



**PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN  
PARA LAS CAPTACIONES DE LA LOCALIDAD  
DE SOTOS (CUENCA)**

**Octubre 2010**

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Ubicación
- 1.2. Abastecimiento actual

### 2. PROPUESTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

- 2.1. Marco hidrogeológico regional
- 2.2. Marco hidrogeológico local
- 2.3. Vulnerabilidad del acuífero
  - 2.3.1. *Inventario de focos de contaminación*
  - 2.3.2. *Estimación de la vulnerabilidad*
- 2.4. Perímetro de protección de las captaciones

### 3. BIBLIOGRAFÍA

#### ANEXO I

#### Croquis de pozo

#### ANEXO II

Tablas utilizadas para calcular los índices del método de Rehse

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Ubicación

La población de Sotos es una población que junto a las localidades de Pajares, Ribagorda, Ribatajada, Ribatajadilla, Collados, Torrecilla y Villaseca forma el municipio de Sotorribas. A tan sólo 18 km de Cuenca, es uno de los municipios que forman la comarca del Campichuelo-Serranía Baja-Media. Esta comarca se sitúa al borde de la Serranía de Cuenca, ocupando parte de la depresión terciaria de Mariana Cañamares, entre la Serranía de Cuenca y la Sierra de Bascuñana, pertenecientes a la rama castellana de la Cordillera Ibérica.

Sotos se encuentra rodeado por el arroyo de la Carrabalilla al SO y el arrollo de la Vega al NE. Ambos arroyos desembocan en el río Mariana, que pasa en dirección N-S al E de la población. Más al E, discurre el río Júcar, paralelamente al borde oriental de la depresión terciaria de Mariana Cañamares. La zona próxima a Sotos se incluye dentro de la Cuenca hidrográfica del Júcar mientras que en la parte septentrional de la depresión de Mariana, los arroyos drenan hacia la Cuenca Hidrográfica del tajo.

Posee una población residente estable de 873 habitantes (censo INE 2007), correspondiéndose con la pedanía de Sotos un total de 496 (censo 2004). La población estacional de todo el municipio alcanza en verano los 1500 habitantes (EIEL 2000) siendo informados en el Ayuntamiento de Sotos la población llega a duplicarse, tanto en verano como los fines de semana de todo el año.

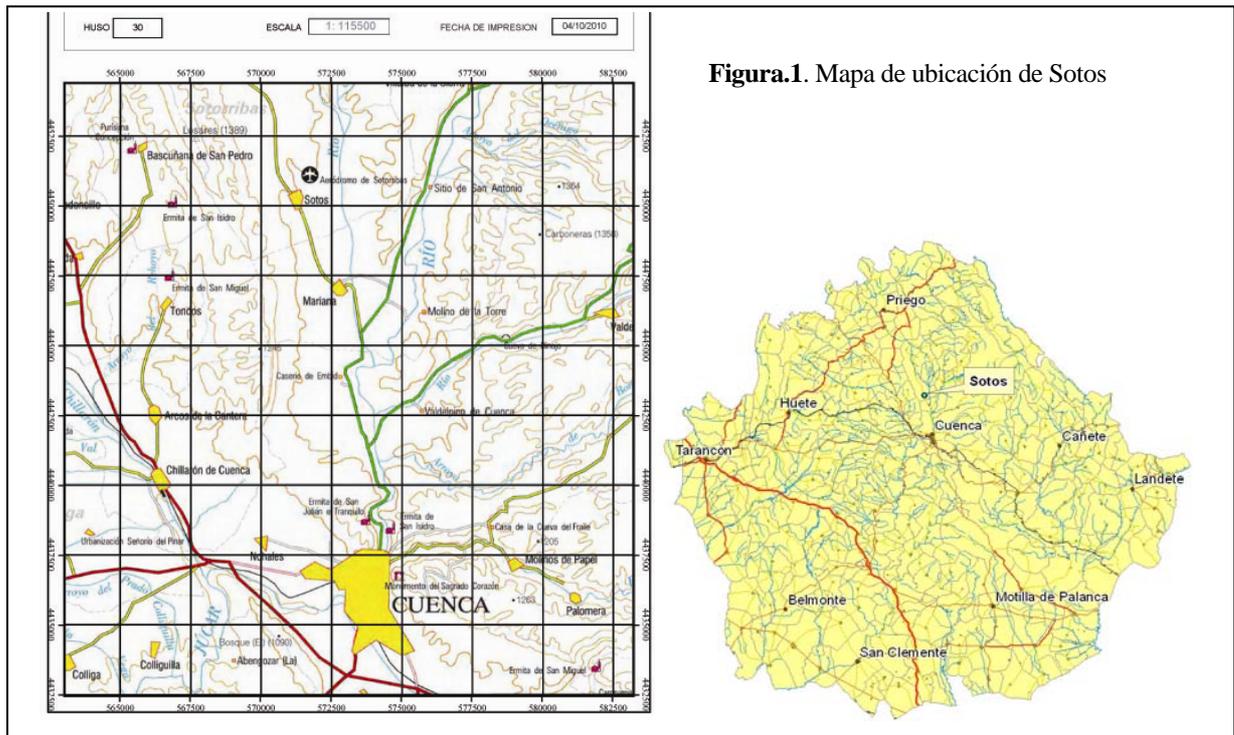


Figura.1. Mapa de ubicación de Sotos

## 1.2 Abastecimiento actual

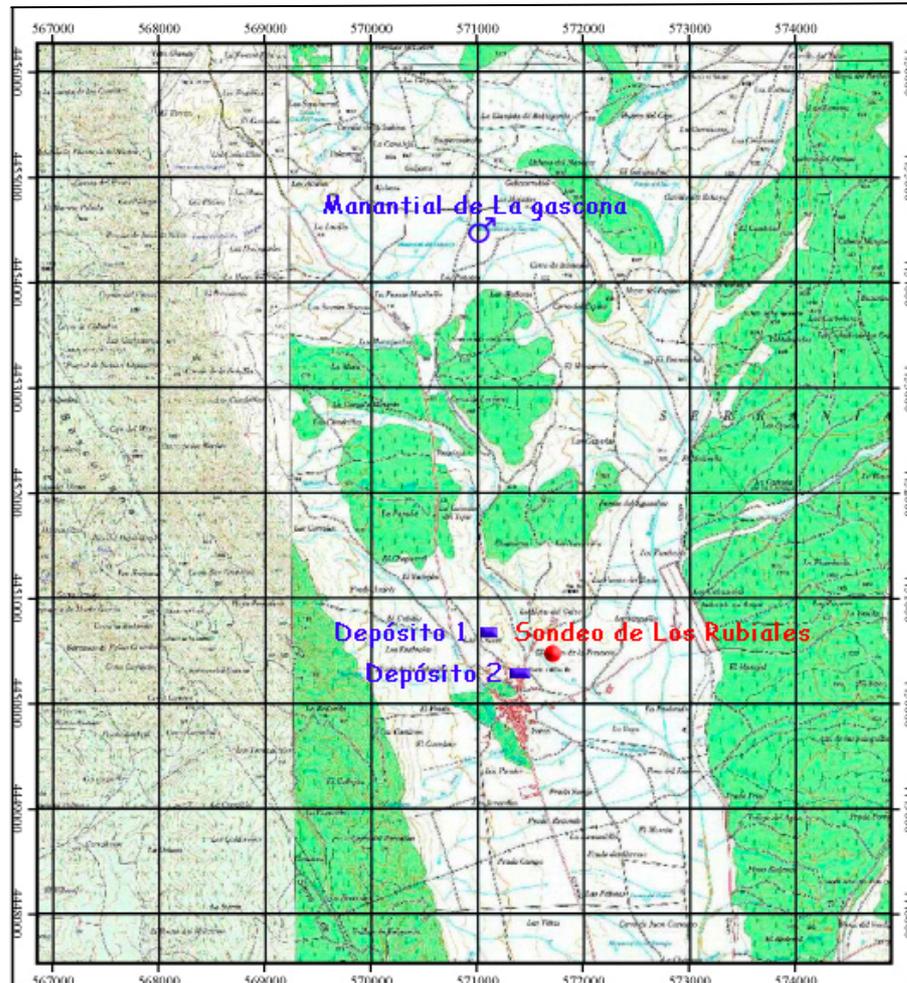
El abastecimiento de la población se realiza mediante la captación de un manantial, el manantial de La Gascona, con un caudal aforado de 1,3 l/s (24/07/2008) aunque se dispone de un dato del 2005 de 0,2 l/s (25/10/2005) el cual sería insuficiente para satisfacer la demanda ordinaria del pueblo estimada en 1,10 l/s (99,2 m<sup>3</sup>/s). En los meses de verano y fines de semana de mayor afluencia al pueblo, el manantial no cubre las necesidades del pueblo estimadas en 3,5 l/s (300 m<sup>3</sup>/s) correspondientes a una población de 1500 habitantes. La demanda es complementada con el sondeo de Los Rubiales, el cual presenta problemas de calidad al superar el límite máximo de sulfatos establecido en el RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Las características de las actuales captaciones se reflejan en la Tabla 1:

CAPTACIÓN	UTM_X	UTM_Y	Cota (m)	Prof. (m)	C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Q (l/s)	Litología	Observaciones
Manantial de La Gascona	570904	4454515	1010		496	1.3	Unidad Detrítica Superior	Insuficiente para satisfacer demanda
Sondeo de los Rubiales	571701	4450547	990	100		5	Arenas miocenas	Contenido en sulfatos supera el máximo establecido
DEPÓSITOS	UTM X	UTM Y	Cota	Capacidad ( $\text{m}^3$ )		Observaciones		
Depósito 1	570974	4450631	1023	400		En buen estado. De distribución		
Depósito 2	571377	4450279	1007	100		En buen estado. De regulación		

*Tabla 1. Características de las actuales captaciones de abastecimiento de Sotos. Leyenda: C- conductividad de campo en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Q- caudal.*

El manantial se sitúa a 4100 m al Norte de Sotos y de ahí sus aguas son bombeadas al depósito 2, a escasos 500 m de la localidad. El sondeo se ubica en el paraje de Los Rubiales a unos 450 m al NE. De igual manera, sus aguas han de ser bombeadas al depósito 2, donde se cloran ambas. De ahí se bombean al depósito 1, donde se mezclan y se distribuyen. En la Figura 2 se ubica el actual sistema de abastecimiento.



*Figura 2. Sistema de abastecimiento de la localidad de Sotos*

## 2. PROPUESTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

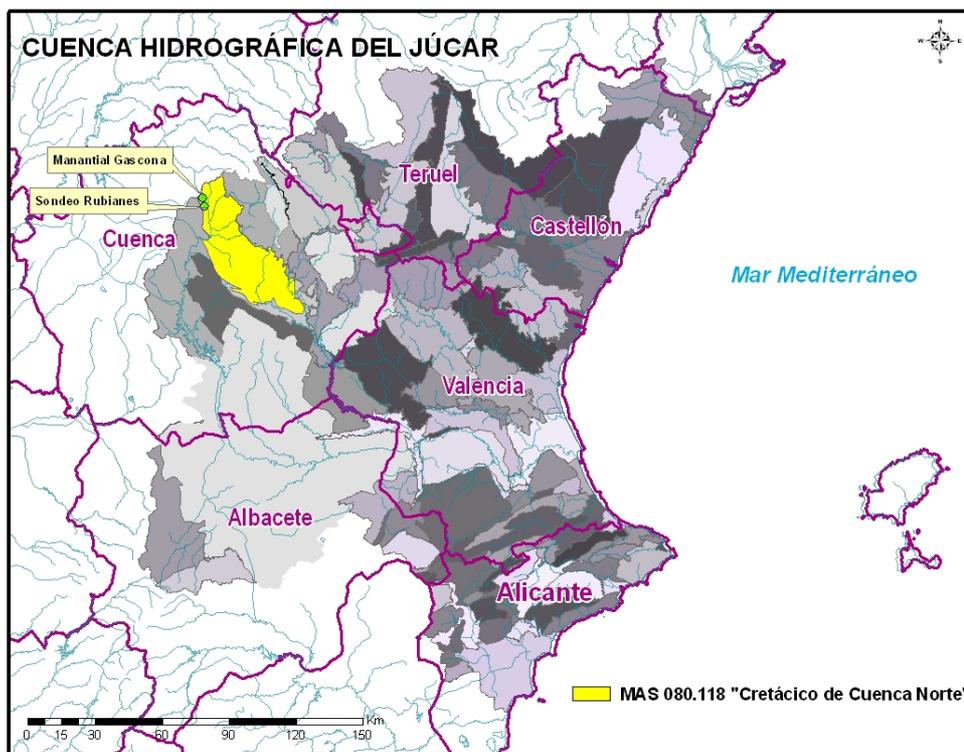
### 2.1. Marco hidrogeológico regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MAS) tal y como se muestra en la Figura 3 y 4.

Regionalmente, la zona considerada en este estudio se enmarca dentro de la Masa de Agua Subterránea **MAS 080.118 “Cretácico de Cuenca Norte”**, perteneciente a la cuenca hidrográfica

del Júcar. Con anterioridad a la nueva delimitación de las masas, ésta se englobaba dentro las MAS 080. 015 “Serranía de Cuenca”. Dicha MAS es de tipo mixto, con un espesor medio de más de 500 m y con litologías variadas correspondientes tanto al Mesozoico como al Terciario (calizas, dolomías, conglomerados, areniscas y detríticos terciarios). Las cotas piezométricas encontradas oscilan entre los 770 y 1400 msnm, teniendo los diferentes acuíferos niveles piezométricos distintos. Los dos ejes que condicionan el flujo subterráneo son los ríos Júcar y Cabriel.

Esta MAS queda ahora subdividida en 5 masas distintas correspondientes a cada uno de los acuíferos que la conforman.



**Figura 3.** Cuenca hidrográfica del Júcar y delimitación de sus Masas de Agua subterránea. En amarillo la MAS 08.118 “Cretácico de Cuenca Norte”.

Según el mapa de permeabilidad de la Figura 5, a la zona de estudio le corresponde una permeabilidad alta por tratarse de rocas detríticas porosas.

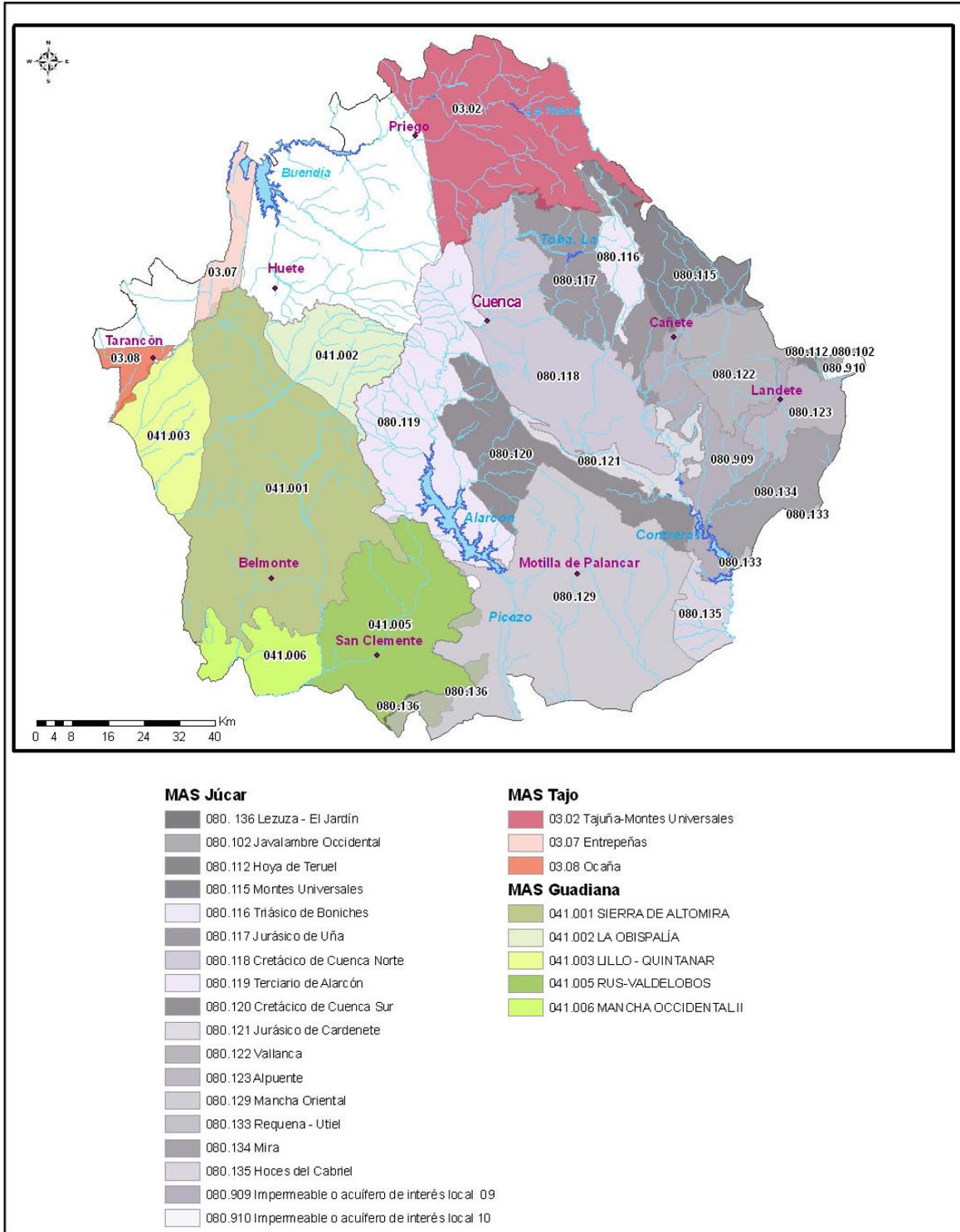
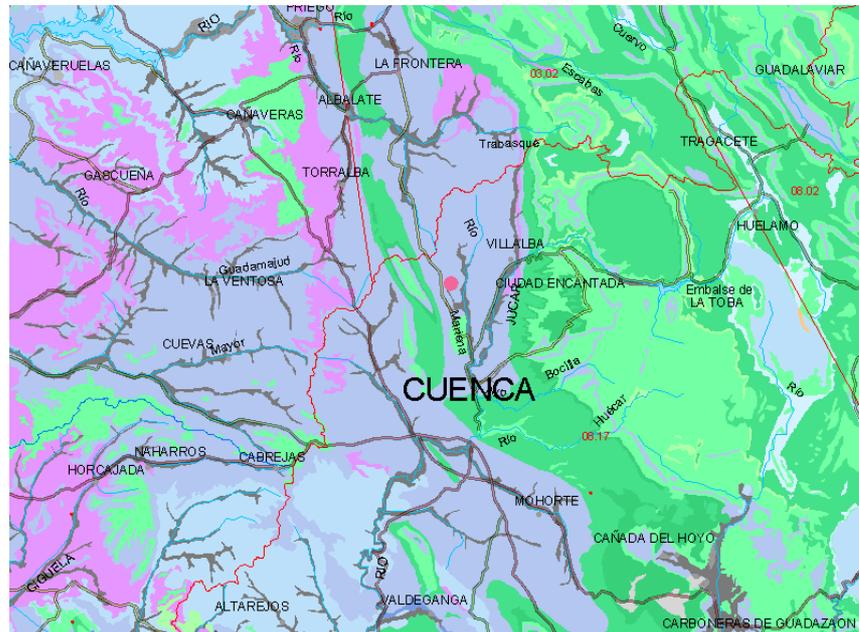


Figura 4. Masas de Agua Subterránea de la provincia de Cuenca.



**PERMEABILIDAD**

LITOLOGÍAS		PERMEABILIDAD					
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	
CON AGUAS UTILIZABLES	↑ FISURABLES POR SOLUBILIZACIÓN ↓ ↑ POROSAS ↓	CARBONATADAS	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
		DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
		DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
		META-DETRÍTICAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
		IGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD	↑ SOLUBLES ↓	EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB

*Figura 5. Mapa de permeabilidad de la zona de estudio (indicada con un punto rojo).*

La facies hidroquímica de este sistema acuífero es bicarbonatada cálcica, con conductividades que varían entre 331 y 643  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y una concentración media de nitratos de 14  $\text{mg}/\text{l}$ .

El volumen de agua utilizado al año se calcula que es de unos 46.5  $\text{hm}^3/\text{año}$ , procedente de los bombeos y del aprovechamiento de manantiales. El agua es utilizada para abastecimiento y para

regadío.

La parte más septentrional del municipio de Sotorribas corresponde a la cuenca hidrográfica del Tajo ya a otra M.A.S., la 030.003 “Tajuña-Montes Universales”.

## **2.2. Marco hidrogeológico local**

Tanto el manantial como el sondeo que abastecen a Sotos explotan los materiales detríticos terciarios que constituyen formaciones acuíferas y que se encuentran rellenando la Depresión de Mariana, con un conjunto de sedimentos detríticos terciarios con un espesor aproximado de 200 m y cuyo zócalo impermeable está formado por los materiales cretácicos y del tránsito Cretácico-Terciario, que se encuentran fracturados y dispuestos en forma de fosas y bloques levantados. La circulación del agua es hacia el SE, al río Júcar en su parte centro-meridional y hacia el río Tajuña, perteneciente a la cuenca del Tajo, en su parte septentrional.

Como formaciones acuíferas se distinguen:

*a) Conglomerados silíceos, areniscas y arcillas rojas (16) Eoceno Sup. Oligoceno. 150 m*

Esta unidad es explotada en profundidad por el sondeo de Sotos, mediante un caudal de 5 l/s. Litológicamente está constituida por una alternancia de conglomerados de cantos silíceos y calcáreos y areniscas ocre y amarillas con arcillas rojas y pardas. La calidad química es deficiente por presencia elevada de sulfatos. Este sondeo es surgente, lo que sugiere una cota de nivel piezométrico aproximada de 990 m s.n.m.

*b) Conglomerados calcáreos masivos, arenas (17) Oligoceno-Mioceno.* Difícil de estimar su potencia al encontrarse muy degradados. A base de la formación, presenta un potente paquete de pudingas, que hacia el ESE de la depresión alcanza varias decenas de metros. Por encima, se dispone una serie detrítica más fina, compuesta por areniscas de colores crema y arcillas y margas verdes y blancas.

El manantial de La Gascona y la Fuente del Zorío se ubican sobre estos materiales, dando una cota piezométrica de 1010 y 970 m s.n.m respectivamente.

Según las cotas piezométricas que se disponen de los puntos acuíferos ligados a estos materiales podemos establecer una dirección de flujo local hacia el SE aunque en la zona de la captación del manantial y debido a la naturaleza llana de esa zona, resulta difícil estimar la dirección de flujo preferente.

La naturaleza de las aguas analizadas es bicarbonatada cálcica para el manantial y sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica para el agua del sondeo, indicando este hecho la presencia de yesos en profundidad que empeorarían la calidad química del agua. El contenido en nitratos en el manantial es de 20 mg/L y en el sondeo de 3 mg/L.

### 2.3. Vulnerabilidad del acuífero

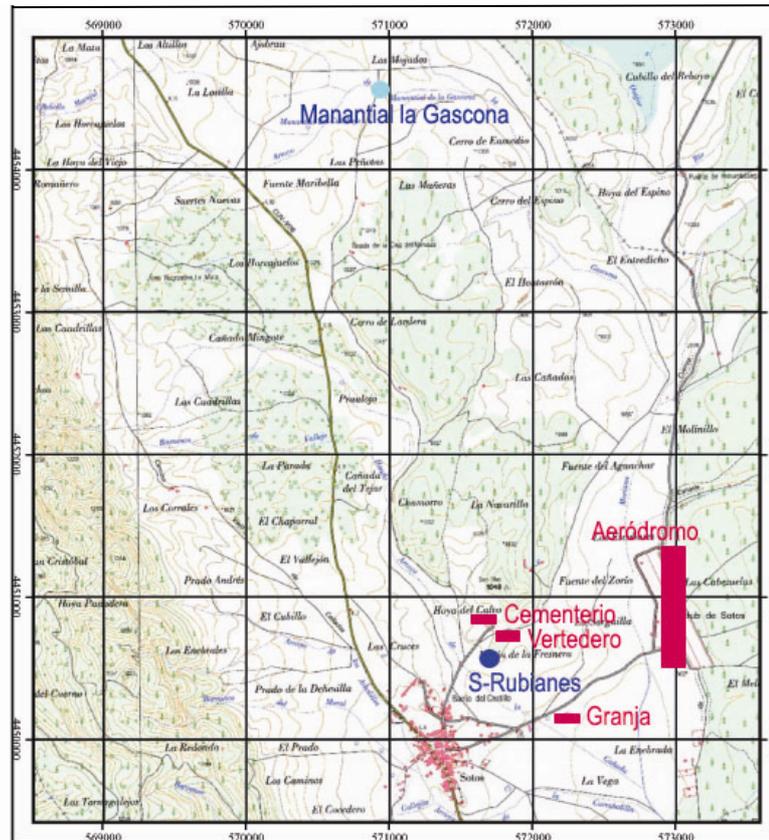
#### 2.3.1. Inventario de focos de contaminación

Según el informe de EPTISA (2006) se observan cinco focos potenciales de contaminación en las inmediaciones de las captaciones que podrían estar influyendo negativamente en la calidad del agua de las mismas. Estos focos, situados en la Figura 6 quedan reflejados en la siguiente tabla:

Foco contaminante	UTM_X	UTM_Y
Vertedero incontrolado	571800	4450695
Cementerio	571714	4450785
Aeródromo (Hidrocarburos y aceites)	572852	4450607
Granja	572244	4450141
Tierras de cultivo de cereal y girasol	areal	areal

**Tabla 2.** Potenciales focos de contaminación en el entorno de Sotos.

Se observa que los principales focos de contaminación se ubican cercanos al sondeo de abastecimiento. El manantial también puede verse afectado por las tierras de cultivo ya que se encuentran situadas directamente encima del acuífero desde el que se capta el agua.



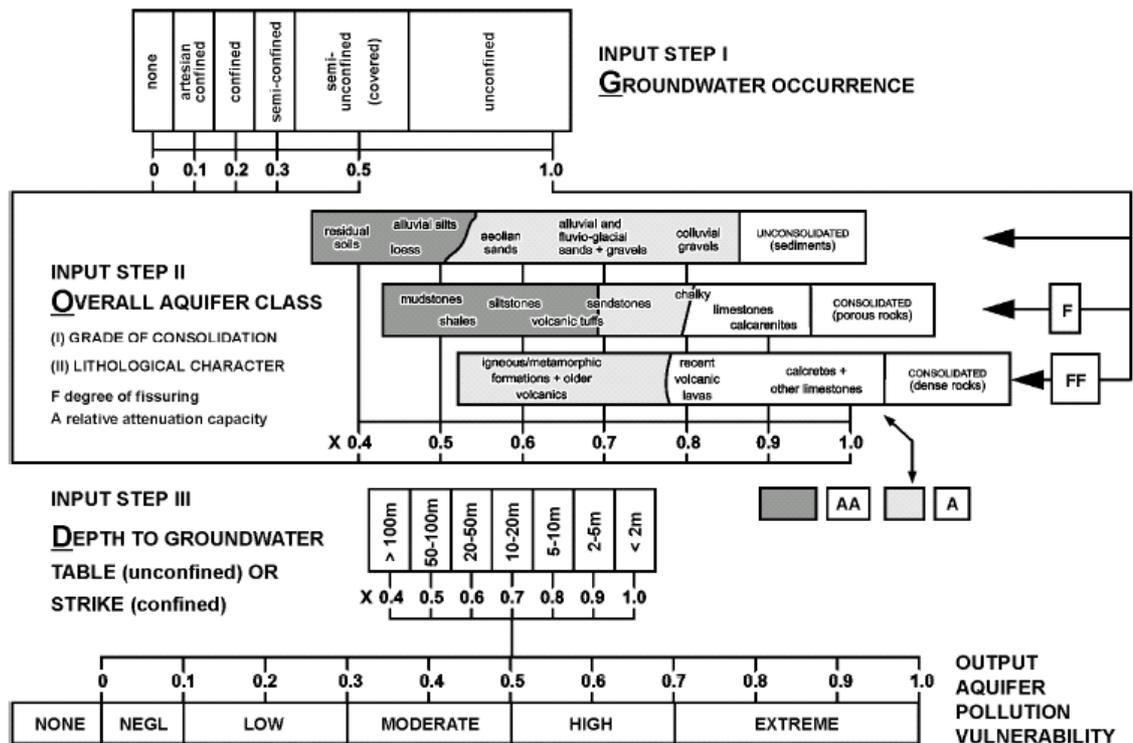
**Figura 6.** Potenciales focos de contaminación en el entorno de Sotos

### 2.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables (G, O, D) las cuales conforman el acrónimo:

- G- tipo de acuífero.
- O- litología de cobertura del acuífero
- D- profundidad del agua o del acuífero.

En la Figura 7 (Foster e Hirata, 1988) se reproduce el diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Los tres índices que se multiplican entre sí, resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).



**GOD** empirical system for the rapid assessment of aquifer contamination vulnerability (from Foster, 1987).  
Editorial note: Corrections received from the author  
Step I: substitute "overflowing" for "artesian confined"; Step II: title should be "Overlying Lithology"; Output: omit "none".

**Figura 7.** Esquema de la valoración del índice GOD.

Tanto el sondeo como el manantial explotan los materiales detríticos del Terciario. El sondeo explota las arenas del Oligoceno encontradas a 85 m de profundidad, confinadas por una serie detrítica de grano fino, mientras que el manantial se ubica sobre las arenas y conglomerados del Mioceno.

La zona se ha dividido en celdas de aproximadamente 500m x 500m cada una. El tipo de acuífero se va a considerar para cada una de estas celdas en función de la profundidad del nivel piezométrico estimado, de los materiales suprayacentes y de las características generales del flujo subterráneo. En general, para la situación presumiblemente similar a la de la zona del sondeo, se

va a considerar acuífero confinado y surgente ( $G = 0,1$ ). Para las celdas con un comportamiento similar a la zona del manantial se va a considerar un acuífero libre ( $G = 1$ ). Para las zonas en las que afloran los materiales mesozoicos del anticlinal de Bascuñana se va a considerar acuífero inexistente ( $G = 0$ ), aunque habría que considerar que aun siendo estratigráficamente inferiores se encuentran topográficamente por encima del acuífero aquí a estudio, y parte de la escorrentía superficial llegaría a las partes bajas y podría infiltrarse. En las zonas en las que el acuífero libre esta recubierto por materiales cuaternarios, se ha asignado un valor de  $G = 0,5$ .

En cuanto a la capacidad protectora que ofrecen los materiales que se encuentran por encima del acuífero, ésta variará para cada celda, aunque dada la naturaleza de los materiales detríticos terciarios con abundancia en arcilla, la capacidad protectora de la zona no saturada tenderá a ser elevada ( $O = 1$  ,  $O = 0,9$  ,  $O = 0,8$  ).

La profundidad a la que se encuentra el techo de la formación acuífera variará para cada celda y se ha estimado en función de la profundidad a la que se corta agua en sondeos cercanos y las cotas topográficas de las fuentes.

La cartografía de vulnerabilidad mediante este método ofrece varias zonas diferenciadas en función del acuífero considerado. Para la zona que drena el manantial y cuyo acuífero se ha considerado libre, la vulnerabilidad es alta llegando a extrema en las inmediaciones de dicha captación. Sin embargo, los materiales que explota el sondeo, al encontrarse en profundidad y confinados por 80 metros de arcilla y limos, la vulnerabilidad resultante es insignificante. Vulnerabilidades bajas y moderadas resultan en las zonas en las que el acuífero libre se encuentra recubierto de materiales cuaternarios o en los que se infiere que la profundidad del nivel piezométrico será mayor. Vulnerabilidad nula en la zona de afloramiento mesozoico debido a la ausencia de acuífero.

El cementerio y el vertedero se ubican sobre la zona de vulnerabilidad insignificante, mientras que el aeródromo y la granja en zonas de vulnerabilidad de baja a alta.

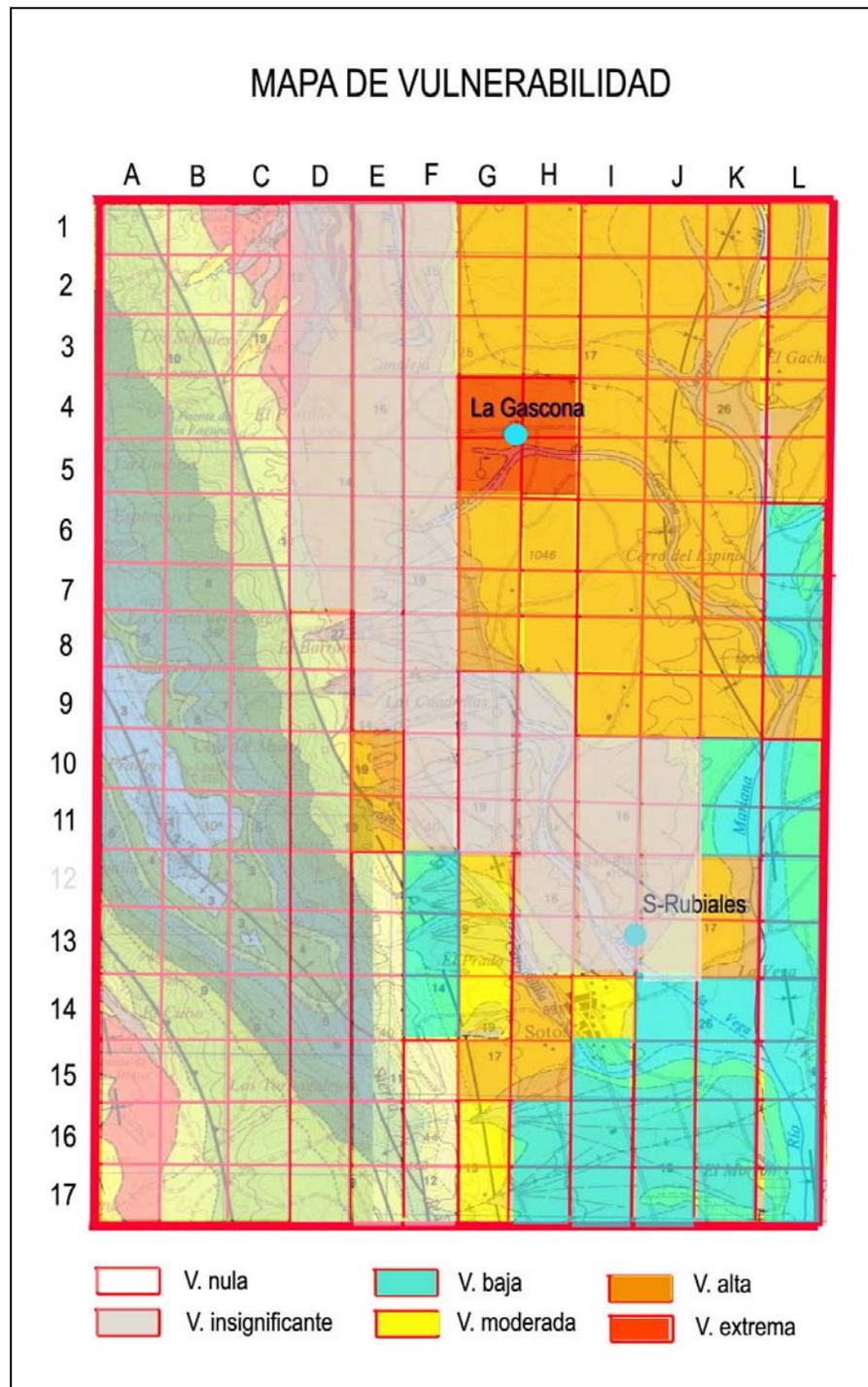


Figura 8. Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD

## 2.4 Perímetro de protección de las captaciones

La delimitación de zonas de protección de las captaciones para abastecimiento urbano se viene revelando como práctica fundamental para asegurar tanto la calidad del agua suministrada a la población como la gestión sostenible de este recurso.

En el presente documento se proponen los perímetros de protección en torno a las captaciones utilizadas para el abastecimiento de Sotos, para proteger tanto la **calidad** como la **cantidad** de agua necesaria para satisfacer la demanda. En el primer caso, la protección tiene en cuenta la contaminación puntual o difusa que pudiera poner en peligro la calidad del agua del abastecimiento, y en el segundo caso, la protección considera la afección provocada por otros pozos o por bombeos intensos no compatibles con el sostenimiento de los acuíferos.

Para lograr ambos objetivos se suele recomendar el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, los cuales habrá que establecer para cada caso.

En el desarrollo de este proyecto, la definición de los perímetros de protección de las distintas captaciones se basa fundamentalmente en **criterios hidrogeológicos**, apoyándose además, en los cálculos realizados siguiendo el **método de Wyssling**, que tiene en cuenta el tiempo de tránsito y el método de Rehse, que tiene en cuenta el poder autodepurador de los materiales.

El método Wyssling permite evaluar el tiempo que un contaminante tardaría en llegar a la captación que se quiere proteger. Como resultado se obtiene una zonación dentro del perímetro de protección de las distintas captaciones en tres zonas las cuales contarán con restricciones de uso tanto mayor cuanto más próximas se encuentren a las captaciones:

- *Zona inmediata o de restricciones absolutas*: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m<sup>2</sup>. Suele estar vallada.
- *Zona próxima o de restricciones máximas*: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- *Zona alejada o de restricciones moderadas*: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

La aplicación de métodos hidrogeológicos, exclusivamente, delimitaría el área de alimentación de cada captación, pero no permite su subdivisión en diferentes zonas, como sí lo posibilita el empleo de métodos que consideran el tiempo de tránsito.

Con la combinación de ambos métodos, la definición del perímetro de protección permite asegurar que la contaminación será inactivada en el trayecto entre el punto de vertido y el lugar de extracción del agua subterránea y, al mismo tiempo, se proporciona un tiempo de reacción que permita el empleo de otras fuentes de abastecimiento alternativas, hasta que el efecto de la posible contaminación se reduce a niveles tolerables.

#### Sondeo Rubiales:

Para el caso del sondeo, se ha de considerar que el acuífero se encuentra confinado por una serie detrítica de 83 m, fundamentalmente arcillosa como se aprecia en el esquema del sondeo adjunto en el Anexo. Esta capa confinante actuaría como protección natural del acuífero. Para calcular este poder autodepurador de los materiales se va a aplicar el método de Rehse (1991, IGME) el cual viene dado por la expresión:

$$M_x = M_{zns} + M_{zs}$$

Donde  **$M_x$**  es el **poder depurador** sobre la totalidad del transporte,  **$M_{zns}$**  es el **poder depurador en el trayecto vertical (zona no saturada)** y  **$M_{zs}$**  es el **poder depurador en el trayecto horizontal (zona saturada)**.

La depuración será completa cuando  $M_x$  sea mayor o igual a 1. Para realizar los cálculos necesarios se utilizan varias tablas (ver Anexo II) que relacionan el tipo de material y su poder depurador tanto en la zona saturada como en la no saturada.

Aplicado al caso del sondeo de Sotos se obtiene que el poder depurador de la zona no saturada  $M_{zns}$  es muy superior a 1, por lo que según Rehse, no sería necesario determinar ningún perímetro de protección de la calidad ya que se considera que los materiales de la Zona no saturada suponen una barrera depuradora natural que garantiza la protección del acuífero.

**$M_{zns}$**  = Suma de los diferentes espesores de materiales en la ZNS multiplicado por el Índice de depuración de cada uno de estos materiales según Rehse ( ver Tablas en el Anexo II) = 40,83

Manantial Los Gascones:

El método para calcular el tiempo de tránsito aplicado en este caso es el desarrollado por Wyssling, consistente en el cálculo de la zona de influencia de una captación y búsqueda posterior del tiempo de tránsito deseado. El método es simple y supone que el acuífero se comporta como un acuífero homogéneo (este hecho puede considerarse válido en primera aproximación para una escala de detalle). Por ello en este trabajo no se considera de forma exclusiva, sino como apoyo en la definición de perímetros aplicando criterios hidrogeológicos.

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

$i$  = gradiente hidráulico

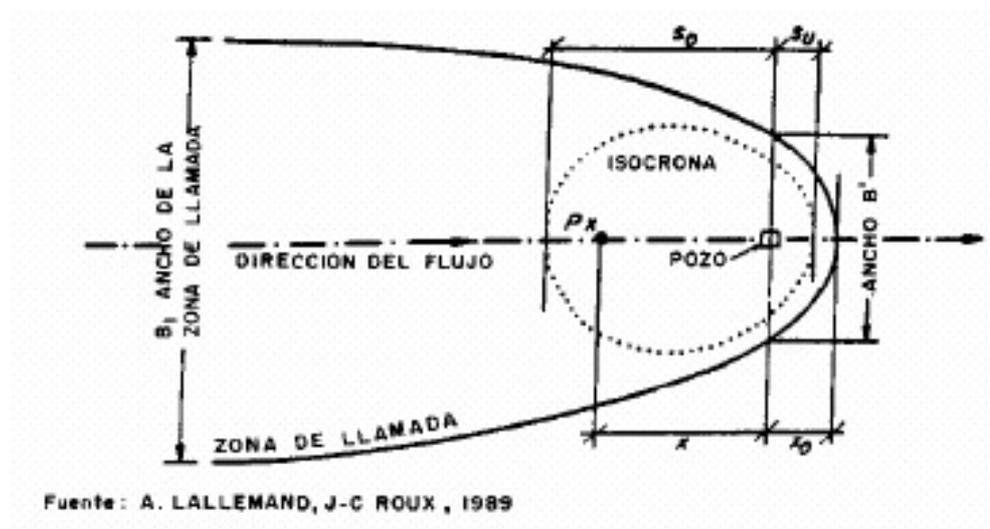
$Q$  = caudal de bombeo ( $m^3/s$ )

$k$  = permeabilidad horizontal ( $m/s$ )

$m_e$  = porosidad eficaz

$b$  = espesor del acuífero ( $m$ )

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de llamada ( $x_0$ ), la velocidad efectiva ( $v_e$ ) y la distancia ( $s$ ) en metros recorrida entre un punto y la captación en un determinado tiempo, o tiempo de tránsito ( $t$ ).



**Figura 9.** Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del abastecimiento a Sotos no se dispone de datos hidráulicos precisos, utilizando valores medios de origen bibliográfico acordes con la información litológica e hidrogeológica existente (columnas litológicas de sondeos, reconocimientos de campo, etc.). El gradiente hidráulico se ha establecido en función de los datos de campo que se disponen. La potencia de estos materiales es de varias decenas de metros pero se desconoce con exactitud al encontrarse muy degradados y acuñarse hacia el norte. Así, se va a calcular para distintos espesores, 10, 20 y 50 m respectivamente.

Sotos	
Espesor del acuífero (m)	10, 20 y 50
Porosidad eficaz	0,0001
Permeabilidad horizontal (m/día)	2
Permeabilidad horizontal (m/s)	$2.314 \cdot 10^{-5}$
Caudal de bombeo (l/s)	1,3
Caudal de bombeo (m <sup>3</sup> /s)	0.0013
Gradiente hidráulico	0.0025

**Tabla 3.** Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito según el método Wyssling en el manantial de la Gascona.

#### 2.4.1 *Perímetro de restricciones absolutas*

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio (sI) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día.

Esta zona tendrá forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas. Sin embargo, se va a representar de forma cuadrangular para que resulte más fácil su manejo a la hora de definir la superficie. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación.

En este caso, tanto el sondeo como la captación del manantial ya disponen de un perímetro vallado así que no se recomienda ninguna actuación.



**Figura 10.** Fotos de las captaciones de Sotos y su perímetro vallado ( Sondeo Rubiales y Fuente La Gascona)

#### 2.4.2 Perímetro de restricciones máximas

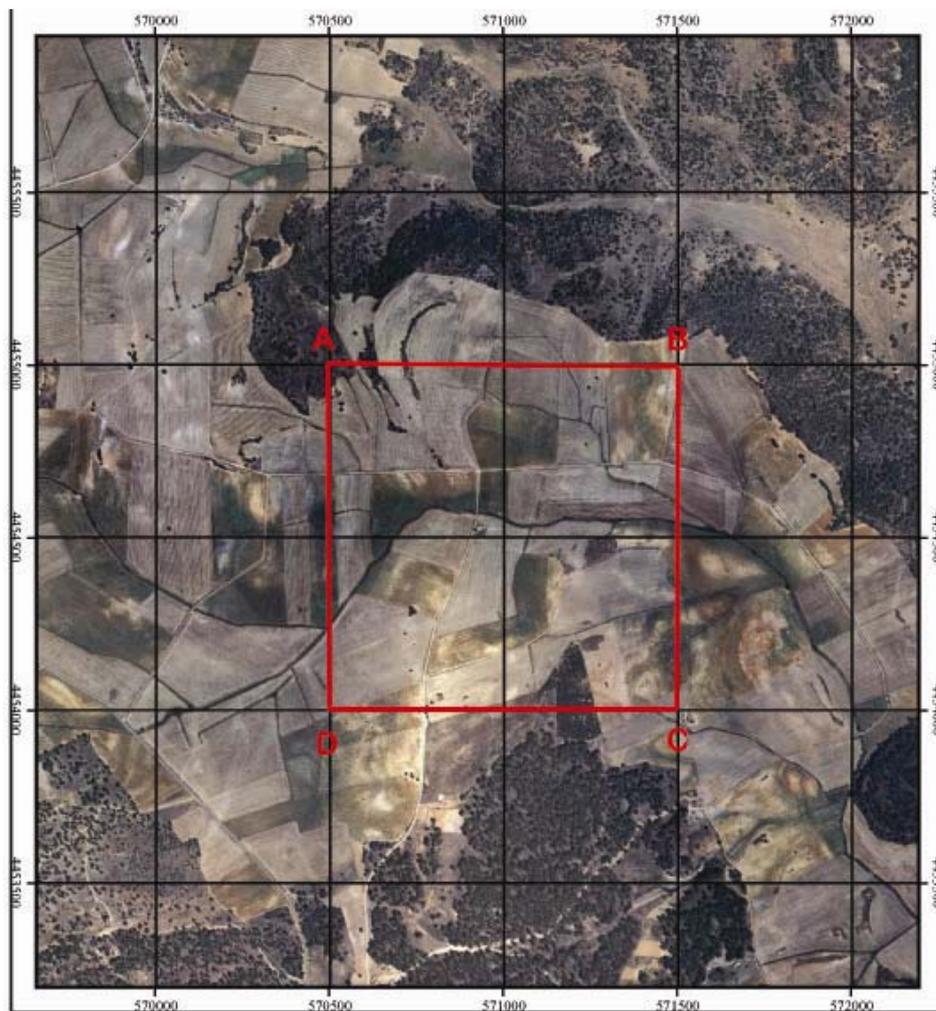
Queda delimitada entre la zona de protecciones absolutas y la isocrona de 60 días.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para sII.

Sotos (b=10)	
S0 (aguas arriba)	637
Su (aguas abajo)	337
Sotos(b=20)	
S0 (aguas arriba)	510
Su (aguas abajo)	210
Sotos (b=50)	
S0 (aguas arriba)	405
Su (aguas abajo)	105

**Tabla 4.** Valores del radio del perímetro de restricciones máximas.

En la zona donde surge el manantial y debido a las características del terreno, no se conoce con exactitud la dirección preferencial de flujo. El manantial se sitúa en una zona llana con pequeños relieves circundantes, como se aprecia en la Figura 11. Por ello se ha trazado una zona de protecciones máximas de forma cuadrangular tomando las distancias más conservativas calculadas.



**Figura 11.** Manantial de La Gascona y perímetro de protección máxima para el mismo, de forma cuadrangular.

### 2.4.3 *Perímetro de restricciones moderadas*

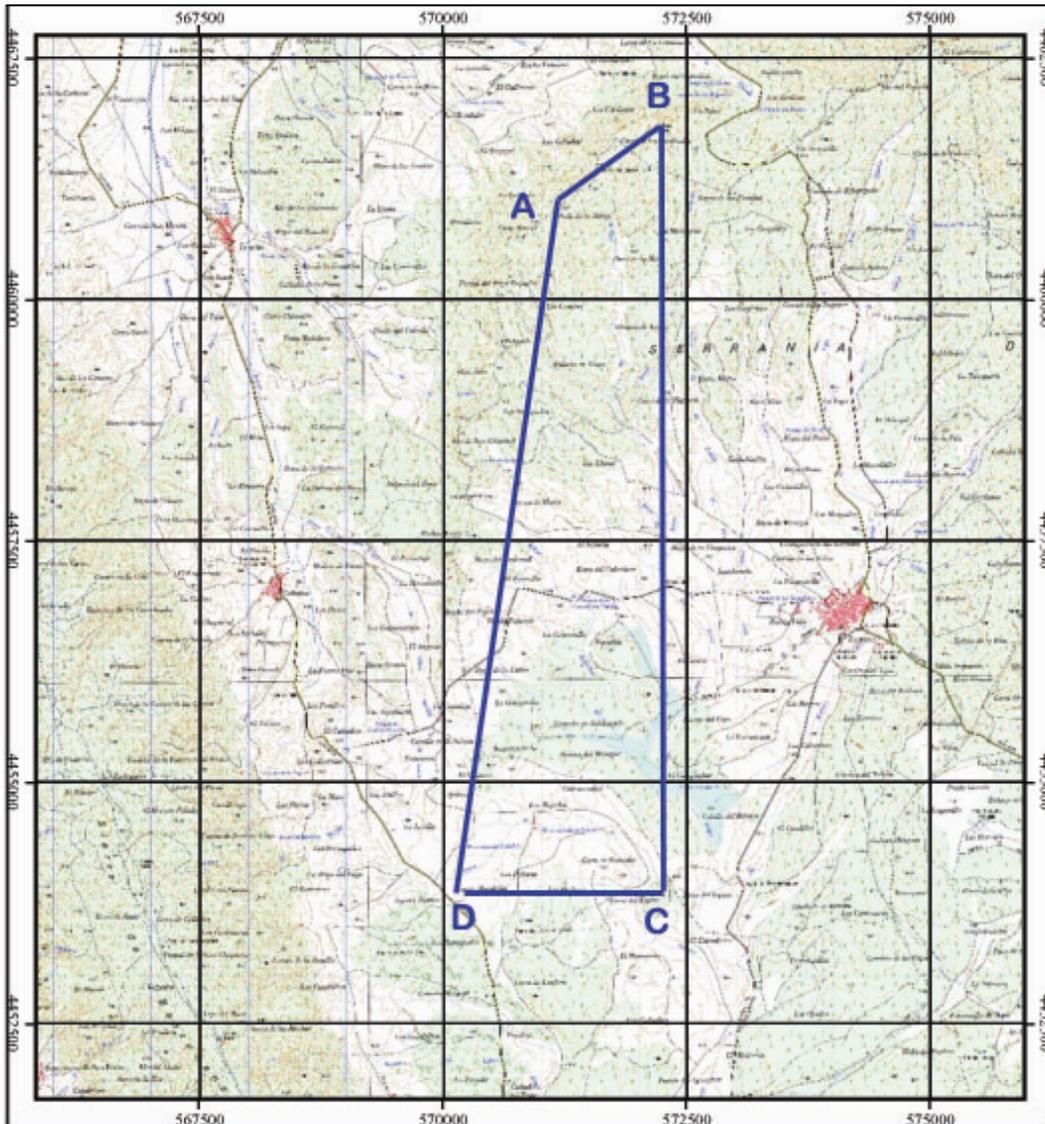
La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima (radio sII) y la isocrona de 10 años (radio sIII). Cuando el límite de la zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con el límite de la zona de alimentación.

Sotos	
S0 (aguas arriba)	18939 m
Su (aguas abajo)	690 m

**Tabla 5.** Valores del radio del perímetro de restricciones moderadas

Los resultados obtenidos con este método se han adecuado a las características geológicas e hidrogeológicas de la zona. Así, la distancia coincidente con la isocrona de 10 años obtenida por este método, supera la zona de alimentación del sondeo y se ha reducido para hacerla coincidir aproximadamente con la divisoria de aguas subterráneas. Este límite se ha establecido a 7200 m al norte del manantial donde las aguas dejarían de drenar hacia el río Mariana y por tanto hacia la cuenca del Júcar, para hacerlo hacia el norte, hacia los ríos de la cuenca del Tajo, Linares, Liendre y Trabaque.

Las coordenadas de dicho perímetro se encuentran en la Tabla 6 y su representación cartográfica en la Figura 12.



**Figura 12.** Perímetro de restricciones moderadas para el manantial de la Gascona (Sotos)

#### 2.4.4 *Perímetro de protección de la cantidad*

Se delimita un sólo perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

Para la protección del sondeo de abastecimiento a Sotos se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las del sondeo a proteger, situados a determinadas distancias.

Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

$$D = \frac{0.183}{T} Q \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

D = Descenso del nivel piezométrico

T = Transmisividad = 25 m<sup>2</sup>/día (dato procedente del ensayo de bombeo realizado)

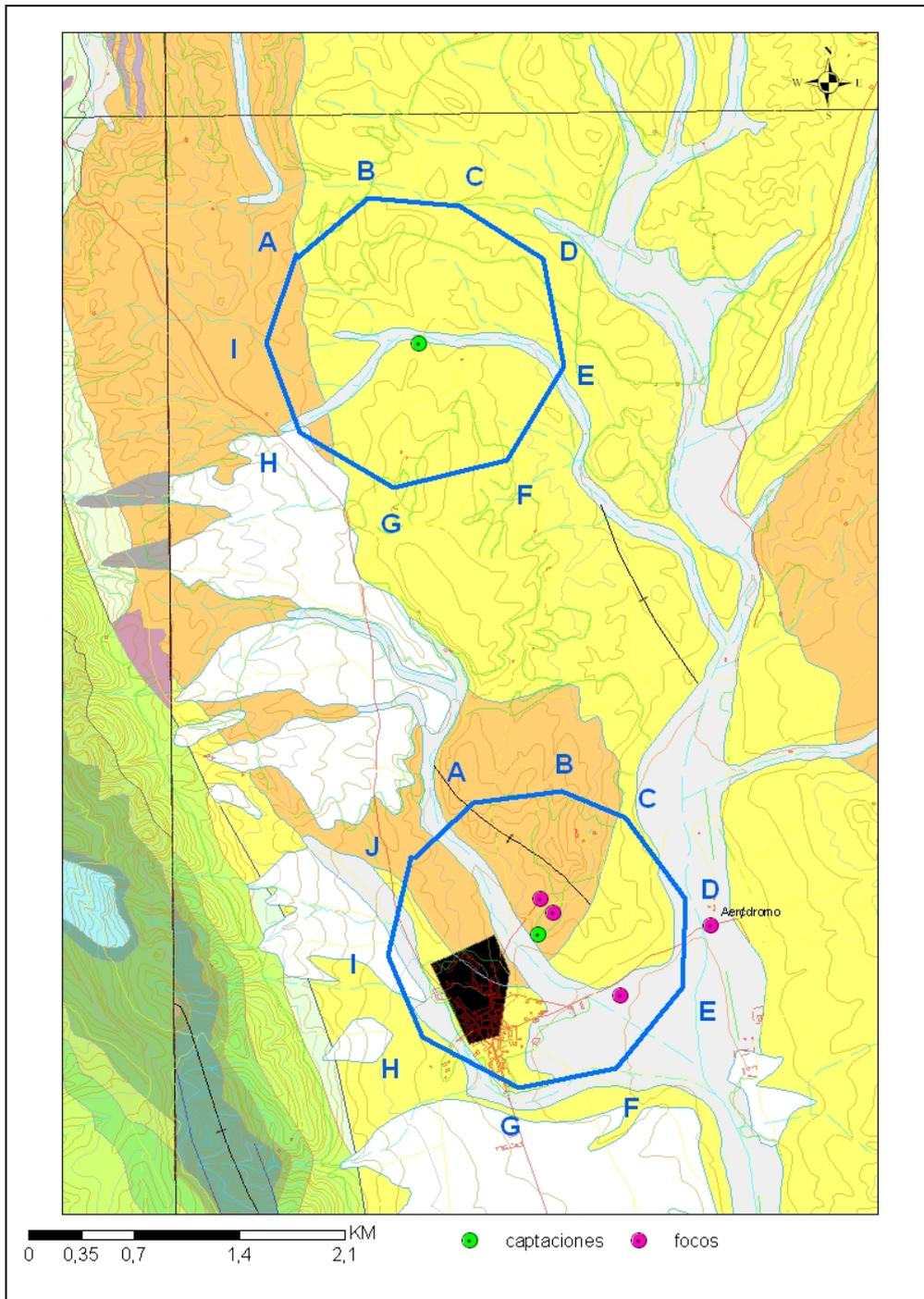
Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 5 l/s) = 0.06 m<sup>3</sup>/día

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

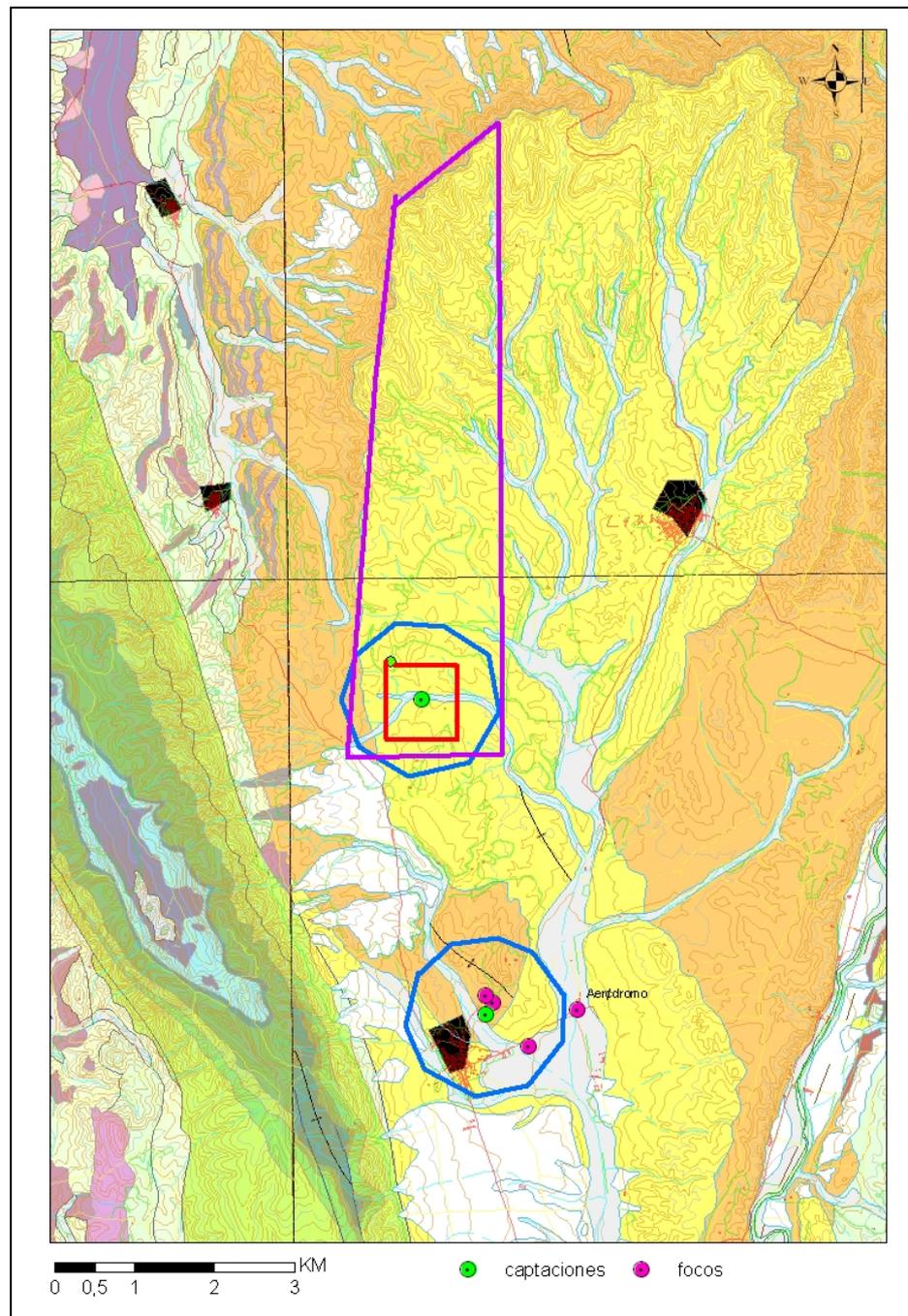
S = Coeficiente de almacenamiento = 0.0001

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 5 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1000 m de distancia. El descenso obtenido de 5,78 m se considera asumible para este sondeo. Los resultados obtenidos para el sondeo se aplican también al caso del manantial.



**Figura 13.** Perímetro de restricciones de caudal, para el manantial de la Gascona y el sondeo Rubianes.

En la Figura 14 se representa gráficamente las distintas zonas de protección de caudal así como los perímetros obtenidos para la zona de protecciones máximas. En la Tabla 7 quedan recogidas las actividades restringidas en cada área.



**Figura 14.** Resumen cartográfico de las propuestas de perímetros de protecciones máximas, moderadas y de caudal.

**Tabla 6.** Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección de los sondeos de abastecimiento a Sotos.

		Nº PUNTO	UTM_X	UTM_Y	z
<b>ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS</b>	<b>Manantial La Gascona</b>	Vallado actual			
	<b>Sondeo Los Rubiales</b>	Vallado actual			
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS</b>	<b>Manantial La Gascona</b>	A	570500	4455000	1030
		B	571500	4455000	1010
		C	571500	4454000	1010
		D	570500	4454000	1020
	<b>Sondeo Los Rubiales</b>	Según Rehse, el poder autodepurador de los materiales de la zona no saturada asegura la protección del acuífero.			
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS</b>	<b>Manantial La Gascona</b>	A	570562	4460747	1200
		B	571845	4461788	1160
		C	571918	4453801	1048
		D	569933	4453825	1030
	<b>Sondeo Los Rubiales</b>	Según Rehse, el poder autodepurador de los materiales de la zona no saturada asegura la protección del acuífero.			
<b>ZONA DE RESTRICCIONES DE CAUDAL</b>	<b>Manantial La Gascona</b>	A	570054	4455068	1040
		B	570545	4455518	1020
		C	571210	4455436	1010
		D	571721	4455088	1040
		E	571885	4454362	1000
		F	571486	4453738	1010
		G	570729	4453543	1040
		H	570095	4453912	1020
		I	569880	4454525	1030
	<b>Sondeo Los Rubiales</b>	A	571251	4451446	1030
		B	571834	4451518	1030
		C	572274	4451323	970
		D	572693	4450802	958
		E	572673	4450188	960
	F	572222	4449666	1196	
	G	571547	4449523	980	
	H	570913	4449840	990	
	I	570678	4450433	1005	
	J	570831	4451047	1010	

	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
		Prohibido	Prohib.	Cond.*	Permit.	Prohib.	Cond.*	Permit.
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	Uso de fertilizantes	•	•				•	
	Uso de herbicidas	•	•				•	
	Uso de pesticidas	•	•				•	
	Almacenamiento de estiércol	•	•				•	
	Vertido de restos de animales	•	•				•	
	Ganadería intensiva	•	•				•	
	Ganadería extensiva	•	•					•
	Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	•	•				•	
	Abrevaderos y refugios de ganado	•	•				•	
	Silos	•	•				•	
ACTIVIDADES URBANAS	Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno	•	•				•	
	Vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas, pozos negros o balsas	•	•			•		
	Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos urbanos	•	•			•		
	Cementerios	•	•				•	
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	Asentamientos industriales	•	•				•	
	Vertido de residuos líquidos industriales	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos industriales	•	•			•		
	Almacenamiento de hidrocarburos	•	•				•	
	Depósito de productos radiactivos	•	•			•		
	Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	•	•			•		
	Conducciones de líquido industrial	•	•			•		
	Conducciones de hidrocarburos	•	•			•		
	Apertura y explotación de canteras	•	•				•	
	Relleno de canteras o excavaciones	•	•				•	
OTRAS	Campings	•	•				•	
	Acceso peatonal	•			•			•
	Transporte redes de comunicación	•		•			•	

\* El proyecto de actividades deberá incluir informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea.

**Tabla 7.** Definición de las actividades restringidas o prohibidas dentro del perímetro de protección.

Tras la definición de los correspondientes perímetros de protección, se observa que dentro de los perímetros de protección de la calidad no queda englobado ninguno de los potenciales focos de

contaminación. Próximo al sondeo se sitúan los focos inventariados pero se ha considerado que el poder autodepurador de los materiales de la zona no saturada es protección suficiente para asegurar esta calidad. En el caso del manantial, tanto para el perímetro de restricciones máximas como el de moderadas, se tendrá que asegurar que las actividades agrícolas y ganaderas cumplan con los requisitos expuestos en la Tabla 7. Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes y pesticidas en los campos del entorno del manantial quedaría prohibida, y condicionada a un informe de buenas prácticas en el caso del perímetro de restricciones moderadas.

En el caso de la perforación de nuevos sondeos, éstos deberán estar supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en el que se contemple la inexistencia de afección del sondeo a la captación municipal. Este control debe repetirse en el caso del perímetro de protección de la cantidad, dentro del cual, todos los sondeos precisarán de estudio hidrogeológico y, si se autorizara la perforación, de un informe final de obras con ensayo de bombeo donde se indique el caudal de explotación del nuevo sondeo. Éstos deberán de estar provistos de piezómetro para la medida periódica de los niveles piezométricos. Asimismo estarán equipados de contadores para determinar que caudal se extrae.

Madrid, noviembre de 2010

La autora del informe  
Fdo. Esther Alonso Marín

### 3. BIBLIOGRAFÍA

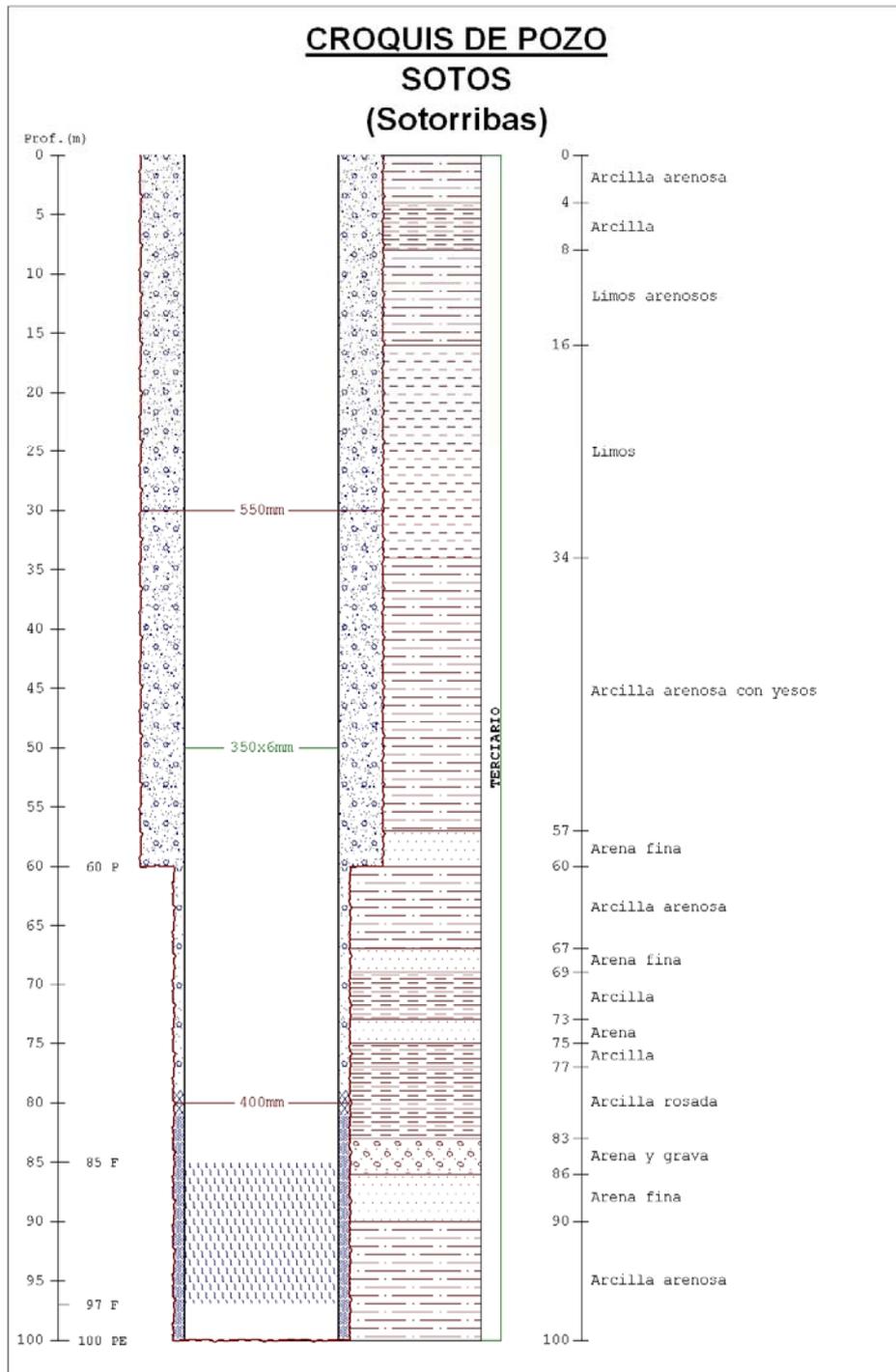
**Foster, S & Hirata, R. (1988):** *Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data.* CEPIS Tech. Report. (WHO-PAHO-CEPIS), Lima

**IGME (1991):** Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas.

**Iglesias, A; Villanueva, M. (1984) :** **Pozos y acuíferos.** Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. **IGME .**

**EPTISA (Octubre 2006):** Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios en la provincia de Cuenca (Sotos).

ANEXO I



## ANEXO II

### Tablas utilizadas para calcular los índices del método de Rehse

Poder depurador del suelo en el recubrimiento (Suelo y zona no saturada):

M	Descripción del material	H (m)	$I_R = 1/H$
1	Humus, 5-10 % humus, 5-10% arcilla	1,2	0,8
2	Arcilla sin grietas de desecación, limo-arcilloso. Arena muy arcillosa	2	0,5
3	Limo arcilloso a limo	2,5	0,4
4	Limo, arena poco limosa, arena limosa	3-4,5	0,33-0,22
5	Arena fina a media	6	0,17
6	Arena media a gruesa	10	0,1
7	Arena gruesa	15	0,07
8	Grava con abundante matriz arenosa y limo arcillosa	8	0,13
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	12	0,08
10	Grava fina a media, rica en arena	25	0,04
11	Grava media a gruesa con poca arena	35	0,03
12	Gravas, guijarros	50	0,02

M = Número de clasificación granulométrica  
H = Espesor de la capa necesario para la depuración  
 $I_R$  = Índice de depuración en la zona no saturada  
Arena: Diámetro de grano 2 – 0,063 mm

Limo: Diámetro de grano 0,063 – 0,005 mm  
Arcilla: Diámetro de grano < 0,005 mm

Modificado de Rehse, 1977.

Poder depurador del suelo en la zona saturada:

M	Descripción del material	L (m)	$I_A = 1/L$
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	a) 100	0,01
		b) 150	0,007
		c) 170	0,006
		d) 200	0,005
10	Grava fina a media, rica en arena	a) 150	0,007
		b) 200	0,005
		c) 220	0,0045
		d) 250	0,004
11	Grava media a gruesa con poca arena	a) 200	0,005
		b) 250	0,004
		c) 270	0,0037
		d) 300	0,0033
12	Gravas, guijarros	a) 300	0,0033
		b) 340	0,0029
		c) 360	0,0027
		d) 400	0,0025

L = Distancia horizontal necesaria para la depuración (m)  
a) Velocidad eficaz < 3 m/día  
b) Velocidad eficaz comprendida entre 3 y 20 m/día  
c) Velocidad eficaz comprendida entre 20 y 50 m/día

d) Velocidad eficaz > 50 m/día  
 $I_A$  = Índice de depuración en el acuífero

Modificado de Rehse, 1977.