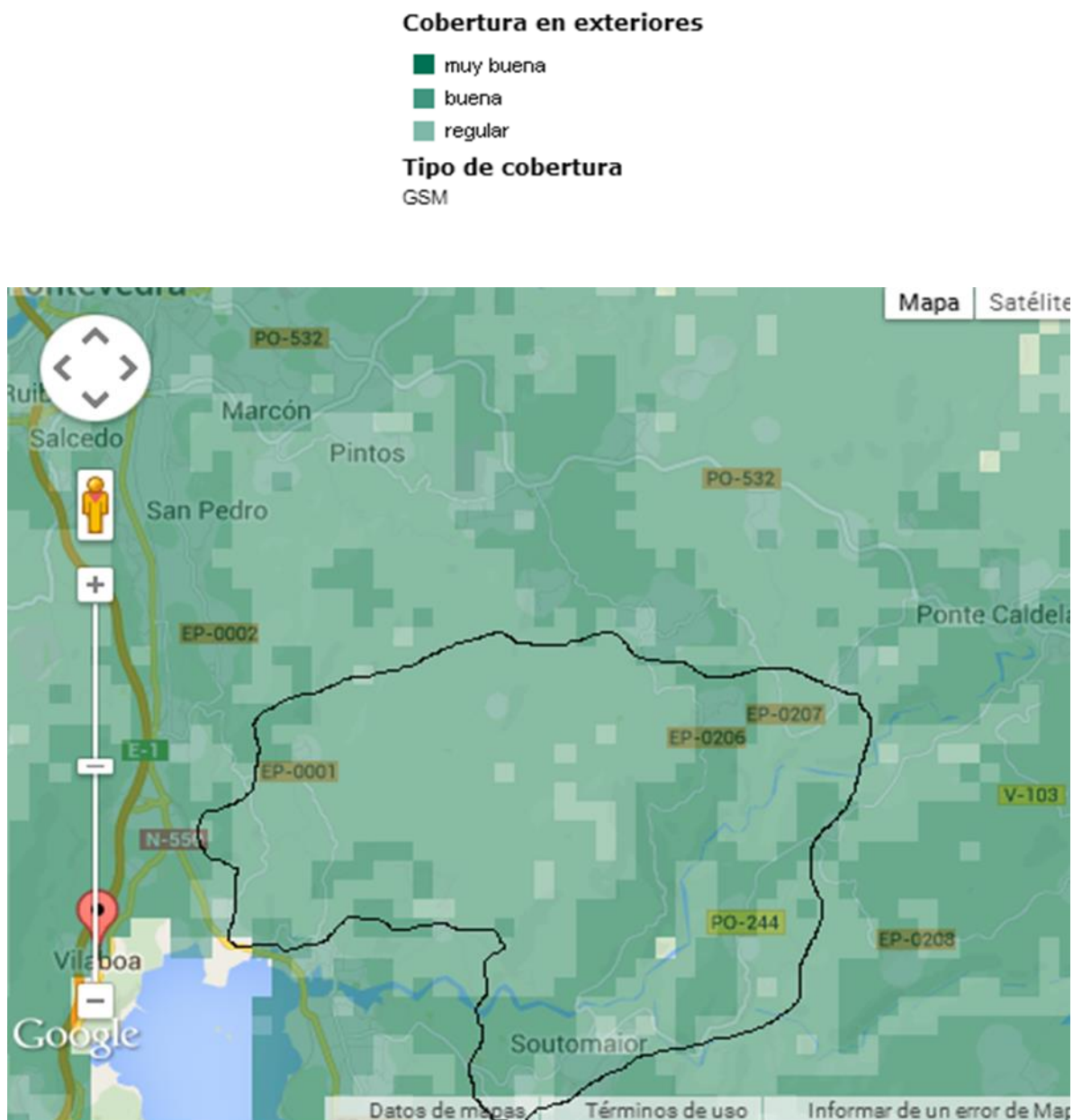


Figura 4-39. Cobertura 3G.

Con respecto a la conexión 3G, vemos que en la mayoría de la zona la conexión es regular. Si se pretende instalar un nodo de comunicaciones, habría que buscar una zona con buena conexión que sería determinada previamente. Hay alguna zona también donde la conectividad es nula o muy reducida.

Ya para finalizar, la playa seleccionada es la de Cesantes (figura 4-40) y se encuentra en la Ría de Vigo cerca de la Isla de San Simón. Después de un minucioso estudio, interesa que el lugar para realizar el desembarco sea la Ría de Vigo, en ella la Playa de Cesantes ofrece un bajo gradiente y un suelo arenoso donde las embarcaciones menores podrían varar sin dificultad. Al ser una playa de ría, se encuentra protegida en caso de condiciones meteorológicas. En cuanto a tamaño la playa tiene sobre

unos 3.000 metros de longitud, más que suficiente para el desembarco de toda la fuerza. El único contrapunto sería que es una playa con un paseo marítimo y dentro de un ambiente medio urbano, por lo que habría que tomar las medidas adecuadas y seleccionar los itinerarios correctos para no provocar demasiados daños.



Figura 4-40. Playa de Cesantes.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Después de haber realizado el trabajo cumpliendo con los objetivos marcados, se ha llegado a una serie de conclusiones que a continuación se expondrán.

Sin duda, creo que la valoración final ha sido un éxito, teniendo en cuenta los parámetros marcados y los resultados obtenidos, podemos afirmar que el software es fiable. La obtención final es una superficie de terreno de 42.28 km², cercana a la Ría de Vigo. El terreno pertenece a los concellos y parroquias siguientes: Pontevedra (Marcón, Tomeza, Canicouva, Pontesampaio), Pontecaldelas (Castrobarbudo, Anceu, Forzáns, Insua, Pontecaldelas, Taboadelo, Xustáns y Tourón), Soutomaior (Soutomaior y Arcade) y en menor medida Vilaboa (Figueirido), Redondela (Ventosela) y Fornelos de Montes (Calvos). El suelo está destinado en su mayoría a matorral de frondosas y matorral de bosque mixto, con la excepción de alguna zona industrial o construida que será patrimonio público, el resto del terreno tendrá titularidad privada amplia, como es de esperar debido a la gran extensión de terreno. La geología del terreno es la propia de Galicia, perteneciente al Orógeno Hercínico y no hay pendientes en toda la extensión superiores al 13.3% de inclinación. Se observa en el mapa temático que no existen apenas núcleos de población y abundantes carreteras la cruzan en todas direcciones. Al Este se encuentra la mayor concentración de agua (Encoro de Eiras) y en toda la zona existe una conexión 3G que varía de regular a muy buena. La playa de Cesantes, donde está previsto el desembarco se encuentra al Sur a 4.1 km, dentro del área de influencia (buffer) de 5 km, es decir el primer radio. Con respecto al radio de 10 km sale de la provincia de Pontevedra por el Este, entrando en la provincia de Orense y por el Noreste abarca gran parte de un Espacio Protegido (Serra do Cando). También este buffer abarca parte de la Ría de Vigo por el Oeste.

Sin embargo también podemos concluir que en ningún caso, el estudio del terreno con el gvSIG podrá sustituir completamente al reconocimiento del terreno “in situ”. Un ejemplo claro sería el estudio de los usos del suelo, se han seleccionado las zonas que interesan, principalmente zonas de plantación de frondosas y montes mixtos, para evitar suelos edificables o industriales, pero el programa no proporciona el tipo de plantación, o los años que tienen los árboles de dichas explotaciones. Por otro lado, el estudio del las masas o cursos de agua que son indispensables para la actividad planteada creo que ha sido ineficiente en la provincia de Pontevedra, ya que esta y en general Galicia recibe agua durante todo el año y prácticamente todas las vaguadas del terreno son en mayor o menor medida un curso de agua del que poder abastecerse.

La mayor dificultad encontrada ha sido el establecer los límites de las pendientes. Galicia tiene una orogenia muy abrupta y lejos de poder seleccionar zonas llanas a lo más que se pudo optar fue a zonas con pendientes suaves o poco pronunciadas.

Con respecto a la capa de carreteras que proporcionan el Centro Nacional de Información Geográfica, se puede afirmar que sólo aparecen carreteras de la red nacional y convenientemente señalizadas, y obvia las pistas forestales que pueden ser también perfectamente utilizadas por vehículos militares.

Por último, también se concluye que la selección del terreno que ha hecho el software fue en gran parte debido a los núcleos de población, ya que además de por ser Pontevedra la provincia más poblada de toda Galicia, también esta población se encuentra muy dispersa a lo largo de todo su territorio, por lo que es difícil encontrar grandes extensiones de terreno sin núcleos rurales.

5.2 Conclusión final

Como se ha dicho durante el desarrollo de este trabajo, el terreno es uno de los factores más importantes a estudiar durante una operación militar. No sólo desde el punto de vista de movimiento de unidades, que evidentemente es imprescindible, sino también el estudio del terreno de manera conjunta con otras disciplinas militares, como pueden ser el tiro, donde se puede afirmar que una correcta conjugación entre terreno y tiro, aumenta el rendimiento de las armas.

Es por ello que se concluye que la utilización del gvSIG y en general de cualquier aplicación de información geográfica, es compatible y beneficiosa con las actividades de las unidades militares que realizan su trabajo en tierra, ya que proporcionan un grado de detalle en el estudio del terreno, difícilmente alcanzable mediante la simple observación de un plano.

5.3 Líneas futuras

Después de realizar el trabajo de fin de grado con el gvSIG, es posible establecer unas líneas de trabajo para un futuro, donde se propondrá por un lado, la continuación del trabajo ya hecho, y por otro lado, otra posible aplicación militar para el software estudiado. A continuación se expondrán ambas.

5.3.1 Continuación del trabajo

Una vez alcanzada la zona de acción deseada con el presente trabajo, se abre la opción de continuar con el trabajo, estableciendo en un principio las necesidades logísticas de la fuerza, desde el punto de vista de número y tipo de instalaciones semipermanentes a utilizar o materiales a utilizar para realizar un cerco perimetral, entre otras, y posteriormente profundizar más en el terreno, analizando parcela por parcela, excluyendo las que no pueden ser usadas, hasta alcanzar las posiciones físicas en el terreno. Como aditivo se podría buscar dentro de la zona los aspectos militares del terreno que favorezcan nuestra posición.

5.3.2 Establecimiento de campos de tiro mediante gvSIG

Una aplicación muy interesante que surge después de realizar el estudio, es usar el software para buscar zonas del terreno, en donde se puedan realizar ejercicios de tiro con todas las armas de la Brigada de Infantería de Marina. Primeramente fijaremos las municiones de tiro indirecto, dentro de las cuales entran la artillería de 155mm y de 105mm, y los morteros de 60 y 81mm. Los alcances de estas armas varían desde un máximo de unos 18 km que tiene la Batería de 155mm hasta unos 4 km, que es el alcance máximo de los morteros de 60 mm. En segundo lugar, hablaríamos de armas de tiro directo como ametralladoras, fusiles de precisión, fusiles o armas contracarro, en donde los máximos alcances los tendría la ametralladora Browning o el fusil de francotirador Barret, con unos 7 km y los mínimos unos 100 o 200 m que es la distancia aproximada a la que se dispara con un fusil. En el primero de los casos harían falta campos de tiro de una longitud aproximada entre 18 y 20 km, con una anchura que varíe entre 1-2 km. Al ser armas de tiro indirecto no sería necesario, ver el blanco desde la posición de tiro. En el segundo caso de reducirían las distancias a longitudes de 7 km por 0.5-1 km de ancho, y en este caso si es necesario que el tirador vea el blanco.

Por supuesto, habría que tener en cuenta como mínimo todos los datos usados para este trabajo, como población, alturas, patrimonio histórico, tipo de parcelas, etc.

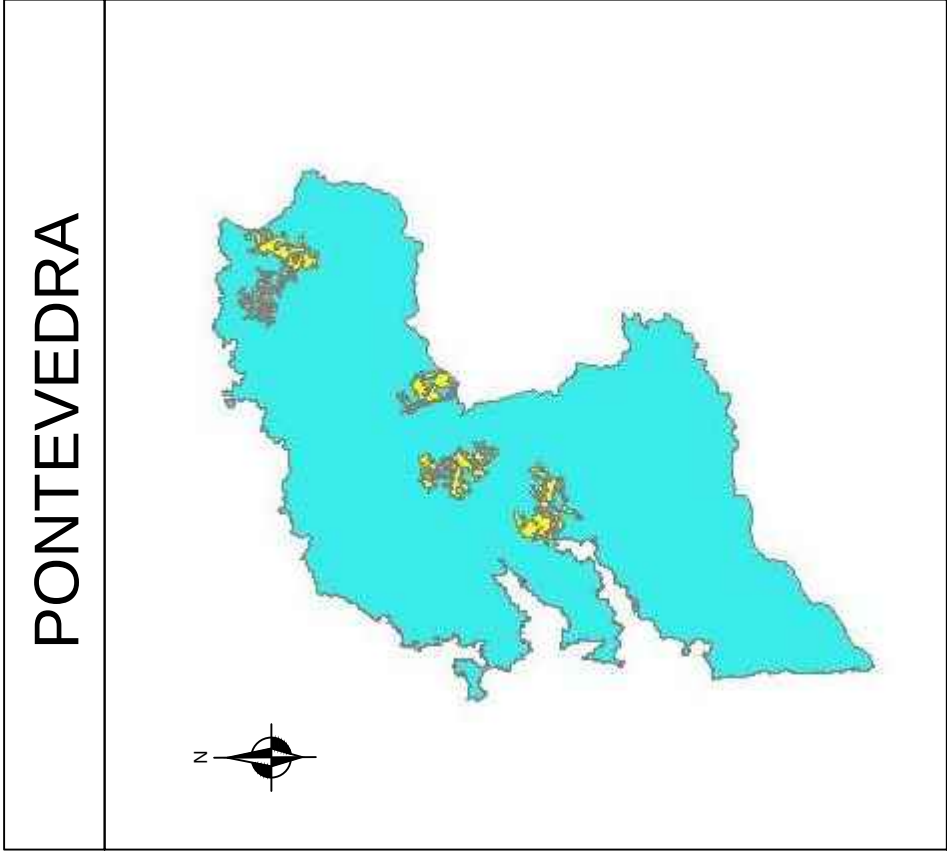
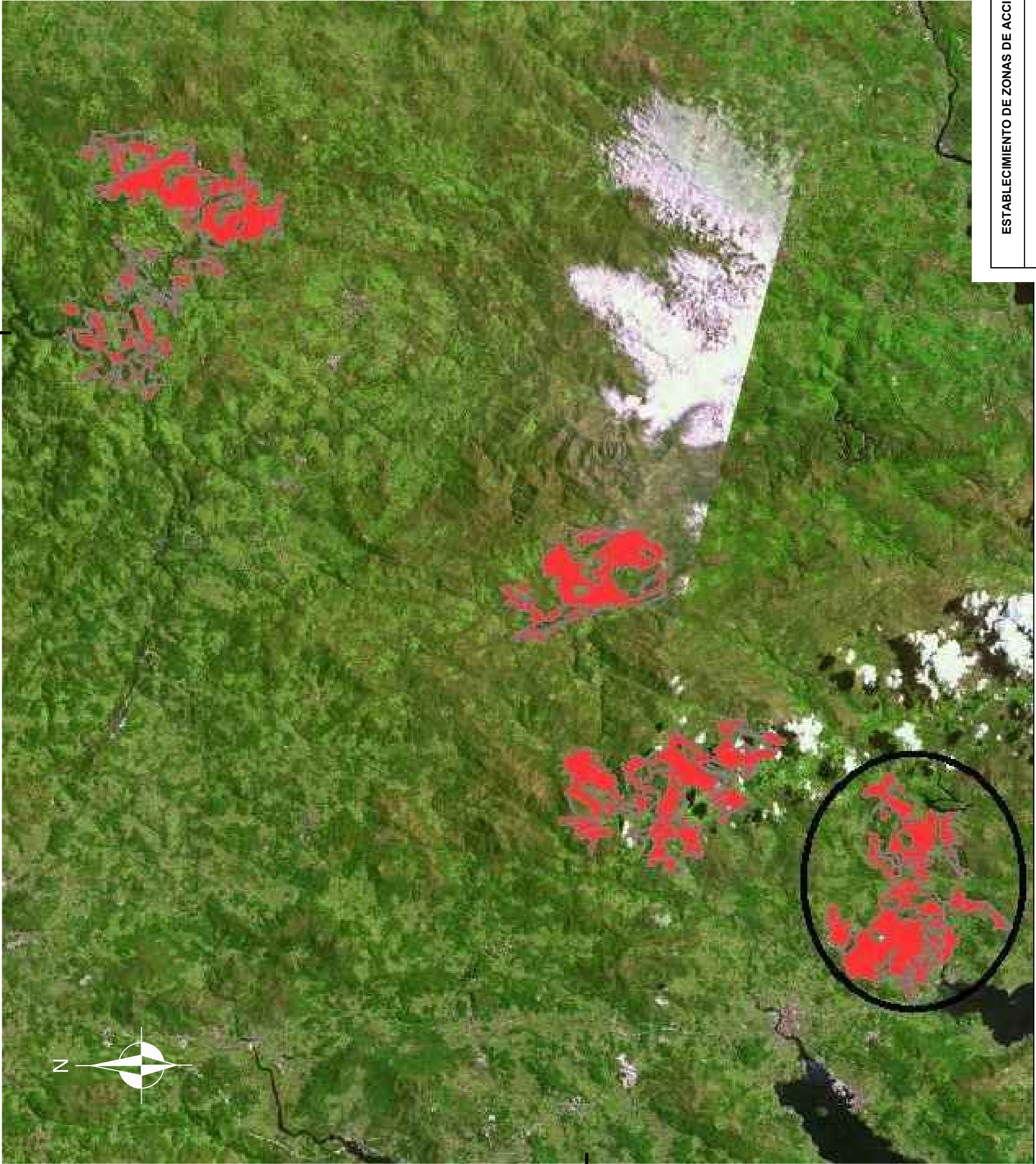
6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Centro de investigación y desarrollo de investigación geográfica (CIAF), “Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica”.
- [2] www.wikipedia.org 12.02.05
- [3] www.ign.es 24.02.15
- [4] E.S.R.I. “GIS for Defense and Intelligence”.
- [5] Sistemas de Información Geográfica, www.ageringenieros.com. 19.02.15
- [6] P.S.N. López Parra. “Los Sistemas de Información Geográfica”.
- [7] E.T.S. “Cartografía temática y sistemas de información geográfica”.
- [8] Gmv. Manual de usuario TALOS Técnico.
- [9] Sistemas de Información Geográfica Militar. Gutierrez Palacios.
- [10] XIV Jornadas UPM-FAS. “En la frontera de la tecnología aeroespacial”.
- [11] A. Ibañez. Sistemas de Información Geográfica para la mejora de la Gestión y la toma de decisiones.
- [12] www.infodefensa.com 11.03.15
- [13] www.indracompany.com 25.02.15
- [14] www.gmv.com 01.04.15
- [15] www.catastro.meh.es 16.03.15
- [16] www.gvsig.org/manual de usuario.27.03.15

- [17] www.centrodedescargas.cnig.es 19.02.15
- [18] www.magrama.gob.es 02.03.15
- [19] www.mapas.igme.es 11.03.15
- [20] www.ide.depo.es 29.01.15
- [21] www.mapas.xunta.es 13.03.15

ANEXO I: ZONAS INICIALES SELECCIONADAS

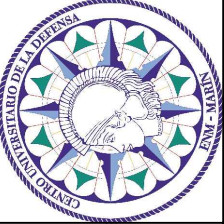
Se intenta con este anexo dar una imagen de los primeros resultados, por ello en este plano se muestran a escala y con fotografía aérea las zonas 1, 2, 3 y 4, que son las zonas iniciales que reunían todos los parámetros preestablecidos. De las cuatro zonas y después de estudiar una por una se selecciona la zona 1, que es la que se encuentra en el interior del círculo negro.



LEYENDA

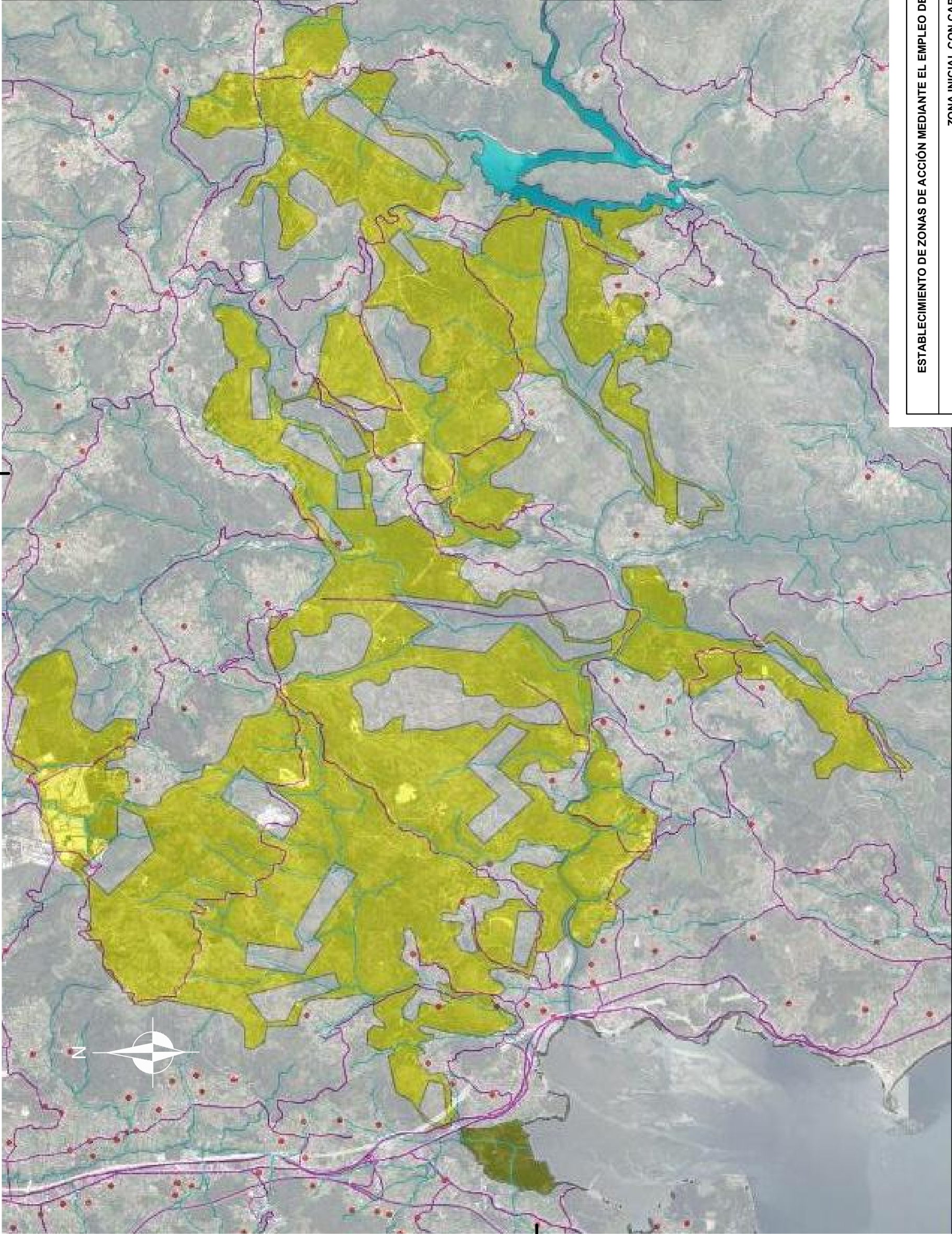
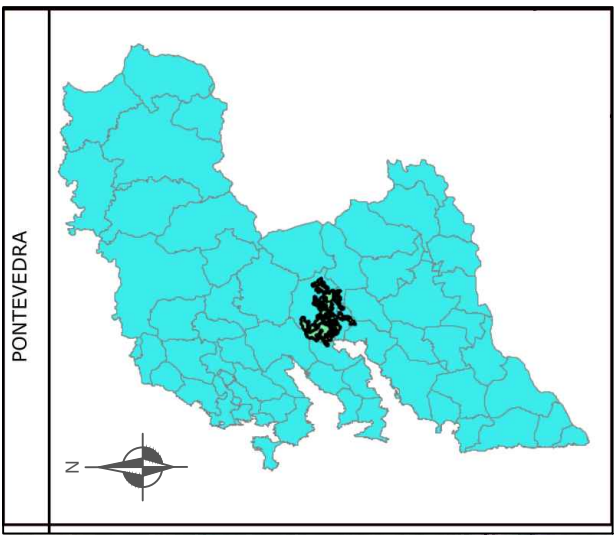
ZONAS ESTUDIADAS

ZONA ELEGIDA

ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE ACCIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)			
ZONAS INICIALES SELECCIONADAS			
 LOCALIZACIÓN DE NORTE A SUR 1- A GOLADA/LALIN/VILADECRUCES 2- FORCAREI 3- CAMPOLAMEIRO/COTOBADE/CERDEDO 4- PONTECANDELAS/SOUTOMAYOR /PONTEVEDRA/VILABOAR/REDONDELA /FORNELOS DE MONTES	Autor	JUAN FRANCISCO PATO GANDARAS	Datum
	Firma		ETRS 89
		Fecha	08.04.15
		Escala	1:250000
		Coordenadas	UTM
		DIN	A3
		Nº Plano	1

ANEXO II: ZONA FINAL CON CAPAS

En este mapa se intenta ofrecer un enfoque global y conjunto de la zona 1 y todos los parámetros estudiados, si bien, resulta imposible, ya que todos ellos se entorpecerían en una correcta visualización, por lo que se resume a los considerados más importantes.



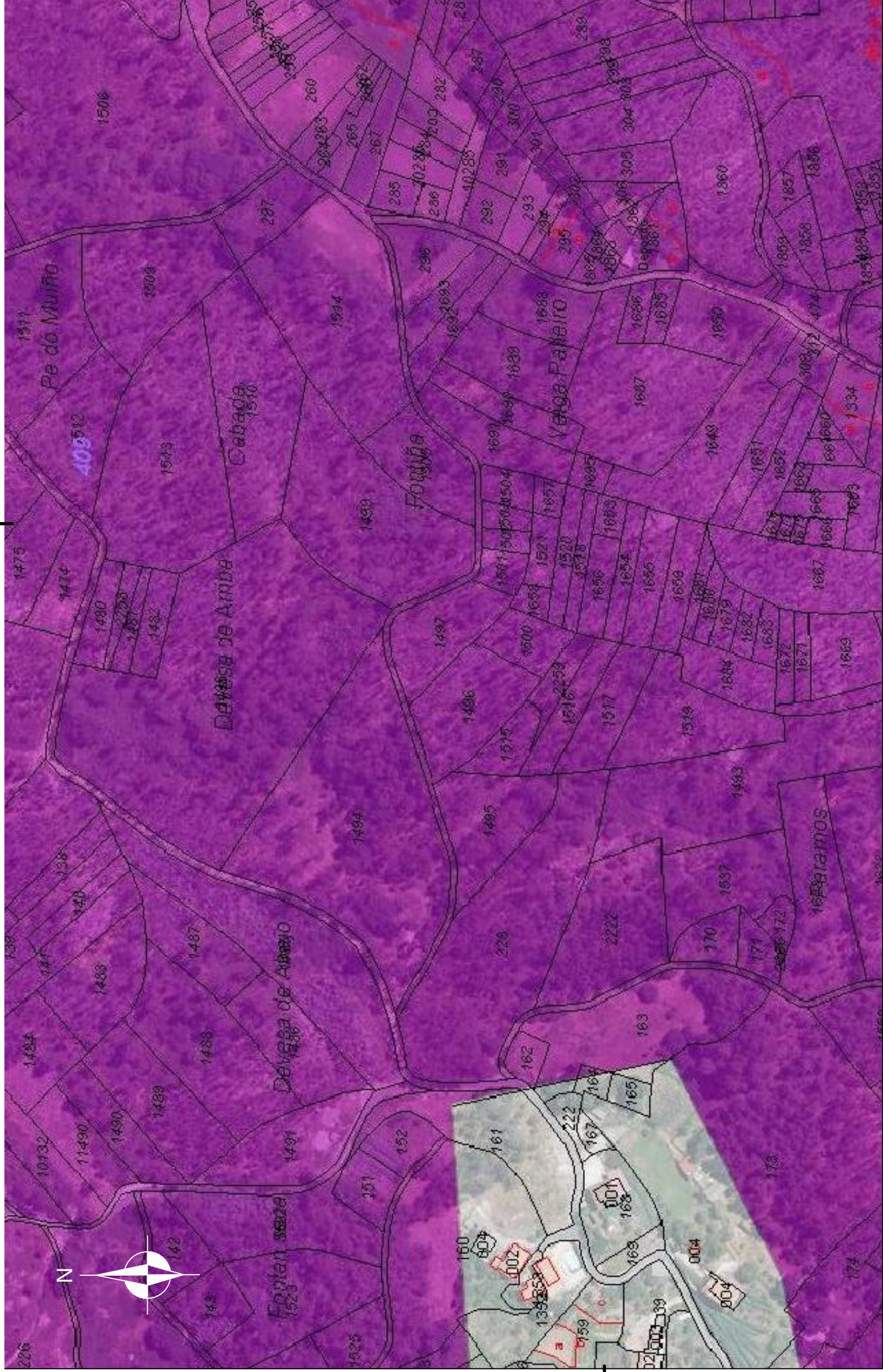
LEYENDA	
	ZONA ELEGIDA
	RIOS Y LAGOS
	ESPACIOS PROTEGIDOS
	POBLACIÓN
	CARRETERAS

ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE ACCIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)					
ZONA INICIAL CON CAPAS					
	LOCALIZACIÓN AYUNTAMIENTOS: PONTECADELAS/SOUTOMAYOR/PONTEVEDRA /VILABOIA/REDONDELA/FORNELOS DE MONTES PROVINCIA: PONTEVEDRA	Autor	Datum	Coordenadas	DIN
		JUAN FRANCISCO PATO GANDARAS	ETRS 89	UTM	A3
		Firma	Fecha	Escala	Nº Plano
			08.04.15	1:50000	2



ANEXO III: CATASTRO

El anexo III busca mostrar el grado de detalle que ofrecen las conexiones en línea WMS, y como aparece cada parcela con su número, que sería suficiente para profundizar más en ella.



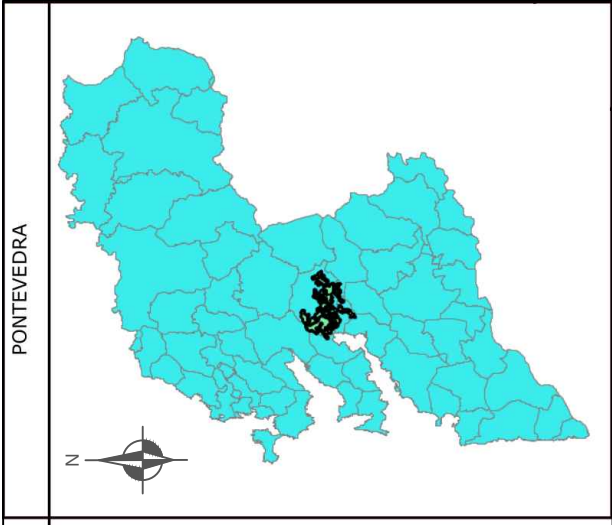
LEYENDA	
	ZONA ELEGIDA
	PARCELAS DEL CATASTRO
	ZONA NO SELECCIONADA



ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE ACCIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)					
CATASTRO					
	LOCALIZACIÓN AYUNTAMIENTO: PONTEVEDRA PROVINCIA: PONTEVEDRA	Autor	Datum	Coordenadas	DIN
		JUAN FRANCISCO PATO GANDARAS Firma	ETRS 89	UTM	A3
			Fecha	Escala	Nº Plano
			08.04.15	1:50000	3

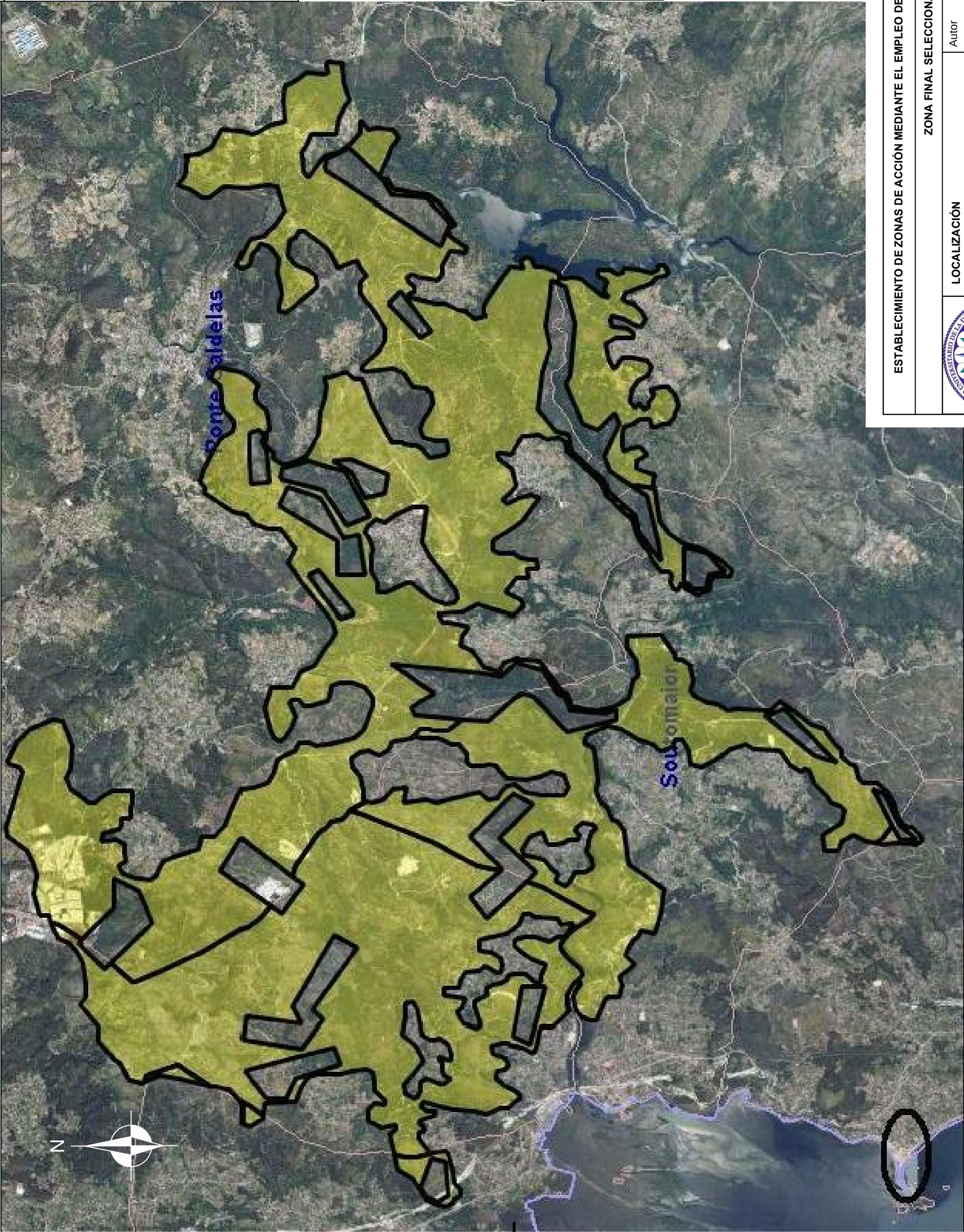
ANEXO IV: ZONA FINAL SELECCIONADA

El mapa muestra perfectamente el contorno de la zona 1, así como la playa de Cesantes sobre imagen real y a escala del terreno. Con el nos podemos hacer una idea más exacta de la extensión de terreno y lugar que ocupa la zona dentro de los respectivos Concellos.



LEYENDA

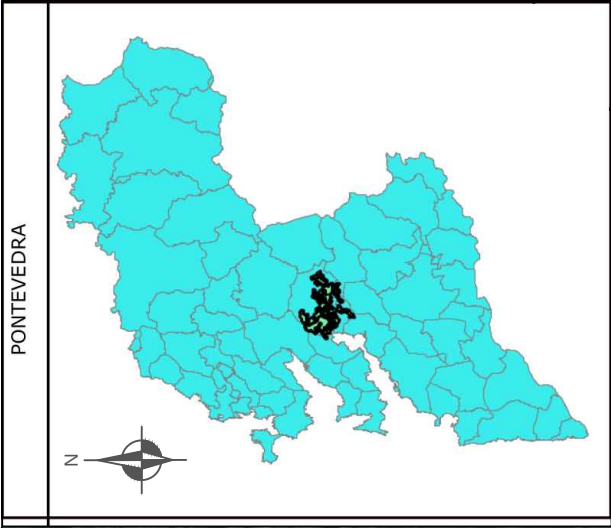
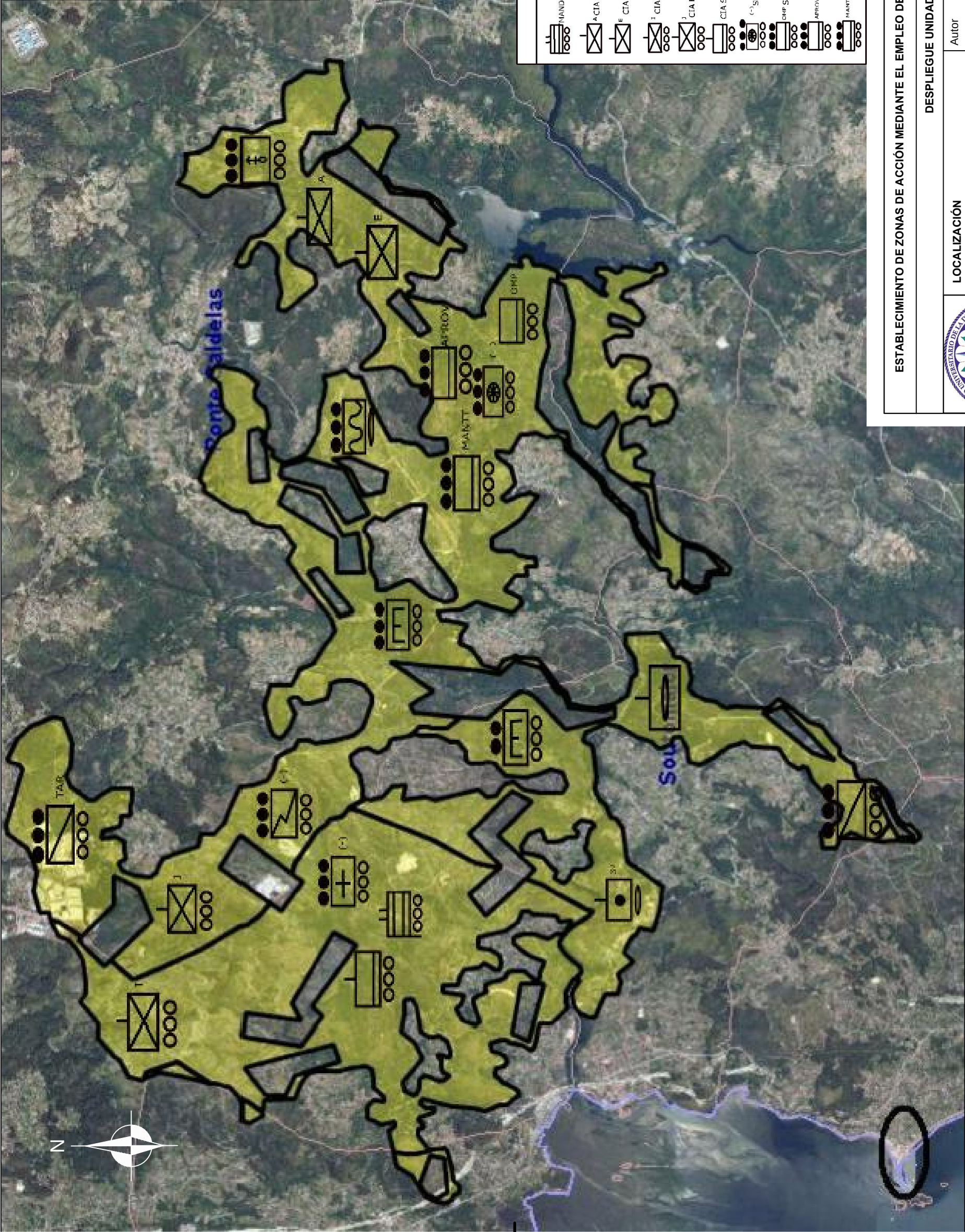
- LÍMITE DE ZONA
- ZONA DE TERRENO A OCUPAR
- PLAYA CESANTES



ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE ACCIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)					
ZONA FINAL SELECCIONADA					
	LOCALIZACIÓN AYUNTAMIENTOS: PONTECADELAS/SOUTOMAYOR/PONTEVEDRA /VILABOIA/REDONDELA/FORNELOS DE MONTES PROVINCIA: PONTEVEDRA	Autor	Datum	Coordenadas	DIN
		JUAN FRANCISCO PATO GANDARAS	ETRS 89	UTM	A3
		Firma	Fecha	Escala	Nº Plano
			08.04.15	1:50000	4

ANEXO V: DESPLIEGUE UNIDAD

Finalmente, el anexo V es una ampliación del anexo IV, mostrando lo que podría ser un posible despliegue de la unidad militar propuesta y que lugares ocuparían en el terreno.



LEYENDA	
	MANDO III BON
	4 CIA FUSILES A
	CIA FUSILES E
	1 CIA FUSILES MZ I
	2 CIA FUSILES MZ J
	CIA SERVICIOS
	1 CIA SECC TP-AUTO
	2 CIA SECC ORG. MOVIMIENTO PLAYA
	3 CIA SECC APROVISIONAMIENTO
	4 CIA SECC MANTENIMIENTO
	1 CIA SECC CIS
	PELOTON ZAPADORES
	SECC ZAPADORES
	SECC RECONOCIMIENTO
	SECC TAR
	1 CIA SECC SANIDAD
	SECC AAV
	CIA CARROS
	BIA ARTILLERIA
	SECC M-81

ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE ACCIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)					
DESPLIEGUE UNIDAD					
	LOCALIZACIÓN AYUNTAMIENTOS: PONTECANDELAS/SOUTOMAYOR/PONTEVEDRA /VILABOA/REDONDELA/FORNELOS DE MONTES PROVINCIA: PONTEVEDRA	Autor	Datum	Coordenadas	DIN
		JUAN FRANCISCO PATO GANDARAS	ETRS 89	UTM	A3
		Firma	Fecha	Escala	Nº Plano
			08.04.15	1:50000	5

