



INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

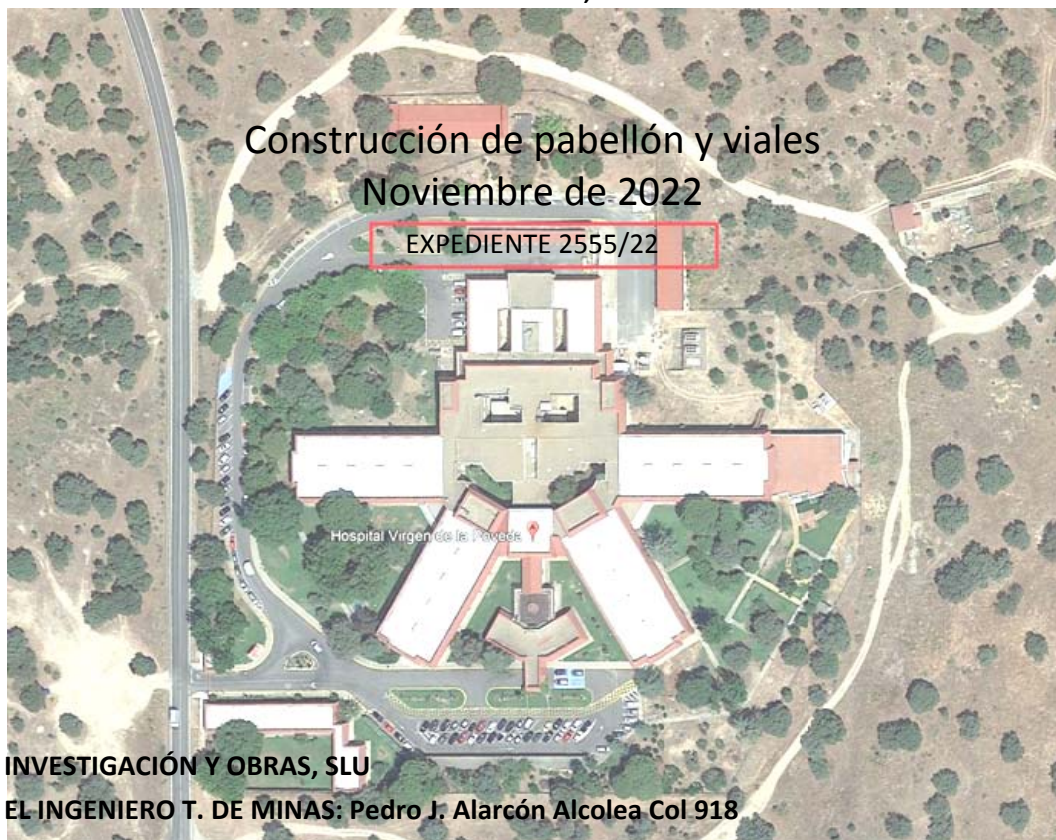
Don Quijote, 123

Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

13630 Socuéllamos Ciudad Real

ESTUDIO PRELIMINAR DE CÁLCULO DE GEOTERMIA

**AMPLIACIÓN DEL HOSPITAL VIRGEN DE LA POVEDA
Villa del Prado, Madrid**

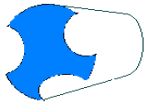


INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SLU

EL INGENIERO T. DE MINAS: Pedro J. Alarcón Alcolea Col 918

EL PETICIONARIO:

HOSPITAL VIRGEN DE LA POVEDA



INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

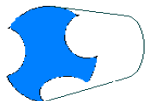
Don Quijote, 123

Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

13630 Socuéllamos Ciudad Real

Índice

1.- Introducción.....	3
2.- Objetivo	3
3.- Datos del emplazamiento.....	4
4.- Definición geológica encuadre geológico	7
5.- Tipología de la instalación	14
6.- Condiciones geológicas y conductividad del terreno	15
7.- Oscilación térmica	18
8.- Determinación de las propiedades térmicas del terreno.....	20
9.- Materiales que se localizan	23
10.- Perforaciones y sondeos	25
11.- Conclusiones.....	27



INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

Don Quijote, 123

Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

13630 Socuéllamos Ciudad Real

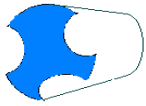
1.-INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES

En Villa del Prado, Madrid, se proyecta la construcción de un nuevo pabellón y viales perimetrales como ampliación del hospital Virgen de la Poveda.

El objeto del presente estudio es el cálculo de las condiciones geológicas del terreno y estudio preliminar para la instalación de un sistema de geotermia para el edificio proyectado. Para esto la dirección del HOSPITAL VIRGEN DE LA POVEDA ha encargado el presente informe.

OBJETO DEL PROYECTO	Ampliación del hospital Virgen de la Poveda
CALLE	DS CR Hospital 27
CIUDAD	Villa del Prado, Madrid
FECHA	25 de noviembre de 2022

En el presente informe se recogen los resultados de los trabajos de campo llevados a cabo así como el estudio basado en ellos.



INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

Don Quijote, 123

Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

13630 Socuéllamos Ciudad Real

DATOS DE EMPLAZAMIENTO.

Coordenadas de la zona X 391443 Y 4456118 Z 450

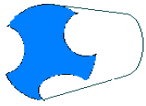
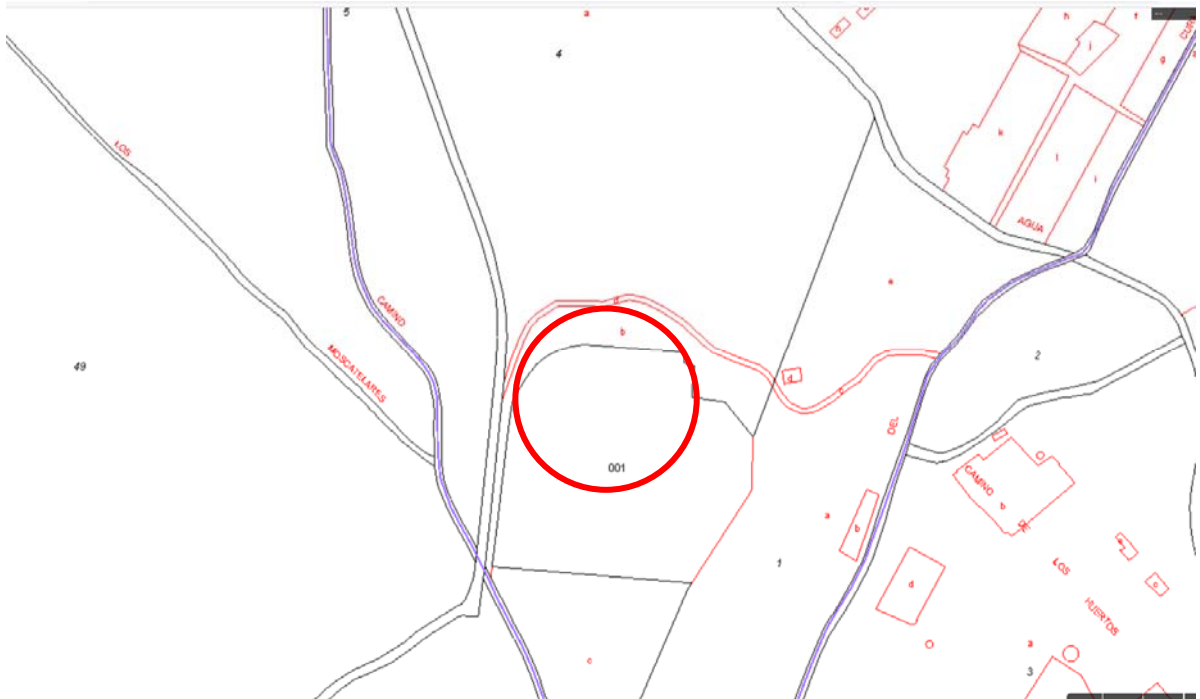
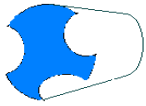


Fig. 1. Mapa de situación y vista aérea de la parcela.





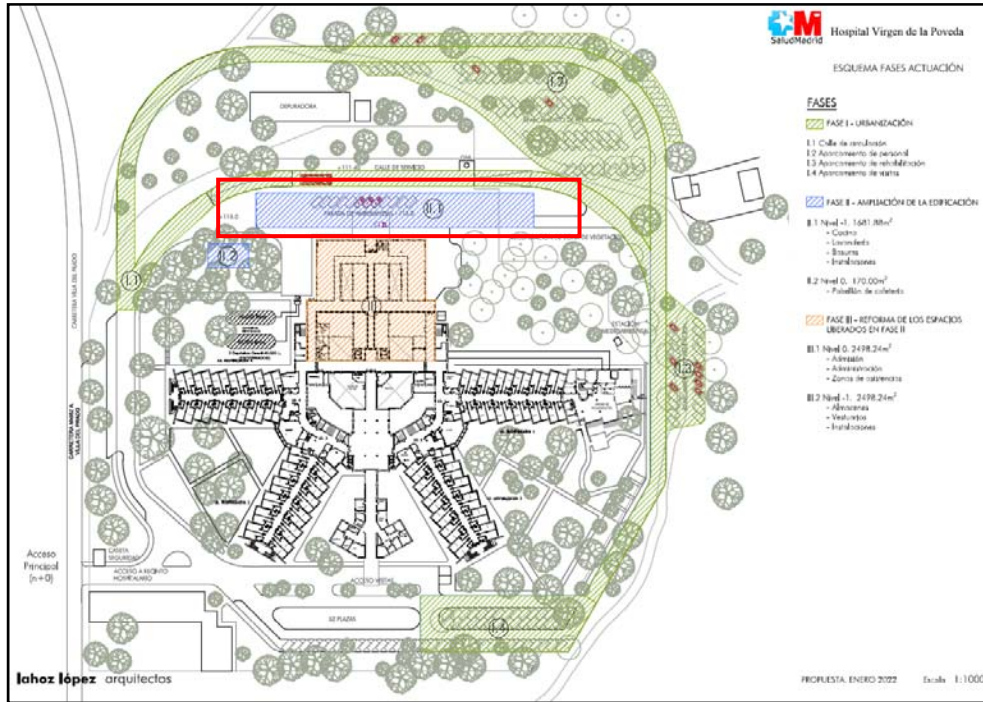
INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

Don Quijote, 123

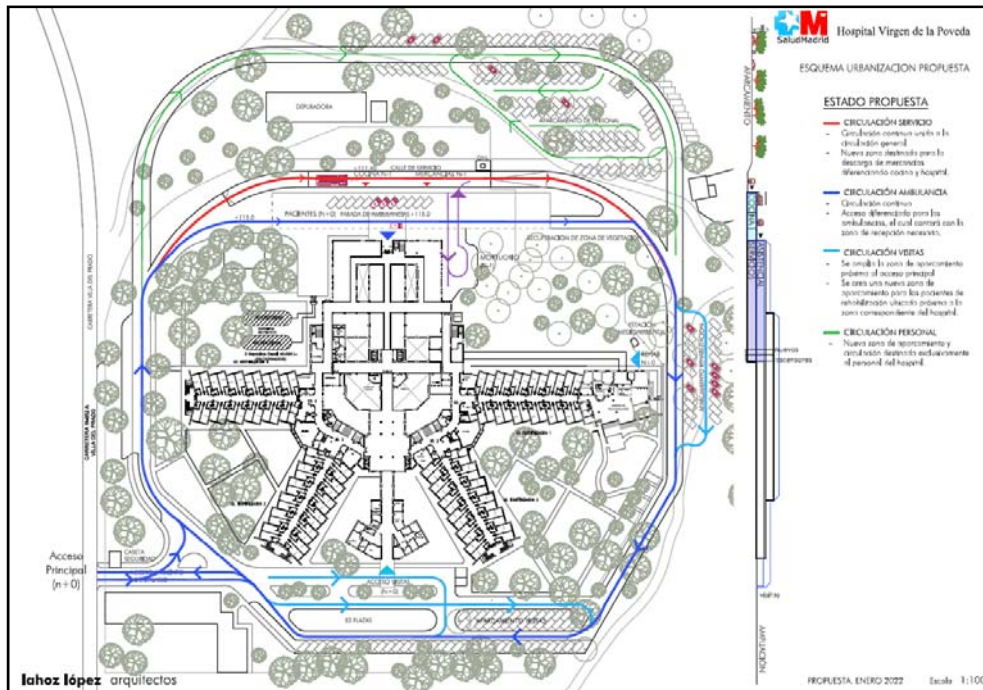
Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

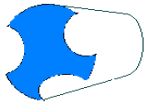
13630 Socuéllamos Ciudad Real

OBRAS PROPUESTAS: AMPLIACIÓN SITUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES



OBRAS PROPUESTAS: VIALES





2.- DEFINICIÓN GEOLÓGICA ENCUADRE GEOLÓGICO.

En la zona objeto del presente estudio se encuentra desde el punto de vista geológico, en la denominada fosa tectónica del tajo, cuenca de Madrid.

El área del presente estudio, está formada por depósitos terciarios del mioceno continental. Éstos, divididos en tres facies:

Facies detrítica o de borde de cuenca; unidad Madrid,

Facies intermedia o de transición; Unidad Tosco, Unidad Getafe: Formación Anchuelo, Formación Peñuela y Formación de Arenas Micáceas

Facies Química o Central; Unidad Vallecas, Unidad Villarejo, Unidad de los Páramos.

El Mioceno comprende la totalidad de los depósitos terciarios que afloran en Madrid. Hacia el Sur y el Este los depósitos miocenos terrígenos pasan en cambio lateral de facies a los niveles a los niveles centrales de la cuenca.

La situación geográfica y los materiales encontrados en la zona objeto del presente informe nos determinan que nos encontramos en unos depósitos correspondientes al terciario entre la facies de transición y las facies Centrales, Unidad Getafe y Unidad Vallecas respectivamente.

El relleno sedimentario se produjo a partir del dismantelamiento de los materiales que forman el macizo montañoso y rampas de erosión de los bordes de la cuenca.

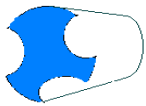
Éste relleno está formado por depósitos clásticos inmaduros (arcosas), arcillas y carbonatos con sílex y sepiolita, yesos y margas yesíferas con niveles salinos que afloran en bandas groseramente concéntricas hacia el interior de la cubeta. Sobre los terrenos terciarios, se instala la red hidrográfica actual, que se encaja progresivamente en sucesivos episodios de incisión, ensanche y relleno, dando lugar a un conjunto de terrazas escalonadas y glacis.

Como resumen podemos distinguir tres formaciones, Yesos masivos, yesos pulverulentos y microcristalinos de aspecto terroso y margas yesíferas de tonalidades verdosas.

En la Comunidad afloran formaciones geológicas que se extienden por toda la serie estratigráfica.

Las más antiguas, precámbrico y Paleozoico, se localizan en el denominado macizo Hespérico, que afloran al norte, en el sistema central, al Oeste, en los Montes de Toledo, Sierra de Almadén y las llanuras localizadas en ambas, y al Sur en el Valle de Alcuña y estribaciones de Sierra Morena. Litológicamente abundan las pizarras, esquistos, gneises, granitos, y migmatitas.

El mesozoico se encuentra representado fundamentalmente en las cadenas montañosas que bordean el zócalo Hespérico por su extremo oriental. Los principales afloramientos se encuentran en el sistema Ibérico. También se encuentra en la Sierra de Altomira.



Las litologías más abundantes son las calizas, dolomías y margas, arenas más o menos arcillosas, arcillas y conglomerados.

El terciario, es la era más representada, ocupa las grandes depresiones centrales incluidas entre las anteriores que se extienden en las cinco provincias formando las extensas llanuras típicas de la región. Las litológicas más abundantes son las calizas, arcillas arenosas, arcillas y yesos, margas y en proporción menos importantes rocas volcánicas, (en Ciudad Real).

Por último, el Cuaternario, se encuentra localizado en los valles aluviales de los ríos y sobre los grandes extensiones del Terciario, en una capa, en general, de poca potencia e importancia. Normalmente está formado por limos, arcillas arenosas y gravas.

La estructura geológica de la zona estudiada está constituida por sedimentos detríticos del nivel Plioceno, (arenas de miga, intercalaciones de gruesos descomposición de materiales graníticos).

Litológicamente incluye una facies proximal a la Sierra con arenas gruesas y algunos cantos más o menos alterados, abarcando el Neógeno.

Como ordenación práctica, se pueden distinguir dentro de esta unidad tres formaciones litológicas fundamentales.

La primera de ellas y mas próxima a la Sierra Central está constituida por arenas arcóscas con cantos (M_I) Estos materiales se encuentran, por termino general, bastante sueltos aumentando su compactación conforme descendemos a niveles más bajos.

La segunda está formada por arenas arcillosas (M_{II}) formadas por granos de feldespato y cuarzo fundamentalmente, aunque también son observables las micas, tanto blancas como negras;

Todos estos materiales están englobados en una matriz arcillosa, en general, poco abundante (arenas de miga).

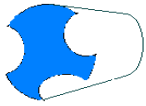
La formación está compuesta por limos arenosos (M_m) de tonalidades marrones claras a ocre en las zonas con mayor contenido en arena, y tonalidades más oscuras en las zonas donde la presencia de arena es muy escasa (arenas tosquizas y toscos arenosos).

El paso de una formación a otra se realiza de una forma muy gradual sin localizarse contactos claros entre unas y otras.

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

La Unidad presenta, en su conjunto, una suave inclinación con buzamiento hacia el sur de la misma.

Puede considerarse esta Unidad prácticamente llana con pendientes naturales inferiores al 3%, si bien en su contacto con las unidades circundantes esta pendiente puede



elevarse al 7%; son de destacar los profundos abarrancamientos que al norte y oeste de esta Unidad se producen en su contacto con el cuaternario.

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Debido a sus características litológicas, esta Unidad es bastante permeable excepto en aquellos horizontes cuyo contenido en finos aumenta haciendo de esta forma disminuir la permeabilidad.

No existe un acusado drenaje superficial, por lo cual, la red de escorrentía está ligeramente marcada y dispuesta en dirección norte-sur.

El agua suele encontrarse a profundidades superiores a los 15 m, aunque no es descartable la posibilidad de encontrarla a profundidades inferiores estando en este caso asociada a la existencia de horizontes prácticamente arcillosos.

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Los materiales detríticos tienen un contenido de finos muy variable desde las arenas de miga (<25%) al tosco arenoso (<60%). La plasticidad es media a baja y sólo se desarrolla en materiales con proporción apreciable de finos.

Las arenas de miga carecen prácticamente de cohesión (<0,5 t/m²) y su ángulo de rozamiento interno está en la gama 34°-37°.

Las arenas tosquizas poseen cohesión (1-10 t/m²), función del contenido de finos, mientras que su ángulo de rozamiento interno típico varía de 24° a 33°.

Desde un punto de vista estrictamente geotécnico y con estos parámetros sería difícil justificar taludes elevados superiores a unos 35°. Sin embargo, esto está en contradicción con la experiencia de numerosos taludes excavados en Madrid, por lo que se requiere un criterio más concordante con la realidad.

Por una parte creemos que el efecto de preconsolidación ha dado lugar a un encaje entre los granos de arena que ocasiona un ángulo de rozamiento, por efecto estructural, muy superior al existente entre las partículas, pudiendo superar probablemente los 80°. Este efecto ha sido observado en areniscas blandas prácticamente sin cemento. Nos parece más difícil aceptar la existencia de un agente cementante en las arenas de miga, ya que los feldespatos no podrían conservar esta función a largo plazo, y, por otra parte, no son posibles procesos diagenéticos generadores de cementación.

También debe considerarse el importante papel de la cohesión capilar en unos suelos muy bien graduados, con poros de pequeño tamaño. Algunas medidas realizadas por Hettler (1985) indican en arenas finas compactas valores de hasta 1t/m².



CLIMATOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Climatología

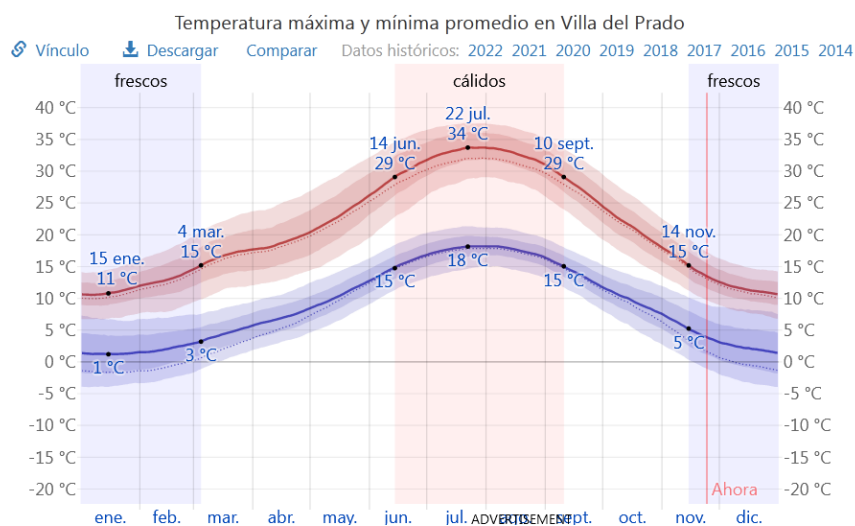
Las características climáticas varían sensiblemente entre el dominio montañoso correspondiente al Sistema Central, donde se llegan a sobrepasar los 1.200 m de altitud (Peña de Cenicientos), y el de la depresión, perteneciente a la Cuenca de Madrid, donde la altitud mínima se aproxima a 410 m (valle del Alberche).

En Villa del Prado, los veranos son cortos, cálidos y mayormente despejados; los inviernos son muy frío y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 1 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de -4 °C o sube a más de 38 °C.

Temperatura promedio en Villa del Prado

La temporada calurosa dura 2,9 meses, del 14 de junio al 10 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 29 °C. El mes más cálido del año en Villa del Prado es julio, con una temperatura máxima promedio de 33 °C y mínima de 18 °C.

La temporada fresca dura 3,7 meses, del 14 de noviembre al 4 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 15 °C. El mes más frío del año en Villa del Prado es enero, con una temperatura mínima promedio de 1 °C y máxima de 11 °C.



Los valores medios obtenidos en las estaciones de la zona definen un clima Mediterráneo templado según la clasificación de PAPADAKIS (1966), con un régimen de humedad de tipo Mediterráneo seco en el sector suroriental y Mediterráneo húmedo en el noroccidental.

Igualmente, de acuerdo con diversos índices climáticos, la región puede incluirse en la Zona árida de LANG y DANIN, así como en la Zona de estepas y países secos mediterráneos de MARTONNE.

Estacionalmente se registran importantes oscilaciones térmicas, con temperaturas medias de 4-6 °C en Enero y máximas de 20-24 °C en Julio. La temperatura media anual varía entre 12 y 14 °C, con un gradiente de aumento en sentido NO-SE.

En cuanto a las precipitaciones, sus valores medios anuales varían entre los cerca de 500 mm del sector suroccidental y los 750 mm del noroccidental. Por lo que respecta a la evapotranspiración potencial, calculada por el método de THORNTHWAITE, se cifra en una media anual de 700 mm, si bien los valores de evapotranspiración real son sensiblemente inferiores, alrededor de 350 mm al año, cifra que de cualquier forma refleja un déficit hídrico acusado en algunos sectores.



INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

Don Quijote, 123

Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

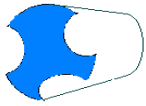
13630 Socuéllamos Ciudad Real

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																														
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1100 m	1101 - 1150 m	1151 - 1200 m	1201 - 1250 m	1251 - 1300 m	≥ 1301 m				
Albacete	C3									D3									E1												
Alicante/Alacant	B4						C3									D3															
Almería	A4		B4			B3			C3									D3													
Araba/Álava	D1													E1																	
Asturias	C1	D1										E1																			
Ávila	D2													D1						E1											
Badajoz	C4								C3		D3																				
Balears, Illes	B3						D2									C3															
Barcelona	C2						D2			D1									E1												
Bizkaia	C1						D1																								
Burgos	D1													E1																	
Cáceres	C4													D3									E1								
Cádiz	A3			B3						C3			C2			D2															
Cantabria	C1			D1										E1																	
Castellón/Castelló	B3		C3								D3			D2								E1									
Ceuta	B3																														
Ciudad Real	C4								C3		D3																				
Córdoba	B4		C4										D3																		
Coruña, A	C1						D1																								
Cuenca	D3																		D2				E1								
Gipuzkoa	D1													E1																	
Girona	C2		D2										E1																		
Granada	A4		B4						C4						C3			D3								E1					
Guadalajara	D3													D2														E1			
Huelva	A4		B4		B3				C3										D3												
Huesca	C3						D3						D2						E1												
Jaén	B4								C4						D3									E1							
León	E1																														
Lleida	C3		D3										E1																		
Lugo	D1													E1																	
Madrid	C3													D3														D2		E1	
Málaga	A3		B3				C3						D3																		
Melilla	A3																														
Murcia	B3		C3								D3																				
Navarra	C2		D2				D1						E1																		
Ourense	C3				C2			D2										E1													
Palencia	D1													E1																	
Palmas, Las	α3						A2										B2				C2										
Pontevedra	C1						D1																								
Rioja, La	C2				D2										E1																
Salamanca	D2													E1																	
Santa Cruz de Tenerife	α3								A2						B2				C2												
Segovia	D2													E1																	
Sevilla	B4						C4																								
Soria	D2													D1		E1															
Tarragona	B3		C3								D3																				
Teruel	C3									C2		D2										E1									
Toledo	C4										D3																				
Valencia/València	B3		C3								D2									E1											
Valladolid	D2													E1																	
Zamora	D2													E1																	
Zaragoza	C3				D3										E1																

Hidrología

El río Alberche constituye el principal eje fluvial, recorriendo la Hoja de noreste a suroeste, estando regulado a su entrada en ella por el embalse de Picadas, donde se encuentra la estación de aforos de Picadas (estación 2.008), en la que se ha registrado un caudal de 20.4 hm³ anuales. Inmediatamente aguas abajo recibe al menos 0.7 hm³ anuales de su afluente, el río Perales (estación 261), sin que existan otros datos que permitan determinar las restantes aportaciones.



Los arroyos de la red secundaria vierten en su totalidad al Alberche, excepción hecha del arroyo del Castaño, perteneciente a la cuenca del río Tiétar. En general se trata de cursos de poca relevancia, de entre los que destacan, además del citado Perales, el arroyo de Tórtolas.

Los afluentes de la margen izquierda tienen sus cabeceras localizadas dentro de la Cuenca de Madrid, mientras que los de la derecha proceden de los relieves del Sistema Central. En buena parte de los casos poseen un funcionamiento estacional, con ausencias prolongadas de caudal durante el periodo de estiaje.

Hidrogeología

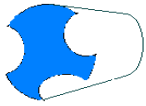
Al igual que en otras facetas, desde un punto de vista hidrogeológico, la Hoja de Mérida se encuentra dividida en dos grandes dominios: el denominado "Complejo ígneo-metamórfico" coincide con el ámbito del Sistema Central, en tanto que el ámbito de la Cuenca de Madrid se encuentra incluido en la Unidad Hidrogeológica nº 14 del ITGE ("Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres"), constituida fundamentalmente por los materiales terciarios detríticos del sector septentrional y occidental de la cuenca; más en detalle, se incluye en el sector "Toledo-Guadarrama" de dicha unidad y en la Unidad Hidrogeológica 05 de la Cuenca hidrográfica del Tago ("Madrid-Talavera"; MOPU-ITGE, 1988).

A grandes rasgos, la Unidad Hidrogeológica nº 14 constituye un acuífero de gran Heterogeneidad, limitado al noroeste y al sur por los materiales ígneo-metamórficos impermeables del Sistema Central y los Montes de Toledo, en tanto que hacia el sureste está limitado por las facies arcilloso-yesíferas de la Cuenca de Madrid y por los niveles carbonatados que constituyen las unidades hidrogeológicas nº 15 y 20 ("Calizas del páramo de La Alcarria" y "Calizas de la Mesa de Ocaña", respectivamente). Aunque los materiales detríticos terciarios constituyen el cuerpo principal del acuífero, no deben olvidarse los depósitos cuaternarios dispuestos a modo de tapiz irregular sobre aquéllos. La descripción del acuífero varía según la escala considerada, ya que si bien regionalmente aparece como una potente cuña que se adelgaza hacia el sureste, hasta desaparecer por cambio lateral a las facies arcilloso-evaporíticas y carbonatadas señaladas, en detalle se trata de un conjunto anisótropo, con numerosas intercalaciones lutíticas de permeabilidad muy baja, irregularmente distribuidas y de dimensiones variables.

Características Hidrogeológicas

Los materiales del "Complejo ígneo-metamórfico" en la Hoja consisten en un conjunto meta sedimentario pre-ordovícico instruido por extensos cortejos de granitoides, afectado a su vez por un denso cortejo filoniano. Por el contrario, el ámbito de la depresión está integrado predominantemente por los sedimentos arcósicos con bloques y cantos de edad miocena, que junto con las gravas y arenas cuaternarias constituyen la Unidad Hidrogeológica nº 14. Desde un punto de vista hidrogeológico, los materiales aflorantes pueden agruparse en varios conjuntos.-

- Rocas graníticas, metamórficas y filonianas (unidades 1-15)
- Calizas recrystalizadas (unidad 16)
- Facies detríticas miocenas (unidades 17-24)



- Materiales cuaternarios (unidades 25-35)

Funcionamiento Hidrogeológico

La escorrentía del área montañosa, eminentemente superficial, acaba recargando los acuíferos terciario y cuaternario, que además se alimentan fundamentalmente por infiltración directa del agua de lluvia en las vertientes y zonas de interfluvio, desde las que se establece un flujo descendente que se invierte en las proximidades de Alberche, al cual se descargan; esta tendencia viene denunciada por la geometría de las isopiezas, que definen una depresión piezométrica coincidente a grandes rasgos con el valle del río, que constituye el nivel de base de las curvas piezométricas.

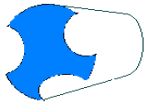
Bibliografía

ENUSA (1984). "Exploración de Uranio en la Cuenca de Tajo" (inédito)
FONT TULLOT, I. (1983). "Climatología de España y Portugal". Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, 1- 296.
HOYOS, M.; JUNCO, F.; PLAZA, J.M.; Ramírez, A. y RUIZ, J. (1985). "El Mioceno de Madrid". En ALBERDI, M.T. (Coord.): "Geología y Paleontología de Terciario continental de la provincia de Madrid". Museo Nac. Cienc. Naturales, Madrid, 9-16.
ITGE (1991). Mapa hidrogeológico de España a E. 1:200.000, 11 serie, 21 edición, Madrid (45).
ITGE (ARENAS, R.; Fuster, J.M.; Martínez, J.; DEL OLMO, A. y VILLASECA, C.) (1991). Mapa geológico de España a E. 1:50.000, 21 serie, 11 edición, Madrid (558).
ITGE (CALVO, J.P.; GOY, J.L., PÉREZ GONZÁLEZ, A.; SAN JOSÉ, M.A.; VEGAS, R. y ZAZO, C.) (1989). Mapa geológico de España a E. 1:50.000, 2a serie, 11 edición, Madrid (559).
Entre otros

Normativa y reglamentación aplicable

Para ejecutar este diseño se siguen una serie de criterios técnicos para que sea seguro y realizable, cumpliendo a su vez la legislación laboral, medioambiental y técnica a nivel nacional, autónomo y municipal. Concretamente:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Texto refundido con modificaciones conforme a la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.) y sus correspondientes I.T.E. (RD 1027/2007 de 20 de julio, BOE del 29 de agosto de 2007. Actualizado con el Real Decreto 178/2021 del 23 de marzo.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Real Decreto 2060/2008, Reglamento de equipos a presión publicado el 5 de febrero de 2009.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 de 8 de noviembre de 1995.
- Directiva 81/1051 del Consejo, de 7 de Diciembre de 1978, referente a la aproximación de las legislaciones de los E.E.M. relativas a la Determinación de la emisión sonora de las máquinas y equipos utilizados en las obras de construcción.
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.



- Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 863/1995 Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus ITC correspondientes.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del capítulo VI del reglamento general de normas básicas de seguridad minera R. D. 863/1985
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- UNE 100715-1, Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera.
- UNE-EN 15450 (2008). Sistemas de calefacción en edificios. Diseño de los sistemas de calefacción con bomba de calor.
- Ordenanzas Municipales.

Y demás legislación vigente concordante o complementaria con la misma. A esta legislación básica hay que sumar la específica según el caso:

- Requiere concesión administrativa del aprovechamiento por la extracción del agua. “Otros usos industriales”. Climatización. Refrigeración. Así como autorización administrativa de vertido (renovable cada 5 años) para la inyección del agua en el acuífero.
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, Decreto 2414/1961
- Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y sus instrucciones Técnicas complementarias (Real Decreto 1027/2007).
- Los sistemas cerrados no poseen un marco regulador propio.
- Si se considera dentro de la Ley de Minas, al tratarse de “escasa” importancia solo estaría sometido a la autorización del proyecto de perforación por parte de la autoridad minera en aplicación de las normas de seguridad minera

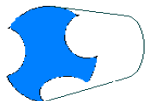
Tipología de la instalación geotérmica

Existen diferentes tipologías de instalaciones geotérmicas dependiendo de la cantidad de energía térmica que desprende el terreno en el cual se edifican. Para lugares con mayor actividad sísmica y con temperaturas del subsuelo elevadas se puede aprovechar la energía geotérmica para la generación de energía eléctrica, mientras que en lugares donde no existe actividad sísmica y la temperatura del subsuelo no supera los 25°C se puede aprovechar la temperatura del terreno para la generación de frío o calor utilizando el terreno como un punto a temperatura constante.

En la zona del presente informe solo se podrá utilizar el terreno como foco de temperatura constante para la climatización, ya que no se dispone de temperaturas del subsuelo superiores a los 25°C. Así pues, como se expone a continuación, el tipo de instalación geotérmica dimensionada en el presente informe se trata de una instalación geotérmica de muy baja entalpía, también conocida como “*somera*”.

Geotermia de muy baja entalpía

Se trata del grupo más comúnmente usado ya que engloba la mayor parte del planeta, concretamente, los lugares donde la temperatura del subsuelo (seco o húmedo)



oscila entre los 5°C y los 25°C, lugares con circulación de agua subterránea a temperaturas entre los 10°C y los 22°C o lugares cercanos al mar, lagos ríos, etc.

En este caso realmente no se aprovecha la energía térmica del terreno, sino que se aprovecha su alta inercia térmica para obtener un punto a temperatura constante durante las diferentes estaciones del año.

Sus principales usos climatización y producción de ACS. En este informe se tratará un sistema de aprovechamiento geotérmico de muy baja entalpía

		Rango de temperaturas	Uso
MUY BAJA ENTALPÍA	Seco o húmedo Aguas termales	5°C<T<25°C	Calefacción, ACS
BAJA ENTALPÍA	Aguas termales Zonas volcánicas Almacenes sedimentarios profundos	22°C<T<50°C T<100°C T<100°C	Balnearios, acuicultura District Heating
Aguas subterráneas	10°C<T<22°C		
MEDIA ENTALPÍA		100°C<T<150°C	Generación eléctrica, ciclos combinados
ALTA ENTALPÍA		T<150°C	Generación eléctrica

4.- Condiciones geológicas y conductividad del terreno

En el presente informe se pretende conocer las características del terreno en el cual se pretende realizar una instalación geotérmica. El tipo de terreno y los materiales que lo forman condicionarán la conductividad del mismo, y con ella la tipología del intercambiador enterrado. Para ver las características el terreno, hay multitud de opciones disponibles en las que consultar los diferentes materiales de los que está hecho el suelo.

Para ello, se hace uso de la documentación obrante en el IGME en el que se puede consultar la descripción del medio en el municipio de Villa del Prado. El subsuelo en el que se encuentra todo el municipio está formado principalmente tanto por tramos arenosos, a la base rocas magnésicas (dolomías) y también por las relativamente escasas pero presentes rocas silíceas.






INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL



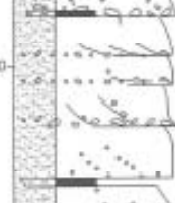


Don Quijote, 123

Tel. 926 530222 móvil 670 616603 E-mail: inobras@gmail.com

13630 Socuéllamos Ciudad Real

N° DE HOJA: 580		NOMBRE: MENTRIDA			
GRUPO DE TRABAJO: INYPSA					
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS: YP-FL 17-23		PROVINCIA: TOLEDO			
COORDENADAS X: 388600 X: 388700 Y: 4451550 Y: 4451575 Z: 435 Z: 480		NOMBRE LOCAL: ALAMÍN			
		SERIE N° 01		FECHA: OCTUBRE 2000	

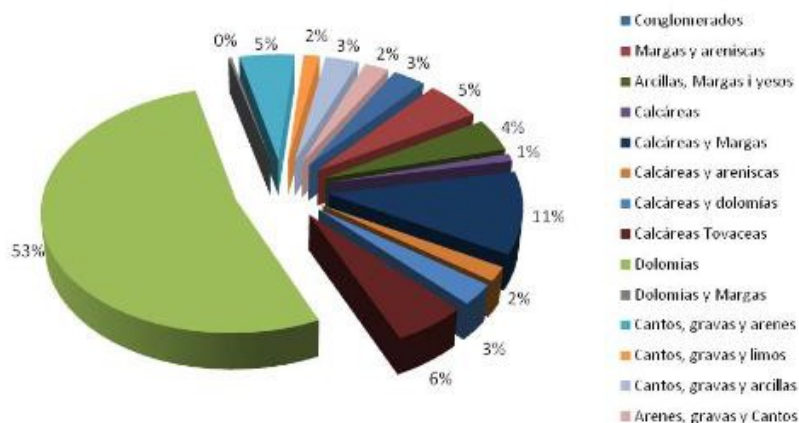
CROQUIS		LOCALIZACIÓN	
		CORTE NATURAL EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL ALBERCHE, BAJO EL CASTILLO DE ALAMÍN	

MUESTRAS POTENCIA	REPRESENTACIÓN GRÁFICA (LITOLÓGICA Y TEXTURA)	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS		CONFORMES		SERVIDO DE LAS FOLIOLEACIONES	TRABAJOS	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES DE CAMPO	ASPECTO SEDIMENTARIO Y FACIES	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS				Escala vertical
		SEDIMENTARIAS	CONFORMES	SEDIMENTARIAS	CONFORMES					SEDIMENTARIAS	CONFORMES	SEDIMENTARIAS	CONFORMES	
40								ARENAS GRUESAS CON ABUNDANTES CANTOS. DELGADAS INTERCALACIONES LUTITAS ROJAS.		CICLO SUPERIOR			20	
30														
20								ARENAS GROSAS DE GRANO GRUESO CON CANTOS EN LECHOS Y LAMINAS. HORIZONTES LUTICOS ROJOS EMPAZADOS		CICLO INFERIOR			17	
10														
0														



Una vez se tienen las características del subsuelo, se deben localizar las conductividades térmicas de los diferentes materiales, para así realizar una estimación de las propiedades térmicas del terreno. Los materiales a partir de los que está formado el terreno se encuentran en diferentes cantidades.

Según el documento anteriormente citado y fuente de los datos, se encuentra el gráfico, donde se observan los componentes mayoritarios del terreno:



Composición del suelo y porcentaje respecto al total. Fuente: Diagnóstico técnico de Villa del Prado
Diputación de Valencia.

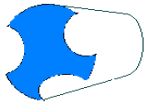
En base a los materiales atravesados, la mayor parte del terreno está compuesto por arenas y limos > (70 %), materiales calcáreos (30 %).

Teniendo todos los datos, se presentan en la tabla 3 tanto las conductividades térmicas de los materiales, como la capacidad térmica de los mismos, con el objetivo de dejar clara las características del terreno.

Conductividad térmica de los materiales que conforman el subsuelo. Fuente: IGME

Material	Conductividad térmica (W/mK)	Capacidad térmica volumétrica MJ/(m ³ K)	
Arcillas y limos	1,1-3,1	2,0-2,8	
Arena y gravas	1,0-1,9	2,2-2,6	
Areniscas	1,9-3,5	1,8-2,6	
Calcáreas	2,0-3,8	2,1-2,4	
Conglomerados	1,3-5,1	1,8-2,6	
Dolomías	1,6-5,0	2,1-2,4	
Margas	1,1-2,9	1,5-2,5	

Se han escogido datos de conductividades para arenas y areniscas húmedas, teniendo en cuenta la cercanía del cauce del río Alberche y que el nivel freático será alto. Sabiendo que la mayor parte **del terreno está compuesto por arenas y gravas (50 %)** y rocas margas y calcáreas (50 %), haciendo una media aproximada y siendo conservador con los datos de conductividad y de capacidad térmica volumétrica del terreno se determinan los valores siguientes:



- **Conductividad térmica del terreno: 2,0 W/mK.**
- Capacidad térmica volumétrica: 2,15 MJ/(m³*K).

Mediante los datos anteriores se puede van a obtener **la difusividad térmica** del terreno, cuyo resultado es el cociente entre la conductividad térmica y la capacidad volumétrica:

- Difusividad térmica del terreno: $9,30 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Para el diseño definitivo se debe hallar la conductividad del terreno por medio de métodos más exactos, como el test de respuesta térmica del terreno (TRT), ampliamente usado cuando se trata de diseños de altas potencias.

5.- Oscilación térmica del terreno

A partir de una determinada profundidad el gradiente geotérmico se mantiene prácticamente constante y no está influido por las variaciones climatológicas del exterior. En este apartado se pretende estimar la variación de las temperaturas del terreno en función del día del año y la profundidad donde se evalúe. La fórmula que permite calcular esta variación es la siguiente:

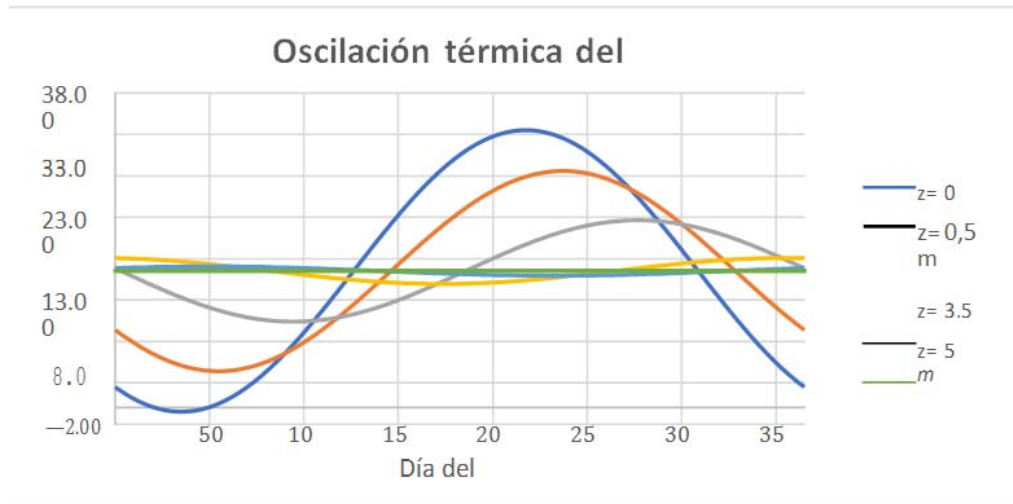
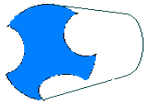
$$T(z,t) = T_m - A_s * e^{-z*} \sqrt{\frac{\pi}{365 * \alpha}} * \cos 2 * (t - t_o)$$

Expresión de Kusuda y Achenbach para la variación de la temperatura del terreno.

Donde:

- $T(z,t)$: Es el valor de la temperatura del terreno en función de la profundidad y el día del año. Es el valor que se pretende obtener.
- T_m : Se corresponde con la temperatura media del terreno. Como no se conoce este valor, se aproximará a la temperatura media anual de la localidad de Villa del Prado, cuyo valor es de 16.5 °C.
- A_s : Corresponde con la oscilación térmica en °C. Este valor se puede obtener gracias al apartado 3.2, donde se adjuntan las condiciones climatológicas de un año medio en Villa del Prado. Es la diferencia entre la temperatura máxima y mínima anual, cuyo valor es de 17 °C.
- t : Tiempo en días. Desde el 1 de enero al 31 de diciembre.
- t_e : es el desfase de la temperatura del suelo a una determinada profundidad respecto a la superficial: 35 días (valor estándar obtenido del análisis de Kusuda).
- α : Es la difusividad térmica del terreno en m²/día, calculada en el apartado 2.3 a partir de los datos obtenidos de la conductividad del suelo. El valor de difusividad es de 0.0568 m²/día.

Con todos los valores calculados se procede a graficar los resultados de la ecuación 1 en función de distintas profundidades tipo, teniendo en cuenta un terreno homogéneo y sin tener en cuenta el gradiente térmico.



Oscilación térmica del terreno en función de la profundidad y el día del año. Fuente propia.

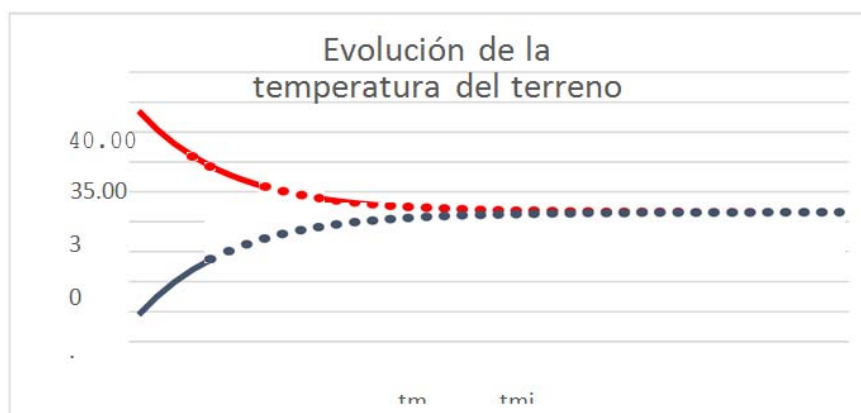
Como se observa en la gráfica 3 la temperatura del terreno a partir de una profundidad de 10 m es prácticamente constante y no tiene en cuenta las variaciones climatológicas del exterior.

También se expone a continuación la evolución de las temperaturas máximas y mínimas por metro de profundidad hasta una profundidad total de 19 m a partir de la ecuación 2.

$$T(z) = T_o \approx A_o * e^{-z*} \sqrt{\frac{\Pi}{365 + \alpha}}$$

Variación de la temperatura máxima y mínima en función de la profundidad.

Los resultados de la ecuación 2 en forma de gráfico quedan expuestas a continuación de este párrafo. Al igual que en el gráfico 2, no se tienen en cuenta los efectos del gradiente térmico, el cual indica un calentamiento de unos 0,03 °C/m de profundidad, ya que se consideran despreciables los efectos a tan poca profundidad.



Evolución de t_{max} y t_{min} con la profundidad del terreno. diversas fuentes.

En general, a partir de una profundidad de unos 10 m aproximadamente, los efectos de las variaciones de las temperaturas en el exterior no influyen en la temperatura del terreno,



6.- Determinación de las Propiedades Térmicas Del Terreno

Para calcular la evolución de temperatura, suponiendo que el suelo es homogéneo con propiedades térmicas constantes. Dado que existe un gradiente geotérmico en el suelo. Se puede emplear la siguiente expresión:

donde:

- $T(z,t)$ es la temperatura del suelo (en grados Celsius) en el tiempo t a una profundidad z ,
- T_m es la temperatura media anual del suelo a una profundidad en donde no son perceptibles las variaciones de temperatura,
- A_s es la oscilación de la temperatura superficial en $^{\circ}\text{C}$,
- t es el tiempo en días,
- τ el desfase en días y a es la difusividad térmica del suelo en $\text{m}^2/\text{día}$.

De ellos la temperatura del terreno se puede asumir constante hasta los 100m de profundidad. La oscilación anual toma distintos valores según la localización, el tipo de suelo y el contenido en agua del mismo. El desfase se refiere al desplazamiento de la temperatura superficial con la profundidad, y su valor típico es 35 ± 10 días.

Otras formas de determinar las temperaturas del terreno son:

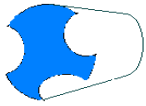
- Conocimiento de las condiciones locales del terreno
- Gráficas de diseño (curvas de embudo)
- Tablas de diseño para distintos valores de oscilación de la temperatura superficial

Los datos de las condiciones climáticas de la zona se resumen en la tabla:

($^{\circ}\text{C}$)	
Temperatura seca en verano	33,5
Temperatura húmeda en verano	20,4
Oscilación media diaria	15,80
Oscilación media anual	39,7
Temperatura mínima de diseño	-3,7
Temperatura exterior media seca anual	14,4
Temperatura mínima histórica	-16,66

Y con ellos se calculan los datos de temperatura que son precisos conocer del terreno. Así, la temperatura media no perturbada del terreno se puede asumir como la temperatura media seca anual del lugar $t_g = \text{temperatura exterior media anual} = 14^{\circ}\text{C}$

Las propiedades térmicas del terreno dependen del tipo de suelo se presupone que las características del terreno serán homólogas o muy similares.



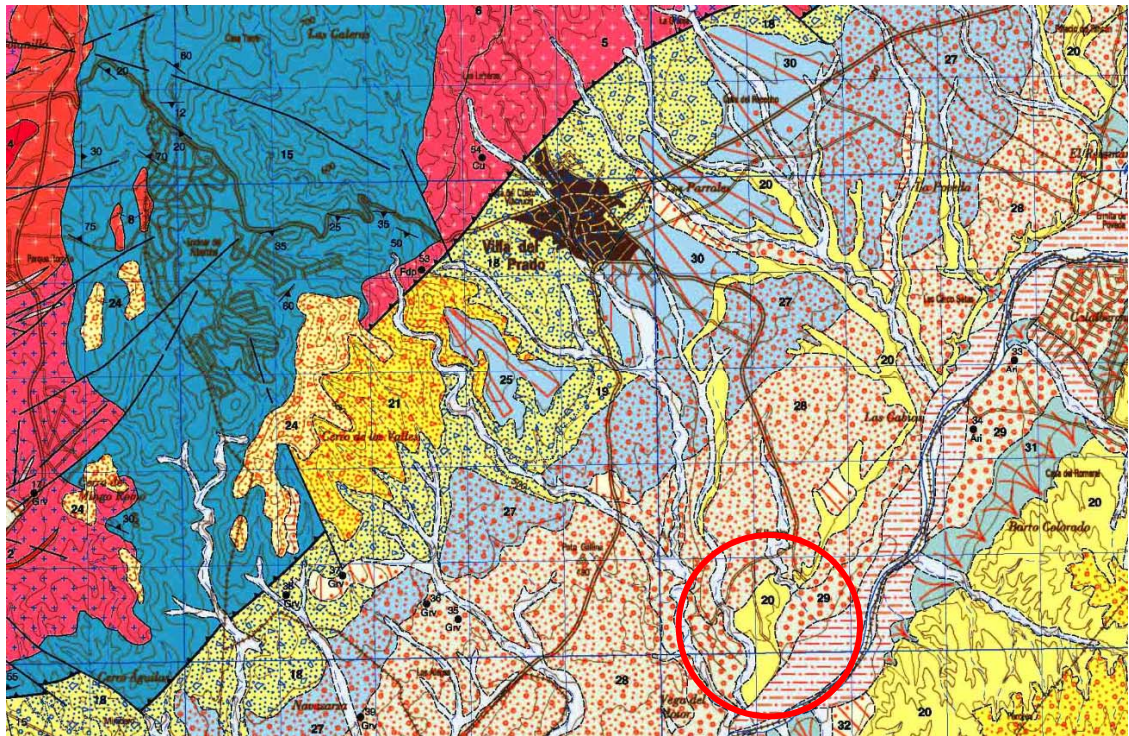
que la conforman están relacionados con la red de abanicos aluviales que se instalaron a partir del Sistema Central sobre la Depresión de la Cuenca del Tajo durante el terciario.

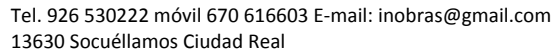
En cuanto a su estructura, se trata de una cuenca interplaca generado por las deformaciones hercínica y alpina. Está limitada por el Sistema Central y los Montes de Toledo, la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica y por la alineación de Altamira.

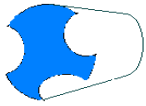
Por tanto, la composición es variada con un esquema clásico de sedimentación de una cuenca continental endorreica de clima árido: sedimentos detríticos en los bordes (en forma de abanicos aluviales) y sedimentación evaporítica en el interior (yesos, sedimentos de origen químico). Hay una zona intermedia de deposición mixta: materiales de tácticos con interestratificación de material neoformados.

Desde el punto de vista hidrogeológico es habitual que aparezcan niveles de agua formando bolsadas, frecuentemente sin conexión, entre los niveles de materiales permeables (arenas de miga) e impermeables (tosco).

Según la Planta Geológica Magna de Madrid número 580 a escala 1/50000, el suelo sobre el que se asienta la ETSIAAB se clasifica como arcosas gruesas con cantos, lechos de cantos, fangos y arenas arcillosas. En la ilustración se indica con un círculo rojo la localización de la parcela.







7.- Materiales que se localizan

Los porcentajes de finos de las muestras revelan permeabilidades medias-bajas de los materiales, pudiendo considerar un coeficiente de permeabilidad para los niveles arenosos de 10-5 m/s y para los niveles arcillosas de 10-7m/s.

Respecto a las características del suelo en su estado natural, se ha medido la humedad natural y densidad sobre nueve muestras de suelo aplicando la Norma UNE 103300/301. Los valores de los resultados obtenidos aparecen recogidos en el siguiente cuadro resumen de ensayos de laboratorio.

Desde el punto de vista de sus características resistentes, el sustrato presenta una compacidad densa a muy densa en sus niveles arenosos y una consistencia dura en sus niveles arcillosos.

Teniendo en cuenta los resultados y los valores habitualmente indicados en la bibliografía geotécnica para estos materiales, se proponen los siguientes parámetros resistentes representativos de estos materiales.

No se ha detectado agua en todos los sondeos. El nivel de agua se situaba por debajo de los 15 m de profundidad que se han investigado.

Las propiedades térmicas del terreno son:

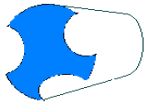
I Conductividad: la conductividad térmica es una propiedad característica de cada material; e indica su capacidad para conducir el calor. Según la Ley de Fourier, se expresa como el calor que atraviesa en la dirección x un espesor de 1 m del material como consecuencia de una diferencia de 1 grado entre los extremos opuestos. Sus unidades son W/(m² °C) o W/(m² K)

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dX}$$

Y para este suelo:

$$K = 2.00 \frac{W}{mK}$$

Siendo k: conductividad térmica, Q_x calor difundido por unidad de tiempo, A el área de la superficie a través de la que se produce el intercambio de calor y el cociente dT/dx es el gradiente de temperatura.



El valor de la conductividad térmica bien puede estimarse a partir de tablas, medirse en laboratorio mediante pruebas de conductividad sobre parte de terreno recogido o bien realizar un test de respuesta térmica del terreno; este último es el método más fiable y el único recomendado para instalaciones medianas o grandes.

II Capacidad térmica: también llamada capacidad calorífica, es el cociente entre el calor que se suministra a un sistema y la variación de temperatura provocada

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

Siendo C la capacidad calorífica o térmica y dQ el calor que se precisa suministrar para incrementar la temperatura en dT.

De esta manera se expresa el calor que puede almacenar un volumen de terreno al aumentar su temperatura, y también la oposición al mencionado cambio de temperatura (cuanto mayor sea la capacidad calorífica más calor habrá que suministrar para alcanzar la misma variación de temperatura: denominado inercia térmica). Sus unidades son J/(m³ K). Para este suelo:

$$C = 2.00 \frac{MJ}{M^3 K}$$

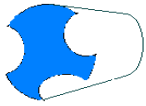
III Difusividad: ratio entre la capacidad de conducción del terreno y su capacidad térmica. Se mide en m²/s. Su rango de valores va desde 0.36*10⁻⁶ m²/s hasta 0.8*10⁻⁶ m²/s según sea terreno seco o húmedo (trabajos de Labs y Harrington, 1982); o 0.4*10⁻⁶ m²/s para terreno seco y 1.08*10⁻⁶ m²/s para terreno húmedo según Givoni y Katz. En este caso:

$$\alpha = 0.09 \frac{m^2}{día}$$

CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TERRESTRE

Del apartado de determinación de las propiedades térmicas del terreno se obtienen los datos resumidos en la tabla:

Características del terreno		
tg: Temperatura no perturbada	14.40	°C
k: Conductividad térmica	2.00	W/(m·K)
cp: Capacidad térmica volumétrica	2.00	MJ/(m³·K)
α: Difusividad térmica	0.09	m²/día



8.- Perforaciones y sondeos

Para el cálculo de la longitud de las conducciones de los sondeos se emplea la expresión:

$$L_H = \frac{qh, HRb + qaR10y + qm, HR1, m + qm, HR6hFsc}{Tm - (Tg + Tp)}$$

El diámetro interior de las tuberías se obtiene del equilibrio entre la pérdida de carga

Según el número de Reynolds

Re 0 4QPi QD siendo > a 2300

Siendo Q el caudal (m³/s), D el diámetro interior (m) y la viscosidad cinemática (m²/s)

La resistencia de los tubos del intercambiador enterrado al flujo de calor se determina por la expresión:

$$R_p = \frac{1}{2\pi Kp} \ln\left(\frac{D_{pext}}{D_{pint}}\right)$$

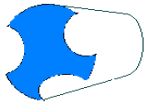
En cuanto al fluido circulante responsable del intercambio de calor, su elección depende de las temperaturas límite de diseño. Se emplea anticongelante si se prevé en diseño que el intercambiador de geotermia presenta riesgo de congelarse. Como la media de temperaturas mínimas es de -3,7°C se hace necesario utilizar anticongelante; como se ha mencionado previamente se trata de una mezcla de agua y monoetilenglicol al 25%.

Características del fluido caloportador		
cp: Capacidad calorífica específica	3795.00	J/(kg·K)
ρ: Densidad	1052.00	kg/m ³

Cálculo de la resistividad térmica del terreno

La función de resist del terreno se encarga de hacer transformadas g-función en función del tiempo.

Finalmente, mediante las ecuaciones se obtienen los diferentes valores de las resistividades térmicas del terreno. El input de esta función es una struc con la difusividad térmica del terreno, los valores de los pulsos temporales de calor, el diámetro de los pozos y la conductividad térmica del terreno. La salida es una struc con las tres resistividades térmicas del terreno.



Cálculo de la longitud del intercambiador

Para el cálculo de la longitud del intercambiador se usan las funciones “length_pipe_cooling” y “length_pipe_heating” para luego mediante un condicionante “if” elegir la mayor de las dos.

Cálculo de la distancia máxima de separación entre perforaciones “radio_maximo_v01”

Esta función busca minimizar la profundidad de los pozos y a su vez maximizar la distancia de separación entre ellos. También determina el número de perforaciones a realizar. Para el cálculo de la distancia máxima se realiza una iteración probando diferentes profundidades de excavación y se determina el valor de separación máxima que pueden tener las perforaciones dentro del área disponible.

El rango de profundidades dentro del cual se opera es entre 80 y 150 metros. Para cada valor de profundidad se calcula el número de excavaciones a realizar, dividiendo la longitud del intercambiador entre la profundidad multiplicada por 2, ya que el tubo sube y baja dentro del pozo.

En general, lo más adecuado será proporcionar la distancia máxima entre sondeos. Es adecuado la distancia entre sondeos sea de más de 5 metros.

9.- CONCLUSIONES

- Estimación de la longitud de un sondeo geotérmico

Con las debidas reservas, podemos estimar órdenes de magnitud de la futura instalación, estimando la longitud y número necesarios de los sondeos para evaluar el impacto económico.

Proceso de cálculo detallado

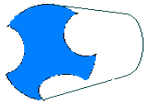
El procedimiento de cálculo detallado de la longitud del número de sondeos geotérmicos se define como sigue:

- Cálculo de la carga térmica
- Elección de la bomba de calor
- Ensayo de respuesta térmica
- Dimensionamiento de los sondeos
- Dimensionamiento del resto de instalación

En una instalación superior a 30 kW será adecuado realizar el ensayo de respuesta térmica del terreno.

Pre-dimensionamiento de los sondeos

Esta estimación nos permitirá saber a qué nos enfrentamos, reduciendo el coste de ingeniería. Pero no debemos confundir su resultado con una justificación válida. La



solución final deberá basarse siempre en el cálculo detallado como el expuesto en el apartado anterior.

Ejemplo de pre-dimensionamiento de los sondeos geotérmicos

Como premisa, exponemos el método a seguir

Para el edificio propuesto, una instalación de climatización por geotermia de baja temperatura con sondeos y en zona climática C1 (península ibérica) y tendrá 1.500 m² útiles calefactados. El nivel de aislamiento es bueno, ya que la construcción es en base al Código Técnico.

Estimación de la carga térmica

En base a la bibliografía existente, en zona climática C1 y para edificios bien aislados, podemos estimar una carga térmica de calefacción del orden de 40 – 60 W por m². Consideraremos **60 W/m²**, así obtenemos una carga térmica de:

$$Q = 1.500 \text{ m}^2 \times 60 \text{ W/m}^2 = 90.000 \text{ W} = 90 \text{ kW}$$

Con esta premisa, se debe calcular la potencia de la bomba de calor geotérmica.

En base a la carga térmica demandada, es adecuado la instalación de dos sistemas de bombas paralelas para parcializar la potencia del sistema. Así se conseguirá incrementar la fiabilidad del sistema.

Por tanto se pueden colocar dos bombas de calor geotérmicas, una de 60 kW y otra de 50 kW, sumando un total de 110 kW instalados de potencia térmica.

Se ha de tener en cuenta que en general, que el **COP** de las bombas de calor geotérmicas en condiciones B0W35 es de **4,6**, esto es: Que las condiciones B0W35 corresponden con temperatura de la solución anticongelante que circula por el pozo de 0°C y temperatura del agua de calefacción de 35°C.

Estas condiciones son adecuadas para el uso de suelo radiante, si prevemos temperaturas más exigentes, esto penalizará el rendimiento de la máquina.

Estimación de las características del terreno

Para estimar el calor que se obtiene de cada m de sonda en cada pozo podemos apoyarnos en el modelo simplificado de la norma alemana VDI 4640.

Esto nos permite un tanteo previo, pero la norma exige ensayo de respuesta térmica siempre que se prevea una potencia a instalar de más de 30 Kw.

En función de las características del terreno y de las horas previstas de funcionamiento anual obtenemos el valor de la capacidad térmica específica a partir de la tabla siguiente:



Subsuelo	Capacidad térmica específica (W/m)	
	1800 h/año	2400 h/año
Suelo inapropiado (conductividad < 1,5 W/mK)	25	20
Suelo normal (conductividad < 3 W/mK)	60	50
Suelo con elevada conductividad (> 3 W/mK)	84	70

Respecto a las clasificaciones del suelo, atendemos a lo indicado por la norma:

- **Suelo inadecuado:** Suelo pobre, sedimentos secos, con baja conductividad.
- **Suelo normal:** Rocoso y con sedimentos saturados con agua.
- **Suelo con elevada conductividad:** Roca consolidada con elevada conductividad térmica.

En nuestro caso, y atendiendo a la información obtenida visto el terreno in situ, elegimos suelo normal y funcionamiento 1800 h/año, obteniendo un valor de **capacidad térmica específica de 60 W/m**.

En zonas de elevada severidad climática debemos elegir 2.400 h/año, para evitar la congelación del terreno alrededor de los pozos.

Cálculo de la longitud total del sondeo

Para obtener la longitud total del sondeo, lo primero es estimar el calor a obtener del terreno. Este dato coincide con el calor absorbido por las bombas de calor en el evaporador. Lo calculamos con la fórmula siguiente:

$$\text{Potencia evaporador} = [\text{Carga térmica} \times (\text{COP}-1)] / \text{COP}$$

En nuestro caso sería:

$$\text{Potencia evaporador} = [110.000 \text{ W} \times (4,6 - 1)] / 4,6 = 86.087 \text{ W}$$

Una vez obtenida la potencia en el evaporador, calculamos la longitud total del sondeo (o lo que es lo mismo, la suma de las profundidades de todos los pozos), como:

$$\text{Longitud total} = \text{Potencia del evaporador} / \text{Capacidad térmica específica}$$

Obteniendo para el ejemplo:

$$\text{Longitud total de las sondas} = 86.087 \text{ W} / 60 \text{ W/m} = 1.435 \text{ m}$$

Para conocer el número de pozos, vemos las longitudes estándar de sondas geotérmicas. Es recomendable la utilización de sondas dobles o de doble U. En los catálogos de los distintos fabricantes con se encuentran sondas de 150m como longitud estándar:

$$\text{Número de pozos} = 1.435 \text{ m} / 150 \text{ m} = 10 \text{ (aproximado al entero superior)}$$

En base al informe previo que se ha expuesto, llegamos a las siguientes



conclusiones:

Quedando claro que el método expuesto no nos vale para justificar el cálculo de proyecto, para instalaciones de más de 30 kW de calor debemos siempre valorar la conveniencia de realizar un test de respuesta térmica del terreno, y adaptar los resultados del cálculo en función del mismo. No obstante este informe pretende ser guía para la valoración de la instalación a modo preliminar.

-Será necesario conocer con precisión los diversos coeficientes K del edificio a construir.

-Será necesario conocer con precisión, mediante los ensayos preceptivos los coeficientes K del terreno.

-El presente informe previo pretende formar las bases para el cálculo preliminar de la instalación geotérmica que se pretende realizar en el edificio proyectado.

Una vez definidas las necesidades térmicas del edificio, servirán de base para hallar la potencia de la bomba de calor-frío y las instalaciones auxiliares y a su vez se pueden estimar el número de pozos y se puede valorar el coste de la solución con bombas de calor geotérmica.

Dado la forma teórica de los trabajos realizados, las conclusiones a las que se han llegado se entienden para todo el recinto extrapolando los resultados obtenidos. En consecuencia es conveniente que en los trabajos de perforación de los sondeos, se confirme que el subsuelo hallado está en consonancia con lo anteriormente expuesto.

El presente informe está compuesto de una memoria de 25 páginas numeradas y anejos.

En Socuéllamos a 17 de diciembre de 2022

INVESTIGACIÓN Y OBRAS, SL

p.p. Fdo. Pedro J. Alarcón Alcolea
INGENIERO T. DE MINAS Col. 918

