



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Escuela de Arquitectura y Geodesia

INGENIERÍA EN GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

TRABAJO FIN DE CARRERA

***ANÁLISIS GIS EN LA EVALUACIÓN DE
IDONEIDAD DEL EMPLAZAMIENTO DEL
ALMACEN TEMPORAL CENTRALIZADO DE
COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO Y
RESIDUOS RADIOACTIVOS DE ALTA ACTIVIDAD***

Autor: Luis Miguel Martín Ruiz

Director: Francisco Javier Escobar Martínez

TRIBUNAL

Presidente.....

Vocal 1º.....

Vocal 2º.....

CALIFICACIÓN:.....

FECHA: de septiembre de 2010

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Escuela de Arquitectura y Geodesia

INGENIERÍA EN GEODESIA Y CARTOGRAFÍA



TRABAJO FIN DE CARRERA

***ANÁLISIS GIS EN LA EVALUACIÓN DE
IDONEIDAD DEL EMPLAZAMIENTO DEL
ALMACEN TEMPORAL CENTRALIZADO DE
COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO Y RESIDUOS
RADIOACTIVOS DE ALTA ACTIVIDAD***

**Luis Miguel Martín Ruiz
2010**

INDICE

i AGRADECIMIENTOS	8
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
Antecedentes	10
Objetivos del proyecto	14
Alcance del proyecto	16
Metodología del proyecto	17
MODELO CONCEPTUAL	21
Información de partida	21
Carga de datos	22
Escala del trabajo	23
Sistema de referencia	23
Herramientas de trabajo	24
Candidaturas al ATC	24
Disposición general - (<i>municipios candidatos y centros de producción</i>)	25
REQUISITOS	27
Criterios de Exclusión	27
Superficie útil por municipio - (<i>extensión disponible por municipio</i>)	49
RESTRICCIONES	54
Selección de criterios	54

Por el Terreno (aspectos superficiales)	54
Topografía/Pendientes - <i>(Restricción por pendiente)</i>	55
Hidrológica - <i>(Restricción por masas y cursos de agua)</i>	63
Por el Terreno (aspectos internos)	72
Geológica - <i>(Restricción por geología)</i>	72
Por Transporte	86
Líneas de Ferrocarril - <i>(Restricción por vías de comunicación)</i>	87
Vías de comunicación - <i>(Restricción por vías de comunicación)</i>	93
Sociales	99
Núcleos urbanos - <i>(Restricción por distancias a núcleos urbanos)</i>	99
Demografía - <i>(Restricción por distribución de la población)</i>	105
Por Tamaño y forma - <i>(Restricción por forma y superficie)</i>	111
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS GIS	119
Análisis de restricciones – Estandarización de variables	119
Estudio metodológico – Distribución de pesos	127
Resultados – Idoneidad de las parcelas	130
CONCLUSIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXOS (I)	148
(II)	155
(III)	162
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE MAPAS	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1	- Emplazamiento de centrales, reactores e instalaciones radioactivas	-----	7
Figura nº 2	- Lista definitiva de candidaturas admitidas y excluidas	-----	8
Figura nº 3	- Proceso de extracción de área de influencia 1ª categoría	-----	23
Figura nº 4	- Proceso de extracción de área de influencia 2ª categoría	-----	24
Figura nº 5	- Proceso de extracción de área de influencia cascos urbanos	-----	24
Figura nº 6	- Proceso de extracción de área de influencia infraestructuras	-----	25
Figura nº 7	- Proceso de extracción de área de influencia de ríos y afluentes	-----	25
Figura nº 8	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Ascó	-----	44
Figura nº 9	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Albalá	-----	45
Figura nº 10	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Congosto	-----	45
Figura nº 11	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Melgar/Santervás	-----	46
Figura nº 12	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Torrubia de Soria	-----	47
Figura nº 13	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Villar de Cañas	-----	47
Figura nº 14	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Yebra	-----	48
Figura nº 15	- Parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Zarra	-----	48
Figura nº 16	- Diagrama de flujo para generación de pendientes en ° sexagesimales	-----	50
Figura nº 17	- Modelo digital del terreno de Albalá	-----	51
Figura nº 18	- Modelo de pendientes en ° sex. de Albalá	-----	51
Figura nº 19	- Pendientes en las parcelas útiles de Albalá	-----	51
Figura nº 20	- Modelo digital del terreno de Ascó	-----	52
Figura nº 21	- Modelo de pendientes en ° sex. de Ascó	-----	52
Figura nº 22	- Pendientes en las parcelas útiles de Ascó	-----	52
Figura nº 23	- Modelo digital del terreno de Congosto de Valdavia	-----	53
Figura nº 24	- Modelo de pendientes en ° sex. de Congosto de Valdavia	-----	53
Figura nº 25	- Pendientes en las parcelas útiles de Congosto de Valdavia	-----	53
Figura nº 26	- Modelo digital del terreno de Melgar de Arriba / Santervás de Campos	-----	54
Figura nº 27	- Modelo de pendientes en ° sex. de Melgar de Arriba / Santervás de Campos	-----	54
Figura nº 28	- Pendientes en las parcelas útiles de Melgar de Arriba / Santervás de Campos	-----	54
Figura nº 29	- Modelo digital del terreno de Villar de Cañas	-----	55
Figura nº 30	- Modelo de pendientes en ° sex. de Villar de Cañas	-----	55
Figura nº 31	- Pendientes en las parcelas útiles de Villar de Cañas	-----	55
Figura nº 32	- Modelo digital del terreno de Yebra	-----	56
Figura nº 33	- Modelo de pendientes en ° sex. de Yebra	-----	56
Figura nº 34	- Pendientes en las parcelas útiles de Yebra	-----	56
Figura nº 35	- Modelo digital del terreno de Zarra	-----	57
Figura nº 36	- Modelo de pendientes en ° sex. de Zarra	-----	57
Figura nº 37	- Pendientes en las parcelas útiles de Zarra	-----	57
Figura nº 38	- Disposición geográfica de masas y cursos de agua peninsulares	-----	58
Figura nº 39	- Herramientas modelizadas para la obtención de la cobertura de hidrografía	-----	58
Figura nº 40	- Modelo para generar el mapa de distancias por restricción hidrográfica	-----	59
Figura nº 41	- Cobertura raster de restricción hidrográfica	-----	59
Figura nº 42	- Modelo de extracción de áreas útiles por restricción hidrográfica	-----	60
Figura nº 43	- Distancia a masas de agua relativas al término de Albalá	-----	60
Figura nº 44	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Albalá	-----	60
Figura nº 45	- Distancia a masas de agua relativas al término de Ascó	-----	61
Figura nº 46	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Ascó	-----	61
Figura nº 47	- Distancia a masas de agua relativas al término de Congosto	-----	62
Figura nº 48	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Congosto	-----	62

Figura nº 49	- Distancia a masas de agua relativas al término de Melgar de Arriba	-----	62
Figura nº 50	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Melgar	-----	62
Figura nº 51	- Distancia a masas de agua relativas al término de Santervás de Campos	-----	63
Figura nº 52	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Santervás	-----	63
Figura nº 53	- Distancia a masas de agua relativas al término de Villar	-----	64
Figura nº 54	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Villar	-----	64
Figura nº 55	- Distancia a masas de agua relativas al término de Yebra	-----	65
Figura nº 56	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Yebra	-----	65
Figura nº 57	- Distancia a masas de agua relativas al término de Zarra	-----	66
Figura nº 58	- Distancia a masas de agua correspondientes a las áreas útiles de Zarra	-----	66
Figura nº 59	- Sismicidad histórica en España	-----	67
Figura nº 60	- Peligrosidad sísmica en España	-----	67
Figura nº 61	- Leyenda Estratigráfica	-----	69
Figura nº 62	- Hojas del MAGNA correspondientes a Albalá	-----	70
Figura nº 63	- Hojas del MAGNA correspondientes a Ascó	-----	70
Figura nº 64	- Hojas del MAGNA correspondientes a Congosto de Valdavia	-----	71
Figura nº 65	- Hojas del MAGNA correspondientes a Melgar de Arriba	-----	71
Figura nº 66	- Hojas del MAGNA correspondientes a Santervás de Campos	-----	71
Figura nº 67	- Hojas del MAGNA correspondientes a Villar de Cañas	-----	72
Figura nº 68	- Hojas del MAGNA correspondientes a Yebra	-----	72
Figura nº 69	- Hojas del MAGNA correspondientes a Zarra	-----	72
Figura nº 70	- Modelo para generar las coberturas raster por restricción geológica	-----	75
Figura nº 71	- Herramienta de obtención de coberturas raster a partir de entidades vector	-----	76
Figura nº 72	- Cobertura geológica vector y cobertura raster de tipo de suelo para Albalá	-----	76
Figura nº 73	- Cobertura geológica vector correspondiente a Ascó	-----	76
Figura nº 74	- Cobertura raster de tipo de suelo para Ascó	-----	77
Figura nº 75	- Cobertura geológica vector correspondiente a Congosto de Valdavia	-----	77
Figura nº 76	- Cobertura raster de tipo de suelo para Congosto de Valdavia	-----	77
Figura nº 77	- Cobertura geológica vector correspondiente a Melgar / Santervás	-----	78
Figura nº 78	- Cobertura raster de tipo de suelo para Melgar de Arriba/Santervás de Campos	-----	78
Figura nº 79	- Cobertura geológica vector correspondiente a Villar de Cañas	-----	79
Figura nº 80	- Cobertura raster de tipo de suelo para Villar de Cañas	-----	79
Figura nº 81	- Cobertura geológica vector correspondiente a Yebra	-----	80
Figura nº 82	- Cobertura raster de tipo de suelo para Yebra	-----	80
Figura nº 83	- Cobertura geológica vector correspondiente a Zarra	-----	80
Figura nº 84	- Cobertura raster de tipo de suelo para Zarra	-----	80
Figura nº 85	- Imágenes de logística y medios de transporte para residuos radioactivos	-----	81
Figura nº 86	- Diagrama de flujo para la determinación de distancias al ferrocarril	-----	83
Figura nº 87	- Herramienta de geoprocésamiento para determinar distancias a vías ffcc.	-----	83
Figura nº 88	- Modelo de extracción para cada municipio de la restricción por ffcc.	-----	84
Figura nº 89	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Albalá	-----	85
Figura nº 90	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Ascó	-----	85
Figura nº 91	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Congosto	-----	86
Figura nº 92	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente Melgar/Santervás	-----	86
Figura nº 93	- Distancias relativas a la red ferroviaria de Villar, Yebra y Zarra	-----	87
Figura nº 94	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Villar de Cañas	-----	87
Figura nº 95	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Yebra	-----	87
Figura nº 96	- Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Zarra	-----	88
Figura nº 97	- Diagrama de flujo para la determinación de distancias a carreteras	-----	89
Figura nº 98	- Herramienta de geoprocésamiento para determinar distancias a carreteras	-----	89

Figura nº 99 - Modelo de extracción para cada municipio de la restricción por carreteras	-----	90
Figura nº 100 - Cobertura raster por distancia a carreteras de Albalá	-----	91
Figura nº 101 - Cobertura raster por distancia a carreteras de Ascó	-----	91
Figura nº 102 - Cobertura raster por distancia a carreteras de Congosto de Valdavia	-----	92
Figura nº 103 - Cobertura raster por distancia a carreteras para Melgar y Santervás	-----	92
Figura nº 104 - Cobertura raster por distancia a carreteras para Villar de Cañas	-----	93
Figura nº 105 - Cobertura raster por distancia a carreteras para Yebra	-----	93
Figura nº 106 - Cobertura raster por distancia a carreteras para Zarra	-----	93
Figura nº 107 - Herramienta de selección de poblaciones con mas de 5000 habitantes	-----	94
Figura nº 108 - Diagrama de flujo para la determinación de distancias a poblaciones	-----	94
Figura nº 109 - Herramienta de geoprociamiento para determinar distancias a poblaciones	-----	95
Figura nº 110 - Modelo de extracción para cada municipio de restricción por núcleos urbanos	-----	96
Figura nº 111 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Albalá	-----	97
Figura nº 112 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Ascó	-----	97
Figura nº 113 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Congosto de Valdavia	-----	98
Figura nº 114 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Melgar y Santervás	-----	98
Figura nº 115 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Villar de Cañas	-----	99
Figura nº 116 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Yebra	-----	99
Figura nº 117 - Cobertura raster por distancia a poblaciones para Zarra	-----	99
Figura nº 118 - Diagrama de flujo para determinar la distribución demográfica de la población	-----	100
Figura nº 119 - Herramienta de selección de poblaciones en cada área de influencia	-----	100
Figura nº 120 - Municipios situados en el radio de afección de Albalá	-----	101
Figura nº 121 - Estadística de distribución de población para Albalá	-----	102
Figura nº 122 - Estadística de distribución de población para Ascó	-----	102
Figura nº 123 - Estadística de distribución de población para Congosto de Valdavia	-----	103
Figura nº 124 - Estadística de distribución de población para Melgar de Arriba	-----	103
Figura nº 125 - Estadística de distribución de población para Santervás de Campos	-----	103
Figura nº 126 - Estadística de distribución de población para Villar de Cañas	-----	103
Figura nº 127 - Estadística de distribución de población para Yebra	-----	104
Figura nº 128 - Estadística de distribución de población para Zarra	-----	104
Figura nº 129 - Gráficos de distribución de la población	-----	105
Figura nº 130 - Herramienta de gestión para geodatabases	-----	106
Figura nº 131 - Herramienta de selección de superficies mayores de 15 hectáreas	-----	107
Figura nº 132 - Campos correspondientes a la tabla de entidades por municipios	-----	107
Figura nº 133 - Selección por tamaño de áreas útiles para Albalá	-----	108
Figura nº 134 - Selección por tamaño de áreas útiles para Ascó	-----	108
Figura nº 135 - Selección por tamaño de áreas útiles para Congosto de Valdavia	-----	108
Figura nº 136 - Selección por tamaño de áreas útiles para Melgar y Santervás	-----	109
Figura nº 137 - Selección por tamaño de áreas útiles para Villar de Cañas	-----	109
Figura nº 138 - Selección por tamaño de áreas útiles para Yebra	-----	110
Figura nº 139 - Selección por tamaño de áreas útiles para Zarra	-----	110
Figura nº 140 - Herramienta de geoprociamiento para cálculo de atributos	-----	111
Figura nº 141 - Herramienta de geoprociamiento para cálculo de perímetro máximo	-----	111
Figura nº 142 - Herramienta de geoprociamiento para cálculo del ratio de forma	-----	112
Figura nº 143 - Modelo y herramienta para generar coberturas raster por restricción de forma	-----	112
Figura nº 144 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Albalá	-----	113
Figura nº 145 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Ascó	-----	113
Figura nº 146 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Congosto	-----	113
Figura nº 147 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Melgar y Santervás	-----	113
Figura nº 148 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Villar de Cañas	-----	113

Figura nº 149 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Yebra	-----	113
Figura nº 150 - Cobertura raster por restricción de forma y superficie para Zarra	-----	113
Figura nº 151 - Estandarización de la restricción por pendiente para Albalá	-----	116
Figura nº 152 - Estandarización de la restricción por hidrografía para Albalá	-----	116
Figura nº 153 - Estandarización de la restricción por Geología para Albalá	-----	117
Figura nº 154 - Estandarización de la restricción por ferrocarriles para Albalá	-----	118
Figura nº 155 - Estandarización de la restricción por carreteras para Albalá	-----	118
Figura nº 156 - Estandarización de la restricción por poblaciones para Albalá	-----	119
Figura nº 157 - Estandarización de la restricción por forma y superficie para Albalá	-----	120
Figura nº 158 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Albalá	-----	127
Figura nº 159 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Albalá	-----	127
Figura nº 160 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Ascó	-----	128
Figura nº 161 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Ascó	-----	128
Figura nº 162 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Congosto	-----	129
Figura nº 163 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Congosto	-----	129
Figura nº 164 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Melgar/Santervás	-----	130
Figura nº 165 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Melgar/Santervás	-----	131
Figura nº 166 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Villar de Cañas	-----	132
Figura nº 167 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Villar de Cañas	-----	132
Figura nº 168 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Yebra	-----	133
Figura nº 169 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Yebra	-----	133
Figura nº 170 - Idoneidad por parcelas sin ponderación de restricciones para Zarra	-----	134
Figura nº 171 - Idoneidad por parcelas con restricciones ponderadas para Zarra	-----	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1 - Relación de municipios candidatos	-----	11
Tabla nº 2 - Situación geográfica de los municipios candidatos	-----	20
Tabla nº 3 - Superficie de parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Ascó	-----	44
Tabla nº 4 - Superficie parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Albalá	-----	45
Tabla nº 5 - Superficie parcelas resultantes de aplicar criterios de exclusión en Congosto	-----	45
Tabla nº 6 - Superficie parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Melgar	-----	46
Tabla nº 7 - Superficie parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Santervás	-----	46
Tabla nº 8 - Superficie parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Villar	-----	47
Tabla nº 9 - Superficie parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Yebra	-----	48
Tabla nº 10 - Superficie parcelas resultantes de aplicar los criterios exclusión en Zarra	-----	48
Tabla nº 11 - Tabla de clasificación por estimación relativa del efecto suelo	-----	68
Tabla nº 12 - Tabla de clasificación del suelo y correspondencia por categoría sísmica	-----	73
Tabla nº 13 - Tabla de entidades vectoriales con descripción de campos en Albalá	-----	75
Tabla nº 14 - Tabla de selección de entidades por consulta espacial	-----	102
Tabla nº 15 - Tabla de determinación de índices demográficos	-----	104
Tabla nº 16 - Tabla de atributos para Albalá	-----	106
Tabla nº 17 - Tabla de selección por atributos en Zarra	-----	107
Tabla nº 18 - Tabla de idoneidad por factores de Laura Xinglai Huang et al.	-----	115
Tabla nº 19 - Tabla general de estandarización de valores para cada restricción	-----	122
Tabla nº 20 - Tabla de pesos pair-wise propuesta por Laura Xinglai Huang et al.	-----	123
Tabla nº 21 - Tabla de restricciones ponderadas según metodología propuesta	-----	126
Tabla nº 22 - Tabla general de idoneidad sin valores ponderados, pesos unitarios	-----	137
Tabla nº 23 - Tabla general de idoneidad según metodología ponderada del Proyecto	-----	137

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa nº 1	- Mapa general de centrales nucleares y municipios candidatos al ATC	-----	21
Mapa nº 2	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Albalá	-----	26
Mapa nº 3	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Albalá	-----	26
Mapa nº 4	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Albalá	-----	27
Mapa nº 5	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Albalá	-----	27
Mapa nº 6	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Ascó	-----	28
Mapa nº 7	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Ascó	-----	28
Mapa nº 8	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Ascó	-----	29
Mapa nº 9	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Ascó	-----	29
Mapa nº 10	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Congosto	-----	30
Mapa nº 11	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Congosto	-----	30
Mapa nº 12	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Congosto	-----	31
Mapa nº 13	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Congosto	-----	31
Mapa nº 14	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Melgar	-----	32
Mapa nº 15	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Melgar	-----	32
Mapa nº 16	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Melgar	-----	33
Mapa nº 17	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Melgar	-----	33
Mapa nº 18	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Santervás	-----	34
Mapa nº 19	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Santervás	-----	34
Mapa nº 20	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Santervás	-----	35
Mapa nº 21	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Santervás	-----	35
Mapa nº 22	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Torrubia	-----	36
Mapa nº 23	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Torrubia	-----	36
Mapa nº 24	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Torrubia	-----	37
Mapa nº 25	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Torrubia	-----	37
Mapa nº 26	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Villar	-----	38
Mapa nº 27	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Villar	-----	38
Mapa nº 28	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Villar	-----	39
Mapa nº 29	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Villar	-----	39
Mapa nº 30	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Yebra	-----	40
Mapa nº 31	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Yebra	-----	40
Mapa nº 32	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Yebra	-----	41
Mapa nº 33	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Yebra	-----	41
Mapa nº 34	- Mapa de zonas excluidas por áreas urbanas y transporte para Zarra	-----	42
Mapa nº 35	- Mapa de zonas excluidas por áreas protegidas y de interés para Zarra	-----	42
Mapa nº 36	- Mapa de zonas excluidas por áreas de protección ambiental para Zarra	-----	43
Mapa nº 37	- Mapa de zonas excluidas por presencia de masas de agua para Zarra	-----	43
Mapa nº 38	- Mapa de trazado ferroviario y estaciones de ferrocarril	-----	82
Mapa nº 39	- Mapa de distancias a las vías de ferrocarril - Restricción por ffcc.	-----	84
Mapa nº 40	- Mapa de red viaria de autopistas, autovías y autonómicas de 1º orden	-----	88
Mapa nº 41	- Mapa de distancias a carreteras - Restricción por vías de comunicación	-----	90
Mapa nº 42	- Mapa general de distribución de poblaciones con mas de 5000 habitantes	-----	95
Mapa nº 43	- Mapa de distancias a poblaciones - Restricción por núcleos urbanos	-----	96
Mapa nº 44	- Mapa demográfico con afección de poblaciones a cada municipio candidato	-----	101
Mapa nº 45	- Mapa general de idoneidad sin valores ponderados	-----	135
Mapa nº 46	- Mapa general de idoneidad según metodología ponderada del Proyecto	-----	136

I AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar al director y tutor del presente proyecto, Francisco Escobar Martínez, profesor titular de del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares, la orientación y oportunidad de realizar este trabajo. Así como a María Concepción Alonso Rodríguez, profesora del Departamento de Matemáticas, que me orientó en el análisis matemático de las variables consideradas.

Quisiera agradecer también a Manuel Calle Soto, especialista en ArcGIS, las dudas resueltas en materia de herramientas de ArcMap, así como a mi hermano Juan Manuel que me ayudó con el análisis geológico realizado y a Marga por sus comentarios y apoyo incondicional. Y por supuesto a mi familia por la paciencia con que han sobrellevado la carga, tiempo y dedicación que ha supuesto la realización del presente trabajo.

Finalmente a las Instituciones como el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Instituto Geológico y Minero (IGME), el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MAMR) y el Instituto Nacional de Estadística (INE) que desde sus portales web ponen a disposición del ciudadano en general, la información geoespacial que posibilita la realización de estudios de esta naturaleza.

RESUMEN

El presente trabajo fin de carrera tiene como objetivo determinar la idoneidad de los diferentes emplazamientos candidatos a albergar el Almacén Temporal Centralizado de combustible nuclear gastado y residuos radioactivos de alta actividad (en adelante ATC), estableciendo para ello una metodología de análisis, mediante herramientas GIS.

La metodología que se propone se basa en el análisis realizado por Laura Xinglai Huang, Grant Sheng and Lei Wang, en *GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site*, donde se proporciona un método para buscar, caracterizar y evaluar el emplazamiento óptimo para una instalación de procesamiento y depósito geológico profundo de residuos nucleares en Canadá, aplicando un proceso analítico- jerárquico con índices ponderados en función de las restricciones que se establecen.

El proceso seguido en este trabajo adecua la metodología de referencia al escenario español, en donde el almacenamiento se plantea en superficie y en un espacio temporal perfectamente acotado. En él se establecen tres fases diferenciadas:

- La primera, en la que se aplican los criterios de exclusión establecidos en la convocatoria oficial, o lo que es lo mismo, determinando los requisitos que tienen que cumplir los municipios candidatos, y obteniendo de cada uno la superficie apta para optar a dicho emplazamiento.
- En la segunda fase, se adecua la metodología de referencia, proponiéndose unos índices relativos a las variables que influyen directa e indirectamente en la decisión a tomar, estableciéndose de esta forma un proceso de restricciones jerarquizado.
- En la fase final, se realiza la linealización de restricciones y la ponderación de los índices considerados, obteniéndose una salida analítico-gráfica que indica de forma directa el valor del índice final de idoneidad, correspondiente a cada porción de territorio, que en el proyecto está establecida en 625 m² (paso de celda 25x25 m).

En el proyecto se analiza la influencia que tienen el terreno, las vías de comunicación, las componentes antrópicas y la forma y superficie disponible, en la determinación de la idoneidad del emplazamiento.

El resultado de fusionar las diversas coberturas en el GIS establecido, permite mediante el análisis raster de las diversas restricciones, obtener una categorización de las parcelas consideradas como aptas para el emplazamiento, con resultados gráficos muy intuitivos e interesantes, que establecen la base para posteriores análisis y estudios de detalle en las parcelas que los municipios candidatos puedan poner finalmente a disposición del Gobierno, para ubicar las Instalaciones y el Almacén Temporal Centralizado objeto de este Proyecto Fin de Carrera.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En España al inicio de la década de los 80, con la generación de energía de origen nuclear, apareció la necesidad de almacenar el combustible gastado procedente de las centrales nucleares, el cual en primera instancia se almacena normalmente en unas celdas o bastidores en el interior de piscinas revestidas de acero en las propias centrales nucleares.

La política de gestión del combustible gastado varía de unos países a otros, si bien en su etapa inicial en todos los casos, el combustible se enfría en las piscinas tras su irradiación en el reactor. Posteriormente se pueden seguir diferentes métodos, en el caso español, la opción elegida es la llamada “de ciclo cerrado”, el combustible gastado se envía a instalaciones comerciales de reprocesado, que pueden estar situadas en un país distinto al de origen, en las que se separa el uranio y el plutonio remanentes para su utilización posterior como combustible fresco. El resto de componentes (productos de fisión, actínidos, productos de activación, componentes estructurales), junto con algunos residuos del propio proceso, se acondicionan en matrices sólidas que deberán ser objeto asimismo, de almacenamiento temporal y gestión definitiva, retornando en su caso el material reprocesado al país de origen. *

Como se puede deducir, la necesidad de almacenamiento para el combustible gastado se presenta, en mayor medida, en el momento en que una central ha finalizado su ciclo de operatividad (vida útil) y se quiere proceder a su desmantelamiento. Para ello, resulta necesario descargar todo el combustible gastado (CG) de la piscina, como etapa previa a las tareas de desmantelamiento de la central y su posterior clausura. Durante el desmantelamiento de las centrales nucleares, como también ocurre en otras instalaciones radiactivas (como por ejemplo las vinculadas a actividades médicas, de enseñanza, industriales o de investigación), se generan otro tipo de residuos no procedentes del combustible, que por su contenido radiactivo en emisores alfa y de vida larga, exigen de un almacenamiento especial, que en nuestro caso deberán también ser almacenados en el ATC. * (Véase en bibliografía ENRESA).

En nuestro país los principales residuos radioactivos se han generado en una serie de instalaciones distribuidas por todo el territorio nacional, que utilizan materiales y sustancias radiactivas según lo regulado por la normativa específica aplicable y que son las denominadas Instalaciones Nucleares (II.NN.) e Instalaciones Radiactivas (II.RR.).

Los orígenes de estos residuos, así como los que potencialmente podrían generarse en el futuro, son los siguientes:

- Operación de las Centrales Nucleares (CC.NN.).
- Desmantelamiento de las CC.NN.
- Operación de la Fábrica de Elementos Combustibles de Juzbado (Salamanca).
- Desmantelamiento de la Fábrica de Elementos Combustibles de Juzbado.
- Residuos generados en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat).
- Desmantelamiento de reactores e instalaciones de investigación.
- Aplicación de los radioisótopos a la medicina, industria, agricultura e investigación.
- Incidentes producidos ocasionalmente.

- Operación de las propias instalaciones de almacenamiento.
- Reprocesado en el extranjero del combustible gastado procedente de CC.NN. españolas.

* En España se optó inicialmente por reprocesar el combustible gastado de las centrales de Vandellós I, José Cabrera y Santa M^a de Garoña. Esta práctica se interrumpió en 1982, salvo para la primera de estas centrales, que dejó de operar en el año 1989 y cuyo combustible hubo de reprocesarse, por razones técnicas, en su totalidad. Como consecuencia de los compromisos derivados de los diferentes contratos de reprocesado, deberán retornar a España diversos residuos de media y alta actividad, resultantes del reprocesado del combustible de la C.N. Vandellós I en las instalaciones de COGEMA en Francia, y los materiales energéticos (uranio y plutonio) recuperados en el reprocesado del combustible de la C.N. Santa M^a de Garoña en las instalaciones de BNFL en el Reino Unido.

Todos estos materiales se encuentran actualmente almacenados en Francia (residuos de la C.N. Vandellós I) y en el Reino Unido (materiales de la C.N. Santa M^a de Garoña). En el primer caso, los compromisos contractuales contemplan que deben volver a España entre los años 2010 y 2015, existiendo fuertes penalizaciones económicas si el primer transporte, (que deberá ser de residuos vitrificados de alta actividad), no tiene lugar antes del 31 de diciembre de 2010. En el segundo caso, los contratos actuales de almacenamiento cubren hasta el año 2011 para el Uranio, estando cumplidos los plazos para el Plutonio. Aunque el Gobierno está tratando de buscar soluciones alternativas para el almacenamiento de estos materiales, se puede entender la urgencia del Gobierno de decidir cuanto antes la determinación del emplazamiento idóneo y con ello la construcción de las instalaciones correspondientes al ATC.

Salvo las excepciones citadas anteriormente, todo el CG de las centrales de agua ligera que se ha generado en el parque nuclear español se viene almacenando en las piscinas de las correspondientes centrales. Ante la saturación prevista de la capacidad de éstas, a lo largo de la década de los noventa, se acometió la progresiva sustitución de los bastidores originales por otros más compactos, lo que ha permitido, en la mayoría de los casos, diferir notablemente en el tiempo la necesidad de dotar al sistema español de una capacidad de almacenamiento de CG adicional a la de las propias piscinas.* (*Véase en bibliografía ENRESA*).

Podemos afirmar que el almacén temporal centralizado es una instalación industrial diseñada para guardar en un único emplazamiento el combustible gastado y los residuos radiactivos de alta actividad que se producen en un país. La gestión de los residuos radiactivos mediante una instalación como esta, no solo parece la más adecuada sino que es la que han adoptado la mayoría de países desarrollados de nuestro entorno.

Con esta decisión se pretende dar respuesta a la gestión de 6.700 toneladas de materiales generados en el uso de la energía nuclear, habiéndose tenido en cuenta los siguientes condicionantes:

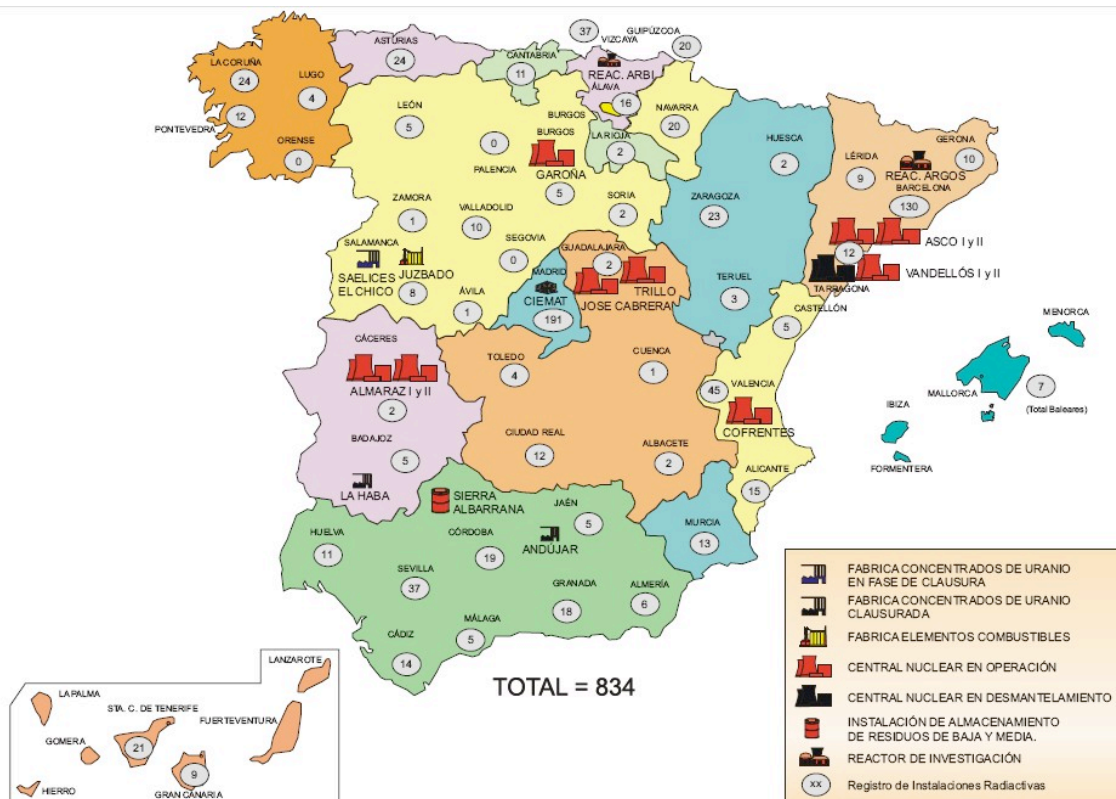
- Razones técnicas:
 - Saturación de las piscinas de las centrales nucleares
 - Necesidad de sacar el combustible para el desmantelamiento de las centrales nucleares que hayan terminado su vida útil.

Cofrentes	Saturación piscina prevista en 2013
Sta. María de Garoña	Piscina suficiente para 40 años operación
Almaraz 1	Saturación piscina prevista en 2020
Almaraz 2	Saturación piscina prevista en 2022
Ascó 1	Saturación piscina prevista en 2013
Ascó 2	Saturación piscina prevista en 2014

José Cabrera	Piscina suficiente hasta fin operación
Trillo	Piscina saturada en 2003
Vandellós 2	Saturación piscina prevista en 2021

- Los residuos de alta actividad de la central nuclear de Vandellós I, deben comenzar a retornar a España antes del 31 de diciembre de 2010, según contrato. Los materiales procedentes del reprocesado del combustible gastado de la central nuclear de Santa María de Garoña, que se encuentran almacenados en el Reino Unido, también tienen que volver a nuestro país.
- Razones de seguridad
 - La centralización en un único lugar es más seguro que la dispersión en varias ubicaciones ya que se optimiza la aplicación de las tecnologías y sistemas de seguridad pasivos y activos.
 - El riesgo de la dispersión, concretamente en siete emplazamientos, se ha calculado infinitamente mayor al de los transportes de este material, ya que los contenedores son diseñados y certificados bajo normas internacionales de calidad y no han sufrido incidente alguno en la experiencia internacional.
- Razones económicas:
 - La solución de la gestión centralizada de los residuos es significativamente menos costosa que la construcción de un almacén para cada central.
 - El coste, si no pueden volver los residuos de Vandellós I de Francia por no disponer de un almacén adecuado, puede ascender a 60.000 € diarios.

En la figura nº1 se muestra la situación de las centrales, reactores e instalaciones radioactivas, así como el número de instalaciones generadoras de residuos radiactivos, que a finales del 2008 era del orden de ochocientas.



(Figura nº1 – Emplazamiento de centrales, reactores e instalaciones radioactivas en España)

En relación con la gestión de los residuos que en dichas instalaciones se están generando, el Gobierno aprobó un Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) que actualiza la estrategia para la gestión temporal del combustible gastado (CG) y los residuos de alta actividad (RAA), determinando como pieza clave la construcción de un Almacén Temporal Centralizado (ATC), cuya puesta en funcionamiento actualmente está prevista en el entorno del año 2012. Así el Gobierno, en cumplimiento del mandato del Parlamento del año 2004 por el que se instaba a adoptar el ATC como estrategia temporal para la gestión del CG y los RAA, y de una proposición no de ley del año 2006, relativa al establecimiento de una Comisión Interministerial encargada de establecer los criterios que deberá cumplir el emplazamiento del ATC, aprobó con fecha de 23 de junio de 2006 el Real Decreto 775/2006, por el que se creaba la Comisión Interministerial que habría de elaborar los informes técnicos y jurídicos necesarios para llevar a cabo el proceso de selección del emplazamiento, informando de todo ello a la opinión pública como fase previa a la apertura de una convocatoria pública para que los municipios interesados en albergar esta instalación, así como su centro tecnológico asociado, puedan presentar sus candidaturas.

Convocatoria pública para la selección de municipios candidatos a albergar el emplazamiento del ATC y su centro tecnológico asociado

LISTA DEFINITIVA DE CANDIDATURAS ADMITIDAS Y EXCLUIDAS (aprobada por la Comisión Interministerial para el ATC y su centro tecnológico asociado en la reunión celebrada el 22 de febrero de 2010)		
Candidaturas definitivamente admitidas		
Municipio	Provincia	
Albala	Cáceres	
Ascó	Tarragona	
Congosto de Valdavia	Palencia	
Melgar de Arriba	Valladolid	
Santervás de Campos	Valladolid	
Torrubia de Soria	Soria	
Villar de Cañas	Cuenca	
Yebra	Guadalajara	
Zarra	Valencia	
Candidaturas definitivamente excluidas		
Municipio	Provincia	Causas
Villar del Pozo	Ciudad Real	Las alegaciones ratifican que el Pleno municipal se celebró fuera de plazo
Candidaturas desistidas		
Campo de San Pedro	Segovia	- Recepción en el MITYC de acuerdo del Pleno Municipal, de fecha 4-2-2010, desistiendo candidatura
Granja de Torrehermosa	Badajoz	- Recepción en el MITYC de escrito del Ayuntamiento, de fecha 17-02-2010, desistiendo candidatura
Lomas de Campos	Palencia	- Recepción en el MITYC de escrito del Ayuntamiento, de fecha 12-02-2010, desistiendo candidatura

Como resultado de la convocatoria pública realizada y tras el proceso inicial de valoración, la Comisión Interministerial para el ATC publica la lista definitiva de municipios candidatos a albergar el ATC y su centro tecnológico asociado (Figura nº2), iniciándose con ello un proceso de decisión, al cual este Proyecto pretende contribuir mediante la realización de un análisis GIS de diversas variables relacionadas con el problema en estudio.

(Figura nº2 – Lista definitiva de candidaturas admitidas y excluidas)

Objetivos del Proyecto

Con independencia del tratamiento final que haya de aplicarse al combustible gastado (CG) y los residuos de alta actividad (RAA), la solución a corto plazo planteada por el Gobierno, consiste en la construcción de un Almacén Temporal Centralizado (ATC) de residuos radioactivos, cuyo emplazamiento se determinará conforme a la convocatoria pública para la selección de los municipios candidatos a albergar dicho emplazamiento. La convocatoria se ha dirigido a todos los municipios situados en territorio español y a ella se podían concurrir individual o conjuntamente. Una vez analizadas las candidaturas, la Comisión Interministerial que se creó en 2006 para arbitrar este proceso, aprobó una lista de admitidos y excluidos, tras lo cual se inicia un proceso de análisis de la idoneidad de cada uno de los nueve términos municipales candidatos, de acuerdo con los criterios establecidos por la Comisión Interministerial, que tendrá como finalidad determinar el emplazamiento idóneo para albergar el ATC y su centro tecnológico asociado.

Así pues, al ser necesario tener en cuenta múltiples y diversos factores que posibiliten tomar la decisión adecuada, se considera oportuno aplicar las Tecnologías de Información Geográfica y en particular el establecimiento de un GIS como herramienta que posibilite el análisis de las variables que condicionan la idoneidad de uno u otro emplazamiento.

Dado que el desarrollo e implantación de Sistemas de Información Geográfica (GIS) facilita enormemente el análisis de la información espacial, convirtiéndose con ello en una herramienta indispensable de ayuda a la decisión, se propone con la metodología que se desarrolla en el presente proyecto, establecer la idoneidad de las diferentes parcelas correspondientes a los términos municipales candidatos, de forma que la ubicación final resulte lo mas óptima y adecuada de acuerdo a las diversas capas de información geoespacial tenidas en cuenta en el presente Proyecto.

El objetivo así pues, no es otro que evaluar la aptitud de los municipios candidatos a albergar dichas instalaciones estableciendo su grado de idoneidad conforme a la metodología que se propone en este proyecto.

El proceso de evaluación permitirá obtener diferentes mapas que detallarán la información analizada, la cual podrá utilizarse para otros estudios de ámbito territorial en dichos términos municipales.

El proyecto comprende unos objetivos específicos que permitirán paso a paso llevar a cabo el análisis final de idoneidad de cada una de las candidaturas presentadas. Todo ello será realizado conforme a la metodología mas adelante explicada, siendo posible aplicar otros análisis a las capas de información consideradas, o seguir otros criterios de selección y ponderación, que bien pudieran dar lugar un resultado final de idoneidad diferente del obtenido en este Proyecto.

Dentro de los objetivos específicos del proyecto caben señalar los siguientes:

1. Determinación de las áreas afectadas por los criterios de exclusión

Con ello se determinarán las áreas que por razón de los requerimientos establecidos en la convocatoria oficial, no pueden albergar el ATC, los cuales se agrupan en cuatro grandes bloques:

- a. Áreas de Áreas que formen parte de la Red Europea de la Conservación de la Naturaleza, Natura 2000, incluyendo Parques Nacionales, Parques Naturales y otras figuras equivalentes cuya gestión corresponde a las Comunidades Autónomas, los Lugares de Importancia Comunitaria (LICS) y las Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPAS).

- b. Zonas protegidas por el Ministerio de Defensa, Montes de Utilidad Pública y terrenos que formen parte de la Red Española de Vías Pecuarias.
- c. Áreas en las que existan elementos de interés patrimonial, que puedan ser afectadas por estar en la zona de influencia de la instalación o por las obras de construcción de la misma.
- d. Emplazamientos que requieren que el transporte se lleve a cabo necesariamente por vía aérea o marítima.

2. Determinación de los criterios que determinan los factores restrictivos

Se establecerán tres grandes grupos de criterios a considerar, el primero debido al terreno, el segundo por aspectos socioeconómicos y el último por aspectos demográficos.

Cada uno de los grupos incluirá diversas variables a analizar, de forma que en lo que a cada uno se refiere, nos encontramos con:

- a. Por el Terreno.

Aquí nos centraremos en evaluar la influencia que representa para el territorio la geología y la topografía y la hidrografía. La primera por la influencia que el tipo de suelo presenta en la propagación de ondas sísmicas. La topografía por la importancia de la pendiente del terreno y la hidrografía por lo que representa la presencia y cercanía a grandes masas de agua, (cabe señalar los embalses, lagos y por supuesto cauces de ríos permanentes de doble margen).

- b. Por las comunicaciones.

En este grupo hay que considerar la distribución espacial de las vías de comunicación, con especial significación de las correspondientes a autopistas, autovías, carreteras nacionales y carreteras autonómicas de 1º nivel.

Así mismo por la especial significación que representa la posibilidad de utilizar el transporte por ferrocarril, se considerará la existencia de líneas férreas que posibiliten el transporte por dicha vía.

- c. Sociales.

La influencia que para la población tiene este tipo de instalaciones, hace obligado considerar la repercusión que representa en dicho análisis la presencia de grandes núcleos de población y la distribución demográfica en la zona.

En este trabajo se han diseñado diversos diagramas de flujo, correspondientes a las diferentes fases de análisis, los cuales son muy útiles en la gestión y coordinación del proyecto.

Alcance del Proyecto

El alcance espacial del proyecto, si bien se circunscribe a los municipios que han presentado candidatura a albergar el ATC, se extiende por prácticamente la totalidad del territorio peninsular, ya que los análisis de las diversas variables hacen necesario relacionar la posición geográfica de cada municipio con cada una de ellas. Por otra parte, dadas las implicaciones socio-económicas que presentan, comprende un nivel de escala mucho mayor, relacionándose los posibles emplazamientos con los centros productores de dichos residuos y analizando la influencia e impacto que sobre las respectivas comarcas tienen cada una de las propuestas presentadas.

El ámbito del proyecto se asocia pues, al área de influencia de los nueve municipios que en la pasada reunión del 22 de febrero de la Comisión Interministerial fueron calificados como candidatos a albergar el ATC y su centro tecnológico asociado (tabla nº 1):

Albalá	Cáceres
Ascó	Tarragona
Congosto de Valdavia	Palencia
Melgar de Arriba	Valladolid
Santervás de Campos	Valladolid
Torrubia de Soria	Soria
Villar de Cañas	Cuenca
Yebra	Guadalajara
Zarra	Valencia

(Tabla nº1 – Relación de municipios candidatos)

En cuanto al alcance temporal del proyecto, cabe señalar la conveniencia de que este se realice con suficiente antelación a la toma de decisión de la Comisión Ministerial sobre el emplazamiento designado, ya que se pretende que las conclusiones obtenidas puedan servir de apoyo a la decisión y nunca de controversia a la decisión final del Gobierno, la cual puede estar fundamentada en otros aspectos que no se tienen en cuenta en el presente Proyecto.

No obstante, y dado que para la elaboración del presente estudio se debe recabar un volumen importante de información, es de suponer que de cara a valorar cuestiones posteriores de seguridad, transporte etc..., el interés del presente trabajo se extrapole en el tiempo mas allá del periodo de toma de la decisión.

Metodología del Proyecto

El problema de evaluar variables de diversa naturaleza, que además no están directamente relacionadas, resulta complejo pero imprescindible, si se quiere adoptar una solución global y adecuada, en estudios donde el territorio es el marco del análisis considerado.

Inicialmente se ha realizado una búsqueda de documentación y estudios sobre el estado de esta materia, para lo cual se ha recabado la normativa de aplicación al respecto, así como las referencias internacionales en dicha materia (véase bibliografía de referencia).

De acuerdo a la bibliografía consultada, se considera que la solución ideal a largo plazo para la gestión de los residuos nucleares es su almacenamiento en una instalación subterránea AGP (Almacén Geológico Profundo), si bien existen soluciones con carácter temporal que permiten abordar el problema de almacenamiento de forma transitoria. A este respecto se considera, debe prestarse especial atención al proceso seguido en Canadá, en el cual se han establecido criterios jerárquicos basados en análisis GIS, en la determinación de la idoneidad del emplazamiento del AGP, los cuales pueden extrapolarse a un ATC.

En el caso Español, se ha considerado como solución al problema que presenta la gestión de los residuos nucleares generados a nivel nacional, la construcción de un ATC, en el cual se emplean fundamentalmente barreras de hormigón y cemento, que confinan los bidones con los residuos radiactivos. Para el diseño de las instalaciones y selección del emplazamiento, se toman como referencia los procesos de selección llevados a cabo en los países de nuestro entorno que cuentan con un ATC, en particular los correspondientes a Suecia, Suiza y Holanda, en donde se han establecido criterios de selección a la hora de determinar la idoneidad de dicho emplazamiento.

Con independencia de los procesos selectivos aplicados en los países anteriormente señalados, se considera oportuno tener en cuenta la experiencia que en dicha materia tienen otros países, en especial en lo relativo al establecimiento de procesos de decisión jerarquizados, por lo que el presente proyecto toma en consideración el establecimiento de un proceso de evaluación, basado en el modelo canadiense (GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site - Laura Xinglai Huang et al.), particularizado a los condicionantes establecidos en la convocatoria para el ATC español. (ANEXO-I)

Si bien el modelo canadiense no puede aplicarse directamente al caso español, lo cierto es que la metodología propuesta si puede extrapolarse, adecuándose los diferentes aspectos conforme a las particularidades que presenta una instalación temporal de estas características.

En el presente trabajo se presenta un enfoque jerarquizado del sistema de información geográfico que se constituye, basado en un análisis raster de las variables que intervienen en el estudio.

El proceso jerárquico consiste en la localización, detección y evaluación de los posibles emplazamientos en tres etapas:

- En la primera etapa, se localizan las áreas adecuadas e inadecuadas, basadas en criterios de exclusión asociados con cuerpos de agua, centros de ciudad y áreas a gran escala protegidas.
- En la segunda etapa, las áreas potencialmente adecuadas para situar un almacén de residuos nucleares, se caracterizan y evalúan utilizando un índice de idoneidad basado en factores de selección y de restricción, entre los que se incluyen la pendiente del terreno, la geología, la distancia a cuerpos de agua, la distancia a las principales carreteras, distancia a los centros de la ciudad y de concentración de la población, etc....

- En la tercera, se establece el proceso de jerarquía analítica que pretende cuantificar la importancia relativa de cada factor para determinar la idoneidad de cada emplazamiento.

En los criterios de selección a considerar caben no solo los que se determinan en la convocatoria oficial, pudiéndose adoptar otros que refuerzan el modelo de análisis diseñado, estableciéndose diferentes niveles de información, que se estructuran en coberturas vector y raster y son la base de la información geoespacial del GIS establecido.

Así pues, se diferencian los siguientes tipos de información:

- Datos Primarios → Los correspondientes a la Información Geográfica se obtendrá a partir del MTN25 (Mapa Topográfico Nacional 1:25.000) del IGN (Instituto Geográfico Nacional)
- Datos Temáticos. → Los obtenidos a través de la web, correspondientes a organismos e Instituciones de carácter técnico, como el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) del que se obtiene la información geológica y geomorfológica del MAGNA (Mapa Geológico Nacional de España) y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), del que se ha obtenido la información correspondiente a Parques Naturales, Zonas de protección de aves, etc...

Determinada la información y las fuentes de la misma, se estructuran los datos de forma adecuada, a fin de elaborar las diferentes capas temáticas que son objeto de los análisis geoespaciales a realizar, sobre el Sistema de Información Geográfico (GIS) montado al efecto.

Para la realización del GIS, se montarán las coberturas necesarias a partir de las siguientes fuentes:

- Para la información geográfica del Mapa Topográfico Nacional a Escala 1/25.000 (MTN25) del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Para la información Geológica e Hidrogeológica del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000 (MAGNA) del Instituto Geológico y Minero (IGME).
- La información correspondiente a datos demográficos del Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Las capas de hidrografía, parques naturales, zonas de especial interés, vías pecuarias, etc... de la web de la Infraestructura de datos espaciales de España (IDEE) y del Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

Así pues, la metodología propuesta se fundamenta en un proceso jerárquico de idoneidad de cada emplazamiento, determinado en función de los diversos aspectos sociales, económicos, geográficos y de riesgo para la población, que se concreta en el siguiente proceso:

En una primera etapa, se consideran aquellos que pudieran resultar directamente inadecuados, conforme a los criterios de exclusión que se determinan en la convocatoria oficial (véase ANEXOS-III), y que se recogen en la categoría de Aspectos Generales.

1. Aspectos Generales → Análisis correspondiente a los criterios básicos y de exclusión establecidos, los cuales si bien se presupone que todas las candidaturas los cumplen, es necesario verificar y cuantificar en que medida lo hace cada una, por la importancia de la cercanía a dichos factores. Dado que además del elemento a considerar existe una zona de influencia directa, se establecerán unos buffer de proximidad para cada variable con los criterios que a continuación se determinan:

- Áreas que formen parte de la Red Europea de la Conservación de la Naturaleza, Natura 2000, incluyendo Parques Nacionales, Parques Naturales y otras figuras equivalentes cuya gestión corresponde a las Comunidades Autónomas, los Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) y las Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPAS). Con buffer de proximidad de 200 m.
 - Zonas protegidas del Ministerio de Defensa, Montes de Utilidad Pública y terrenos que formen parte de la Red Española de Vías Pecuarias. Con buffer de proximidad de 40 m.
 - Áreas y elementos de interés patrimonial. Se reflejarán las señaladas en las fichas correspondientes a las candidaturas presentadas, estableciéndose un buffer de proximidad de 200 m. Dada la compleja estructura existente en España en cuanto elementos de interés patrimonial, en donde hay patrimonio de origen arqueológico cuyo emplazamiento no es de público acceso, se considera que es una variable no significativa. En cualquier caso se tendrán en cuenta en el trabajo las áreas declaradas.
 - Cascos Urbanos con Buffer de proximidad de 500 m.
 - Hidrografía con buffer de proximidad de 200 m.
 - Carreteras con buffer de proximidad de 50 m.
2. En la segunda etapa, las áreas potencialmente adecuadas se evaluarán determinando unos índices de idoneidad relativos a cada aspecto a considerar, y que se determinará en función de los factores de selección y de restricción que se relacionan a continuación:
- Aspectos Geofísicos y Geológicos. → Relativos a las características Geográficas, Geológicas y Geomorfológicas de la zona, así como las relativas a la Hidrología y aguas subterráneas, siendo especialmente sensible la cercanía de lagos, embalses, ríos y áreas de aprovechamiento hidráulico. Las variables a analizar que se proponen en este apartado son las siguientes:
 - Geología y sismología.
 - Topografía.
 - Hidrografía (Ríos, embalses, lagos, etc..)
 - Aspectos Socioeconómicos y de Infraestructuras de transporte. → Dado que uno de los principales factores a tener en cuenta es la facilidad de acceso y transporte a la nueva instalación, se deberá tener en cuenta que el emplazamiento esté ubicado a una distancia razonable de los centros productores de residuos, así como que en su área de influencia exista una alta densidad de vías de comunicación de 1º orden. Por otra parte la convocatoria ya recoge de forma explícita que se considerará la posibilidad del uso de vías de ferrocarril que faciliten el acceso a la futura instalación.
- Así pues, se considerarán los siguientes aspectos.
- Infraestructuras de transporte existentes y facilidad de accesos:
 - Por ferrocarril, con indicación de estaciones de FFCC próximas.
 - Por carretera.

- Aspectos Sociales. → Dada la enorme influencia que sobre la población representan estos almacenes, deberán tenerse en cuenta consideraciones sociales, como que no se localicen en la proximidad de zonas pobladas, en especial en áreas con alta densidad de población, o las regiones con alto potencial de desarrollo futuro. De esta forma el sitio no deberá estar ubicado en las proximidades de áreas de sensibilidad social.
 - Densidad de población y distribución de la misma.
 - Distancia a núcleos principales de población.

 - Aspecto de forma y superficie de la parcelas. → A fin de facilitar la ejecución de la instalaciones correspondientes, será aconsejable seleccionar aquellas parcelas que presenten una mayor superficie, así como una forma lo mas regular posible.
3. En la fase final se valorarán las restricciones determinadas en las áreas consideradas aptas en la fase de evaluación correspondiente a los criterios de exclusión, las cuales se categorizarán conforme a la ponderación finalmente propuesta para cada uno los valores de restricción adoptados, los cuales habrán sido previamente linealizados, a fin de poder aplicar la metodología de referencia adoptada (modelo canadiense), que permitirá evaluar la mayor o menor idoneidad de cada emplazamiento de acuerdo a la influencia que cada aspecto representa.

MODELO CONCEPTUAL

La designación del emplazamiento que finalmente albergue la instalación ATC y su Centro Tecnológico asociado, se basa en un proceso de selección de Municipios candidatos, supervisado por la Comisión Interministerial designada a tal efecto (integrada por el Secretario General de Energía, el Secretario General para la Prevención de la contaminación y del cambio climático, el Director General de Ciemat, el Director General de política económica, el Director General de Salud pública, el Director General de cooperación local y el Director del departamento de relaciones institucionales del gabinete del Presidente del Gobierno), la cual tiene como misión establecer los criterios que deberá cumplir el emplazamiento del ATC y su Centro Tecnológico asociado (ANEXO-II).

Con independencia de la influencia que los diferentes aspectos puedan tener a la hora de la valoración final, la Comisión estableció un conjunto de criterios básicos cualitativos que posibilitarán descartar a priori los emplazamientos que no resultan aptos para albergar el ATC, debiendo ineludiblemente determinarse los siguientes aspectos:

- Fenómenos naturales externos y los inducidos por el hombre para incluirlos en las bases de diseño de detalle, teniendo en cuenta la clasificación dada en la norma ANSI/ANS 57.9-1992 "Design criteria for an independent spent fuel storage installation (dry type)". El diseño de detalle considerará una frecuencia anual media de corte de un suceso en un millón de años (10⁻⁶/año) como umbral de los sucesos base de diseño. En el diseño de detalle del ATC, se deberá determinar cuál es la probabilidad de excedencia asociada a cada suceso, tal como accidente de impacto de avión, inundaciones externas, tornados y huracanes y riesgos de origen humano próximos a la instalación, para que puedan ser considerados como accidentes de la categoría denominada "más allá de las bases de diseño".
- Los usos locales de tierras y aguas actuales y futuros, así como la población (individuo más expuesto y público en general), que pueda verse afectada por la instalación.
- Los procesos de movilización y transporte de contaminantes hasta el individuo crítico y el público, incluyendo los parámetros de dispersión y dilución necesarios para determinar el impacto radiológico de la instalación, tanto en operación normal como en caso de accidente".

El modelado conceptual constituye la primera fase del desarrollo de las bases de datos, y puede subdividirse en dos etapas claramente diferenciadas: análisis de requisitos y conceptualización de los aspectos restrictivos.

En base a los objetivos generales y específicos es importante determinar los requisitos necesarios para su construcción, así como las características de los mismos. Para ello debe identificarse claramente la información de partida.

Información de partida

Como paso previo a cualquier trabajo en un GIS, se deberán establecer las capas de información geoespacial que son de interés para nuestro proyecto. Serie de capas que se obtendrán de las siguientes fuentes:

- Para la información geográfica del Mapa Topográfico Nacional a Escala 1/25.000 (MTN25) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), conforme a la siguiente estructura:
 - Límites administrativos → Base cartografica.gdb en GCS_wgs84
 - Autonómicos
 - Provinciales
 - Municipales
 - Núcleos de población
- Para la información Geológica e hidrogeológica del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000 (MAGNA) del Instituto Geológico y Minero (IGME).
- La información correspondiente a datos demográficos del Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Las capas correspondientes a Áreas protegidas o de elevado interés medioambiental procedentes de la web del Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
 - Parques Naturales → UTM_h30_ed50
 - Espacios Naturales Protegidos
 - Todas las figuras de protección recogidas en el Estado Español.

Los datos relativos a la densidad de población han sido descargados de la web del INE y se corresponden con la distribución de la población por término municipal correspondientes al año 2008, así como las relativas a la población infantil (entre 0 y 9 años) y la mayor de 80 años.

Una vez descargada la información, se genera una geodatabase (*.gdb) asociando dichos datos con los términos municipales previamente descargados a partir de la cobertura extraída del IGN. Estructurada la Base de Datos, resulta relativamente sencillo determinar el mapa general de distribución de la población.

Con los datos vectoriales se formarán las respectivas capas de información con las que se trabajará, configurando ficheros en formato shapefile @(.SHP) de ESRI Inc.

Carga de datos

Los datos que representan la realidad de un área de estudio pueden proceder de diversas fuentes; cuando se dispone de todos ellos en forma de archivos digitales, puede comenzar su proceso con la aplicación GIS que vaya a utilizarse (ArcGIS en este caso). Las primeras operaciones se encaminarán a la aplicación y transformación de los datos de modo que cumplan los requisitos del software ArcGIS.

Se utilizará la estructura de ArcGIS para la carga de los datos del proyecto. Esta estructura se basa en los siguientes elementos:

- GEODATABASE, se refiere a la base de datos que utiliza ArcGIS y en ella se guardan tanto datos geográficos como alfanuméricos (por ejemplo: tablas)
- FEATURE DATA SET, ArcGIS permite agrupar distintas clases vectoriales del estudio con diferente geometría en un mismo espacio. Todas las clases deben tener el mismo sistema de referencia y el mismo marco espacial.

- **FEATURE CLASS**, representa a cada clase vectorial que interviene en el estudio, es una colección de objetos geográficos con el mismo tipo de geometría: punto, línea o polígono. Estas clases pueden depender directamente de la Geodatabase.
- **TABLE**, corresponden con las clases abstractas del diagrama y se caracterizan por no tener representación geográfica.
- **RASTER CATALOG**, ArcGIS permite agrupar un conjunto de capas raster con las mismas propiedades, en ella se define el sistema de referencia, la resolución y el marco espacial de las clases que lo componen.
- **RASTER DATASET**, representa a cada clase raster que interviene en el estudio.

Además de estos formatos, ArcGIS dispone de algunos formatos propios que pueden ser aceptados por otros programas de SIG o CAD, como son el formato shapefile en las capas vectoriales y GRID para las capas raster.

Para el estudio se han ido generando todas las Geodatabases, Feature Datasets, y Feature Class Table Raster Data Set, convenientes para formar la estructura en el árbol de ArcCatalog, identificando claramente cada módulo de trabajo y estableciendo una agrupación extra en la que se distinguen tres tipos de datos dentro de cada módulo:

- **Datos de Entrada:** con la información de partida de todos los estudios.
- **Datos Intermedios:** con todas las capas y tablas que se generan en el estudio para poder obtener los resultados finales.
- **Datos de Salida:** todos los resultados de cada estudio y que, a su vez, sirven de datos de entrada para estudios posteriores.

Escala de trabajo

Considerando que la base cartográfica de partida se corresponde con la del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/25.000 facilitada por el Instituto Geográfico Nacional, que el modelo digital del terreno tiene un paso de malla de 25 metros, y que la información temática procede de diversas fuentes, pero todas ellas correspondientes a escalas 1/50.000 y 1/100.000 y teniendo en cuenta el límite máximo de apreciación visual para la misma, (0,2 mm. para el valor en el terreno correspondiente a la escala considerada), el cual nos marca el umbral de análisis, se determina como tamaño de celda para los ficheros raster sobre los que se realizarán los análisis propuestos en el presente proyecto, el de celdas de 25 x 25 m.

Sistema de Referencia

Para la realización de este estudio, se fija como sistema de referencia el ETRS89 (Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989) coincidiendo con el sistema de referencia oficial de España, tal como aparece publicado en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el 29 de agosto de 2007.

Dado que los datos de partida están en el sistema de referencia ED-50 (European Datum 1950), se deberá tener presente que está definido por:

- La proyección cartográfica Universal Transversa Mercator, (UTM) en el huso 30 hemisferio Norte.
- Elipsoide Hayford
- Marco geodésico de referencia ED - 50

- Latitudes referidas al Ecuador
- Longitudes referidas al meridiano de Greenwich

Por tanto a fin de facilitar los procesos, y dado que la mayor parte de la información viene dada en ED-50, se realizarán los pasos intermedios y el proceso de análisis de la información en el sistema de referencia ED-50, re proyectándose los resultados finales alcanzados al sistema UTM - ETR-89, cuyas características son:

- Sistema de Referencia Terrestre Europeo en proyección cartográfica Universal Transversa Mercator, (UTM) en el huso 30 hemisferio Norte.
- Elipsoide ITRS89
- Marco geodésico de referencia ETRS89
- Latitudes referidas al Ecuador
- Longitudes referidas al meridiano de Greenwich

Herramientas de trabajo

Para el montaje de las capas de información, generación de planos y análisis correspondientes se utilizará el software de Sistema de Información Geográfica ArcGIS 9.3, producto de la empresa ESRI ArcGIS (Environmental Systems Research Institute), que permite realizar todos los procesos del Sistema de Información Geográfica en un mismo entorno, desde la captura de datos, edición de datos y análisis de variables hasta la producción cartográfica.

Las aplicaciones que se emplearán, serán las siguientes:

- ArcCatalog: Aplicación compartida de ArcGIS que permite organizar y acceder a toda la información de un SIG, como mapas, datasets, modelos, metadatos y servicios.
- ArcMap: Aplicación en entorno gráfico-visual que permite realizar todas las tareas relacionadas con mapas, incluyendo cartografía, análisis de mapas y edición.

Candidaturas al ATC

El pasado 29 de diciembre por Resolución de 23 de diciembre de 2009 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se publica en el Boletín Oficial del Estado, la convocatoria pública para la selección de los municipios candidatos a albergar el emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos de alta actividad (ATC) y su centro tecnológico asociado (ANEXO-II).

La instalación propuesta se corresponde con una instalación en superficie para el almacenamiento en seco, por un periodo de sesenta años, del combustible gastado y los residuos vitrificados de alta actividad mediante el sistema de bóvedas y de naves de hormigón. En esta instalación se centralizarán los procesos de gestión de estos materiales para su tratamiento, almacenamiento controlado, reprocesamiento y reducción. En este almacén, los residuos permanecen acondicionados con las barreras de ingeniería oportunas. Es por ello, una instalación pasiva que no produce energía ni gases, al no darse reacciones nucleares, ni ser contaminante por humos, ni procesos químicos. Se puede decir por tanto que es una instalación segura en lo que a ella misma se refiere, lo cual aparte de las importantes repercusiones económicas que representa para la zona, resulta un acicate para que diferentes Ayuntamientos quieran optar para su emplazamiento.

Así pues al amparo de la convocatoria oficial se han presentado un total de nueve candidaturas distribuidas por la geografía peninsular, ya que los municipios fuera de la misma quedaban excluidos al ser necesario el transporte de los residuos por vía marítima, y estar expresamente recogido en la convocatoria la obligatoriedad de que el transporte no sea preceptivo realizarse por mar o aire.

En el siguiente cuadro (tabla nº2), se recoge el listado de los municipios admitidos en el proceso de selección de candidaturas, con referencia de coordenadas geográficas y coordenadas UTM en su huso correspondiente, así como la provincia a la pertenecen y la hoja de referencia relativa al MTN a escala 25.000 del IGN, a partir de cuyas hojas se extraerá la información necesaria para el desarrollo del presente proyecto.

MUNICIPIO	PROVINCIA	MTN25	HS	XUTM	YUTM	LongitudGMS	LatitudGMS
Albalá	CACERES	0730-1	29	742.950	4.349.100	-06°11'04.06	39°15'23.59
Ascó	TARRAGONA	0444-3	31	296.000	4.562.000	00°34'04.19	41°10'58.67
Congosto de Valdavia	PALENCIA	0132-4	30	366.400	4.730.750	-04°37'53.51	42°43'0.73
Melgar de Arriba	VALLADOLID	0234-1	30	327.100	4.681.850	-05°05'47.14	42°16'08.23
Santervás de Campos	VALLADOLID	0234-3	30	326.750	4.676.300	-05°05'56.45	42°13'08.13
Torrubia de Soria	SORIA	0380-1	30	575.780	4.609.330	-02°05'24.91	41°37'52.93
Villar de Cañas	CUENCA	0661-2	30	537.400	4.403.300	-02°33'47.82	39°46'41.31
Yebra	GUADALAJARA	0561-4	30	503.000	4.467.600	-02°57'52.81	40°21'29.75
Zarra	VALENCIA	0768-1	30	666.570	4.328.870	-01°04'26.5	39°05'32.66

(Tabla nº2 – Situación geográfica de los municipios candidatos)

Disposición General

Se considera conveniente presentar sobre un mapa general la ubicación geográfica de los diferentes términos municipales candidatos a albergar el ATC, así como reflejar en ellos el emplazamiento actual de las centrales nucleares, las cuales a la postre serán los centros productores de los residuos que deberán almacenarse en este. (Mapa nº1)

(Mapa nº 1)

Mapa general de centrales nucleares y Municipios candidatos al A.T.C.



REQUISITOS

La instalación del ATC se ha concebido como una instalación industrial, donde las características del emplazamiento junto con los parámetros de diseño de la misma, conforman el conjunto de factores que habrán de ser tenidos en cuenta en el Estudio de Seguridad y en la Evaluación de Impacto Ambiental de la instalación. Aún con ello los criterios que debe cumplir el emplazamiento abarcan aquellos factores que guardan relación con los estados de operación de la instalación, junto con las potenciales condiciones de producirse un hipotético accidente.

Así pues, se determinarán aquellos criterios que pudieran conducir a la necesidad de adoptar medidas de emergencia, y todos aquellos sucesos naturales e inducidos por el hombre que puedan ser importantes para la seguridad de la instalación. Por ello, los factores a evaluar se pueden dividir en tres grandes bloques:

- Sucesos externos de origen natural o inducidos por el hombre, con frecuencia e intensidad en la región el emplazamiento, suficiente como para afectar eventualmente a la seguridad de la instalación.
- Características del emplazamiento que puedan influir en la potencial transferencia del material radiactivo al medio ambiente y a las personas.
- Datos relativos a la densidad y distribución de la población, junto con otras características que puedan afectar a la implantación de medidas de emergencia, y la necesidad de evaluar los riesgos para los individuos y la población.

Atendiendo a esta clasificación preliminar parece claro que dichos factores, y en particular los del primer bloque (impactos que se pudieran producir debido a sucesos externos), pueden servir para determinar los criterios de exclusión establecidos en el presente trabajo.

Criterios de exclusión.

Una vez estructurada la información con la que se va a trabajar, se montará un mapa general con el que se determinarán las áreas útiles de cada término municipal candidato, conforme a las especificaciones recogidas en la convocatoria oficial del MCYT y conforme a otros criterios, que no estando explícitamente recogidos en la convocatoria resulta obvio deban ser tenidos en cuenta.

De forma inicial se verifica que los siguientes criterios no están presentes en los términos municipales candidatos:

- Emplazamientos con riesgo potencial debido a terremotos, fallas activas, volcanismo reciente, etc.
- Emplazamientos con potencial ocurrencia de sucesos meteorológicos extremos (tornados, huracanes, etc.).
- Emplazamientos sometidos a riesgo de grandes inundaciones por precipitaciones extremas, áreas que puedan ser afectadas por ocasional rotura de presas, deshielos anormalmente intensos, etc.
- Emplazamientos con inestabilidades geotécnicas o en áreas que puedan ser afectadas indirectamente por estas (deslizamientos del terreno, taludes, colapso, subsidencia, etc.).
- Emplazamientos con riesgo apreciable debido a posibles accidentes catastróficos inducidos por el hombre (provocados por proximidad aeropuertos, estaciones y

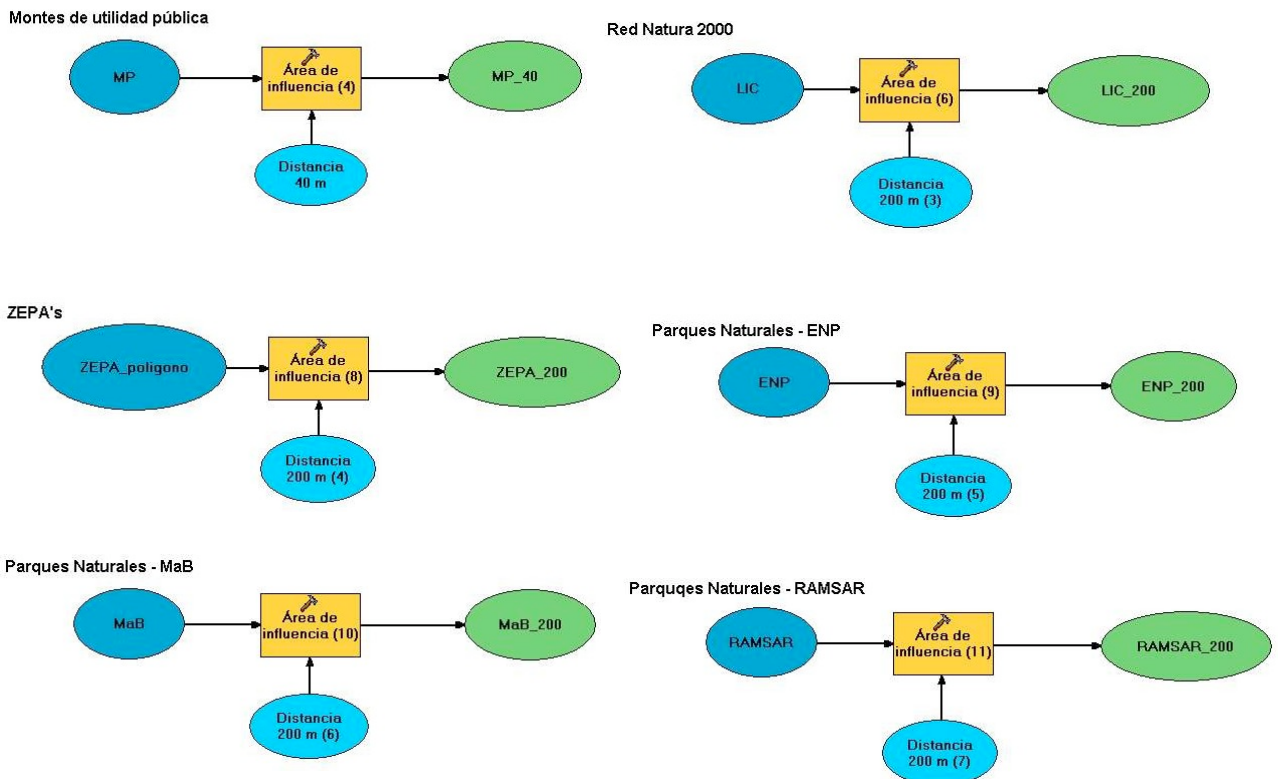
nudos importantes de transporte, y en general áreas industriales o tecnológicas que puedan presentar algún riesgo de explosión química o fuerte descarga energética).

- Que el transporte tenga que llevarse a cabo necesariamente por vía marítima o aérea. En este caso al estar geográficamente todas las candidaturas presentadas ubicadas en el interior de la Península Ibérica no es necesario considerar este factor de exclusión, que cumplen todas ellas.

Por suerte se puede afirmar que en la Península Ibérica no hay zonas de especial riesgo por sucesos meteorológicos, así como que por el emplazamiento de los municipios candidatos, no se observa especial riesgo por ninguno de los factores relacionados, por lo que se considera que los criterios señalados los cumplen todas las candidaturas presentadas.

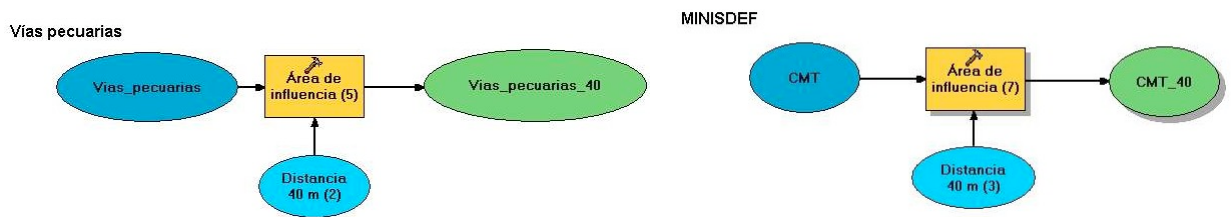
En el proceso de determinación de los criterios de exclusión, dado que la finalidad última es determinar las posibles áreas de ubicación dentro del propio término municipal, los procesos de análisis y extracción de la información se focalizan en el área correspondiente al término municipal, conforme a los parámetros de la convocatoria oficial y el área de influencia de estos que se determina mediante un buffer. De esta forma se establecen las siguientes capas.

- La 1ª capa a la que se le aplicó la herramienta de área de influencia (buffer) fue a la de zonas protegidas, las cuales engloban aquellas que forman parte de la Red Europea de la Conservación de la Naturaleza, Natura 2000, incluyendo Parques Nacionales, Parques Naturales y otras figuras equivalentes cuya gestión corresponde a las Comunidades Autónomas, los Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) y las Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPAS). El buffer de influencia para estas áreas se ha considerado de 200 m. Se considera un buffer de este tamaño por entenderse que no nos podemos circunscribir exclusivamente al perímetro de dichas áreas, ya que existe una zona circundante de servidumbre o influencia directa que debe ser considerada como parte integrante del área principal determinada.



(Figuras nº3 – Proceso de extracción de área de influencia 1ª categoría)

- La 2ª capa a considerar (Figuras nº4) se corresponde con la relativa a: zonas protegidas del Ministerio de Defensa, en particular a las relativas a campos de maniobra e instalaciones militares de interés, Montes de Utilidad Pública y terrenos que formen parte de la Red Española de Vías Pecuarias. A diferencia del grupo anterior, en ese caso el buffer de influencia se considera en 40 m., ya que se entiende que estas áreas tienen un menor valor ecológico que las anteriores, siendo su valor mas de orden económico y de seguridad que de otra índole. En lo que a las vías pecuarias se refiere, además por el carácter lineal de las mismas no parece justificable aplicarles un zona de influencia mayor de la que representan los 40 m. a cada margen de las mismas, ya que en este caso no las afecta servidumbre futuras para posibles ensanches.



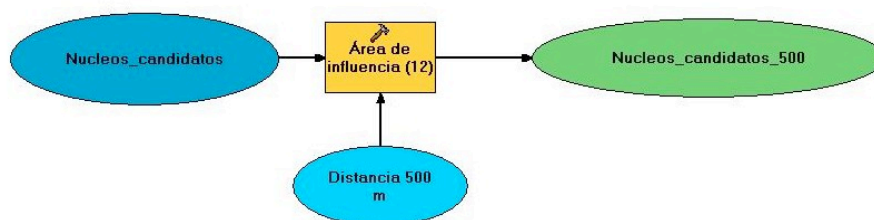
(Figuras nº4 – Proceso de extracción de área de influencia 2ª categoría)

- Aunque existe una tercera capa correspondiente a las áreas en las que se localizan elementos de interés patrimonial, que pueden ser afectados por estar en la zona de influencia de la instalación o por las obras de construcción de la misma, se considera mas conveniente realizar la determinación de la áreas que resultan aptas por los criterios de exclusión relacionados con anterioridad y contrastar al final del proceso la localización en ellas de alguno de los elementos patrimoniales de interés, ya que en las candidaturas presentadas ningún Ayuntamiento esta acotando exactamente sus elementos patrimoniales, en parte por ser los de origen arqueológico de carácter reservado. Así pues deberá tenerse presente en la valoración final la posibilidad de que existan elementos patrimoniales no considerados en el presente proyecto, en cuyo caso deberá excluirse el área de influencia con posterioridad.

Como ya se apuntaba, aunque en la convocatoria no venga explícitamente recogido, es obvio que hay otra serie de parámetros a tener en cuenta, los cuales se estructuran en nuestro análisis de la siguiente forma:

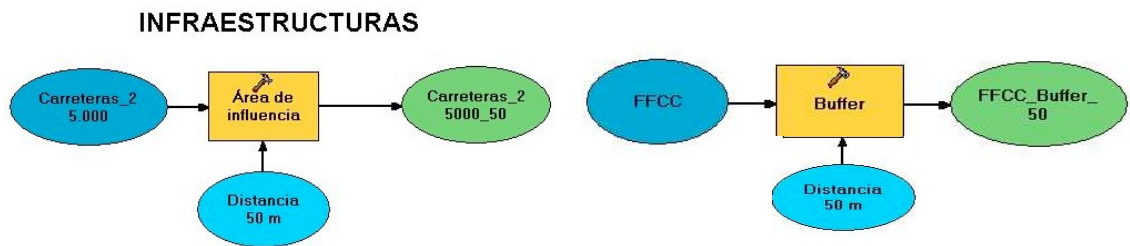
- Una capa correspondiente a Cascos urbanos (Figura nº5), con un Buffer de influencia establecido en 500 m. para garantizar que el Almacén de residuos no se coloca a las puertas del casco urbano del propio término municipal o de los núcleos de población que se encuentren en dicho término o en los colindantes.

LÍMITES ADMINISTRATIVOS



(Figura nº5 – Proceso de extracción de área de influencia cascos urbanos)

- Una capa correspondiente a las restricciones que representa la existencia de vías comunicación terrestre, ya sean estas carreteras o ferrocarriles, con un buffer de proximidad establecido en 50 m. a cada margen de dicha vía. (Figuras nº6)
Esta capa tiene una particular significación, ya que por un lado debe ser tenida en cuenta como criterio de exclusión, ya que la construcción del ATC, no debe cortar las vías de comunicación que atraviesen el término, pero por otra parte, representa un valor añadido el hecho de que existan vías de comunicación para acceder al emplazamiento futuro. En lo que a elementos de exclusión se refiere, consideraremos por tanto las carreteras tanto de ámbito nacional como autonómico de 1º, 2º y 3º nivel con el buffer señalado, en previsión de futuros ensanches o mejoras a realizar en un futuro.



(Figura nº6 – Proceso de extracción de área de influencia infraestructuras)

- Al igual que ocurre con las carreteras, se establece una capa de exclusión por la hidrografía presente en dicho término (Figura nº7), ya que resulta obvio que el emplazamiento no debe interrumpir cursos de agua o masas de agua presentes en el área de implantación, independientemente del beneficio o perjuicio que representa la cercanía de estos a la instalación del ATC. El buffer que se establece para estas entidades es de 200. a cada margen.

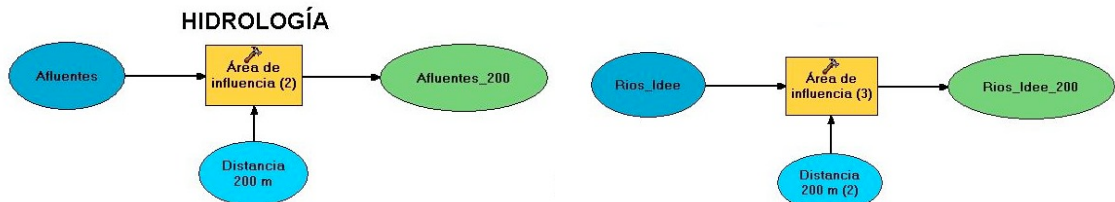


Figura nº7 – Proceso de extracción de área de influencia de ríos y afluentes)

- Finalmente se verificará la presencia en las áreas consideradas aptas por los criterios de exclusión relacionados anteriormente, de elementos de interés Patrimonial que sea necesario proteger, acotando con ello la superficie útil finalmente disponible.

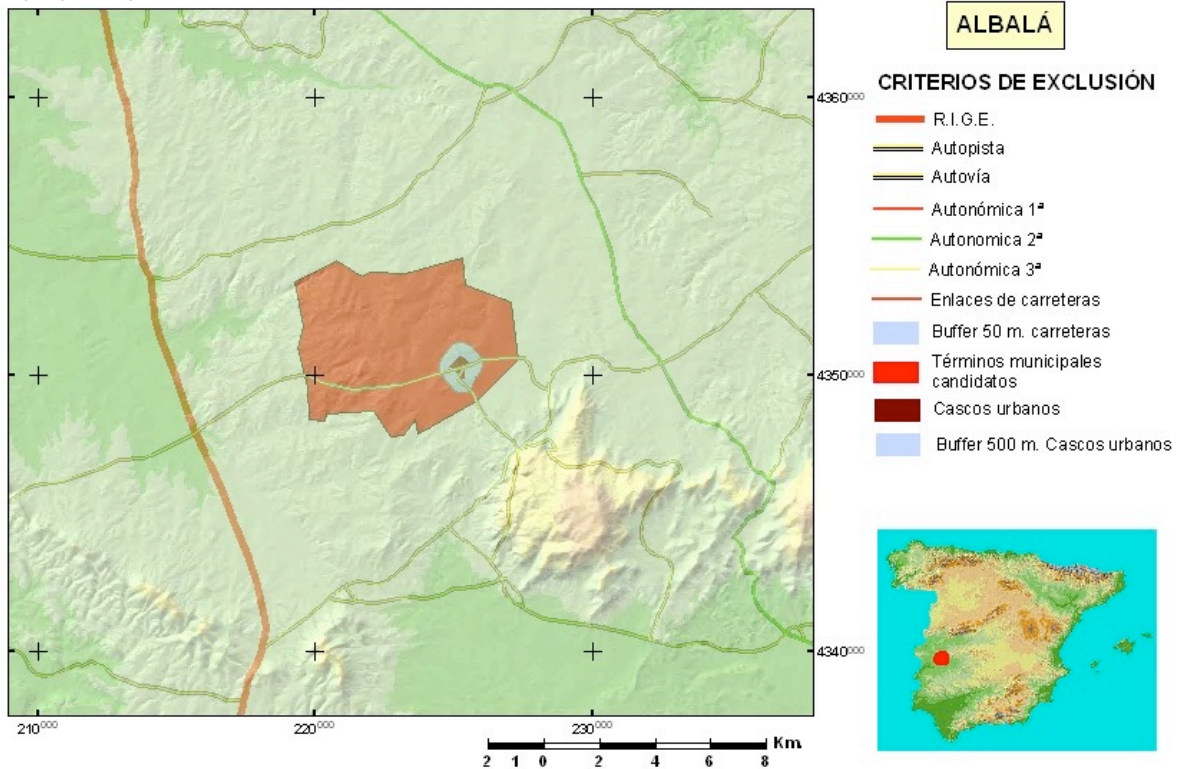
Dado que los procesos de extracción de la información pueden resultar algo tediosos se confeccionan unos esquemas conceptuales, que no solamente facilitan los procesos a seguir, sino que muestran la metodología seguida, permitiendo automatizar los procesos en cada uno de los términos municipales candidatos.

En los esquemas presentados bajo cada uno de los grupos de requisitos establecidos, se detalla el proceso seguido en ArcMap para la generación de las diversas coberturas, las cuales darán como resultado el terreno apto para el emplazamiento del ATC.

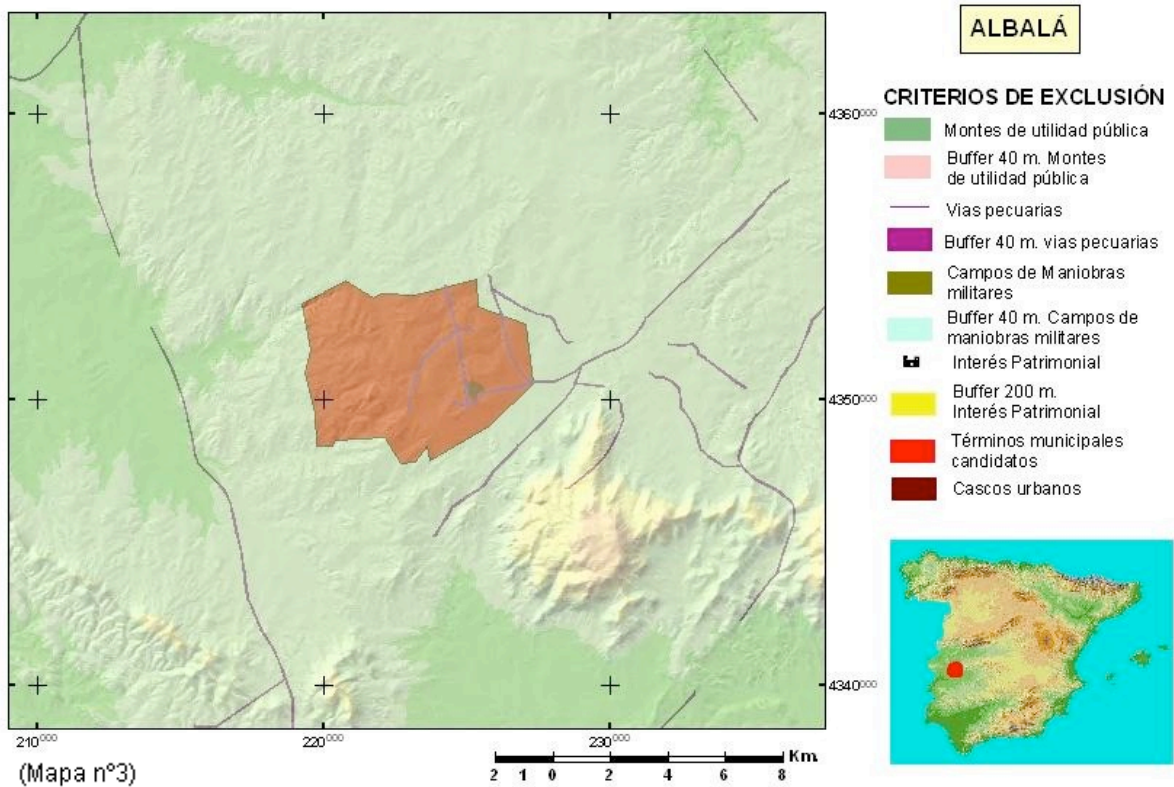
A continuación se muestra para cada término municipal el resultado de cada una de las coberturas obtenidas tras aplicar los procesos señalados.

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Albalá (Mapa nº2).

(Mapa nº2)

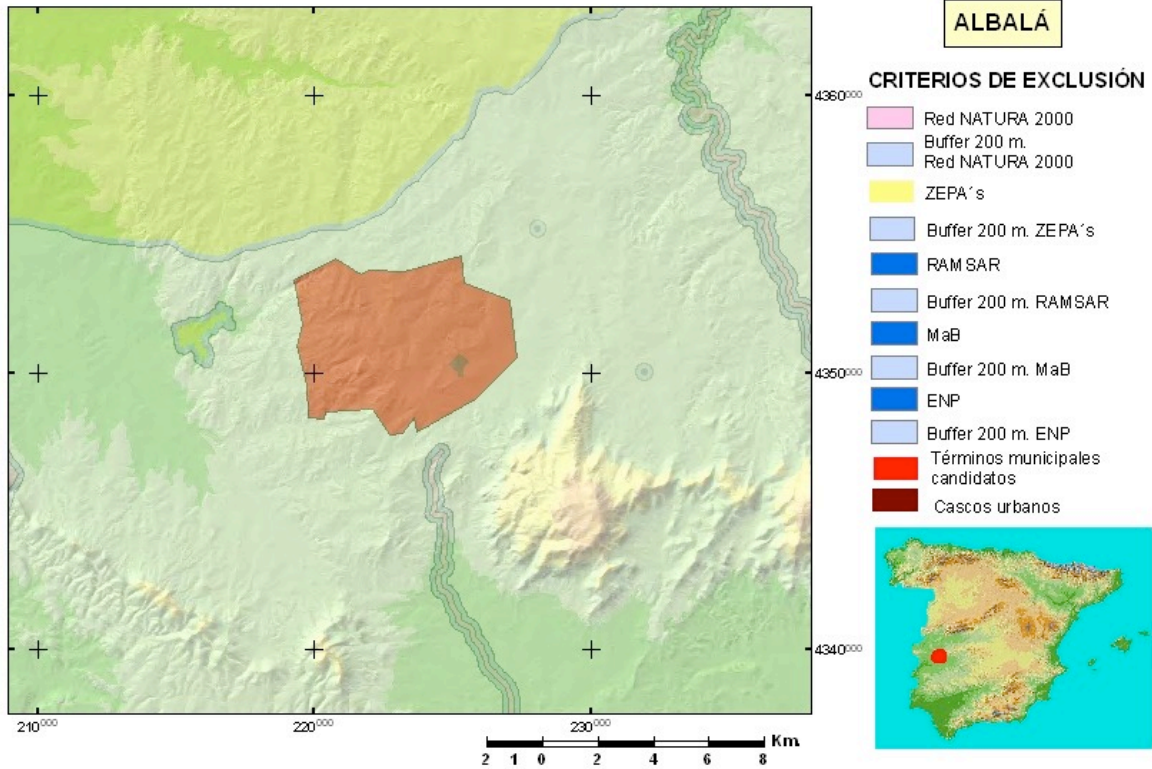


Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Albalá (Mapa nº3).

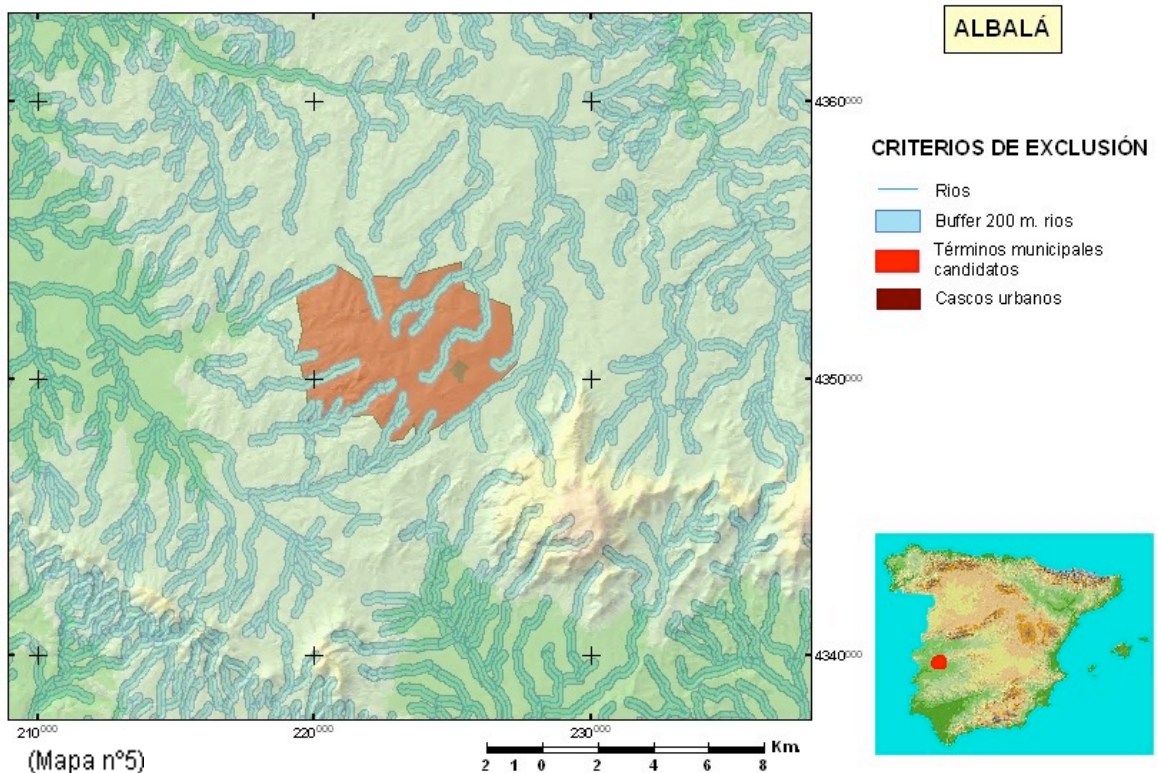


Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Albalá (Mapa nº4).

(Mapa nº4)

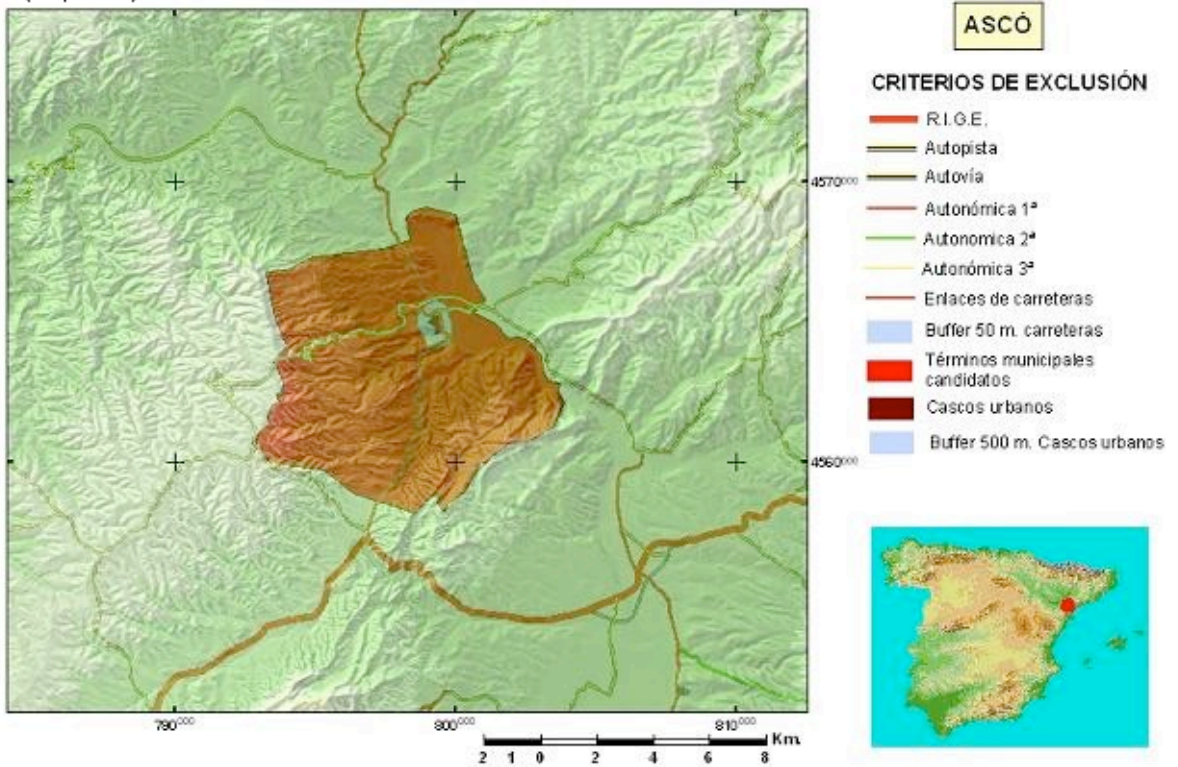


Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Albalá (Mapa nº5).

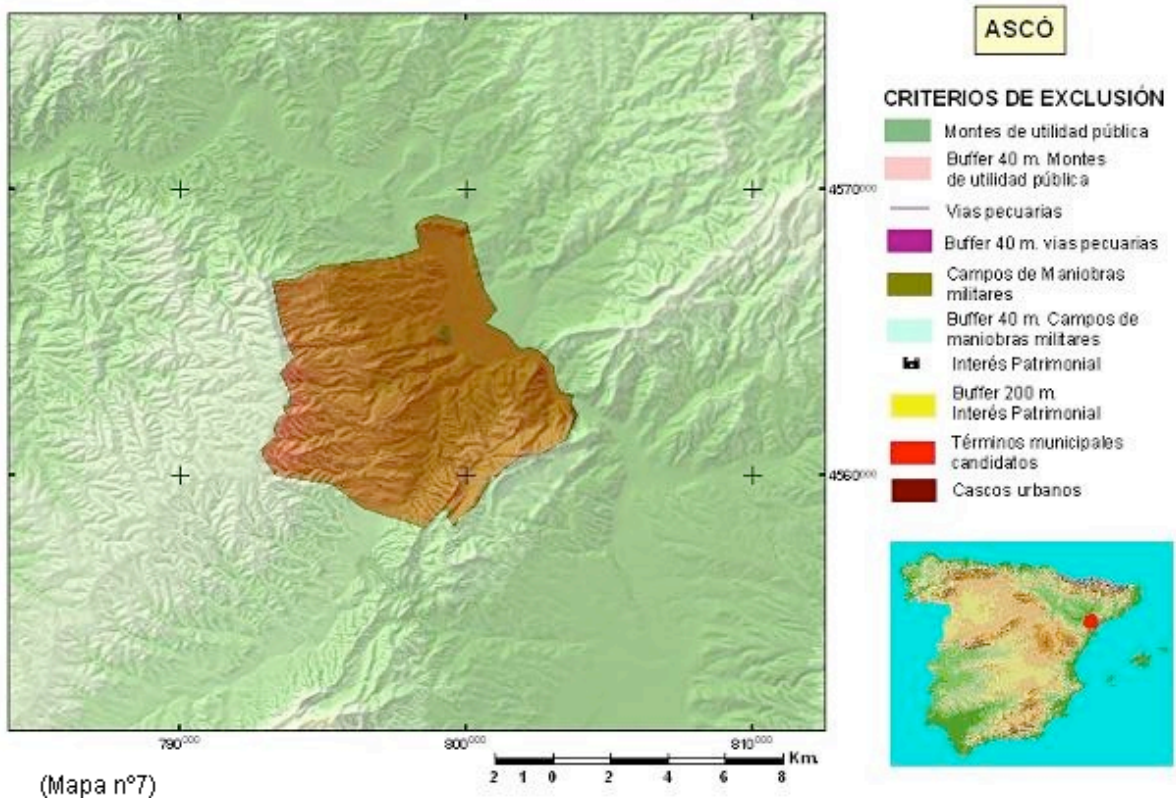


Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Ascó (Mapa nº6).

(Mapa nº6)

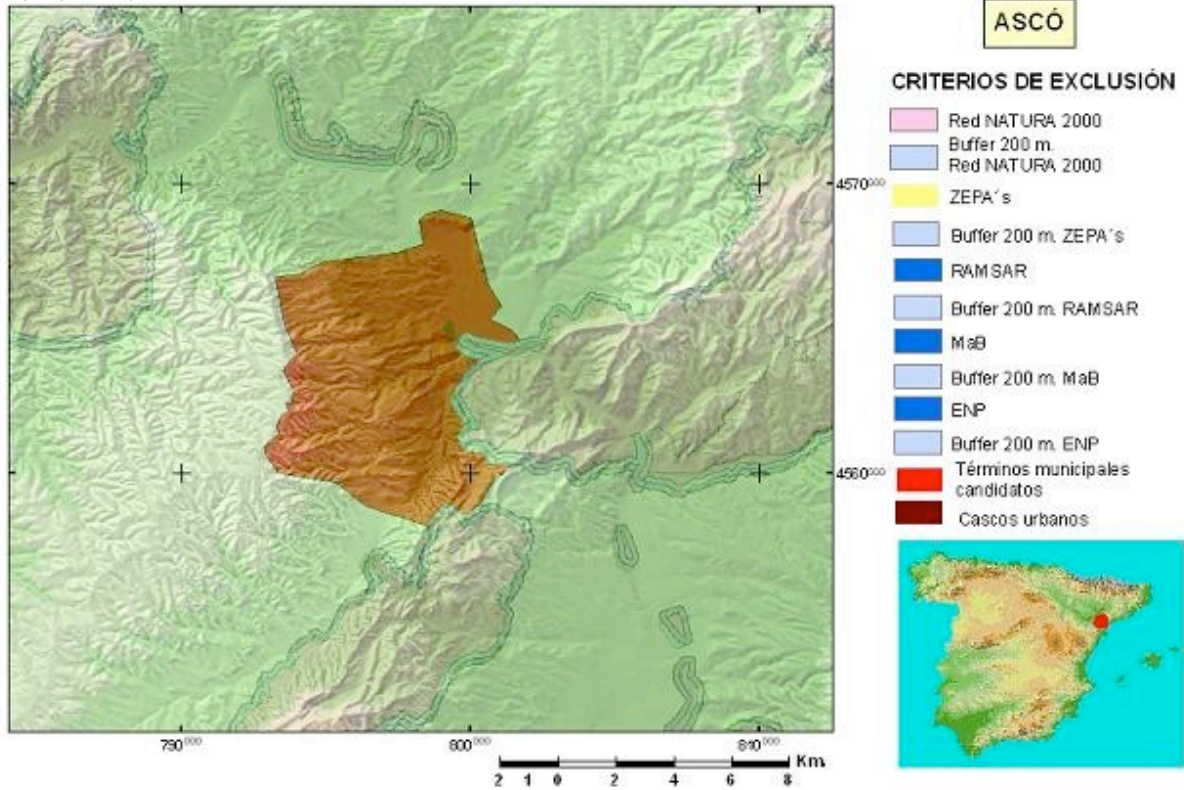


Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Ascó (Mapa nº 7).

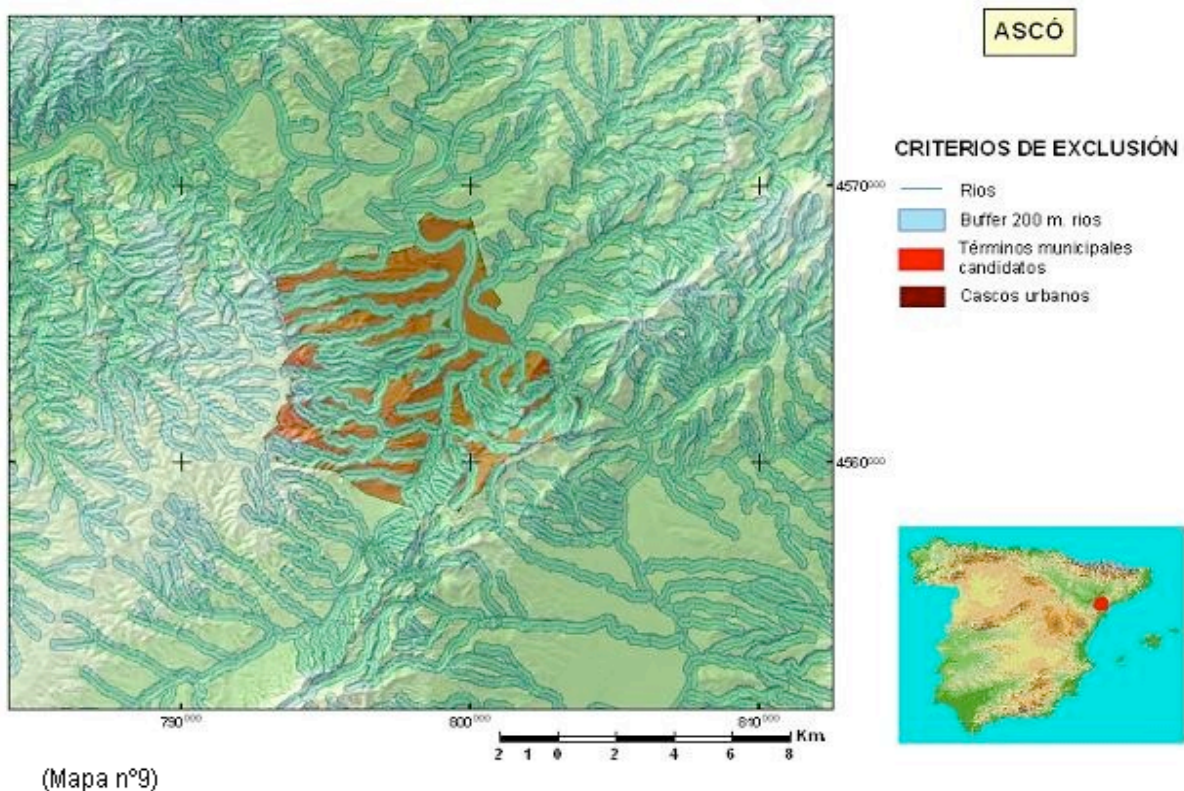


Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Ascó (Mapa nº8).

(Mapa nº8)



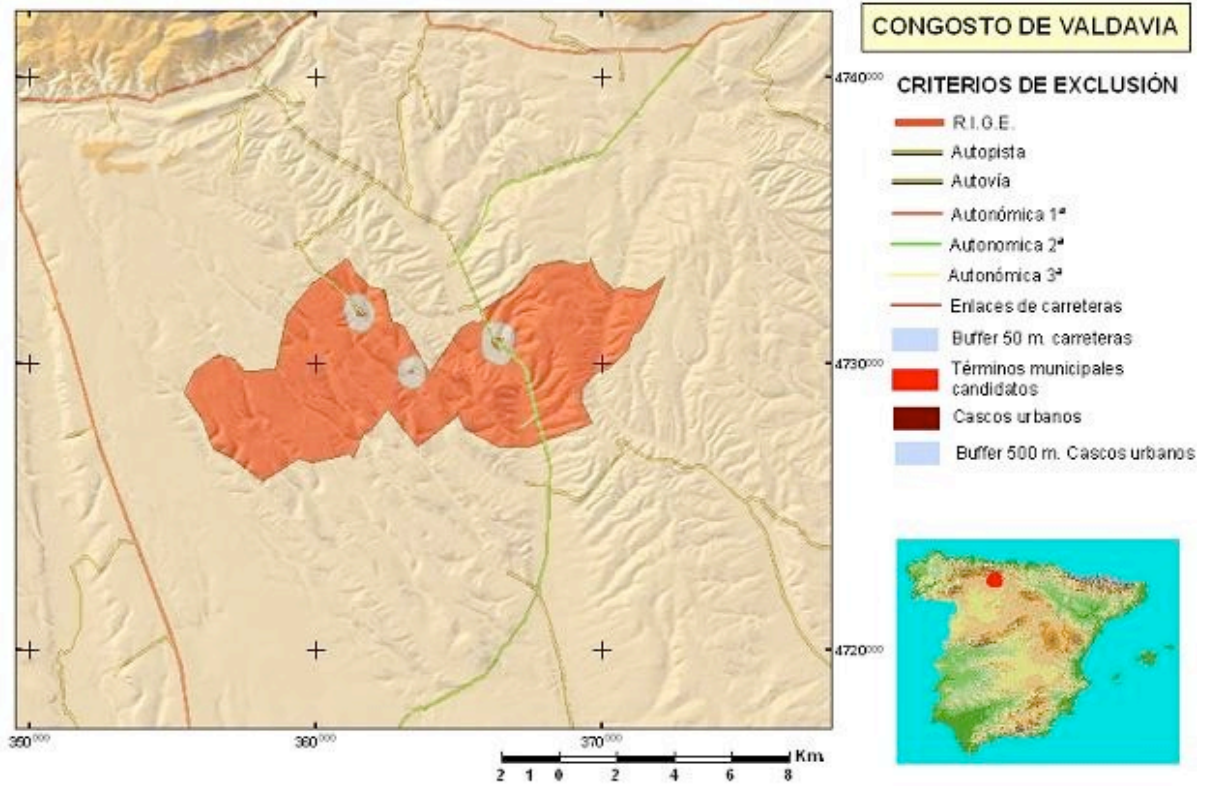
Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Ascó (Mapa nº9).



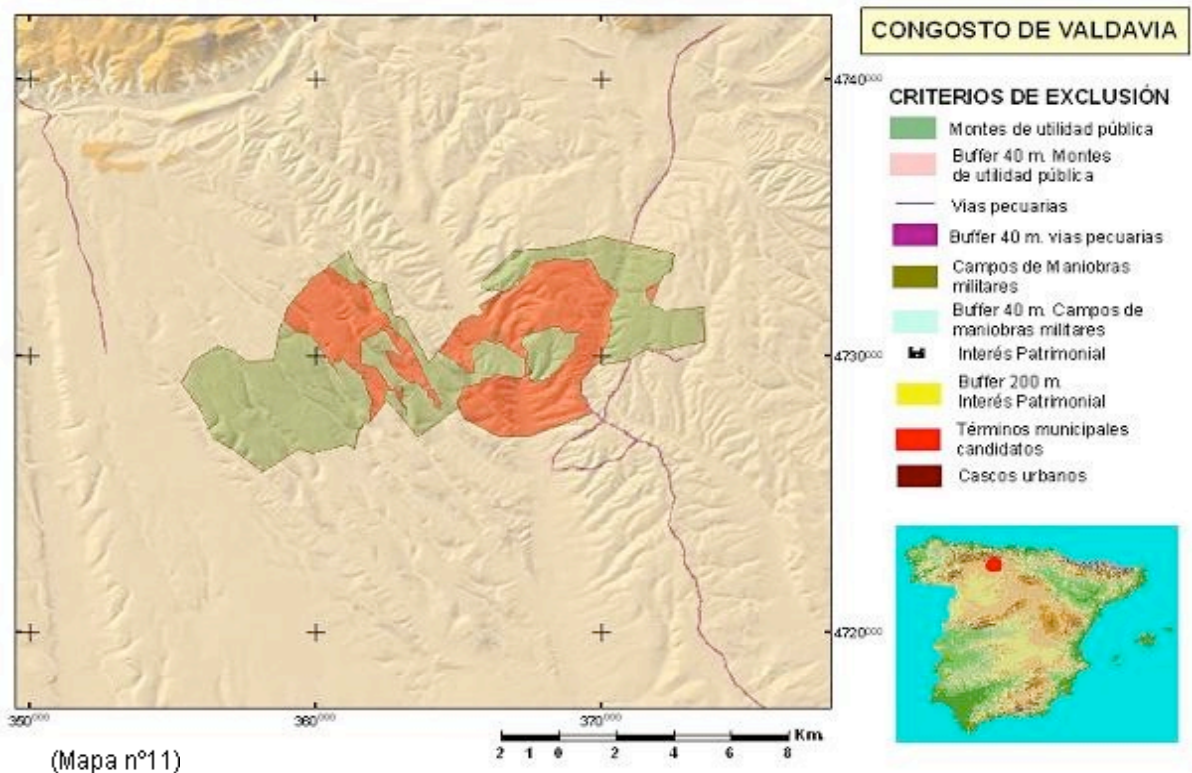
(Mapa nº9)

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Congosto de Valdeavia (Mapa nº10).

(Mapa nº10)



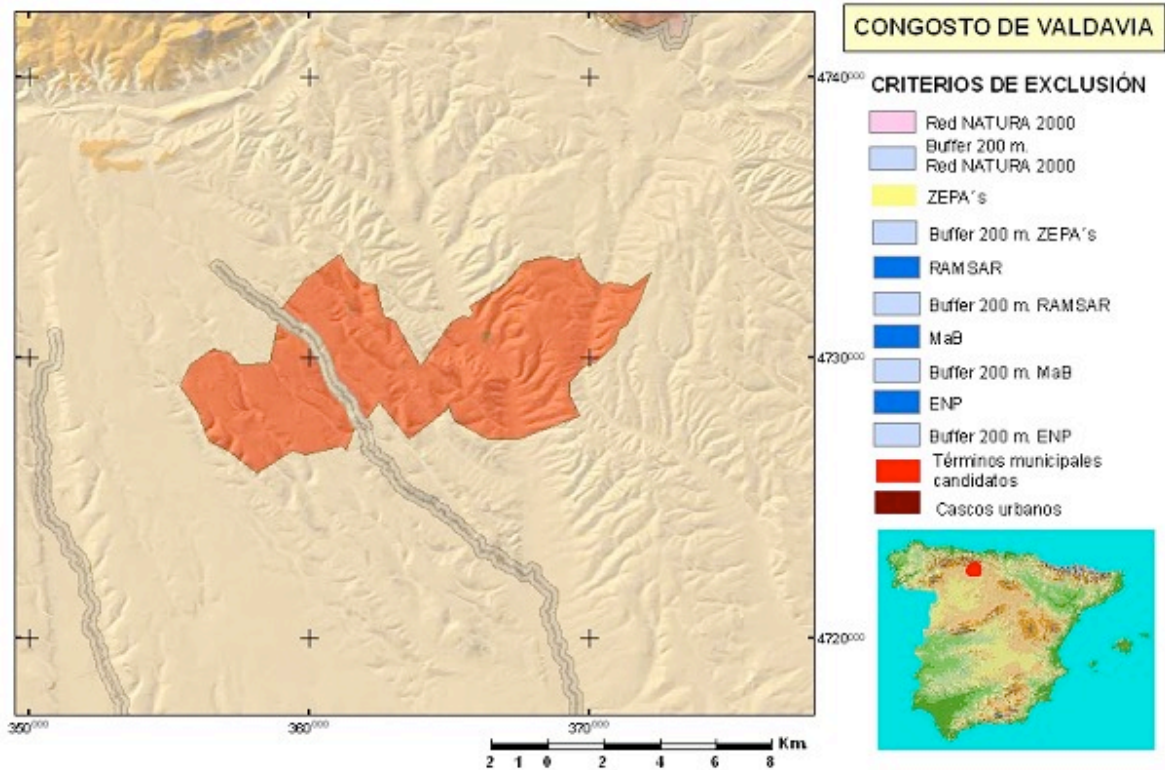
Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. (Mapa nº11)



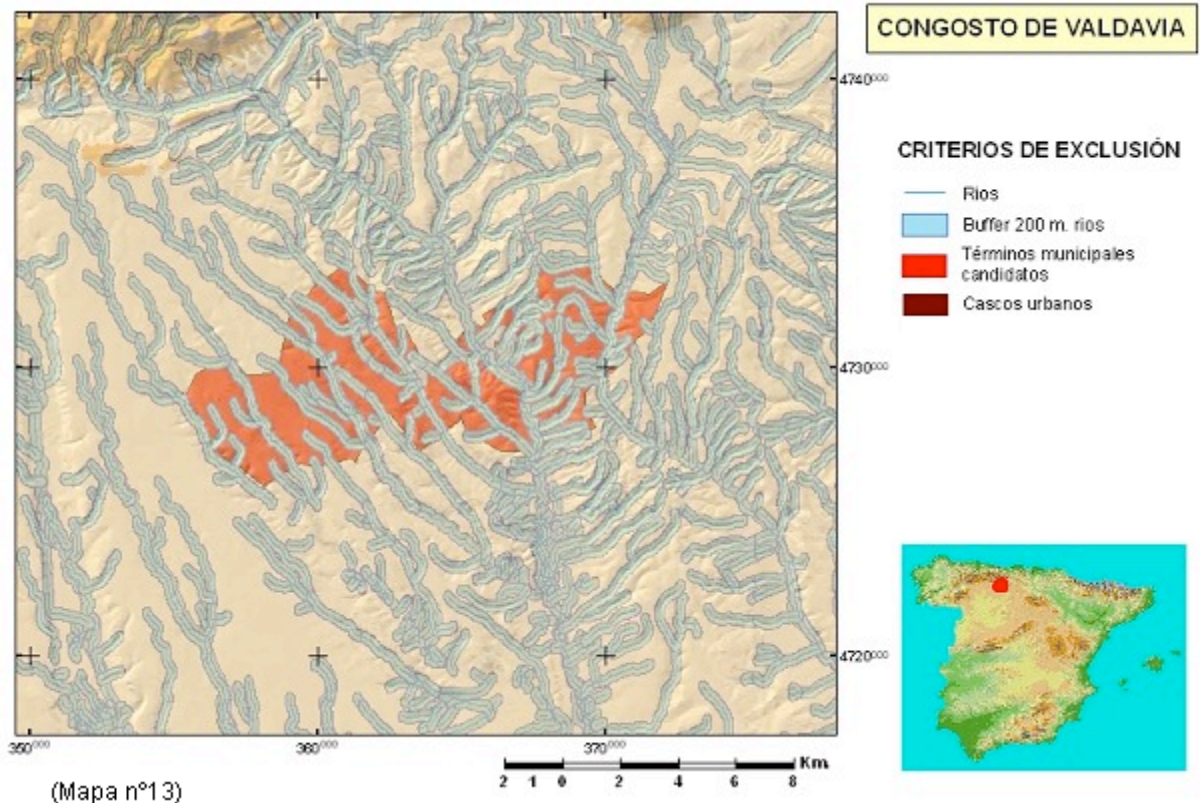
(Mapa nº11)

Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Congosto de Valdavia (Mapa nº12).

(Mapa nº12)



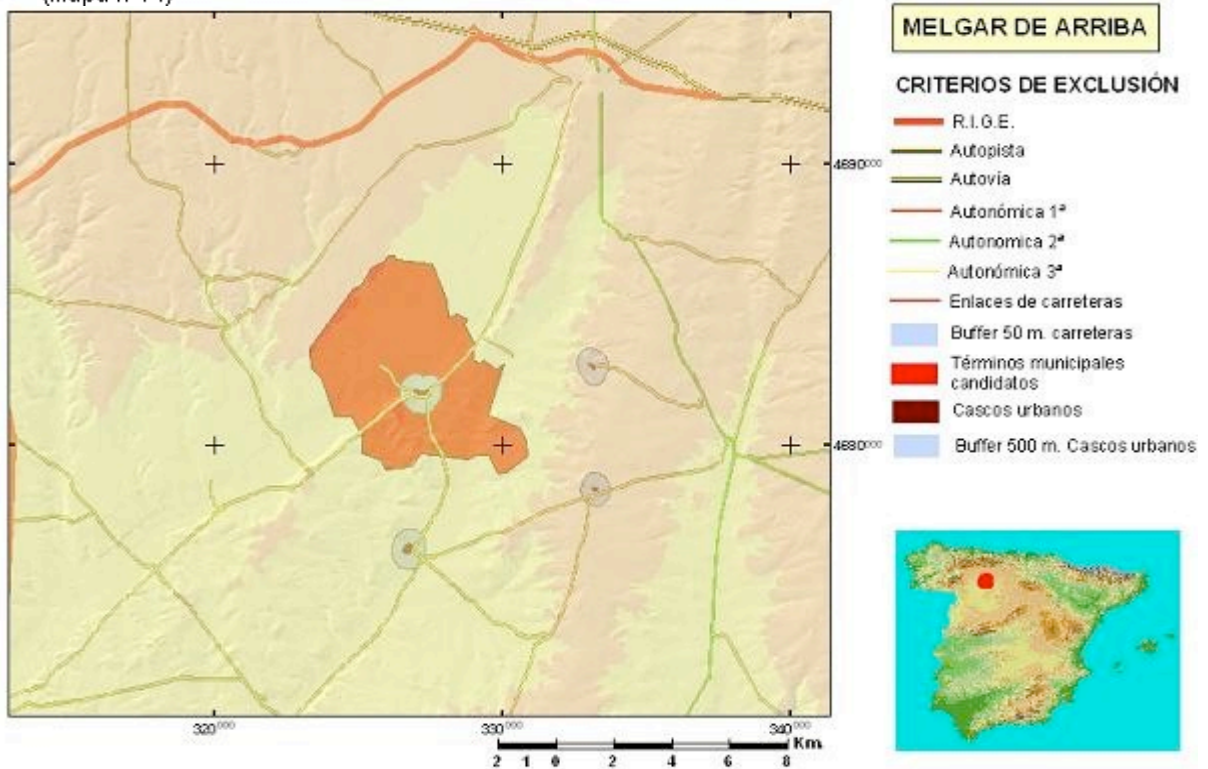
Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Congosto de Valdavia (Mapa nº13).



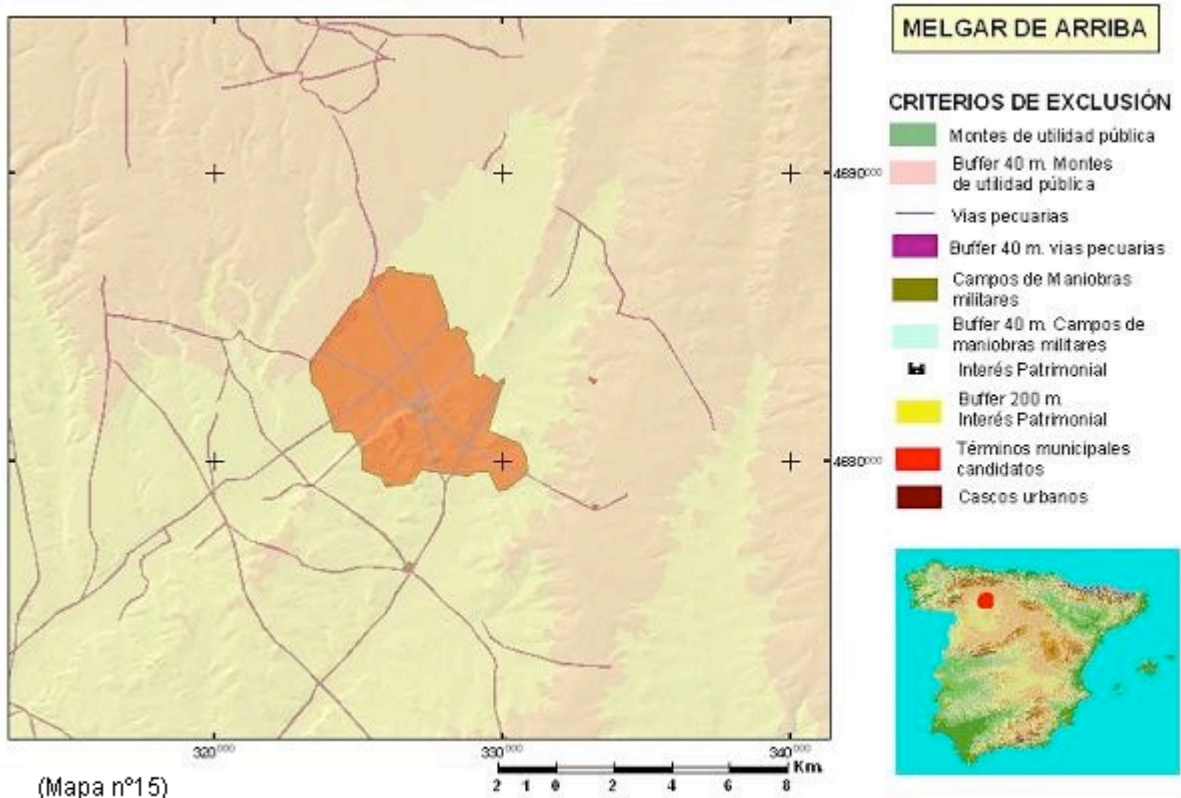
(Mapa nº13)

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Melgar de Arriba (Mapa nº14).

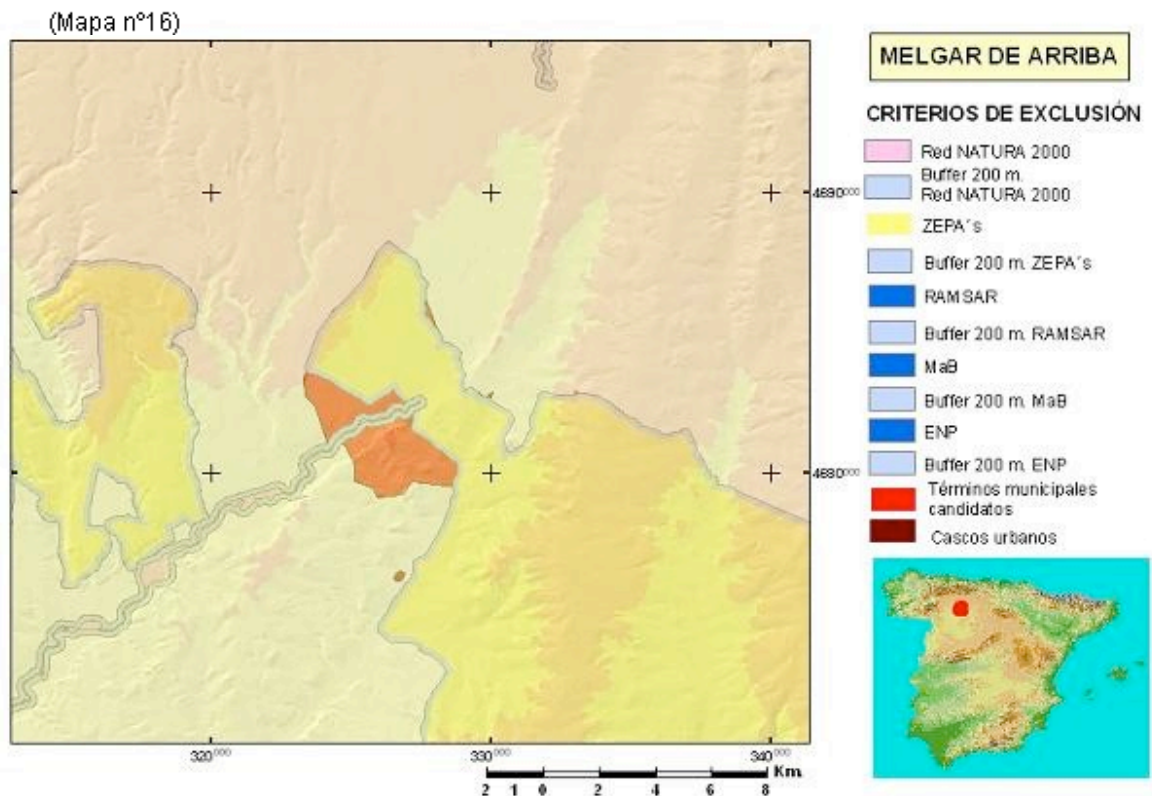
(Mapa nº14)



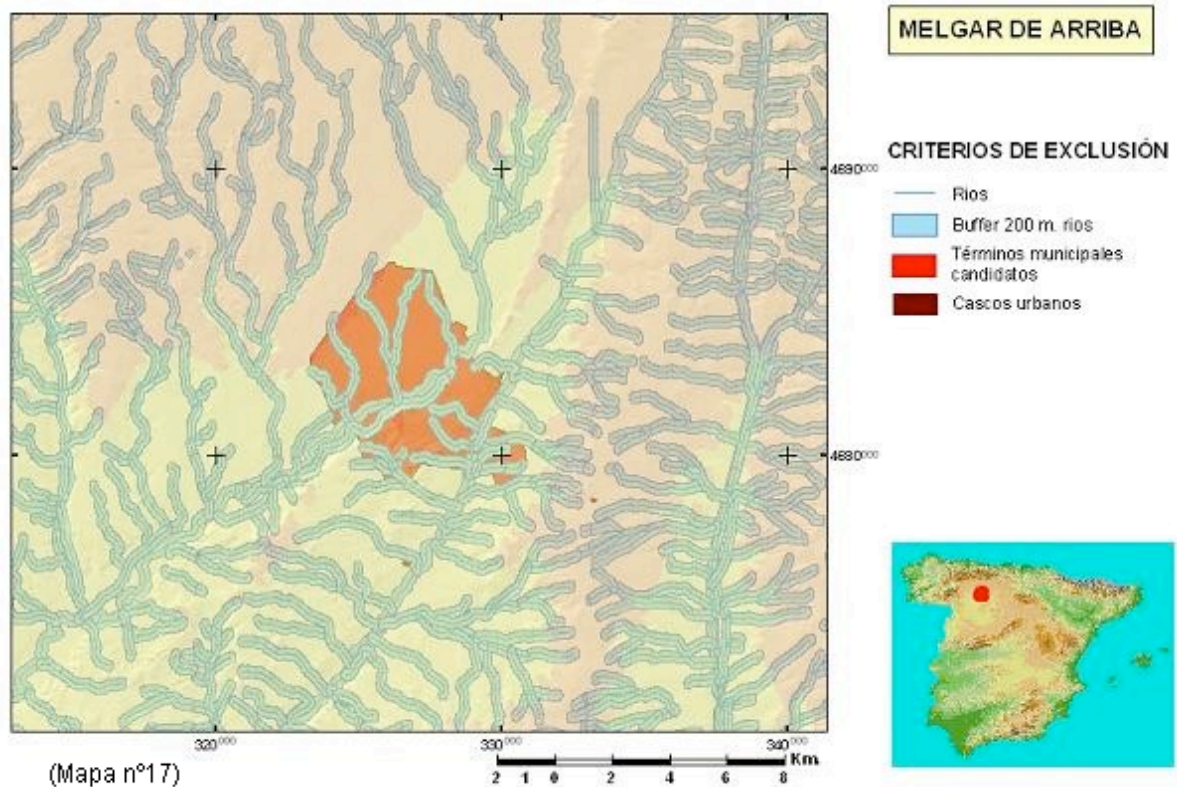
Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Melgar (Mapa nº15).



Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Melgar de Arriba (Mapa nº16).

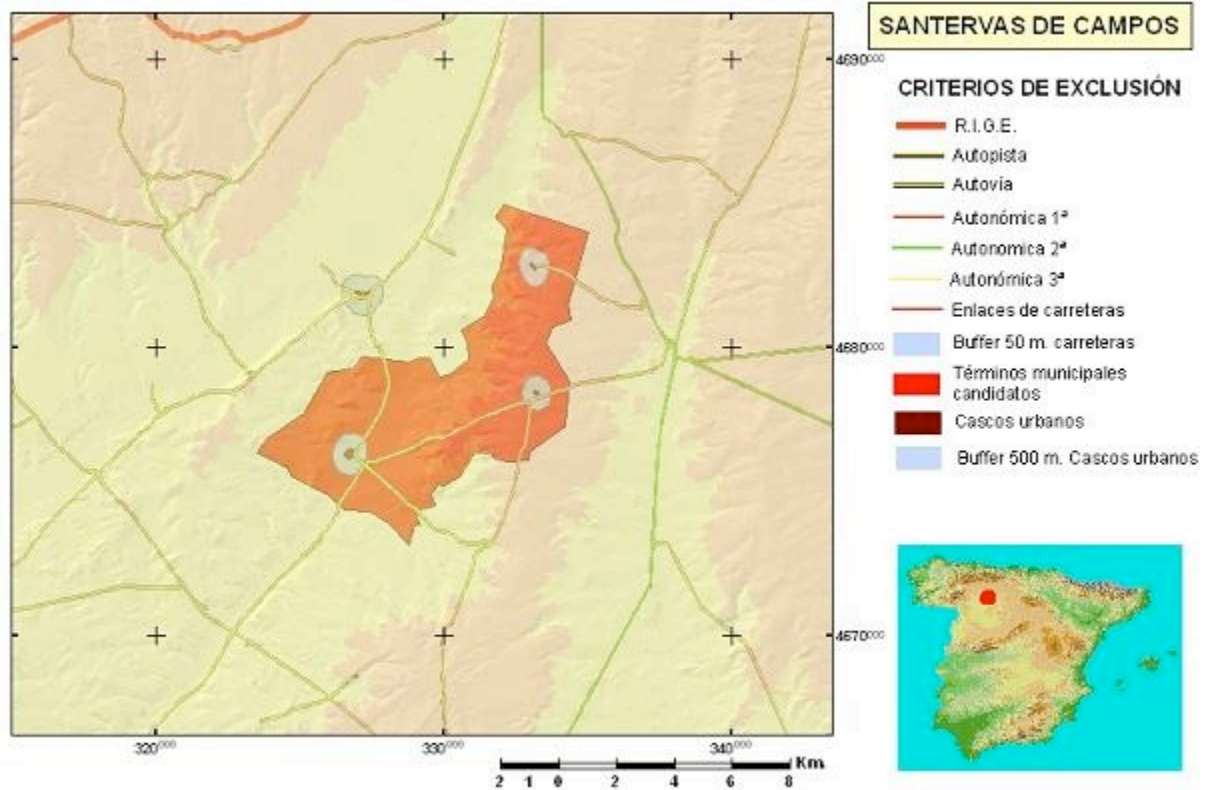


Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Melgar de Arriba (Mapa nº17).

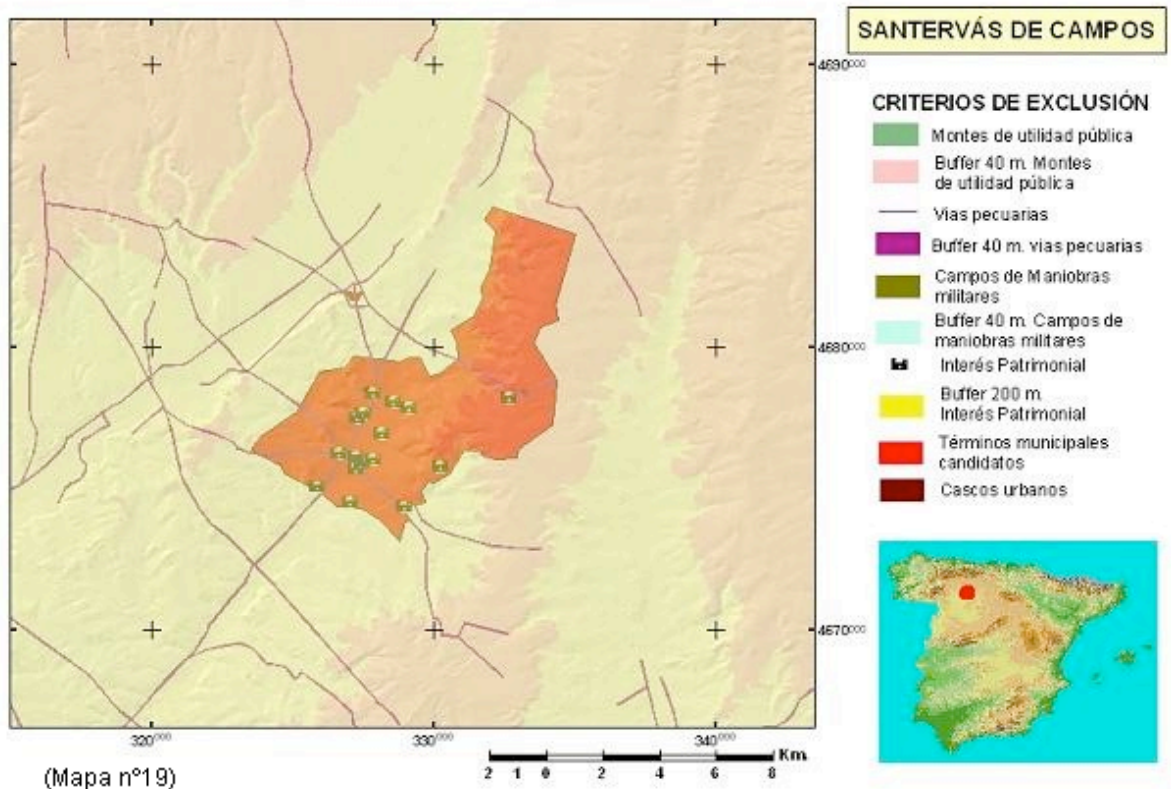


Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Santervás de Campos (Mapa nº18).

(Mapa nº18)



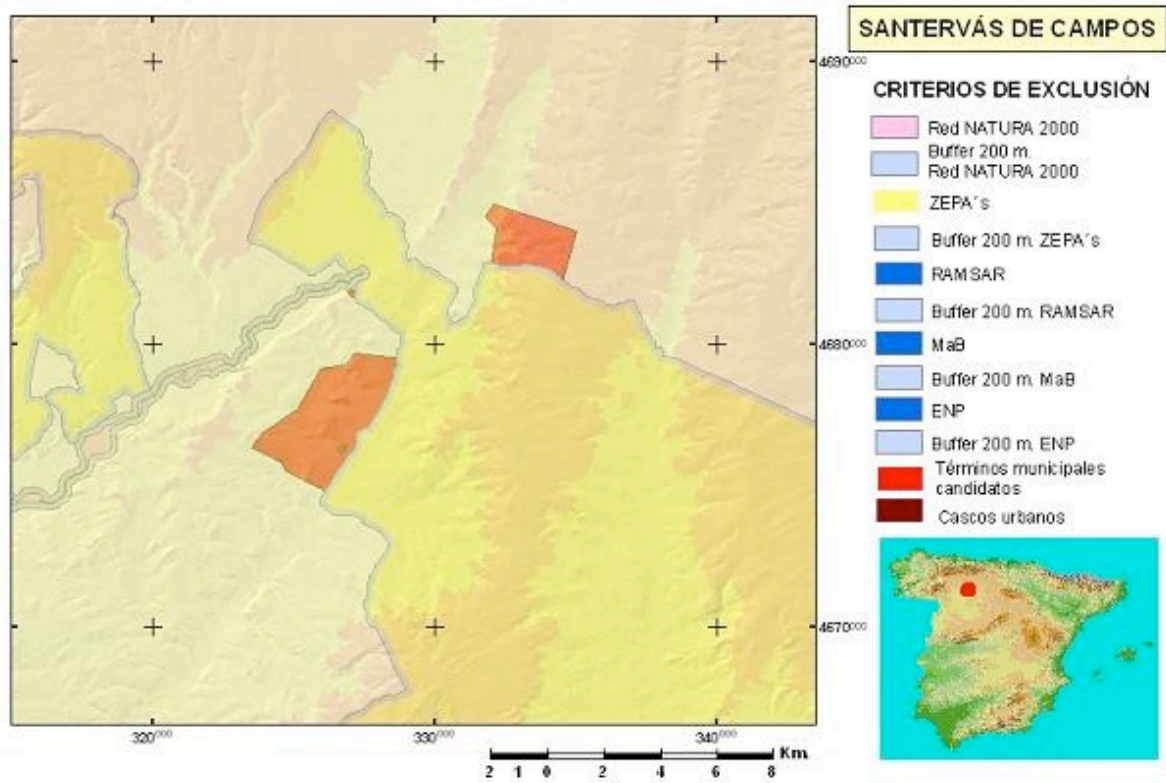
Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Santervás (Mapa nº19)



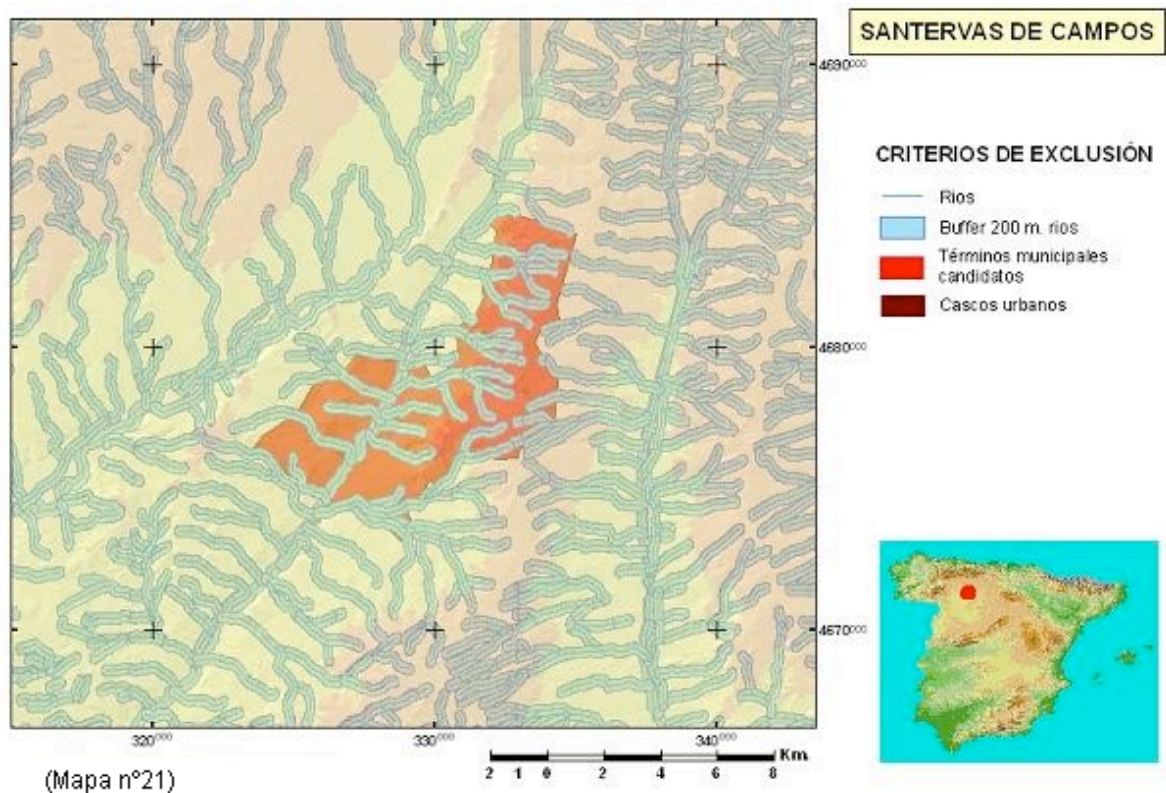
(Mapa nº19)

Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Santervás de Campos (Mapa nº20).

(Mapa nº20)

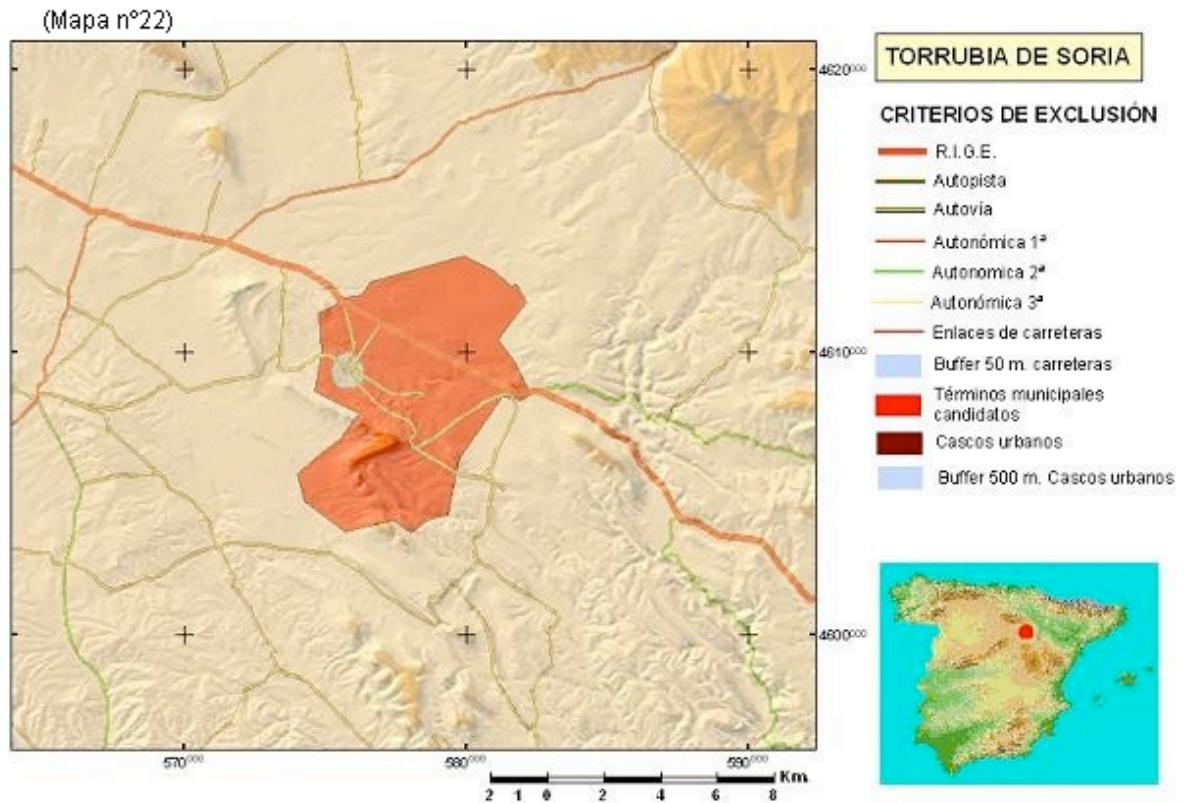


Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Santervás de Campos (Mapa nº21).

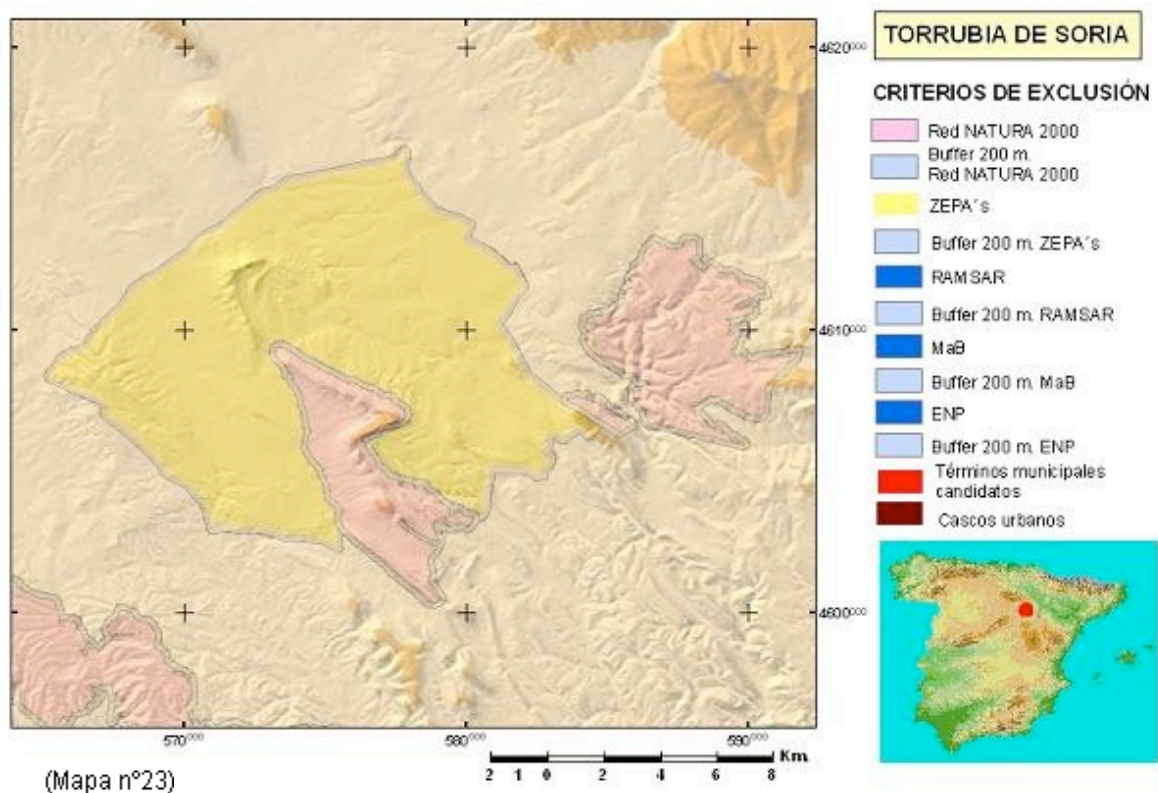


(Mapa nº21)

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Torrúbia de Soria (Mapa nº22).

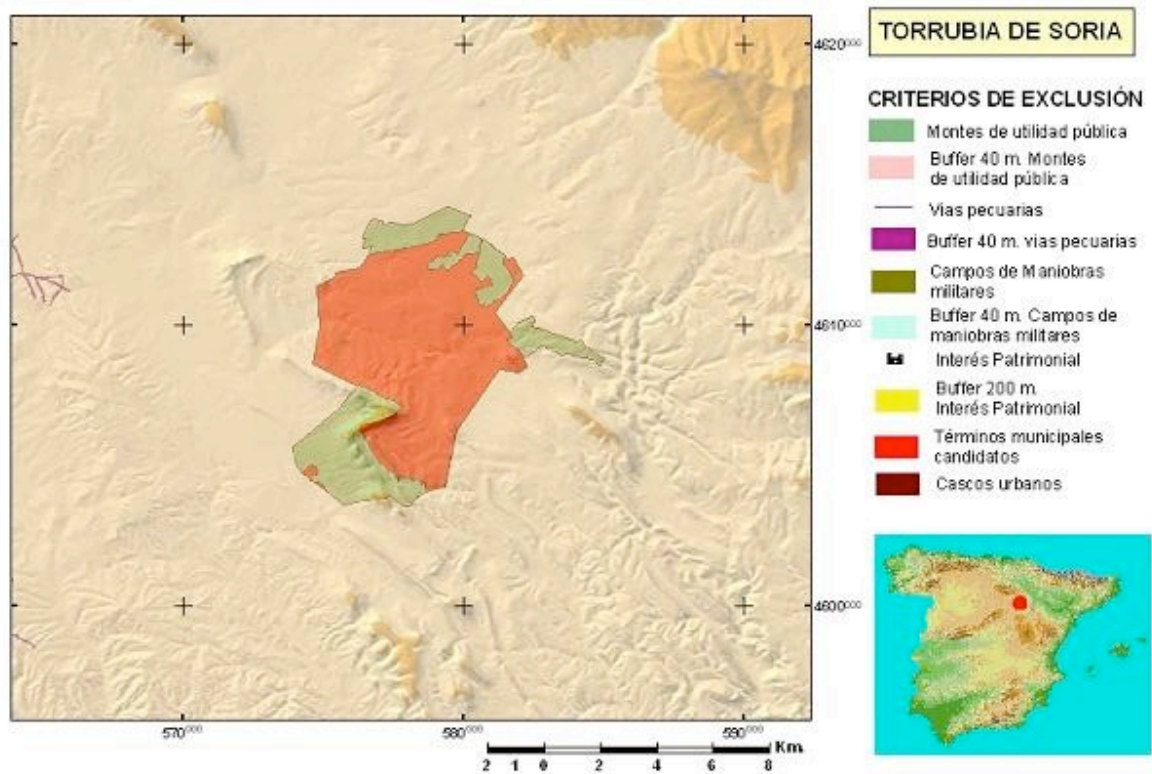


Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Torrúbia (Mapa nº23)

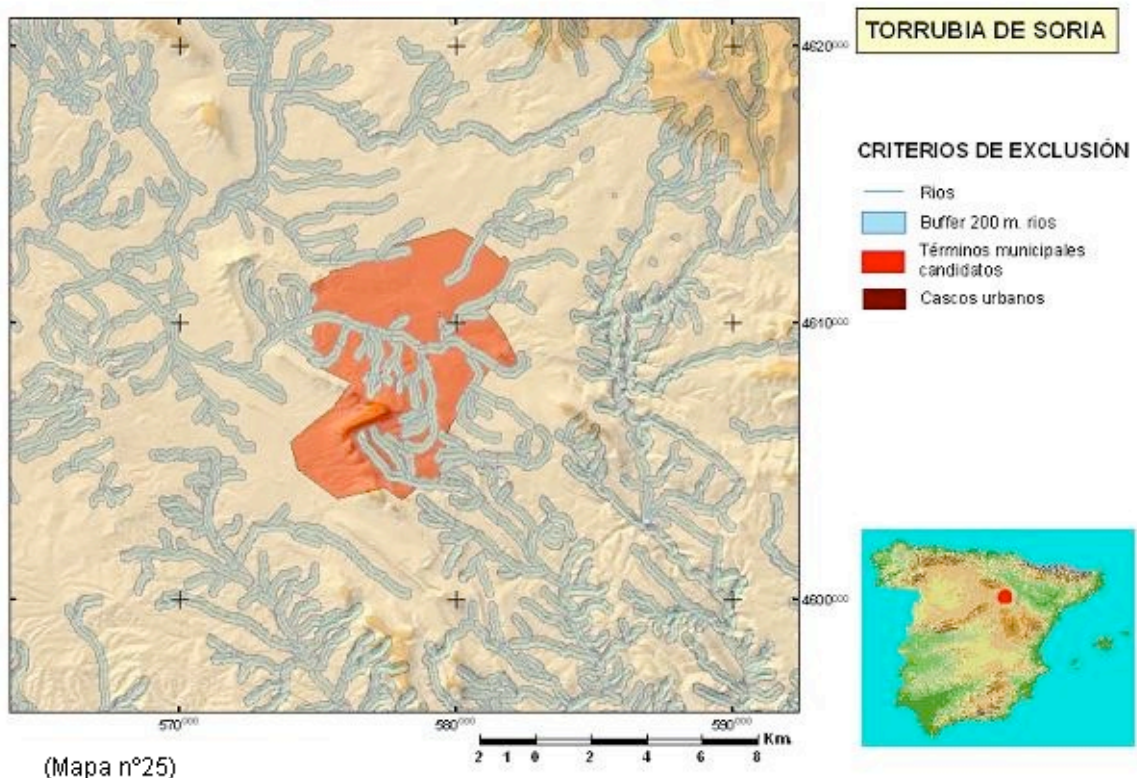


Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Torrúbia de Soria (Mapa nº24).

(Mapa nº24)



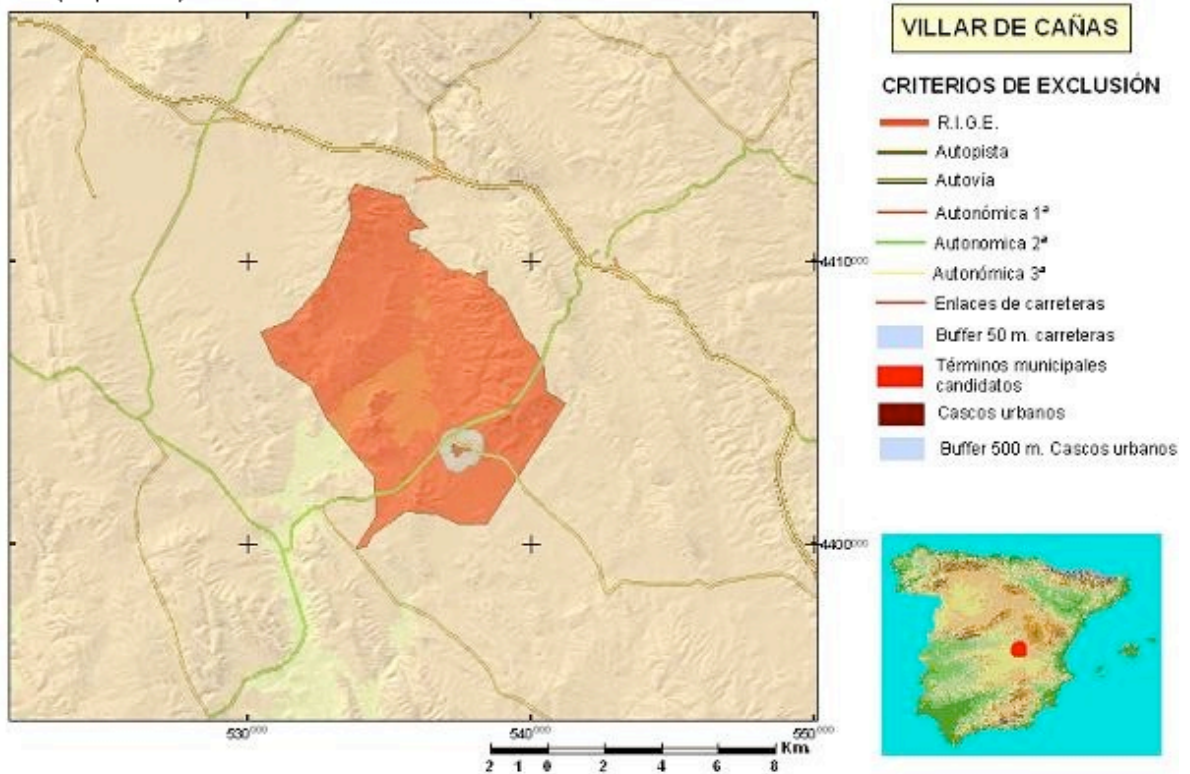
Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Torrúbia de Soria (Mapa nº25).



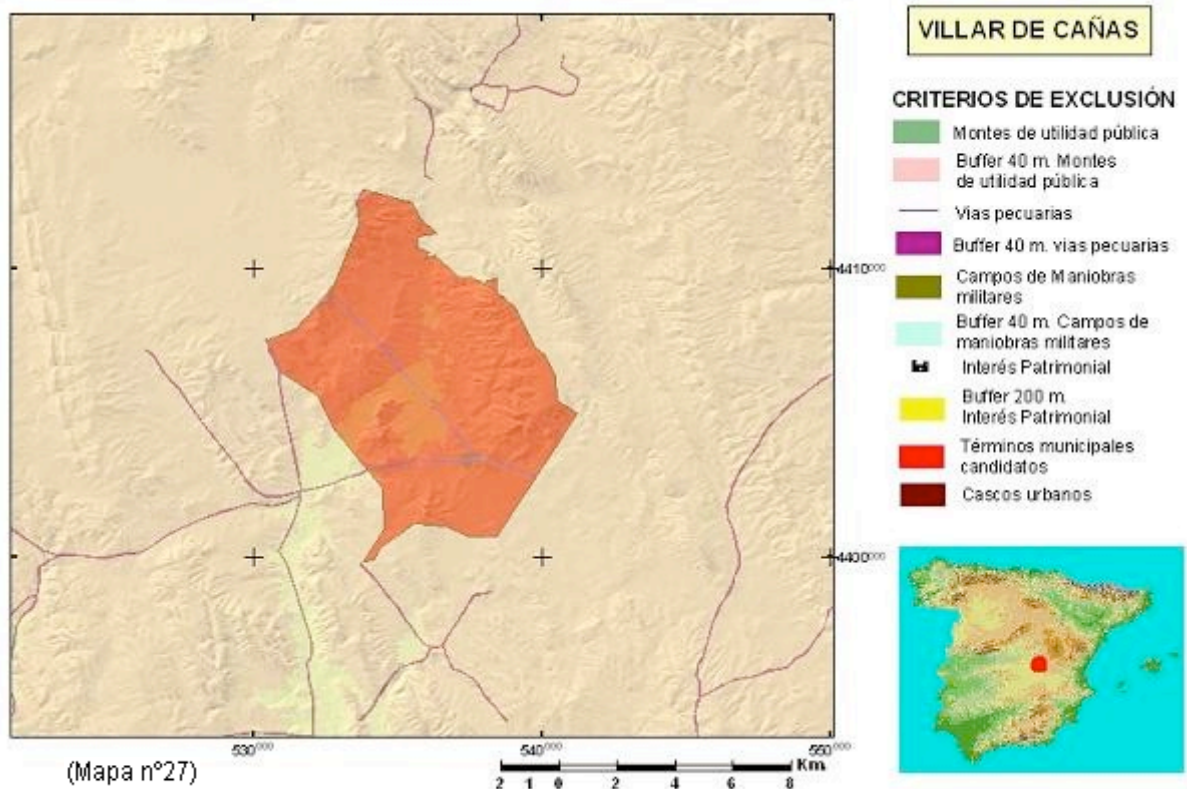
(Mapa nº25)

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Villar de Cañas (Mapa nº26).

(Mapa nº26)

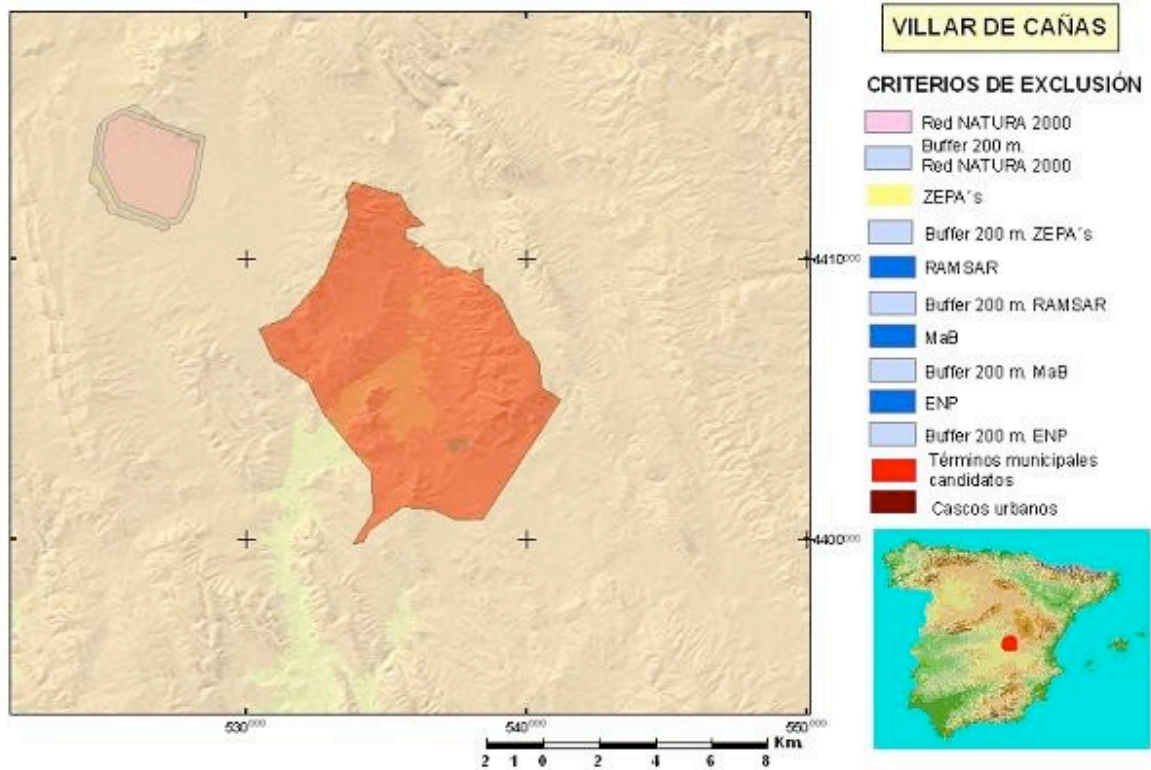


Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Villar (Mapa nº27).

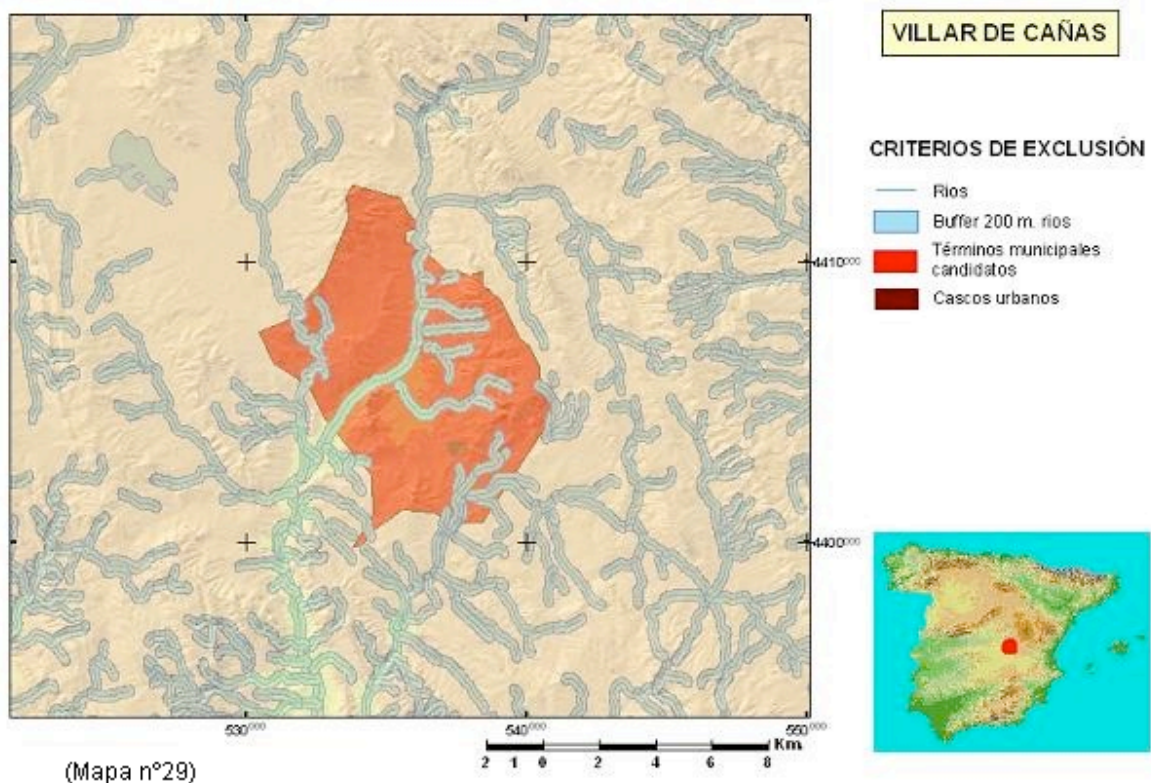


Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Villar de Cañas (Mapa nº28).

(Mapa nº28)



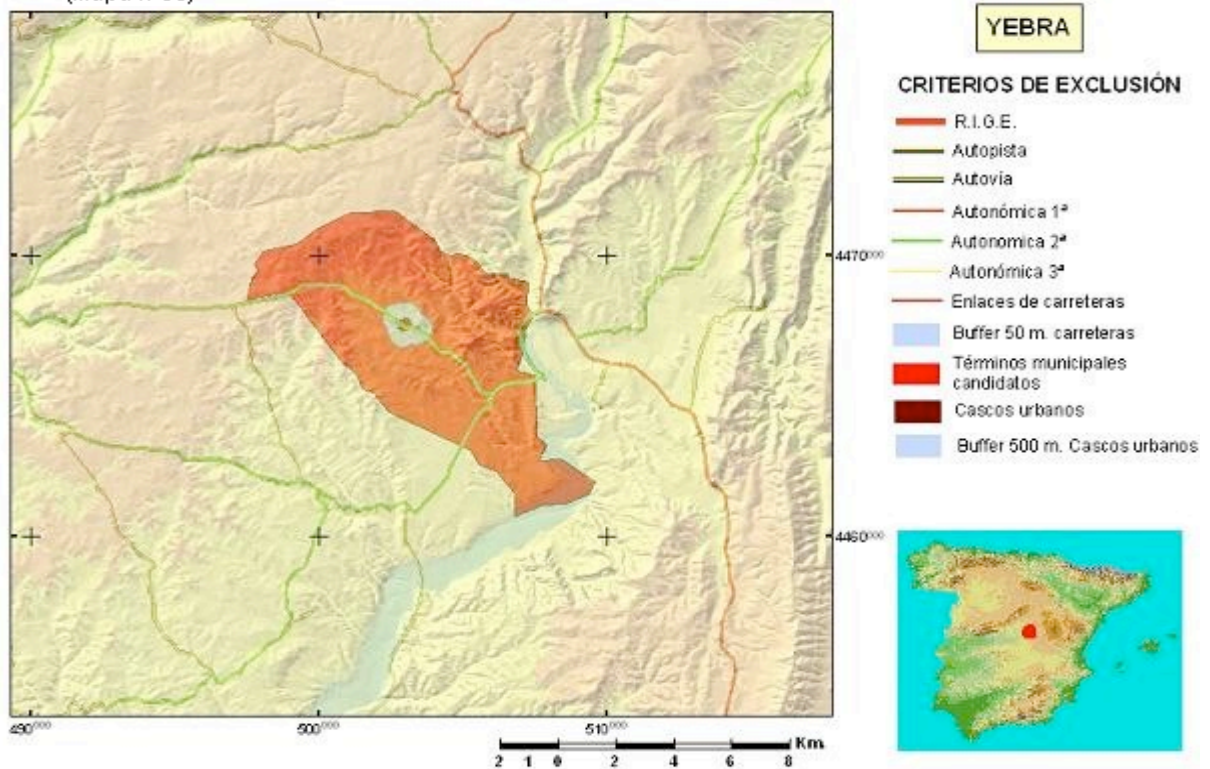
Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Villar de Cañas (Mapa nº29).



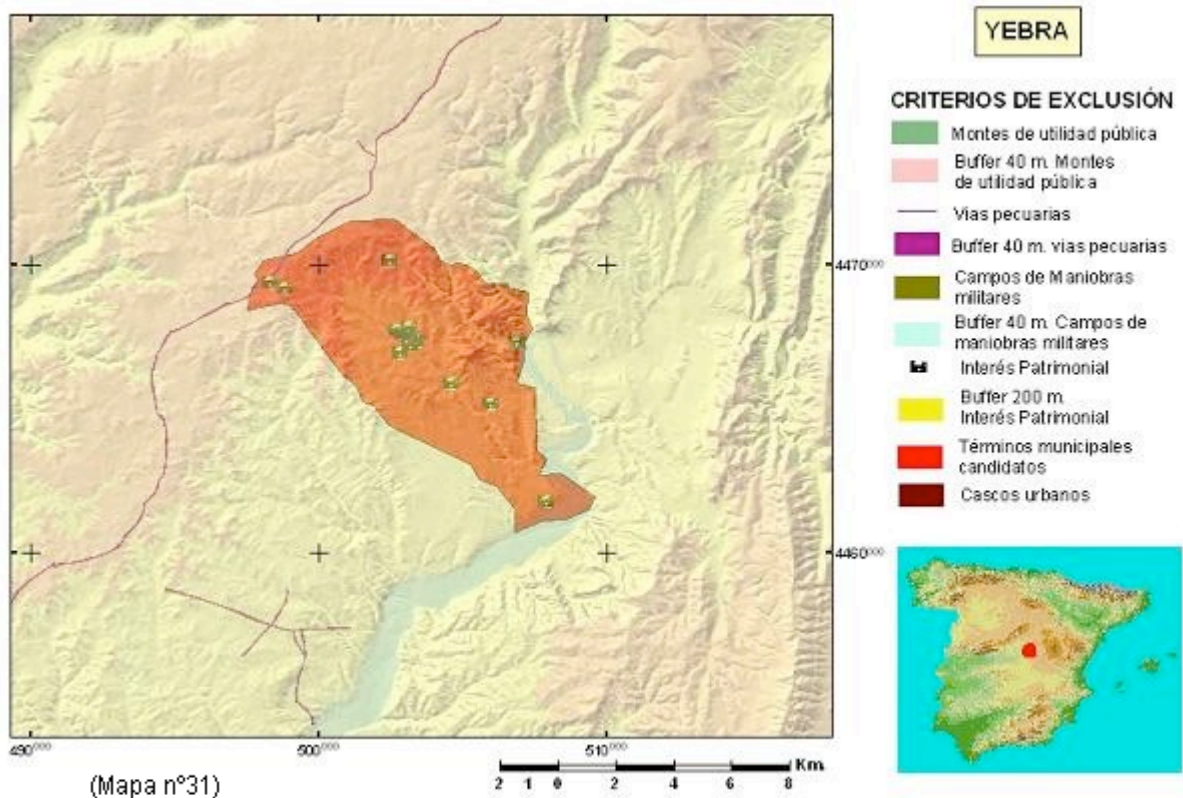
(Mapa nº29)

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Yebra (Mapa nº30).

(Mapa nº30)



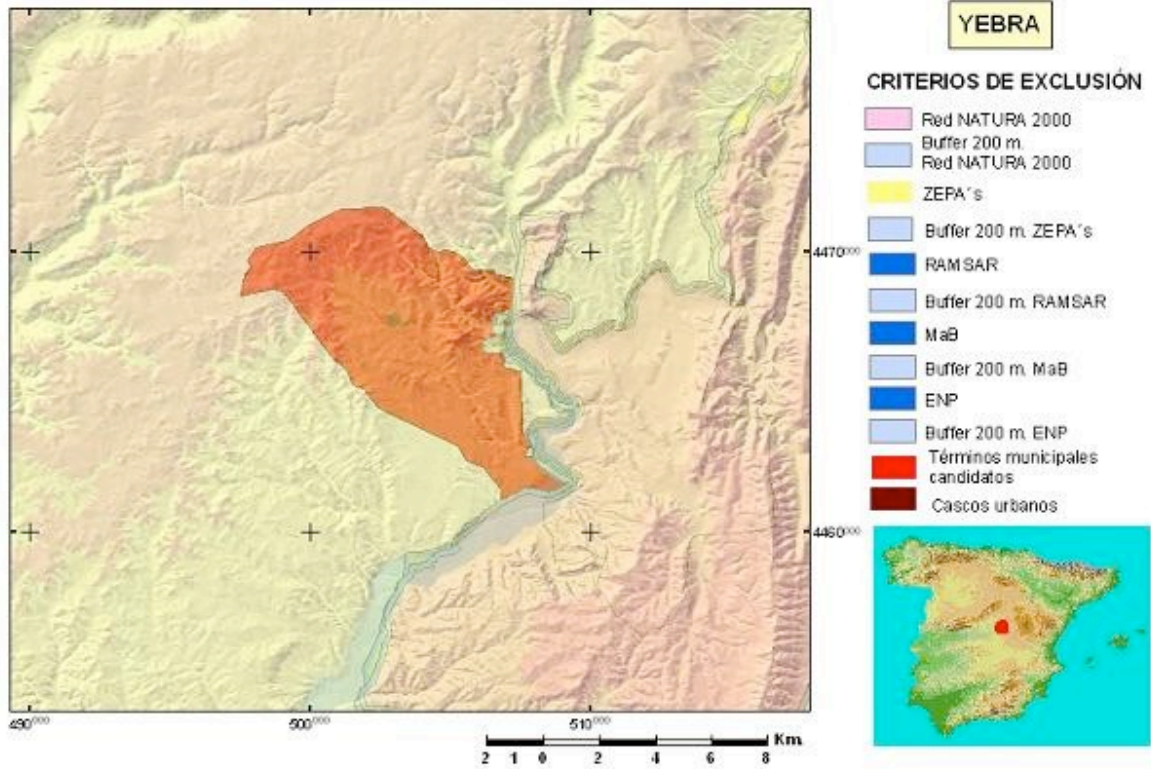
Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Yebra (Mapa nº31).



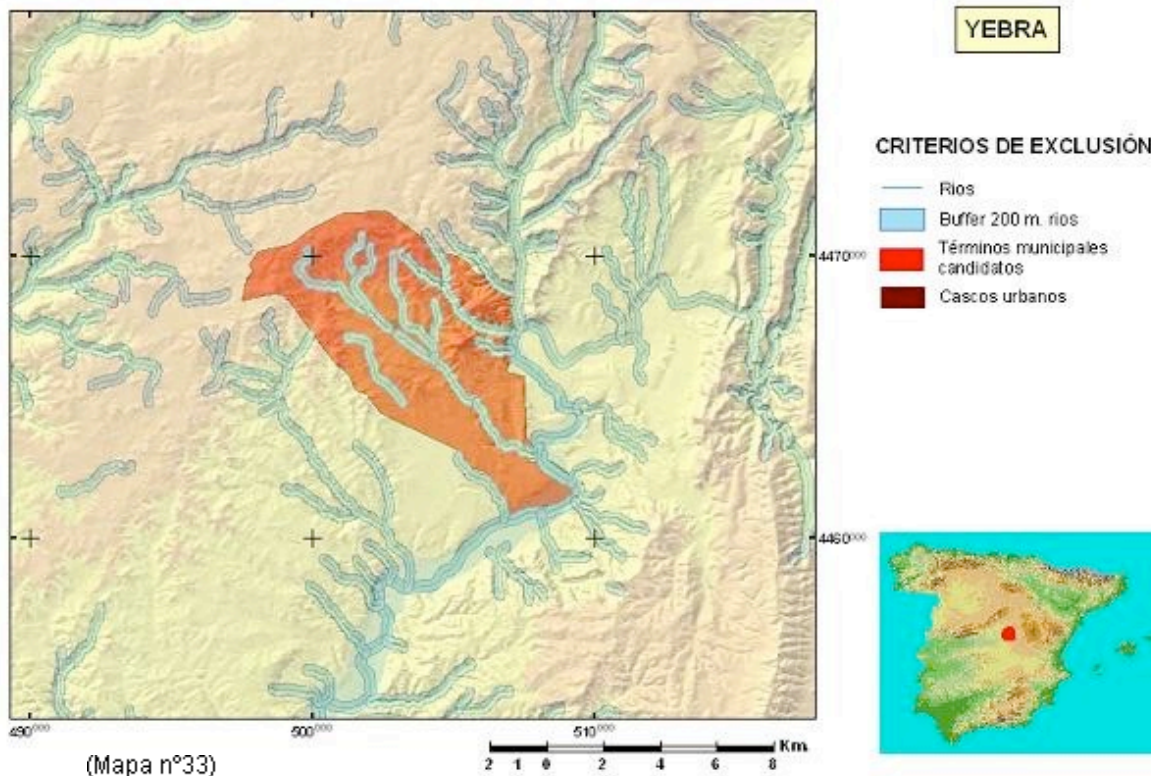
(Mapa nº31)

Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Yebra (Mapa nº32).

(Mapa nº32)

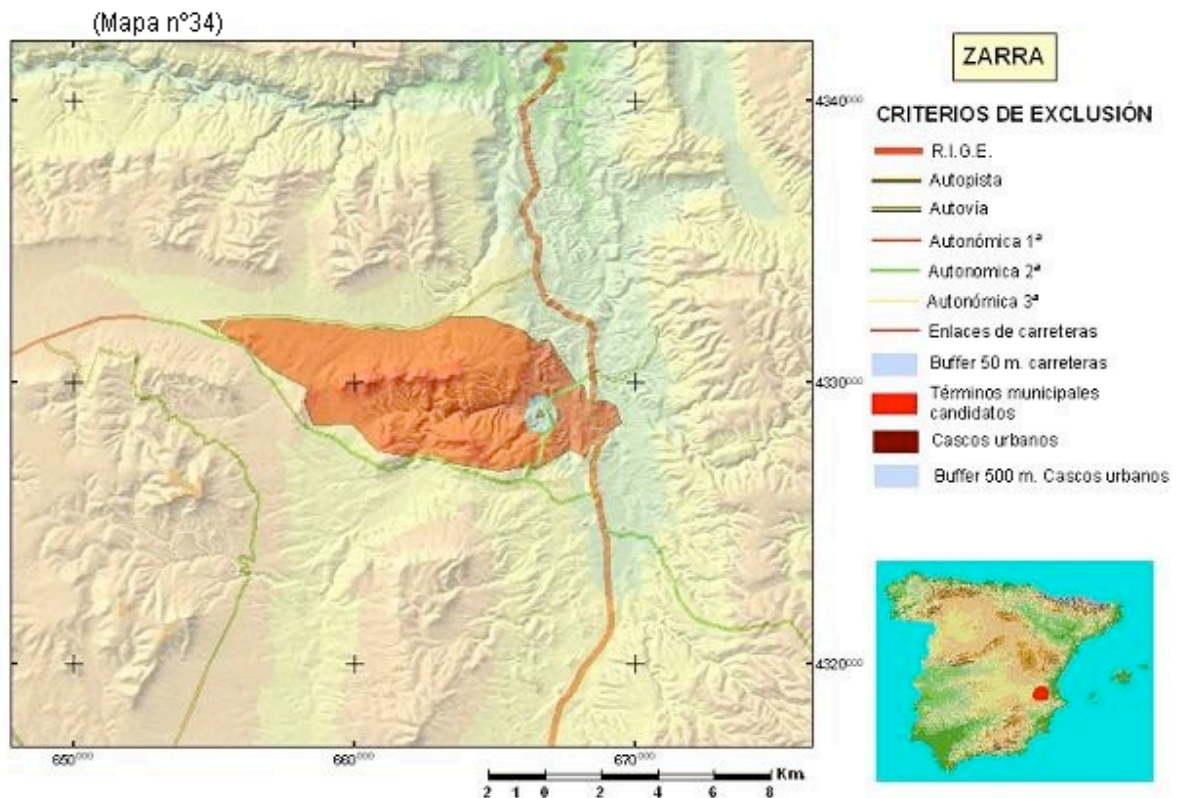


Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Yebra (Mapa nº33).

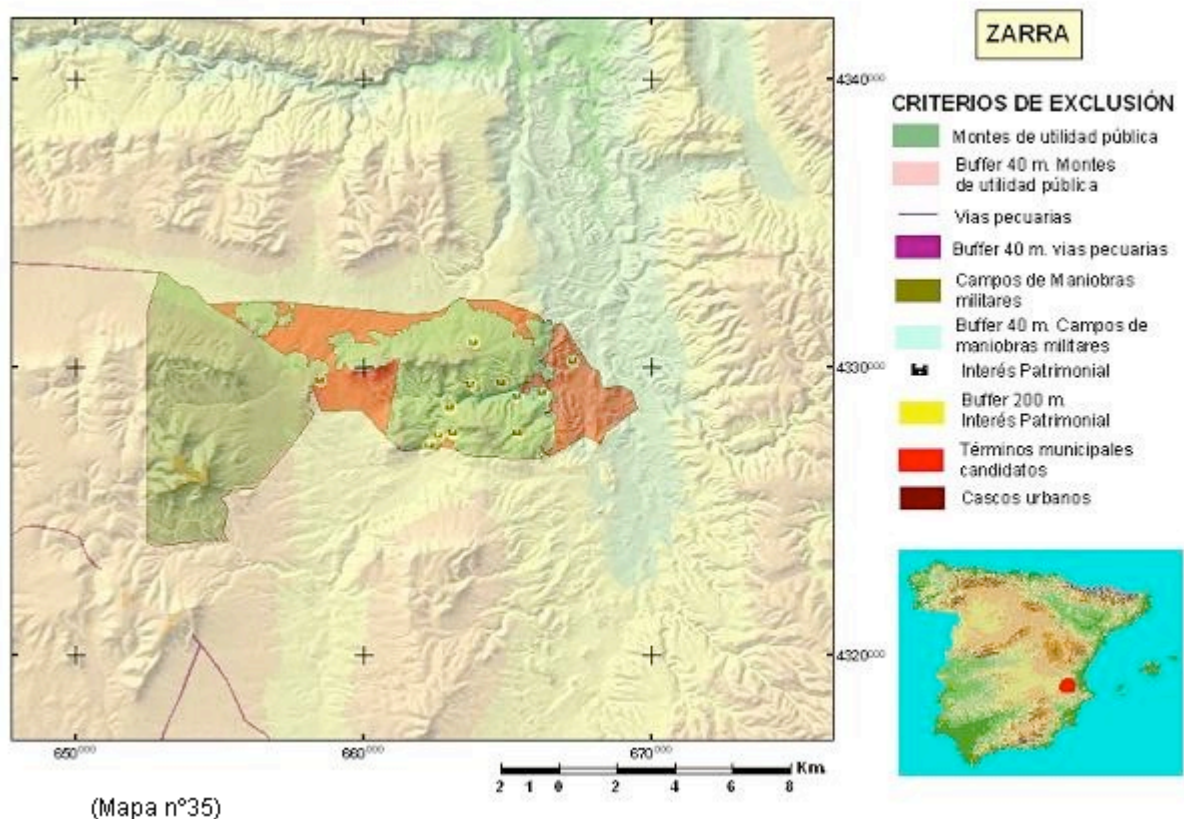


(Mapa nº33)

Buffer de 500 m. en cascos urbanos, y buffer de proximidad de 50 m. para ferrocarriles y vías de comunicación para el término de Zarra (Mapa nº34).

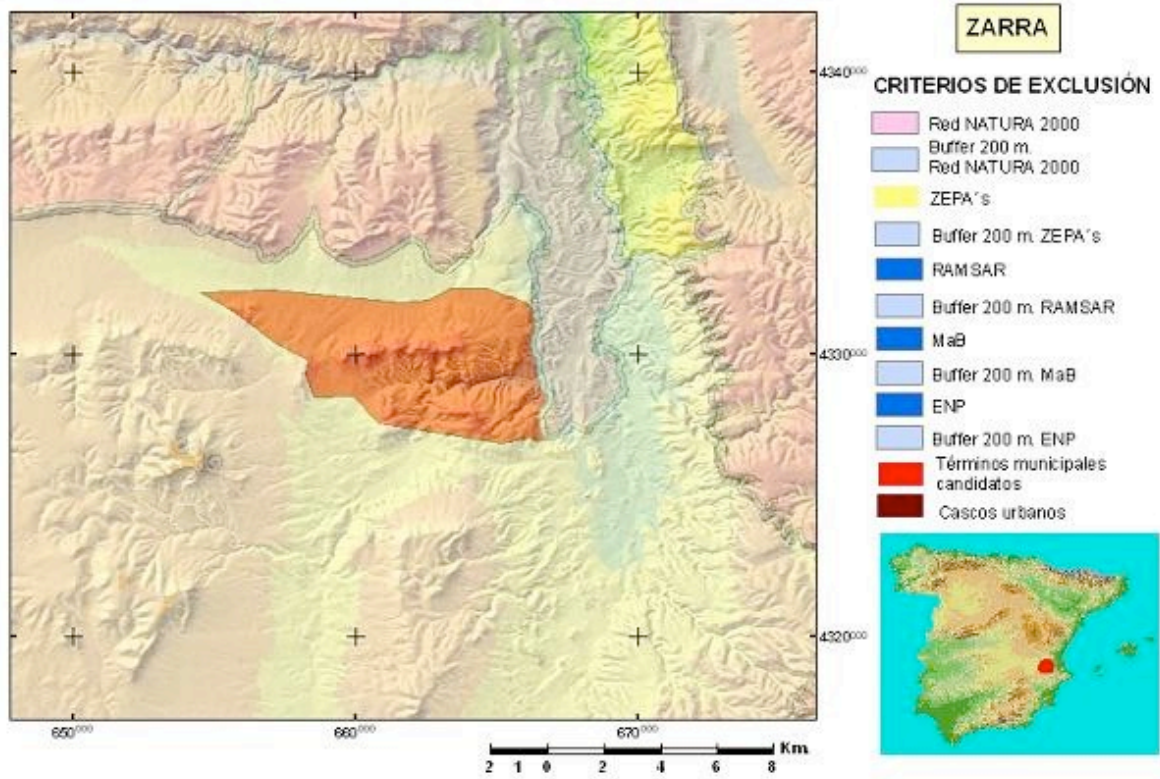


Buffer de 40 m. para Montes de utilidad pública, vías pecuarias y áreas de interés militar. Así como áreas declaradas de interés patrimonial con buffer de 200 m. para Zarra (Mapa nº35).

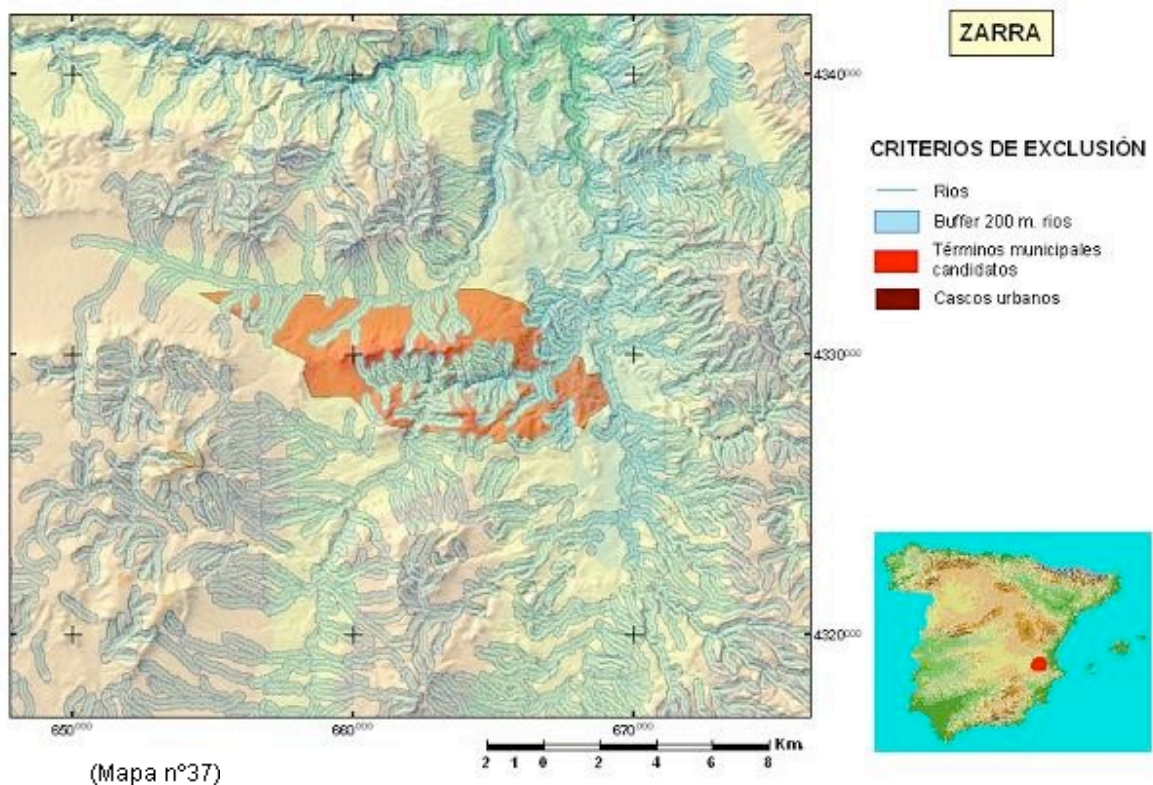


Buffer de 200 m. para zonas de especial protección medioambiental, Red Natura 2000, ZEPAS, RAMSAR, MaB, ENP para el término de Zarra (Mapa nº36).

(Mapa nº36)



Exclusión por presencia de masas de agua, lagos, presas, y ríos con buffer de influencia de 200 m. para el término de Zarra (Mapa nº37).



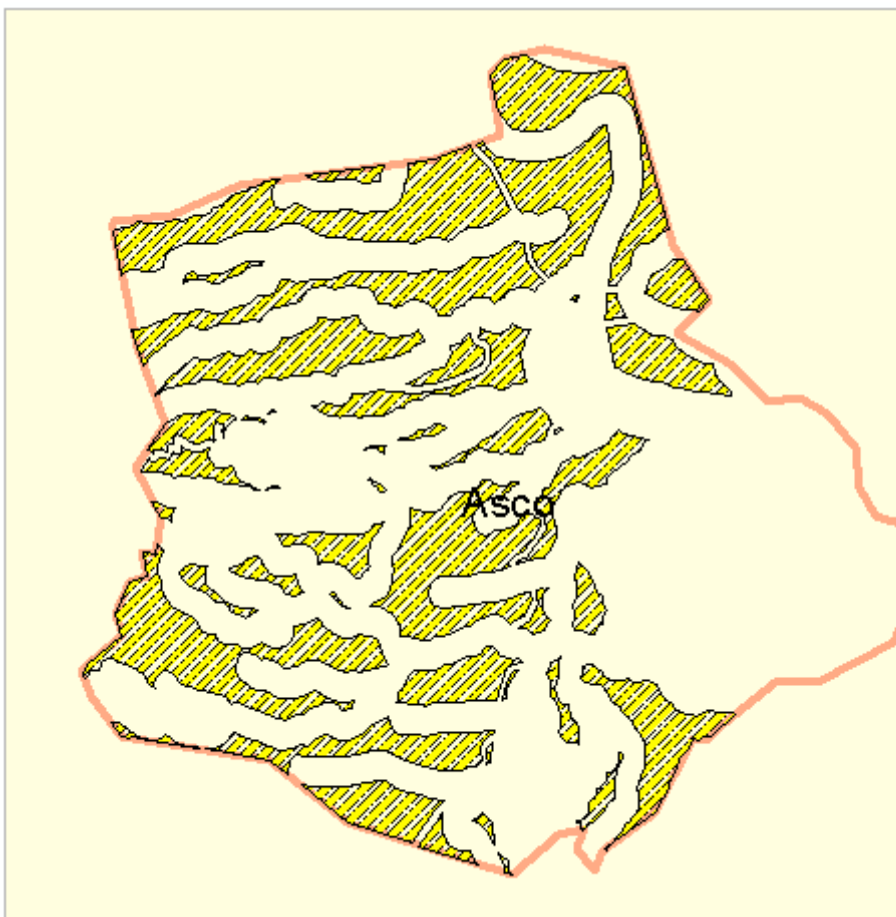
(Mapa nº37)

Superficie útil por municipio.

En los apartados anteriores hemos aplicado los requisitos establecidos, los cuales una vez considerados nos proporcionan las áreas útiles en cada término municipal. En los siguientes mapas se muestran para cada término candidato las superficies que pueden albergar el emplazamiento, si bien es importante señalar la necesidad de eliminar aquellas cuya superficie sea inferior a las 15 Ha. mínimas requeridas para albergar las instalaciones principales, conforme a lo especificado en la convocatoria oficial.

Si bien de forma inicial se realiza una selección por atributos para eliminar aquellas parcelas que no llegan a la superficie mínima requerida, el detalle de este proceso se detalla en el apartado de análisis de tamaño y forma, en donde se desglosan los pasos seguidos al respecto.

En los gráficos que se muestran a continuación (Figuras 8 a 15), se ha querido mantener la relación de escala, a fin de transmitir la relación de superficie útil respecto de la total de cada término, correspondiendo la escala de representación con 1/100.000.



(Figura nº8 – Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Asco)

Las áreas marcadas en tono azul en la tabla de atributos no alcanzan la superficie mínima requerida por lo que serán excluidas en los procesos de análisis a realizar posteriormente (Tabla nº3)

Attributes of SupUtil_Asco				
OBJ	SHAPE *	NOMB	SHAPE Leng	SHAPE Area
15	Polygon	<Null>	230,116436	2054,806601
34	Polygon	<Null>	253,103986	3555,517893
37	Polygon	<Null>	285,228581	3863,350015
14	Polygon	<Null>	390,67163	3894,134973
29	Polygon	<Null>	615,556728	10397,169504
30	Polygon	<Null>	690,233298	11228,349641
20	Polygon	<Null>	712,713376	11759,36653
27	Polygon	<Null>	957,860553	12605,908545
43	Polygon	<Null>	778,825409	12629,012663
12	Polygon	<Null>	723,842158	12875,2784
26	Polygon	<Null>	644,821244	14152,790212
13	Polygon	<Null>	895,392207	35547,451006
42	Polygon	<Null>	1120,187678	39849,453818
31	Polygon	<Null>	1410,325469	49230,789341
35	Polygon	<Null>	1108,007964	61082,492306
21	Polygon	<Null>	2601,838197	65184,421334
7	Polygon	<Null>	2369,286506	91989,280855
39	Polygon	<Null>	1750,562768	94498,164901
4	Polygon	<Null>	2259,727317	125943,684135
24	Polygon	<Null>	2307,606308	142397,523735
18	Polygon	<Null>	2752,505913	144067,556611
41	Polygon	<Null>	2782,879424	145160,386726
44	Polygon	<Null>	2594,277467	150085,778171
17	Polygon	<Null>	2435,740882	181108,008056
10	Polygon	<Null>	2750,180484	250640,632
40	Polygon	<Null>	2318,829789	259806,470071
9	Polygon	<Null>	3454,277058	304073,359207
11	Polygon	<Null>	3990,411048	313377,743715
2	Polygon	<Null>	2346,304262	351326,299243
32	Polygon	<Null>	3953,0805	362854,769368
16	Polygon	<Null>	3805,27431	401988,526559
38	Polygon	<Null>	5901,467619	639238,237899
25	Polygon	<Null>	4177,04847	707193,178937
33	Polygon	<Null>	7670,280602	750451,918271
36	Polygon	<Null>	4199,887228	779588,673929
23	Polygon	<Null>	4304,623225	804546,589167
22	Polygon	<Null>	8822,150931	1071256,20014
45	Polygon	<Null>	8034,202782	1233232,20690
8	Polygon	<Null>	8192,441626	1392114,41856
3	Polygon	<Null>	7467,085017	1483418,79794
1	Polygon	<Null>	10409,440499	1630026,07534
6	Polygon	<Null>	12886,334299	1811364,93312
28	Polygon	<Null>	11586,216206	2236271,89881
19	Polygon	<Null>	15621,15558	2653790,69307
5	Polygon	<Null>	13152,548199	2911323,08223

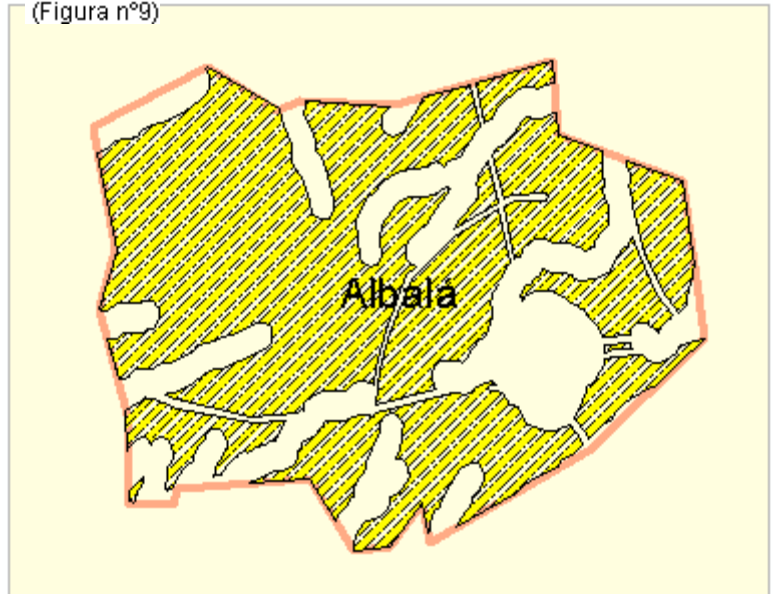
(Tabla nº3 – Superficie de parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Asco)

(Tabla nº5)

Attributes of SupUtil_CongostodeValdavia

OB	SHAPE *	NOMB	SHAPE Length	SHAPE Area
39	Polygon	<Null>	204,881496	1229,802405
30	Polygon	<Null>	316,398156	3864,955516
26	Polygon	<Null>	561,782406	4259,99387
21	Polygon	<Null>	316,532105	4324,048815
9	Polygon	<Null>	340,40468	5106,14998
34	Polygon	<Null>	551,170007	5373,926426
18	Polygon	<Null>	366,057481	6804,592203
25	Polygon	<Null>	507,354469	6964,756378
6	Polygon	<Null>	693,621174	7360,356946
23	Polygon	<Null>	394,328196	7576,87802
14	Polygon	<Null>	552,219464	9168,778715
40	Polygon	<Null>	1009,389567	12025,422418
10	Polygon	<Null>	542,561156	18079,20271
38	Polygon	<Null>	662,66631	22525,185184
19	Polygon	<Null>	1250,300776	27250,425363
12	Polygon	<Null>	1080,151311	32516,234592
8	Polygon	<Null>	1114,803631	42753,847042
33	Polygon	<Null>	1405,946639	63789,558101
29	Polygon	<Null>	1970,693355	78432,967067
31	Polygon	<Null>	1427,110202	85427,619346
7	Polygon	<Null>	1549,479238	106378,032891
27	Polygon	<Null>	1592,199813	117898,919714
28	Polygon	<Null>	1872,969517	142487,287111
37	Polygon	<Null>	2209,788054	153972,824879
24	Polygon	<Null>	5053,260416	187791,95857
11	Polygon	<Null>	3001,805193	191510,86968
32	Polygon	<Null>	2075,160906	205853,356106
3	Polygon	<Null>	1974,82463	237309,145455
1	Polygon	<Null>	2706,330245	252090,614861
22	Polygon	<Null>	3015,74847	278166,427177
4	Polygon	<Null>	2949,077153	279292,965594
13	Polygon	<Null>	2393,637875	289444,525638
16	Polygon	<Null>	3012,946038	407716,129045
20	Polygon	<Null>	5839,238868	494297,893378
15	Polygon	<Null>	2951,276389	558964,818159
2	Polygon	<Null>	4247,8677	808817,526994
36	Polygon	<Null>	8321,764936	975447,018794
17	Polygon	<Null>	6448,591428	1472536,871429
35	Polygon	<Null>	17636,612262	2085866,115295
5	Polygon	<Null>	12840,313024	2229907,751125

(Figura nº9)



Attributes of SupUtil_Albalá

(Tabla nº4)

OB	SHAPE	NOMBR	SHAPE Length	SHAPE Area
12	Polygon	<Null>	831,490654	24533,126441
7	Polygon	<Null>	905,128667	29809,209522
3	Polygon	<Null>	2314,348994	160502,727665
2	Polygon	<Null>	3002,294174	337220,981442
8	Polygon	<Null>	4772,314697	708337,199297
11	Polygon	<Null>	7295,959965	965439,856693
6	Polygon	<Null>	5852,304745	1056559,835513
5	Polygon	<Null>	4809,999693	1082945,913598
4	Polygon	<Null>	7167,540225	1951152,680436
10	Polygon	<Null>	7057,705067	2300362,465078
9	Polygon	<Null>	16889,11584	3832832,963799
1	Polygon	<Null>	29300,812543	13791818,245861

(Tablas nº4 y 5 – Superficie de parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Albala y Congosto de Valdavia).

(Figuras nº9 y 10 –Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Albala y Congosto de Valdavia).

(Figura nº10)



(Figura nº11 - Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Melgar de Arriba y Santervás de Campos).



(Figura nº11)

(Tablas nº6 y 7 – Superficie de parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Melgar de Arriba y Santervás de Campos).

Attributes of SupUtil_SantervasdeCampos				
OB	SHAPE *	NOMB	SHAPE Length	SHAPE Area
15	Polygon	<Null>	114,813256	348,596457
4	Polygon	<Null>	508,391591	3647,522211
3	Polygon	<Null>	525,375616	9861,566083
5	Polygon	<Null>	657,432601	10164,224915
11	Polygon	<Null>	785,695117	28549,243653
14	Polygon	<Null>	803,126859	30174,342706
10	Polygon	<Null>	1278,98319	55934,832797
9	Polygon	<Null>	3388,695644	226123,055763
7	Polygon	<Null>	2915,48352	226389,596487
1	Polygon	<Null>	2066,815847	246785,754712
16	Polygon	<Null>	2860,807448	450446,700717
13	Polygon	<Null>	3707,362986	829061,443939
6	Polygon	<Null>	4426,582311	1137774,32360
8	Polygon	<Null>	6349,90345	1753403,28829
12	Polygon	<Null>	10414,541375	2529538,67446
2	Polygon	<Null>	10438,236964	2635303,70088

(Tabla nº7)

Attributes of SupUtil_MelgardeArriba				
OB	SHAPE *	NOMB	SHAPE Length	SHAPE Area
12	Polygon	<Null>	103,943513	559,551988
21	Polygon	<Null>	283,660368	1620,765352
10	Polygon	<Null>	924,396804	9868,488472
3	Polygon	<Null>	654,873537	12632,351508
18	Polygon	<Null>	726,215328	15506,421902
13	Polygon	<Null>	538,221118	16337,264026
5	Polygon	<Null>	828,436938	18168,509394
11	Polygon	<Null>	759,13487	27570,730724
2	Polygon	<Null>	1166,620388	28545,691729
17	Polygon	<Null>	857,709075	42941,473587
20	Polygon	<Null>	1586,579869	54124,070837
6	Polygon	<Null>	1145,659256	57735,732067
16	Polygon	<Null>	1638,589614	72470,653668
15	Polygon	<Null>	1819,176238	84958,856852
22	Polygon	<Null>	2207,398078	101709,448424
8	Polygon	<Null>	1809,633477	148103,593877
9	Polygon	<Null>	1764,311206	165220,841077
4	Polygon	<Null>	2498,321332	201668,124666
19	Polygon	<Null>	3487,387731	342743,345498
7	Polygon	<Null>	3878,394628	408787,634481
1	Polygon	<Null>	4897,704299	940490,466981
14	Polygon	<Null>	10508,166121	2245368,89396

(Tabla nº6)

(Figura nº12)



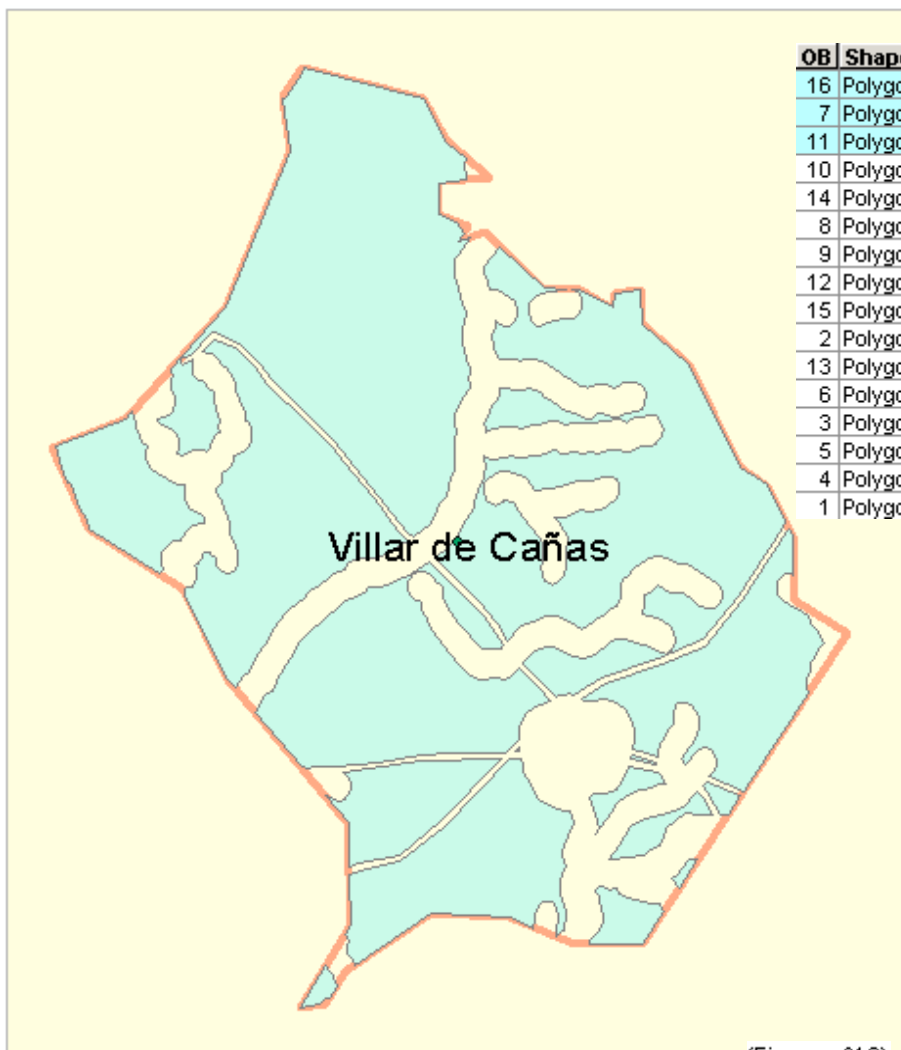
Conforme se podía deducir de los mapas relativos a los criterios de exclusión, el término municipal de Torrubia de Soria debe quedar excluido de la convocatoria ya que todo su término esta declarado como Zona de especial protección de aves (ZEPA), así como una parte por pertenecer a la Red Natura 2000.

Por tanto debe ser excluido el término municipal de Torrubia de Soria, el cual no debería haber presentado su candidatura, por no cumplir los requisitos mínimos recogidos en la convocatoria. (Figura nº12).

Con independencia de lo que pueda determinar la comisión interministerial, por este motivo en el presente Proyecto se excluye el Término municipal de Torrubia de Soria de cualquier estudio y análisis de idoneidad.

(Tabla nº8)

OB	Shape	NOM	SHAPE Leng	Shape Area
16	Polygon		164,610267	1162,700739
7	Polygon		779,6353	17425,740535
11	Polygon		1084,101934	46974,705388
10	Polygon		1441,930114	112463,820187
14	Polygon		1619,184602	128164,029366
8	Polygon		3088,284759	268206,86462
9	Polygon		3640,853197	380766,99429
12	Polygon		3160,066598	498881,34651
15	Polygon		6520,510261	1855734,280398
2	Polygon		6605,564877	2195991,953938
13	Polygon		10847,090815	4200227,066926
6	Polygon		13082,618607	4294106,900726
3	Polygon		13698,069742	5753104,26282
5	Polygon		14444,828239	6294795,610819
4	Polygon		37124,401518	11983029,079227
1	Polygon		21811,08377	14371345,74432



(Tablas nº8 – Superficie de parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Villar de Cañas).

(Figura nº13 – Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Villar de Cañas).

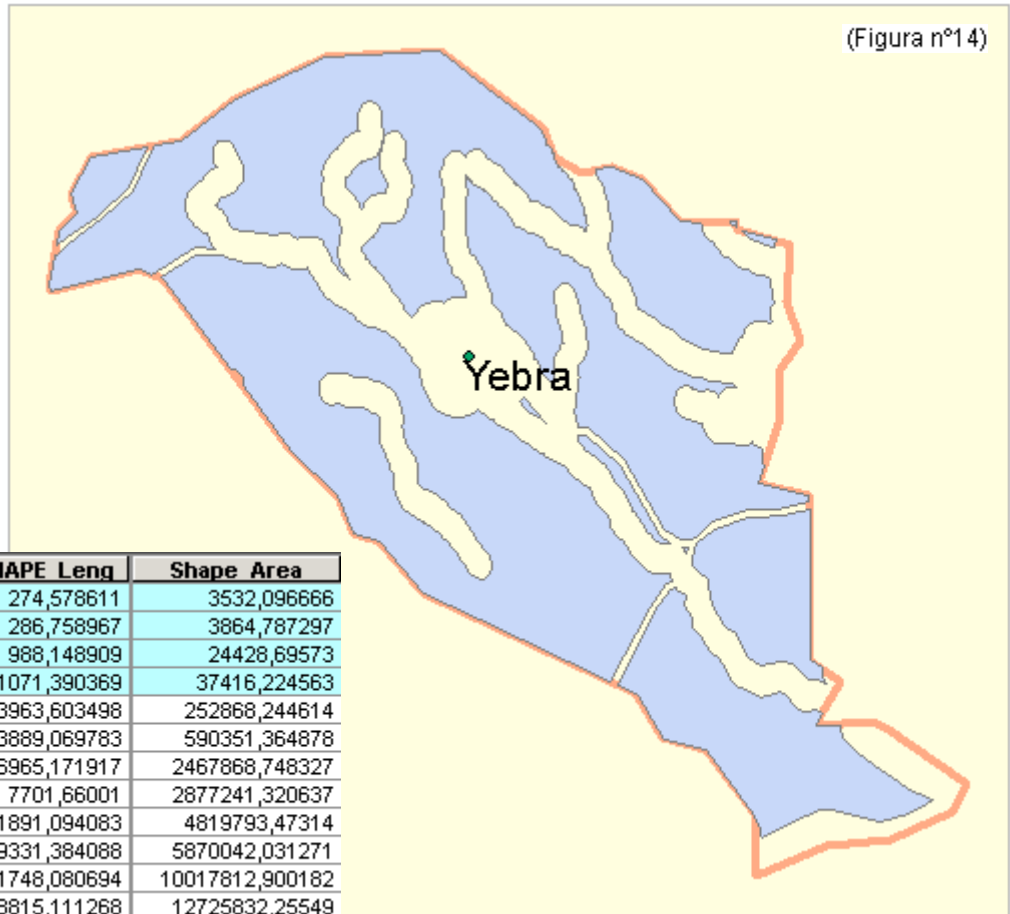
(Figura nº13)

(Figuras nº14 y 15. Parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Yebra y Zarra).

(Tablas nº9 y 10. Superficie de parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión en Yebra y Zarra).

(Tabla nº9)

OB	Shape *	NOMBR	SHAPE Leng	Shape Area
5	Polygon		274,578611	3532,096666
8	Polygon		286,758967	3864,787297
3	Polygon		988,148909	24428,69573
9	Polygon		1071,390369	37416,224563
4	Polygon		3963,603498	252868,244614
12	Polygon		3889,069783	590351,364878
2	Polygon		6965,171917	2467868,748327
7	Polygon		7701,66001	2877241,320637
1	Polygon		11891,094083	4819793,47314
6	Polygon		19331,384088	5870042,031271
11	Polygon		31748,080694	10017812,900182
10	Polygon		18815,111268	12725832,25549



(Figura nº14)



(Figura nº15)

(Tabla nº10)

OB	SHAPE *	NOMBR	SHAPE Length	SHAPE Area
15	Polygon	<Null>	672,96655	7820,856769
6	Polygon	<Null>	448,740878	9731,462367
8	Polygon	<Null>	552,870626	12509,586839
13	Polygon	<Null>	582,344491	17192,942057
17	Polygon	<Null>	957,20368	19040,686122
5	Polygon	<Null>	963,101756	22119,007529
3	Polygon	<Null>	867,415416	23040,908865
18	Polygon	<Null>	1088,717901	31402,49742
2	Polygon	<Null>	1373,712792	33411,902379
4	Polygon	<Null>	856,296695	33740,316845
9	Polygon	<Null>	993,700854	40679,687122
16	Polygon	<Null>	1007,185626	41308,194884
1	Polygon	<Null>	1697,555524	116103,301157
12	Polygon	<Null>	2114,511916	171430,221602
7	Polygon	<Null>	3437,873138	337248,941441
11	Polygon	<Null>	4948,552113	664183,806426
14	Polygon	<Null>	8413,453221	1249716,120847
10	Polygon	<Null>	20678,593182	5830767,467052

Los gráficos mostrados y sus correspondientes tablas de atributos son el resultado de aplicar los criterios de exclusión (REQUISITOS), a partir de los cuales se pueden extraer importantes conclusiones en cuanto a la potencial capacidad útil de cada municipio, que se muestra bastante diferente en cada caso, siendo el de Torrubia de Soria especialmente significativo por haberse admitido a trámite la presentación de su candidatura.

RESTRICCIONES

Selección de criterios

Conforme a la metodología propuesta, el proceso de análisis se corresponde con el análisis jerárquico GIS seguido en Canadá, para la determinación óptima del depósito de residuos nucleares a largo plazo, en el que caracterizan y cuantifican diversos factores a tener en cuenta en el proceso de determinación del emplazamiento. En el caso Español, en donde el ámbito temporal se reduce considerablemente, las variables a considerar si bien son básicamente las mismas, se cuantifican conforme a la vida útil de dicha instalación, de ahí que la metodología propuesta se corresponda con el modelo Canadiense particularizado a la escala temporal de vida útil de la Instalación.

Una vez observados los requisitos exigidos, que determinan la categoría de Apto o No apto del terreno, será necesario categorizar estos de acuerdo a los factores de influencia determinados en la metodología del Proyecto, y que no son otros que los criterios que no habiendo sido objeto de consideración explícita en la Convocatoria, son ampliamente reconocidos por la Bibliografía de referencia como factores determinantes a tener en cuenta, obteniéndose para cada posible emplazamiento la correspondiente restricción de la variable considerada.

Las restricciones a tener en cuenta se engloban en tres grandes grupos:

- Restricciones por el Terreno → Las relativas a las características del terreno, ya sean interiores o superficiales.
- Restricciones por Transporte → Las relativas al transporte de los residuos y la existencia de vías de comunicación que faciliten este.
- Restricciones Sociales → Las relacionadas con la población.

A parte de los tres grupos de restricciones señalados, se considera uno más que aunque no se puede catalogar propiamente como restricción, no se puede pasar por alto. Este es, el análisis de tamaño y forma de cada una de las parcelas designadas como aptas en el proceso de exclusión establecido.

Cada una de estos grupos incluye las diversas categorías que se detallan a continuación.

Restricciones por el terreno

Los aspectos restrictivos a tener en cuenta en esta categoría se pueden englobar en dos grupos: Uno correspondiente a las características superficiales del terreno y otro el que se refiere a las características interiores del mismo.

De esta forma hablaríamos, en lo que a la 1ª categoría se refiere de aspectos externos, relacionados con la topografía del territorio y la hidrografía del mismo. Mientras que en lo referente a las características internas, se deben considerar los aspectos referidos a la Geología, acuíferos y aguas subterráneas y riesgo sísmico.

Restricciones de terreno (aspecto superficial) → Topografía/Pendientes + Hidrografía

En este apartado nos centraremos en la influencia que la superficie del terreno y en particular la Topografía tiene en la Instalación. Cabe hablar así pues de los condicionantes relativos directamente a la forma del terreno, o lo que es lo mismo, la pendiente que presenta este categorizada conforme a la metodología propuesta.

Por otra parte la Hidrografía, que aunque es causa directa de la Topografía del Territorio, se estudia como aspecto independiente al terreno, por el condicionante de que existan masas o cursos de agua.

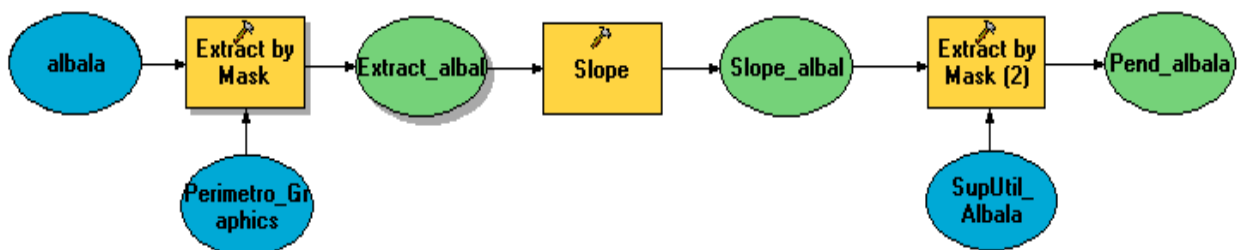
- **Topografía - Pendientes**

La restricción topográfica podemos afirmar que se circunscribe básicamente a la pendiente que presenta el terreno, ya que a priori la altitud no debe suponer por si mismo un condicionante a las infraestructuras de este proyecto.

Así pues, se procederá a partir del modelo digital de terreno de paso de malla 25 x 25 m. proveniente del IGN, a generar los mapas de pendiente relativos a cada término municipal. Dado que trabajar con el volumen de información completa resulta tedioso, lo primero será extraer a partir de una mascara mayor a la superficie del término municipal, el recorte del mdt de cada uno. El hecho de que el recorte sea superior a la superficie a analizar, se debe a la necesidad de que a la hora de generar las pendientes, no aparezcan errores en los bordes del municipio que pudieran desvirtuar el análisis posterior a realizar. (Figuras nº17-20-23-26-29-32y 35).

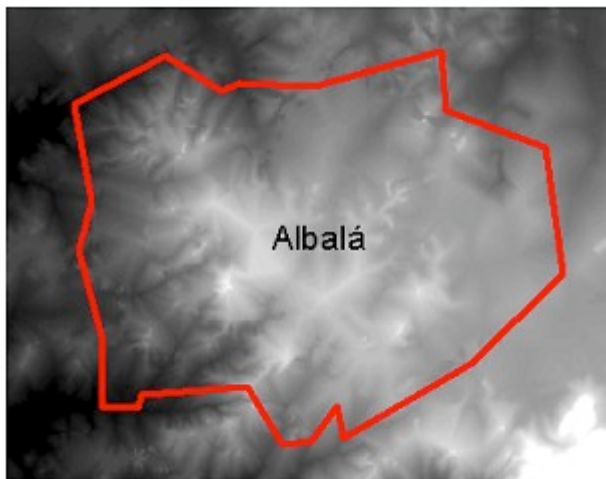
Una vez obtenido el mapa de pendiente de los términos (Figuras nº18-21-24-27-30-33y36), extraeremos los valores correspondientes a las áreas aptas para el emplazamiento.

El diagrama de flujo será pues el siguiente:



(Figura nº16. Diagrama de flujo para generación de pendientes en ° sexagesimales y extracción de los valores correspondientes a las parcelas útiles).

El proceso se reitera para todos los municipios candidatos, con lo que obtendremos los respectivos mapas de pendiente correspondientes a las áreas útiles de cada uno. (Figuras nº19-22-25-28-31-34y37).



ALBALÁ

Figura nº17. Modelo digital del terreno de Albalá

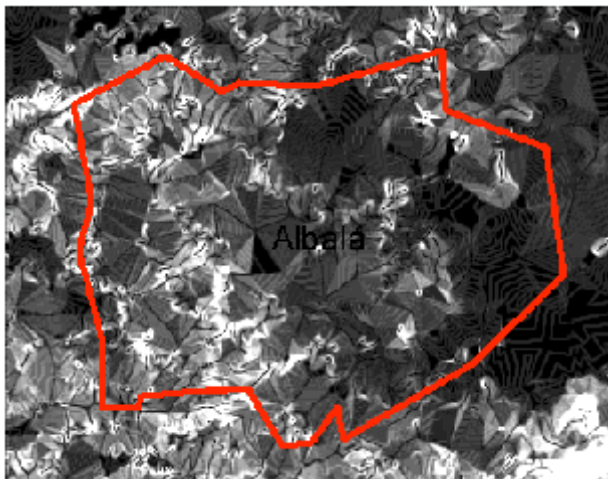
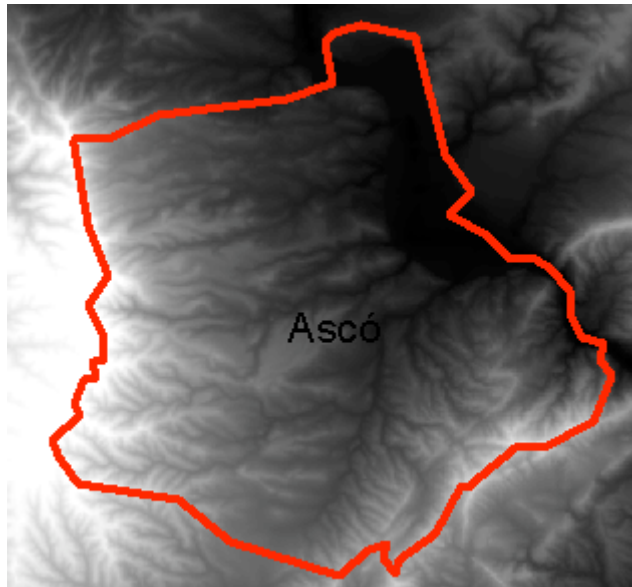


Figura nº18. Modelo de pendientes en ° sex. de Albalá



Obsérvese que la escala de pendientes resultante viene expresada en grados sexagesimales.

Figura nº19. Pendientes en las parcelas útiles de Albalá



ASCÓ

Modelo digital de elevaciones.

Altitudes en metros.

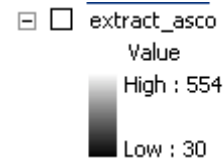


Figura nº20. Modelo digital del terreno correspondiente a Ascó



Escala de pendientes resultante en grados sexagesimales.

Figura nº21. Modelo de pendientes en ° sex. de Ascó

A fin de facilitar los posteriores procesos de análisis, se ha procedido a eliminar en la cobertura final las áreas de superficie inferior a las 15 ha.

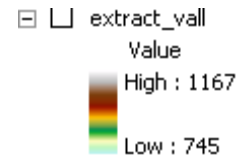


Figura nº22. Pendientes en las parcelas útiles de Ascó.

CONGOSTO DE VALDAVIA

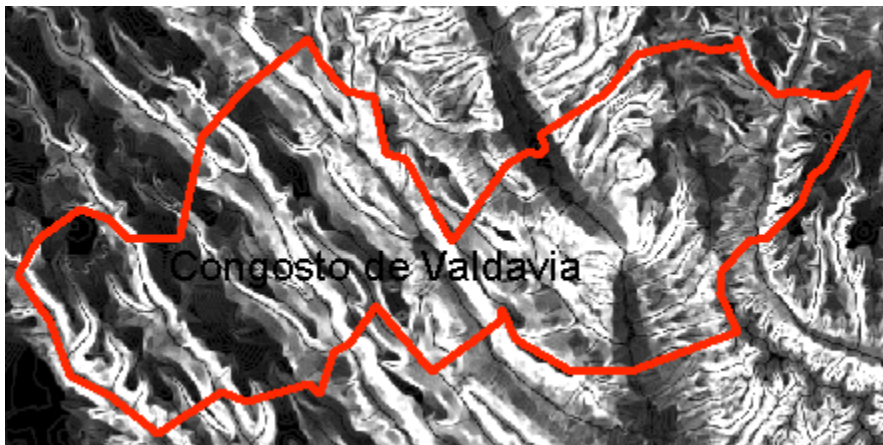


Modelo digital de elevaciones.



Altitudes en metros.

Figura nº23. Modelo digital del terreno correspondiente a Congosto de Valdavia.



Escala de pendientes resultante en grados sexagesimales.

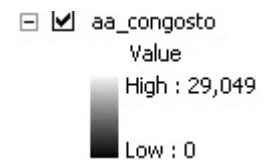
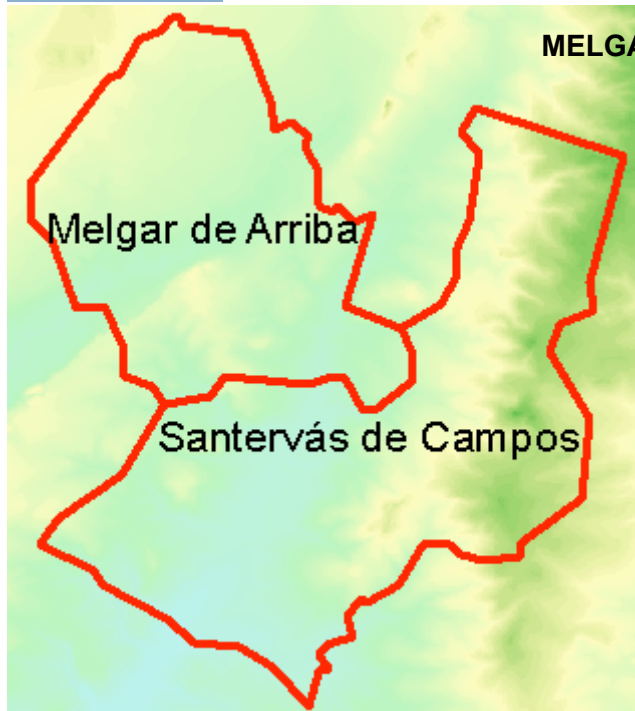


Figura nº24. Modelo de pendientes en ° sex. en Congosto de Valdavia.

A fin de facilitar los posteriores procesos de análisis, se ha procedido a eliminar en la cobertura final las áreas de superficie inferior a las 15 ha.

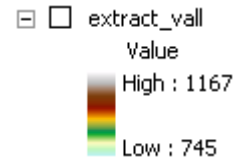


Figura nº25. Pendientes en las parcelas útiles de Congosto de Valdavia.



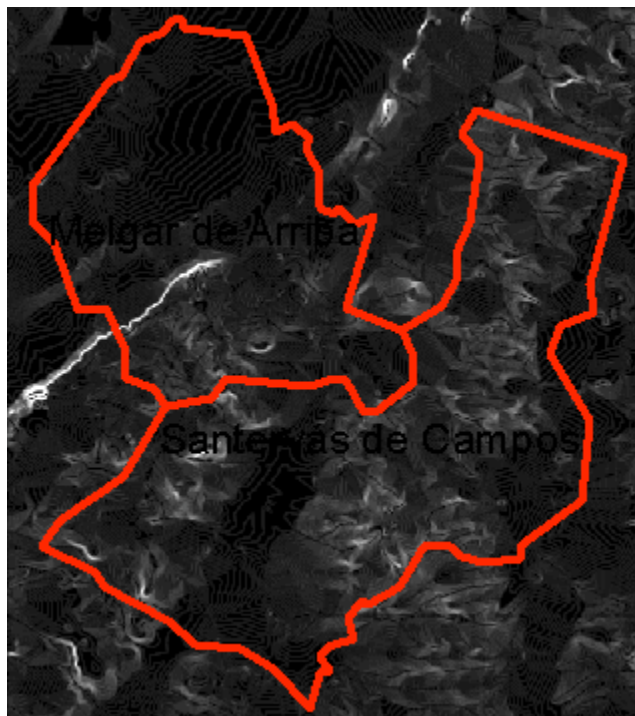
MELGAR DE ARRIBA / SANTERVAS DE CAMPOS

Modelo digital de elevaciones.



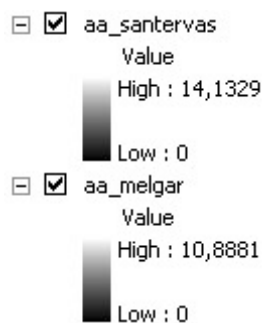
Altitudes en metros.

(Figura nº26. Modelo digital del terreno correspondiente a Melgar de Arriba y Santervás de Campos).

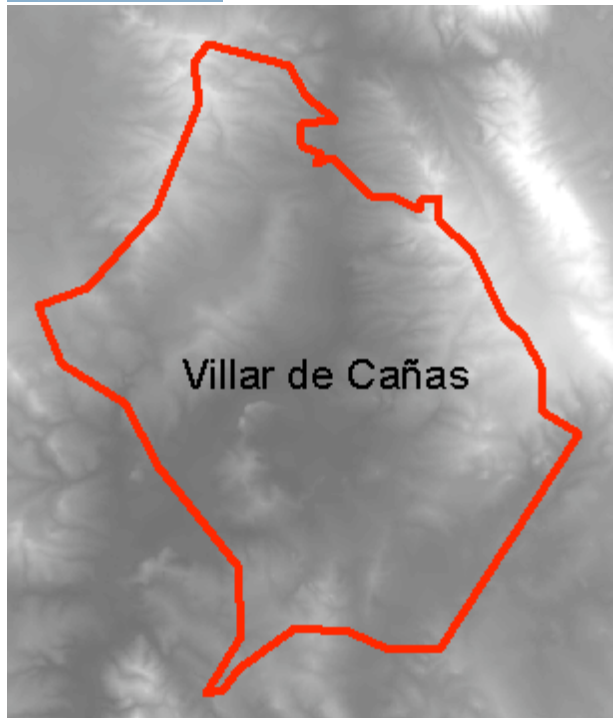


(Figura nº27. Modelo de pendientes en ° sex. para Melgar de Arriba y Santervás de Campos).

Escala de pendientes en grados sexagesimales en el ámbito de cada término municipal.

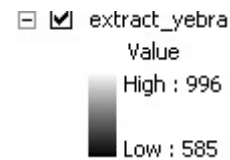


(Figura nº28. Pendientes en las parcelas útiles de Melgar de Arriba y Santervás de Campos).

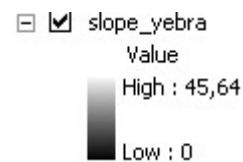
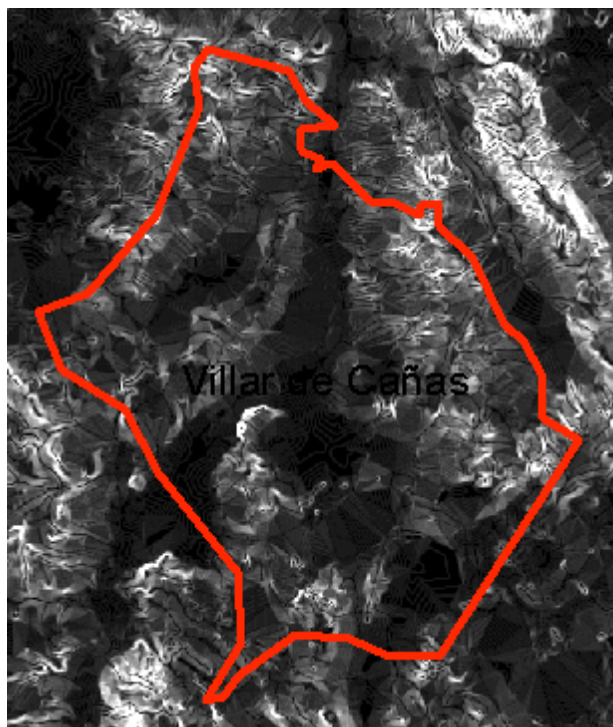


VILLAR DE CAÑAS

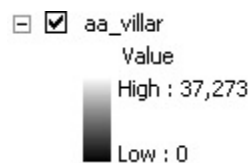
Las escalas pese a señalar el término municipal de Yebra son de aplicación para el término de Villar de Cañas.



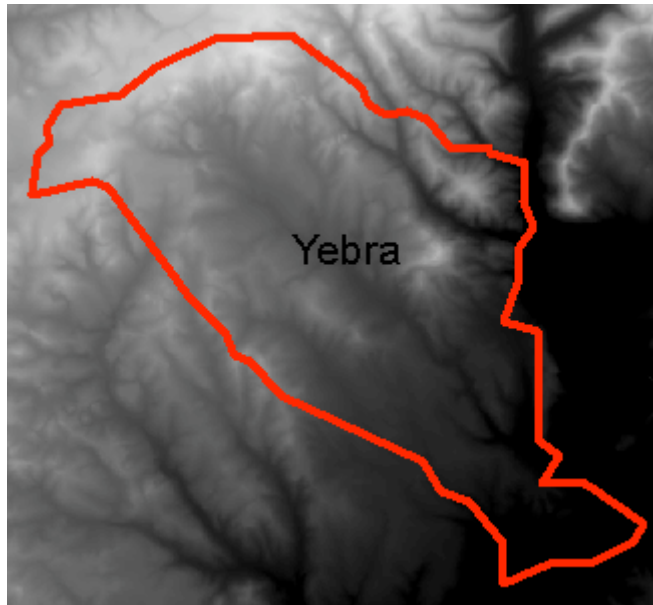
(Figura nº29. Modelo digital del terreno correspondiente a Villar de Cañas).



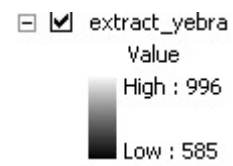
(Figura nº30. Modelo de pendientes en ° sex. para Villar de Cañas).



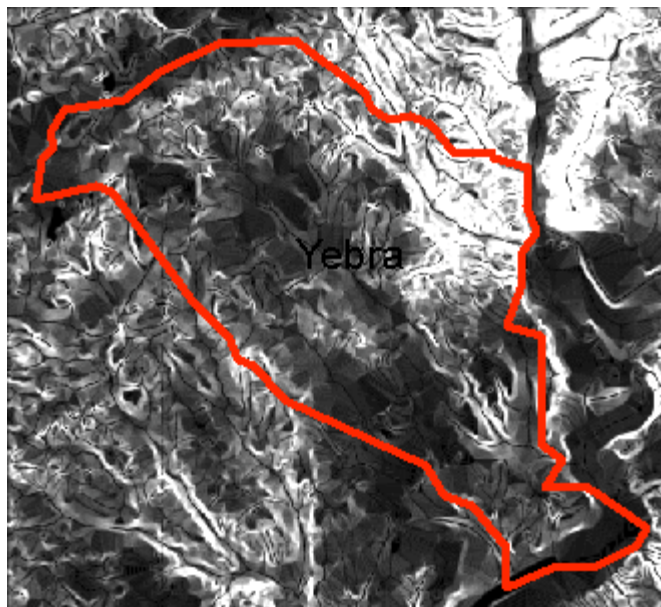
(Figura nº31. Pendientes en las parcelas útiles de Villar de Cañas).



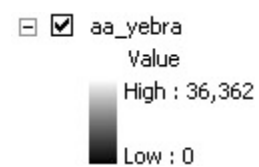
YEBRA



(Figura nº32. Modelo digital del terreno correspondiente a Yebra).

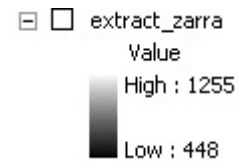
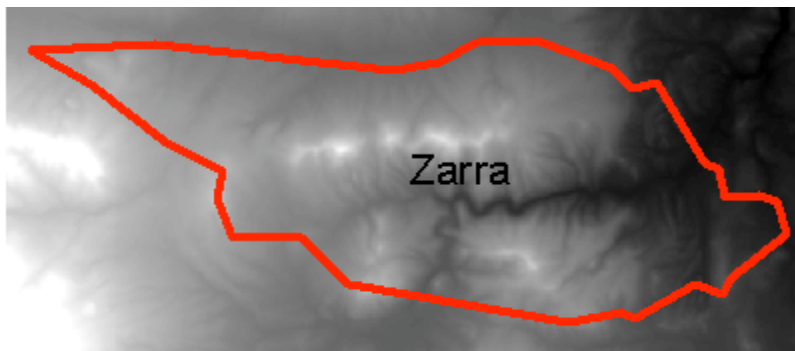


(Figura nº33. Modelo de pendientes en ° sex. para Yebra).

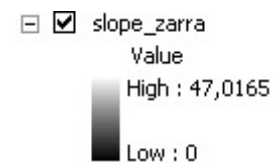


(Figura nº34. Pendientes en las parcelas útiles de Yebra).

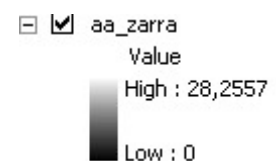
ZARRA



(Figura nº35. Modelo digital del terreno correspondiente a Zarra).



(Figura nº36. Modelo de pendientes en ° sex. para Zarra).



(Figura nº37. Pendientes en las parcelas útiles de Zarra).

Del proceso seguido se obtiene por tanto la distribución en cada parcela útil del valor correspondiente de pendiente, entendiendo que lo que existe en una sucesión de píxeles, en los que cada uno toma el valor de la pendiente en grados sexagesimales que le corresponde por su relación con los píxeles colindantes.

Como se puede observar para cada término municipal existe una escala de gradación, esto es debido a que en cada término la topografía existente presenta diferentes pendientes. Inclusive, como se puede observar, esta escala difiere tanto si consideramos la totalidad del término municipal, como si consideramos solo las pendientes correspondientes a las superficies útiles.

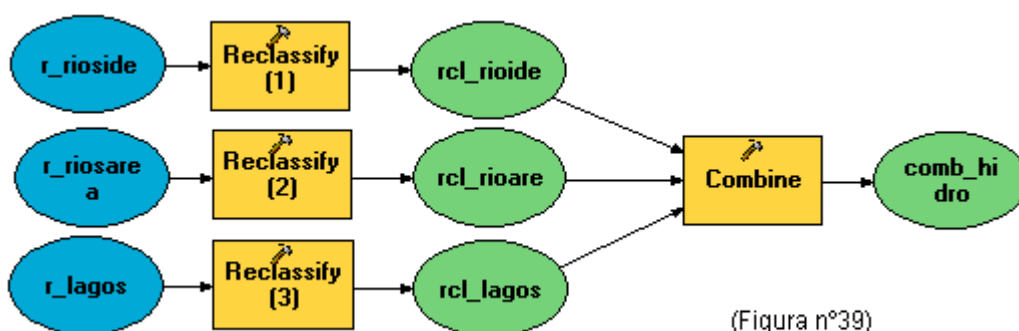
En conclusión, con independencia de que las respectivas escalas de pendiente en cada caso tengan una mayor amplitud, lo importante es que la gradación de estas, esta en una escala uniforme y única de valores, por lo que la escala de pendientes está estandarizada, lo que permite analizar y contrastar la información resultante de forma global.

- **Hidrografía**

Dentro del apartado de restricciones en que nos encontramos, y en particular en lo relativo a restricciones por el terreno, en su aspecto superficial, es necesario considerar que la topografía es la que define cuales van a ser los cursos de agua en la superficie terrestre.

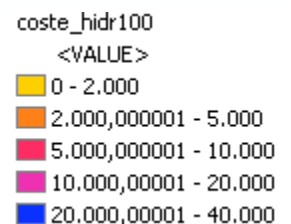
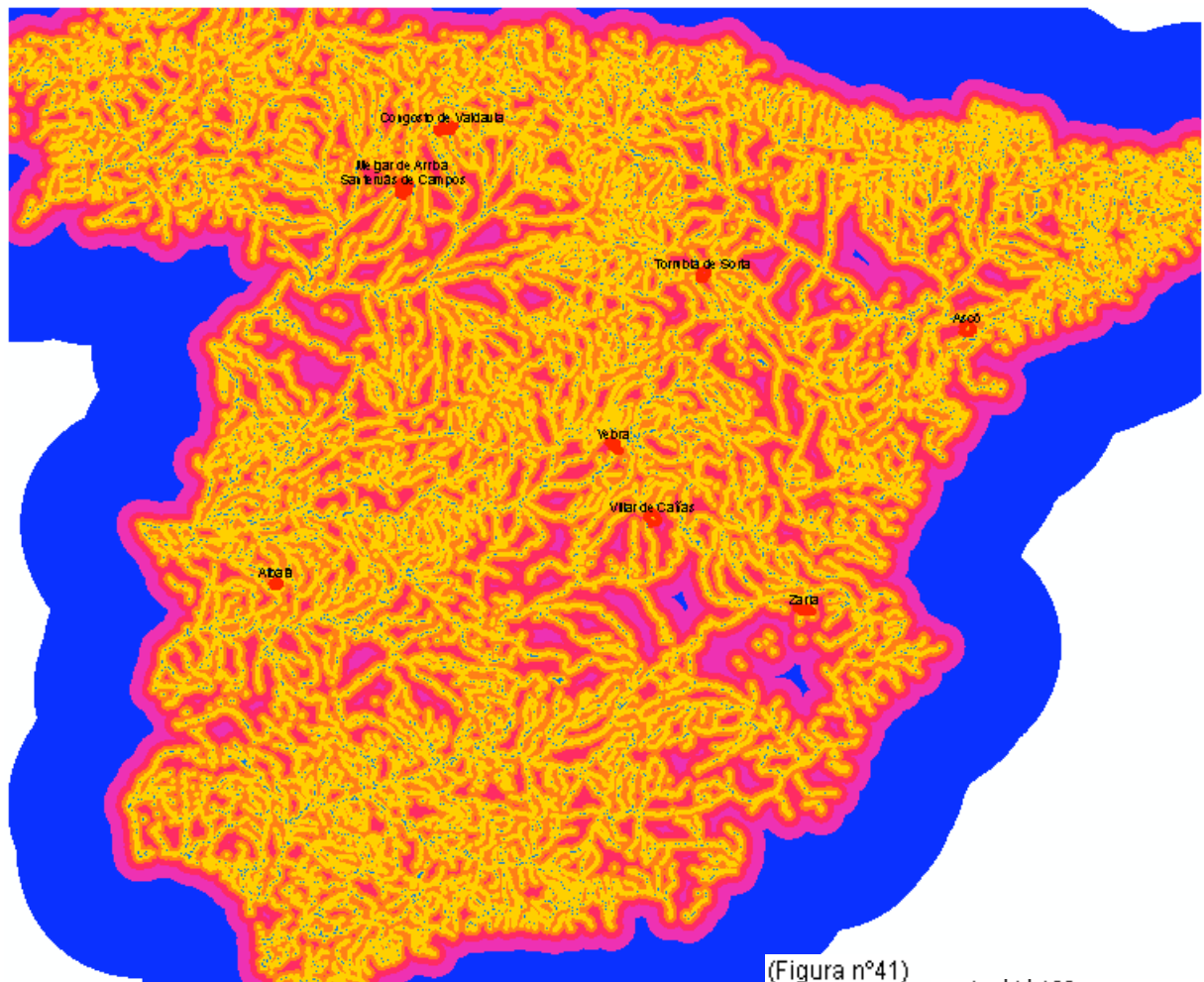
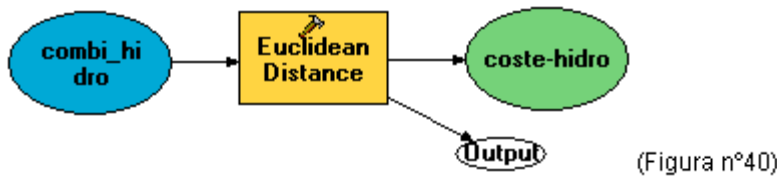
Así pues, en el caso que nos ocupa consideraremos la restricción que para nuestro trabajo representa la presencia y/o cercanía de cursos o masas de agua, encuadrándose esta restricción dentro de la categoría de restricciones por el terreno por su aspecto superficial. Para la obtención de esta se partirá de los cursos y masas de agua descargados de la IDEE, (conforme al modelo que se detalla en la figura nº39), procediendo a rasterizar dichas entidades a fin de obtener una capa raster de hidrografía, sobre la que se realizarán los correspondientes análisis y mapas de distancia a considerar.

En el gráfico que se adjunta (figura nº38) se visualiza la disposición geográfica de los cursos y masas de agua considerada.



Para poder determinar el correspondiente mapa de distancia a las masas y cursos de agua, es necesario componer un mapa que englobe todas las entidades de esta categoría, para lo cual se sigue el modelo conceptual detallado (figura nº40), en el que a partir de las entidades vectoriales de lagos, ríos y ríos de doble margen (área), se ha generado un único fichero raster sobre el que se realizará el mapa de distancia correspondiente a la categoría de Hidrografía.

El resultado del proceso de aplicar la distancia euclídea para la capa raster de hidrografía, nos permite determinar para cada superficie útil de los términos candidatos los valores de distancia para cada píxel a las masas o cursos de agua más próximas.(figura nº41).

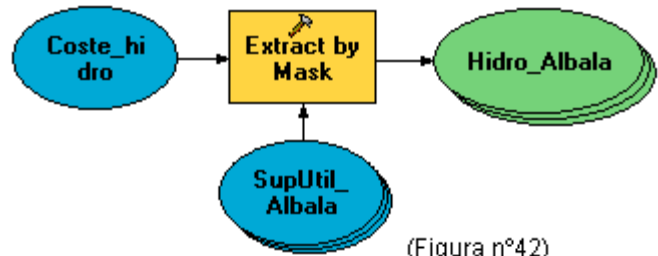


Obsérvese que el mapa de distancia obtenido, se ha realizado en bloque de toda la superficie de la península, esto es por un lado para garantizar que la influencia de todas las masas y cursos de agua esta presente, y por otro, para tener estandarizadas sobre una misma capa la restricción hidrográfica.

Para la representación se han establecido unas categorías en función de las distancias obtenidas en km, conforme a la escala que se adjunta al margen.

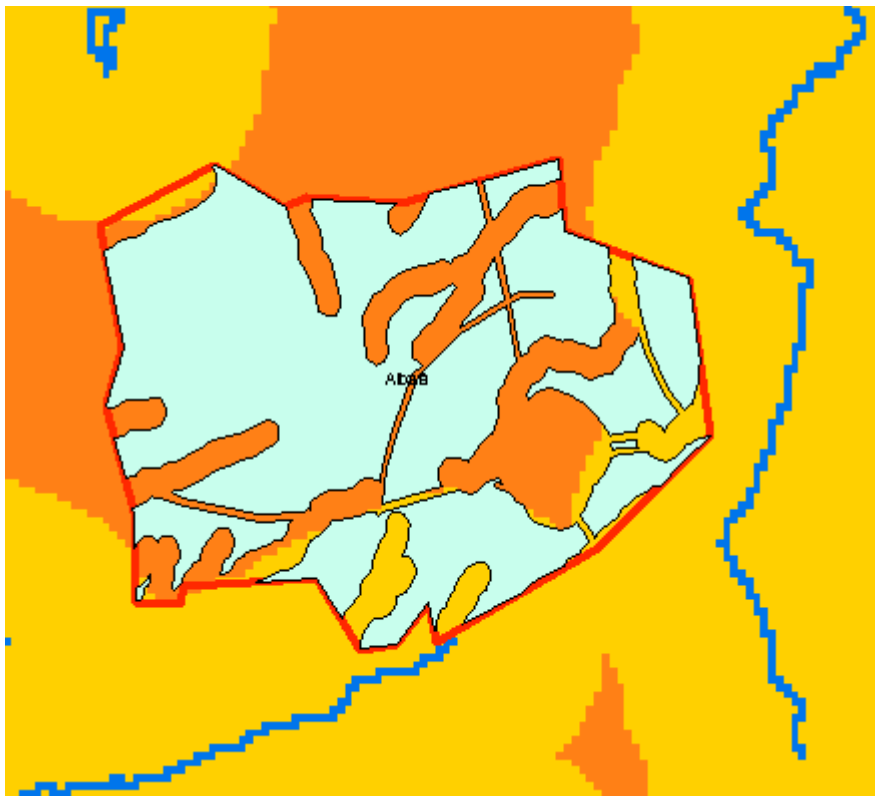
Como no podía ser de otra forma se extraerá para cada superficie útil de los términos municipales candidatos, los respectivos valores de distancia correspondientes a la restricción hidrológica, siguiendo el proceso del esquema conceptual que se detalla (figura nº42).

El esquema conceptual se repite para cada uno de los 8 términos candidatos, obteniendo de esta forma los mapas que se recogen a continuación (figuras 43-58):



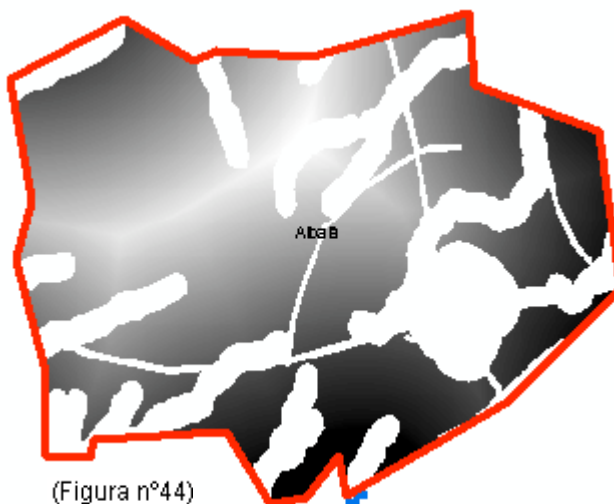
(Figura nº42)

ALBALÁ



Escala 1/100.000

(Figura nº43. mapa de distancias a masas de agua correspondiente al término de Albalá).



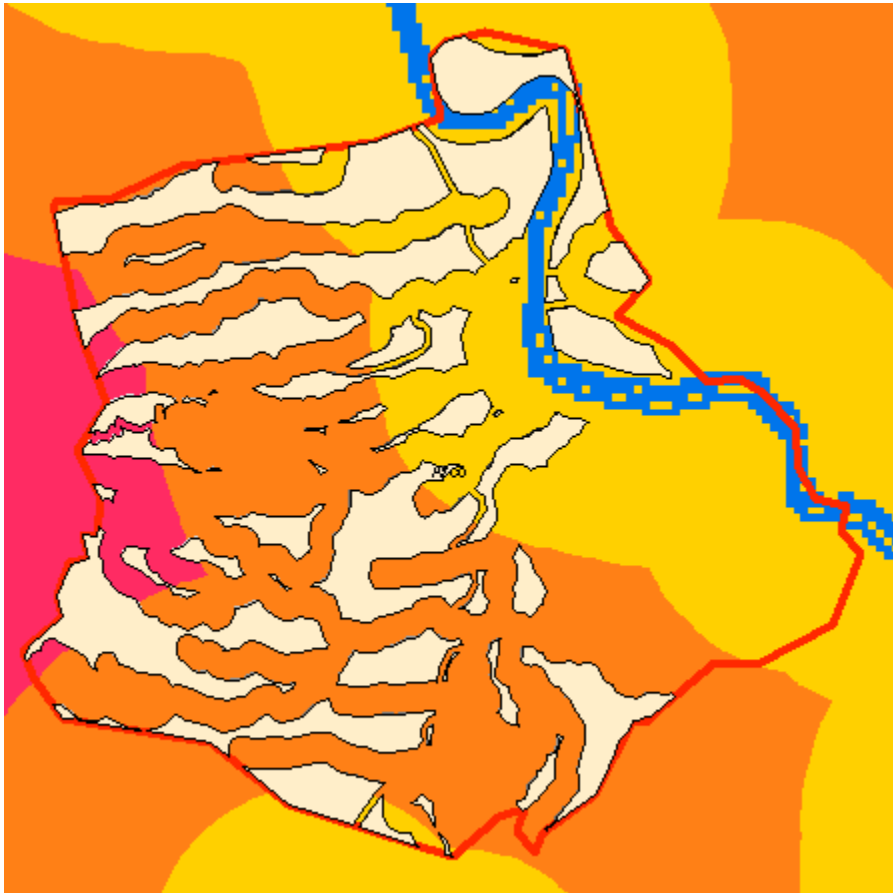
(Figura nº44)



La escala representa la distancia en metros a la presencia más próxima de cursos o masas de agua, siendo las zonas más oscuras las más próximas y las claras las más lejanas.

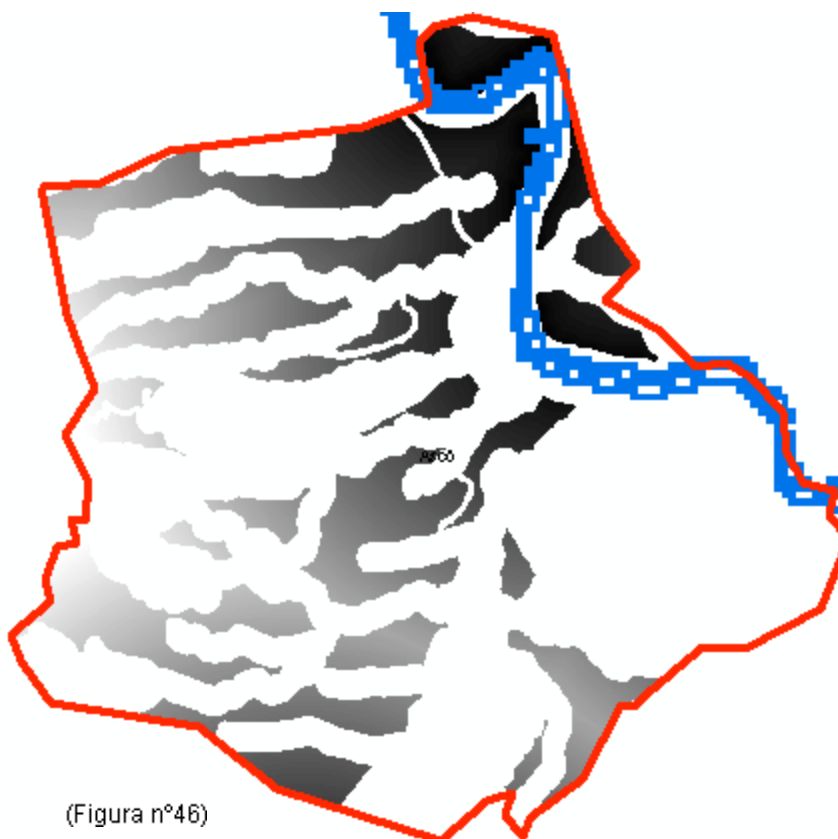
La escala viene definida por los valores extremos de la distribución de píxeles en las áreas útiles de Albalá (figura nº44).

ASCÓ



(Figura nº45. mapa de distancias a masas de agua correspondiente al término de Ascó).

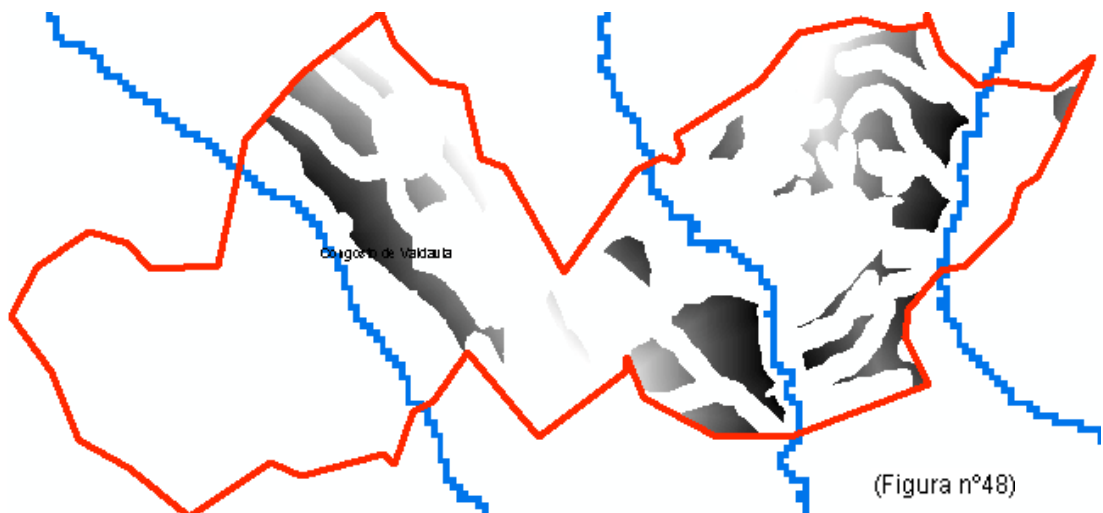
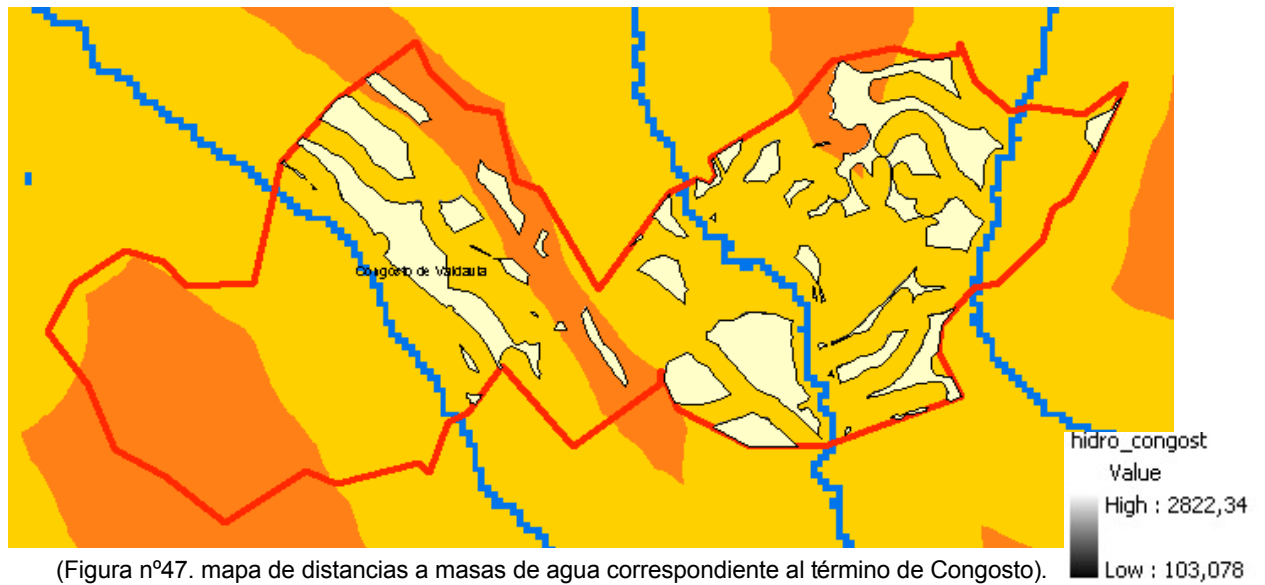
Escala 1/100.000



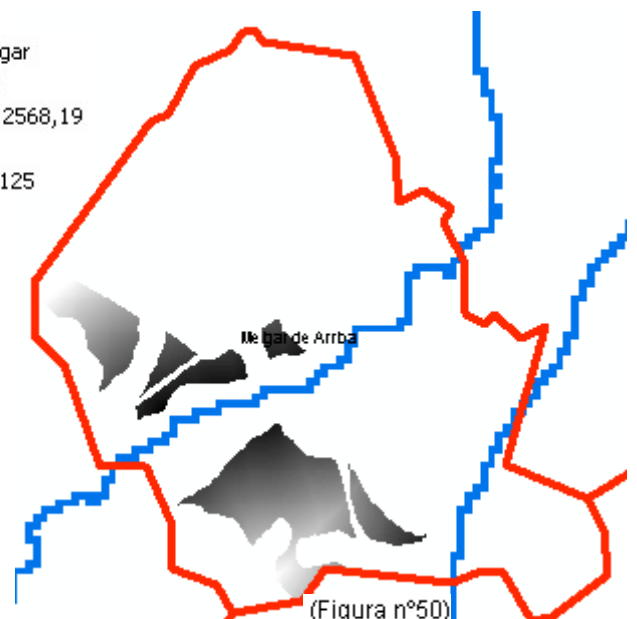
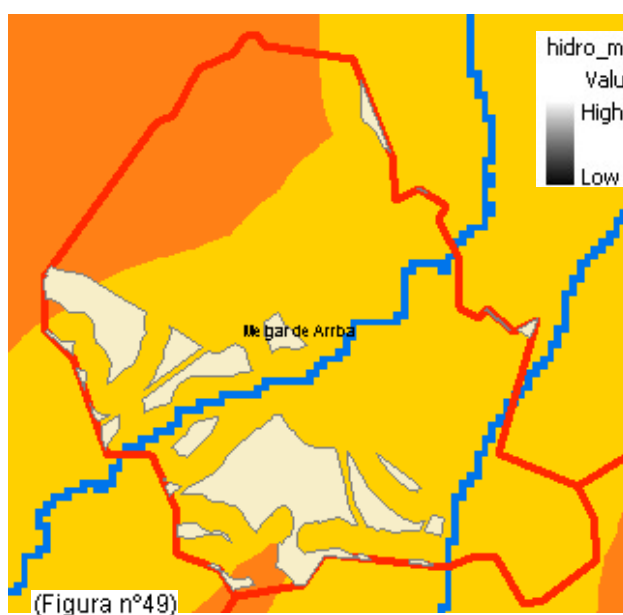
(Figura nº46)

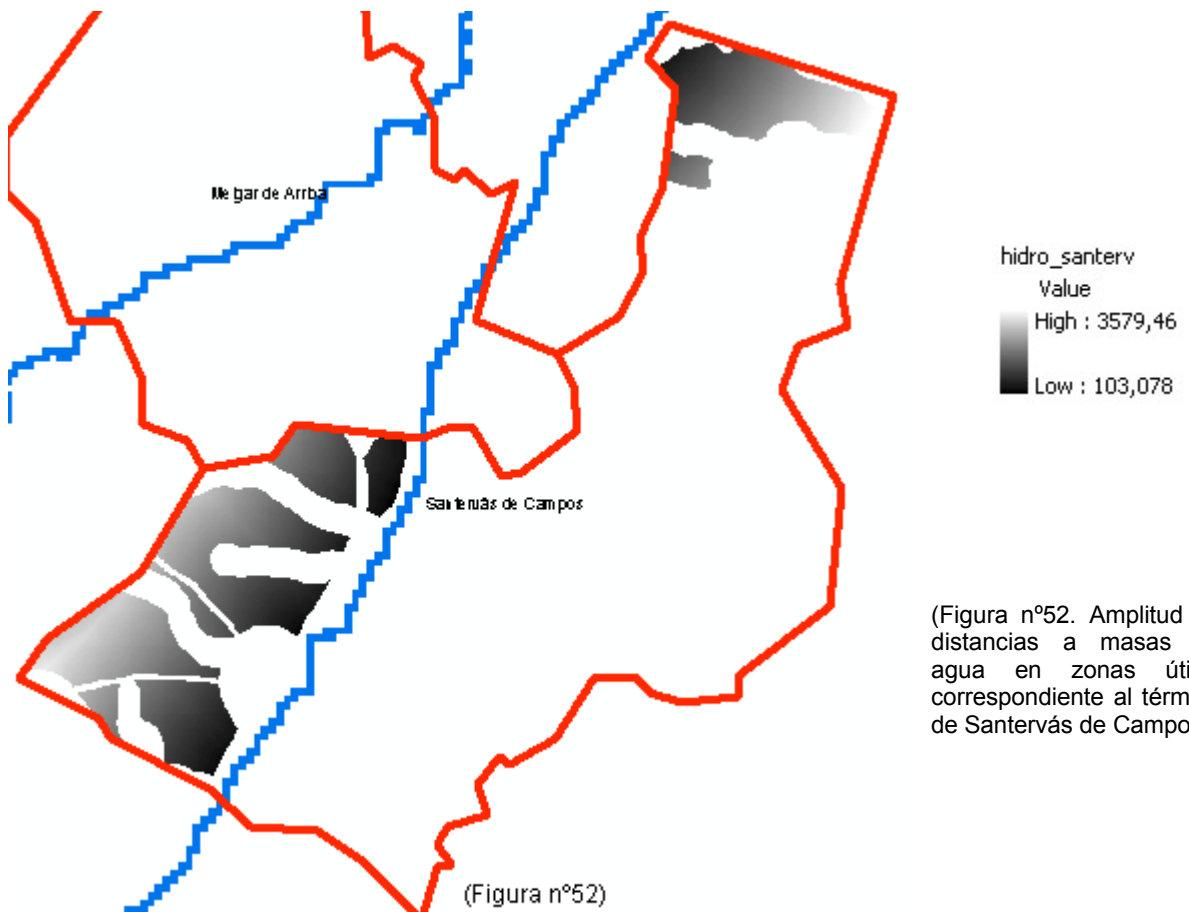
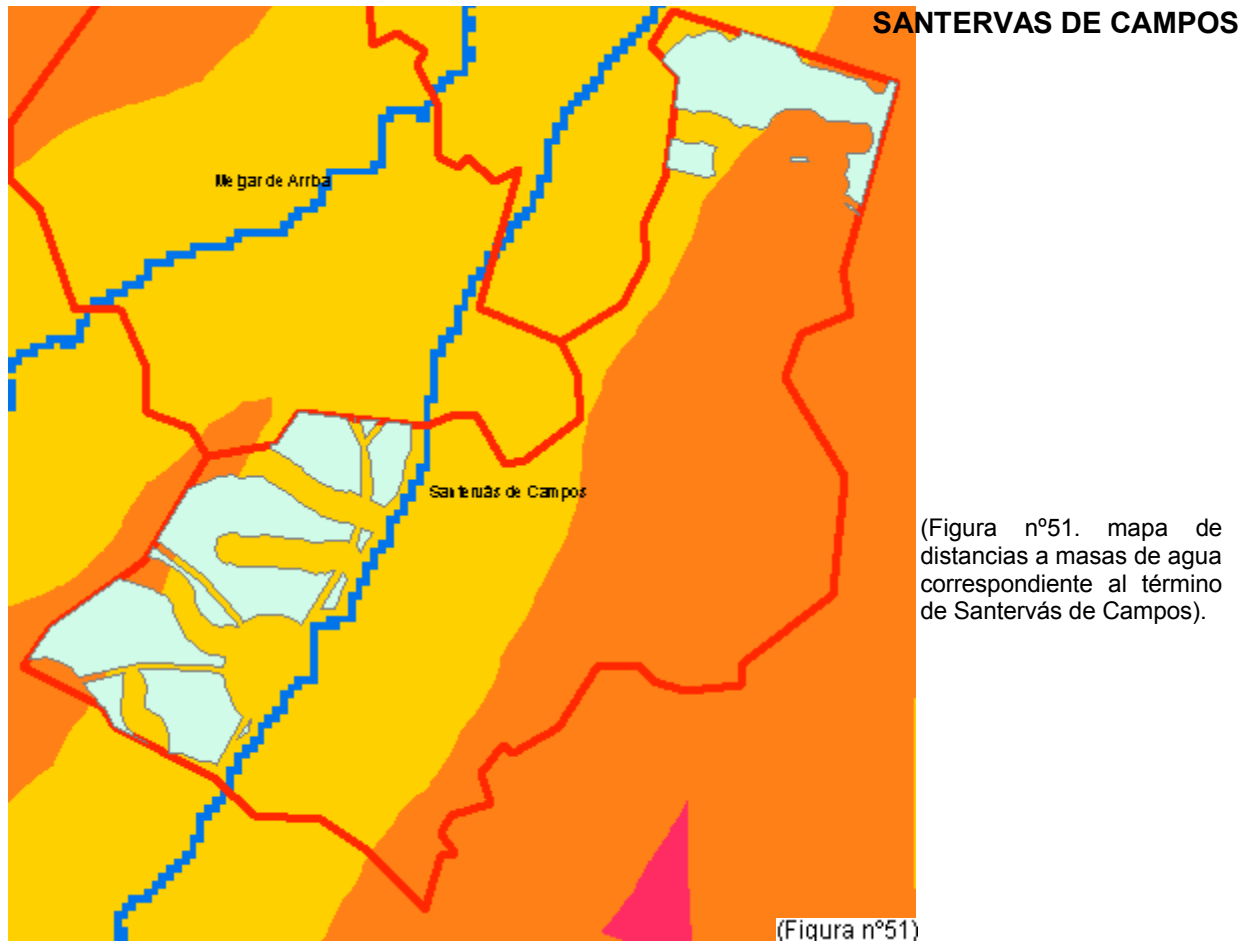
La escala de la leyenda representa la amplitud de distancias en metros para el término municipal (figura 46).

CONGOSTO DE VALDAVIA



MELGAR DE ARRIBA



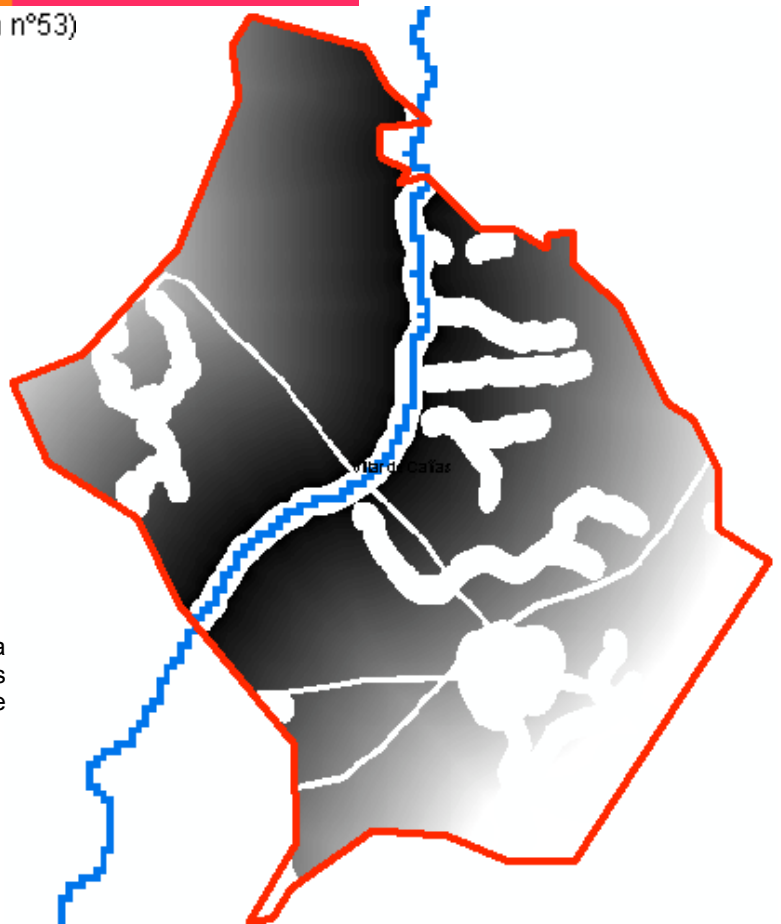


VILLAR DE CAÑAS



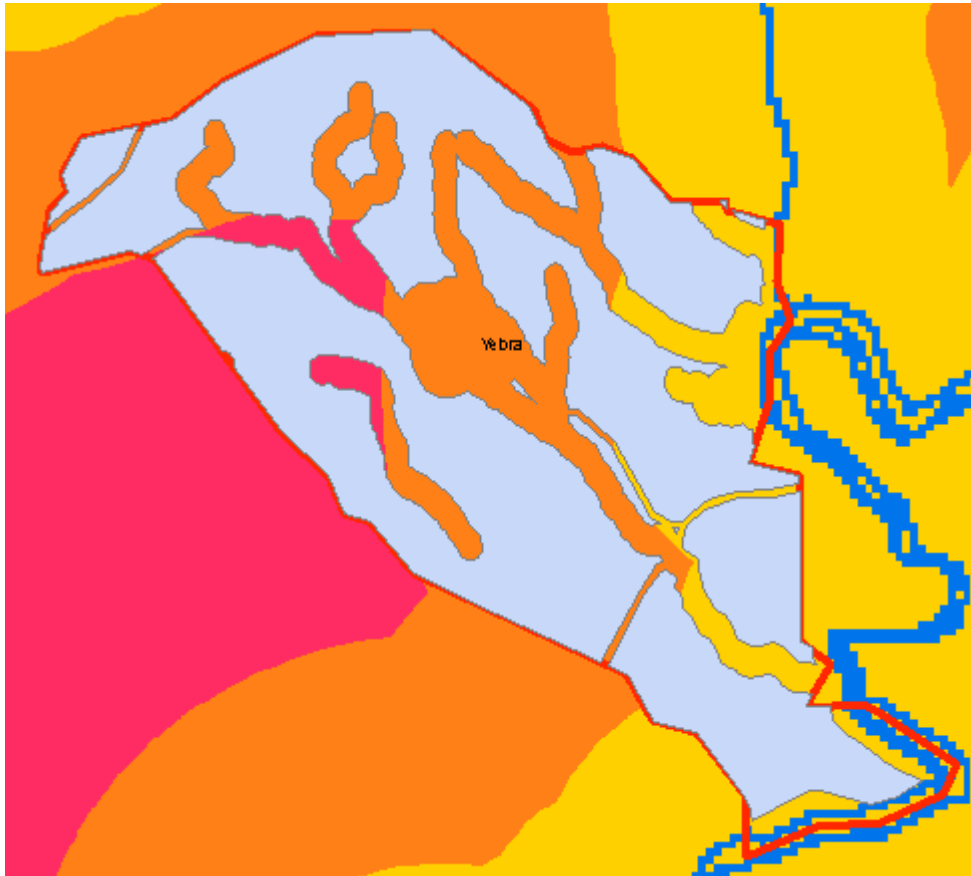
(Figura nº53. mapa de distancias a masas de agua correspondiente al término de Villar de Cañas).

(Figura nº53)

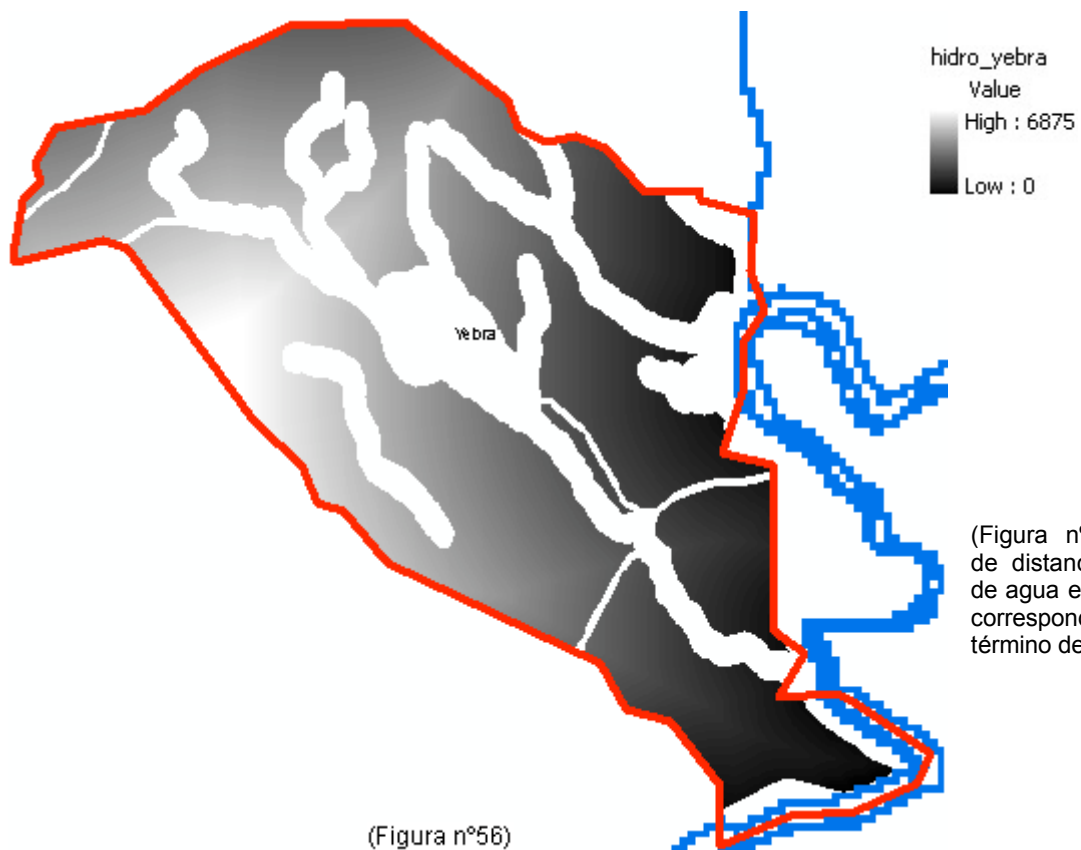


(Figura nº54. Amplitud de distancias a masas de agua en zonas útiles correspondiente al término de Villar de Cañas).

YEBRA



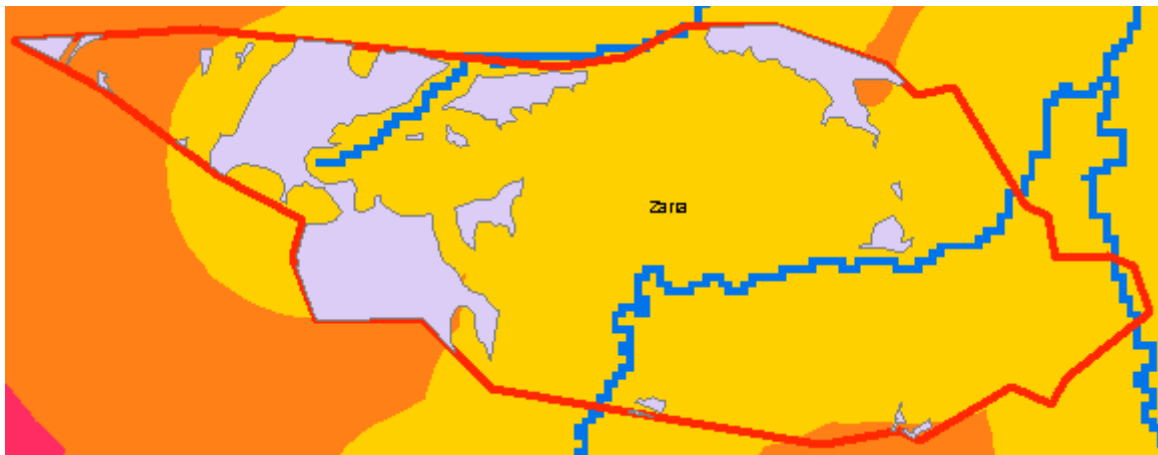
(Figura nº55. mapa de distancias a masas de agua correspondiente al término de Yebra).



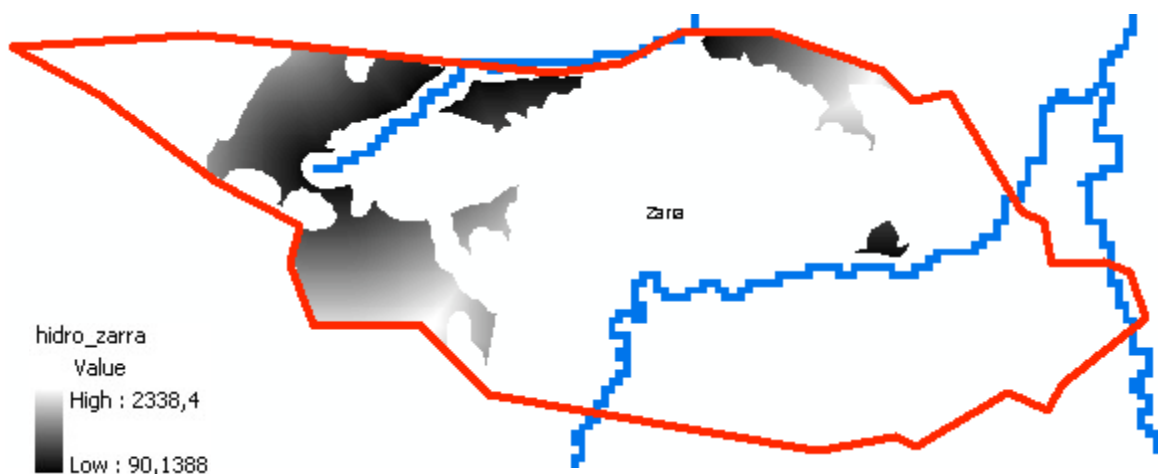
(Figura nº56. Amplitud de distancias a masas de agua en zonas útiles correspondiente al término de Yebra).

(Figura nº56)

ZARRA



(Figura nº57. mapa de distancias a masas de agua correspondiente al término de Zarra).



(Figura nº58. Amplitud de distancias a masas de agua en zonas útiles correspondiente al término de Zarra).

Nótese que pese a que en el mapa general de distancias relativo a entidades hidrográficas se ha aplicado una clasificación por tramos, las áreas útiles en cada término municipal no toman el valor de la marca de clase del intervalo en que puedan estar encuadradas. Esto se realiza así para evitar perder el valor real correspondiente a cada píxel, que en nuestro caso como ya se indicó en el apartado de precisiones, está establecido por la malla raster de 25x25 m. Por tanto, al conservar el valor correspondiente a cada píxel, el análisis final se podrá realizar a dicho tamaño de escala.

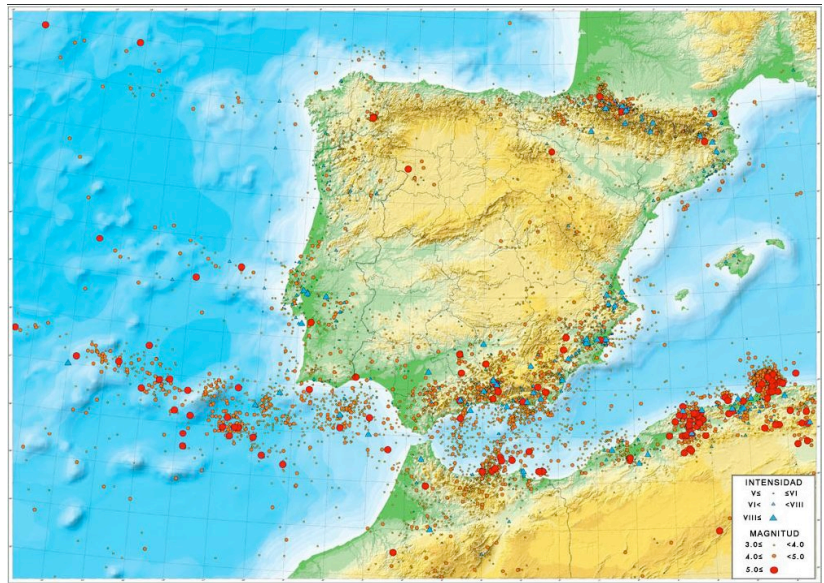
Restricciones de terreno (aspectos internos) → Sismicidad + Geología + Hidrogeología.

• **Sismicidad / Geología**

En lo que a sismicidad se refiere, este criterio si bien viene recogido como uno de los parámetros de exclusión, el cual cumplen todos los candidatos, lo cierto es que su importancia y la influencia que el tipo de suelo representa en la propagación de ondas sísmicas, hace necesario considerar como una restricción mas el análisis Geológico sísmico de cada zona.

La sismicidad en España se concentra principalmente en el Sur-Sureste y se asocia al contacto de las placas tectónicas euroasiática y africana, existiendo también una importante actividad sísmica intraplaca en Cataluña-Pirineos y en Galicia (figura nº59).

En el mapa de peligrosidad sísmica se observa que los municipios candidatos no se encuentran situados en zonas de especial significación (figura nº60).



(Figura nº59)



(Figura nº60)

Es importante determinar la verdadera influencia que presenta para este tipo de almacén el riesgo sísmico, ya que si bien para la consideración de un Almacén Geológico Profundo, este es de vital importancia, en el caso español, en el que el Almacén es de tipo temporal y además de diseño superficial, no parece necesario dar especial importancia a los aspectos relacionados con la geología y aguas subterráneas. Por otra parte el estudio de las aguas subterráneas y acuíferos es demasiado complejo y particular, como para abordarlo como un aspecto concreto en el presente proyecto, no siendo significativo su estudio por la influencia que presenta para una instalación de las características definidas.

En lo que a la Geología se refiere, si bien no existe una influencia determinante para la ubicación del emplazamiento, si es cierto que debe tenerse en cuenta, en especial por la Restricción que el tipo de suelo presenta en la propagación de ondas sísmicas, es por ello por lo que en el estudio de las restricciones debidas a las características internas de terreno, lo circunscribimos a la relación existente entre la geología y propagación de sismos.

Es bien conocido que existe una amplificación del movimiento sísmico en terrenos blandos, sobre todo en caso de gran potencia, en relación al movimiento registrado en roca o suelo firme. Este fenómeno se conoce como efecto local o de sitio. Así pues, podemos considerar que las condiciones locales del terreno producen una modificación de la señal sísmica comprobada instrumentalmente, y constatada por el grado y la distribución del daño en zonas próximas pero de diferentes características geológicas.

El proceso a seguir en ArcGIS, consistirá en generar una geodatabase que contenga todas y cada una de las áreas categorizadas como terreno útil, en la que se incluirá un campo correspondiente a la geología presente y otro relativo a tipo de terreno. Como es de suponer las áreas determinadas como superficie útil pueden tener parte de su superficie con uno o varios tipos de geología, por lo que será necesario subdividir las áreas iniciales en tantas como tipologías geológicas se observe en cada una de ellas.

Así pues la categorización geológica se realizará directamente en la geodatabase sobre las diversas áreas, interpretando el tipo de suelo conforme a la categorización geológica realizada por un Geólogo experto en la materia, relacionando así cada tipo de suelo con la categoría sísmica de estos, y su coeficiente correspondiente.

Con la ayuda de un Geólogo experto se determinan los factores de amplificación sísmica correspondientes a cada clase de terreno y se agrupan en las categorías del siguiente cuadro (tabla nº11)

ESTIMACIÓN RELATIVA DEL EFECTO DE SUELO			
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN MAPA GEOLÓGICO	AMPLIFICACIÓN RELATIVA
A	Rocas duras y competentes	Rocas volcánicas, plutónicas y sedimentarias: Cuarzitas, cuarcitas y esquistos, dolomías y areniscas rojas	Nula
B	Roca media	Pizarras, calizas flysh calcáreo, calcarenitas masivas o alternancias de calcarenitas y margas y conglomerados	Baja
C1	Roca blanda-suelo duro	Margas y margo calizas con yeso, yesos masivos y Flysh margoso	Moderada
C2	Suelos cohesivos duros y suelos del cuaternario con abundantes materiales granulares	Arcillas rojas, grises y yeso, limos del Plioceno y terrazas altas del Cuaternario: gravas, arenas limosas y limos	Moderada
D	Suelos cohesivos blandos y suelos granulares sueltos	Depósitos de llanuras de inundación, rellenos de fondos de valle, y canales abandonados, depósitos endorreicos así como las terrazas bajas: Arcillas y limos y arenas sueltas	Alta

(Tabla nº11. Tabla de clasificación por estimación relativa del efecto suelo).

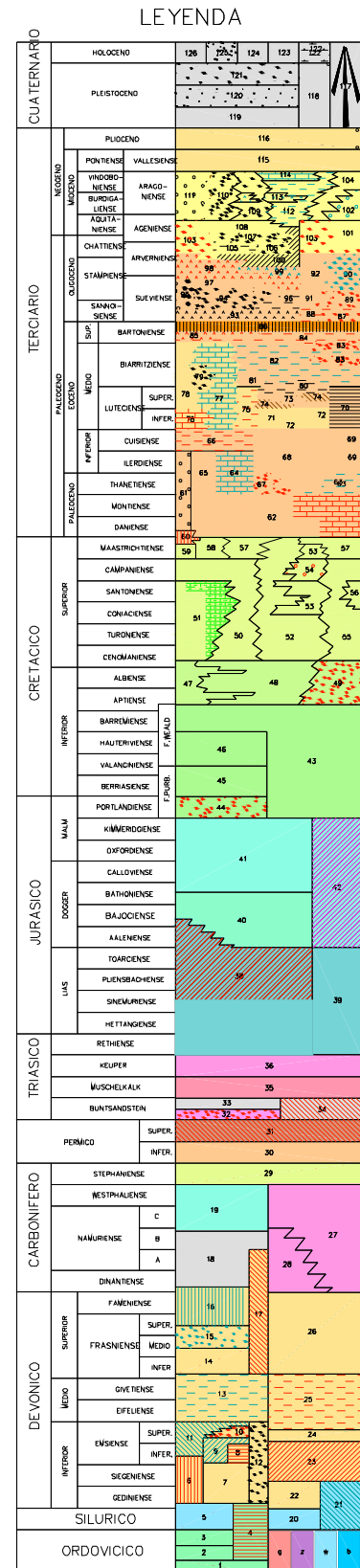
Con el fin de incluir los efectos locales en el movimiento esperado en todo el territorio, se realiza una clasificación sismo-geotécnica del tipo de suelos en cuatro categorías (a efectos de su comportamiento sísmico). Esta clasificación se basa en la geología superficial y en los criterios seguidos en la clasificación de los suelos por estimación relativa del efecto suelo, recogidas en diferentes normativas sismorresistentes y actualmente vigentes (NCSE-02, IBC 2006, Eurocode 8). (Figura nº61)

CLASIFICACIÓN GEOSISMICA. COEFICIENTE DEL TERRENO.

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_S > 750$ m/s.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_S > 400$ m/s.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_S > 200$ m/s.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_S \leq 200$ m/s.

Clasificación del Terreno conforme a la Norma Sismorresistente según RD 19687 del BOE nº 244 de 11-12-2002.

La velocidad de las ondas s, también sirven para su clasificación, ya que se propagan a menor velocidad, cuando aumenta la cantidad de agua en los materiales. Así las arcillas presentan velocidades muy bajas.



(Figura nº61)

Para determinar la influencia que representa la geología, o lo que en nuestro caso interesa, la repercusión que sobre la caracterización sísmica presentan los diversos tipos de suelo, se procede de forma inicial a descargar del IGME las hojas del MAGNA correspondientes a los términos municipales a analizar. La descarga de las hojas facilita unos ficheros raster, que será necesario referenciar adecuadamente. Indicar que al estar confeccionadas las hojas en diferentes periodos, nos encontramos con que parte de ellas lo están en el Sistema de referencia UTM WGS84 y otras en UTMED50, por lo que de forma inicial se transformarán todas ellas a UTMED50 huso 30.

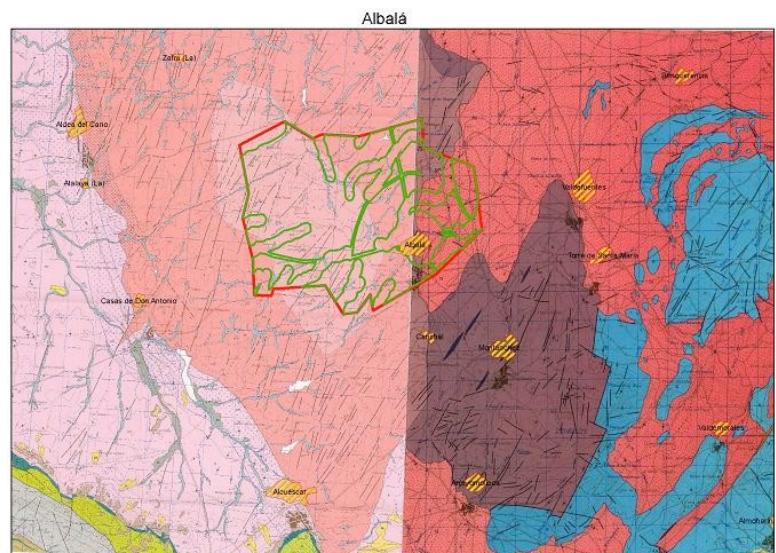
Por otra parte la escala geológica aplicada ha ido evolucionando en el tiempo y adaptándose a las diversas tipologías geológicas del territorio, de ahí que será necesario echar mano de un especialista en la materia, para caracterizar de forma adecuada los diversos tipos de suelo que nos encontramos.

En los mapas que a continuación se presentan (figuras nº 62 a nº69), se visualizan las hojas del MAGNA correspondientes a cada municipio candidato ya georreferenciadas y con las parcelas útiles resultantes superpuestas, a fin de poder realizar la asignación correspondiente a cada área catalogada como apta para el emplazamiento.

ALBALÁ

Granito Porfídico
 Granito Porfídico con Limos y Arenas
 Arenas
 Granito Porfídico con una zona de Limos y Arenas
 Leucogranito
 Leucogranito con Limos y Arenas
 Leucogranito con zonas de Limos y Arenas
 Pizarras y Grauwacas

Geología correspondiente a las hojas nº 729 y 730 del MAGNA.

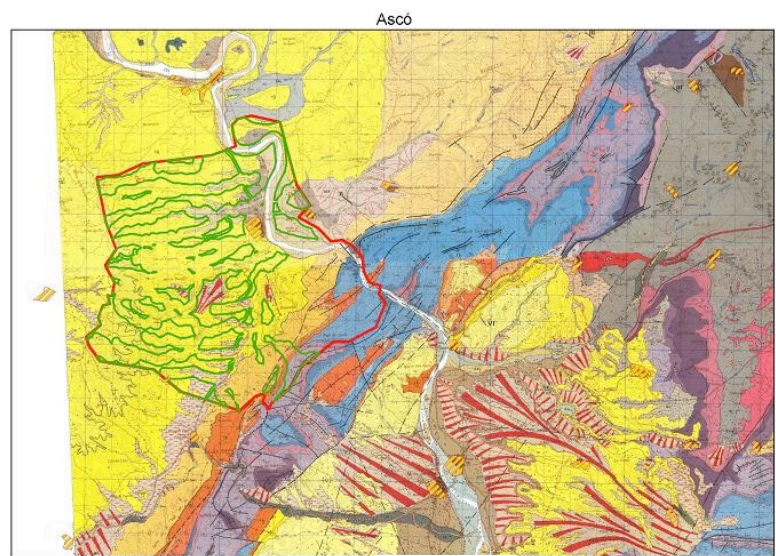


(Figura nº62)

ASCÓ

Aluvión
 Arcillas rojas
 Arcillas y arenas
 Areniscas
 Calizas y Margas Limo-arenosas
 Margas amarillas, conglomerados
 Margas, areniscas, conglomerados
 Calizas, dolomías, margas
 Limos
 Glacis
 Terrazas

Geología correspondiente a las hojas nº 444 y 471 del MAGNA

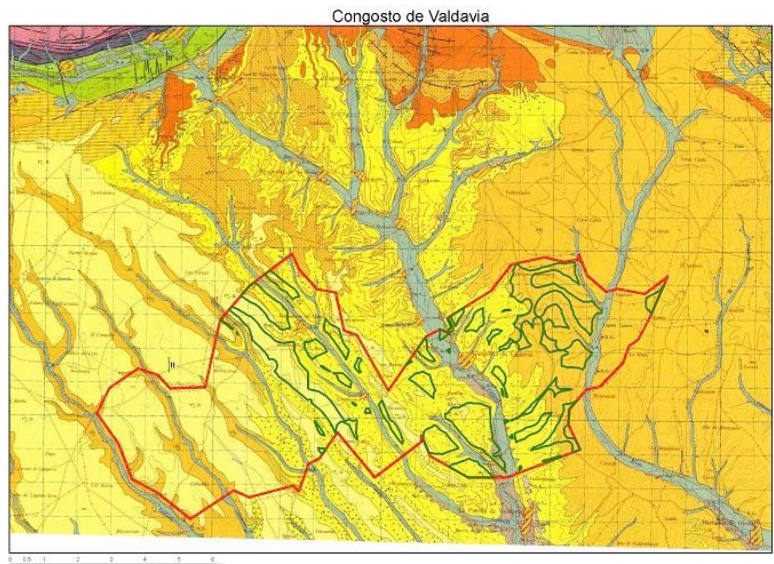


(Figura nº63)

Geología correspondiente a la hoja nº 132 del MAGNA.

CONGOSTO DE VALDIVIA

Limos y Arcillas
 Conglomerados y Arenas. Raña
 Aluviones
 Areniscas, Cuartitas y Lunitas
 Conglomerado Sílice
 Conos de Deyección
 Limos y Arcillas
 Terraza

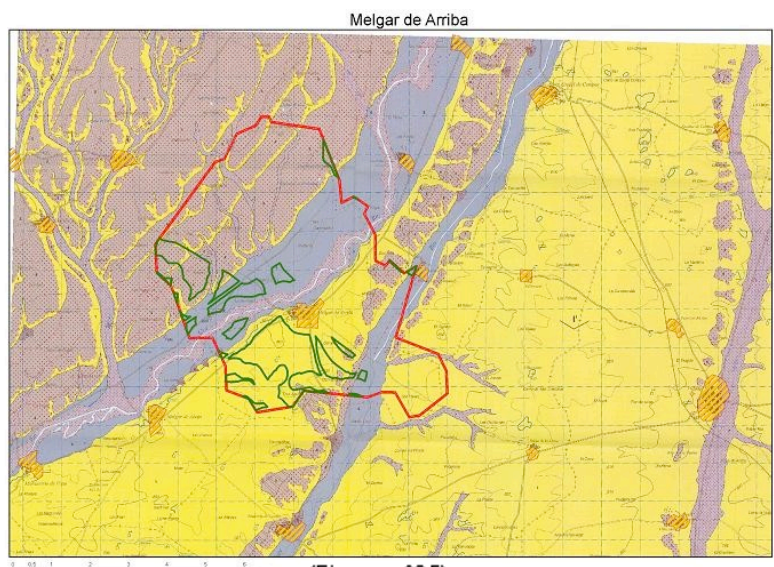


(Figura nº64)

Geología correspondiente a la hoja nº 234 del MAGNA.

MELGAR DE ARRIBA

Arenas y Limos
 Cantos y gravas silíceas
 Limos y gravas
 Conos aluviales

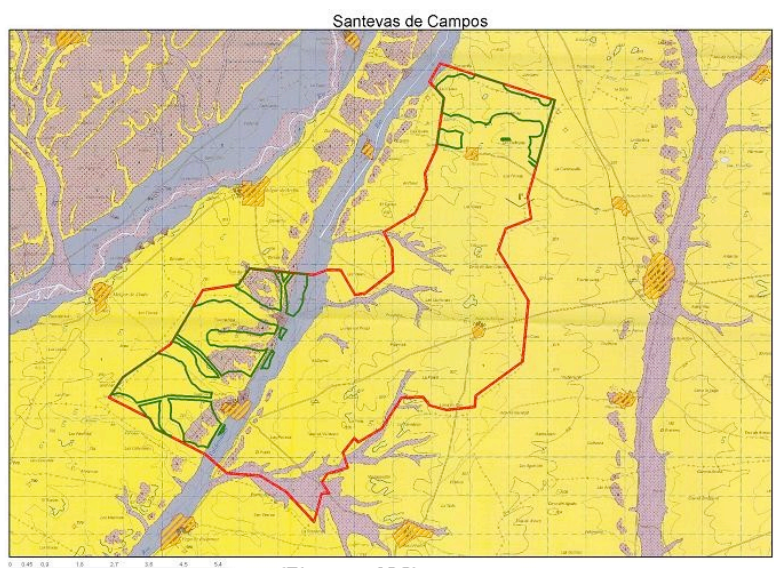


(Figura nº65)

Geología correspondiente a la hoja nº 234 del MAGNA.

SANTERVAS DE CAMPOS

Arenas y Limos
 Cantos y Gravas silíceas
 Cantos, Arena y Limos. Glacis
 Limos y Gravas



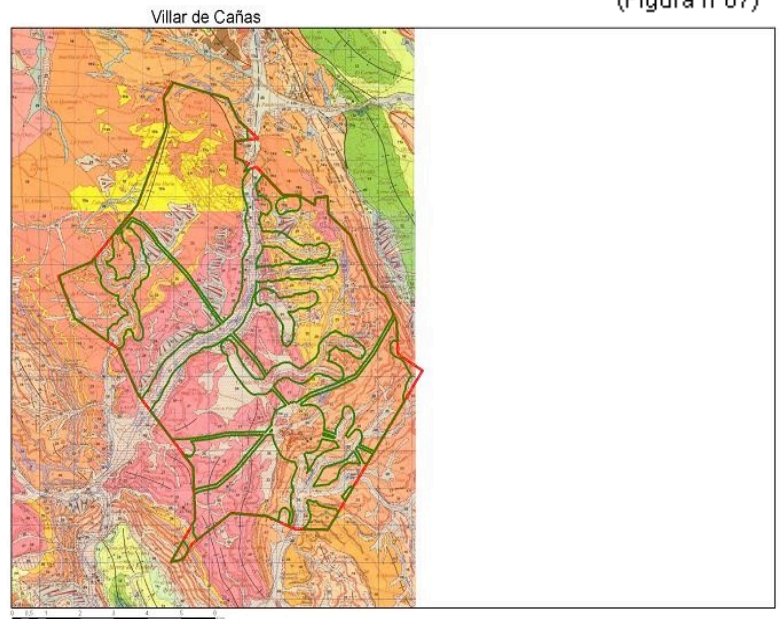
(Figura nº66)

Geología correspondiente a las hojas nº 633 y 661 del MAGNA

(Figura nº67)

VILLAR DE CAÑAS

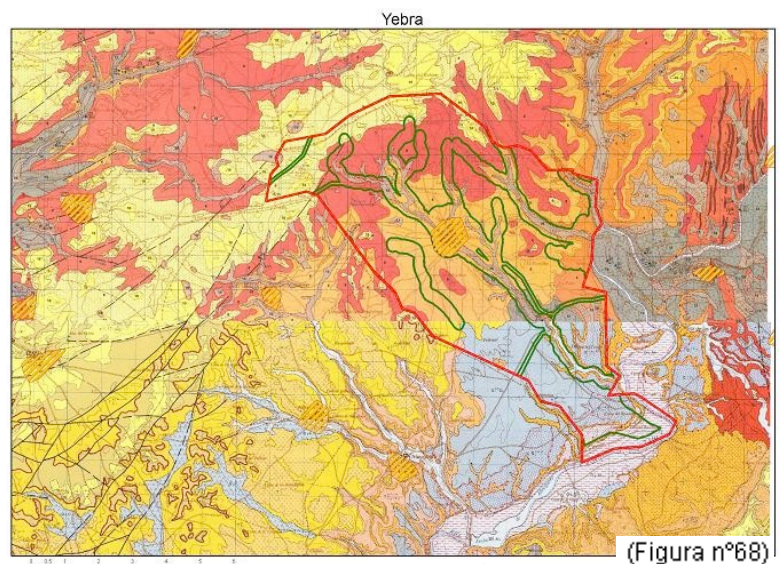
Arcillas rojas y yesos
 Arcillas rojas y yesos con gravas,
 arenas y limos
 Arcillas y limos rojos con yesos
 Arcillas y yesos rojos
 Arcillas, arenas, cantos y costras
 Arcillas, limos y arena
 Arcillas, yesos, areniscas y
 conglomerados
 Areniscas y conglomerados
 Calizas y margas con áreas de
 gravas y arenas
 Gravas, arenas y limos
 Limos arcillosos y limos con yeso
 Limos y arcillas rojas
 Limos, arcillas y Gravas
 Margas y Calizas



Geología correspondiente a las
hojas nº 561 y 584 del MAGNA

YEBRA

Arcillas y yesos
 Arcillas areniscas y calizas
 Arcillas areniscas y conglomerados
 Arenas, gravas y arcillas
 Areniscas y arcillas
 Calizas y margas
 Gravas, arenas y limos
 Gravas, arenas y limos. Cauce
 actual
 Limos, loes, arcillas, arenas y
 gravas
 Yesos y arcillas yesíferas
 Yesos y arcillas yesíferas con
 calizas y margas

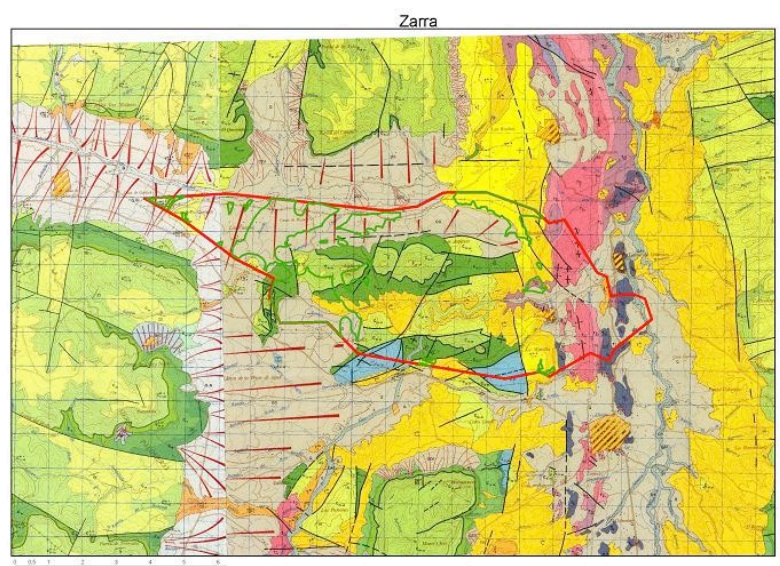


(Figura nº68)

Geología correspondiente a las
hojas nº 767 y 768 del MAGNA

ZARRA

Arcillas rojas arenas y
 conglomerados
 Calizas y margas
 Calizas con Orbitolinas
 Calizas micriticas
 Conglomerado con matriz arcillosa
 Dolomías de grano grueso y
 margas grises
 Glacis
 Margas yesíferas



(Figura nº69)

Conforme se ha indicado en anteriores párrafos, se realiza la asignación (a las diferentes áreas útiles en cada término de acuerdo) al tipo de suelo y geología existente. Para ello será necesario digitalizar nuevas áreas, ya que es obvio que no existe coincidencia entre las áreas definidas con un único tipo de suelo, por lo que será necesario subdividir este en tantas subparcelas como tipo de suelo se encuentre en la misma.

Para realizar este trabajo, además de digitalizar gráficamente dichas parcelas será necesario definir en la Geodatabase un nuevo campo que almacenará el valor geológico correspondiente a cada una.

El método seguido que relaciona el tipo de terreno con la susceptibilidad de amplificación sísmica, se basa fundamentalmente en la división de los materiales en función de su edad: Holoceno-Terciario-Mesozoico o como rocas metamórficas o sedimentarias, (Seed, 1979; Tinsely & Fumal, 1985; Park & Elrick, 1998). En estos estudios se ha determinado que la amplificación es mayor para depósitos de edad más reciente (Plio-Cuaternaria) y que disminuye para depósitos más antiguos. No obstante, los principales factores que intervienen en la respuesta sísmica del suelo incluyen los aspectos geológico-geotécnicos, que engloban la consistencia o estado de compactación, la composición litológica, la densidad, y la resistencia y espesor de los estratos blandos. Estas propiedades a su vez están íntimamente relacionadas con la edad del depósito, pero también con su génesis, ambiente de sedimentación e historia tensional, en definitiva, con su historia geológica.

Así pues, la identificación de los suelos susceptibles de amplificar la señal sísmica, solo se puede alcanzar mediante la suma de la información geológica que incluye la edad, génesis, composición, espesor y propiedades geotécnicas, así como la naturaleza del sustrato. Se puede resumir que en la Península aparecen terrenos con muy diferentes comportamientos en relación a la respuesta sísmica. Aparecen rocas que van de duras a muy duras en superficie, donde el efecto sitio por condiciones litológicas apenas tendrá relevancia. Y por otra parte existen materiales recientes distribuidos por toda la geografía, que presentan diferentes grados de importancia con respecto a la amplificación. Las distintas categorías o clases consideradas en el presente capítulo se describen a continuación atendiendo pues a su previsible respuesta sísmica. (Tabla nº12)

Magna	POBLACION	TERRENO TIPO
132	CONGOSTO DE VALDIVIA Limos y Arcillas Conglomerados y Arenas. Raña Aluviones Areniscas, Cuartitas y Lunitas Conglomerado Sílice Conos de Deyección Limos y Arcillas Terraza	Terreno Tipo IV Terreno Tipo II Terreno Tipo IV Terreno Tipo II Terreno Tipo II Terreno Tipo IV Terreno Tipo IV Terreno Tipo IV
729 y 730	ALBALÁ Granito Porfídico Granito Porfídico con Limos y Arenas Granito Porfídico con una zona de Limos y Arenas Leucogranito Leucogranito con Limos y Arenas Leucogranito con zonas de Limos y Arenas Pizarras y Grauwacas	Terreno Tipo I Terreno Tipo II Terreno Tipo II Terreno Tipo I Terreno Tipo II Terreno Tipo II Terreno Tipo II

444 y 471	<u>ASCÓ</u>	
	Aluvión	Terreno Tipo IV
	Arcillas rojas	Terreno Tipo IV
	Arcillas y arenas	Terreno Tipo IV
	Areniscas	Terreno Tipo I
	Calizas y Margas Limo-arenosas	Terreno Tipo II
	Margas amarillas, conglomerados	Terreno Tipo III
	Margas, areniscas, conglomerados	Terreno Tipo III
	Calizas, dolomías, margas	Terreno Tipo II
	Limos	Terreno Tipo IV
	Glacis	Terreno Tipo IV
	Terrazas	Terreno Tipo IV
234	<u>MELGAR DE ARRIBA</u>	
	Arenas y Limos	Terreno Tipo III
	Cantos y gravas silíceas	Terreno Tipo III
	Limos y gravas	Terreno Tipo III
	Conos aluviales	Terreno Tipo IV
633 y 661	<u>VILLAR DE CAÑAS</u>	
	Arcillas rojas y yesos	Terreno Tipo IV
	Arcillas rojas y yesos con gravas, arenas y limos	Terreno Tipo IV
	Arcillas y limos rojos con yesos	Terreno Tipo IV
	Arcillas y yesos rojos	Terreno Tipo IV
	Arcillas, arenas, cantos y costras	Terreno Tipo IV
	Arcillas, limos y arena	Terreno Tipo IV
	Arcillas, yesos, areniscas y conglomerados	Terreno Tipo IV
	Areniscas y conglomerados	Terreno Tipo IV
	Calizas y margas con áreas de gravas y arenas	Terreno Tipo I
	Gravas, arenas y limos	Terreno Tipo II
	Limos arcillosos y limos con yeso	Terreno Tipo III
	Limos y arcillas rojas	Terreno Tipo IV
	Limos, arcillas y Gravas	Terreno Tipo IV
Margas y Calizas	Terreno Tipo III	
561 y 584	<u>YEBRA</u>	
	Arcillas y yesos	Terreno Tipo IV
	Arcillas areniscas y calizas	Terreno Tipo IV
	Arcillas areniscas y conglomerados	Terreno Tipo IV
	Arenas, gravas y arcillas	Terreno Tipo III
	Areniscas y arcillas	Terreno Tipo II
	Calizas y margas	Terreno Tipo II
	Gravas, arenas y limos	Terreno Tipo III
	Gravas, arenas y limos. Cauce actual	Terreno Tipo IV
	Limos, loes, arcillas, arenas y gravas	Terreno Tipo IV
	Yesos y arcillas yesíferas	Terreno Tipo IV
	Yesos y arcillas yesíferas con calizas y margas	Terreno Tipo IV
767 y 768	<u>ZARRA</u>	

Arcillas rojas arenas y conglomerados
 Calizas y margas
 Calizas con Orbitolinas
 Calizas micriticas
 Conglomerado con matriz arcillosa
 dolomías de grano grueso y margas grises
 Glacis
 Margas yesíferas

Terreno Tipo IV
Terreno Tipo II
Terreno Tipo II
Terreno Tipo I
Terreno Tipo II
Terreno Tipo II
Terreno Tipo IV
Terreno Tipo IV

234 **SANTERVAS DE CAMPOS**

Arenas y Limos
 Cantos y Gravas silíceas
 Cantos, Arena y Limos. Glacis
 Limos y Gravas

Terreno Tipo III
Terreno Tipo III
Terreno Tipo IV
Terreno Tipo III

(Tabla nº12. Tabla de clasificación por estimación relativa del efecto suelo).

El resultado de la identificación de la categoría “terreno tipo” a cada parcela, nos proporciona las siguientes salidas gráficas, las cuales se corresponden a entidades superficiales, categorizadas por el valor asignado del nuevo campo de “terreno tipo”. Para el proceso de análisis que sigue será necesario rasterizar dichas entidades, para lo cual aplicaremos el siguiente proceso (figura 70), en cada uno de los nueve términos candidatos.



(Figura nº 70).

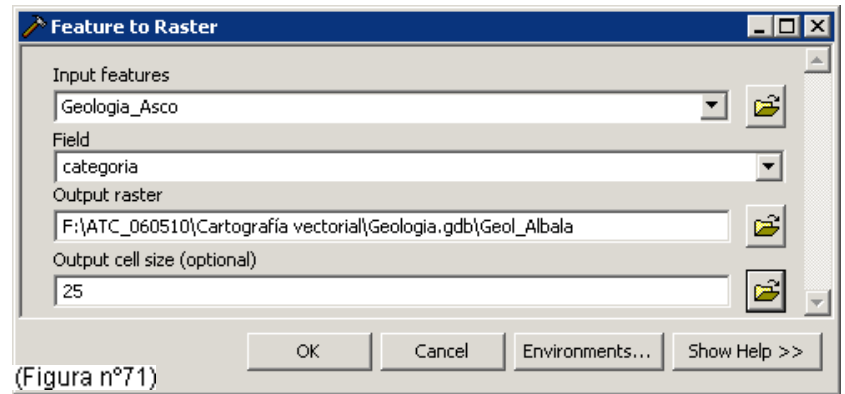
En la tabla adjunta (Tabla nº13), se generan los campos “Tipo_suelo” y “categoria”. En el de “Tipo de suelo” se realiza la asignación conforme a lo determinado por el Instituto Geológico y Minero de España. Mientras que la “categoria” indica la correspondencia que este tipo de suelo tiene con el coeficiente de susceptibilidad de amplificación sísmica.

Para el caso de Albalá:

(Tabla nº13)

OBJE	SHAPE *	HOMBRE	SHAPE_Length	SHAPE_Area	TIPO SUELO 1	categoria
12	Polygon	<Null>	831,490654	24533,126441	Granito Porfidico	1
7	Polygon	<Null>	905,128667	29809,209522	Pizarras y Grauwacas	2
17	Polygon	<Null>	1141,34576	43491,352868	Granito Porfidico	1
13	Polygon	<Null>	1653,124859	116932,711372	Granito Porfidico	1
18	Polygon	<Null>	1692,868867	150305,163178	Pizarras y Grauwacas	2
3	Polygon	<Null>	2314,348994	160502,727665	Granito Porfidico con Limos y Arenas	2
14	Polygon	<Null>	3270,921077	311177,908535	Granito Porfidico	1
2	Polygon	<Null>	3002,294174	337220,981442	Granito Porfidico	1
16	Polygon	<Null>	2713,689843	343378,79718	Pizarras y Grauwacas	2
21	Polygon	<Null>	3858,442511	393703,732424	Granito Porfidico	1
11	Polygon	<Null>	5115,049197	571736,119708	Leucogranito con Limos y Arenas	2
8	Polygon	<Null>	4772,314697	708337,199297	Pizarras y Grauwacas	2
20	Polygon	<Null>	4195,025087	780848,311331	Leucogranito con Limos y Arenas	2
6	Polygon	<Null>	5291,100221	1013068,483554	Pizarras y Grauwacas	2
5	Polygon	<Null>	4809,999693	1082945,913598	Pizarras y Grauwacas	2
10	Polygon	<Null>	5195,153695	1519514,154989	Leucogranito con Limos y Arenas	2
4	Polygon	<Null>	6850,577665	1607773,881654	Granito Porfidico	1
19	Polygon	<Null>	8017,352892	1729077,183906	Granito Porfidico con Limos y Arenas	2
15	Polygon	<Null>	7210,005631	1939161,88262	Granito Porfidico con una zona de Limos y Arenas	2
9	Polygon	<Null>	11450,412422	1953450,624119	Leucogranito	1
1	Polygon	<Null>	21377,16691	11424545,954647	Leucogranito con zonas de Limos y Arenas	2

Herramienta para la generación de coberturas raster a partir de entidades vectoriales (figura nº 71)



(Figura nº71)

ALBALÁ



- Geologia_Alcala
 - TIPO_SUELO_1
 - Granito Porfidico
 - Granito Porfidico con Limos y Arenas
 - Granito Porfidico con una zona de Limos y Arenas
 - Leucogranito
 - Leucogranito con Limos y Arenas
 - Leucogranito con zonas de Limos y Arenas
 - Pizarras y Grauwacas

(Figura nº72)

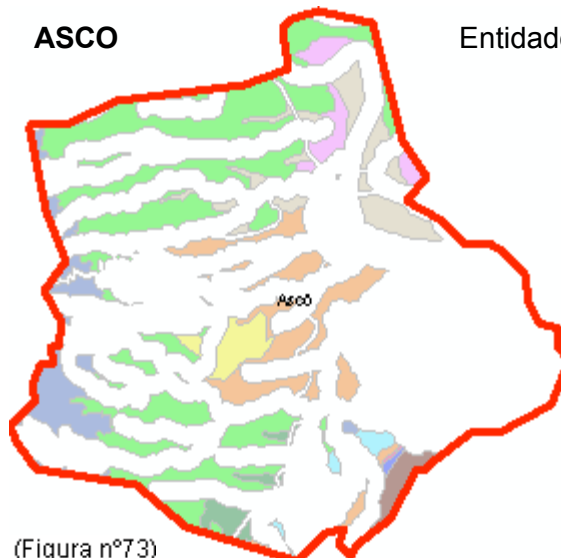


En el fichero vectorial se relacionan solo las entidades de superficie superior a las 15 Ha., posteriormente se rasteriza con paso de malla de 25 m. obteniendo la categoría de "Tipo de Suelo" conforme a la clasificación geosísmica definida (figura nº72).

- Geo_Alcala
 - Suelo tipo-1
 - Suelo tipo-2

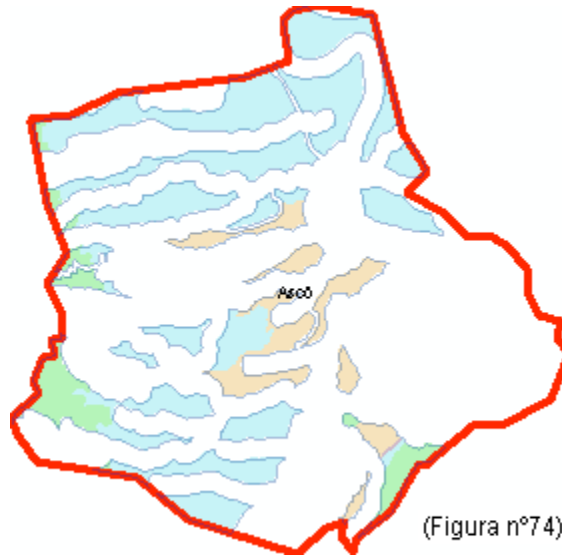
ASCO

Entidades vectoriales clasificadas por su geología (figura 73)



- Geologia_Aasco
 - TIPO_SUELO
 - Aluvi3n
 - Arcillas rojas
 - Arcillas y Arenas
 - Areniscas
 - Calizas y Margas Limo-arenosas
 - Calizas, dolomias, margas
 - Glacis
 - Limos
 - Margas amarillas, conglomerados
 - Margas, areniscas, conglomerados
 - Terraza

(Figura nº73)



Cobertura raster con clasificación sísmica por tipo de suelo (figura nº74).

(Figura nº74)

CONGOSTO DE VALDAVIA

Entidades vectoriales clasificadas por su geología (figura nº75) para Congosto de Valdavia.



(Figura nº75)

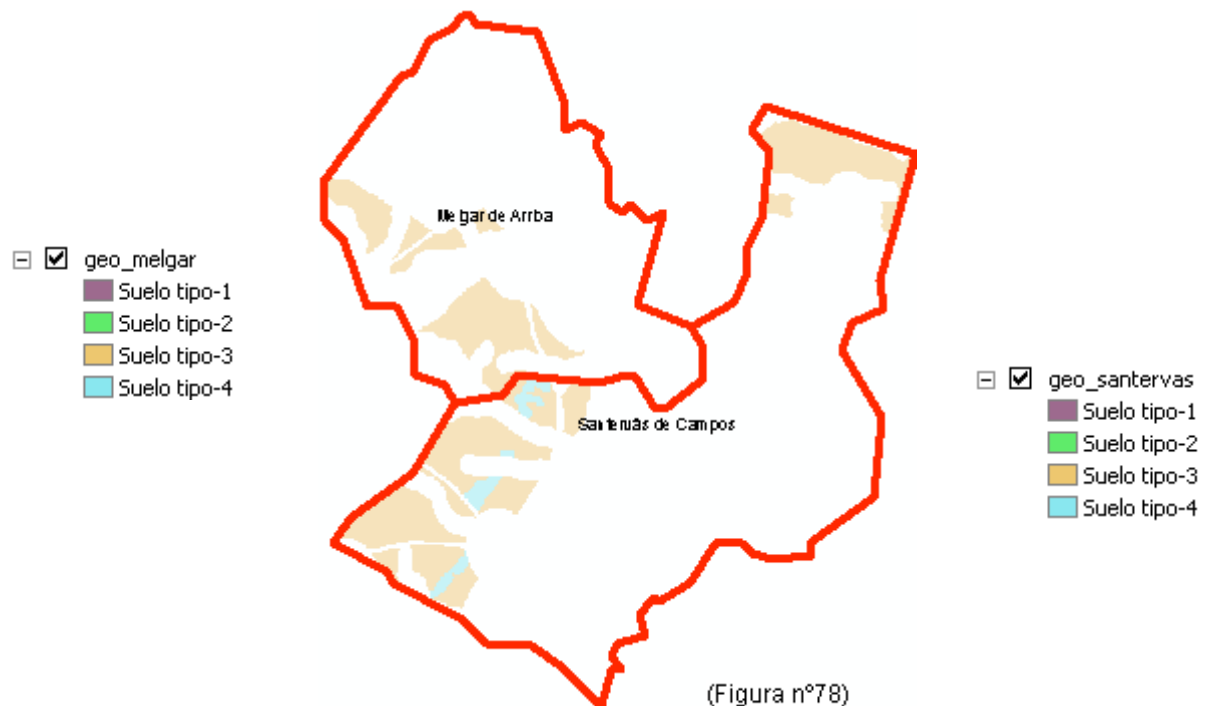
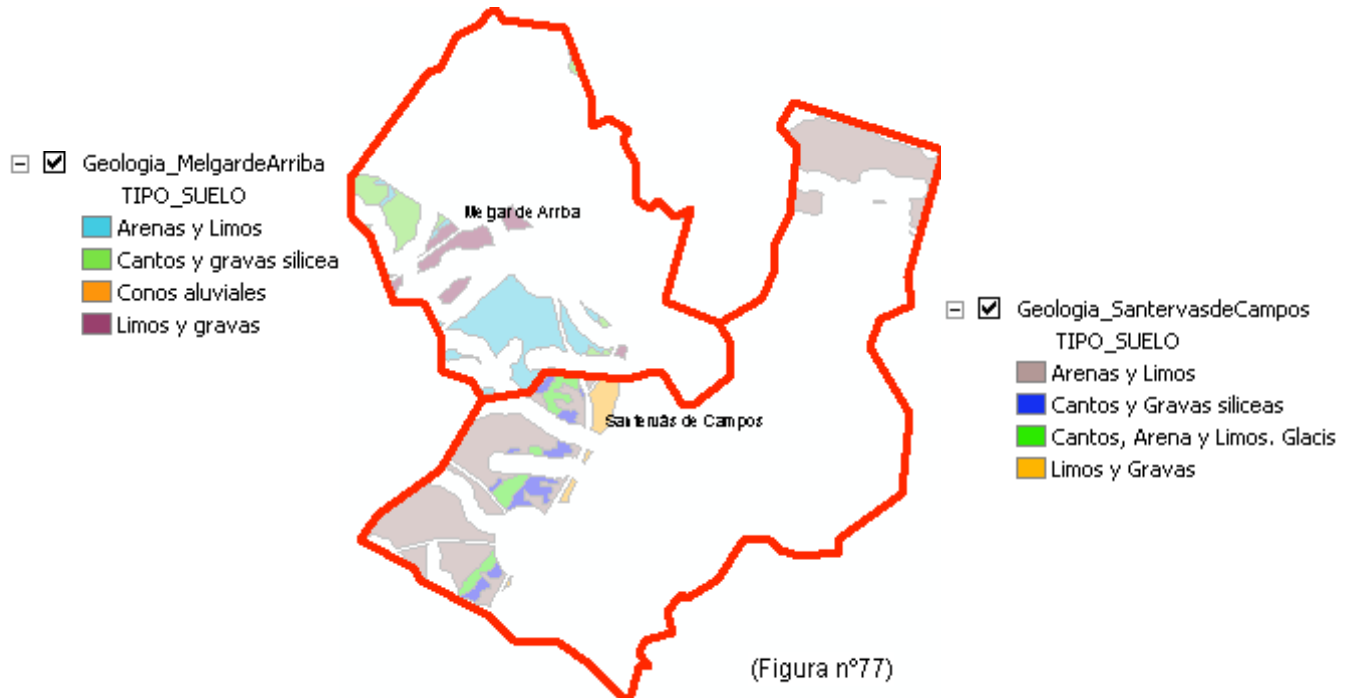
Cobertura raster con clasificación sísmica por tipo de suelo (figura nº76).



(Figura nº76)

MELGAR DE ARRIBA - SANTERVÁS DE CAMPOS

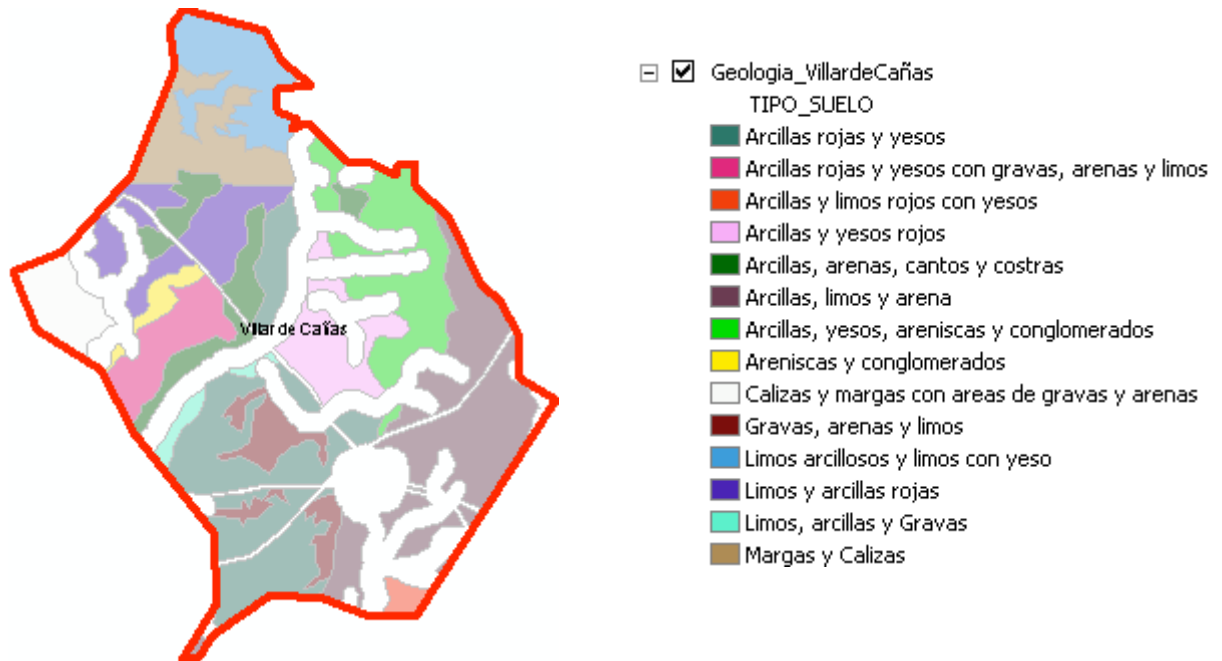
Entidades vectoriales clasificadas por su geología (figura nº77) en los términos de Melgar de Arriba y Santervás de Campos.



Cobertura raster con clasificación sísmica por tipo de suelo (figura nº78).

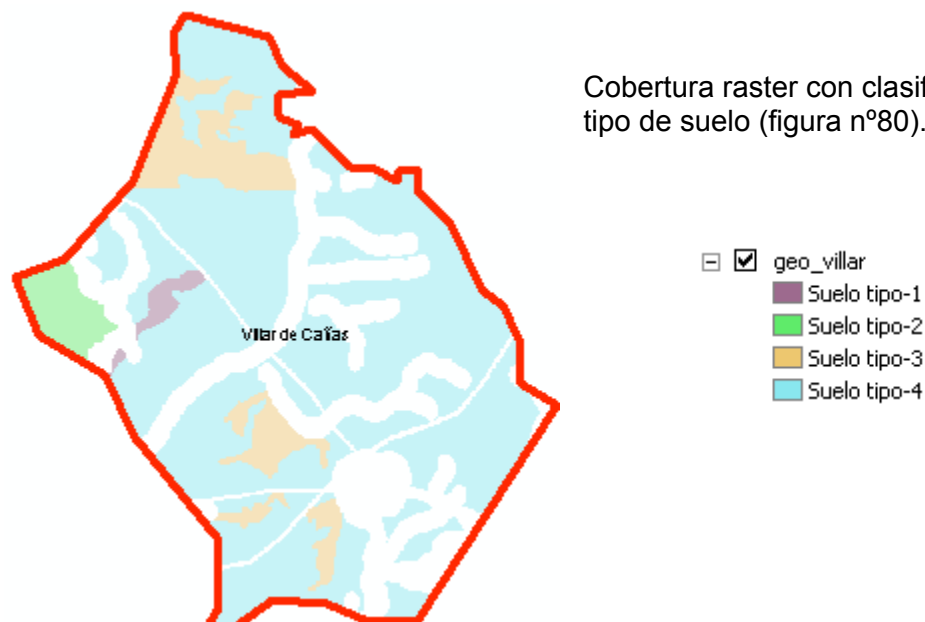
VILLAR DE CAÑAS

Entidades vectoriales clasificadas por su geología (figura nº79) en Villar de Cañas.



(Figura nº79)

Cobertura raster con clasificación sísmica por tipo de suelo (figura nº80).



(Figura nº80)

La escala de visualización de los gráficos presentados se corresponde con la 1/150.000.

YEBRA



(Figura nº81)

- Geologia_Yebra
- TIPO_SUELO
- Arcillas y yesos
- Arcillas, areniscas y calizas
- Arcillas, areniscas y conglomerados
- Arenas, gravas y arcillas
- Areniscas y arcillas
- Calizas y margas
- Gravas, arenas y limos
- Gravas, arenas y limos. Cauce actual
- Limos, loes, arcillas, arenas y gravas
- Yesos y arcillas yesíferas
- Yesos y arcillas yesíferas con calizas y margas

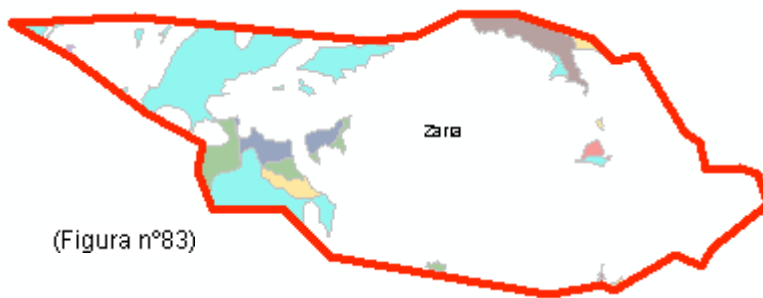


(Figura nº82)

- geo_yebra
- Suelo tipo-1
- Suelo tipo-2
- Suelo tipo-3
- Suelo tipo-4

Entidades vectoriales clasificadas por su geología (figura nº81) y Cobertura raster con clasificación sísmica por tipo de suelo (figura nº82).

ZARRA



(Figura nº83)

- Geologia_Zarra
- TIPO_SUELO
- Arcillas rojas, arenas y conglomerados
- Caliza y margas
- Calizas con Orbitolinas
- Calizas micriticas
- Conglomerado con matriz arcillosa
- Dolomias de grano grueso y margas grises
- Glacis
- Margas yesíferas



(Figura nº84)

- geo_zarra
- Suelo tipo-1
- Suelo tipo-2
- Suelo tipo-3
- Suelo tipo-4

Entidades vectoriales clasificadas por su geología (figura nº83) y Cobertura raster con clasificación sísmica por tipo de suelo (figura nº84).

Restricciones por Transporte

Uno de los mayores riesgos que representan los Almacenes de residuos radioactivos, es el asociado al transporte del combustible gastado. Con independencia de que una vez seleccionado el emplazamiento final será preceptivo realizar un plan de transportes, lo cierto es que el factor transporte debe ser considerado a priori a la hora de determinar el emplazamiento.

En lo que respecta a estas restricciones, se tendrán en cuenta por tanto, las relativas al transporte por superficie, es decir aquellas que se llevan a cabo por vía terrestre, ya que es importante recordar que la convocatoria fija como condicionante, que el transporte de residuos no este supeditado a utilizar medios aéreos o marítimos.

Como ya se analizó en el apartado de requisitos, la totalidad de candidaturas presentadas cumplen los requisitos fijados para el transporte, no obstante en lo que a Restricciones se refiere, se determinará para el presente estudio la influencia que representan los medios de transporte terrestre en la determinación final del emplazamiento.

Conforme a las previsiones, se estima que se recibirán del orden de dos a tres contenedores al mes, durante al menos 20 años, sin contar con el transporte correspondiente a los residuos en depósito en Francia que deberán acogerse en nuestro ATC, lo que justifica claramente la necesidad de contemplar como una restricción más la debida al transporte.

Según el plan General de residuos Radioactivos, la posibilidad de contar con accesos ferroviarios es un factor de gran interés ya que además de garantizar la logística necesaria, reduce los riesgos asociados al transporte. En realidad se puede afirmar que el riesgo por transporte es prácticamente nulo, ya que los envases que contienen el combustible están diseñados de manera que se elimina el riesgo por escapes accidentales. No obstante el diseño de planes de transporte adecuados, con rutas y medios logísticos adecuados, sin olvidar la observancia de la normativa Nacional y Europea en la materia, hacen que el transporte en sí resulte 100% seguro.



En las imágenes anexas se puede apreciar la logística necesaria que implican el transporte de contenedores de residuos radioactivos, lo cual justifica el planteamiento adoptado en materia de restricciones de transporte (figuras nº85).



(Figura nº85)



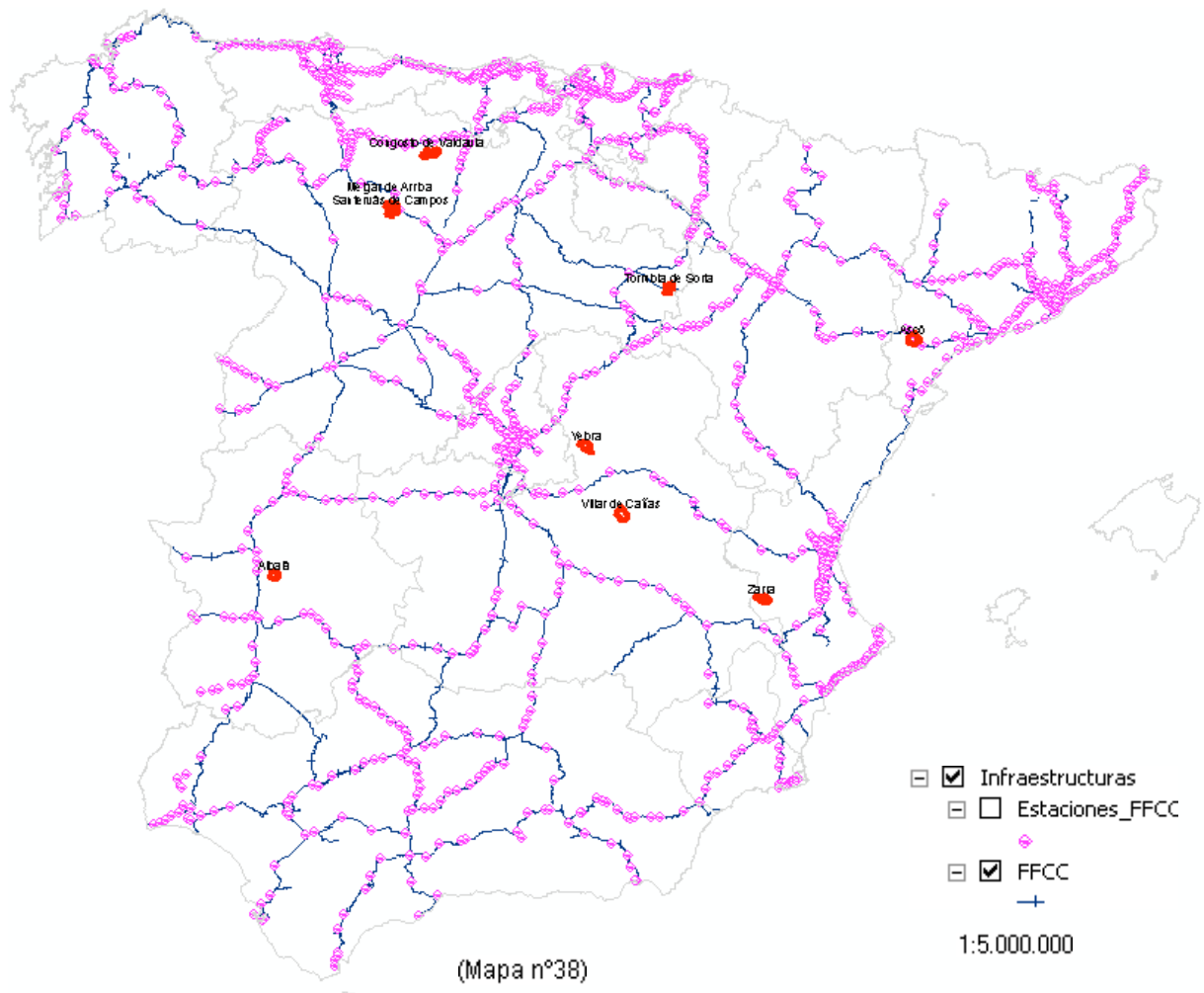
Por tanto, se establecen dos grupos de restricciones en la categoría de transporte.

- El primero centrado en la cercanía a líneas de ferrocarril, que en su caso facilitarán el transporte de residuos hasta la Planta y Almacén centralizado.
- Y el segundo el relativo a la presencia de vías de comunicación por carretera, con especial significación en las relativas a la Red Nacional de autopistas y autovías, debido a que por el tamaño, volumen y peso especial de los contenedores a transportar, es muy aconsejable discurrir por trazados no sinuosos, de buen firme y anchura en nº de carriles suficiente.

• **Por cercanía a líneas de ferrocarril** *(Restricción por líneas de ferrocarril)*

El ferrocarril ha de ser la forma preferida de transporte del combustible nuclear, debido a las ventajas que presenta en la reducción de embalajes a transportar y por la seguridad que este tipo de transporte ofrece, siendo posible transportar en trenes nocturnos hasta tres embalajes por tren. Es por ello por lo que se ha considerado obligado la inclusión de esta variable en el análisis de restricciones establecido.

El proceso de obtención de los diversos mapas de coste o distancia resulta similar al seguido en el caso de la Hidrografía.

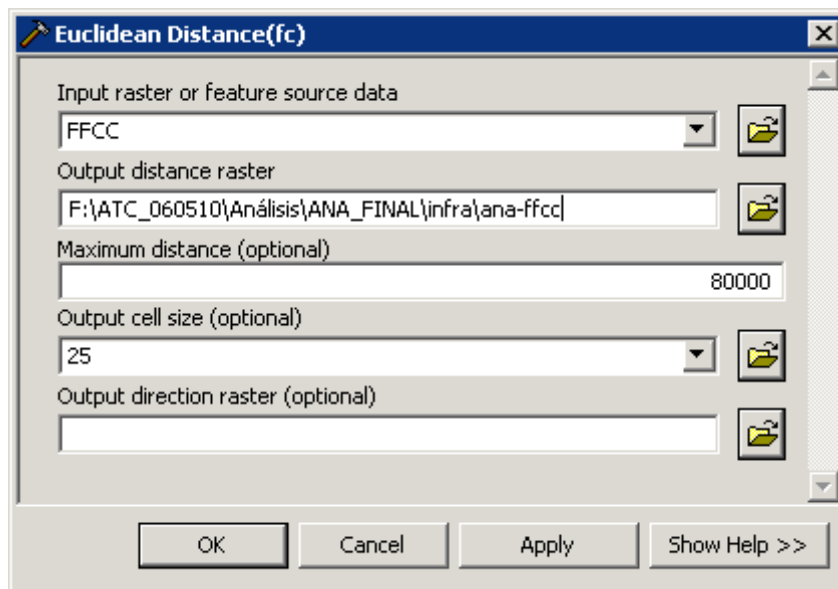
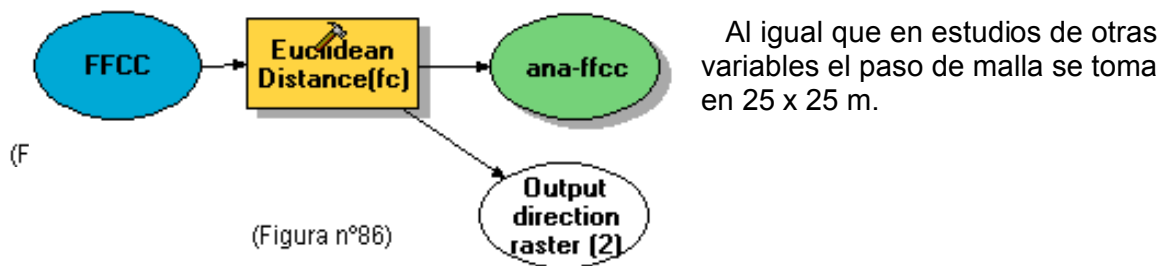


(Mapa n°38). Mapa de la red nacional de ferrocarriles, y estaciones de tren, con posicionamiento de municipios candidatos).

En primer lugar hay que formar la cobertura correspondiente a las líneas férreas, en la que se han situado también las estaciones de ferrocarril, si bien dado que para el estudio relativo a la capa de ferrocarril necesitamos determinar la distancia mas próxima al trazado existente, estas no serán tenidas en cuenta. Pese a todo quedan reflejadas por el posible interés futuro en utilizar estas estaciones como puntos de carga y descarga de combustible nuclear gastado.

Aunque en esta fase del trabajo pueda pasar inadvertido, es importante recordar la necesidad de que la información vectorial de partida este referenciada en el sistema de coordenadas establecido, que en nuestro caso es UTM Huso 30, ya que a la hora de confeccionar los mapas de coste y distancias, no es suficiente con que la capa este *“reproyectada al vuelo”*, ya que para que los procesos de análisis resulten homogéneos toda la información espacial debe estar Proyectada en el mismo sistema.

Diagrama de flujo para la determinación del mapa de distancias (figura 86)

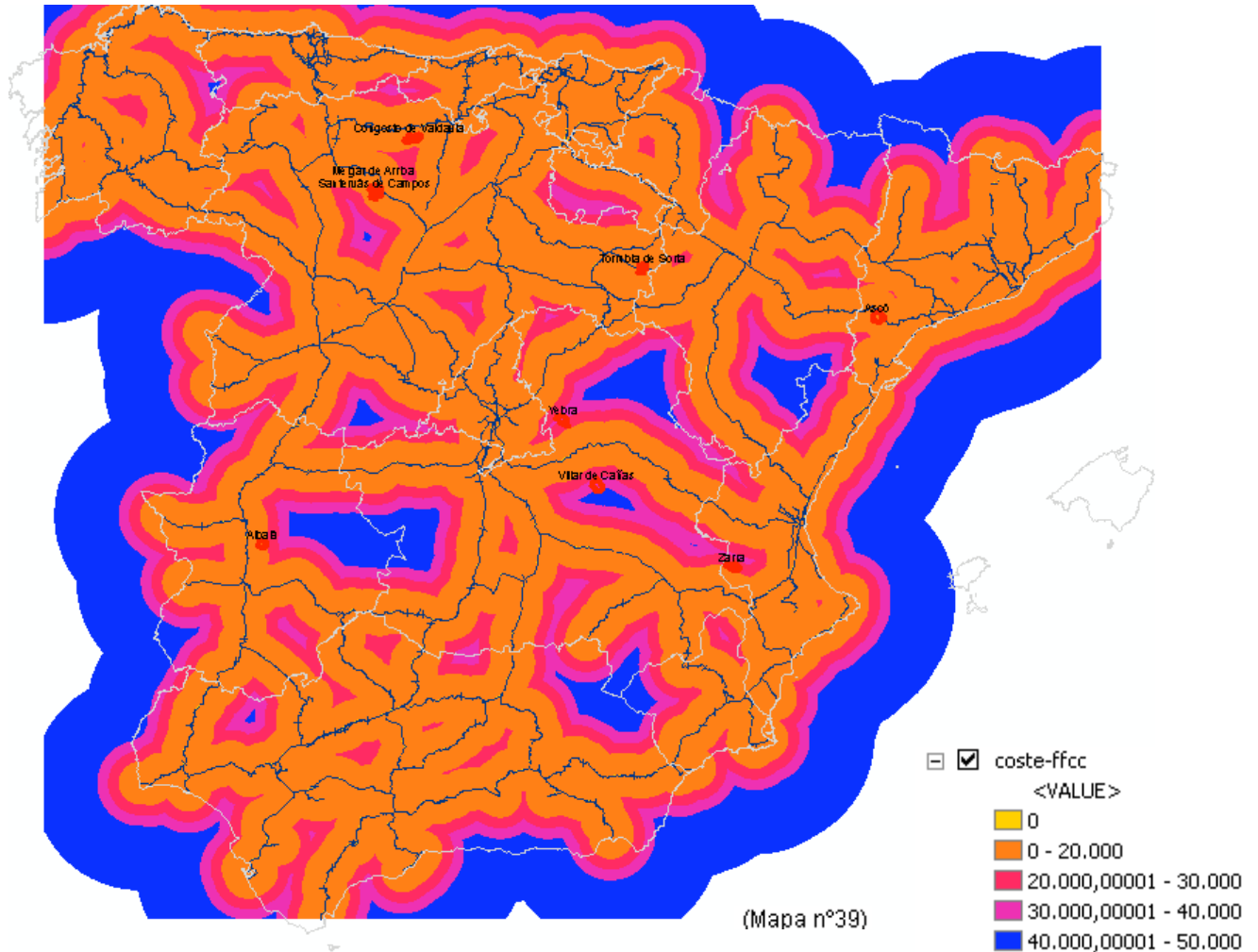


(Figura nº87)

Herramienta de geoprocetamiento para la determinación de distancias euclídeas a la variable considerada, en este caso líneas de ferrocarril, (figura 87).

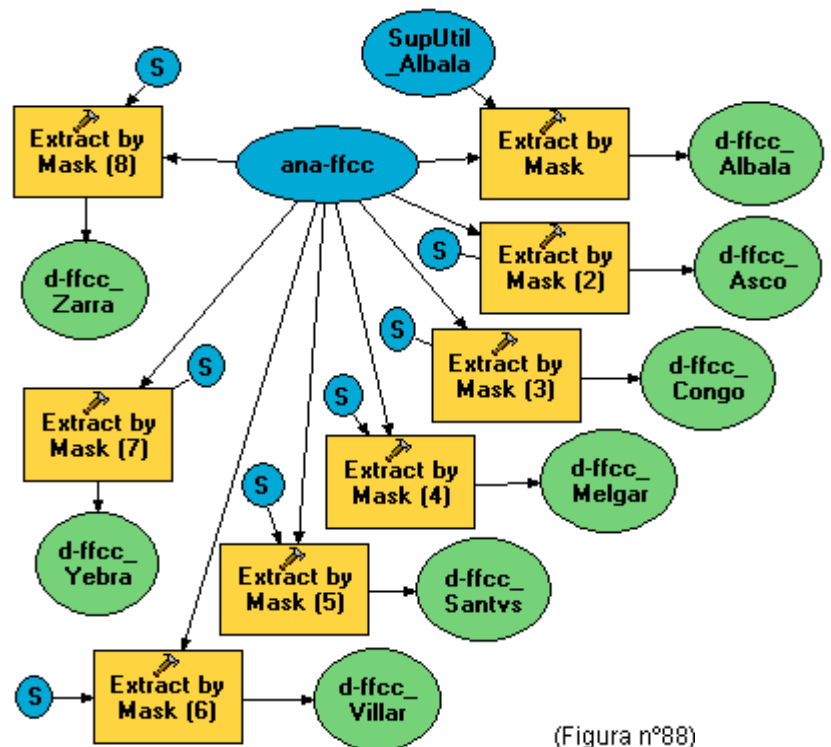
Nótese que no se generan de forma independiente los respectivos mapas de distancia para cada término candidato, esto adolece por un lado a la necesidad de tener en cuenta la totalidad de la Red de ferrocarriles en el estudio que se realiza, y por otro a la necesidad de estandarizar la variable distancia en estudio.

En el mapa que se muestra se presenta la distancia en metros, clasificada en cuatro clases, correspondientes a los intervalos de distancia que se relacionan en la leyenda anexa.



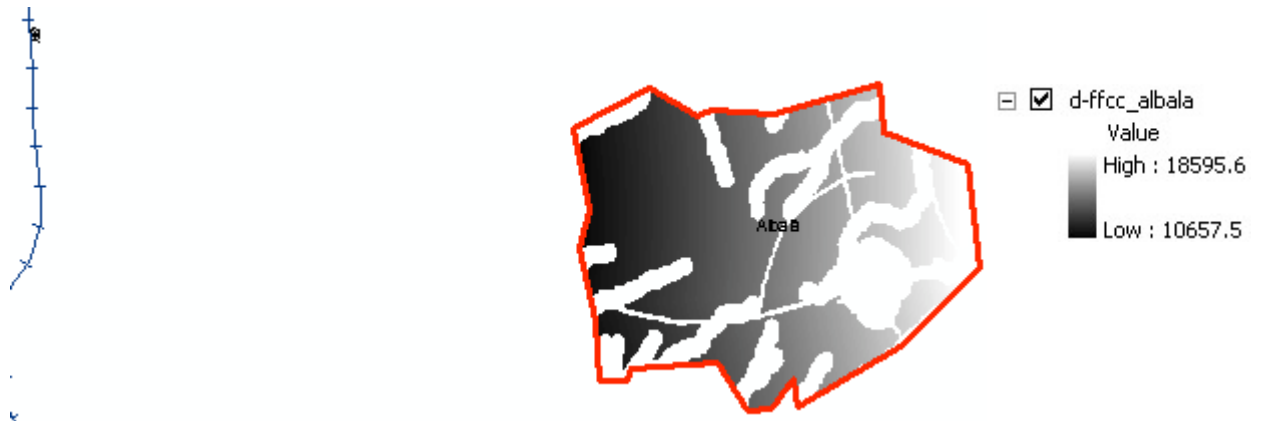
Determinado el mapa de coste por distancias (mapa n°39) se extraerán los valores correspondientes a cada área de interés.

En el diagrama de flujo (figura n°88), se muestra el proceso seguido en el que se reitera un "Extract by Mask", donde el fichero de entrada es el raster obtenido como mapa de coste por distancia al fcc, y las mascarar los ficheros vectoriales con las features de los polígonos correspondientes a las áreas útiles de cada término municipal, obviando como viene siendo habitual aquellas cuya superficie es inferior a las 15 ha.



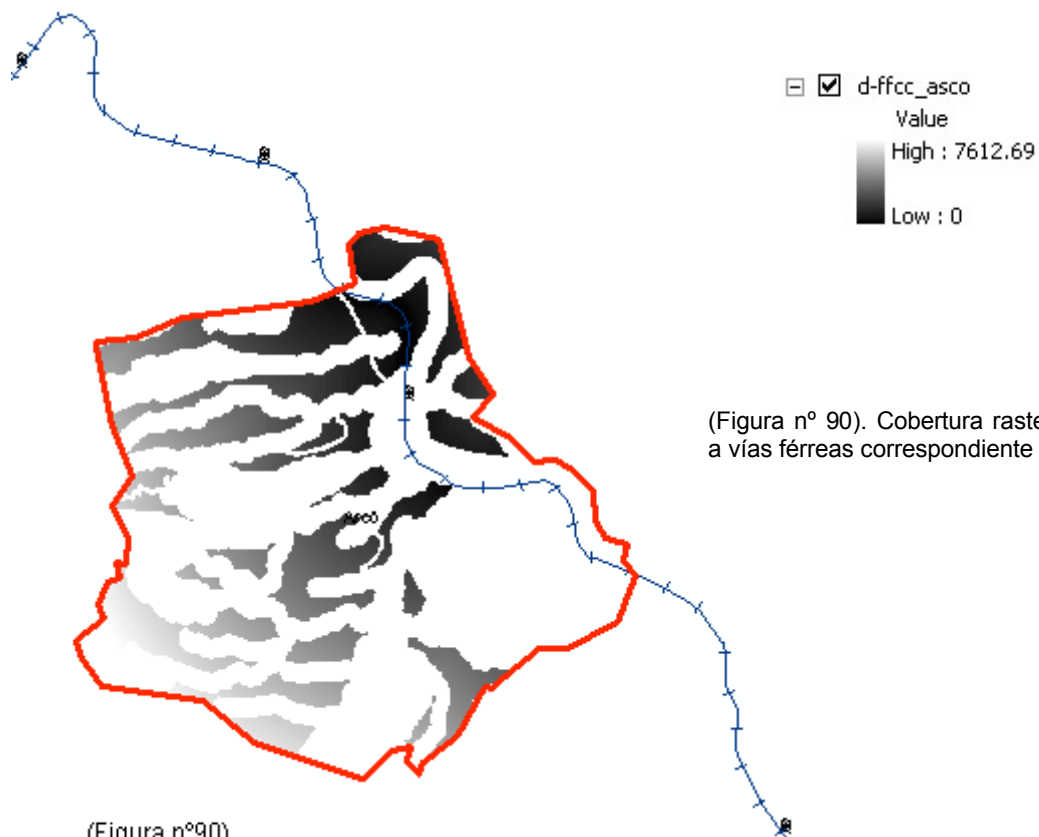
El resultado son las coberturas raster que se adjuntan (figuras de la nº 89 a la nº96), en las que es importante señalar que con independencia de la simbolización que aparece en cada caso, los sucesivos píxeles que componen las diversas áreas toman un valor continuo en función de la distancia que presentan, lo que garantiza que en el proceso de análisis final no se pierda información ni se desvirtúen los valores que representan, donde la variable resulta mas adecuada cuanto más próximo este su valor de cero (0).

ALBALA



(Figura nº 89). Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Albalá.

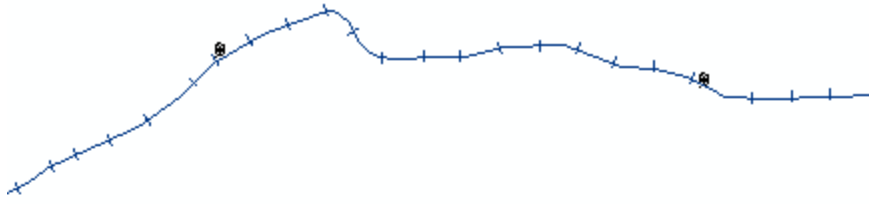
ASCO



(Figura nº 90). Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Ascó.

(Figura nº90)

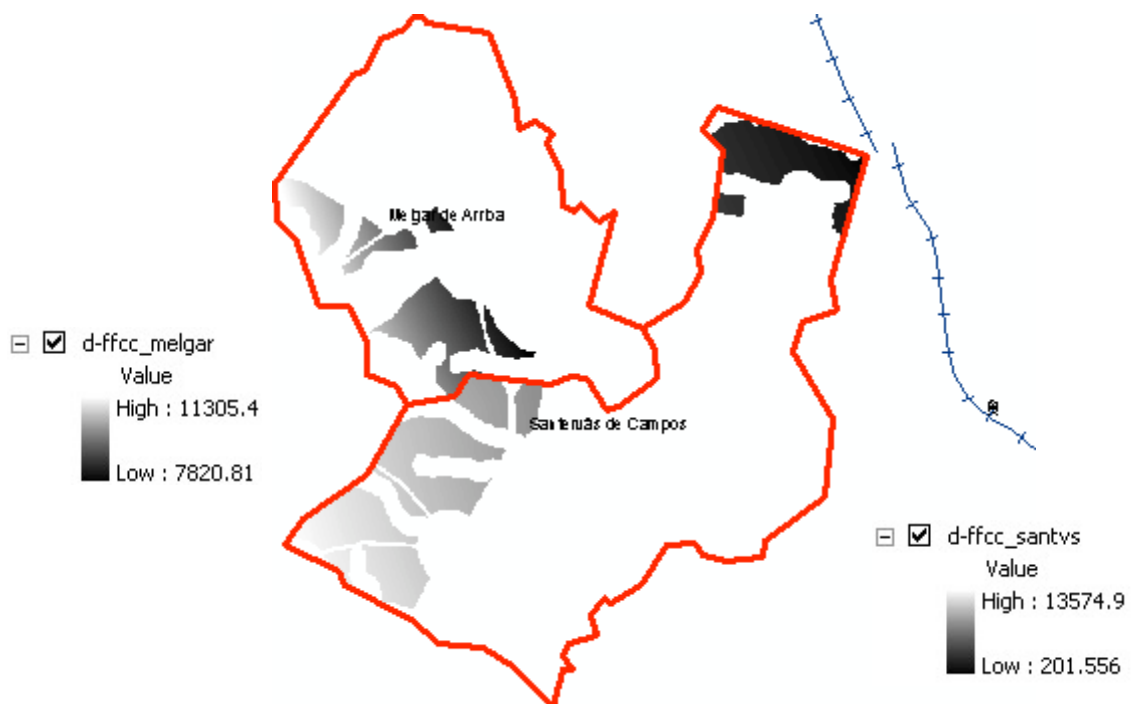
CONGOSTO DE ARRIBA



(Figura nº 91). Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Congosto de Valdaiva.

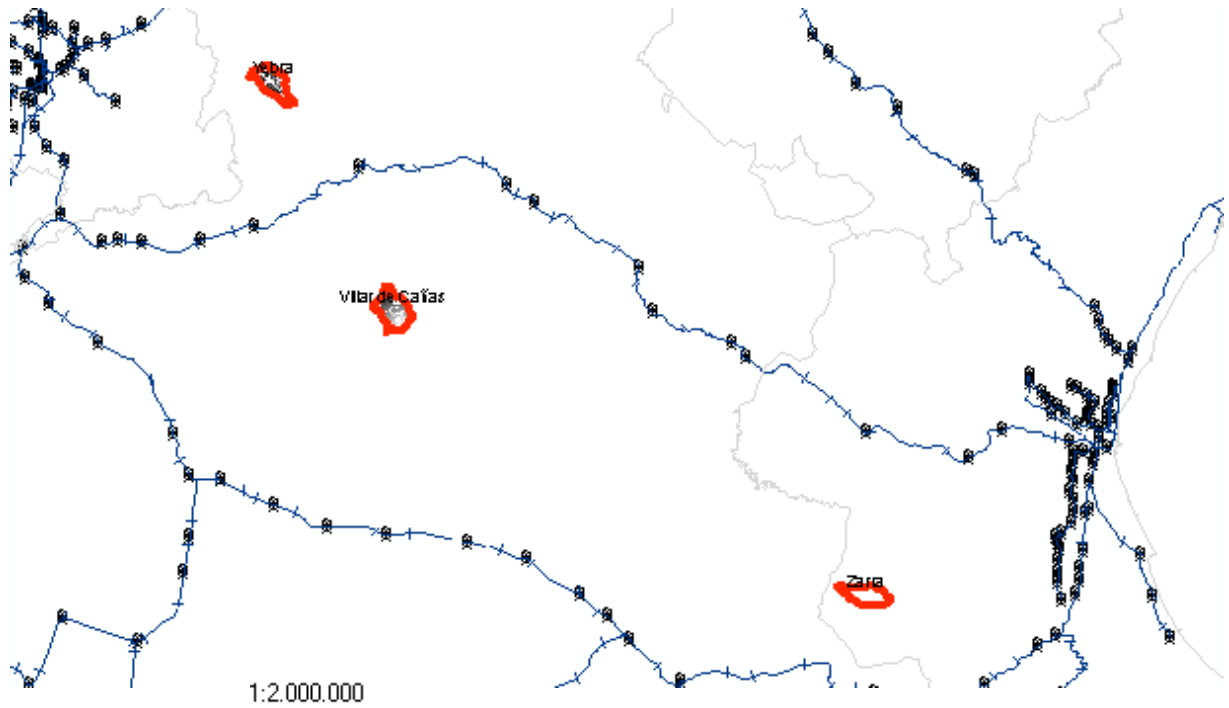


MELGAR DE ARRIBA / SANTERVÁS DE CAMPOS



(Figura nº 92). Cobertura raster por distancia a vías férreas correspondiente a Melgar de Arriba y Santervás.

(Figura nº93)

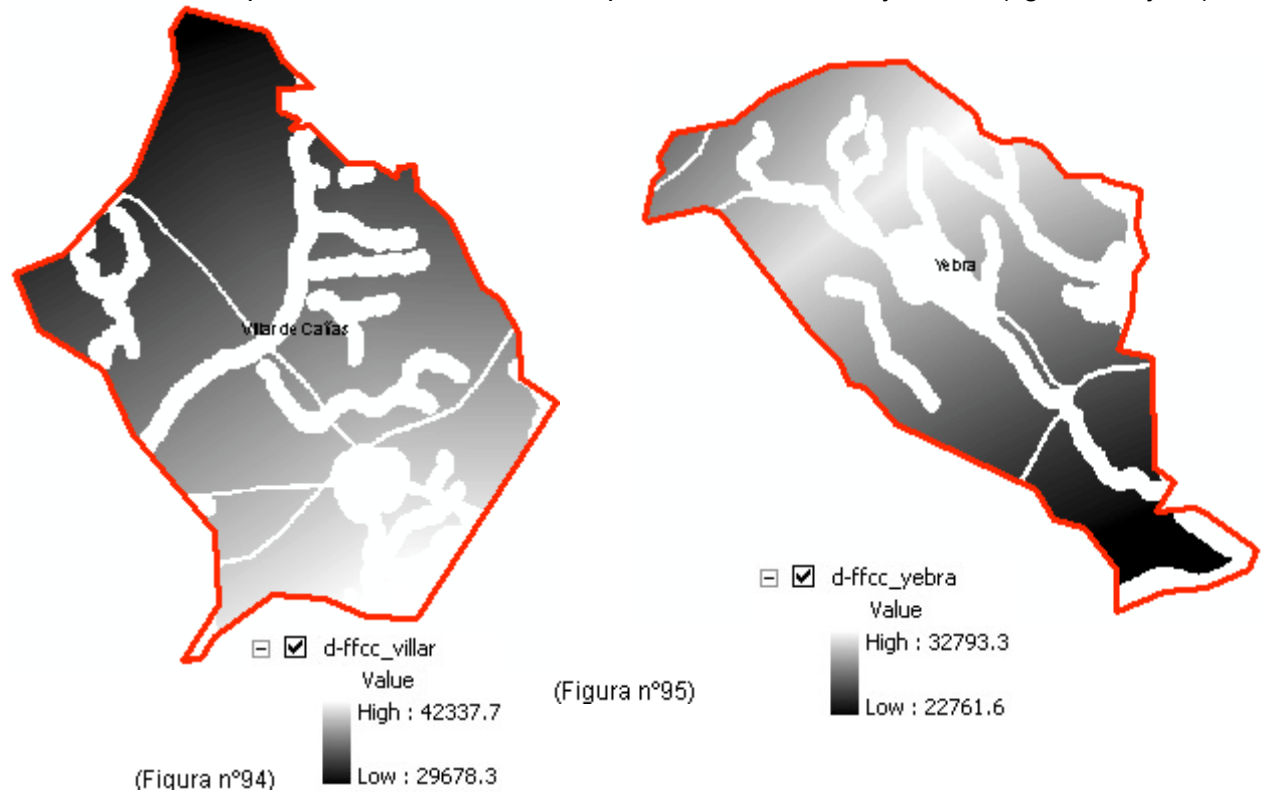


En el gráfico se aprecia las distancias relativas de los términos de Villar de Cañas, Yebra y Zarra, a la Red Ferroviaria (figura 93).

VILLAR DE CAÑAS

YEBRA

Coberturas raster por distancia a vías férreas para Villar de Cañas y Yebra, (figuras 94 y 95).



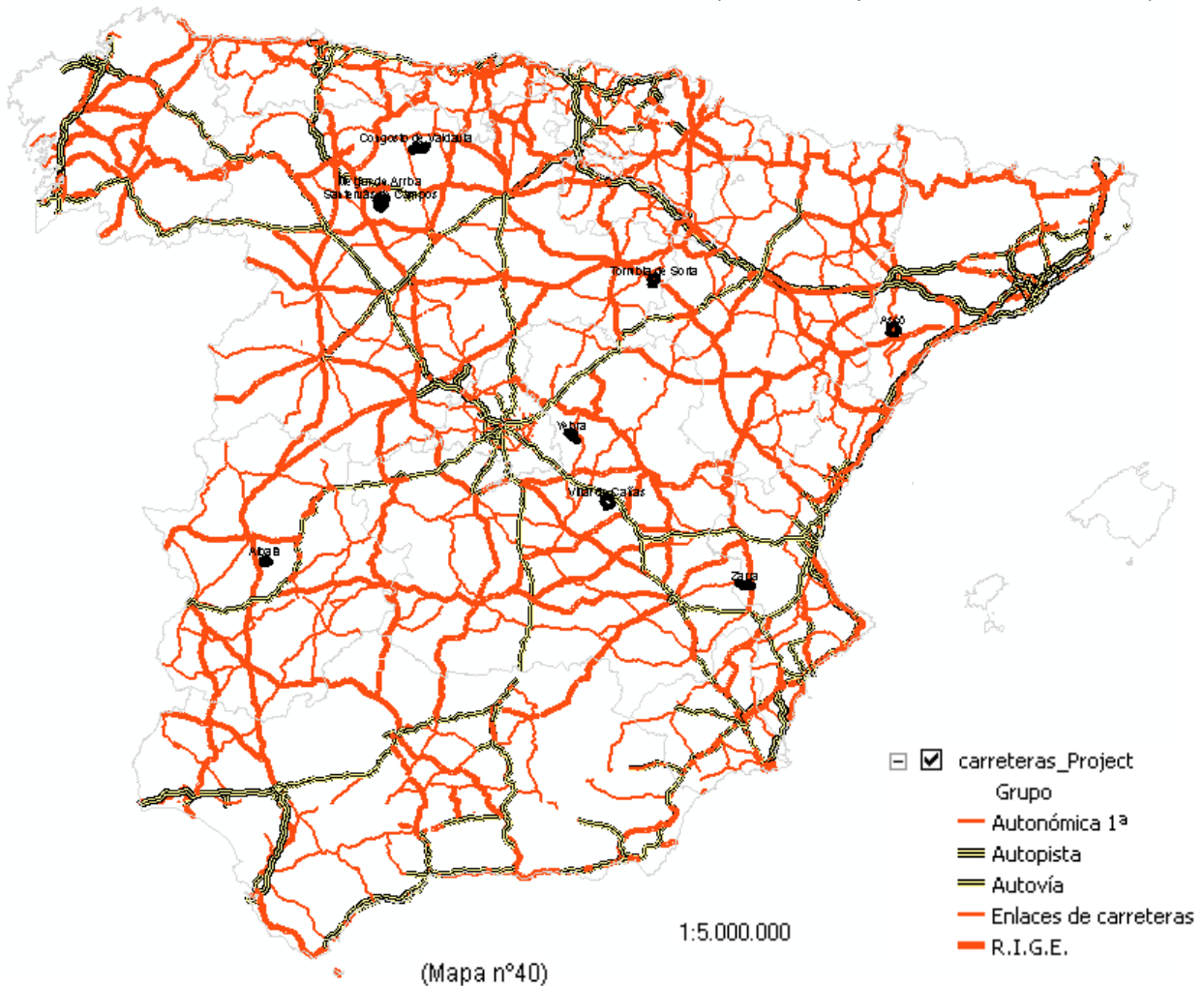
ZARRA



En los planos de detalle de los términos municipales de Villar de Cañas, Yebrá y Zarra no aparecen las vías de ferrocarril mas cercanas, por estar estas fuera de la escala de trabajo utilizada (figuras 94, 95 y 96), que para la representación de esta variable se ha determinado en 1/150.000.

Dado el carácter de documento en el que se insertan diversos planos y gráficos, es posible que la escala de visualización no se corresponda exactamente con la de impresión final, si bien se conserva en todo momento el tamaño relativo en todos los gráficos, lo que permite trasladar al lector la correspondencia y relación de las variables en estudio.

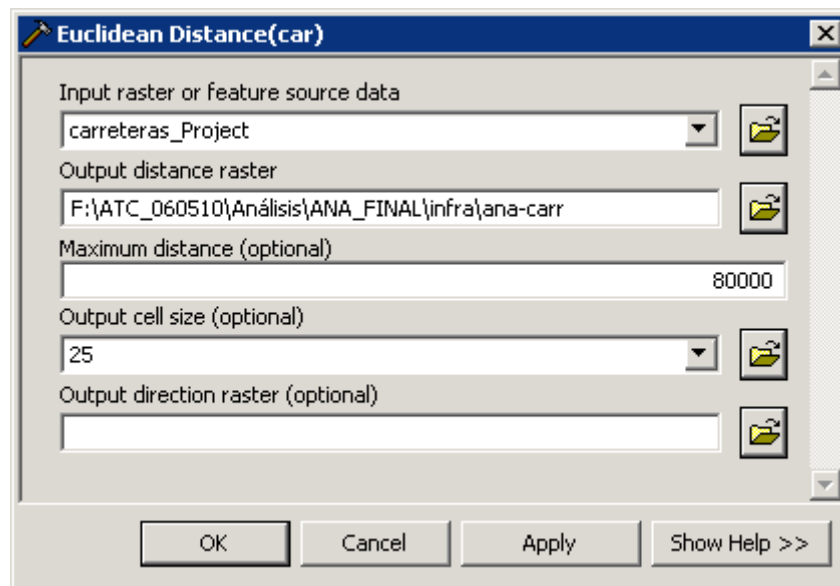
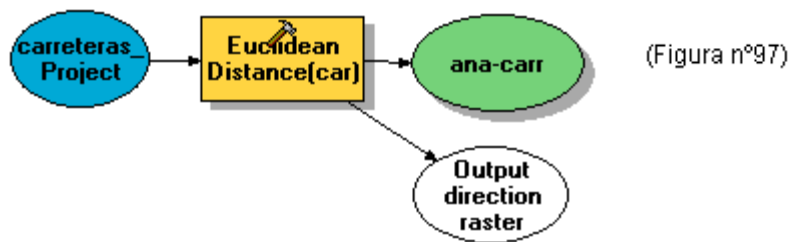
- **Por cercanía a vías de comunicación** *(Restricción por vías de comunicación)*



Siguiendo la metodología empleada con las líneas de ferrocarril, estableceremos en nuestro GIS la cobertura correspondiente a carreteras. Dado que el estudio de esta variable esta justificado por la importancia que tiene para el ATC la existencia de vías de comunicación terrestres de calidad y entidad suficiente como para poder acometer con garantías de seguridad el transporte del combustible nuclear gastado, se realiza una selección de los viales de mayor entidad, estos son los correspondientes a la Red Nacional de Autopistas y Autovías y las de la R.I.G.E., Quedan fuera de consideración las carreteras correspondientes a la Red autonómica, inclusive las de 1º orden, que aunque aparecen reflejadas en el mapa de viales que se presenta, se excluyen al no garantizarse a nivel Nacional una misma homogeneidad en cuanto a características de trazado y firme (véase norma de trazado de viales y norma de transporte de mercancías peligrosas por carreteras del MOPU)

El presente trabajo no pretende establecer cuales son las características viales que tiene que cumplir el transporte de residuos, pero dado el carácter de transporte especial, es obligado que este discurra por vías de trazado suave, continuo y en perfecto estado de firme, motivo por el que se ha realizado la selección de viales señalada.

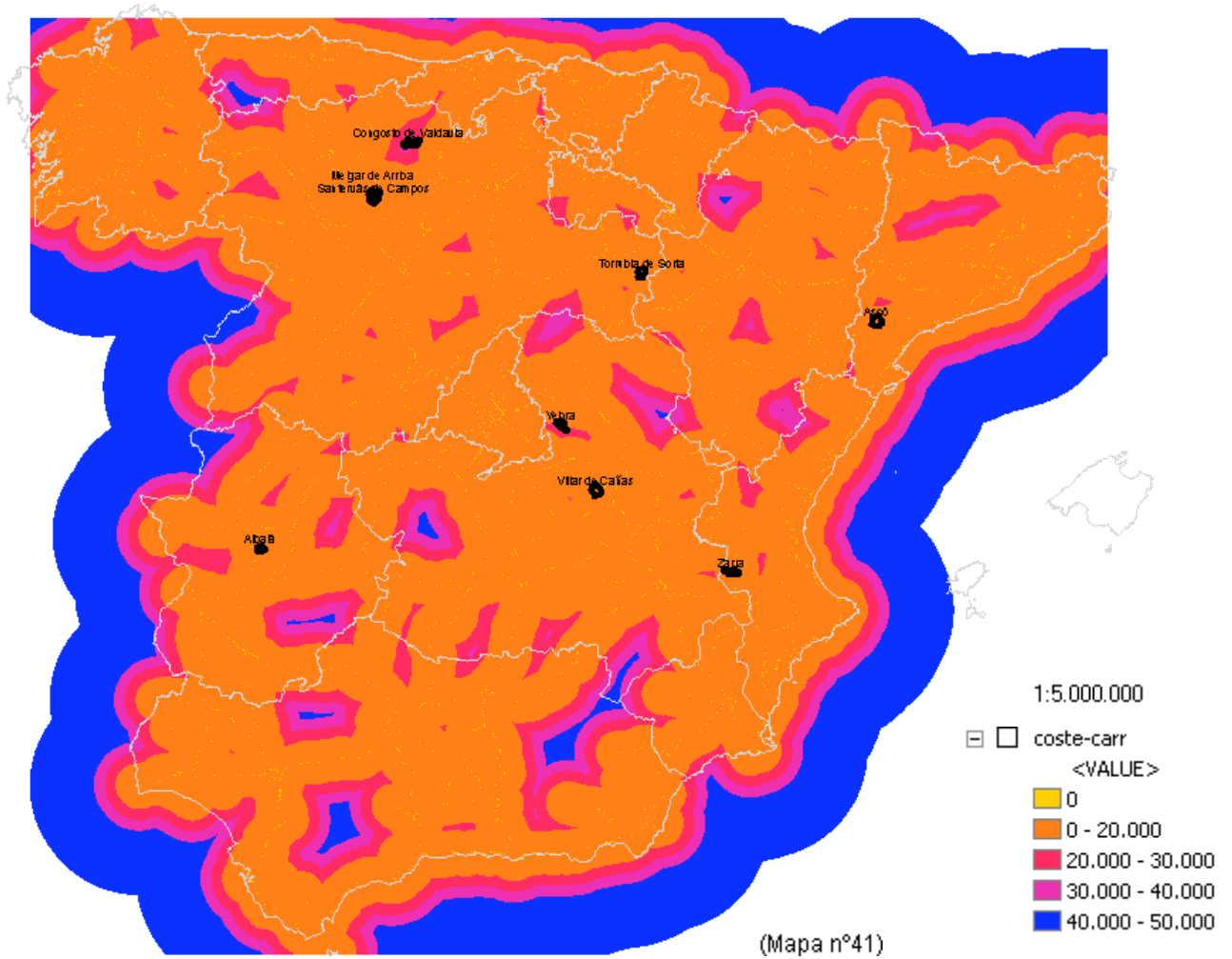
Determinada la cobertura vectorial del trazado viario, se obtendrá el mapa de distancias, siguiendo el siguiente modelo (figura nº97):



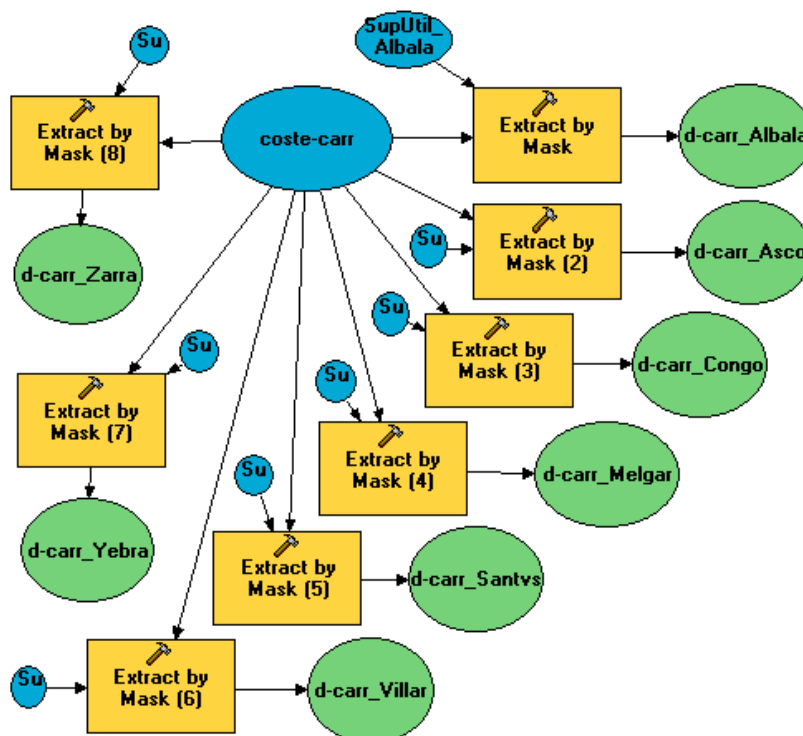
Herramienta de geoprocésamiento para la determinación de distancias euclídeas a la variable considerada, en este caso distancia a carreteras, (figura 98).

(Figura nº98)

El mapa que se obtiene es un fichero raster con paso de malla 25 m. que al igual que en el caso de los ferrocarriles se presenta con una clasificación por colores en función del tramo de distancia en el que se encuentre cada píxel (mapa nº 41). Es importante volver a recordar el carácter continuo de la variable en estudio, no debiéndose asignar los valores de la clasificación visual a la marca de clase que representan, ya que de esa forma perderíamos precisión y falsearíamos el resultado final del análisis.



(Mapa nº41)



(Figura nº99)

Resulta patente la similitud en el proceso de análisis de las dos variables que componen las restricciones por transporte, por lo que se aprovechará el modelo establecido para las líneas de ferrocarril, modificando los ficheros de entrada así como los de salida (figura nº 99).

El resultado serán los planos de distancia para cada término municipal candidato, en los que como ya resulta habitual solo se seleccionan las áreas superiores a la superficie mínima de 15 ha. La presentación se realiza a escala visual 1/150.000.

Se ha querido presentar de forma extendida las vías de comunicación mas próximas para obtener de esa forma una idea mas clara de la disposición geográfica de las vías de comunicación consideradas. (Figuras de la nº100 a la nº106).

ALBALA



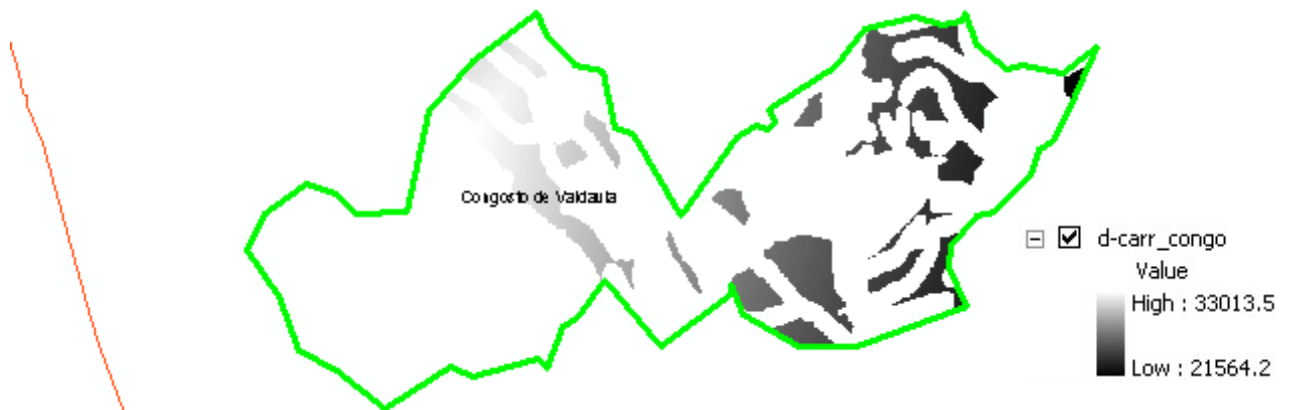
(Figura nº 100). Cobertura raster por distancia a carreteras de Albalá.

ASCO



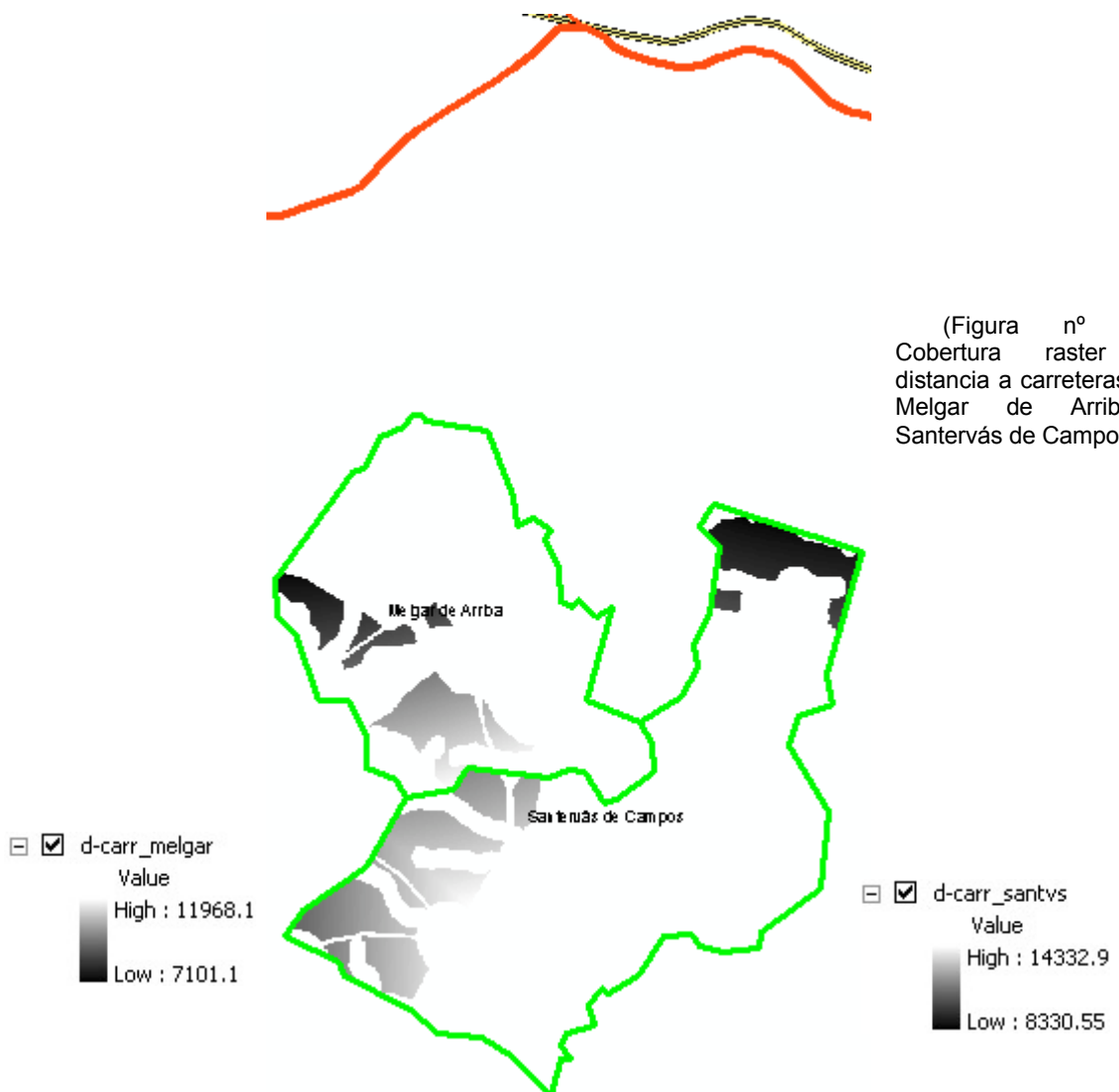
(Figura nº 101). Cobertura raster por distancia a carreteras de Ascó.

CONGOSTO DE VALDAVIA



(Figura nº 102). Cobertura raster por distancia a carreteras de Congosto de Valdavia.

MELGAR DE ARRIBA / SANTERVÁS DE CAMPOS



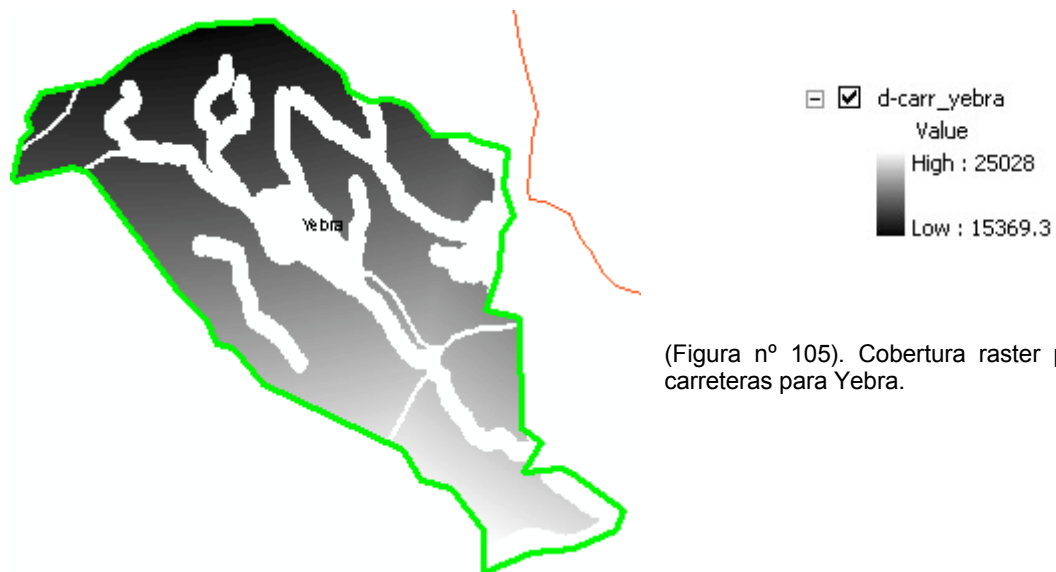
(Figura nº 103). Cobertura raster por distancia a carreteras para Melgar de Arriba y Santervás de Campos.

VILLAR DE CAÑAS



(Figura nº 104). Cobertura raster por distancia a carreteras para Villar de Cañas.

YEBRA



(Figura nº 105). Cobertura raster por distancia a carreteras para Yebra.

ZARRA



Figura nº 106). Cobertura raster por distancia a carreteras para Zarra.

Restricciones Sociales

En lo referente a este tipo de restricción, observar que se ha querido incluir pese a que en modelo canadiense no la contempla, ya que en el caso Español, la distribución de la población no es homogénea a lo largo de la geografía peninsular, de ahí que no solo es necesario tener en cuenta la cercanía a núcleos de población mas o menos grandes, sino que hay que prestar mucha atención a lo despoblado o habitado que está el área de influencia de dicha instalación, o lo que es lo mismo, la densidad de población por Km2.

Señalar que el modelo canadiense no contempla este tipo de restricción, ya que en su caso la determinación de la ubicación del Almacén se realiza sobre una extensa área despoblada, por lo que ya está recogida implícitamente este tipo de restricción al acotarse el estudio a una zona despoblada.

El problema de la energía nuclear así como de los elementos radioactivos, es que el radio de influencia de la radioactividad puede llegar a ser de decenas de kilómetros, por ello se considera obvio tener en cuenta además de la cercanía a cascos urbanos, la mayor o menor densidad demográfica del área de influencia. Así pues, se establecen en el apartado de restricciones sociales, o de carácter antrópico, dos tipos de restricciones:

- Una relativa a la cercanía de importantes núcleos de población, cuya población supera los 5.000 habitantes censados, que denominaremos por Núcleos urbanos.
- Otra debida a la densidad de población total que en un radio de afección de 80 km. se localiza y que denominamos Demográfica.

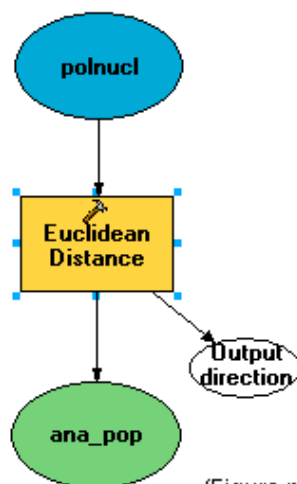
Por Núcleos urbanos

(Restricción por distancias a núcleos urbanos)

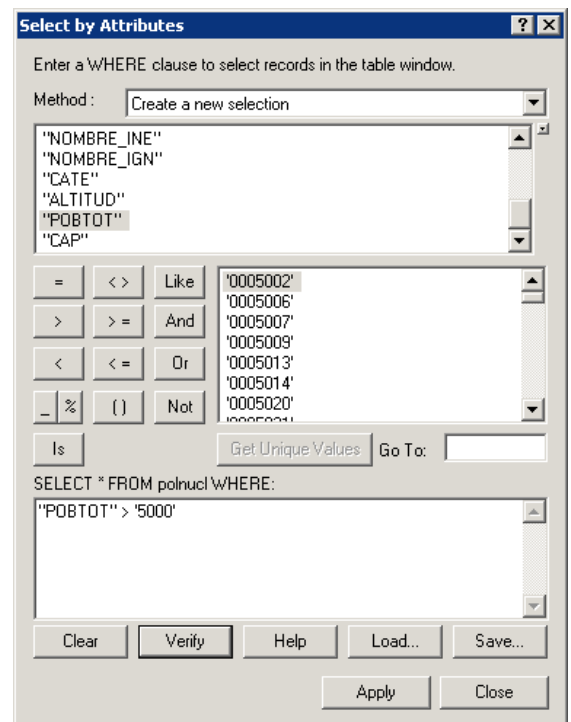
Como viene siendo habitual lo primero será componer la cobertura en nuestro GIS, para ello se realizará una selección de aquellos municipios cuya población supera los 5.000 habitantes (figura nº107).

Para ello realizaremos una extracción en la tabla de entidades de población, de aquellas cuya población total supere los 5.000 habitantes.

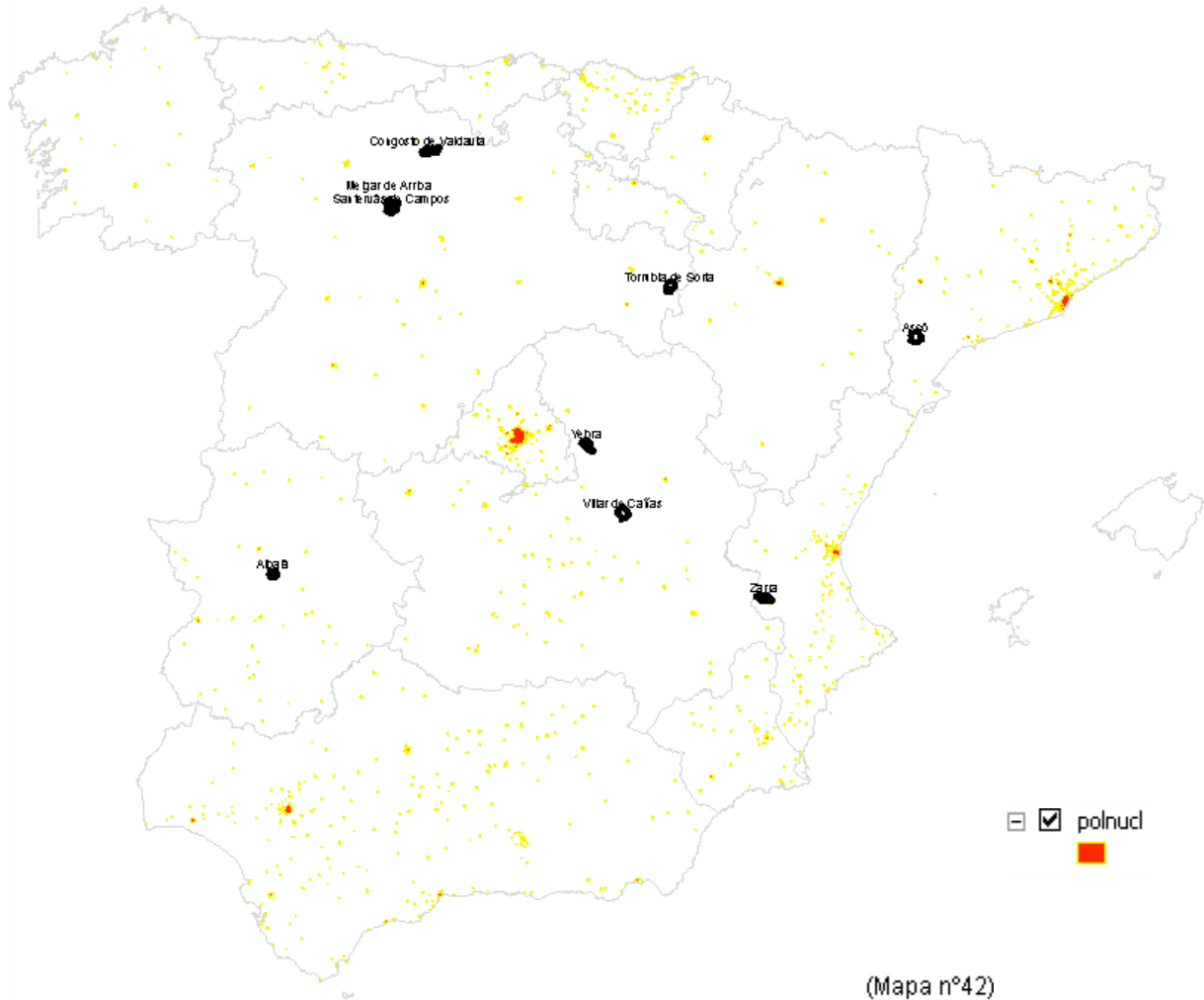
El resultado gráfico que se obtiene de aplicar el modelo de referencia (figura nº108), será el mapa de poblaciones de la página siguiente (mapa nº42).



(Figura nº108)



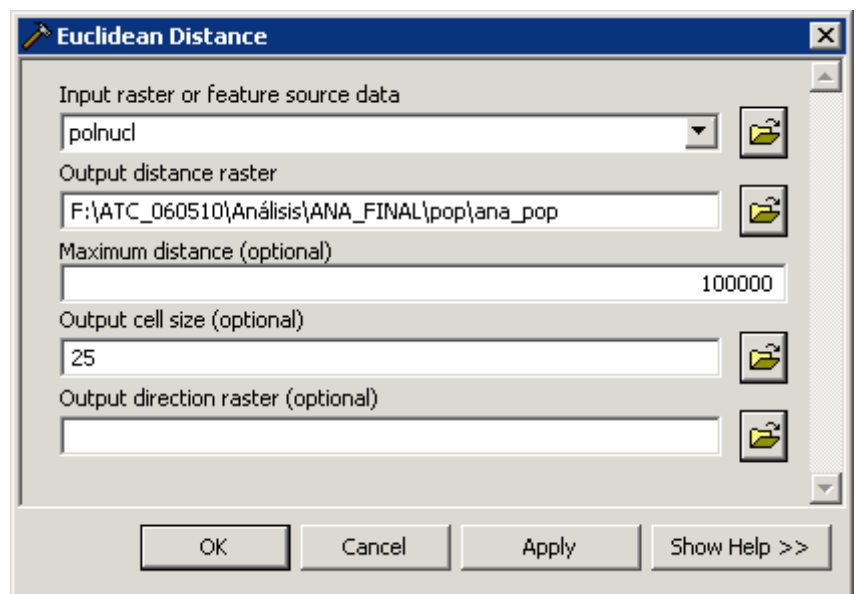
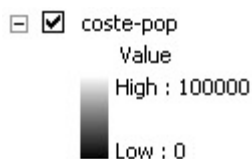
(Figura nº107)



La herramienta para la determinación de las distancias a los núcleos de población se implementa con los parámetros que se especifican en la figura 109.

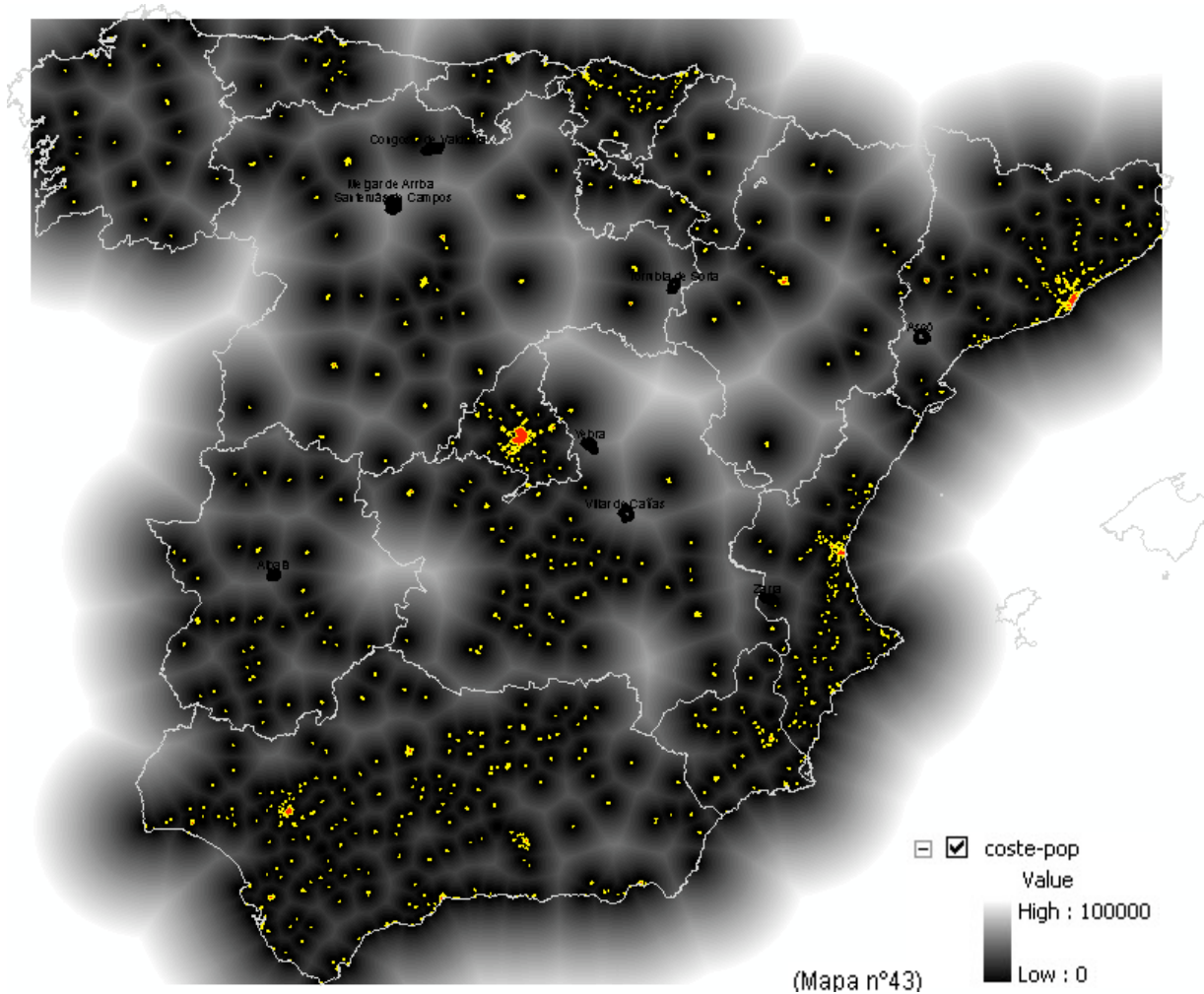
A la hora de determinar la distancia es conveniente fijar la distancia máxima a considerar, a fin de acotar el análisis.

De esta forma la escala que se obtiene en el mapa general abarca desde el valor más próximo a la población (valor cero – 0) y el valor máximo fijado (100 km).



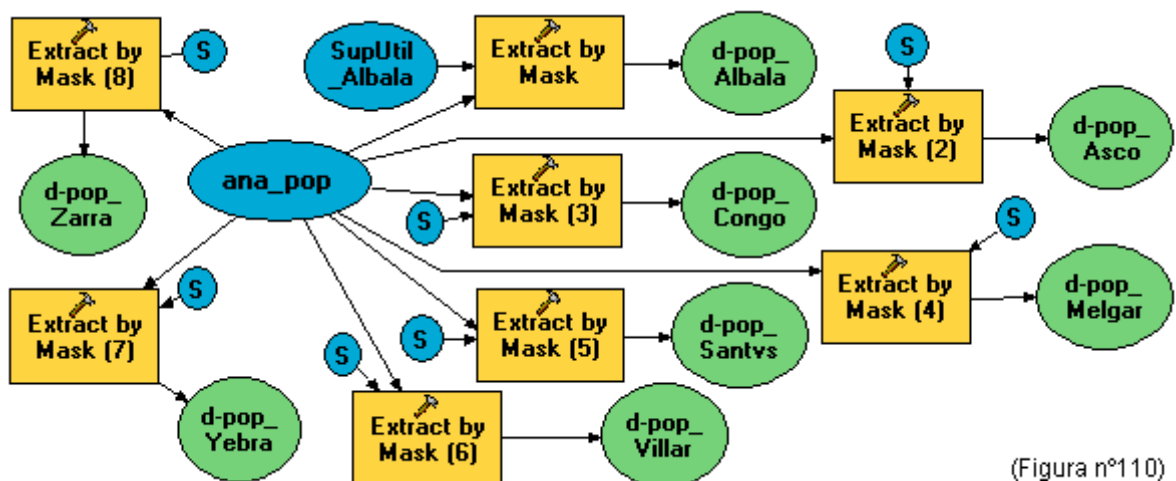
(Figura nº109)

A continuación se representa el mapa de distancias obtenido que indica la distancia a las poblaciones (núcleos urbanos) con una población superior a 5000 habitantes. (Mapa nº43).



Como ya estamos acostumbrados, realizaremos a continuación el proceso de extracción de valores para cada superficie útil de los términos municipales candidatos.

El modelo que se sigue es el de la figura nº110. Obsérvese que ahora la amplitud de valores oscilará en cada caso entre el máximo y mínimo de cada serie, siendo importante tener presente esta circunstancia a la hora de realizar el análisis final de las diferentes variables en estudio.

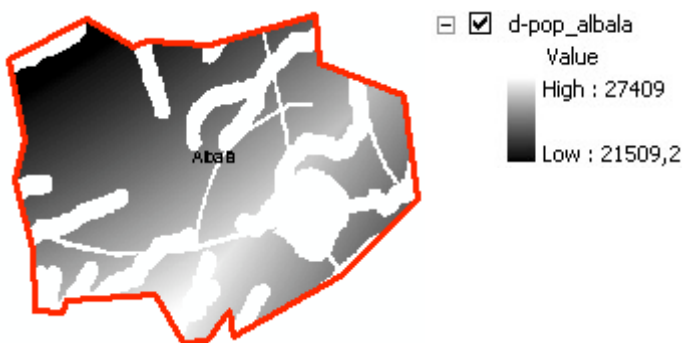


(Figura nº110)

El resultado serán las capas raster que en el diagrama de la figura 110, aparecen simbolizadas en color verde, siendo cada una de ellas las relativas a las superficies útiles de cada término municipal candidato, con superficie superior a las 15 ha.

En los gráficos de a continuación (figuras nº111 a nº117), aparecen los correspondientes mapas de distancia a cascos urbanos, donde los valores están particularizados pixel a pixel, o lo que es lo mismo para cada celda de 25x25 m. Como viene siendo habitual la presentación gráfica se corresponde con una escala de referencia 1/150.000.

ALBALA



(Figura nº 111). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Albalá.

ASCO



(Figura nº 112). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Ascó.

CONGOSTO DE VALDAVIA



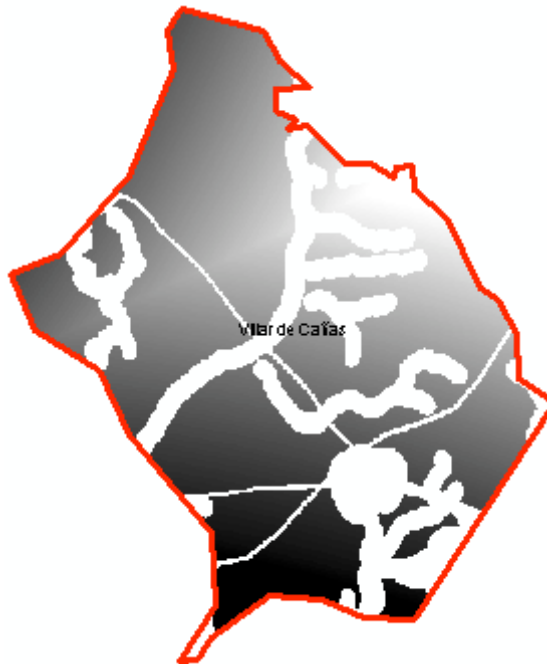
(Figura nº 113). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Congosto de Valdavia.

MELGAR DE ARRIBA – SANTERVAS DE CAMPOS

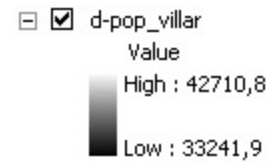


(Figura nº 114). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Melgar de Arriba y Santervás de Campos.

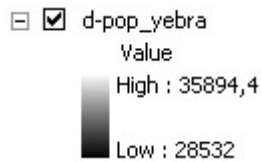
VILLAR DE CAÑAS



(Figura nº 115). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Villar de Cañas.

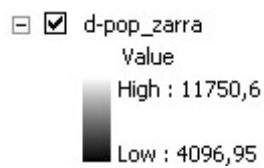


YEBRA



(Figura nº 116). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Yebra.

ZARRA



(Figura nº 117). Cobertura raster por distancia a poblaciones para Zarra.

Demográfica

(Restricción por distribución de la población)

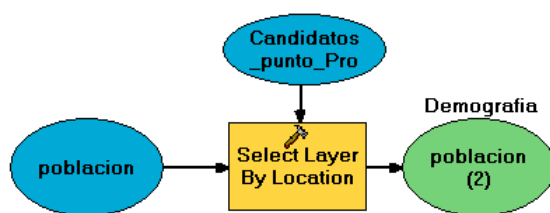
Si analizamos con detalle las diversas comunidades autónomas de la geografía nacional, nos damos cuenta que existen zonas que sin estar especialmente desarrolladas, esto es, no tienen próximas poblaciones superiores a los 5000 habitantes, sin embargo, a la hora de tener en cuenta el volumen de población total en su área de influencia, se verifica un índice demográfico muy elevado.

En lo referente a este tipo de restricción cabe señalar que se ha querido incluir, pese a que en modelo canadiense no la contempla, ya que en España la distribución de la población no es homogénea a lo largo de la geografía peninsular. De ahí que no solo sea necesario tener en cuenta la cercanía a núcleos de población mas o menos grandes, sino que hay que prestar mucha atención a lo despoblado o habitado que está el área de influencia de dicha instalación, y al potencial desarrollo demográfico de la zona.

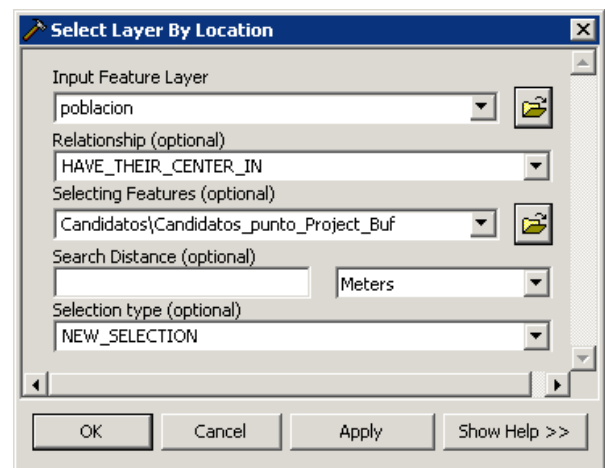
Por ello se considerará cual es el volumen de población presente en un radio máximo de de 80 km, así como el volumen de población infantil y mayor presente en dicha área. El motivo de considerar de forma particular la población infantil y la mayor de 80 años, adolece a que es un indicador que la Potencia antrópica del territorio, a partir de la cual se puede estimar la capacidad de desarrollo y categorizar el impacto que una instalación de estas características supone para el futuro de la región.

Para determinar esta restricción, lo primero será obtener el mapa correspondiente a la densidad de población por km². Para ello se descarga de la web del INE, los datos de distribución de la población por término municipal; señalar que desde la web del INE son accesibles datos concretos a dicha distribución por grupos de edad, por lo que el análisis se podría particularizar todo lo que se deseara. En nuestro caso, no se realiza distinción por la edad de la población, aunque se descargan y obtienen los datos correspondientes a población infantil (menores de 10 años) y a la mayor de 80 años, los cuales se toman de referencia para la determinación de la potencia demográfica y del índice final a considerar.

En siguiente gráfico se recoge el diagrama de flujo realizado para la obtención del mapa de distribución de la población (figura nº118).

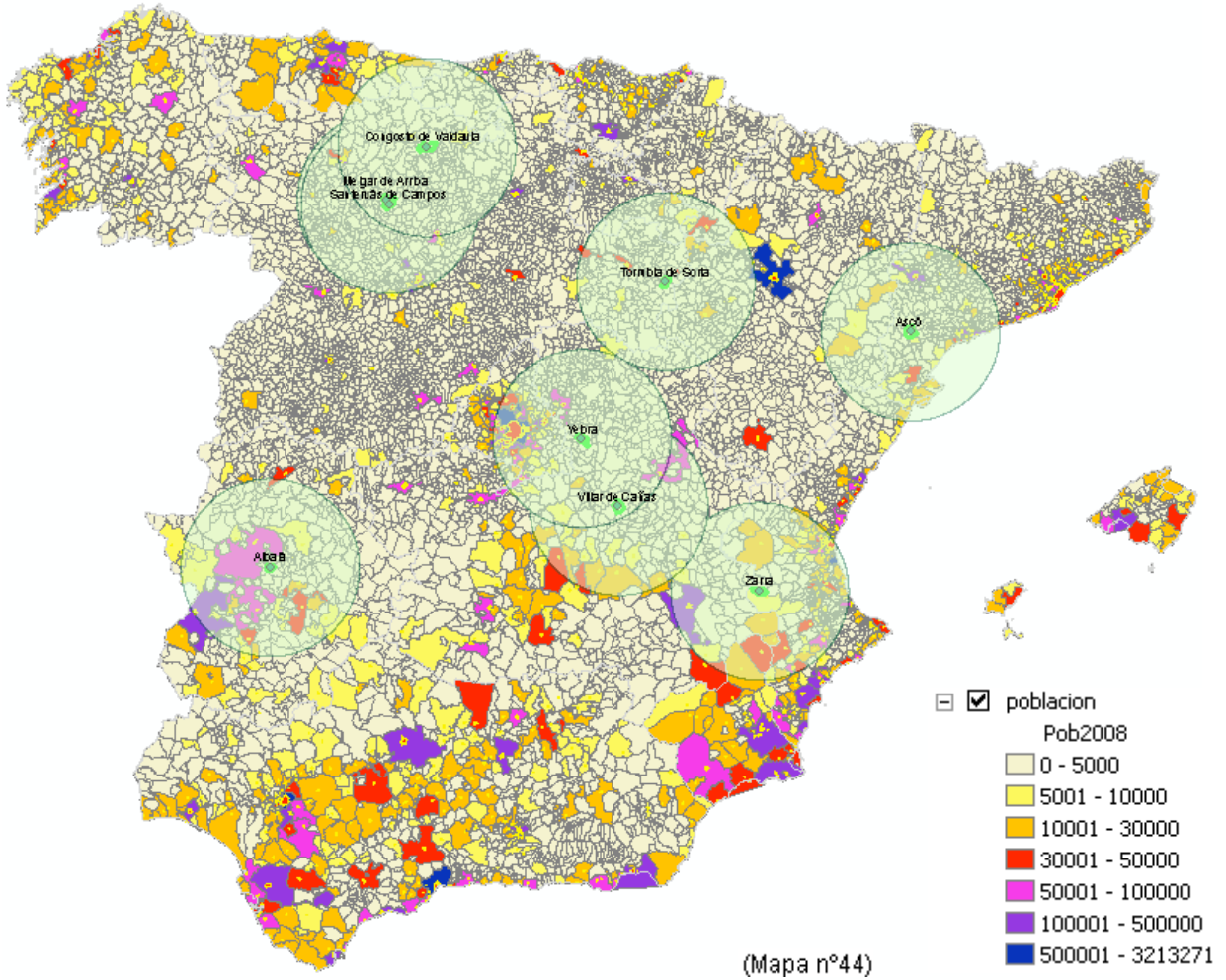


(Figura nº118)

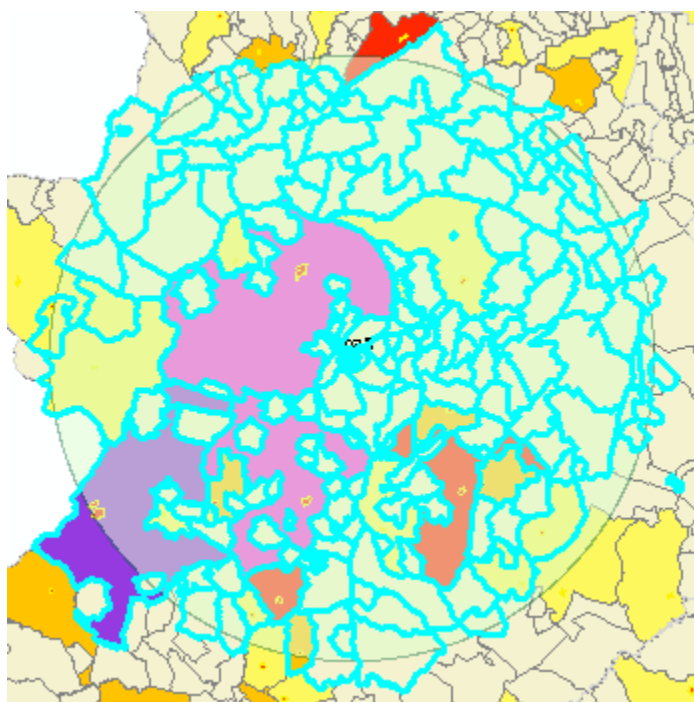


(Figura nº119)

Mediante la herramienta de selección de entidades por localización (figura nº119), se determina para cada término municipal la población total, así como la infantil y la mayor de 80 años. Primeramente se han extraído los términos municipales que pudieran resultar afectados por una contaminación, esto es, aplicando un buffer de 80 km. De esta forma para cada municipio candidato, se obtendrá el valor correspondiente a la población de aquellos términos cuyo centroide se encuentra incluido en el radio de influencia de 80 Km. (Mapa nº44).



El proceso que se seguirá para la determinación de esta variable se basa en un análisis vectorial, por lo que básicamente se realizarán selecciones y consultas en la Base de Datos de Poblaciones, de donde se extraerán los valores correspondientes a la población.



Agrupando estos conforme al radio de afección definido, obtenemos el valor correspondiente al volumen de población total que puede verse afectada por un escape radioactivo en un radio de 80 Km., por lo que resulta inmediato determinar la densidad de población correspondiente en cada caso.

Obsérvese en la figura adjunta el proceso seguido en Albalá el cual se repite para los restantes municipios candidatos (figura nº120).

Seleccionadas las entidades que cumplen la consulta espacial (tabla nº14), se realizan la consulta correspondiente a su población por grupos de edad, así como a la total.

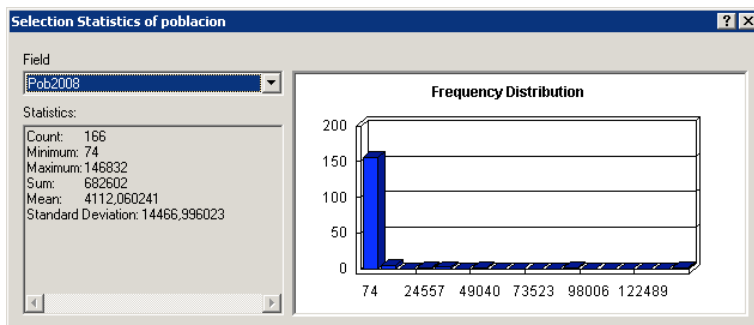
Agrupando valores, obtendremos la información de las diferentes tablas seleccionadas, de donde se obtendrá el dato correspondiente a la población en cada caso.

Conforme se ha establecido en los párrafos anteriores, procederemos a determinar la población afectada para cada término candidato, con su estadística de población por municipios incluidos en el área de afección establecida (figuras nº121 a nº128).

FI	S	AREA ID	N	POLYGON NM	Pob2008
26	P	20273835	1	BADAJOS	146832
28	P	20274595	1	CÁCERES	92187
27	P	20274141	1	MÉRIDA	55568
27	P	20273982	1	DON BENITO	35334
26	P	20273819	1	ALMENDRALEJO	33177
28	P	20274419	1	VILLANUEVA DE LA SERENA	25576
27	P	20274178	1	MONTUJO	15973
28	P	20274407	1	VILLAFRANCA DE LOS BARROS	13201
29	P	20274928	1	MIJADAS	10241
30	P	20275238	1	TRUJILLO	9860
27	P	20274054	1	GUAREÑA	7365
28	P	20274539	1	ARROYO DE LA LUZ	6461
27	P	20273907	1	CALAMONTE	6155
28	P	20274313	1	SAN VICENTE DE ALCÁNTARA	5822
26	P	20273794	1	ALBURQUERQUE	5783
27	P	20274253	1	PUEBLA DE LA CALZADA	5772
26	P	20273782	1	ACEUCHAL	5657
27	P	20273916	1	CAMPANARIO	5429
28	P	20274338	1	TALAYERA LA REAL	5348
27	P	20274271	1	QUINTANA DE LA SERENA	5113
28	P	20274655	1	CASAR DE CÁCERES	4894
27	P	20274191	1	NAVAVILLAR DE PELA	4826
29	P	20274903	1	MALPARTIDA DE PLASENCIA	4555
29	P	20274900	1	MALPARTIDA DE CÁCERES	4461
27	P	20274304	1	SANTA AMALIA	4399
28	P	20274307	1	SANTA MARTA	4287
26	P	20273824	1	ARROYO DE SAN SERVÁN	4283
27	P	20274089	1	HORNACHOS	3867
28	P	20274466	1	ZARZA DE ALANGE	3568
27	P	20274283	1	RIBERA DEL FRESNO	3432
30	P	20275218	1	TORREJONCILLO	3322

(Tabla nº14)

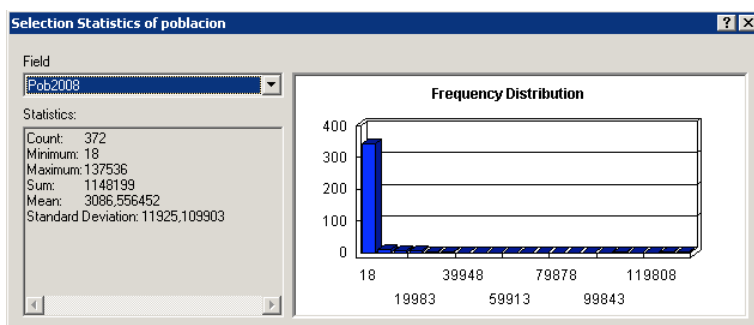
ALBALÁ



(Figura nº 121). Estadística de distribución de población para Albalá.

Total de Población → 682.602
 Población Infantil (10) → 57.971
 Población mayor (80) → 20.651
 Población mas poblada: Badajoz

ASCÓ

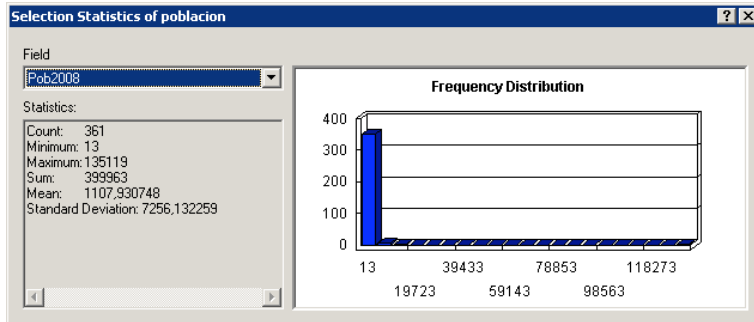


(Figura nº 122). Estadística de distribución de población para Ascó.

Total de Población → 1.148.199
 Población Infantil (10) → 79.525
 Población mayor (80) → 43.198
 Población mas poblada: Tarragona

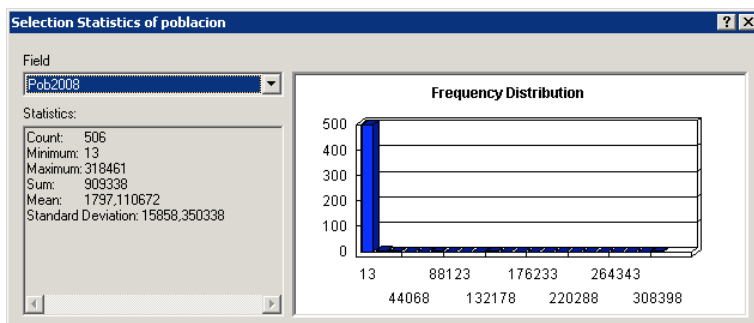
CONGOSTO DE VALDAVIA

(Figura nº1 23)



Total de Población → 399.963
 Población Infantil (10) → 23.580
 Población mayor (80) → 24.447
 Población mas poblada: León

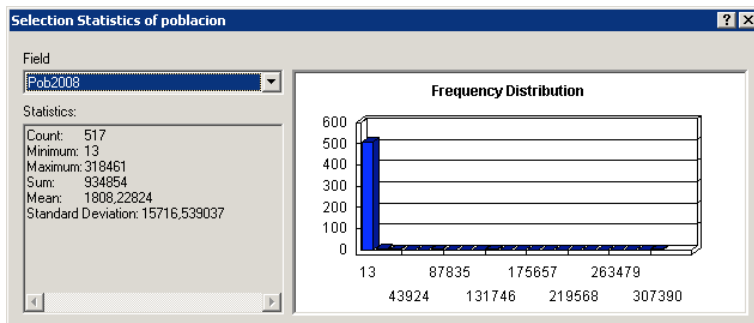
MELGAR DE ARRIBA



Total de Población → 909.338
 Población Infantil (10) → 60.329
 Población mayor (80) → 42.835
 Población mas poblada: Valladolid

(Figura nº1 24)

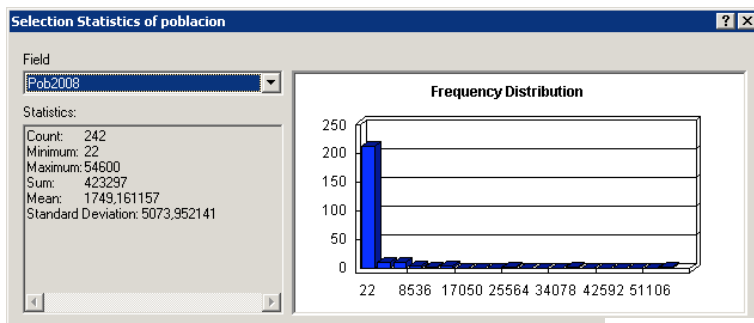
SANTERVAS DE CAMPOS



Total de Población → 934.854
 Población Infantil (10) → 62.146
 Población mayor (80) → 42.755
 Población mas poblada: Valladolid

(Figura nº1 25)

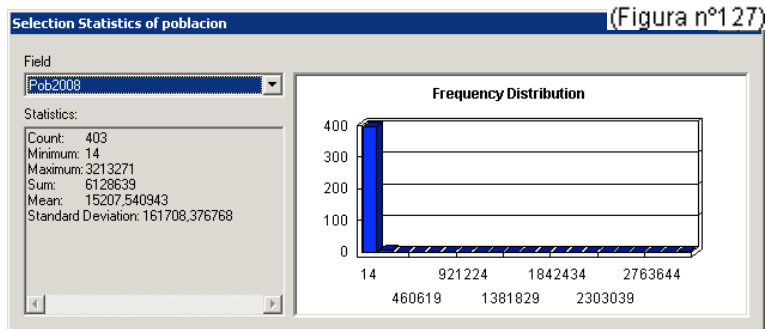
VILLAR DE CAÑAS



Total de Población → 423.297
 Población Infantil (10) → 32.162
 Población mayor (80) → 17.718
 Población mas poblada: Cuenca

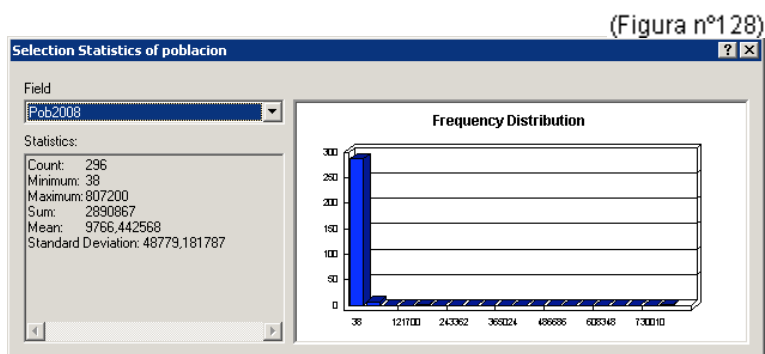
(Figura nº1 26)

YEBRA



Total de Población → 6.128.639
 Población Infantil (10) → 488.991
 Población mayor (80) → 181.068
 Población mas poblada: Madrid

ZARRA



Total de Población → 2.890.867
 Población Infantil (10) → 235.412
 Población mayor (80) → 87.490
 Población mas poblada: Valencia

A diferencia de las restantes variables en estudio, la demográfica no tiene una distribución espacial continua, esto es, el valor que se determina para cada término municipal candidato corresponde por igual a todas las parcelas de dicho término, con independencia de su localización geográfica, por ello no es necesario componer una capa raster para cada uno, ya que nos bastará con tener presente a la hora de realizar el proceso de análisis conjunto, el valor correspondiente por la variable demográfica determinada en este apartado.

Lo que si resulta importante es fijar el valor demográfico correspondiente, ya que de toda la información disponible, hay que extraer aquella que para nuestro estudio aporta una especial significación. En los cuadros estadísticos realizados se ha querido señalar la distribución por edades de riesgo en cada caso, centrandó la atención además de en la población total en la infantil y en la de mayores de 80 años. De esta forma se puede determinar un índice relativo al potencial demográfico de la zona, y compararlo con el volumen total de habitantes de dicha área, para así componer el índice a aplicar como restricción demográfica.

Veamos en el siguiente cuadro el proceso de determinación de dicho índice (tabla nº15).

(Tabla nº15)	Total Pobl	Pob < 10	Pob > 80	i(1)	i(pot)	i(pop)	i(dem)
CONGOSTO	399.963	23.580	24.447	0,965	0,357	0,062	0,022
VILLAR DE CAÑAS	423.297	32.162	17.718	1,815	0,672	0,065	0,044
MELGAR DE ARRIBA	909.338	60.329	42.835	1,408	0,522	0,140	0,073
SANTERVAS DE VALDAVIA	934.854	62.146	42.755	1,454	0,538	0,144	0,077
ALBALÁ	682.602	57.971	20.651	2,807	1,040	0,105	0,109
ASCÓ	1.148.199	79.525	43.198	1,841	0,682	0,177	0,120
ZARRA	2.890.867	235.412	87.490	2,691	0,997	0,445	0,443
YEBRA	6.128.639	488.991	181.068	2,701	1,000	0,943	0,943

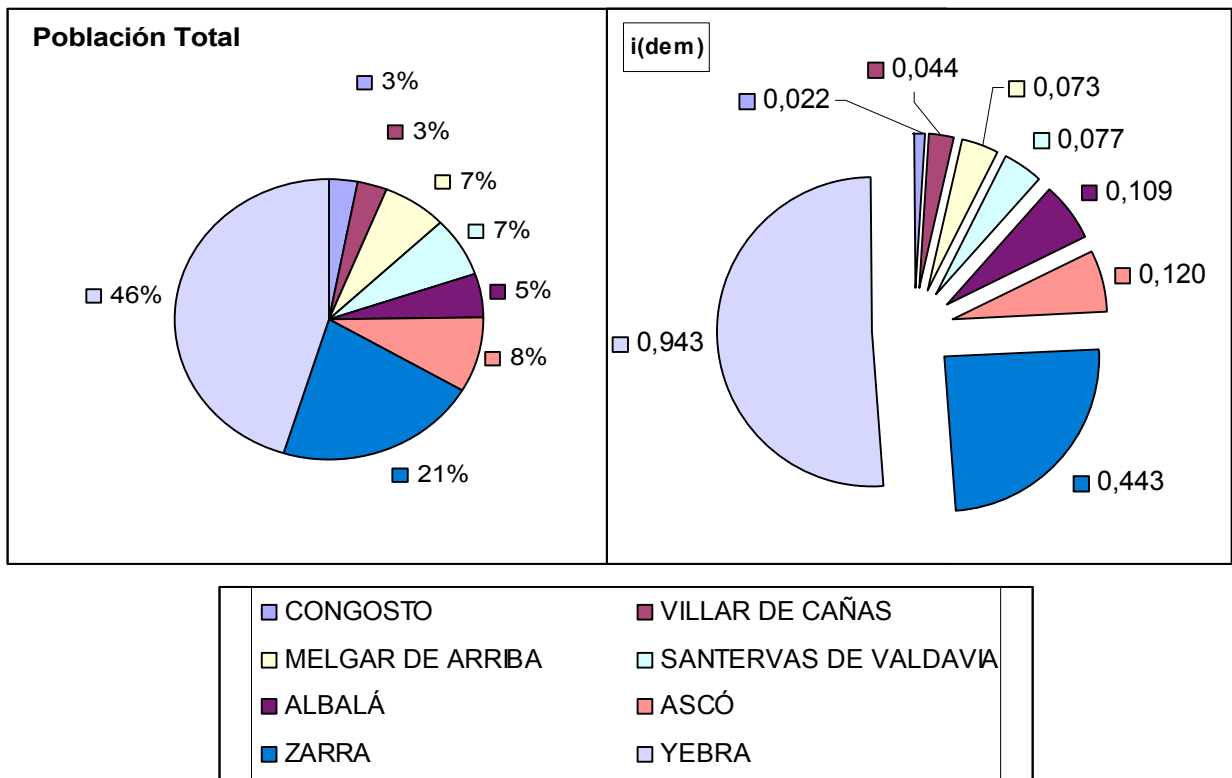
Donde el índice $i(\text{pop})$, representa el valor estandarizado de población (población total). Su valor se obtiene dividiendo cada uno de los correspondientes a la Población Total por el valor máximo de la serie (en nuestro caso se ha tomado el de 6.500.000).

El índice $i(1)$, indica la potencia de la población en dicha área. Se calcula dividiendo el valor correspondiente a la población infantil entre el relativo a la población mayor de 80 años, obteniendo de esta forma un indicador claro de como evolucionará la población en los próximos años. Es importante aclarar que se ha querido tener en cuenta este factor, ya que el emplazamiento del ATC, representa una apuesta de futuro y que su ubicación debe considerarse no solo desde la perspectiva social actual, sino que hay que tener presente la tendencia futura y el potencial desarrollo del territorio de su afección.

El índice $i(\text{pot})$, no es otro que el $i(1)$ linealizado, a fin de que los valores del $i(1)$ tengan una amplitud máxima de la unidad. Esto se realiza a fin de que el índice finalmente obtenido este debidamente estandarizado.

Finalmente el índice que aplicaremos en nuestro estudio es el denominado índice demográfico $i(\text{dem})$, el cual no es mas que el $i(\text{pop})$ particularizado en función del $i(\text{pot})$, su valor es el resultado de la multiplicación de los dos anteriores y al igual que el índice de población, este nos indica la mayor o menor densidad de población, pero teniendo en cuenta la potencia demográfica de la zona.

En realidad si nos fijamos con atención en la tabla nº15, veremos que no existen importantes diferencias entre el índice demográfico y el índice de población, minorándose este último en todos los casos salvo en el término de Albalá, donde el índice demográfico es mayor que el de población. Este aspecto, es el que se ha querido tener especialmente en cuenta con este índice, ya que podemos comprobar como debido a la mayor proporción de población infantil respecto de la mayor de 80 años, Albalá tiene un índice superior del que le correspondería si solo tuviéramos en cuenta la población total, adoptando de esta forma un valor superior al de Melgar de Arriba y Santervás de campos, aún teniendo una población de casi una cuarta parte por debajo de estos.

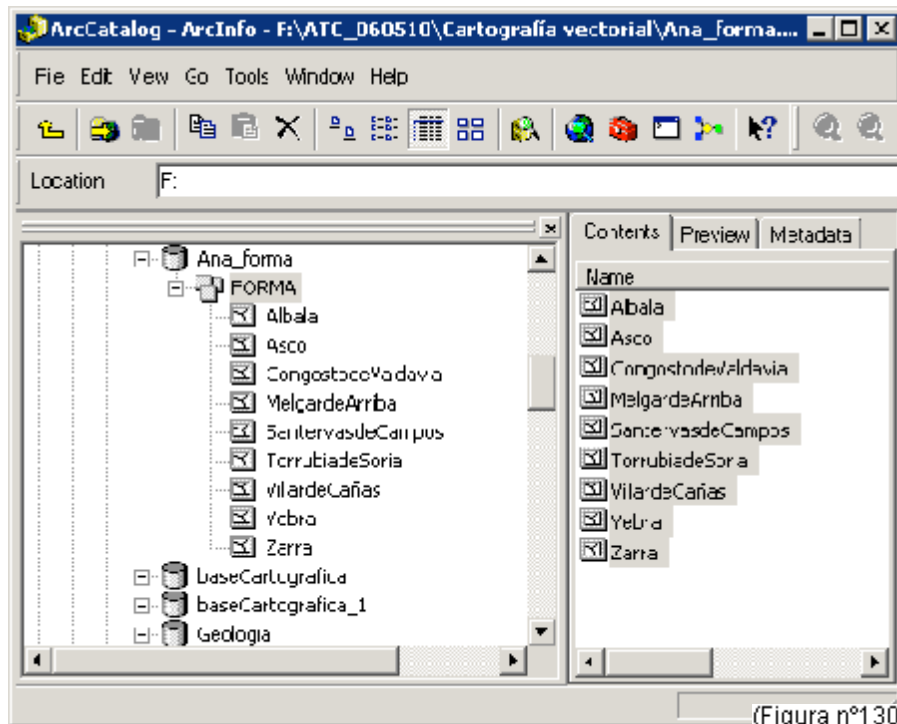


(Figura nº 129. Gráficos de distribución de población)

Restricción por tamaño y forma.

En los planos correspondientes a superficies útiles en cada término municipal, no aparecían excluidas aquellas que no llegaban a ocupar la superficie mínima de 15 Ha., entendiéndose en estas 15 Ha. las 13 correspondientes al ATC, y las 2 mínimas necesarias para el centro tecnológico asociado. Con todo resulta obvio que aún resultando aptas las parcelas designadas, será necesario categorizar cada una de ellas conforme a la forma y tamaño que presenten, ya que serán mejores aquellas en tanto sea mayor su superficie y presenten una forma lo mas regular posible a fin de facilitar la construcción de las instalaciones necesarias y posibilitar desarrollos futuros.

Para la determinación del tamaño no será necesario realizar más que una categorización de las parcelas, mientras que para el análisis de forma se propone la siguiente metodología.



Primeramente se copian las entidades correspondientes a parcelas útiles en una nueva geodatabase (figura nº129), sobre la que se crearán unos nuevos campos a fin de almacenar las variables necesarias para estos análisis.

Ahora sobre cada término candidato, abriremos su tabla de atributos (tabla nº16) y generaremos los siguientes nuevos campos, el primero que se llamará perímetro _ Max para almacenar el valor del perímetro de la circunferencia correspondiente al área que engloba dicha parcela, el segundo "Ratio_FORMA" que relaciona el perímetro real con el calculado. De igual manera se creará un nuevo campo para almacenar la relación de tamaño de cada parcela respecto de las demás → "Ratio_TAMAÑO" y por ultimo se creará un campo llamado "RATIO" que almacenará el valor final que tendrá cada parcela en función del análisis de tamaño y forma que a continuación se detalla.

OB	SH	NOMBR	SHAPE Length	SHAPE Area
1	Pol	<Null>	29300,812543	13791818,245861
2	Pol	<Null>	3002,294174	337220,981442
3	Pol	<Null>	2314,348994	160502,727665
4	Pol	<Null>	7167,540225	1951152,680436
5	Pol	<Null>	4809,999693	1082945,913598
6	Pol	<Null>	5852,304745	1056559,835513
7	Pol	<Null>	905,128667	29809,209522
8	Pol	<Null>	4772,314697	708337,199297
9	Pol	<Null>	16889,11584	3832832,963799
10	Pol	<Null>	7057,705067	2300362,465078
11	Pol	<Null>	7295,959965	965439,856693
12	Pol	<Null>	831,490654	24533,126441

(Tabla nº16)

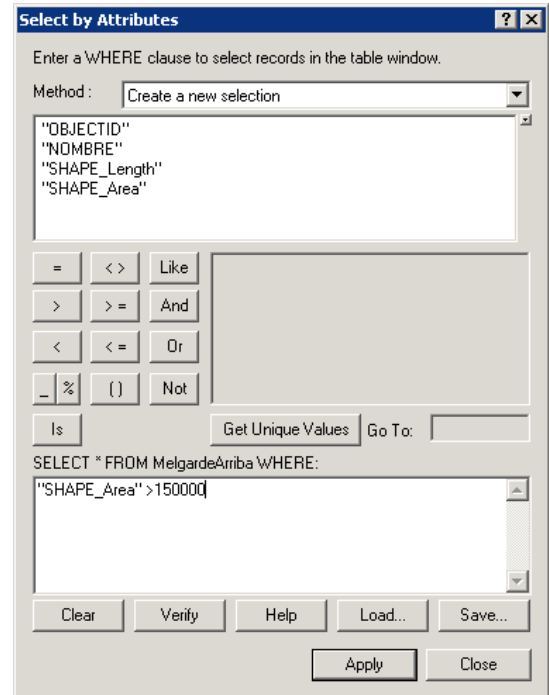
Determinadas las áreas que cumplen los criterios de exclusión establecidos, se observa que el tamaño resultante de algunas de las parcelas es insuficiente para el emplazamiento de las instalaciones requeridas. Por ello y con independencia de la idoneidad futura que cada una pueda presentar, se realizará una selección de aquellas que tienen disponible una superficie superior a las 15 ha. mínimas necesarias para la instalación del ATC y su centro tecnológico asociado.

El proceso de selección se lleva a cabo sobre la geodatabase definida conforme a la siguiente consulta sobre el campo de "shape área" (figura nº131).

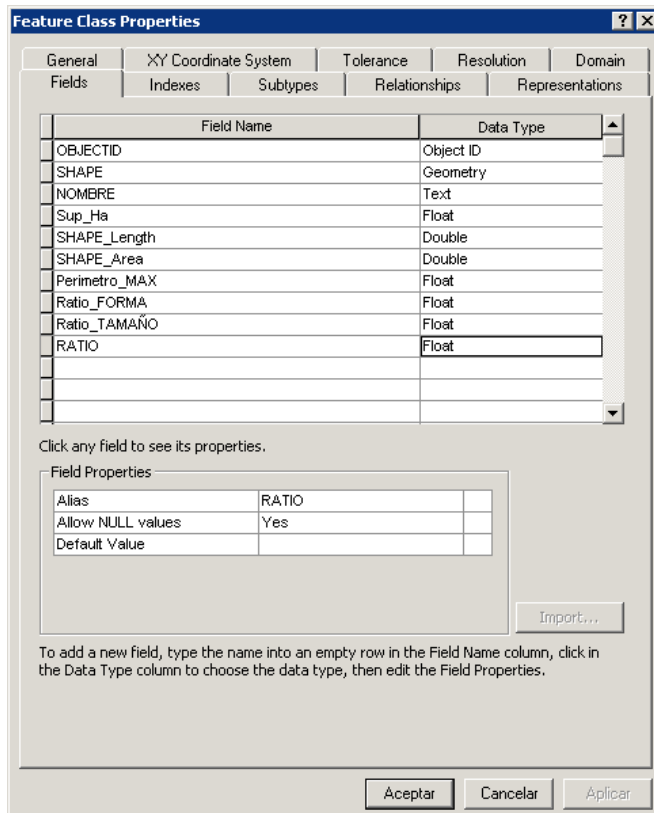
Al mismo tiempo se procede a cargar en el atributo "Nombre" el del término municipal correspondiente (tabla nº17).

OBJ	SHAPE *	NOMBRE *	SHAPE Length	SHAPE Area
10	Polygon	Zarra	20678,593182	5830767,467052
14	Polygon	Zarra	8413,453221	1249716,120847
11	Polygon	Zarra	4948,552113	664183,806426
7	Polygon	Zarra	3437,873138	337248,941441
12	Polygon	Zarra	2114,511916	171430,221602

(Tabla nº17)



(Figura nº131)



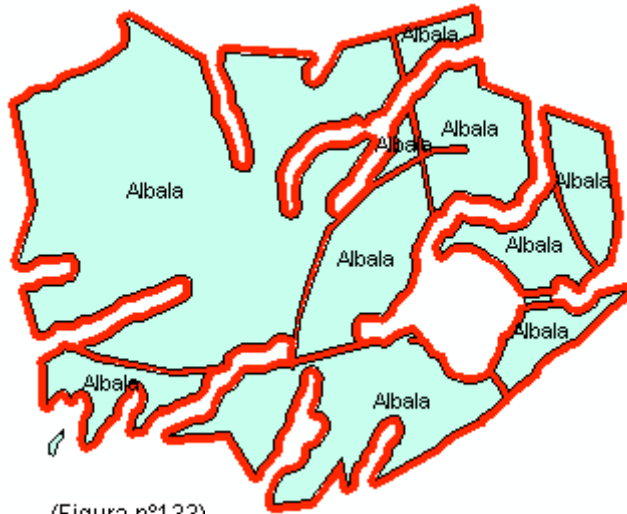
(Figura nº132)

Una vez cargado el atributo de nombre y seleccionadas las áreas con la mínima superficie exigible, se procede a cargar en una única tabla de entidad, las de cada uno de los términos municipales candidatos, lo cual posibilitará la estandarización de las variables y la inclusión de estas en el análisis global.

Para ello será necesario definir nuevos campos, cuyos valores, llamados ratios de tamaño y forma, tomarán los valores correspondientes a dichas variables, conforme a las funciones que en cada caso se definen en el presente proyecto (figura nº132).

Y así sucesivamente para los restantes términos municipales.

En los gráficos que se adjuntan se aprecia el resultado de aplicar la selección de tamaño en cada término candidato, (figuras de la nº133 a la nº139).



(Figura nº133)

Todos los gráficos se presentan a escala 1/100.000

Obsérvese la exclusión de las áreas más pequeñas, así como la discontinuidad en la forma, la cual será objeto de análisis posterior.



(Figura nº134)



(Figura nº135)

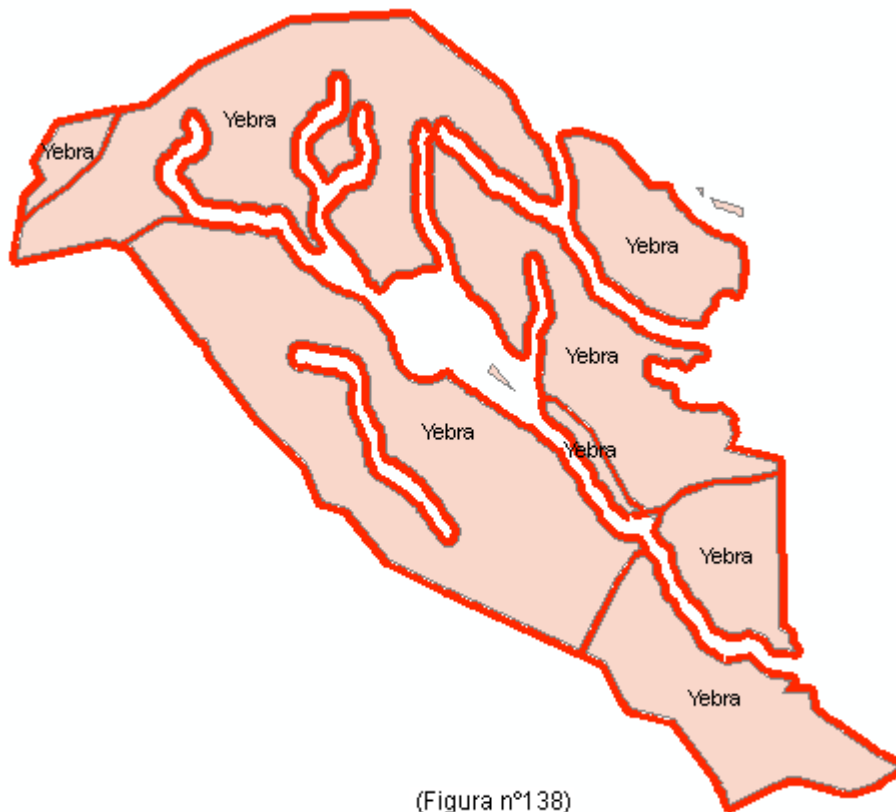


(Figura nº136)

La puesta en escala facilita la percepción de la idoneidad de cada parcela, si bien en pasos posteriores se categorizará cada una de acuerdo a la metodología establecida.



(Figura nº137)



(Figura nº138)

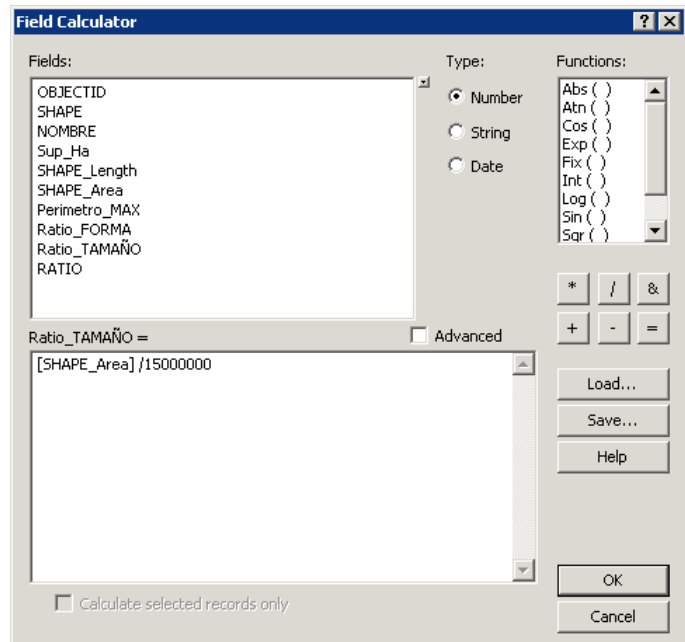
Las áreas seleccionadas por tamaño se corresponden con las marcadas en rojo, quedando el resto excluidas por no alcanzar la superficie mínima de 15 Ha.



(Figura nº139)

Recuérdese que el término de Torrubia de Soria, queda excluido por NO satisfacer los criterios de exclusión fijados, por lo que se considera que dicho término no dispone de suelo apto para la ubicación del ATC.

Para poder evaluar el parámetro de tamaño, será necesario estandarizar la variable, para ello en la nueva variable creada "Ratio_TAMAÑO" dividiremos el valor correspondiente a la superficie de cada parcela por el máximo esperado de la serie completa, conforme se especifica en la figura nº140.

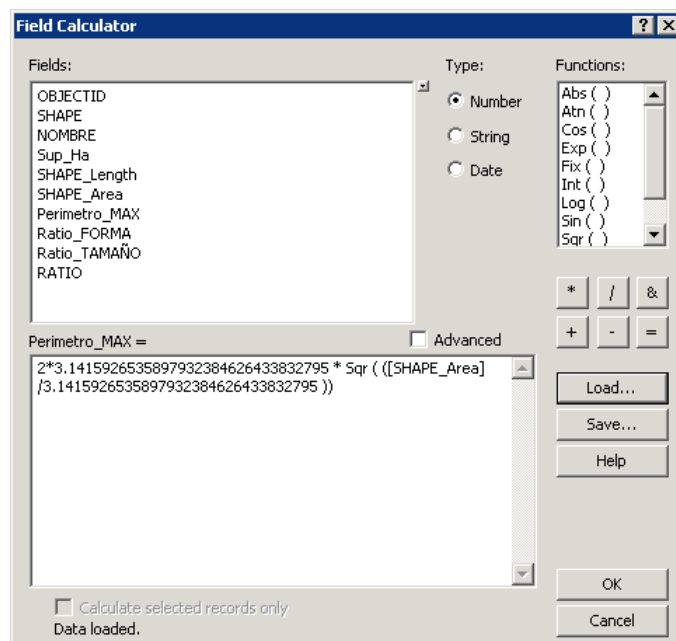


(Figura nº140)

Obviamente cuanto mayor sea el valor del Ratio_TAMAÑO, mas favorable resultará la parcela para nuestro Proyecto, pues posibilitará desarrollos futuros.

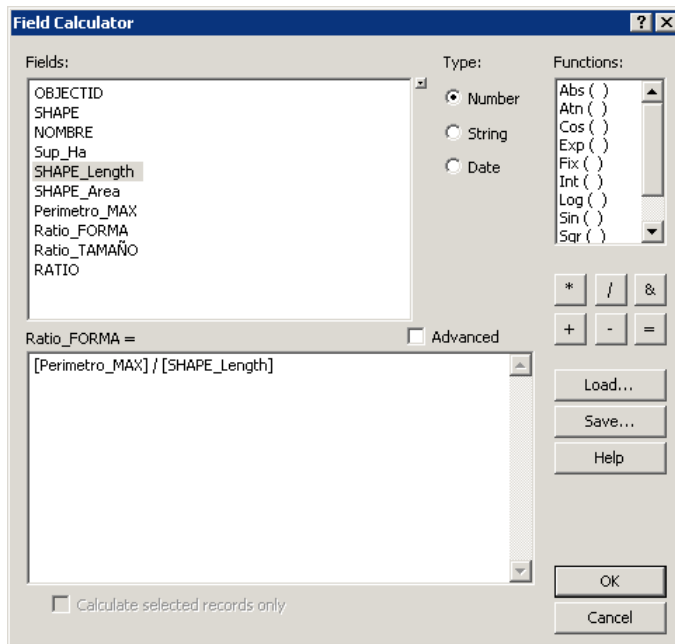
En lo que al análisis de forma se refiere será necesario en primera instancia determinar la forma de cada una de las parcelas. Para esto se propone la siguiente metodología:

Como es sabido la figura geométrica que encierra la mayor superficie con la mínima cuerda es la circunferencia, por ello si somos capaces de establecer la razón matemática entre el perímetro que presenta cada parcela, respecto del relativo a una circunferencia cuya área se correspondiera con la de la parcela considerada, tendríamos resuelto el problema de discriminar la forma de las diversas parcelas.



(Figura nº141)

En el gráfico de la figura nº141, se observa cual es el valor que toma el campo de "Perímetro_Max", siendo este el correspondiente al perímetro mínimo que albergaría una superficie del tamaño de la considerada.



(Figura nº142)

Finalmente para llevar a cabo la estandarización de la variable, no tendremos mas que dividir el valor real del perímetro de cada parcela, por el teórico esperado “Perímetro_Max”, tal y como se especifica en la figura nº 142.

Al igual que ocurría con el parámetro “Ratio_TAMAÑO”, el “Ratio_FORMA” será mejor cuanto mayor sea este, siendo la parcela mas regular cuanto mas próximo este su valor a la unidad.

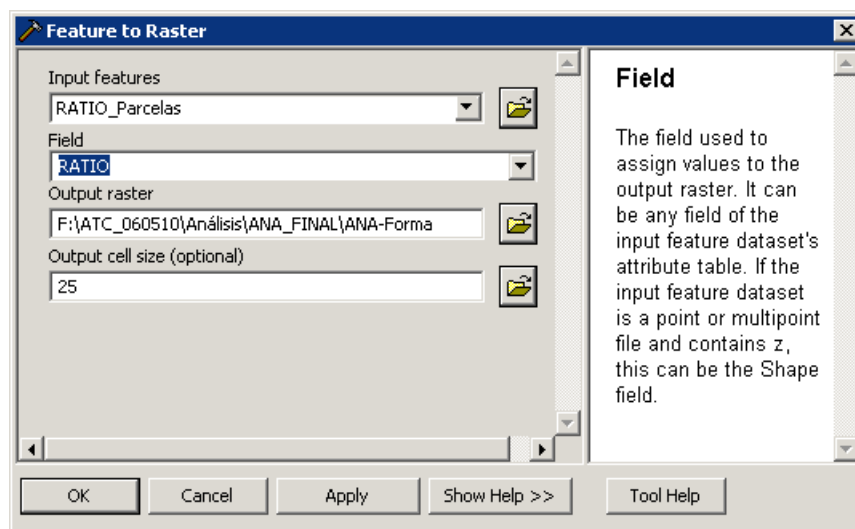
Por último y de cara a obtener la categorización final del análisis de forma y tamaño de cada parcela, se calculará el campo correspondiente al ratio final como la suma de aritmética del de forma y del de tamaño.

Obsérvese que el dominio de la variable no puede superar el valor de 2 ni resultar inferior a 0, estando la serie distribuida mayoritariamente en torno a 1, siendo por lógica las parcelas mas favorables cuanto mayor sea el valor del “RATIO”.

En el apartado final de análisis se ponderará la variable conforme al modelo conceptual establecido, para lo que debemos rasterizar las parcelas obtenidas conforme al valor correspondiente al “RATIO” obtenido en el análisis vectorial llevado a cabo en esta etapa, (figuras nº143).

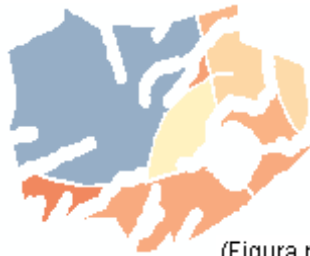


(Figura nº143)



El resultado final será una capa raster con la siguiente distribución de categorías de cada parcela (figuras 145 a 151). Se ha aplicado una escala de color de forma que cuanto más rojo peor resulta la parcela y mejor cuanto más azul. Todos los gráficos se presentan a escala 1/200.000.

Albalá



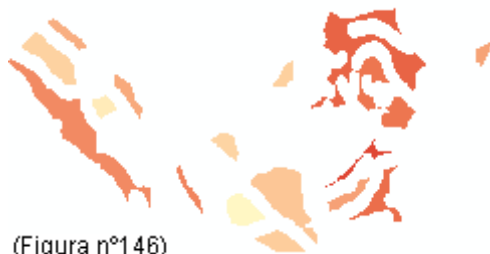
(Figura nº144)

Asco

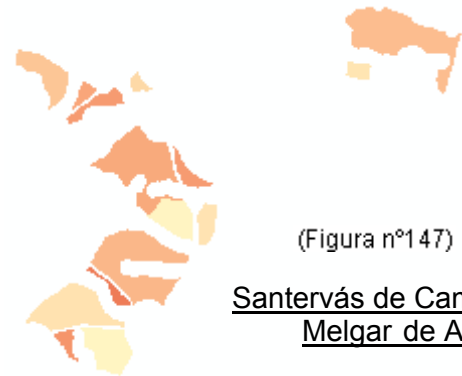


(Figura nº145)

Congosto de Valdivia



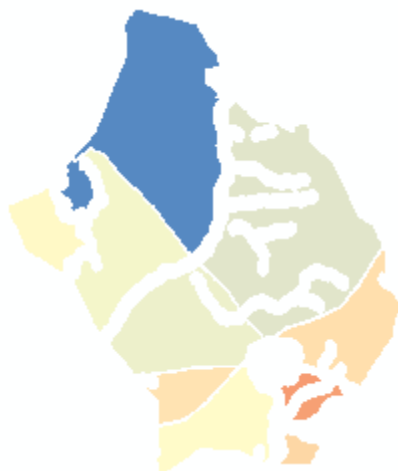
(Figura nº146)



(Figura nº147)

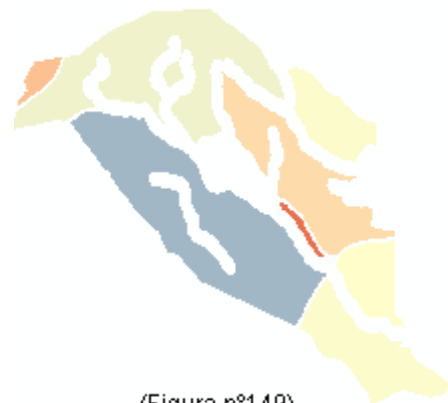
Santervás de Campos
Melgar de Arriba

Villar de Cañas



(Figura nº148)

Yebra

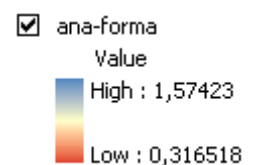


(Figura nº149)

Zarra



(Figura nº150)



EVALUACIÓN Y ANÁLISIS GIS

Análisis de restricciones – Estandarización de variables

Una vez obtenidas las diferentes restricciones, estamos en disposición de iniciar el análisis de idoneidad de cada parcela. Para ello será necesario ordenar convenientemente las coberturas obtenidas, para lo cual, montaremos un nuevo documento de mapa en el que se establecerá un GroupLayer por cada término municipal, sobre el que se cargarán las ocho coberturas objeto de consideración.

En este apartado es importante tener claro que se van a conjugar diversos tipos de variables, que en nuestro caso se corresponden con las siguientes:

- Pendiente → variable a considerar grados sexagesimales. Tipo cuantitativa continua.
- Hidrografía → variable a considerar distancia en metros. Tipo cuantitativa continua.
- Geología → variable a considerar categoría adimensional. Categórica ordinal.
- Ferrocarril → variable a considerar distancia en metros. Tipo cuantitativa continua.
- Carreteras → variable a considerar distancia en metros. Tipo cuantitativa continua.
- Poblaciones → variable a considerar distancia en metros. Tipo cuantitativa continua.
- Demografía → variable a considerar número de habitantes. Tipo cuantitativa discreta.
- Tamaño y forma → variable a considerar índice adimensional. Tipo cuantitativa discreta.

El criterio seguido para la determinación de los intervalos y recorridos en cada variable, se fijan conforme a la metodología recogida por Laura Xinglai Huang, Grant Sheng and Lei Wang. *GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site*, (tabla nº18) (véase ANEXO-I), particularizando los valores para la geografía Española.

Para la particularización de valores, ha sido necesario adaptar a nuestro estudio la amplitud de cada variable, ya que el modelo canadiense sugiere el establecimiento de cinco categorías en cada caso, donde la distancia a núcleos urbanos, vías de comunicación, áreas protegidas y cuerpos de agua ha de ser de al menos 20, 20, 20 y 2 km respectivamente, mientras que para el estudio de las pendientes del terreno establecía como valor límite el de 5° sexagesimales, conforme se relaciona en la siguiente tabla:

Table 3 Suitability of each factor

Bedrock type	Average slope (degree)	Parcel size (km ²)	Distance to town center (km)	Distance to water bodies (km)	Distance to roads (km)	Distance to protected area (km)	Suitability
5	< 1	> 8	> 80	> 5	< 20	>50	1
4	1 - 2	6 - 8	60 - 80	4 - 5	20 - 30	40 - 50	0.75
3	2 - 3	4 - 6	40 - 60	3 - 4	30 - 40	30 - 40	0.5
2	3 - 5	2 - 4	20 - 40	2 - 3	40 - 50	20 - 30	0.25
1	> 5	< 2	< 20	< 2	> 50	< 20	0

(Tabla nº18)

Lógicamente, dadas las diferencias geográficas y sociales entre Canadá y España, así como el modelo de Almacén considerado, es necesario introducir un factor de traslación en los valores límites considerados en cada caso, aplicando de esta forma la metodología propuesta en el modelo de referencia, pero particularizada al escenario de nuestro país y las peculiaridades de un ATC.

Por otra parte resulta mucho más preciso no establecer a priori un número determinado de clases, ya que el establecimiento de categorías implica que todas aquellas encuadradas en una, tienen la misma importancia o valor, siendo obvio que si se mantienen los valores continuos de cada variable la precisión final del modelo será mucho mayor.

En el modelo que se propone se establecen intervalos para cada una de las variables correspondientes a las restricciones previamente establecidas, y no marcas de clase como el modelo de referencia determina.

Así pues los intervalos propuestos tienen el siguiente recorrido:

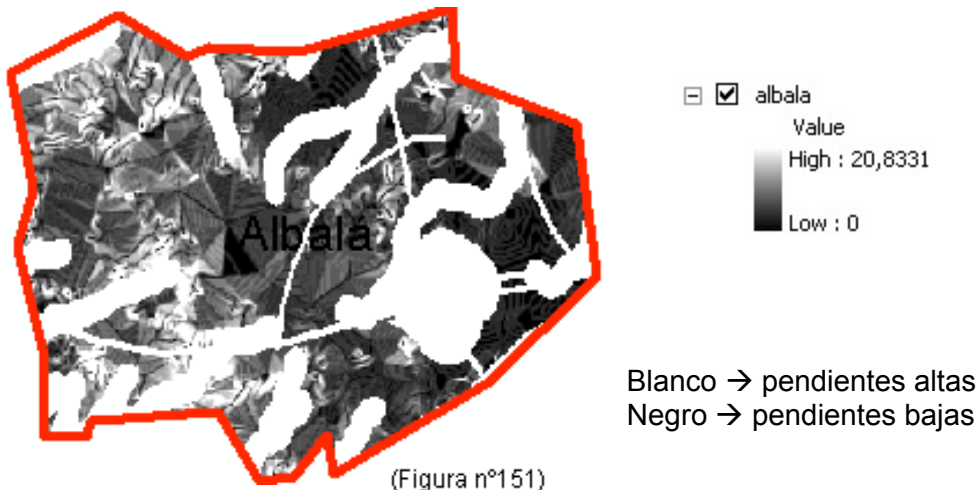
- Para pendientes → entre [0° – 45°] expresada en grados sexagesimales
- Para los cursos de agua → [0 – 7] distancia expresada en kilómetros
- Para Tipo de suelo, caracterización geológica → entre [0 – 5], aunque en la realidad solo se valoran cuatro categorías.
- Para los ferrocarriles → distancias entre [0 – 40] expresadas en kilómetros
- Para carreteras y viales → distancias entre [0 – 40] expresadas en kilómetros
- Para distancias a poblaciones mayores de 5.000 habitantes → distancias entre [0 – 60] expresadas en kilómetros
- Para densidades de población → Valor del índice entre [0 – 1], determinado en función de la densidad de población para un radio de afección de 80 km.
- En función de la forma útil y tamaño de las parcelas resultantes de aplicar los criterios de exclusión → Valor del índice determinado entre [0 – 2]

Una vez hayamos montadas en nuestro GIS las coberturas obtenidas en los procesos anteriores, hay que abordar la estandarización de variables, ya que para poder operar con estas es necesario que estén todas en la misma escala. Esto es, la amplitud de todas ha de ser la misma. Por otra parte como se verá en detalle en los siguientes párrafos, nos encontramos con variables en las que a valores crecientes de la misma se corresponde un mayor peso. Y por el contrario, con otras en las que de forma inversa a mayor valor de la variable, esta presenta un menor peso en el análisis a realizar.

Determinados los índices considerados, se procede a aplicar el análisis raster en cada término candidato. Para el proceso de estandarización y análisis global, utilizaremos las herramientas de Algebra de Mapas que implementa la aplicación ArcMap, las cuales nos permiten combinar diferentes coberturas raster. En nuestro caso estas coberturas se corresponden con las restricciones consideradas y el valor en cada punto viene dado por el de cada celda de 25 x 25 m.

En el proceso que se detalla a continuación se recoge el proceso seguido en el término de Albalá, el cual se repite para los 7 términos municipales restantes con el resultado gráfico que se muestra en las figuras nº151 a nº158.

Pendientes (Topografía)



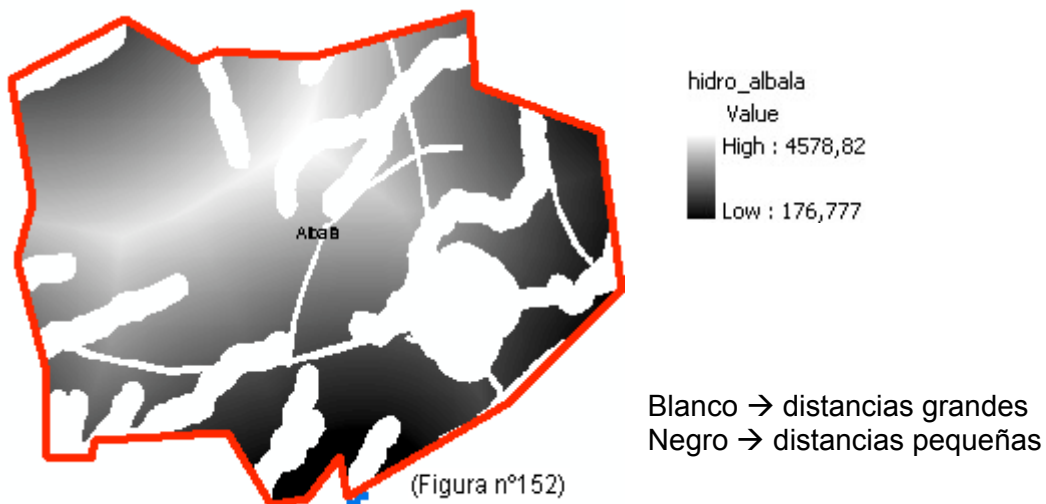
Para nuestro análisis son mejores pendientes bajas que altas. (variable =pendiente). La variable es cuantitativa continua con mayor peso cuanto menor sea el valor de la variable. Valores próximos a cero (0) → mayor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [High - Low]

El intervalo que se toma para esta restricción tiene como valor superior el correspondiente al valor unitario de la tangente, o lo que es lo mismo una pendiente de 45°. Los valores que queden por encima del intervalo fijado de los 45°, presentarán un valor negativo a la hora de aplicar la estandarización, por lo que se realizará una reclasificación de estos a fin de asignarles valor nulo.

Formula de estandarización → $[1 - (\text{pendiente}) / 45^\circ]$

Hidrografía



Para nuestro análisis es mejor tener distancias grandes. (variable=distancia). La variable es cuantitativa continua con mayor peso cuanto mayor sea el valor de la variable. Valores próximos a cero (0) → menor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [Low - High]

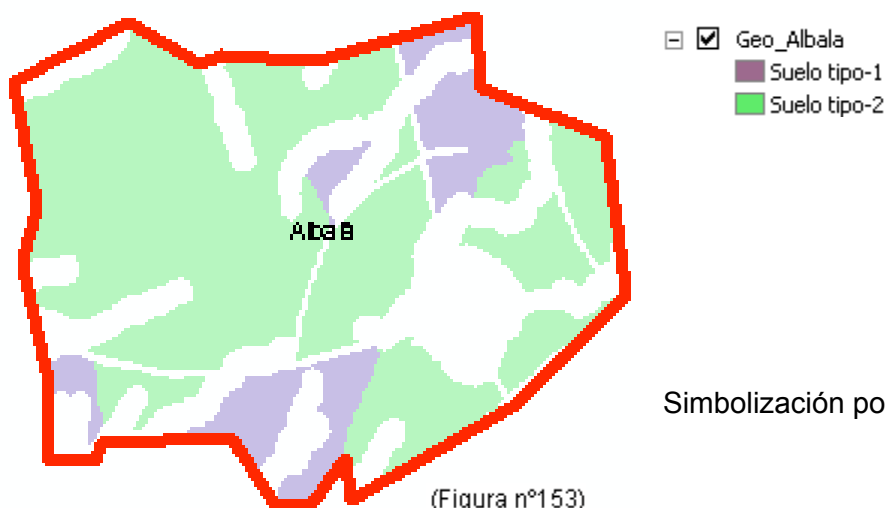
Formula de estandarización → $[(\text{distancia}) / 7000]$

Geología

Aunque la cobertura (raster) geológica se realizó convenientemente en el proceso de restricciones, se presenta un problema a la hora de componer las capas a analizar, que imposibilita la combinación de esta cobertura. Dados los problemas que supone la mala configuración de coberturas, se considera necesario señalar los pasos seguidos en la homogeneización de estas.

Recordando el proceso seguido en la cobertura geológica, se partía de unas capas vectoriales, en cuyas tablas se creó un campo específico Tipo_suelo que almacenaba el tipo de geología que presentaba esa porción de territorio. Una vez analizado el tipo de suelo se generó un campo en la geodatabase para almacenar su correspondiente categoría sísmica. El problema aparecido a la hora de combinar las diferentes coberturas por restricciones ha sido precisamente que independientemente de que se hubieran generado correctamente las coberturas raster relativas al valor del campo categoría sísmica creado, este se estableció como entero corto, lo cual si bien resulta válido para almacenar valores de variables categóricas, no permite a posteriori la combinación de la cobertura raster obtenida a partir de dichos valores con otras coberturas raster que almacenan valores cuantitativos de carácter continuo, como es el caso en el resto de variables que entran en consideración.

La solución pasa pues por generar en la tabla de geología un nuevo campo "float" y reiterar el proceso de asignación de valores y obtención de la cobertura raster, que quedó perfectamente explicado en su apartado correspondiente. Comentar como detalle que dado que en el apartado en el que nos encontramos el proceso a seguir persigue estandarizar las variables se aprovecha para generar esta de forma ya estandarizada al intervalo [0,1], reservando el valor nulo para la categoría de suelos no aptos geológicamente para nuestro emplazamiento, tal y como se detalla en el siguiente párrafo.



Simbolización por categorías (colores)

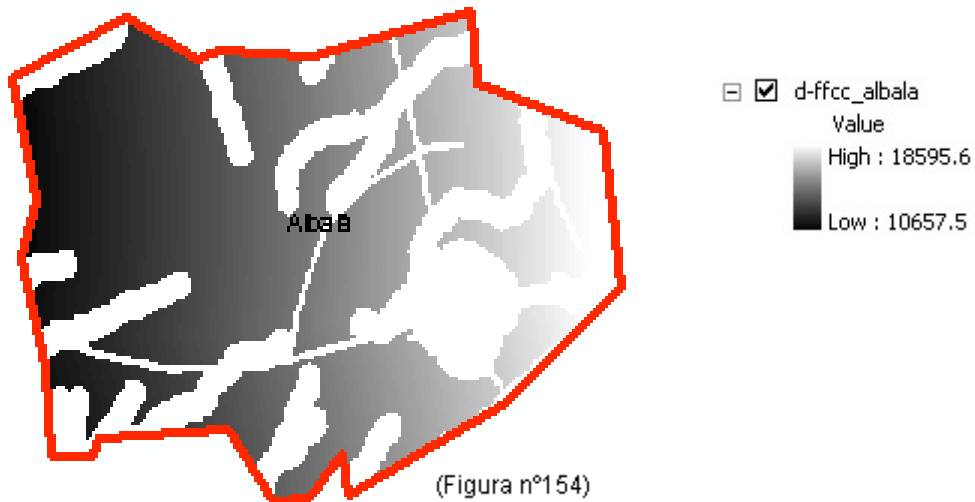
Para nuestro análisis es mejor tener menor valor. (variable=Tipo de terreno). Variable categórica ordinal con mayor peso cuanto menor sea el valor de clase en el que se encuentra el terreno. Valores cuanto menores (0) → mayor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [4 - 1]

Nótese que se reserva el valor cero para el terreno correspondiente a zonas de escorrentía y terrenos con alta propagación de ondas elásticas. Afortunadamente las candidaturas presentadas quedan fuera del mapa de riesgo sísmico, por lo que no se presenta el valor cero en esta restricción.

Formula de estandarización → $[1 - (\text{categoría} - 1) / 4]$

Ferrocarriles

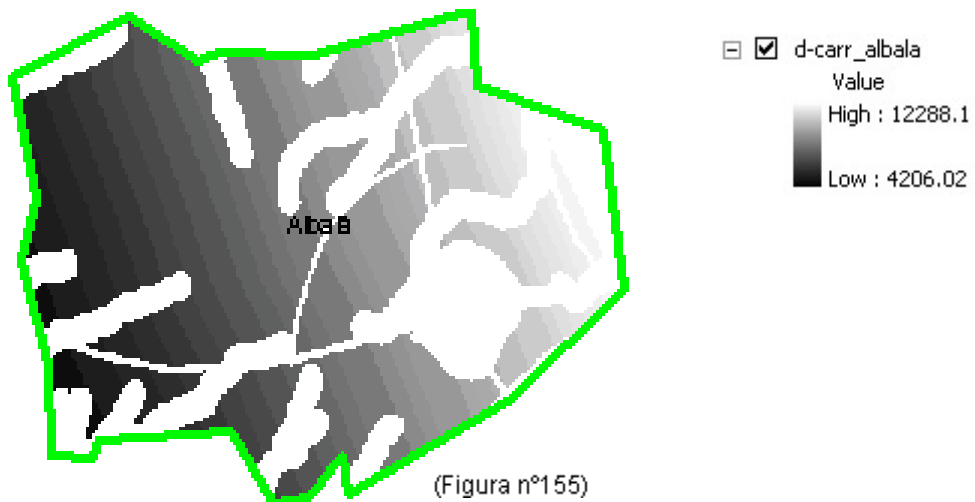


Para nuestro análisis es mejor tener distancias pequeñas. (variable=Distancia). Variable cuantitativa continua con mayor peso cuanto menor sea el valor de la variable distancia. Valores próximos a cero (0) → mayor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [High - Low]

Formula de estandarización → $[1 - (\text{distancia}) / 40000]$

Carreteras

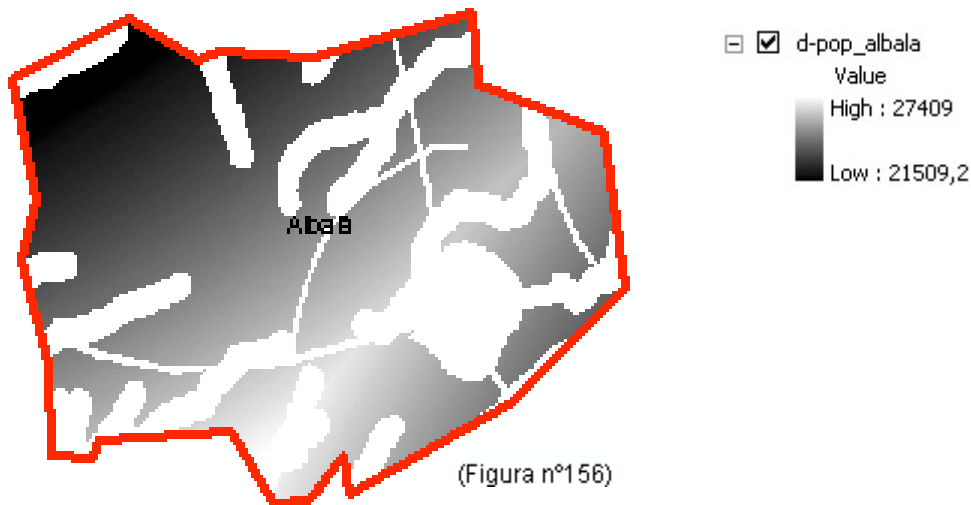


Para nuestro análisis es mejor tener distancias pequeñas. (variable=Distancia). Variable cuantitativa continua con mayor peso cuanto menor sea el valor de la variable distancia. Valores próximos a cero (0) → mayor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [High - Low]

Formula de estandarización → $[1 - (\text{distancia}) / 40000]$

Poblaciones



Para nuestro análisis es mejor tener distancias grandes. (variable=Distancia).

Variable cuantitativa continua con mayor peso cuanto mayor sea el valor de la variable distancia. Valores próximos a cero (0) → menor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [Low-High]

Formula de estandarización → $[(\text{distancia}) / 60000]$

Demografía

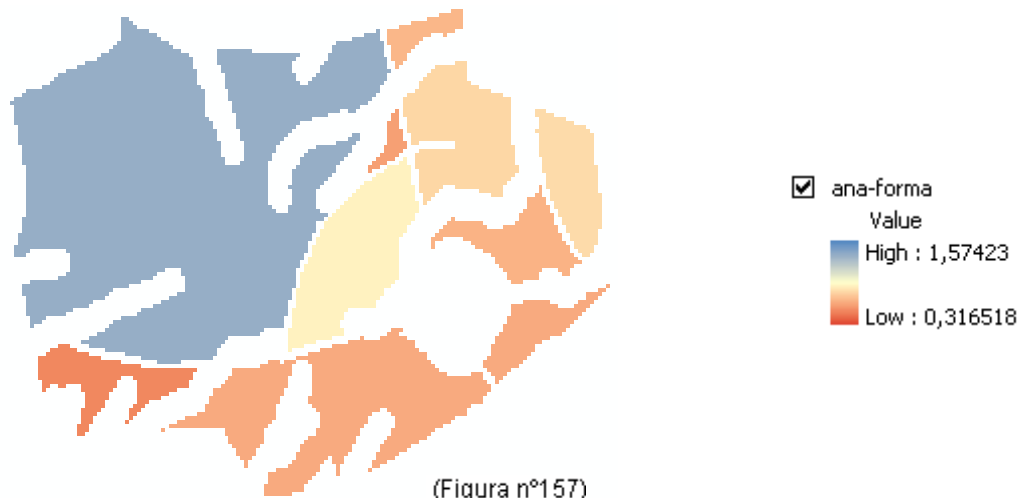
Para nuestro análisis es mejor tener valores pequeños. (variable=habitantes).

Variable cuantitativa discreta con mayor peso cuanto menor sea el valor de la variable habitantes. Valores próximos a cero (0) → mayor peso. Intervalo real [0.943-0.022]

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [High- Low]

Formula de estandarización → $[1 - (\text{índice})]$

Análisis de forma y superficie



Aquí el valor de la variable es único para cada área de superficie útil en cada término municipal.

Para nuestro análisis es mejor tener valores grandes (variable=ana-forma), pues además de disponer de mayor superficie para posibles actuaciones futuras, el perímetro es muy homogéneo, lo cual facilita mucho el desarrollo de las infraestructuras necesarias.

Variable cuantitativa continua con mayor peso cuanto mayor sea el valor de la variable ana-forma. Pesos próximos a cero (0) → menor peso.

Tramo de estandarización de variables a aplicar de (0 – 1) para los valores [Low - High]

Formula de estandarización → [(índice)] / 2

La amplitud considerada para cada restricción, así como la reclasificación y reescalado correspondiente, se realiza mediante una tabla de transformación preparada al efecto (tabla nº19). En ella por cada término municipal, se han reflejado en la parte superior las amplitudes reales de cada variable, mientras que en el cuadro inferior se presentan los valores estandarizados, linealizados en cada caso, consiguiendo con ello no solo homogeneizar la amplitud de los intervalos correspondientes, sino que todos los valores crecientes representan un mayor peso o bondad en el proceso de decisión final.

(Tabla nº19)

TABLA DE ESTANDARIZACIÓN DE VALORES PARA CADA RESTRICCIÓN

	Pendientes		Hidrografía		Geología		Ferrocarriles		Carreteras		Población		Demografía		Ana-forma	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	valor	Max	Min	
ALBALÁ	20,83	0	4578	176	2	1	18596	10657	12288	4206	27409	21509	0,109	1,369	0,542	
ASCÓ	49,02	0	6112	0	4	1	7613	0	12001	1393	40690	33751	0,120	0,919	0,450	
CONGOSTO	29,05	0	2822	103	4	2	14353	7643	33013	21564	22740	11355	0,022	0,935	0,317	
MELGAR DE ARRIBA	10,89	0	2568	125	3	3	11305	7821	11968	7101	52049	47492	0,073	0,930	0,612	
SANTERVAS DE VALDAVIA	14,13	0	3579	103	4	3	13575	202	14333	8330	52022	46677	0,077	0,930	0,513	
VILLAR DE CAÑAS	37,27	0	6055	79	4	1	42338	29678	11248	708	42711	33242	0,044	1,574	0,612	
YEBRA	36,36	0	6875	0	4	2	32793	22762	25028	15369	35894	28532	0,943	1,321	0,467	
ZARRA	28,26	0	2338	90	4	2	24525	18117	9922	1327	11751	4097	0,443	0,803	0,554	
Intervalo	49,02	0	6875	0	4	1	42338	0	33013	708	52049	4097	0,943	0,022	1,574	0,317
Idoneidad →	45	0	7	0	5	1	40	0	40	0	60	0	1	0	2	0,3
	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
	Menor pendiente		Mayor distancia		Menor cat.		Menor distancia		Menor distancia		Mayor distancia		Menor hab.		Mayor valor	
ALBALÁ	0,54	1,00	0,654	0,025	0,75	1,00	0,535	0,734	0,693	0,895	0,457	0,358	0,891	0,685	0,271	
ASCÓ	-0,09	1,00	0,873	0,000	0,25	1,00	0,810	1,000	0,700	0,965	0,678	0,563	0,880	0,460	0,225	
CONGOSTO	0,35	1,00	0,403	0,015	0,25	0,75	0,641	0,809	0,175	0,461	0,379	0,189	0,978	0,468	0,159	
MELGAR DE ARRIBA	0,76	1,00	0,367	0,018	0,50	0,50	0,717	0,804	0,701	0,822	0,867	0,792	0,927	0,465	0,306	
SANTERVAS DE VALDAVIA	0,69	1,00	0,511	0,015	0,25	0,50	0,661	0,995	0,642	0,792	0,867	0,778	0,923	0,465	0,257	
VILLAR DE CAÑAS	0,17	1,00	0,865	0,011	0,25	1,00	-0,058	0,258	0,719	0,982	0,712	0,554	0,956	0,787	0,306	
YEBRA	0,19	1,00	0,982	0,000	0,25	0,75	0,180	0,431	0,374	0,616	0,598	0,476	0,057	0,661	0,234	
ZARRA	0,37	1,00	0,334	0,013	0,25	0,75	0,387	0,547	0,752	0,967	0,196	0,068	0,557	0,402	0,277	
Intervalo	0,00	1,00	0,982	0,00	0,25	1,00	0,00	1,00	0,175	0,982	0,867	0,068	0,057	0,978	0,787	0,159
	1-x/45		x/7000		1-(x-1)/4		1-x/40000		1-x/40000		x/60000		1-x		x/2	

Análisis raster – Distribución de pesos

Llevado a cabo el proceso de estandarización de variables, se reiterará este para los otros siete municipios candidatos, ya que como ya se adelantó en el proceso de requisitos, la candidatura presentada por Torrubia de Soria quedaba excluida de este estudio por no cumplir los requisitos establecidos.

A continuación se relaciona el índice de coberturas establecido, así como el algoritmo implementado para el análisis correspondiente. Quizás parezca una obviedad pero dada la finalidad última del proyecto, donde la información elaborada se adjunta en soporte digital, resulta necesario acotar con exactitud la nomenclatura seguida para cada caso.

Los prefijos por coberturas permaneces invariables, modificándose en cada caso el nombre del término municipal. Las posibles excepciones o particularidades quedan recogidas en las líneas de comando en cada caso.

- \ATC\Análisis\Pendientes Raster: aa_albala
- \ATC\Análisis\Hidrografia Raster: hidro_albala
- \ATC\Análisis\ANA_FINAL\datos-geologia Raster: geok_albalax
- \ATC\Análisis\ANA_FINAL\infra Raster: d-ffcc_albala
- \ATC\Análisis\ANA_FINAL\infra Raster: d-carr_albala
- \ATC\Análisis\ANA_FINAL\pop Raster: d-pop_albala
- ATC\Análisis\ANA_FINAL\raster-cal Raster: i-albala
- \ATC\Análisis\ANA_FINAL\ana Raster: ana_albala

Al inicio del presente trabajo se hizo alusión a la metodología propuesta por Xinglai Huang, L. et al. en “*GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site*”, (véase ANEXO-I), en la cual se asignan importancias relativas a cada variable en función de su mayor o menor influencia. En el siguiente cuadro se muestran estas, cuyos pesos han sido calculados usando la comparación pair-wise desarrollada por Saaty en 1977, (tabla nº20).

Table 4 Calculation of weights with pair-wise comparisons

Factors	B	S	TC	PA	WB	T	weight
Bedrock (B)	1						0.47
Slope (S)	1/3	1					0.25
Town center (TC)	1/5	1/3	1				0.11
Protected area (PA)	1/7	1/5	1/3	1			0.04
Water body (WB)	1/5	1/3	1	3	1		0.09
Transportation (T)	1/7	1/5	1/3	1	1/3	1	0.04

(Tabla nº20)

Pero veamos en detalle el modelo de Xinglai Huang, y el escenario sobre el que se aplica. En primer lugar hay que resaltar que la metodología persigue establecer un criterio de decisión jerárquico para la determinación óptima del emplazamiento de un Almacén de residuos nucleares a largo plazo.

La solución planteada, es pues a largo plazo, focalizando el estudio en una zona ampliamente despoblada de Ontario (Canadá), en base al establecimiento de un Almacén profundo, en el que la geología toma un papel primordial por el carácter casi definitivo que tiene la ubicación de dichos residuos.

Por el contrario el modelo español plantea un tratamiento de residuos y almacenamiento temporal de los mismos en superficie en una escala temporal muy inferior, cobrando de esta forma mayor importancia determinados aspectos en detrimento de otros.

Pasemos pues a justificar la adaptación del modelo de Xinglai Huang al propuesto en este Proyecto:

En primer lugar hay que destacar que mientras que Xinglai Huang asigna una gran importancia a la Geología, la cual por si sola tiene prácticamente la misma importancia que el resto de variables juntas, en nuestra propuesta esta se minoriza en beneficio de las otras, introduciendo en cada caso las particularidades que se detallan a continuación.

Veamos la justificación de la ponderación propuesta en cada caso.

- **RESTRICCIONES POR TERRENO**

Resulta obvio que al no ser el Almacén de tipo profundo, sino superficial, la geología y la hidrogeología adquieren una importancia mucho menor, de esta forma su peso se minor a una cuarta parte. En lo que a la pendiente del terreno se refiere, se considera que su influencia aunque importante se puede minorar a la mitad. Por último la hidrología, dado que el almacén es de superficie se considera insuficiente el peso considerado y se le asigna una vez y media mas que el teórico.

Modelo teórico (Canadiense)

Consideraciones geológicas de la roca, estudio de sismicidad y caracterización del tipo de suelo. Condiciones químicas y estabilidad del suelo.

Consideraciones Hidrográficas - Alejados de Ríos, Lagos, acuíferos y áreas con aguas subterráneas. Zonas con bajo gradiente térmico y baja permeabilidad.

Modelo propuesto para el A.T.C.

Consideraciones geológicas. Caracterización geológica por el riesgo de propagación de ondas sísmicas. No se consideran aspectos Geoquímicos por el carácter superficial del ATC.

Consideraciones Hidrográficas - Alejados de Ríos, Lagos y masas de agua superficiales. No se consideran las aguas subterráneas ni gradientes térmicos por el carácter de superficial del ATC.

- **RESTRICCIONES POR TRANSPORTE**

La propia convocatoria del BOE (ver anexo-II) ya recoge en su apartado 5º la importancia que representa para la decisión a adoptar la existencia de infraestructuras adecuadas de transporte, con especial significación en la capacidad de acceso al emplazamiento por ferrocarril por la seguridad que representa. Es por ello por lo que se ha considerado que se deben de considerar ambas de forma independiente y con un peso en proporción doble a la propuesta por Xinglai Huang.

Modelo teórico (Canadiense)

Consideraciones de transporte - Ubicación a una distancia razonable de vías de comunicación adecuadas al transporte.

Modelo propuesto para el A.T.C.

Consideraciones de transporte - Especial significación de los medios de transporte terrestre con particularización en ferrocarriles y vías de comunicación de 1ª categoría.

- **RESTRICCIONES SOCIALES.**

Probablemente el factor mas decisivo a la hora de determinar el emplazamiento optimo, sea el relativo a la seguridad que para la población representa este tipo de instalación. Si bien, el modelo de referencia contempla la restricción relativa a la proximidad de núcleos urbanos, dado que la densidad demográfica española es heterogénea según las Comunidades que se consideren, y que el modelo teórico analiza un área extensamente despoblada, se considera necesario mayorar una vez y media mas, la restricción por cercanía a núcleos urbanos, estableciéndose como núcleos aquellos cuya población censada sea superior a los 5.000 habitantes. Pero como se adelantaba anteriormente, la Demografía española es diversa, pudiéndose encontrar zonas relativamente poco pobladas, pero que por el contrario tienen en el radio de afección de una posible emergencia de origen radiológico-nuclear, una importante distribución demográfica, por lo que se considera necesario introducir dentro del apartado de restricciones sociales, la correspondiente a la densidad demográfica en un radio de 80 km. a la redonda.

Modelo teórico (Canadiense)

Consideraciones sociales - Lejos de zonas pobladas y de áreas con alta densidad de población, o regiones con potencial de desarrollo futuro.

Modelo propuesto para el A.T.C.

Consideraciones Sociales - Se contempla tanto la distancia a núcleos urbanos con poblaciones superiores a los 5.000 hb. como la densidad del área de influencia de la Instalación (establecida para un radio de 80 km.)

- **RESTRICCIÓN ECOLÓGICAS Y POR ÁREAS PROTEGIDAS**

Dado que de forma explícita, en el capítulo de requisitos han sido considerados los aspectos ecológicos tanto en la protección de la fauna como la flora y el patrimonio, este tipo de restricción no se considera como tal en la metodología propuesta.

- **RESTRICCIÓN POR FORMA Y SUPERFICIE.**

Si se analiza con detalle la metodología propuesta en el modelo teórico, observaremos que se hace alusión a la importancia que tiene el tamaño de la parcela, considerando esta como un tipo de restricción. En nuestro Proyecto, si bien se está aplicando como elemento de exclusión el tamaño de las parcelas, lo cierto es que al no concretar los Ayuntamientos las áreas propuestas para el emplazamiento del ATC, se hace necesario tener en cuenta tanto la forma como el tamaño útil que presentan las parcelas catalogadas como aptas.

En nuestro Proyecto se considera que el peso que debe tener esta restricción no debe ser inferior al de la pendiente del terreno, por lo que se le aplica el mismo valor porcentual que tenía esta.

En la siguiente tabla se relaciona la ponderación final a aplicar en cada restricción considerada:

	<u>Modelo</u> <u>Canadiense</u>		<u>Propuesta</u> <u>Proyecto</u>		
<u>Restricción por pendiente</u>	0,25	(x) / 2	0,125		
<u>Restricción por geología</u>	0,47	(x) / 4	0,125		
<u>Restricción por masas y cursos de agua</u>	0,09	(x) * 1,5	0,135	0,385	Terreno
<u>Restricción por Ffcc.</u>	-----		0,080		
<u>Restricción por vías de comunicación</u>	0,04	(x) * 2	0,080	0,16	Transporte
<u>Restricción por distancias a poblaciones</u>	0,11	(x) * 1,5	0,165		
<u>Restricción por distribución de población</u>		(x) * 1,5	0,165	0,33	Sociales
<u>Restricción por forma y superficie</u>	-----		0,125	0,125	Forma+sup
<u>Restricción por áreas protegidas</u>	0,04		-----		
Total	1		1	1	

(Tabla nº21 – Cuadro de restricciones ponderadas con la metodología propuesta en el Proyecto).

Resultados – Idoneidad de las parcelas

Llegados a este punto y aprovechando la ventaja que ofrecen los Sistemas de Información Geográficos, nos parece oportuno que con independencia de la ponderación final propuesta, la cual se considera suficientemente justificada, se realice un análisis final de las coberturas consideradas, aplicando a todas ellas el mismo valor porcentual de importancia, esto es, sin asignar ninguna prelación ni importancia específica a las mismas.

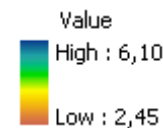
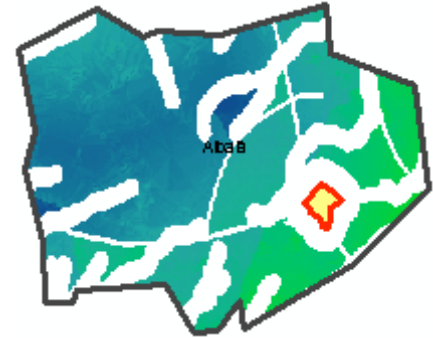
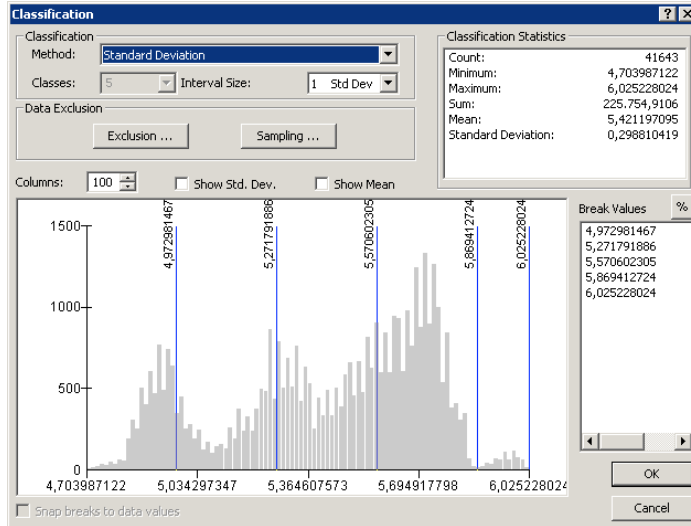
De esta forma se realiza un proceso paralelo, que nos permitirá comparar los resultados obtenidos y verificar en que medida estos dependen en mayor o menor medida de la ponderación propuesta, y al mismo tiempo abre la posibilidad a que otros expertos en la materia puedan, empleando el proceso de análisis establecido, determinar los estudios en profundidad que consideren.

Así pues, a continuación se presentan para cada término municipal candidato, tanto el algoritmo implementado (su inclusión en cada caso se realiza para facilitar estudios y conexiones de capas posteriores), así como el resultado práctico de aplicar los mismos con la distribución de pesos propuesta en este Proyecto (figuras 159-161-163-165-167-169-171), y por otra parte con la distribución de pesos unitaria (figuras 158-160-162-164-166-168-170), lo cual nos permite contrastar los resultados obtenidos. En ambos casos se adjunta el cuadro de distribución estadística de los píxeles correspondientes a las áreas designadas como útiles, los cuales nos servirán para discernir la mayor o menor bondad en cada caso. Se observará también que se aplica una única escala visual de simbolización, lo que permite de forma rápida e instintiva determinar cual es la parcela o límite municipal mas idóneo para el emplazamiento del ATC.

Finalmente se confeccionan unos planos generales de disposición, en los que sobre el mapa general se sitúan los diferentes emplazamientos posibles, con detalle del análisis realizado en el presente proyecto, permitiendo al lector de forma sencilla extraer conclusiones con carácter general muy interesantes. (Mapa nº45 – Mapa general de idoneidad sin valores ponderados, con pesos unitarios) y (Mapa nº46 – Mapa general de idoneidad según metodología ponderada del Proyecto).

Para ALBALÁ

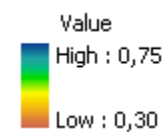
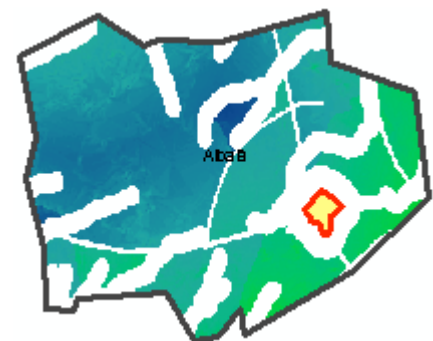
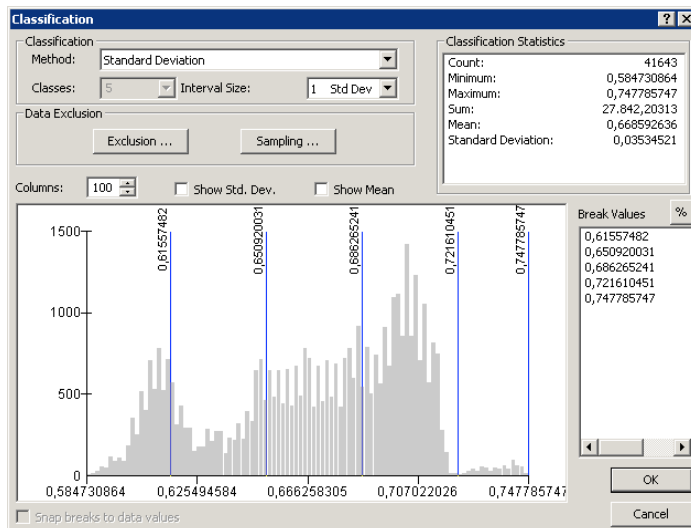
- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_alcala] / 45)) + ([hidro_alcala] / 7000) + [geok_alcala] + (1 - ([d_ffcc_alcala] / 40000)) + (1 - ([d_carr_alcala] / 40000)) + ([d_pop_alcala] / 60000) + (1 - [i_alcala]) + ([ana_alcala] / 2)$



Media: 5,421197
 Std dev: 0,298810

(Figuras nº158)

- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_alcala] / 45)) * 0.125 + ([hidro_alcala] / 7000) * 0.135 + [geok_alcala] * 0.125 + (1 - ([d_ffcc_alcala] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d_carr_alcala] / 40000)) * 0.08 + ([d_pop_alcala] / 60000) * 0.165 + (1 - [i_alcala]) * 0.165 + ([ana_alcala] / 2) * 0.125$

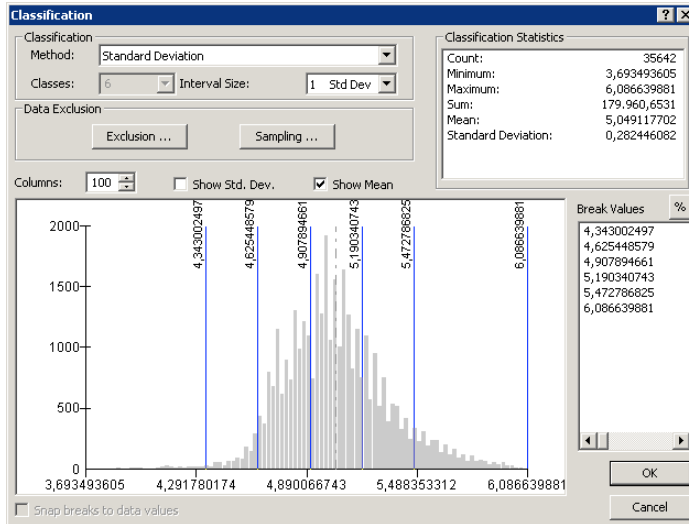


Media: 0,668859
 Std dev: 0,035345

(Figuras nº159)

Para ASCO

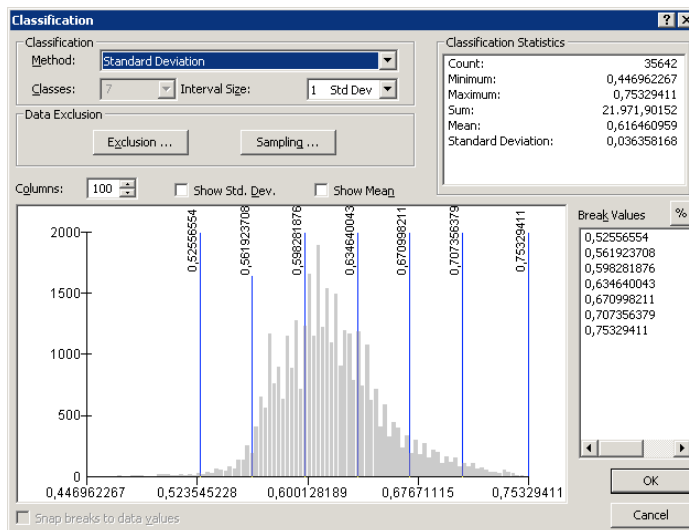
- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_asco] / 45)) + ([hidro_asco] / 7000) + [geok_ascox] + (1 - ([d-fcc_asco] / 40000)) + (1 - ([d-carr_asco] / 40000)) + ([d-pop_asco] / 60000) + (1 - [i-asco]) + ([ana_asco] / 2)$



Media: 5,049118
Std dev: 0,282446

(Figuras nº160)

- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_asco] / 45)) * 0.125 + ([hidro_asco] / 7000) * 0.135 + [geok_ascox] * 0.125 + (1 - ([d-fcc_asco] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_asco] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_asco] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.120) * 0.165 + ([ana_asco] / 2) * 0.125$

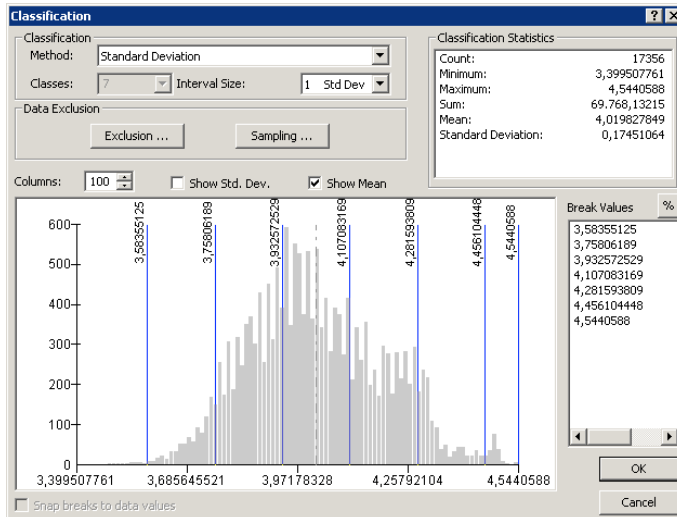


Media: 0,616461
Std dev: 0,036358

(Figuras nº161)

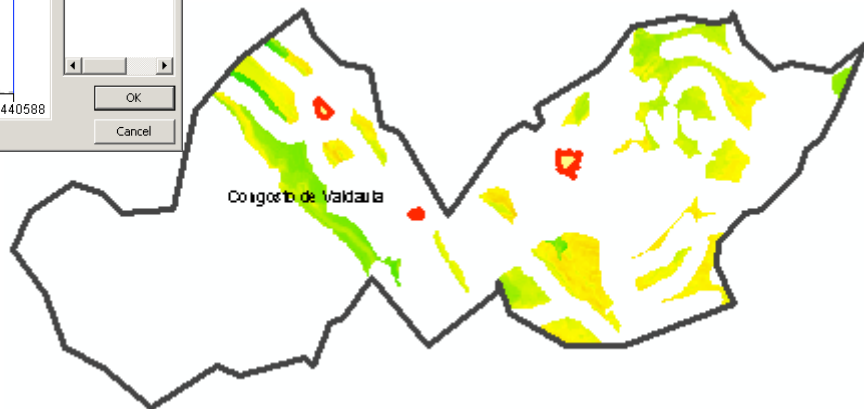
Para CONGOSTO

- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_congosto] / 45)) + ([hidro_congost] / 7000) + [geok_congost] + (1 - ([d-ffcc_congo] / 40000)) + (1 - ([d-carr_congo] / 40000)) + ([d-pop_congo] / 60000) + (1 - 0.022) + ([ana_congo] / 2)$

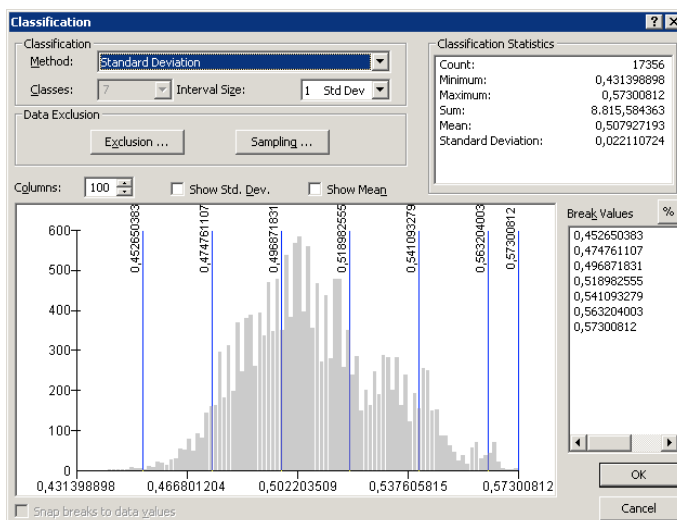


Media: 4,019827
Std dev: 0,174510

(Figuras nº162)

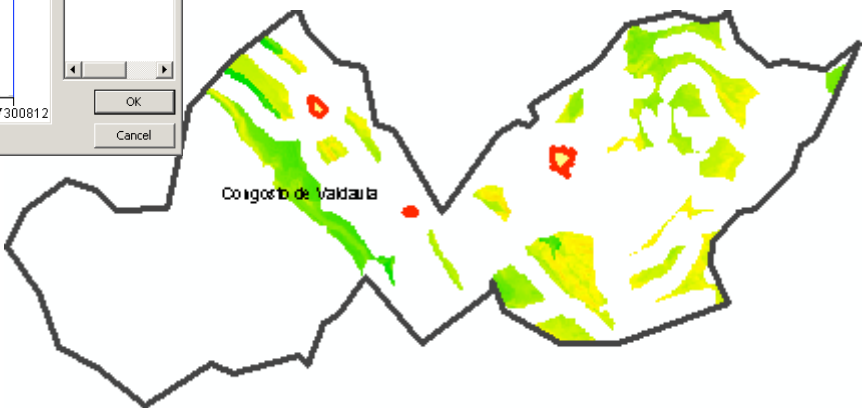


- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_congosto] / 45)) * 0.125 + ([hidro_congost] / 7000) * 0.135 + [geok_congost] * 0.125 + (1 - ([d-ffcc_congo] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_congo] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_congo] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.022) * 0.165 + ([ana_congo] / 2) * 0.125$



Media: 0,507927
Std dev: 0,022110

(Figuras nº163)

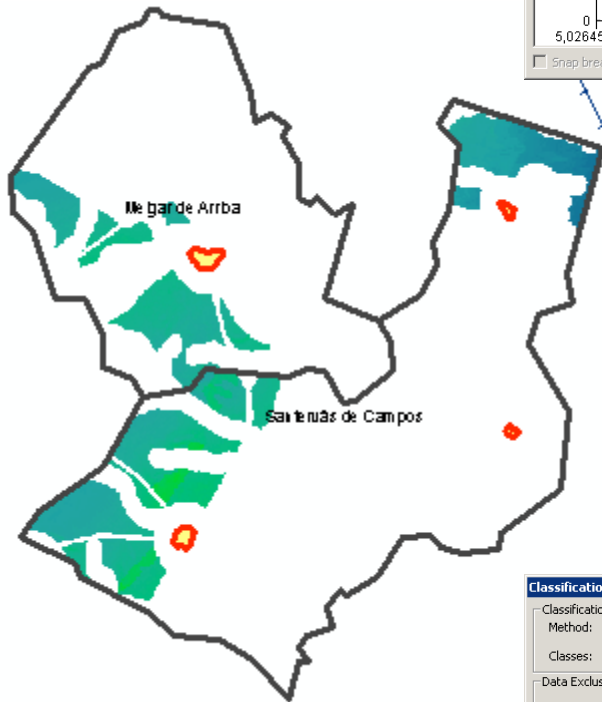
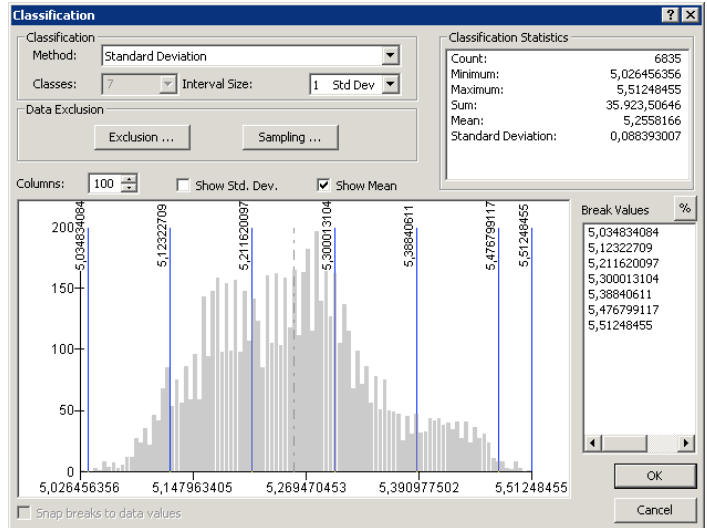


Para MELGAR DE ARRIBA y SANTERVAS DE CAMPOS

- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_melgar] / 45)) + ([hidro_melgar] / 7000) + [geok_melgar] + (1 - ([d_fcc_melgar] / 40000)) + (1 - ([d_carr_melgar] / 40000)) + ([d_pop_melgar] / 60000) + (1 - 0.073) + ([ana_melgar] / 2)$

Melgar de Arriba

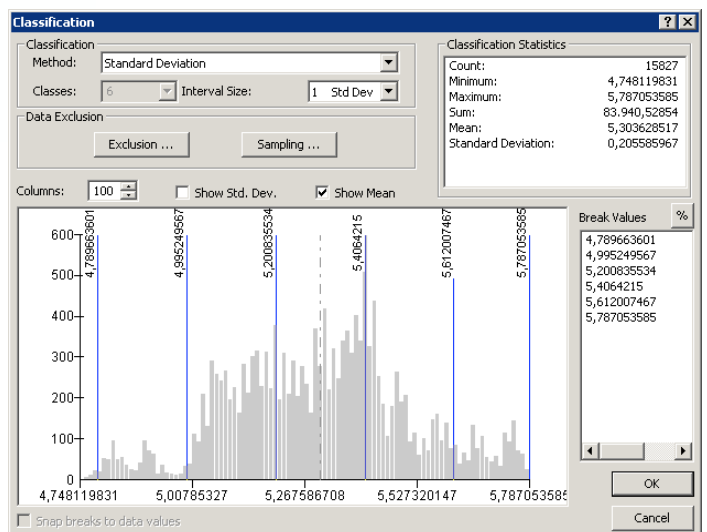
Media: 5,255817
 Std dev: 0,088393



(Figuras nº164)

Santervás de Campos

Media: 5,303629
 Std dev: 0,205586



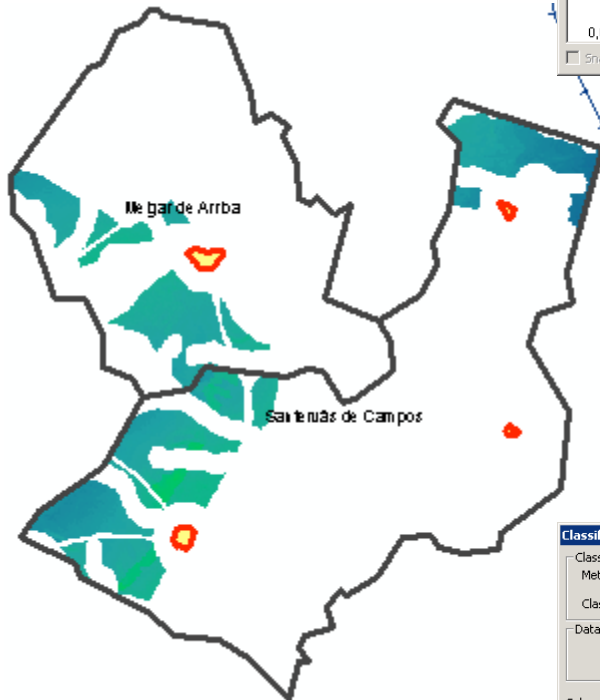
- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_santervas] / 45)) + ([hidro_santerv] / 7000) + [geok_santvx] + (1 - ([d_fcc_santvs] / 40000)) + (1 - ([d_carr_santvs] / 40000)) + ([d_pop_santvs] / 60000) + (1 - 0.077) + ([ana_santvs] / 2)$

Para MELGAR DE ARRIBA y SANTERVAS DE CAMPOS

- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_melgar] / 45)) * 0.125 + ([hidro_melgar] / 7000) * 0.135 + [geok_melgarx] * 0.125 + (1 - ([d-ffcc_melgar] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_melgar] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_melgar] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.073) * 0.165 + ([ana_melgar] / 2) * 0.125$

Melgar de Arriba

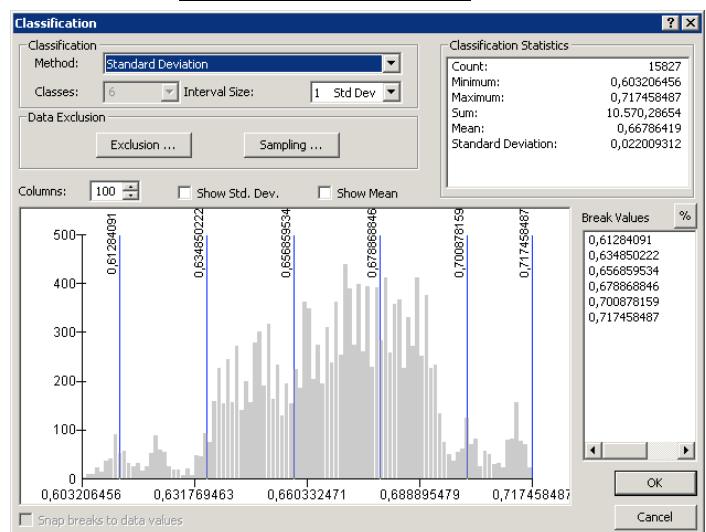
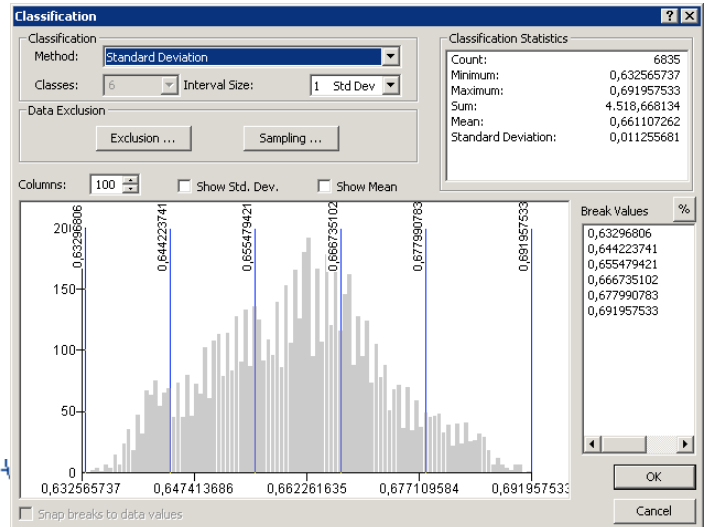
Media: 0,661107
Std dev: 0,011256



(Figuras nº165)

Santervás de Campos

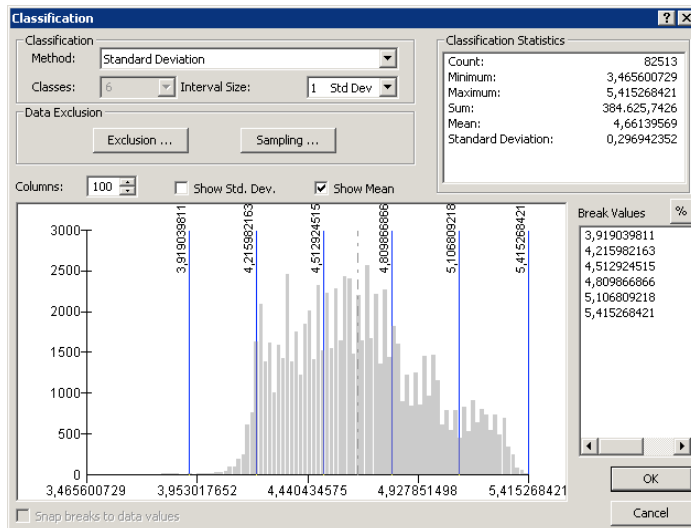
Media: 0,667864
Std dev: 0,022009



- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_santervas] / 45)) * 0.125 + ([hidro_santerv] / 7000) * 0.135 + [geok_santv] * 0.125 + (1 - ([d-ffcc_santvs] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_santvs] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_santvs] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.077) * 0.165 + ([ana_santvs] / 2) * 0.125$

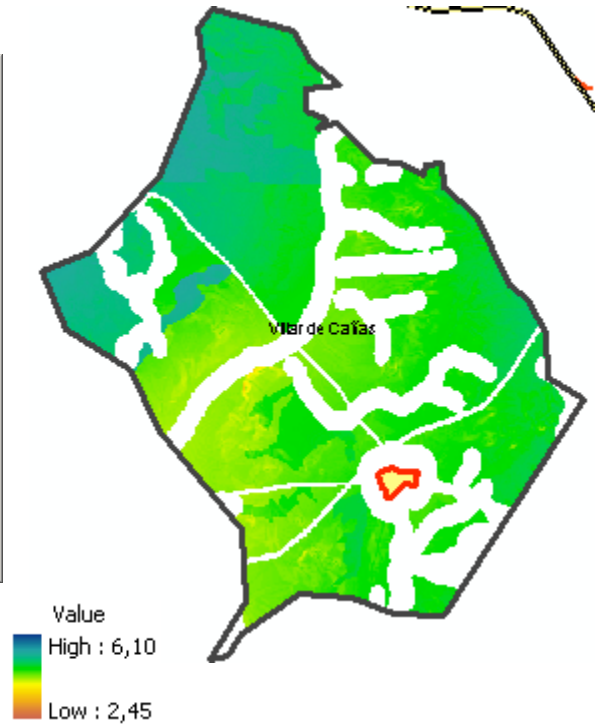
Para VILLAR DE CAÑAS

- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_villar] / 45)) + ([hidro_villar] / 7000) + [geok_villar] + (1 - ([d-ffcc_villar] / 40000)) + (1 - ([d-carr_villar] / 40000)) + ([d-pop_villar] / 60000) + (1 - 0.044) + ([ana_villar] / 2)$

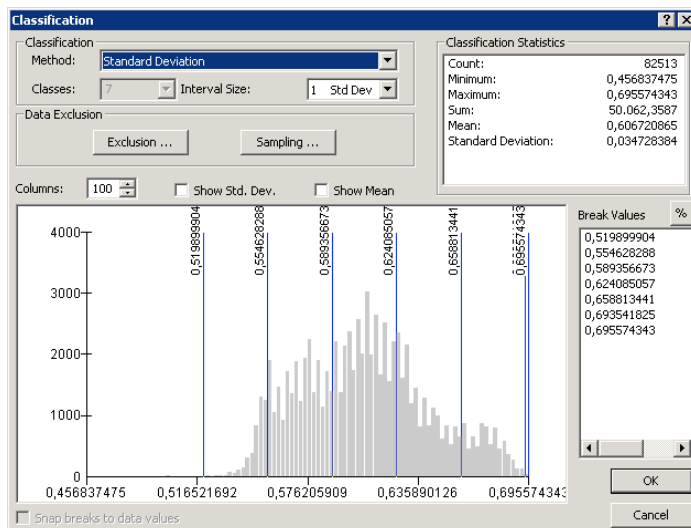


Media: 4,661396
 Std dev: 0,296942

(Figuras nº166)

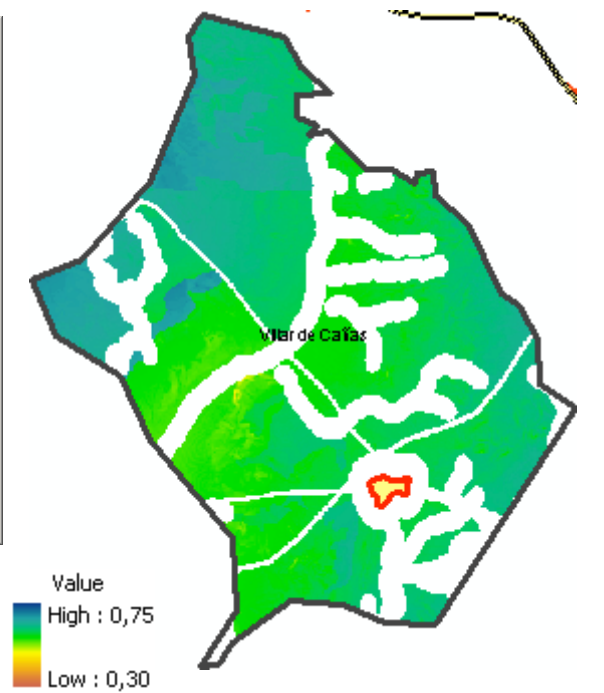


- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_villar] / 45)) * 0.125 + ([hidro_villar] / 7000) * 0.135 + [geok_villar] * 0.125 + (1 - ([d-ffcc_villar] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_villar] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_villar] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.044) * 0.165 + ([ana_villar] / 2) * 0.125$



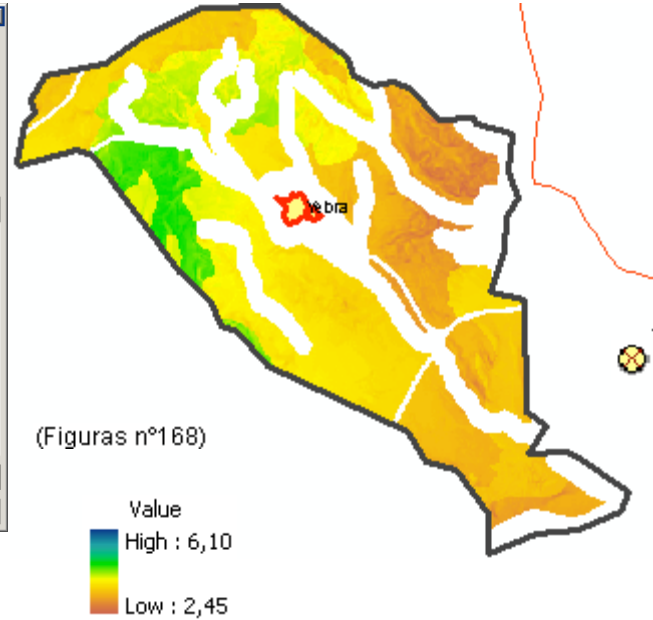
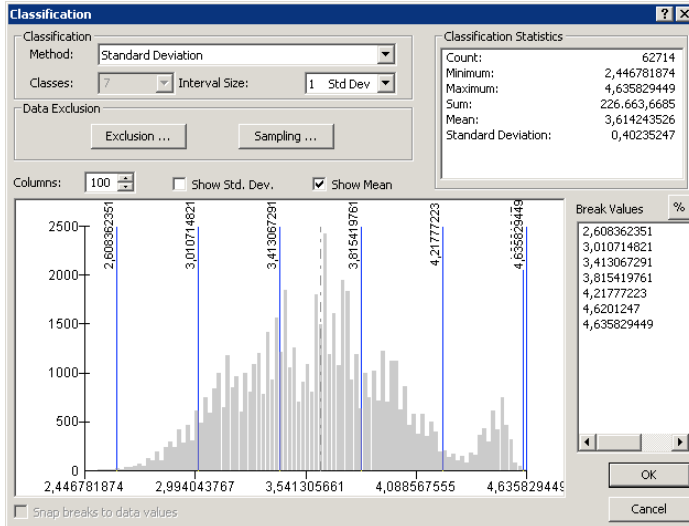
Media: 0,606721
 Std dev: 0,034728

(Figuras nº167)



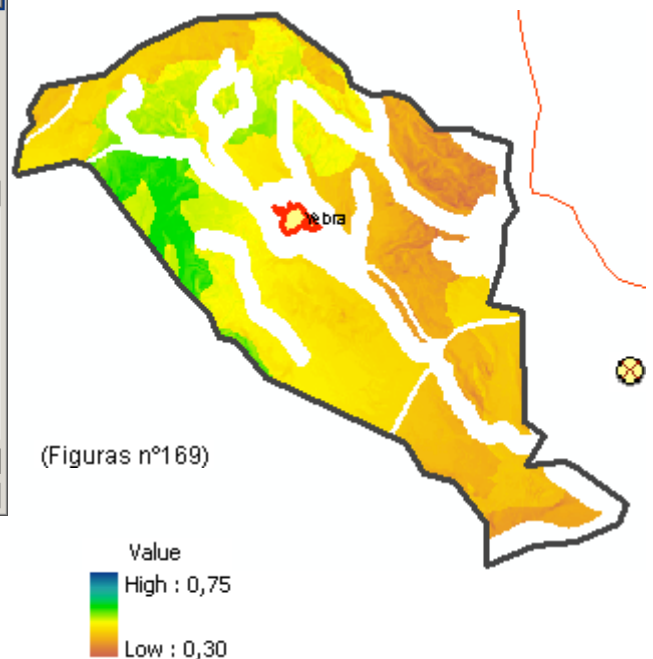
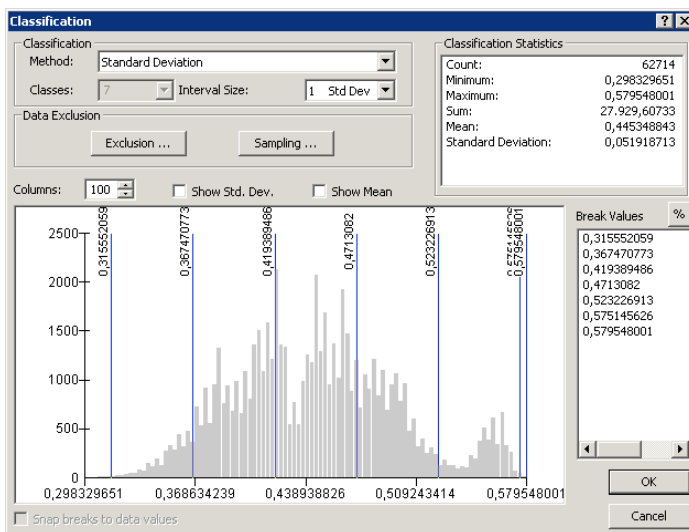
Para YEBRA

- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_yebra] / 45)) + ([hidro_yebra] / 7000) + [geok_yebra] + (1 - ([d-fcc_yebra] / 40000)) + (1 - ([d-carr_yebra] / 40000)) + ([d-pop_yebra] / 60000) + (1 - 0.943) + ([ana_yebra] / 2)$



Media: 3,614244
 Std dev: 0,402352

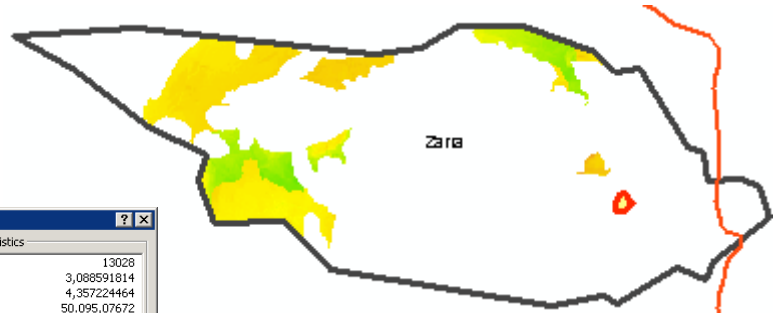
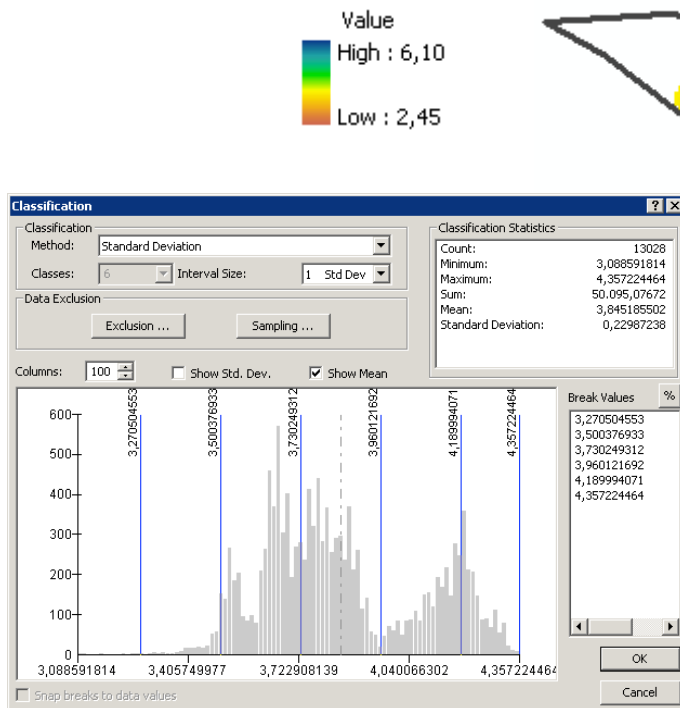
- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_yebra] / 45)) * 0.125 + ([hidro_yebra] / 7000) * 0.135 + [geok_yebra] * 0.125 + (1 - ([d-fcc_yebra] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_yebra] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_yebra] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.943) * 0.165 + ([ana_yebra] / 2) * 0.125$



Media: 0,445349
 Std dev: 0,051919

Para ZARRA

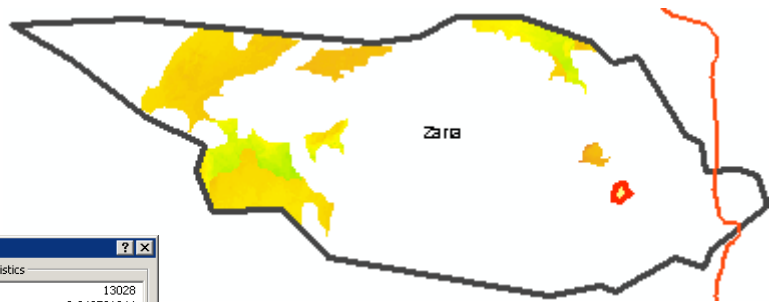
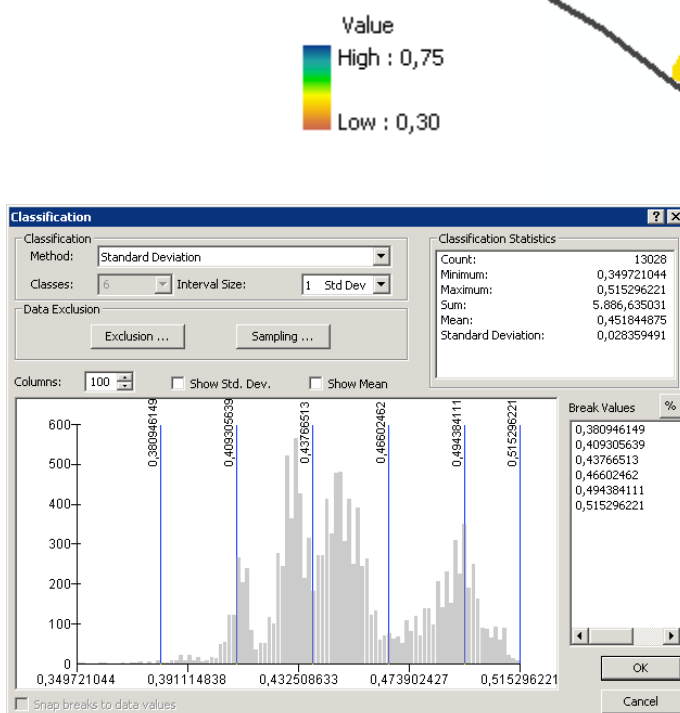
- Resultado aplicando pesos unitarios para todas las variables:
 $(1 - ([aa_zarra] / 45)) + ([hidro_zarra] / 7000) + [geok_zarrax] + (1 - ([d-ffcc_zarra] / 40000)) + (1 - ([d-carr_zarra] / 40000)) + ([d-pop_zarra] / 60000) + (1 - 0.443) + ([ana_zarra] / 2)$



(Figuras nº170)

Media: 3,845186
Std dev: 0,229872

- Atribuyendo los pesos de la metodología propuesta en el Proyecto:
 $(1 - ([aa_zarra] / 45)) * 0.125 + ([hidro_zarra] / 7000) * 0.135 + [geok_zarrax] * 0.125 + (1 - ([d-ffcc_zarra] / 40000)) * 0.08 + (1 - ([d-carr_zarra] / 40000)) * 0.08 + ([d-pop_zarra] / 60000) * 0.165 + (1 - 0.443) * 0.165 + ([ana_zarra] / 2) * 0.125$



(Figuras nº171)

Media: 0,451845
Std dev: 0,028359

PLANO GENERAL DE DSTRIBUCIÓN CON PESOS

PLANO GENERAL DE DISTRIBUCION UNITARIA

Conforme a los planos generales de idoneidad de parcelas, se puede deducir de forma rápida e instintiva cuales son los emplazamientos mas adecuados, no solo en el computo general de cada Municipio, sino particularizando para cada una de las áreas declaradas como aptas, su idoneidad para albergar el A.T.C. y su centro tecnológico asociado.

En los siguientes cuadros se recogen los valores estadísticos obtenidos para cada municipio, donde el valor correspondiente a la media nos marca la idoneidad del término en su conjunto y la desviación típica la variabilidad de la serie. Los valores se ordenan en función de la idoneidad final obtenida.

- Resultado de idoneidad aplicando pesos unitarios para todas las restricciones:

	INTERVALO teórico		RECORRIDO real			
	MAX	MIN	MAX	MIN	MEAN	STD
ALBALÁ	6,315	3,170	6,03	4,7	5,421	0,298
SANTERVAS DE VALDAVIA	6,053	3,287	5,79	4,75	5,304	0,206
MELGAR DE ARRIBA	5,753	3,792	5,51	5,03	5,256	0,088
ASCÓ	6,856	2,458	6,09	3,69	5,049	0,282
VILLAR DE CAÑAS	6,560	1,953	5,42	3,46	4,661	0,297
CONGOSTO	5,247	1,783	4,54	3,4	4,020	0,175
ZARRA	4,752	2,119	4,357	3,089	3,845	0,230
YEBRA	5,095	1,706	4,64	2,45	3,614	0,402
Intervalo	6,856	1,706	6,090	2,450	4,646	0,088

(Tabla nº22 – Tabla general de idoneidad sin valores ponderados, pesos unitarios).

- Resultado de idoneidad de los términos municipales candidatos conforme a la metodología y ponderación propuesta en el Proyecto:

	INTERVALO teórico		RECORRIDO real			
	MAX	MIN	MAX	MIN	MEAN	STD
ALBALÁ	0,777	0,356	0,748	0,585	0,668	0,035
SANTERVAS DE VALDAVIA	0,753	0,384	0,717	0,603	0,668	0,022
MELGAR DE ARRIBA	0,721	0,442	0,692	0,633	0,661	0,011
ASCÓ	0,840	0,262	0,753	0,447	0,616	0,036
VILLAR DE CAÑAS	0,840	0,237	0,696	0,457	0,607	0,035
CONGOSTO	0,657	0,194	0,573	0,431	0,508	0,022
ZARRA	0,559	0,216	0,515	0,35	0,452	0,028
YEBRA	0,626	0,207	0,58	0,298	0,445	0,052
Intervalo	0,840	0,194	0,753	0,298	0,578	0,011

(Tabla nº23 – Tabla general de idoneidad según metodología ponderada del Proyecto).

CONCLUSIONES

Llegados a este punto es necesario revisar si se han alcanzado los objetivos propuestos en el Proyecto, los cuales, si bien pueden ser interpretados por el lector en diferente medida, se consideran ampliamente alcanzados ya que no solo se ha determinado la mayor o menor idoneidad de cada municipio candidato, sino que se ha obtenido esta, particularizando los valores resultantes para cada porción del territorio susceptible de albergar el ATC y su centro tecnológico asociado.

En cuanto a las conclusiones alcanzadas habría que diferenciar las relativas a la metodología empleada de las propiamente alcanzadas sobre la temática en estudio.

➤ Así, en lo que a conclusiones metodológicas se refiere, cabe destacar que el proceso seguido en la asignación de pesos a las diversas restricciones consideradas, no modifica los resultados de idoneidad obtenidos sin aplicar ponderaciones a dichas restricciones, (todas en la misma dimensión o importancia). No obstante dado que se considera justificada ampliamente la metodología propuesta en el presente proyecto, se proponen como valores finales de idoneidad los relativos a la metodología y ponderación propuesta en el presente Proyecto.

➤ En lo que a conclusiones sobre la temática en estudio se refiere, es decir, la idoneidad de cada término a albergar el ATC y sus instalaciones, se puede hablar de unas de tipo particular y otras mas generales, entre las que se destacarían las siguientes:

- En primer lugar que el Término de Torrubia de Soria debe ser excluido del proceso de decisión establecido, por no cumplir los criterios recogidos en la convocatoria, o lo que es lo mismo, no satisfacer los criterios de exclusión.
- Que con independencia del valor de idoneidad establecido, es necesario acotar en cada municipio candidato, la parcela propuesta para la ubicación del Almacén e instalaciones anexas, ya que no debe categorizarse todo el término en un valor único, pues este depende en gran medida del emplazamiento finalmente adoptado.
- Que mediante los mapas de idoneidad y los histogramas de distribución se puede establecer en cada caso la mayor o menor idoneidad de cada porción del territorio.
- Que el GIS establecido posibilita la posterior particularización del estudio una vez se hayan acotado las parcelas propuestas para el A.T.C., debiendo realizarse estudios comparativos de idoneidad en las parcelas que se consideren.
- En lo relativo a conclusiones particulares, señalar que del estudio realizado se desprenden dos grupos bastante diferenciados en lo que a idoneidad se refiere. Así podríamos hablar de un grupo de candidatos poco adecuados en el que se incluirían los términos de Congosto de Valdavia, Zarra y Yebra. Y otro considerado como óptimo, en el que se incluirían Albalá, Santervás de Campos, Melgar de Arriba y Ascó, pudiendo también encuadrarse en este grupo el de Villar de Cañas, en función de que aplicásemos la ponderación propuesta en el presente proyecto o la de pesos unitarios.

Las particularidades que presentan los términos municipales encuadrados en el grupo de los óptimos, las cuales deben ser consideradas de forma explícita en el proceso de decisión final, son las siguientes:

- Albalá → Es a priori el término municipal mas idóneo, pero hay que tener presente su lejanía a los centros productores de residuos, lo que en su caso puede representar

un cierto hándicap, máxime si se tiene en cuenta que tienen que regresar los residuos almacenados en Francia.

- Melgar de Arriba y Santervás de Campos → Resultan dos términos altamente idóneos, los cuales por ser colindantes bien pudieran compartir parte de las instalaciones correspondientes, siendo presumible una mayor aceptación social que en otros términos municipales candidatos. Además el transporte por ferrocarril se podría contemplar con una inversión en Infraestructura ferroviaria no muy elevada. En su contra hay que señalar la distancia a los centros productores de residuos así como al país Frances.
- Ascó → Si bien no resulta el municipio mas adecuado del grupo de los óptimos, no deja de serlo y tiene a su favor otros aspectos que hay que destacar, como son: su mejor ubicación geográfica respecto de los centros productores de residuos; la cultura nuclear de la zona (por la presencia en sus proximidades de centrales nucleares); su mejor disposición geográfica para el retorno de los materiales almacenados en Francia y por último las infraestructuras en materia de ferrocarriles existentes, que posibilitarían desde el primer momento el transporte por esta vía sin coste añadido.

Como conclusión global habría que destacar que con la metodología propuesta en el presente Proyecto, se ha establecido un proceso de análisis que posibilita al lector determinar la mayor o menor idoneidad, no solo de cada término municipal candidato, sino de cada parcela en estudio, pudiendo este extraer conclusiones particulares, sin necesidad de considerar el resultado finalmente alcanzado. No obstante es necesario recordar las limitaciones que supone obviar aspectos geográficos y antrópicos no tenidos en cuenta en el presente Proyecto. De hecho ya en la fase de criterios de exclusión, se hace mención expresa a la necesidad de que con independencia de las parcelas e idoneidad resultante, se verifique en la zona designada, la posible ubicación de elementos patrimoniales que por el desconocimiento del autor a la hora de establecer las zonas de exclusión, puedan no haberse tenido en cuenta. Por otra parte hay que recordar las limitaciones inherentes a la escala del modelo establecido, la cual, si bien resulta adecuada para la modelización del problema en estudio, exige de un estudio de detalle de las áreas finalmente seleccionadas como idóneas para su valoración particular.

De cara a posteriores estudios, es importante recordar que los sistemas de información geográficos (GIS) son una herramienta que no solo facilita la integración de las diferentes variables que determinan el problema en cuestión, sino que también participan activamente en el cálculo y análisis del mismo, posibilitando mediante la generación de mapas, la modelización del problema en estudio, así como la interpretación de la información resultante, permitiendo dar respuesta a multitud de cuestiones relacionadas con la planificación territorial y el conocimiento detallado del problema en relación a la población y los riesgos. Por ello mediante el GIS establecido en este Proyecto, se abre la posibilidad de ampliar las líneas de investigación sobre la idoneidad de cada parcela, inclusive la realización de estudios de detalle sobre la influencia que el ATC representa no solo para la población, sino para el paisaje, la fauna y flora, el entorno y el desarrollo económico de la región.

Finalmente, deseo haber expuesto el contenido de esta memoria de forma clara y coherente, y que el lector haya tenido la oportunidad de obtener sus propias conclusiones a partir de los análisis realizados, así como hacerse una idea global del proceso metodológico establecido para la determinación del emplazamiento idóneo del Almacén Temporal Centralizado de combustible nuclear gastado y residuos radioactivos de alta actividad (ATC) y su centro tecnológico asociado.

BIBLIOGRAFÍA

Laura Xinglai Huang, Grant Sheng and Lei Wang: *GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site*.

B. Baltes, W. Brewitz: *Development of Site Selection Criteria for Radioactive Waste Disposal in View of Favourable Geological Settings in Germany*.

Bosque Sendra, J. (1997): *Sistemas de información geográfica*. Madrid, Rialp, 2ª edición corregida.

Moreno Jiménez, A. coordinador (2007): *Sistemas y Análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*, Madrid, Editorial RA-MA.

Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. coordinadores (2004): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, Madrid, Editorial RA-MA.

Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., Moreno Jiménez, A. y del Pozzo, F. (2000): "Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos", *Revista de Estudios Geográficos*, nº 241, pp. 567-598.

Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., Rodríguez Espinosa, V., Díaz Muñoz, M.A., Rodríguez Duran, A.E., Vela Gayo, A.: *Localización de centros de tratamiento de residuos: una propuesta metodológica basada en un SIG*. Anales de Geografía de la UCM 1999, 19: 295-323 ISSN: 0211-9803.

Aneas de Castro, S. (2000): "Riesgos y peligros: una visión desde la geografía", *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. Nº 60.

Cárdona Arboleda, O. D. (2001): *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Tesis de la U.P.C.

Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2001): *Cálculo de rutas óptimas para el transporte de residuos tóxicos y peligrosos*. *GeoFocus* (Artículos), nº 1, pp. 49-75.

Alcalá-García, F.J.; Espinosa, J.; Navarro, M.; Sánchez, F.J. (2002): *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 2002, 15, 55-66.

Rivas Medina, A.; García Lázaro, F.J.; Benito Oterino, B. (2009): *Evaluación del riesgo sísmico mediante técnicas de información geográfica*.

Borcherdt, R. D. (1994): *Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification)*, *Earthquake Spectra* 10, 617-653.

Rodríguez Beceiro, Alvaro; Gago, José Antonio: *La Hogue, el ATC de Francia* ISSN: 1133-5777 - 2006, (82): 21-23.

Rodríguez Beceiro, Alvaro; Gago, José Antonio: *La gestión de los residuos radiactivos en Suiza*.

ZZ-Zwilag: *el ATC suizo*. ISSN: 1133-5777 - 2006, (79): 30-32.

Gago, José A.; Martínez, Juan E.; Rivera, M. Isabel: *Almacén temporal centralizado. Aspectos técnicos*. ISSN: 1137-2885 - 2006, (268): 14-17.

Saez Nieto, F.: *Elementos de la teoría de la capacidad ATC*. ISSN: 0020-1006 - 1994, (335): 40-45.

ENRESA: *Criterios básicos de emplazamientos para la Instalación ATC y centro tecnológico asociado*.

ENRESA: *Estrategia para el almacenamiento temporal de combustible gastado y residuos de alta actividad. Necesidad de un Almacén Temporal Centralizado*.

ENRESA: *Criterios básicos de emplazamientos para la instalación del ATC y centro tecnológico asociado*.

ENRESA: *Eventuales riesgos e impactos para las personas y el medio ambiente asociados a instalaciones ATC*.

ENRESA: *Almacenamiento temporal centralizado de combustible irradiado y residuos de alta actividad. Referencias internacionales*.

ENRESA: *Riesgos del transporte de combustible nuclear gastado al almacén temporal centralizado. – Experiencia y estudios Internacionales*.

ENRESA: *Informe sobre experiencias internacionales sobre procesos para la selección de emplazamientos para un ATC*.

ENRESA: *La instalación CLAB, el ATC de Suecia*. ISSN: 1133-5777 - 2005, (78): 10-13.

ENRESA: *El almacén temporal centralizado*.

IGSSIG (Infraestructura Geocientífica y servicios, Sistemas de información geográfica) Instituto Geológico y Minero de España: *Organización de la Información Geológica*.

Meaza Tsigé Aga: *Caracterización Geotécnica y análisis de efecto local en riesgos sísmicos*.

BOE nº 132 de 2 de junio de 2007: *RD 637/2007 Norma de construcción sismoresistente*.

CSN (Consejo de Seguridad Nuclear): *Convención Conjunta sobre Seguridad. Tercer Informe Nacional*.

Direcciones de Internet:

Centro Nacional de información Geográfica (CNIG)

<http://www.cnig.es>

Espacios Naturales Protegidos

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_ENP

Humedales

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_HUMEDALES

Red Natura 2000

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_RED_NATURA

Inventario Nacional de Erosión del Suelo (INES-vector)

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_INES

Inventario Nacional de Erosión del Suelo (INES- raster)

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_INES_RASTER

Mapa Forestal de España (MFE50)

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_MFE

Reservas de la Biosfera (MaB)

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_RESERVAS_BIO

Vías Pecuarias

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_VIAS_PECUARIAS

Zonas de Especial Protección e Interés del Mediterráneo (ZEPIM)

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_ZEPIM

Titularidad de los Montes

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_PROP_MONTES

Zonas de Interés para las Aves (Ibas)

http://servicios2.mma.es/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/BIODIV_IBAS

Vías pecuarias

http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/banco_datos/info_disponible/vias_pecuarias_descargas.htm

Instituto Nacional de Estadística

<http://http://www.ine.es/inebase/cgi/axi>

Legislación

<http://www.miliarium.com/Paginas/Leyes/residuos/estado/decreto2414-61A.htm>

Canadian nuclear Institute

http://www.nuclearfaq.ca/cnf_sectionE.htm

ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radioactivos)

<http://www.enresa.es>

ANEXOS

- ANEXO – I. Laura Xinglai Huang, Grant Sheng and Lei Wang. *GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site*. ISEIS Environmental Informatics Archives, Volume 4 (2006) 289-296.
- ANEXO – II. Resolución 21107 de 23 de diciembre de 2009, de la secretaría de Estado de Energía, por la que se efectúa la convocatoria pública para la selección de los municipios candidatos a albergar el emplazamiento del Almacén Temporal de Centralizado de combustible gastado y residuos de alta actividad (ATC) y su centro tecnológico asociado. BOE nº 313 de 29 de diciembre de 2009.
- ANEXO – III. Fichas de criterios de exclusión de terrenos por municipios.
 - Anexo – III-a. Ficha de Albalá
 - Anexo – III-b. Ficha de Ascó
 - Anexo – III-c. Ficha de Congosto de Valdavia
 - Anexo – III-d. Ficha de Melgar de Arriba
 - Anexo – III-e. Ficha de Santervás de Campos
 - Anexo – III-f. Ficha de Torrubia de Soria
 - Anexo – III-g. Ficha de Villar de cañas
 - Anexo – III-h. Ficha de Yebra
 - Anexo – III-i. Ficha de Zarra



GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site

Laura Xinglai Huang^{(1)*}, Grant Sheng⁽²⁾ and Lei Wang⁽³⁾

⁽¹⁾ Department of Earth and Space Science, York University, Toronto, Ontario, Canada, M3J 1P3

⁽²⁾ Faculty of Environmental Studies, York University, Toronto, Ontario, Canada, M3J 1P3

⁽³⁾ Department of Geography, York University, Toronto, Ontario, Canada, M3J 1P3

Abstract. In Canada, the burial of radioactive wastes from nuclear power generation in an underground facility is considered the appropriate long term solution for nuclear waste management. It is crucial to evaluate the characteristics of a set of potential sites for building facilities to safely store or dispose high-level nuclear waste. This paper presents a geographic information system (GIS) based hierarchical approach for site suitability assessment in the Canadian Shield of Ontario. A large volume of multi-source data including those describing hydrogeologic, geologic, and environmental characteristics are pre-processed, stored and analyzed in a geospatial database. The hierarchical process consists of locating, screening and evaluating potential sites in three stages. In the first stage, the entire province of Ontario is screened to locate suitable and unsuitable areas based on inclusionary and exclusionary criteria associated with water bodies, town centers and protected areas on a large scale. At the second stage, potential suitable areas identified from the first stage are classified into recharge, discharge and midpoint areas combining with digital elevation model at medium scale. At the third stage, the recharge areas, which are the most suitable for situating a nuclear waste disposal site (compared to discharge and midpoint areas), are further divided into parcels with different suitability values based on further inclusionary and exclusionary criteria for site selection. Potential sites for nuclear waste disposal are characterized and evaluated utilizing a suitability index based on selected factors and constrains, including land use, ground slope, geology, distance to water bodies, distance to major roads, distance to town centers, and parcel size. An Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied to quantify the relative significance of each factor before determining potential suitable sites.

Keywords: analytic hierarchy process, geographic information system, radioactive waste disposal, site suitability assessment

1. Introduction

In Canada, nuclear power accounts for approximately 15% of the total generated electricity and over 50% in Ontario. Nuclear power produces no CO₂ or other green house gases contributing to global warming. However, nuclear power produces radioactive wastes, including spent fuel and high level waste that must be managed for very long time periods. The challenge is to find a long term solution for the safe disposal of the radioactive wastes.

High-level radioactive wastes (HLW) generally refer to the highly radioactive materials produced as a byproduct of nuclear power generation and require permanent isolation from man's environment (NEA 1989). There are two forms of high-level waste - spent (used) reactor fuel after it leaves the reactor, and waste materials remaining after spent fuel is reprocessed (done in other countries but, thus far, not in Canada). HLW contains high concentrations of radioactivity in a relatively small volume of radioactive wastes. The wastes have extremely long-lived radionuclides that take tens-, and even hundreds-of-thousands of years for the radioactivity to decay to harmless levels. Interim storage at reactor sites followed by permanent disposal in an underground repository are needed to provide protection for humans and the environment over the very long term.

Currently, over 50 countries have spent fuel stored in temporary locations, awaiting reprocessing or disposal (UIC 2005). In Canada, there are now about 1.3 million fuel bundles (about 20kg uranium each) stored at reactor sites in interim storage facilities such as water-filled pools (wet storage) before being transferred to

* Corresponding author: laurah@yorku.ca

concrete above-ground dry storage (Wiles 2002). These temporary storage facilities are proven to be safe, but they require continuing institutional control, monitoring, and maintenance.

Atomic Energy of Canada Limited (AECL), which conducted research and development under the Canadian Fuel Waste Management Program (CNFWMP) between 1979 - 1994, proposed a long-term solution of permanent geologic disposal in the plutonic rocks of the Canadian Shield (Davison 1994). The Nuclear Waste Management Organization (NWMO), the national authority mandated to find a solution to the management of nuclear fuel waste, has recommended to the Canadian government in November, 2005, initial short-term surface storage followed by long-term storage of the waste in a centralized underground facility to be located somewhere in the Ontario portion of Canadian Shield (NWMO 2005). The NWMO recommendation is based partly on the "Disposal Concept" developed by AECL between 1979 -1994. After a national evaluation (1995-1998), the Environmental Assessment Panel (CEAA 1998) deemed the concept of burying nuclear wastes in an underground vault to be built at approximately 0.5 to 1 km depth in plutonic rocks of the Canadian Shield technically sound but noted that it lacked broad public support (Davison 1994; CEAA 1998). The international consensus is that geological disposal is the most feasible way of ensuring adequate safety and security for the long-term management of spent fuel and high-level radioactive wastes (UIC 2005). In Canada, the Canadian Shield is regarded as the most suitable host medium where the rock is relatively free from earthquake activity, groundwater flow is very slow, and there are large uninhabited regions (Wiles 2002). At this time, no specific site has been selected nor are there any potential site being formally considered (NWMO 2005).

The objective of this study is to develop a method to screen, search for, and characterize hypothetically potential favorable sites for a nuclear waste disposal facility in the Canadian Shield of Ontario.

2. Criteria for Site Selection

Nuclear waste disposal siting needs to consider many factors. A list of criteria for nuclear waste siting are summarized as follows (Davison 1994; Sheng 2001; NWMO 2005):

1) Geophysical and Geotechnical

- The site should be located in suitable rocks such as plutonic rocks or other crystalline rocks of the Canadian Shield which have long-term stability, good rock strength, and low groundwater flow
- The repository should be between 500 and 1,000 meters below surface
- At repository depth, the rock mass should be homogenous and stable with low hydraulic gradient and low permeability, and diffusion should control transport of dissolved minerals
- The surface area should be large enough to accommodate surface preparation facilities and associated infrastructure (about 2 x 3 km², or about 600 hectares of surface area; 1.35 x 1.36 km², or about 183 hectares for the footprint of the deep geological repository; and about 500 to 1,000 meters for a network of horizontal tunnels and rooms below the surface (NWMO 2005)
- The site should be seismically stable with low known or projected frequency and magnitude of earthquakes, and
- There is a low frequency of major groundwater conducting fracture zones, features or faults at repository depth

2) Geochemical

- The groundwater at repository depth should be geo-chemically suitable (i.e., reducing environment).

3) Economic Resources and Transportation Considerations

- No known potential economic resources should exist at site or at repository depth
- The site should be located within reasonably reachable distance by various transportation means from existing reactor site storage facilities

4) Social Considerations

- The site should not be located in proximity of populated areas, particularly areas with high population density, or regions with potential for future development
- The site should not be located on, or in the direct vicinity, of native reserves, national and provincial parks, and areas of ecological sensitivity (e.g. endangered or rare species habitat)
- The site should not be near lakes, rivers or other groundwater discharge areas

3. Research Datasets

The siting of radioactive waste is a significant environmental issue. Failure of a vault may result in groundwater contamination and the contaminants may be hazardous if transported by flow systems toward productive aquifers or the land surface. It is crucial to evaluate comprehensively the characteristics of a set of potential sites and this requires a large volume of multi-source data including those describing hydrogeologic, geologic, and environmental conditions. In this study, the following datasets were used.

- Surface water (rivers, lakes; M=1:1 000 000 and M = 1:250 000; vector/shape files)
- Watersheds (M=1:1 000 000; vector/shape file)
- Bedrock geology - (M=1:1 000 000; vector/shape file)
- Protected area - national and provincial parks, native reserves (M=1:2 000 000; vector/shape file)
- Transportation - railways and roads (M=1:1 000 000; vector/shape files)
- Digital Elevation Model - topography

4. Data Processing and Analysis

The research applies a hierarchical process which consists of locating, screening and evaluating potential sites in three stages. In the first stage, the entire province of Ontario is screened at a large scale to locate suitable and unsuitable areas based on inclusionary and exclusionary criteria associated with water bodies, town centers and protected areas.

At the second stage, potential suitable areas identified from the first stage are classified into recharge, discharge and midpoint areas combining with digital elevation model at medium scale.

Areas in an unit basin can be characterized as recharge, discharge and midpoint areas depending upon the direction of groundwater flow within the aquifer. A groundwater flow-system is formed by originating in a recharge area and terminating in a discharge area. According to the Recharge Area Concept (Sheng 2000), recharge areas of regional groundwater flow systems are superior for siting a high-level nuclear waste repository compared to other types of groundwater flow regimes especially compare to areas of ground water discharge in Canadian-Shield type natural environments. An underground nuclear waste repository should be located in the recharge area of a regional flow system so that the potentially escaping contaminants would be carried downward by the groundwater flow and either be trapped in subsurface stagnant zones or transported along the longest flow paths toward discharge areas in case the repository fails at some time in the future. The estimated duration of contaminant migration along regional flow trajectories (tens to hundreds of kilometers) in extremely low permeability ($<10^{-17} \text{ m}^2$) plutonic rocks is in the order of $10^5 - 10^6$ years - sufficient for the radionuclides to decay to harmless levels (Sheng 2000; 2004).

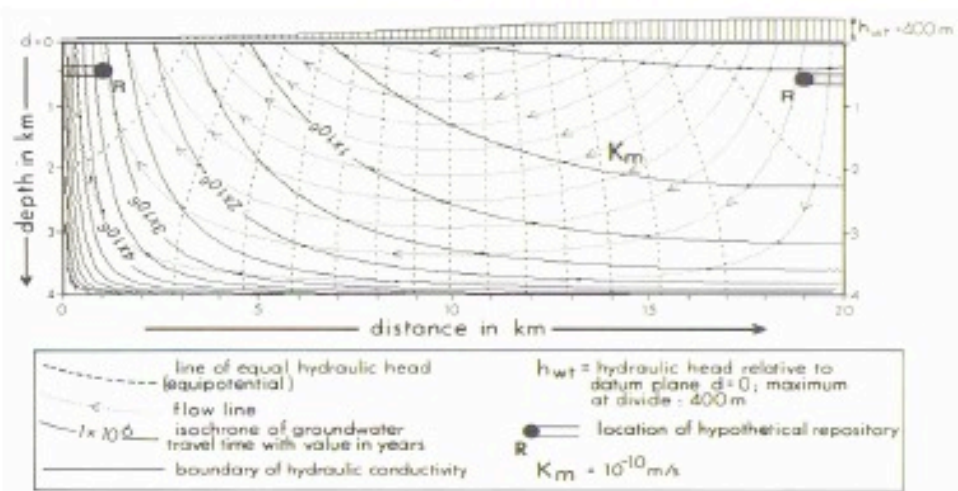


Figure 1. Calculation of Distribution of Basin Permeability (Tóth 1996)

Figure 1 shows the calculation of distribution of hydraulic heads, groundwater flow lines, and isochrones of groundwater travel time between regional recharge and discharge areas, in a basin of homogeneous hydraulic conductivity (Tóth 1996). According to the model calculations, a flow system with a basin flank of 20 km and 400 meter elevation difference between recharge and discharge areas can give rise to long flow paths with very long travel times ($>10^6$ years).

At the third stage, the recharge areas are further divided into parcels with different suitability values based on further inclusionary and exclusionary criteria for site selection. Potential sites for nuclear waste disposal are characterized and evaluated utilizing a suitability index based on selected factors and constrains, including bedrock, ground slope, distance to water bodies, distance to major roads, distance to town centers, and parcel size. An Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied to quantify the relative significance of each factor before determining the most suitable site.

5. Results

DEM and watershed maps are used to identify recharge and discharge areas through topography – higher elevations tend to be recharge areas and lower elevations to be discharge areas. The elevation difference of 400 m over a 20 km horizontal distance with low topographic relief is used as a guide for defining a suitable regional underground flow system of the type shown in Fig. 1 (Tóth 1996; Sheng 2000). Constrains, threshold values and spatial data sets used for this study are listed in Table 1.

Table 1 Lists of constrains, thresholds and spatial datasets

Constraint	Threshold	Dataset
Topography	Recharge area	DEM
Slope	1.145 degree *	DEM
Bedrock	Plutonic, intrusive	Bedrock
Distance to drainage	2 km	Drainage
Distance to town center	50 km	Town
Distance to protected area	20 km	National and Provincial parks, Indian reserves
Distance to road	N/A	Roads and railroads
Parcel size	6 km ² **	Final potential suitable area

* The threshold 1.145 of slope is related to regional (at least 20 km) watershed (Tóth 1996; Sheng 2000).

** Parcel has to be large enough for receipt facilities and associated infrastructure - about 2 x 3 km² of surface area (NWMO 2005).

The site should be located in suitable rock. Plutonic and intrusive rocks of the Canadian Shield have long-term stability, good rock strength, low groundwater flow. Rock mass are homogenous and stable with low hydraulic gradient and low permeability, and diffusion controls transport of dissolved minerals. Both plutonic and intrusive rocks are considered the most suitable for burying nuclear wastes. Bedrocks are classified into 5 types based on their characteristics and are listed in Table 2.

Table 2 Classification of bedrock

Bedrock type	Bedrocks
5	Plutonic, intrusive
4	Migmatic, Mafic+Ultramafic, Metasedimentary+Mafic+Ultramafic, Gneiss, Migmatic+Gneiss, Intrusive, Dykes, Sedimentary, Metavolcanic, Volcanic, Dykes-Sill, Sill, Metavolcanic+Metasedimentary
3	Gneiss + Metasedimentary, Metavolcanic, Sedimentary, Volcanic + Sedimentary
2	Metasedimentary
1	Sedimentary, Tectonite

Ideally, the site should be located away from resident and protected areas, water bodies, but close to transportation routes. This study suggests the distance to town centers, protected areas and water bodies be at least 50, 20 and 2 km respectively. The suitability for each factor is listed in Table 3.

Table 3 Suitability of each factor

Bedrock type	Average slope (degree)	Parcel size (km ²)	Distance to town center (km)	Distance to water bodies (km)	Distance to roads (km)	Distance to protected area (km)	Suitability
5	< 1	> 8	> 80	> 5	< 20	>50	1
4	1 - 2	6 - 8	60 - 80	4 - 5	20 - 30	40 - 50	0.75
3	2 - 3	4 - 6	40 - 60	3 - 4	30 - 40	30 - 40	0.5
2	3 - 5	2 - 4	20 - 40	2 - 3	40 - 50	20 - 30	0.25
1	> 5	< 2	< 20	< 2	> 50	< 20	0

ArcGIS is used to screen and analyze different datasets for generating suitability maps for each factor based on the above criteria. After spatial analysis, factors are inputted into a decision scheme to generate site suitability probability index (SSP).

$$SSP(x, y) = \sum_{i=1}^n \alpha_i L_i$$

where L_i is the i^{th} layer from spatial analyst results, and α_i is its weighting coefficient.

The weighting coefficients can be given arbitrarily or be estimated from existing disposal sites or other studies with similar conditions (Sheng 2001; Sheng 2004). When assigning the relative importance of constraints - bedrock, slope, town center, water body, protected area and transportation in the order of most important to least important, the weights are calculated using the pair-wise comparison developed by Saaty (Saaty 1977) and listed in Table 4.

Table 4 Calculation of weights with pair-wise comparisons

Factors	B	S	TC	PA	WB	T	weight
Bedrock (B)	1						0.47
Slope (S)	1/3	1					0.25
Town center (TC)	1/5	1/3	1				0.11
Protected area (PA)	1/7	1/5	1/3	1			0.04
Water body (WB)	1/5	1/3	1	3	1		0.09
Transportation (T)	1/7	1/5	1/3	1	1/3	1	0.04

Figure 2 shows the results from an arbitrary ranking of the importance of each factor: bedrock, slope, town center, protected area, water body, transportation with weights of 0.47, 0.25, 0.11, 0.04, 0.09 and 0.04 respectively. This map is created by doing raster calculation with weighted linear combination - that is, each raster cell within each attribute factor map is multiplied by its weight and then the results are summed. The cells with the highest scores are the most suitable locations and are indicated by areas in green color on the map. According to the suitability values and parcel size, 5 sites are identified as hypothetically potential suitable sites (Figure 3). Site #, score (suitability), parcel size, bedrock, slope, distance to closest roads, town center and nuclear reactor sites are listed in Table 5.

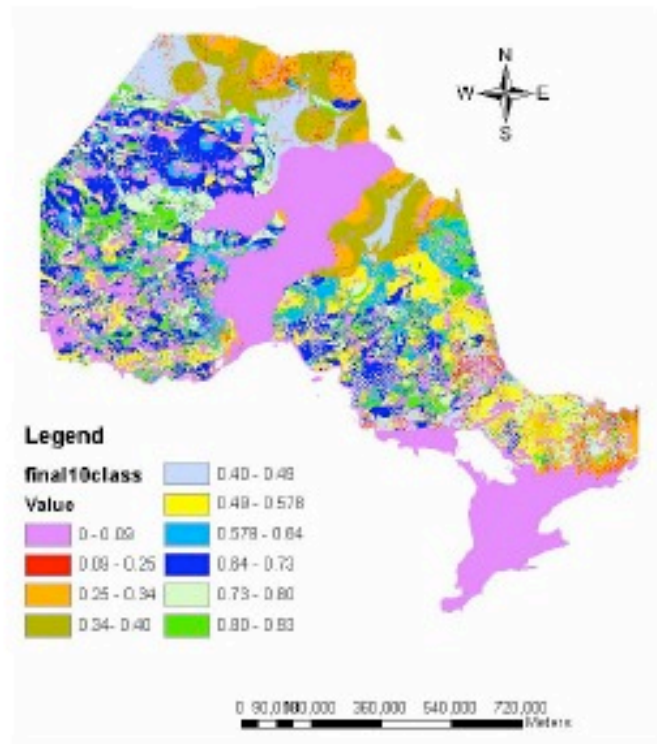


Figure 2. Suitability Map

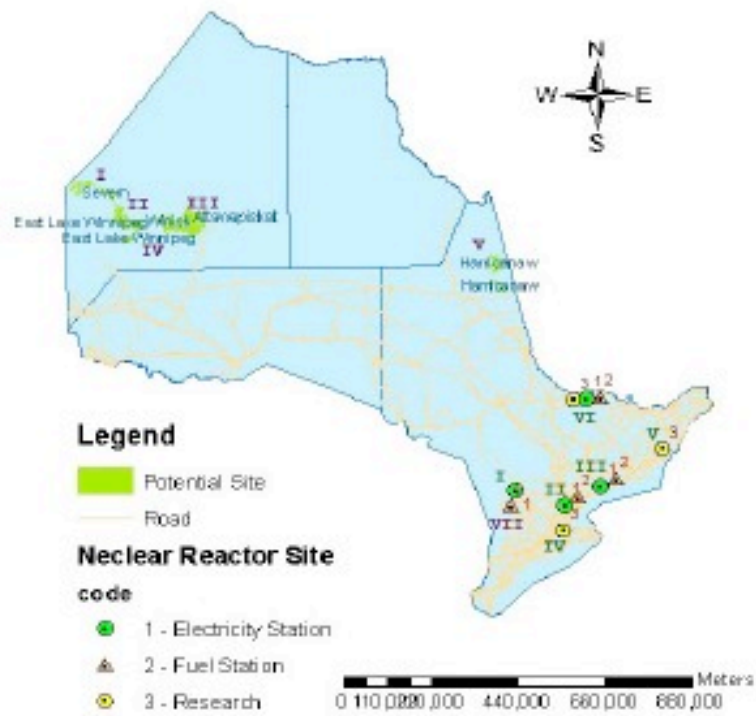


Figure 3. Hypothetically Potential Suitable Sites

Table 5 Summary of analysis for potential nuclear waste sites

Site No	I	II	III	IV	V
Parcel size (km ²)	2176	2284	2824	1592	1499
bedrock	intrusive	intrusive	intrusive	intrusive	intrusive
Slope (Degree)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
D to town (km)	19	20	13	14	21
D to road (km)	108	5	3	7	22
Closest NRS*	Site VI	Site VI	Site VI	Site VI	Site VI
D to closest NRS (km)	1240	1175	1041	1095	338

* I. Bruce Nuclear Generating Station – Kincardine, ON

II. Pickering Nuclear Generating Station – Pickering, ON

III. Darlington Nuclear Generating Station – Clarington, ON

IV. McMaster University – Hamilton, ON

V. Royal Military College – Kingston, ON

VI. AECL CRL – Chalk River, ON

VII. AECL Douglas Point – Kincardine, ON

6. Conclusion

This study provides a methodology to search for, characterize, and then assess, potential favorable sites for a nuclear waste disposal facility in the Canadian Shield of Ontario. Characterizing and assessing the suitability of potential nuclear waste disposal sites require a large amount of multi-source data. A combination of environmental models and geospatial data can provide the required information for such assessment. In this research, a hierarchical analytical process methodology is developed for site suitability assessment. A weighted index overlay method is applied to rank the importance of factors and constrains. After data analysis using spatial analysis combined with a weighted linear combination model, several hypothetically potential sites are identified. But, the output of suitability map can vary greatly based on the inputs of different factors and different weighting for each factor. The hydrogeological, geophysical, infrastructure, and social characteristics of these sites can be further assessed for their suitability as a hypothetical host repository for nuclear wastes.

References

- AECL (2006). Atomic Energy of Canada Limited, Waste Storage. <http://www.aecl.ca/index.asp?navid=3&csid=302&memid=500&miid=545>.
- CEAA (1998). Canadian Environmental Assessment Agency, Federal environmental assessment and review process, Nuclear fuel waste management and disposal concept: Report of the nuclear fuel waste management and disposal concept environmental assessment panel. 174.
- Davison, C. C., Brown, A., Everitt R.A., Gascogne M., Kozak, E.T., Lodha, G.S., Martin, C.D., Soonawala, C.D., Stevenson, D.R., Thorne, G.A., Whitaker, S.H. (1994). The disposal of Canada's nuclear fuel waste: site screening and site evaluation technology. *Atomic Energy Canada Limited Research Report, AECL-10713, COG-93-3*: 255.
- IAEA (2004). International Atomic Energy Agency, *Disposal of Low Activity Radioactive Waste*. Proceedings of an International Symposium, Córdoba, Spain, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1224_Web.pdf
- NEA (1989). Nuclear Energy Agency, The disposal of high-level radioactive waste. <http://www.nea.fr/html/brief/brief-03.html>.
- NWMO (2005). Nuclear Waste Management Organization, Choosing a Way Forward: The Future Management of Canada's Used Nuclear Fuel - Final Study. Toronto, Nuclear Waste Management Organization: 451.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structure. *Mathematical Psychology* 15(3): 234-281.
- Sheng, G., Almasi, I. (2001). Application of GIS in siting for high-level nuclear waste disposal – regional watershed approach. Proceedings of the 2001 International High-Level Radioactive Waste Management Conference, Las Vegas.
- Sheng, G., Huang L. X., Kim, J. E. (2004). Web-based Decision Support System for Public Participation in Site Selection. Proceedings of PPGIS Conference, Madison, Wisconsin.

III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

21107 *Resolución de 23 de diciembre de 2009, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se efectúa la convocatoria pública para la selección de los municipios candidatos a albergar el emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos de alta actividad (ATC) y su centro tecnológico asociado.*

La Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados aprobó, el 27 de abril de 2006, una Proposición no de Ley, por la que el Congreso instaba al Gobierno a constituir una Comisión Interministerial que debería establecer los criterios que deberá cumplir el emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) para combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad y su centro tecnológico asociado.

Atendiendo a lo anterior, el Gobierno aprobó el Real Decreto 775/2006, de 23 de junio, por el que se crea dicha Comisión Interministerial.

Entre las funciones que se atribuyen a la Comisión Interministerial figura la de desarrollar el procedimiento por el que los municipios interesados puedan optar a ser candidatos para el emplazamiento.

A este fin, y una vez establecidos por la Comisión Interministerial los «Criterios básicos de emplazamientos para la instalación ATC y centro tecnológico asociado», publicados en la web del MITYC www.emplazamientoato.es, en virtud de lo acordado por dicha Comisión, en su reunión de 10 de julio de 2008, se procede a la convocatoria pública para determinar los municipios interesados en ser candidatos a que en su término municipal se albergue el ATC y su centro tecnológico asociado, incluidas las infraestructuras necesarias para el asentamiento de empresas, cuyo proyecto se describe en el anexo I.

La convocatoria va dirigida a todos los municipios situados en territorio español y a ella podrán concurrir los municipios individual o conjuntamente.

En el anexo II se indica el procedimiento para la selección del emplazamiento entre los municipios interesados, que se inicia de oficio por medio de la presente convocatoria, y en el anexo III figuran las bases de la misma.

Madrid, 23 de diciembre de 2009.—El Secretario de Estado de Energía, Pedro Luis Marín Uribe.

ANEXO I

Proyecto del ATC y su centro tecnológico

1. Introducción

Las centrales nucleares españolas, de acuerdo con la actual previsión, generarán unas 6.700 toneladas de combustible gastado. Adicionalmente, se generarán cantidades de residuos radiactivos que, por sus características, no podrán ser almacenados en el Almacén Centralizado de Residuos Radiactivos de Baja y Media Actividad de El Cabril. Asimismo, con motivo del envío del combustible gastado de C.N. Vandellós 1 a Francia para su reproceso, deberá ser devuelta a España una determinada cantidad de residuos radiactivos de media y alta actividad.

El Gobierno en los sucesivos Planes Generales de Residuos Radiactivos (PGRR) y, en particular, en el vigente VI PGRR, contempla para el almacenamiento de estos residuos una solución centralizada, atendiendo a consideraciones estratégicas, técnicas, económicas y de seguridad, siendo ésta, también, la mejor opción según opinión mayoritaria de los

componentes de la Mesa de Diálogo sobre la evolución de la energía nuclear, celebrada entre noviembre de 2005 y mayo de 2006 en España.

2. Descripción del proyecto

El proyecto complementa la función de almacenamiento de combustible gastado con la investigación y desarrollo relacionados con la gestión final de dicho material y tecnologías de protección medioambiental. Consiste en el ATC que albergará el combustible gastado y un centro tecnológico que facilitará las actividades de investigación y experimentación, incluyendo las infraestructuras necesarias para el asentamiento de empresas.

El ATC es una instalación de características industriales, realizable con tecnología plenamente consolidada y disponible desde hace años y sobre la que existe ya una apreciable experiencia operacional. Está concebida para el almacenamiento en seco, durante un periodo de 60 años, del combustible gastado y residuos vitrificados de alta actividad utilizando la tecnología de bóvedas y la de naves de hormigón para almacenar el resto de residuos acondicionados. Se trata de una estructura integral de aproximadamente 283 m. de largo, 78 m. de ancho y 28 m. de alto. Los conductos de salida de aire de los edificios de almacenamiento alcanzan una altura de 45 m. respecto al nivel del suelo. Diversos países de nuestro entorno cuentan con instalaciones similares, tal es el caso de La Hague y Marcoule (Francia), Sellafield (Reino Unido), Paks (Hungria), Fort St Vrain (Estados Unidos) o Habog (Holanda), cuyas características se aproximan en gran medida a las del proyecto español. La instalación necesitará una superficie aproximada de 13 hectáreas.

El centro tecnológico tiene como principal objetivo el asegurar la disponibilidad de las tecnologías y conocimientos necesarios para la gestión final del combustible gastado y los residuos de alta actividad a través del desarrollo del Plan de I+D y del soporte a otras instalaciones y actividades de ENRESA. Su actividad se desarrollará a través de proyectos y programas específicos para los que se contará con una serie de servicios básicos, entre los que cabe destacar los laboratorios de combustible, química avanzada, radiactividad y medioambiente, materiales, verificación industrial, así como de medidas de apoyo a proyectos, gestión de datos y servicios generales. El centro tecnológico ocupará una superficie de unas 7 hectáreas.

Como apoyo a la instalación ATC y el centro tecnológico asociado, el proyecto contará con las infraestructuras necesarias para el asentamiento de empresas, para lo que se prevé inicialmente una superficie de unas 5 hectáreas.

3. Aspectos ambientales

De acuerdo con la legislación vigente, como zona reglamentada nuclear, el emplazamiento de la instalación ATC deberá cumplir con todos los requisitos, trámites y licencias de las diferentes administraciones competentes. Entre ellos, los relacionados con la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental, previa a la autorización de las obras de construcción.

A la espera de que sea seleccionado el emplazamiento que acogerá esta instalación y, por tanto, de estudiar el impacto ambiental de la instalación ATC en un lugar concreto, el actual diseño de este proyecto consta de sendos estudios «genéricos» de seguridad y de impacto ambiental, los cuales concluyen que la instalación cumple con todo tipo de requisitos de seguridad aplicable y que el impacto global producido por la instalación será compatible con el respeto al medio ambiente.

El proyecto técnico de un diseño genérico de ATC ha sido sometido al proceso de evaluación del Consejo de Seguridad Nuclear, el cual emitió una apreciación favorable el 29 de Junio de 2006. El proyecto de detalle será reevaluado por las autoridades competentes, una vez que se conozcan las características del emplazamiento que se decida.

4. Aspectos socioeconómicos

Se prevé que el proyecto se desarrolle en tres fases; sobre las que, a continuación, se indica una estimación inicial del impacto socioeconómico esperado, que se irá concretando a medida que éste se desarrolle.

Una etapa principal inicial que consistirá en la caracterización y preparación del terreno, construcción de los edificios generales, y un primer edificio de almacenamiento (4 bóvedas) del ATC y construcción del centro tecnológico con la infraestructura necesaria para el asentamiento de empresas. Tendrá una duración estimada de cinco años.

Una segunda etapa que comprenderá la construcción del segundo edificio de almacenamiento (4 bóvedas), adyacente al primero. Estará disponible 6 años después del inicio de la explotación de la instalación.

Una tercera etapa que abarcará la construcción del tercer edificio de almacenamiento (4 bóvedas), adyacentes al segundo. Estará disponible 14 años después del inicio de la explotación de la instalación.

La previsión de inversión total es de unos 700 millones de euros. Para la construcción de las instalaciones se estima un promedio diario de unos 300 trabajadores durante los cinco años de la primera etapa, con algún pico de hasta 500.

Por otra parte, los ingresos previstos para los municipios concernidos por la ubicación de la instalación ATC, y sus criterios de reparto, serán los establecidos en la Orden del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, sobre asignaciones a los municipios del entorno de las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos o centrales nucleares, con cargo al Fondo para la financiación de las actividades del Plan General de Residuos Radiactivos.

Experiencias previas en obras de esta naturaleza muestran que alrededor del 60% de la mano de obra necesaria para la construcción puede provenir del propio entorno local, porcentaje que puede aumentar en la fase de operación. A ello cabe añadir las necesidades de materiales y de servicios del proyecto, que constituirán un importante estímulo para la actividad empresarial del entorno en todos los sectores productivos.

Para otras informaciones, consultar la página web del MITYC www.emplazamientoatc.es.

ANEXO II

Procedimiento

La instrucción y el impulso del procedimiento de selección del emplazamiento corresponderán a la Comisión Interministerial, debiendo dictar todos los actos de trámite necesarios hasta realizar la propuesta de emplazamientos candidatos a la que se refiere el artículo 3 d) del Real Decreto 775/2006. En la realización de los actos materiales de gestión y ordenación del procedimiento la Comisión tendrá el apoyo y asistencia de su Secretario, que además actuará como secretario en la instrucción del procedimiento.

Dicho procedimiento se desarrollará de acuerdo con los trámites que se indican a continuación:

a) Presentación de candidaturas:

Los municipios interesados, previa adopción del correspondiente acuerdo del Pleno Municipal, en el que se designará al órgano competente para proponer los terrenos en la fase correspondiente del procedimiento, dispondrán de un plazo de presentación de candidaturas de un mes a contar desde el día siguiente a la publicación en el BOE de la presente Convocatoria Pública. A la solicitud deberá acompañarse la documentación a que se hace referencia en el apartado 2 del anexo III «Bases de la convocatoria».

Esta documentación se presentará en los lugares previstos en el artículo 38 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, entre los que se incluye el Registro

General del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), Paseo de la Castellana, 160; Madrid.

La solicitud deberá dirigirse al Secretario de Estado de Energía, Presidente de la Comisión Interministerial para la selección del emplazamiento del ATC y su centro tecnológico, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Paseo de la Castellana, 160, 28046 Madrid.

b) Acuerdo de la Comisión Interministerial por el que se aprueba la lista provisional de candidaturas admitidas y excluidas:

La Comisión Interministerial publicará en la página web del MITYC www.emplazamientoato.es y notificará individualmente a los municipios solicitantes la lista provisional de candidaturas admitidas y excluidas, haciendo referencia expresa a la causa de exclusión de los candidatos cuya solicitud no sea admitida.

Las solicitudes podrán ser inadmitidas por la concurrencia de defectos formales insubsanables.

c) Trámite de reclamaciones:

En un plazo de diez (10) días a contar desde la notificación individual al municipio, los municipios excluidos provisionalmente podrán formular alegaciones sobre su falta de admisión y/o subsanar eventualmente defectos de esta naturaleza de sus candidaturas, de acuerdo con lo previsto en el artículo 71 de la Ley 30/1992.

d) Acuerdo de la Comisión Interministerial por el que se aprueba la lista definitiva de candidaturas admitidas y excluidas:

Transcurrido el plazo para el trámite de reclamaciones y resueltas éstas, la Comisión Interministerial aprobará y publicará en la página web www.emplazamientoato.es la lista definitiva y notificará individualmente a los municipios candidatos.

e) Análisis del término municipal:

La Comisión Interministerial analizará el término municipal de los candidatos de acuerdo con los criterios de exclusión establecidos en el apartado 3 del Anexo III «Bases de la convocatoria». Como consecuencia de este análisis, la Comisión comunicará a los municipios candidatos las zonas no aptas de su término municipal para albergar el ATC y su centro tecnológico.

f) Trámite de alegaciones y de información y participación pública:

Una vez efectuada la comunicación anterior, la Comisión publicará en la página web www.emplazamientoato.es y notificará a los municipios solicitantes, a la Federación española de municipios y provincias, y a las provincias y comunidades autónomas en cuyo ámbito territorial se encuentran los municipios admitidos, así como a aquellas organizaciones y asociaciones cuyos fines guarden relación directa con el objeto del procedimiento, requiriéndoles para que formulen las alegaciones que tengan por convenientes, sobre la aplicación de los criterios de la convocatoria a las candidaturas presentadas, disponiendo para ello de un plazo de veinte (20) días a contar desde la fecha de notificación individual o, en su caso, de la fecha de publicación en la web www.emplazamientoato.es.

g) Presentación de terrenos:

Una vez finalizado el trámite anterior, la Comisión, a la vista de las alegaciones presentadas, comunicará a los municipios candidatos las zonas excluidas, emplazando a los mismos para que, en el plazo de un mes, aporten la información sobre alternativas de terrenos propuestos para albergar el ATC y el centro tecnológico asociado. A estos efectos deberán remitir la documentación a que se hace referencia en el apartado 4 del Anexo III «Información sobre los terrenos».

Esta documentación se presentará en los lugares previstos en el artículo 38 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, entre los que se incluye el Registro General del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), Paseo de la Castellana, 160; Madrid. Deberá dirigirse al Secretario de Estado de Energía, Presidente de la Comisión Interministerial para la selección del emplazamiento del ATC y su centro tecnológico, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Paseo de la Castellana, 160, 28046 Madrid.

h) Estudio de candidaturas, elaboración de informe de propuesta y acuerdo de remisión al Gobierno:

La Comisión Interministerial estudiará los terrenos propuestos teniendo en cuenta los factores que se incluyen en el apartado 5 del anexo III «Bases de la Convocatoria». Culminará dicho trámite con la aprobación de un informe de propuesta para su remisión al Gobierno.

Dicho informe reflejará las ventajas de los diferentes emplazamientos, desde el punto de vista de viabilidad, licenciamiento y desarrollo del proyecto.

El Gobierno, mediante acuerdo del Consejo de Ministros, que será publicado en el BOE, designará el emplazamiento del ATC y su centro tecnológico asociado, y la Comisión Interministerial informará a cada uno de los municipios que hayan concurrido a la Convocatoria Pública de la finalización del proceso.

ANEXO III

Bases de la convocatoria

Las candidaturas que se presenten atenderán a las siguientes bases:

1. *Compromisos asumidos*

Se entenderá que los ayuntamientos, al presentar la candidatura, asumen los siguientes compromisos:

Compromiso firme de disponibilidad de los terrenos.

Compromiso firme de otorgar las licencias de su competencia que sean necesarias para la consecución del proyecto, de acuerdo con la legislación vigente.

Compromiso firme de realizar e impulsar los trámites que le competan, ante otras administraciones, acudiendo a procedimientos de urgencia si fuese necesario, para asegurar el cumplimiento de los plazos previstos en el proyecto.

Compromiso firme de mantener su participación en el proceso hasta que se produzca la decisión del Gobierno, momento en el cual, sólo el ayuntamiento designado permanecerá vinculado al mismo.

2. *Contenido de las candidaturas*

Los municipios interesados, previa adopción del correspondiente acuerdo por el Pleno del Ayuntamiento, presentarán sus candidaturas, en el lugar y los plazos establecidos en el procedimiento de la convocatoria, haciendo constar en el escrito de presentación, que deberá ser firmado por el representante facultado para ello, los siguientes datos identificativos:

Referencia convocatoria pública: S. E. ATC.

Título de la convocatoria pública: Selección Emplazamiento ATC.

En dicha presentación, se incluirán los siguientes datos, mediante la cumplimentación del Formulario A y los anexos que se consideren necesarios:

2.1 Información del municipio.

Nombre del municipio.

Provincia.

Nombre del representante del ayuntamiento, dirección, teléfono, fax y correo electrónico.

Certificado del acuerdo del Pleno Municipal que decide presentar la candidatura, asumiendo los compromisos expresados anteriormente.

2.2 Normativas municipales de interés para el proyecto

Ordenanzas municipales de carácter ambiental (si las hubiere).

2.3 Contribución del municipio a la realización del proyecto

Propuestas de colaboración del municipio que favorezcan el desarrollo del proyecto.

Otra información considerada de interés.

3. *Criterios de exclusión*

Teniendo en cuenta lo establecido en el apartado 4 del documento «Criterios básicos de emplazamientos para la instalación ATC y centro tecnológico asociado», los criterios de exclusión para identificar las zonas no aptas para la instalación del ATC en los términos municipales de los Ayuntamientos candidatos son los siguientes:

Áreas que formen parte de la Red Europea de la Conservación de la Naturaleza, Natura 2000, incluyendo Parques Nacionales, Parques Naturales y otras figuras equivalentes cuya gestión corresponde a las Comunidades Autónomas, los Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) y las Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPAS).

Zonas protegidas del Ministerio de Defensa, Montes de Utilidad Pública y terrenos que formen parte de la Red Española de Vías Pecuarias.

Áreas en las que existan elementos de interés patrimonial, que puedan ser afectadas por estar en la zona de influencia de la instalación o por las obras de construcción de la misma.

Emplazamientos que requieren que el transporte se lleve a cabo necesariamente por vía aérea o marítima.

4. *Información sobre los terrenos*

Una vez definidas por la Comisión las zonas excluidas definitivamente, los municipios candidatos deberán aportar la información correspondiente a los terrenos propuestos para albergar el ATC y sus instalaciones asociadas, mediante la cumplimentación del Formulario B.

4.1 Superficie requerida.

El emplazamiento previsto para albergar el ATC y sus instalaciones asociadas debe disponer de unos terrenos con una superficie que haga viable su construcción y operación, de acuerdo con los siguientes requisitos:

Un mínimo de 13 hectáreas para el ATC, con una topografía preferentemente llana.

Un mínimo de 12 hectáreas para el centro tecnológico asociado y las infraestructuras necesarias para el asentamiento de empresas, de los cuales al menos 2 hectáreas estarán anexas al terreno propuesto para la instalación ATC.

4.2 Identificación.

Localización del terreno propuesto sobre el plano de zonas facilitado por la Comisión.

Extensión aproximada del terreno.
Titularidad del terreno.
Plazo de disponibilidad del terreno.
Calificación urbanística del terreno.

4.3 Infraestructuras existentes con distancia en km.

Indicación de posibilidades de acceso al terreno:

Por ferrocarril.
Por carretera.

Estaciones de ferrocarril próximas.
Distancia a los aeropuertos más próximos:

Civiles.
Militares.

Instalaciones industriales e infraestructuras próximas relevantes.

5. Factores a considerar en el examen de los terrenos

Teniendo en cuenta lo establecido en el apartado 4 del documento «Criterios básicos de emplazamientos para la instalación ATC y centro tecnológico asociado», para el examen de los terrenos se considerarán los siguientes factores:

5.1. Características de los terrenos.

Plazos previstos para poder disponer de los terrenos ofrecidos.
Extensión disponible.
Topografía, geotecnia y sismotectónica.
Meteorología e hidrología.

5.2 Características del entorno

Existencia de infraestructuras adecuadas de transporte de acceso al emplazamiento por ferrocarril, y en su defecto, proximidad a la red de carreteras.

Distancia a instalaciones industriales relevantes para el desarrollo del proyecto.

Existencia de áreas industriales o tecnológicas que puedan presentar algún riesgo.

Distancia a zonas de interés estratégico en explotación o con posibilidad de explotación futura.

Distancia a núcleos principales de población.

Disponibilidad de agua corriente.

Acometidas eléctricas.

5.3. Características ambientales y socioeconómicas.

Situación relativa -distancia y conexión natural- respecto a espacios protegidos y hábitats en peligro de extinción.

Tejido industrial, empresarial y centros de capacitación profesionales.

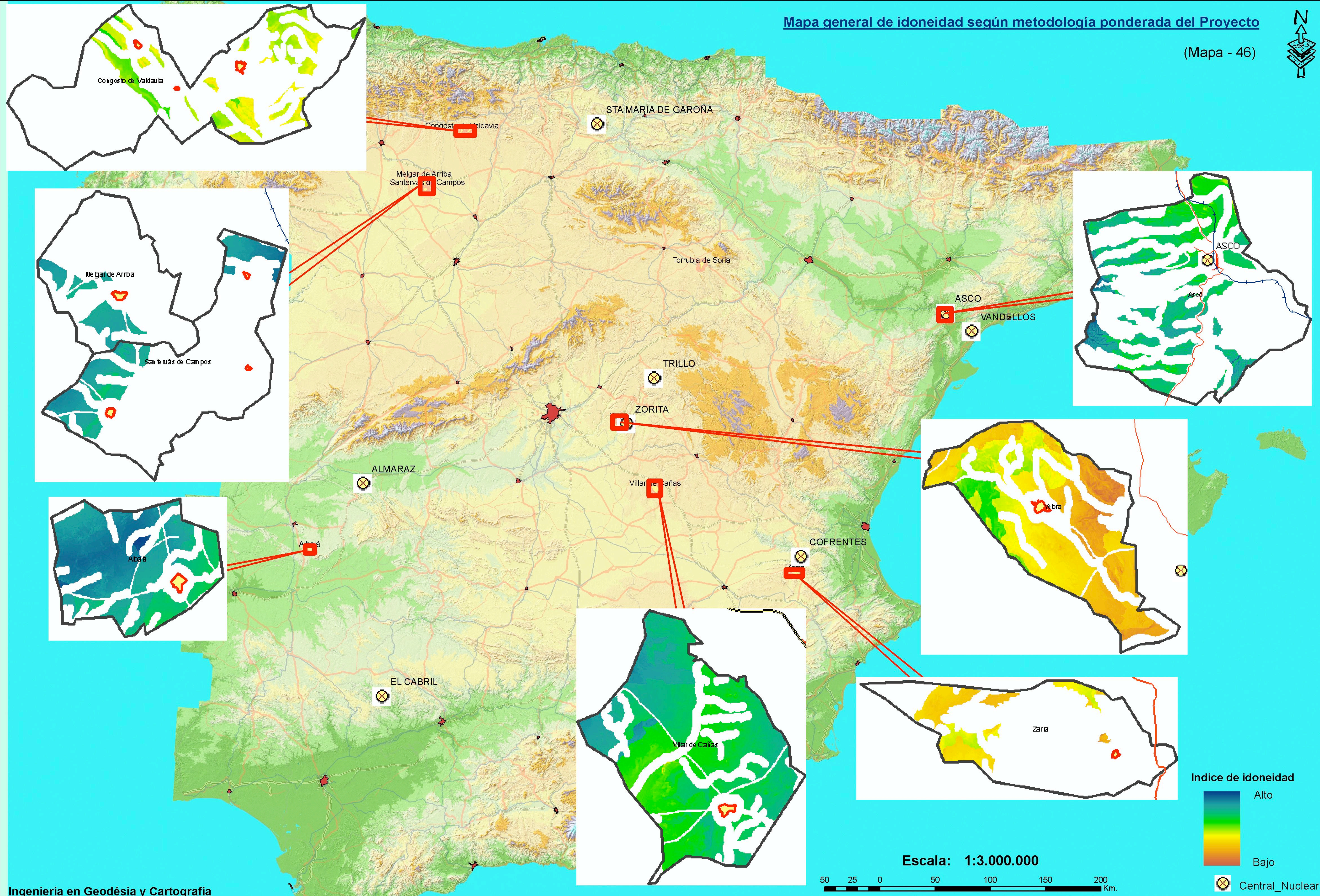
Antecedentes del entorno en actividades relacionadas con el ámbito nuclear.

5.4. Contribución de los Ayuntamientos

Posibles colaboraciones y aportaciones que los ayuntamientos pongan a disposición del proyecto.

Mapa general de idoneidad según metodología ponderada del Proyecto

(Mapa - 46)



Indice de idoneidad

Dark Blue	Alto
Green	
Yellow	
Red	Bajo

Central_Nuclear

