APÉNDICE 9. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO



Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón. Alternativas Moreda y Museo.

(Febrero 2020)



ÍNDICE

ICE		modelo	39
1.Introducción	3	7.1. Permeabilidad y transmisividad	39
2. Trabajos realizados	3	7.2. Niveles piezométricos	43
2.1. Campaña geotécnica - hidrogeológica 2007	4	7.3. Coeficiente de almacenamiento	43
2.2. Otras campañas geotécnicas	6	7.4. Recarga	43
3. Marco hidrogeológico	9	7.5. Bombeos	43
4. Hidrogeología local	11	7.6. Barreras al flujo horizontal	43
4.1. Características hidrogeológicas de los materiales	11	7.7. Río Pilón	44
4.1.1. Acuífero cuaternario	11	8. Calibración del modelo	45
4.1.2. Acuífero jurásico	12	8.1. Hipótesis de calibración	47
4.2. Parámetros hidráulicos	15	8.2. Hipótesis húmeda	57
4.2.1. Ensayos en sondeo	15	9. Simulación del efecto barrera	66
4.2.2. Ensayos de bombeo	17	9.1. Hipótesis de calibración	67
4.2.3. Acuífero cuaternario	19	9.1.1. Impacto probable de las obras de la	
4.2.4. Acuífero jurásico	20	estación sin medidas de drenaje (Alternativa	07
4.3. Niveles piezométricos	23	Moreda)	67
4.4. Funcionamiento hidráulico de los acuíferos	27	9.1.2. Impacto probable de las obras de la estación con medidas de drenaje (Alternativa	
4.5. Calidad química de las aguas subterráneas	32	Moreda)	76
4.6. Vulnerabilidad de los acuíferos	33	9.1.3. Impacto probable de las obras de la	1.00
4.6.1. Acuíferos cuaternarios	34	estación sin medidas de drenaje (Alternativa	
4.6.2. Acuíferos jurásicos	34	Museo)	86
5. Modelo de flujo - metodología	35	9.1.4. Impacto probable de las obras de la	
5.1. Recopilación de información	35	estación con medidas de drenaje (Alternativa	
5.2. Elaboración del modelo conceptual hidrogeológico	35	Museo)	95
5.3. Discretización del modelo	35	9.2. Hipótesis húmeda	105
5.4. Asignación de parámetros hidráulicos a las celdas		9.2.1. Impacto probable de las obras de la	
de la malla	35	estación sin medidas de drenaje (Alternativa Moreda)	105
5.5. Calibración del modelo	35	9.2.2. Impacto probable de las obras de la	100
5.6. Elaboración de hipótesis de simulación	35	estación con medidas de drenaje (Alternativa	
5.7. Simulación de hipótesis	35	Moreda)	114
5.8. Interpretación de los resultados	35	9.2.3. Impacto probable de las obras de la	
5.9. Establecimiento de conclusiones y		estación sin medidas de drenaje (Alternativa	
recomendaciones	35	Museo)	124
6. Modelo conceptual	36	9.2.4. Impacto probable de las obras de la	
6.1. Discretización del modelo	36	estación con medidas de drenaje (Alternativa	400
6.2. Condiciones de Contorno	39	Museo)	133

7.Parámetros hidrogeológicos del

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



10. Interacción estación - medio acuífero 143 10.1. Impactos probables 143 10.1.1. Sobre el funcionamiento hidráulico 143 10.1.2. Sobre la calidad de las aguas 144 10.2. Tramificación de las obras 145 10.2.1. Alternativa Moreda 145 10.2.2. Alternativa Museo 147 10.3. Medidas correctoras 149 10.3.1. Sobre el funcionamiento hidráulico 149 10.3.2. Sobre la calidad de las aguas 151 11. Conclusiones У 153 recomendaciones 11.1. Resumen y conclusiones 153 155 11.2. Recomendaciones

Apéndice 1: Medidas piezométricas recopiladas en las distintas campañas geotécnicas.



1. Introducción

Se realiza este informe a petición de INECO-TIFSA, con el objeto de estudiar el entorno hidrogeológico donde se ubicará la futura Estación Intermodal de Gijón. Se analiza especialmente el probable efecto barrera que sobre el flujo subterráneo puede provocar las obras las dos alternativas (Moreda y Museo) contempladas para la futura estación.

Se presenta el estudio hidrogeológico que ha servido de base para la calibración del modelo de simulación presentado. El estudio hidrogeológico se apoya principalmente en la campaña geológico-geotécnica e hidrogeológica realizada en la zona por INECO-TIFSA entre 2007 y 2010, de modo que ésta ha servido de punto de partida para el estudio y el modelo de simulación.

Con el objetivo de cuantificar el probable efecto barrera, así como para valorar la contribución de las posibles medidas de drenaje necesarias para restituir el flujo subterráneo a través de las obras, se ha realizado un modelo de simulación del flujo subterráneo, utilizando para ello el código MODFLOW (Mc Donald y Harbaugh) del US Geological Survey.

MODFLOW es un código numérico tridimensional de diferencias finitas, ampliamente utilizado a nivel mundial, tanto en geotecnia como en otros campos de aplicación, para la simulación del flujo subterráneo en sistemas hidrogeológicos con un mayor o menor grado de complejidad. El código MODFLOW permite la simulación de bordes permeables, impermeables y de nivel constante, de ríos, de pozos de bombeo y recarga, evapotranspiración, recarga, barreras hidráulicas, etc., lo que le permite simular prácticamente cualquier tipo de sistema hidrogeológico por complejo que éste sea. Posteriormente, se han desarrollado en el mercado científico varios preprocesadores y postprocesadores que facilitan y agilizan tanto la entrada de datos al código numérico, como la salida y representación de los resultados. En este trabajo, se ha utilizado el paquete Processing Modflow (Chiang y Kinzelbach).

Inicialmente, se definen las características hidrogeológicas de los materiales, los parámetros hidráulicos y el funcionamiento hidráulico de los acuíferos, así como la calidad química y la vulnerabilidad a la contaminación de los distintos terrenos afectados. Posteriormente, se analizan las posibles afecciones que la construcción de las obras puede provocar sobre el medio acuífero, tanto en cuanto a su funcionamiento hidráulico, como en cuanto a la calidad química de sus aguas. Finalmente, se valoran una serie de medidas preventivas y correctoras, necesarias para evitar las posibles afecciones y/o minimizar sus efectos a valores tolerables.

Los detalles constructivos de la las dos alternativas contempladas para las obras de la futura estación, utilizados para el estudio y para el modelo de simulación de flujo subterráneo, han sido facilitados por INECO-TIFSA.

En el estudio hidrogeológico se ha considerado para el análisis del efecto barrera, tanto las obras del soterramiento hasta el pozo de extracción de la tuneladora del túnel de penetración en Gijón, como las obras del propio túnel ya construido.

2. Trabajos realizados

Para la realización del estudio se ha analizado la información referente al Proyecto de penetración del FC en Gijón de la Secretaría de Estado de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, así como la referida a otras actuaciones realizados en la zona, además de otra información más genérica de tipo geológico e hidrogeológico del entorno de la zona de estudio.

La información más detallada de la zona, corresponde a los resultados de la campaña geológico-geotécnica e hidrogeológica realizada por INECO-TIFSA en el año 2007 para el proyecto constructivo de la Estación de Moreda.

A continuación, se expone en orden temporal decreciente la documentación utilizada en el estudio, numerada para facilitar su cita en el texto.

- "Proyecto Constructivo de la Estación Intermodal de Gijón". Información de la campaña geológica-geotécnica y planos de la solución constructiva. INECO-TIFSA (2010).
- (2) "Trabajos de campo y ensayos para el estudio hidrogeológico del proyecto de la nueva Estación de Moreda, Gijón". 2 Tomos. In Situ Testing, S.L. (2009).
- (3) "Proyecto Constructivo de la Estación Provisional de Gijón en Sanz Crespo". Anejo de geología y columnas de sondeos. Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento (2008).
- (4) "Piezómetros. Trabajos de auscultación en la Avda. de la Costa para el Túnel de Penetración del Ferrocarril en Gijón". GEOPAYMA (mayo 2007).
- (5) "Estudio Geotécnico del Proyecto: Parcela La Bohemia, sita en Gijón, con destino a edifico para sede judicial". SEINCO (2007).
- (6) "Proyecto Modificado Nº 2. Túnel de Penetración del ferrocarril en Gijón. Infraestructura y Vía". Secretaría de Estado de Infraestructuras. Planos de planta y

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



- alzado. Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento (noviembre 2006).
- (7) "Sondeos y ensayos geotécnicos complementarios para el Depósito de Aguas de Tormentas de la Cuenca Centro de Gijón". TECNIA Control (octubre 2006).
- (8) "Estudio Geotécnico para Tanque de Tormentas en Gijón". AIC (septiembre 2005).
- (9) "Estudio Geológico-Geotécnico para un depósito de tormentas en la Avda. Juan Carlos I (Gijón)". TECNIA Control (abril 2005).
- (10) "Precisiones sobre los acuíferos de la cuenca jurásica asturiana (NO de España)".
 E. Menéndez Casares, B. González Fernández, M. Gutiérrez Claverol y J.C. García-Ramos. Trabajos de Geología. Universidad de Oviedo, 24: 119-126 (2004).
- (11) "Proyecto Constructivo del Túnel de Penetración del Ferrocarril en Gijón. Infraestructura y Vía". Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento (noviembre 2002).
- (12) "Estudio Geotécnico del Nuevo Trazado Subterráneo del Ferrocarril en Gijón". Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento (2002).
- (13) "El subsuelo de Gijón: Aspectos geológicos". Gutiérrez Calverol, Manuel y Luque Cabal, Carlos (2002).
- (14) "Mapa de Unidades Hidrogeológicas de la España Peninsular e Islas Baleares. Escala 1.000.000". MOPU Dirección General de Obras Hidráulicas. Servicio Geológico. MINER Instituto Tecnológico Geominero de España. (1990).
- (15) "Mapa Hidrogeológico de España. Escala 1:200.000. Hoja de Oviedo (3)". Instituto Geológico y Minero de España (1989).
- (16) "Investigación hidrogeológica de la Cuenca Norte: Asturias. Colec. Informes. Serv. Publi. Ministerio de Industria, 81 p. IGME (1984).
- (17) "Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Serie Magna. Hoja de Gijón (14)". Instituto Geológico y Minero de España (1972).
- (18) Base de puntos de agua del Instituto Geológico y Minero de España. Designación de puntos, piezometría, bombeos, caudales, parámetros hidráulicos y columnas litológicas.
- (19) Planos de planta y alzado de las obras del Colector Juan Carlos I y del Depósito de Tormentas de Natahoyo. Ayuntamiento de Gijón. Empresa Municipal de Aguas de Gijón S.A.

2.1. Campaña geotécnica - hidrogeológica 2007

La campaña geológico-geotécnica e hidrogeológica realizada por INECO-TIFSA en 2007 para el proyecto de la estación consistió en:

- Perforación de 10 sondeos de investigación geotécnica a rotación con recuperación de testigo continuo, entubados con tubería piezométrica y denominados con las siglas "SJ-".
- Perforación de 7 piezómetros fuera de traza construidos con tubería piezométrica comercial, macizo de gravillas, sello sanitario superficial, tapón de fondo, y tapones de bentonita instalados en el anular entre el terreno y la entubación para aislar los tramos filtrantes. Los piezómetros fueron denominados de Pz-1 a Pz-6, existiendo un piezómetro más denominado Pz-1bis próximo al Pz-1. Previamente a la construcción de los piezómetros, se perforaron 5 sondeos a recuperación de testigo continuo en el emplazamiento de los piezómetros Pz-2, Pz-3, Pz-4, Pz-5 y Pz-6, que posteriormente fueron reperforados a destroza mediante rotopercusión, salvo en el caso del Pz-5 donde el piezómetro se instaló directamente en el taladro realizado para el sondeo a rotación con recuperación de testigo. Los piezómetros Pz-1 y Pz-1bis fueron perforados directamente a destroza mediante rotopercusión, utilizándose la testificación del sondeo SJ-02, próximo a éstos, como guía para su construcción.
- Perforación de 2 pozos de bombeo a rotopercusión, denominados PB-1 y PB-2, y de 7 piezómetros satélites distantes entre 3 y 6 m de los pozos. Los piezómetros fueron denominados Pz-11, Pz-12 y Pz-13 en el caso del PB-1, y Pz-21, Pz-22, Pz-23 y Pz-24 en el caso del PB-2.
- Realización de 8 ensayos de bombeo:
 - o en el PB-1 controlando niveles en el pozo y en los piezómetros satélites
 - o en el PB-2 controlando niveles en el pozo y en los piezómetros satélites
 - en Pz-24 controlando niveles en el propio piezómetro, en PB-2 y en resto de piezómetros satélites
 - 5 ensayo más en los piezómetros fuera de traza Pz-1, Pz-2, Pz-3, Pz-4 y Pz-6.
- Toma de muestras de agua y análisis hidroquímico en los piezómetros y pozos de la campaña hidrogeológica, así como toma de muestra de agua y análisis de

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



hidrocarburos, aceites, grasas y metales pesados en los sondeos SJ-07, SJ-08, SJ-09, y SJ-11 de la campaña de la estación, y en el SC-2 de la campaña del proyecto del túnel de penetración en Gijón (11).

- Control piezométrico periódico, tanto en los sondeos, piezómetros y pozos de la campaña de la estación, como en otros sondeos próximos de campañas previas.
- Realización de 6 ensayos de permeabilidad de tipo Lugeon y 2 de tipo Lefranc, ejecutados en los sondeos geotécnicos durante su perforación.
- Nivelación de precisión de los sondeos, pozos y piezómetros perforados en la campaña de INECO-TIFSA, así como de los sondeos SC-1, SC-3, SC-4, S-1, S-2 y S-3, perforados en campañas anteriores.

Para un mayor detalle de la campaña hidrogeológica de INECO-TIFSA se recomienda la consulta del documento (2) "Trabajos de campo y ensayos para el estudio hidrogeológico del proyecto de la nueva Estación de Moreda, Gijón".

A continuación en la tabla 2.1 se presenta una relación con los sondeos, piezómetros y pozos de bombeo realizados en la campaña de INECO-TIFSA en 2007. Se indica las coordenadas y la profundidad de las prospecciones.

Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
SJ-01	Campaña INECO-TIFSA	15	283211,834	4823741,707	12,73
SJ-02	Campaña INECO-TIFSA	25,15	283304,402	4823742,241	19,57
SJ-05	Campaña INECO-TIFSA	25,05	283285,293	4823854,256	16,43
SJ-06	Campaña INECO-TIFSA	20,1	283471,113	4823886,37	13,59
SJ-07	Campaña INECO-TIFSA	25	283580,807	4823972,027	12,09
SJ-08	Campaña INECO-TIFSA	29,85	283621,333	4824059,575	12,19
SJ-09	Campaña INECO-TIFSA	30	283762,108	4824141,95	8,71
SJ-10	Campaña INECO-TIFSA	35,1	283855,983	4824201,589	8,87
SJ-11	Campaña INECO-TIFSA	35	283923,62	4824375,449	9,41
SJ-12	Campaña INECO-TIFSA	40,25	284019,587	4824445,08	8,77
Pz-1	Campaña INECO-TIFSA	26	283303,57	4823742,046	19,69
Pz-1 bis	Campaña INECO-TIFSA	9	283306,885	4823740,871	19,69
Pz-2	Campaña INECO-TIFSA	25	284167,448	4823932,245	9,90
Pz-3	Campaña INECO-TIFSA	25	283460,974	4824041,239	11,30
Pz-4	Campaña INECO-TIFSA	25	283374,846	4824634,615	7,75
Pz-5	Campaña INECO-TIFSA	25,2	283076,308	4824323,659	14,06
Pz-6	Campaña INECO-TIFSA	40	283863,787	4823332,828	26,76
PB-1	Campaña INECO-TIFSA	31	283845,04	4824202,94	8,90
Pz-11	Campaña INECO-TIFSA	24	283849,1	4824200,61	8,90
Pz-12	Campaña INECO-TIFSA	31	283841,93	4824201,91	8,90
Pz-13	Campaña INECO-TIFSA	36	283845,71	4824207,67	8,90
PB-2	Campaña INECO-TIFSA	9	284020,822	4824452,93	8,88
Pz-21	Campaña INECO-TIFSA	9	284023,679	4824450,852	8,86
Pz-22	Campaña INECO-TIFSA	27	284017,995	4824450,767	8,75
Pz-23	Campaña INECO-TIFSA	31	284022,803	4824447,244	8,90
Pz-24	Campaña INECO-TIFSA	37	284018,586	4824447,46	8,93

Tabla 2.1. Relación de sondeos, piezómetros y pozos de bombeo de la campaña de INECO-TIFSA (2007)



2.2. Otras campañas geotécnicas

Además de la campaña de INECO-TIFSA, se ha contado con la información de diversas campañas geotécnicas realizadas tanto previamente, como posteriormente a la campaña del proyecto de la Estación de Moreda. A parte de las campañas geotécnicas relacionadas con el trazado del ferrocarril y con el proyecto de del túnel de penetración en Gijón, contenidas en los documentos citados anteriormente (3, 4, 11, 12), se ha contado con las campañas geotécnicas realizadas para el proyecto de la Consejería de Justicia en la parcela de La Bohemia (5), y para el proyecto del Depósito de Tormentas de Natahoyo (7, 8 y 9).

A continuación, en las tablas 2.2 a 2.7, se presenta una relación con las prospecciones de las distintas campañas geotécnicas realizadas en la propia zona de estudio o próxima a la misma. En la figura 2.1, se presenta la situación de todas las prospecciones consideradas.

Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
SCJ-1	Consejería de Justicia	14	283914	4824130	8,55
SCJ-2	Consejería de Justicia	14	283885	4824162	8,55
SCJ-3	Consejería de Justicia	16	283800	4824090	9,10
SCJ-4	Consejería de Justicia	16	283833	4824052	9,65

Tabla 2.2. Relación de sondeos del proyecto de la Consejería de Justicia (2007)

Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
S-1AIC	Depósito de Tormentas	15	283837	4824435	8,40
SDT-1	Depósito de Tormentas	15	283783	4824440	8,20
SDT-2	Depósito de Tormentas	15	283840	4824448	8,45
SDT-3	Depósito de Tormentas	14,7	283861	4824427	8,47
SDT-4	Depósito de Tormentas	23,9	283881	4824459	8,54
SDT-1'	Depósito de Tormentas	25	283870,97	4824469,15	8,48
SDT-2	Depósito de Tormentas	25	283824,82	4824452,84	8,36
SDT-3	Depósito de Tormentas	35	283814,36	4824433,43	8,47
SDT-4'	Depósito de Tormentas	25	283805,25	4824415,71	8,45
SDT-5'	Depósito de Tormentas	35	283859,08	4824446,16	8,46
SDT-6	Depósito de Tormentas	25	283888,79	4824437,61	8,26

Tabla 2.3. Relación de sondeos del proyecto del Depósito de Tormentas de Natahoyo (2005-2006)

Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
SE-1	Estación provisional	15	283920	4824240	8,80
SE-2	Estación provisional	15	283950	4824214	8,60

Tabla 2.4. Relación de sondeos del proyecto de la Estación Provisional en Sanz Crespo (2008)

Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
S-1	Estudio Geotecnico	35	283389,401	4823779,543	18,99
S-2	Estudio Geotecnico	35,1	283674	4824129,88	11,73
S-3	Estudio Geotecnico	30	284169,651	4824494,328	7,64
S-4	Estudio Geotecnico	35,5	284409,3868	4824536,461	7,78
S-5	Estudio Geotecnico	30	284412,1082	4824445,746	5,77
S-6	Estudio Geotecnico	30,1	284576,8298	4824447,873	6,31
S-7	Estudio Geotecnico	32	284793,0874	4824527,646	5,99
S-7C	Estudio Geotecnico	9	284793,0874	4824527,646	5,99
S-8	Estudio Geotecnico	30	284720,9069	4824474,417	5,76
S-9	Estudio Geotecnico	38,3	284825,6289	4824357,84	6,80
S-10	Estudio Geotecnico	31,5	284765,4442	4824265,752	6,40
S-10C	Estudio Geotecnico	4,7	284765,4442	4824265,752	6,40
S-11	Estudio Geotecnico	30	285070,09	4824577,987	9,60
S-12	Estudio Geotecnico	35,15	284972,4913	4824203,501	8,54
S-13	Estudio Geotecnico	35	285018,4543	4824057,785	9,35
S-14	Estudio Geotecnico	36,6	285197,7574	4824170,217	10,10

Tabla 2.5. Relación de sondeos del "Estudio Geotécnico del Nuevo Trazado Subterráneo del FC en Gijón" (2002)

Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
SIG-7	Obra Túnel	35	284592	4824474	6,00
SIG-8	Obra Túnel	35	284647	4824436	6,40
SIG-20	Obra Túnel	38,5	284466	4824541	7,70
SIG-25	Obra Túnel	35,2	284247	4824516	8,00
SIG-26	Obra Túnel	35	284555	4824418	6,00
SIG-27	Obra Túnel	36,2	284637	4824348	6,50
SIG-29+PzD1	Obra Túnel	21	284750,357	4824229,35	5,98
SIG-30+PzD2	Obra Túnel	21	284785,21	4824227,146	5,92
SIG-31+PzD4	Obra Túnel	21	284838,408	4824191,891	5,50
SIG-32+PzD5	Obra Túnel	21	284872,568	4824169,193	5,68
SIG-33+PzD6	Obra Túnel	21	284900,061	4824151,396	6,00
PzD3	Obra Túnel	10	284805,672	4824232,097	6,00
PzD7	Obra Túnel	10	284950,117	4824133,393	7,00
PzU1	Obra Túnel	4	284762,69	4824258,675	6,00
PzU2	Obra Túnel	4	284747,462	4824231,3	5,98
PzU3	Obra Túnel	4	284804,125	4824234,608	6,00
PzU5	Obra Túnel	4	284827,492	4824178,44	5,80
PzU6	Obra Túnel	4	284854,588	4824194,457	6,00
PzU7	Obra Túnel	4	284857,583	4824153,752	5,60
PzU8	Obra Túnel	4	284895,126	4824141,658	6,00
PzU9	Obra Túnel	4	284947,44	4824134,873	7,00
PzU10	Obra Túnel	4	284939,472	4824111,566	6,00

Tabla 2.6. Relación de prospecciones del "Proyecto Constructivo del túnel de penetración del FC en Gijón. Infraestructura y Vía." (2002)



Sondeo	Origen	Prof. (m)	X (UTM)	Y(UTM)	Z (msnm)
SC-1	Proyecto Túnel	23,4	283193,992	4823931,705	15,11
SC-3	Proyecto Túnel	31,3	283775,57	4824188,422	9,42
SC-4	Proyecto Túnel	40	284117,103	4824425,906	7,94
SC-6	Proyecto Túnel	40	284462,22	4824491,154	7,78
SC-7	Proyecto Túnel	35	284576,972	4824507,152	7,80
SC-8	Proyecto Túnel	31	284692,167	4824511,473	6,30
SC-8C	Proyecto Túnel	3,2	284692,167	4824511,473	6,30
SC-9	Proyecto Túnel	35	284799	4824500	6,31
SC-9C	Proyecto Túnel	6,6	284799	4824500	6,31
SC-10	Proyecto Túnel	35	284905,514	4824464,613	6,79
SC-10C	Proyecto Túnel	12,6	284905,514	4824464,613	6,79
SC-11	Proyecto Túnel	37	284993,151	4824398,805	11,02
SC-12	Proyecto Túnel	36	285085	4824306	11,40
P-1	Proyecto Túnel	13,5	284879	4824460	6,80
P-2	Proyecto Túnel	35	284894	4824463	6,70
Pz-1C	Proyecto Túnel	12,3	284895	4824535	6,70
Pz-1L	Proyecto Túnel	19,6	284895	4824535	6,70
Pz-2C	Proyecto Túnel	12,6	284840	4824447	6,90
Pz-2L	Proyecto Túnel	35	284840	4824447	6,90

Tabla 2.7. Relación de prospecciones de obra del proyecto modificado del túnel de penetración del FC en Giión (2007).



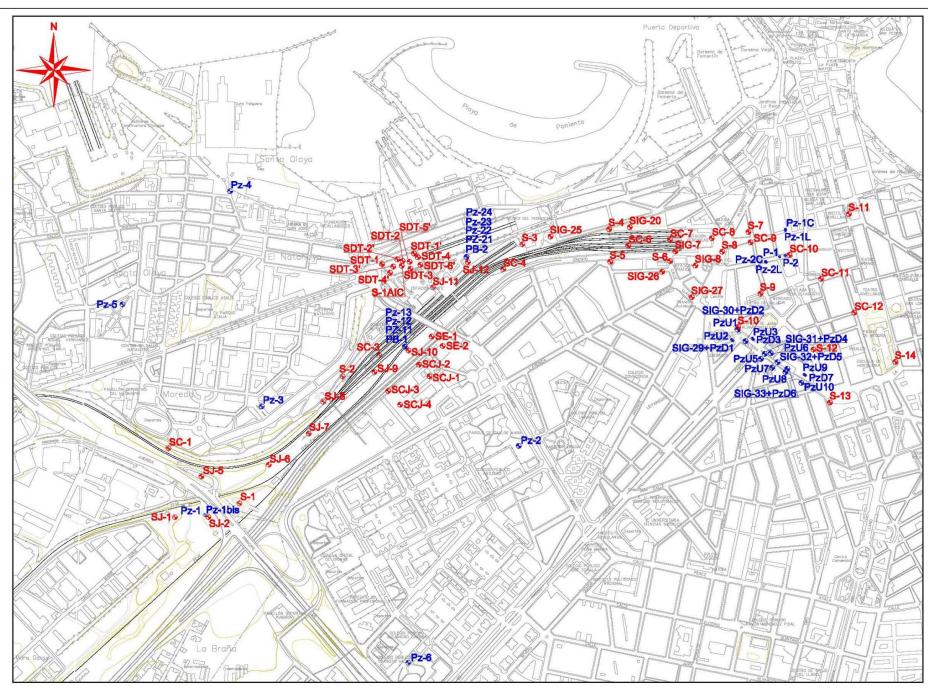


Figura 2.1. Plana de situación de las prospecciones realizadas en la zona de estudio durante las distintas campañas aeatécnicas e hidrogeológicas (en azul piezómetros y pozos de bombeo y en roja sondeos geotécnicos



3. Marco hidrogeológico

La zona de estudio se encuadra dentro de la Cuenca Meso-Terciaria de Asturias, más concretamente dentro la Cuenca de Villaviciosa-Gijón. Corresponde a una depresión estructural relacionada con la etapa distensiva que siguió a la orogenia hercínica. Esta rellena por depósitos de naturaleza detrítica y calcárea, de origen marino y continental, con edades que van desde el Pérmico hasta el Terciario. Recubriendo los materiales del Mesozoico y del Terciario, aparece un manto cuaternario detrítico, de origen fluviomarino.

En la zona de estudio, el manto cuaternario alcanza en general un espesor reducido, con valores entre 4 m y 13 m de potencia. Está representado por arcillas de origen coluvial-eluvial, por arenas litorales o de playa, por rellenos de origen antrópico y por los depósitos aluviales asociados al cauce del río Pilón. Los depósitos cuaternarios descansan sobre un substrato jurásico de naturaleza calcárea, constituido por calizas, dolomías, margas y brechas.

Desde un punto de vista hidrogeológico regional, el substrato de la zona urbana de Gijón forma parte del "Sistema acuífero Nº 1 - Unidad Mesozoica Gijón-Villaviciosa" de la clasificación del Instituto Geológico Minero de España (IGME,16). Dentro de esta unidad, el área de Gijón pertenece al subsistema situado más al Norte, en concreto al borde occidental del "Subsistema 1A - Villaviciosa", asimilable a la "Unidad Hidrogeológica 01.19 Villaviciosa" de la Confederación Hidrográfica del Norte (14). Localmente, limita con los materiales paleozoicos del Monte Areo-Cabo Torres que son considerados como una barrera más o menos impermeable, separado al Sur del "Subsistema 1B – Llantones" por la barrera que suponen los materiales impermeables del Permotrías.

Según la bibliografía consultada (13) los aportes generales al sistema de Villaviciosa, tanto superficiales como subterráneos, son de 183 Hm³/año, de los cuales 178 Hm³/año proceden de la precipitación y 5 Hm³/año serían aportados al sistema por los arroyos existentes en la zona. Del total de los aportes, 58 Hm³/año correspondería a los recursos subterráneos que para una superficie de aproximadamente 304 km² supondría una tasa de recarga media de aproximadamente 190 mm/año.

Dentro del subsistema se distinguen dos niveles acuíferos:

Acuífero jurásico calcáreo

Está constituido, esencialmente, por calizas y dolomías del Lías que constituyen el acuífero más importante de este subsistema. Forman el substrato rocoso que yace debajo

del manto cuaternario en la ciudad de Gijón. En general, presenta una permeabilidad elevada, aunque muy variable en función de la fracturación y/o karstificación del macizo rocoso, y en función de la presencia de niveles arcillosos y margosos en la serie estratigráfica.

Acuífero jurásico detrítico

Está constituido por conglomerados, arenas y areniscas que se sitúan, estratigráficamente, encima de los depósitos calcáreos anteriores. Presenta en general una permeabilidad por porosidad reducida, y no serán afectados por las obras proyectadas.

Acuíferos cuaternarios

En el área urbana de Gijón, son los depósitos de arenas litorales o de playa los que desde un punto de vista hidráulico presentan una mayor potencialidad como acuífero. Los depósitos cuaternarios dan lugar a una serie de acuíferos, más o menos interconectados entre sí, de carácter libre en general. El nivel acuífero asociado a los depósitos cuaternarios aparece unas veces desconectado y colgado sobre el sistema acuífero jurásico, y otras, en cambio, presenta una conexión hidráulica con el sistema profundo.

En la figura 3.1. se representa la distribución de los distintos sistemas acuíferos en el área de Gijón y sus alrededores.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



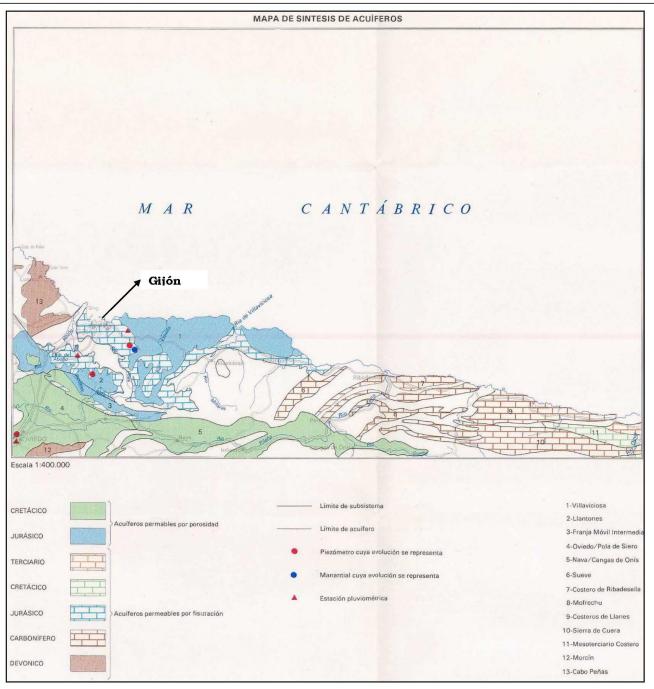


Figura 3.1. Distribución de las unidades acuíferas en la zona de Gijón y su entorno



4. Hidrogeología local

4.1. Características hidrogeológicas de los materiales

Las futuras obras de la Estación Intermodal de Gijón afectarán a materiales detríticos de edad Cuaternario y a materiales esencialmente calcáreos de edad Jurásico.

El manto cuaternario está representado en la zona de estudio por arcillas de origen coluvio-eluvial (Qel), arenas de playa (Qli), depósitos de ría esencialmente fangosos asociados al cauce del río Pilón (Qal) y por rellenos antrópicos (Qr). A priori, los depósitos de arenas son los que presentan una mayor potencialidad como acuífero, mientras que en el caso los depósitos arcillosos y fangosos se espera una permeabilidad muy reducida. Los depósitos aluviales del río Pilón presentan una distribución muy localizada y limitada al cauce del río, aunque existen depósitos de fangos y turbas, entremezclados con los depósitos de arenas litorales, posiblemente asociados a antiguas zonas de marismas o al antiguo cauce del río Pilón que actualmente se encuentra encauzado y desviado de su cauce original. Los depósitos antrópicos, de naturaleza variable ligada a la composición de los rellenos y los vertidos de los que proceden, presentan en general una compacidad baja que les confiere una permeabilidad elevada.

El acuífero jurásico calcáreo está representado en la zona de estudio por dolomías (Jd) y calizas dolomíticas (Jcd) de permeabilidad media-alta, y por lutitas margosas (Jlm) y brechas de cantos calcáreos en una matriz lutítico-arcillosa (Jlb), en general de baja permeabilidad.

A continuación se presenta la caracterización hidrogeológica de las distintas unidades litológicas afectados por la traza del proyecto.

4.1.1. Acuífero cuaternario

Depósitos coluvio-eluviales (Qel)

Están constituida por arcillas y arcillas limosas de colores pardos-amarillentos que engloban, de forma local, una cierta fracción de arenas y gravas redondeadas de naturaleza cuarcítica, y algún canto anguloso de naturaleza calcárea en la base de la unidad.

Las muestras analizadas presentan un contenido medio de finos del 94%. Se trata de materiales de baja permeabilidad, con valores que oscilan entre permeabilidades típicas de un limo arenoso y valores que indican una permeabilidad muy baja, típica de una arcilla.

Desde un punto de vista hidrogeológico, esta unidad presenta en general una permeabilidad muy baja, pudiéndose considera a efectos prácticos como impermeable. No obstante, es posible una cierta circulación subterránea a través de niveles con un mayor contenido de arenas y/o gravas.

Dado el carácter poco permeable de esta unidad, estos materiales presentan en conjunto una vulnerabilidad a la contaminación baja, no obstante debido a la proximidad del nivel piezométrico a la superficie se recomienda evitar vertidos accidentales sobre estos materiales.

En el área del estudio, esta unidad aparece con un espesor variable a lo largo de la mayor parte de la traza, apoyándose directamente encima del substrato jurásico del que procede y, por lo general, debajo del manto de depósitos antrópicos, excepto en la parte inicial y final de la traza donde se sitúa debajo de los depósitos aluviales y de arenas litorales. Presenta un espesor medio de 3-4 m de potencia, con valores máximos de 9 m detectados en el sondeo SJ-02.

En general, los sondeos geotécnicos perforados en esta litología presentan un nivel piezométrico por debajo de su base, imponiendo los paquetes calcáreos de edad Jurásico, mucho más permeables, su nivel en el taladro entubado con tubería ranurada a lo largo de toda su longitud. En cambio, en los sondeos perforados en arenas litorales (Qli) o en los piezómetros y pozos con tramos filtrantes únicamente en el manto cuaternario, el nivel piezométrico afectaría a estos materiales, de modo que es bastante probable que estos materiales se encuentren saturados en mayor o menor medida en una parte importante de la traza, aunque debido a su baja permeabilidad el aporte de agua a los sondeos es muy pequeño, así como la magnitud del flujo subterráneo asociado.

Arenas litorales - depósitos de playa (Qli)

Esta unidad está constituida por arenas finas a medias de colores amarillentos, puntualmente conchíferas y en general muy limpias,. Se trata de depósitos típicos de playa y dunas adyacentes. En el tramo medio de la unidad, coexisten las arenas limpias con términos de arenas limosas y arcillosas en tonos grisáceos debido al contenido en materia orgánica. También aparecen, intercalados en la serie, lentejones de gravas de naturaleza cuarcítica y carbonatada, y depósitos de fangos y turbas que se describen a continuación.

Presentan un contenido en finos escaso, con un valor medio del 10% en las muestras analizadas. Las pruebas de permeabilidad realizados indican una permeabilidad típica de una arena fina que constituyen un acuífero con una permeabilidad de media a alta, pudiendo ser más alta en los niveles de granulometría más gruesa.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entomo de la Estación Intermodal de Gijón



Los depósitos de fangos intercalados a modo de niveles pueden provocar una cierta compartimentación del acuífero, dando lugar a niveles colgados.

Se trata de una unidad con una vulnerabilidad a la contaminación de alta a muy alta, debido a su elevada permeabilidad y a la proximidad del nivel freático a la superficie del terreno.

En la zona de estudio, aparecen al final de la traza con un espesor entre 1 m y 1,8 m, situándose encima de los depósitos eluviales (Qel). Al este de la zona del proyecto, el espesor de esta unidad aumenta, alcanzando espesores de 7 m en la zona de los sondeos S-7 y SC-10 situados al este de la estación del humedal.

Los sondeos perforados en esta formación revelan la existencia de un nivel freático somero asociado a esta unidad, situado en torno a 3-4 m de profundidad.

Fangos y turbas - depósitos de ría (Qa)

Están constituidos por limos y arcillas de tonos grises oscuros. Presentan un elevado contenido en materia orgánica, un esponjamiento elevado y una escasa consolidación, así como un contenido en humedad muy elevado. Ocasionalmente, se puede encontrar un contenido variable de gravas hacia muro de la unidad.

Aparecen en la zona de estudio formando delgados niveles aislados, asociados a los depósitos de arenas litorales (Qli). Son facies típicas de la interacción de la dinámica marina y fluvial. Al Este de la traza, se han detectado espesores máximos de fangos entre 3 m y 5 m (SC-7 Pz-1C/L) y un nivel freático asociado situado en torno a 3 m de profundidad, lo que indica que estos materiales aparecen saturados de agua. Presentan permeabilidades muy bajas, pudiendo considerarse a efectos prácticos como impermeables. Se trata de materiales muy poco compactados y saturados de agua, de modo que un descenso temporal o permanente del nivel freático podría provocar fenómenos de consolidación.

Los fangos y las turbas son en general materiales de baja vulnerabilidad debido a su baja permeabilidad, aunque la presencia de un nivel freático somero recomienda evitar el vertido de contaminantes sobre estos materiales.

Debido a su semejanza litológica e hidrogeológica de esta unidad con la unidad siguiente, se ha decidido unificar ambas unidades bajo la misma denominación (Qa), tal cual se ha realizado en el estudio geológico del Proyecto de la Estación (1). Así el espesor de fangos, detectado en el sondeo SJ-11, podría pertenecer bien a depósitos de ría o marisma, o a depósitos aluviales asociados al antiguo cauce del río Pilón, actualmente desviado de su cauce original.

Depósitos aluviales del río Pilón (Qa)

Aparecen en la parte inicial de la traza asociados al cauce actual del río, y alcanzan un apotencia en torno a 2 m en el sondeo SJ-01. El sondeo SJ-02, próximo al anterior, podría haber atravesado también un nivel de 1,4 m de espesor de depósitos aluviales arcillosos. Están constituidos por limos y arcillas con algún nivel de arenas intercalado.

El nivel piezométrico medido en el sondeo SJ-01, en comparación con el nivel de la lámina del río, indica que el río se situaría colgado por encima del nivel en el sondeo. No obstante, el nivel en este sondeo podría estar influenciado por el nivel del acuífero jurásico, más profundo y mucho más permeable que los depósitos aluviales en esta zona. Así, el nivel en el Pz-1bis, tan sólo ranurado en el manto cuaternario y que muestra un nivel claramente por encima del nivel en el río, podría presentar un nivel piezométrico más acorde con el existente en los depósitos aluviales en esta zona.

Depósitos antrópicos (Qr)

Forman un manto continuo en la zona de estudio con una potencia comprendida entre 1 m y 6 m de espesor. Aparecen recubriendo los depósitos de arenas (Qli), limos-arcillosos de origen eluvial (Qel) y depósitos aluviales del río Pilón (Qa), situándose en algunas zonas de la parte central del trazado directamente encima del substrato jurásico.

Presentan una composición muy heterogénea, constituida por cantos silíceos y carbonatados, por fragmentos y escombros (ladrillos, madera, vidrio, etc.) todo englobado en una matriz areno-limosa. Presentan en general una compacidad baja y una permeabilidad media a localmente elevada.

En general, no existe un nivel freático asociado a estos depósitos en la zona de estudio, situándose normalmente éste por debajo de la base de esta unidad. No obstante, los niveles más elevados medidos en el Pz-4, así como en otros sondeos situados al este de la traza (S-3 y S-8), se sitúan por encima del muro de esta unidad, lo que permite considerar la existencia de un cierto flujo subterráneo asociado a esta unidad en ciertas épocas especialmente húmedas, o que podría originarse como consecuencia del efecto barrera de la estación.

4.1.2. Acuífero jurásico

Esta formado por calizas dolomíticas (Qcd), dolomías (Qd), lutitas margosas (Jlm) y brechas (Jlb).

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entomo de la Estación Intermodal de Gijón



Calizas dolomíticas (Jcd)

En general, se trata de micritas con distintos grados de cristalización y en la mayoría de los casos aparecen laminadas milimétricamente debido a la intercalación de niveles limoso oscuros y niveles calcáreos claros.

Presenta un buzamiento de aproximadamente 7-10° hacia el norte y un grado de alteración variable, más elevado hacia la superficie. Los sondeos realizados han revelado la existencia de cavidades kársticas en esta formación, aunque fuera de la traza de estudio.

Este término constituye un nivel continuo de 2-4 m de potencia en la zona más profunda del área investigada por los sondeos de la traza, así como un nivel más delgado, de apenas 1 m de potencia, en la zona superficial del macizo jurásico entre los sondeos SJ-11 v SJ-12.

Los ensayos y las pruebas de permeabilidad realizados en esta unidad indica una permeabilidad media-alta, pudiéndose hablar de acuíferos de regulares a buenos. Se considera una vulnerabilidad a la contaminación alta a muy alta, aunque de algún modo protegida por los depósitos de lutitas margosas (Jlm) intercalados en la serie.

Dolomías (Jd)

Aparece, en general, hacia muro de la serie jurásica y en la zona de la traza es el nivel calcáreo predominante. Presenta una textura de grano fino y colores grises oscuros violáceos a ocres amarillentos, que pasan a anaranjados por alteración.

Presenta un grado de alteración y fracturación elevados, dando lugar, a veces, a brechas con matriz margo-limosa. Su grado de karstificación es siempre menor que en los términos calizos. Cuando alcanza grados de alteración entre V y VI se comporta como un suelo de granulometría variable de arena a arcilla. La permeabilidad de los términos más alterados varia en función de la granulometría, de muy baja, en los términos más arcillosos, a elevada o muy elevada en los términos más arenosos.

Cuando presenta grados de alteración inferiores a V se comporta como un macizo rocoso con una permeabilidad variable, en función del grado de fracturación y, en menor medida, en función del grado de karstificación.

Los ensayos de bombeo realizados en esta unidad indican una permeabilidad media-alta, con una potencialidad acuífera bastante importante. La vulnerabilidad a la contaminación de esta unidad dependerá del grado de fracturación y/o karstificación del macizo rocoso y

de la granulometría en los términos más alterados, aunque visto los valores de permeabilidad obtenidos en los distintos ensayos, se considera en general elevada.

Esta unidad al igual que la anterior presenta un nivel piezométrico asociado, pudiéndose distinguir dos niveles acuíferos diferenciados entre los sondeos y piezómetros perforados en la parte inicial y final de la traza, que corresponden, respectivamente, a los términos calcáreos más profundos y someros del macizo jurásico investigado.

Margas limo-arcillosas (Jlm)

Predominan en la serie jurásica y están constituidas por lutitas margosas a algo arenosas, de tonos grises oscuros a algo azuladas, apareciendo también términos de margas arcillosas. En ocasiones, presenta pequeños niveles calcáreos de poca entidad, pero con una elevada fracturación y karstificación.

Se comportan como un suelo de consistencia elevada y de permeabilidad en general baja, típicas de un limo, aunque en los ensayos se han obtenido valores más elevados, incluso comparables a los de los términos calizos.

Esta unidad es mayoritaria en el macizo jurásico presente en la zona de estudio, alcanzando una abundancia relativa algo superior al de las dos unidades anteriores juntas. Aparece formando paquetes de espesor variable entre 1 m y 10 m entre los términos calcáreos, confiriendo un carácter multicapa al acuífero jurásico.

La vulnerabilidad de esta formación es en general reducida, al igual que la permeabilidad. No obstante, no se descarta una cierta circulación subterránea asociado a los niveles granulométricos más gruesos y a los niveles calcáreos intercalados. Este litotipo constituyen dentro del acuífero multicapa los niveles de acuitardos, incluso acuicludos, que aíslan los niveles calcáreos intercalados de la llegada de posibles contaminantes desde la superficie del terreno.

Los sondeos perforados en esta unidad están ranurados también en los niveles más calcáreos, y los piezómetros y pozos de la campaña del proyecto de la estación sitúan sus tramos filtrantes preferentemente en los niveles calcáreos, de modo que no se puede asegurar ni descartar la existencia de un nivel piezométrico asociado a estos materiales. No obstante, es de esperar un nivel piezométrico asociado a esta unidad así como una cierta circulación subterránea, visto el grado de fracturación y alteración observado, junto a los elevados valores de permeabilidad obtenidos en algunos ensayos realizados sobre esta litología.



Brechas (Jlb)

Están compuestas por arenas y gravas angulosas de naturaleza caliza y dolomítica, englobadas en una matriz limo-margosa o arcillo-margosa de colores gris oscuro a ocres claros en los términos alterados. Presenta una distribución irregular y su origen se relaciona con brechas intraformacionales por disolución y colapso, o con el efecto tectónico de pequeñas fracturas.

Son muy abundantes en la zona de estudio, coexistiendo en mayor o menor medida con el resto de litotipos. Presentan por lo general una consistencia baja debido a su alto grado de alteración.

Se esperan valores de permeabilidad medios-bajos, aunque no se descarta valores más elevados asociados a los términos más lavados con matriz más escasa. Al igual que en la unidad anterior es bastante probable la existencia de un cierto flujo subterráneo, aunque en general limitado. Se espera una vulnerabilidad a la contaminación de media a baja.



4.2. Parámetros hidráulicos

Para la determinación de los parámetros hidráulicos de los materiales afectados, se ha contado con un total de 130 ensayos Lugeon, 35 ensayos Lefranc, 10 ensayos Gilg-Gavard, 1 ensayo en CPTU, 1 ensayo de infiltración y 10 ensayos de bombeo. Se presenta a continuación los resultados obtenidos, y al final del aparatado una síntesis de los valores para cada una de las litologías afectadas por la traza del estudio

4.2.1. Ensayos en sondeo

De las pruebas realizadas en sondeos, 8 fueron realizadas en la campaña del proyecto de la estación, mientras que el resto pertenecen a otras campañas realizadas en la misma zona de estudio, o en zonas próximas que por semejanza de las litologías ensayadas sus resultados son extrapolables.

Los valores de permeabilidad obtenidos presentan una gran variabilidad, desde valores nulos pertenecientes a terrenos prácticamente impermeables, hasta valores tan altos que fue imposible realizar los ensayo con éxito: en el caso de los ensayos de tipo Lefranc fue imposible elevar el nivel del agua dentro del sondo, y en el caso de los ensayos Lugeon no se pudo elevar la presión del tramo probado. En otras ocasiones, el terreno en las paredes del sondeo se presentaba tan fracturado y/o alterado que no se consiguió aislar el tramo con los obturadores, expulsándose el agua por la boca del sondeo durante los ensayos Lugeon. A continuación se presentan los resultados obtenidos

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
S-1	Lugeon	28,00	30,20	Jlm	margas	asciende el agua
S-2	Lugeon	28,00	29,90	Jlm-Jlb	margas-brechas	admite todo el caudal
S-2	Lugeon	27,00	29,90	Jlm-Jlb	margas-brechas	admite todo el caudal
S-2	Lugeon	28,90	29,90	Jlm-Jlb	margas-brechas	admite todo el caudal
S-3	Lugeon	25,00	29,06	Jd	dolomías	asciende el agua
S-4	Lugeon	24,80	27,85	Jcd	calizas	admite todo el caudal
S-5	Lugeon	25,00	26,60	Jd	dolomías	asciende el agua
S-6	Lugeon	27,00	28,70	Jlb	brechas	asciende el agua
S-6	Lugeon	25,10	28,70	Jlb	brechas	admite todo el caudal
S-7	Lugeon	23,60	25,00	Jlm	margas	asciende el agua
S-8	Lugeon	25,00	26,50	Jlm	margas	asciende el agua
S-9	Lugeon	26,00	27,70	Jd	dolomías	admite todo el caudal
S-10	Lugeon	25,15	27,00	Jd	dolomías	admite todo el caudal
S-12	Lugeon	25,00	29,25	Jd	dolomías	1,3E-06
S-14	Lugeon	26,30	27,55	Jd	dolomías	admite todo el caudal
S-14	Lugeon	29,60	30,60	Jd	dolomías	1,0E-07
S-15	Lugeon	28,25	29,35	Jd-Jcd	dolomías-calizas	admite todo el caudal
S-15	Lugeon	26,50	29,35	Jd-Jcd	dolomías-calizas	admite todo el caudal
S-16	Lugeon	26,50	29,20	Jed	calizas	admite todo el caudal
S-16	Lugeon	28,00	29,20	Jcd	calizas	admite todo el caudal
S-17	Lugeon	26,50	28,20	Jd	dolomías	asciende el agua
S-18	Lugeon	30,00	32,10	Jlm	margas	admite todo el caudal
S-18	Lugeon	31,00	32,10	Jlm	margas	admite todo el caudal
S-19	Lugeon	35,00	37,00	Jlm	margas	4,2E-08
S-20	Lugeon	26,50	27,65	Jlm	margas	3,0E-06

Tabla 4.1. Resultados obtenidos en los ensayos Lugeon, Lefranc y Gilg-Gavard realizados en sondeos

Sondeo	Ensayo	Inicio	fin	Unidad	Litología	K(m/s)
	and the second	tramo	tramo		2000 (10 San	1.1167.11167
S-22	Lugeon	27,60	30,30	Jlm	margas	asciende el agua
S-23 S-24	Lugeon	25,50 28.30	27,75 29.80	Jd Jlm	dolomías	asciende el agua admite todo el caudal
S-24 S-25	Lugeon	30.80	32.30	Jim	margas	
S-25 S-25	Lugeon	31,30	32,30	Jim	margas	asciende el agua
S-25 S-25	Lugeon Lugeon	33,50	35.00	Jim	margas margas	asciende el agua asciende el agua
S-25	Lugeon	34,00	35,00	Jlm	margas	asciende el agua
S-25 S-26	Lugeon	28.50	30.00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-20 S-27	Lugeon	29,50	31.00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-27	Lugeon	30,00	31,00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-27	Lugeon	34,00	35,00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-28	Lugeon	25,35	27.65	Jcd-Jlm	calizas-margas	asciende el agua
S-29	Lugeon	27,00	28,10	Jlb	brechas	asciende el agua
S-30	Lugeon	28,30	30,30	Jlb-Jcd	brechas-calizas	9,7E-07
S-31	Lugeon	27,60	29,65	Jlm	margas	1,7E-06
S-1	Lefranc	9.00	11.30	Jlm-Jlb	margas-brechas	2,3E-05
S-2	Lefranc	6.00	8,10	Jlm	margas	impermeable
S-2	Lefranc	18,20	29,90	Jlm	margas	no se consigue llenar
S-5	Lefranc	3,87	4,70	Qa	fangos	impermeable
S-6	Lefranc	3,10	6,35	JIb	brechas	impermeable
S-7	Lefranc	6.00	7,50	Qli	arenas	impermeable
S-9	Lefranc	3,10	6,50	Qa-Qel	fangos-arcillas	4,8E-05
S-9	Lefranc	5,10	9,00	Jlb-Jlm	brechas-margas	3.7E-06
S-11	Lefranc	3,20	4.50	Jlm	margas	no se consigue llenar
S-12	Lefranc	4,50	6,00	Jlb	brechas	1,8E-06
S-13	Lefranc	3.00	4,70	Jlm	margas	impermeable
S-14	Lefranc	4,10	4.50	Jd	dolomías	2.8E-05
S-15	Lefranc	7,00	9,20	Qli	arenas	4,8E-05
S-16	Lefranc	10.60	13,60	Qli	arenas	1.0E-05
S-16	Lefranc	6,60	10.00	Qli	arenas	no se consigue llenar
S-17	Lefranc	3,00	6,50	Jlm	margas	2,9E-07
S-18	Lefranc	3,10	4,80	Qli	arenas	6,7E-05
S-19	Lefranc	6,00	7,40	Qli-Qa	arenas-turbas	2,2E-05
S-19	Lefranc	3,10	6,00	Qli	arenas	no se consigue llenar
S-20	Lefranc	3,75	4,25	Qa	turbas	impermeable
S-21	Lefranc	30,00	35,00	Jlm-Jd-Jcd	margas-dolomías-calizas	3,4E-05
S-21	Lefranc	9,00	10,00	Qli	arenas	impermeable
S-22	Lefranc	3,00	6,00	Qel	arcillas	impermeable
S-24	Lefranc	3,20	5,00	Qel	arcillas	impermeable
S-25	Lefranc	3,70	4,80	Qel	arcillas	impermeable
S-26	Lefranc	15,00	30,00	Jd-Jlm-Jcd	dolomías-margas-calizas	3,6E-06
S-26	Lefranc	3,80	5,00	Qel	arcillas	impermeable
S-27	Lefranc	3,40	4,90	Qel	arcillas	impermeable
S-28	Lefranc	3,00	6,35	Qe-Jlm	arcillas-margas	4,9E-07
S-30	Lefranc	9,00	13,60	Jd-Jcd	dolomías-calizas	4,3E-05
S-31	Lefranc	7,00	8,20	Qa	turbas	impermeable
SC-1	Lugeon	12,50	16,50	Jlm	margas	2,2E-05
SC-1	Lugeon	19,00	23,40	Jlm	margas	1,4E-05
SC-2	Lugeon	11,80	16,80	Jlm	margas	1,2E-05
SC-2	Lugeon	25,50	28,10	Jcd	calizas	1,8E-05
SC-3	Lugeon	13,30	18,30	Jlm	margas	1,7E-05
SC-3	Lugeon	23,60	28,60	Jd	dolomías	1,3E-05
SC-4	Lugeon	15,60	17,20	Jlb	brechas	1,1E-07
SC-4	Lugeon	16,60	17,20	Jlb	brechas	3,3E-06
SC-4	Lugeon	21,00	22,00	Jlb	brechas	4,7E-07
SC-4	Lugeon	23,90	27,90	Jlb	brechas	3,8E-06
SC-4	Lugeon	29,00	32,00	Jlb	brechas	1,1E-06
SC-5	Lugeon	13,00	16,00	Jlm	margas	8,6E-06
SC-5	Lugeon	18,00	21,00	Jlm	margas	7,5E-06
SC-5	Lugeon	22,80	25,90	Jlm	margas	6,5E-06
SC-5	Lugeon	27,90	30,90	Jlb	brechas	5,6E-06
SC-6	Lugeon	9,40	14,40	Jlm	margas	2,2E-05
SC-6	Lugeon	20,60	25,60	Jd	dolomías	1,9E-05
SC-6	Lugeon	30,90	35,90	Jlm	margas	2,0E-05
0.00						
SC-7 SC-7	Lugeon Lugeon	14,60 30,00	19,60 35,00	Jlm Jlb	margas brechas	1,9E-05 1,4E-05

Tabla 4.1. Resultados obtenidos en los ensayos Lugeon, Lefranc y Gilg-Gavard realizados en sondeos (continuación)



		Inicio	fin			
Sondeo	Ensayo	tramo	tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
SC-8	Lugeon	7,50	9,00	Jlm	margas	2,6E-05
SC-8	Lugeon	10,00	15,00	Jlm	margas	5,1E-06
SC-8	Lugeon	15,00	16,70	Jlm	margas	2,5E-05
SC-8 SC-9	Lugeon Lugeon	22,00 20.00	26,70 25,00	Jlm Jlm	margas margas	4,8E-06 8,2E-06
SC-9	Lugeon	30,00	35,00	Jim	margas	8,6E-06
SC-10	Lugeon	24.00	29,90	Jed	calizas	8,6E-06
SC-10	Lugeon	30.00	35,00	Jcd	calizas	1,3E-05
SC-11	Lugeon	12,00	17,50	Jd	dolomías	6,4E-06
SC-11	Lugeon	21,00	26,00	Jcd	calizas	1,0E-05
SC-11	Lugeon	32,00	37,00	Jlm	margas	5,1E-06
SC-12	Lugeon	4,50	6,00	Jd	dolomías	1,7E-05
SC-12	Lugeon	19,00	21,00	Jcd	calizas	1,2E-05
SC-12 SC-13	Lugeon	25,00 18.50	30,00 23.50	Jed Jlm	calizas	9,3E-06 3,5E-06
SC-13	Lugeon Lugeon	30.00	35,00	Jed	margas calizas	1,1E-05
SC-13	Lugeon	10,50	15,50	Jlm	margas	1,4E-05
SC-14	Lugeon	20.00	25,00	Jlm	margas	1,5E-05
SC-14	Lugeon	30,00	35,10	Jlm	margas	1,5E-05
SC-15	Lugeon	7,00	12,00	Jlm	margas	1,7E-06
SC-15	Lugeon	15,60	20,60	Jlm	margas	5,0E-07
SC-15	Lugeon	22,60	27,60	Jlm	margas	5,6E-06
SC-16	Lugeon	13,00	16,00	Jlm	margas	5,4E-05
SC-16	Lugeon	24,00	30,00	Jd	dolomías	impermeable
SC-17	Lugeon	14,00	18,50	Jlm	margas	9,6E-06
SC-17 SC-17	Lugeon	19,80 24,00	24,00 28,50	Jlm Jd	margas	6,5E-06 5,6E-06
SC-17	Lugeon Lugeon	30,00	35,00	Jlm	dolomías margas	4,3E-06
SC-17	Lugeon	20.00	25.00	Jlm	margas	4.6E-05
SC-18	Lugeon	25,00	30,20	Jlm	margas	3,4E-06
SC-18	Lugeon	30,20	35,00	Jlm	margas	8,8E-06
SC-19	Lugeon	20,00	25,00	Jcd	calizas	1,6E-05
SC-19	Lugeon	26,00	31,00	Jd	dolomías	2,3E-05
SC-20	Lugeon	26,00	30,00	Jlm	margas	impermeable
SC-21	Lugeon	10,00	15,00	Jlm	margas	6,8E-06
SC-21	Lugeon	15,00	20,00	Jlm	margas	3,0E-06
SC-21	Lugeon	25,00	30,00 15,50	Jcd Jlm	calizas	2,7E-05
SC-22 SC-22	Lugeon Lugeon	10,50 15,50	20,50	Jim	margas margas	5,7E-06 4.6E-06
SC-22	Lugeon	20.00	25,00	Jed	calizas	7.3E-06
SC-22	Lugeon	25,00	30,00	Jlm	margas	4,9E-06
SC-24	Lugeon	10.50	15,50	Jlm	margas	4.7E-06
SC-24	Lugeon	15,00	20,00	Jlm	margas	1,4E-05
SC-24	Lugeon	20,00	25,00	Jd	dolomías	1,9E-05
SC-24	Lugeon	28,50	33,00	Jcd	calizas	1,4E-05
SC-25	Lugeon	10,00	15,40	Qr	antrópico	1,8E-05
SC-25	Lugeon	16,00	22,50	Jlm	margas	6,5E-05
SC-25 SC-26	Lugeon	24,00	30,10	Jlm	margas	1,1E-05
SC-26 SC-26	Lugeon Lugeon	4,00 17.50	9,00 19.00	Jlm Jcd	margas calizas	3,0E-05 1.5E-05
SC-26	Lugeon	26.00	30,00	Jlm	margas	4,3E-06
SC-27	Lugeon	6,00	11,00	Jlm	margas	2,3E-06
SC-27	Lugeon	16,00	21,00	Jlm	margas	1,4E-05
SC-27	Lugeon	26,00	31,00	Jcd	calizas	1,6E-05
SC-28	Lugeon	15,00	19,00	Jlm	margas	4,7E-06
SC-29	Lugeon	20,00	25,80	Jlm	margas	1,7E-06
SC-30	Lugeon	3,00	8,00	Jlm	margas	2,5E-05
SC-30	Lugeon	10,00	14,00	Jcd	calizas	2,6E-05
SC-30	Lugeon	21,00	24,00	Jcd	calizas	1,5E-05
SC-30 SC-31	Lugeon	28,00 8.00	29,60 13.00	Jed Jd	calizas	2,0E-05 1.6E-05
SDT-2'	Lugeon Lefranc	11,00	14,25	Ja Jlm	dolomías	1,6E-05 1,7E-08
SDT-6'	Lefranc	13,00	14,25	Jim	margas margas	2,4E-07
SDT-2'	Gilg Gavard	12,00	15,00	Jlm	margas	1,7E-09
		,-	,	9.111	a. gao	., 00
SDT-2'	Gilg Gavard	21,00	21,50	Jd-Jlm	dolomías-margas	1,6E-09

Tabla 4.1. Resultados obtenidos en los ensayos Lugeon, Lefranc y Gilg-Gavard realizados en sondeos (continuación)

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
SDT-1'	Gilg Gavard	5,00	5,40	Jlm	margas	4,5E-08
SDT-1'	Gilg Gavard	15,00	17,00	Jlm	margas	6,6E-09
SDT-1'	Gilg Gavard	21,00	22,10	Jd	dolomías	1,2E-09
SDT-1'	Gilg Gavard	0,00	25,00	0.00	todo el sondeo	1,7E-09
SDT-6'	Gilg Gavard	6,00	7,90	Jd-Jlm	dolomías-margas	1,7E-08
SDT-6'	Gilg Gavard	17,00	17,55	Jlm	margas	1,8E-08
SDT-6'	Gilg Gavard	21,00	25,00	Jlm	margas	5,4E-09
SIG-7	Lugeon	15	20	Jlm-Jcd	lutitas-calizas	3E-06
SIG-7	Lugeon	25,5	30	Jcd	calizas dolom íticas	3E-06
SIG-7	Lugeon	32	35	Jlm-Jcd	lutitas-calizas	5E-06
SJ-8	Lefranc	2,8	3,85	Qel-Qr	arcillas-relleno	no se consigue llenar
SJ-9	Lefranc	5,8	7	Jlm	lutitas margosas	2,5E-08
SJ-5	Lugeon	10	15	Jlm	lutitas margosas	7,5E-07
SJ-6	Lugeon	4,5	9,5	Jlm	lutitas margosas	asciende el agua
SJ-7	Lugeon	7,9	12,9	Jlm-Jd	lutitas margosas-dolomías	asciende el agua
SJ-8	Lugeon	10	15	Jlm	lutitas margosas	8,9E-07
SJ-10	Lugeon	8,8	13,45	Jlm	lutitas margosas	asciende el agua
SJ-10	Lugeon	15	21	Jd-Jlm	dolomías-lutitas margosas	4,3E-07

Tabla 4.1. Resultados obtenidos en los ensayos Lugeon, Lefranc y Gilg-Gavard realizados en sondeos (continuación)



4.2.2. Ensavos de bombeo

En cuanto a las pruebas en pozos o piezómetros de gran diámetro, en la campaña geotécnica del proyecto del túnel de penetración del FC en Gijón (11) se realizaron 2 ensayos de bombeo y un ensayo de infiltración. Para la realización de los ensayos se utilizaron 2 pozos (400 mm de diámetro de perforación y entubados con tubería de 205 mm de diámetro interior). El pozo P-1 (13,5 m de profundidad) fue perforado tan solo en el acuífero superior y el pozo P-2 (37,0 m de profundidad) fue perforado en el acuífero inferior, aislando el acuífero superior. Para el control piezométrico del acuífero, durante la realización de los ensayos, se construyeron 3 pares de piezómetros, 3 para medir el potencial hidráulico en el acuífero superior y otros tres para medirlo en el acuífero inferior. El objetivo era evaluar la permeabilidad de los dos acuíferos por separado y estudiar la conexión entre ellos. Se realizaron 2 ensayos de bombeo en cada uno de los pozos y un ensayo de infiltración en el pozo P-1. Aunque los pozos ensayados se sitúan al este de la zona de estudio (figura 2.1) se realizaron sobre litologías similares a las presentes en la zona de estudio por lo que sus resultados son extrapolables.

A continuación se presenta un cuadro resumen con los resultados obtenidos en los ensayos de bombeo e infiltración del proyecto, así como el ensayo realizado en un CPTU sobre turbas.

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/seg)
P-1	Bombeo	0	12,3	Qli-Qa	arenas-turbas	2,0E-05
P-2	Bombeo	12,6	35	Jcd	calizas	2,0E-06
P-1	Infiltración	0	13,5	Qli-Qa	arenas-turbas	3,0E-03
CPTU				Qa	turbas	6,9E-06

Tabla 4.2. Resultados obtenidos en los ensayos de bombeo, infiltración y en CPTU recopilados en el Proyecto del Túnel de penetración del FC en Gijón.

Durante la campaña hidrogeológica de campo del proyecto de la estación (2) se realizaron un total de 8 ensayos de bombeo: 1 en el PB-1 controlando niveles en el pozo y en los piezómetros satélites, 1 en el PB-2 controlando niveles en el pozo y en los piezómetros satélites, 1 en Pz-24 controlando niveles en el propio piezómetro, en PB-2 y en resto de piezómetros satélites, y 5 ensayos más en los piezómetros fuera de traza Pz-1, Pz-2, Pz-3, Pz-4 y Pz-6.

PB-1

El ensayo fue realizado en el pozo PB-1 (270 mm de perforación y 200 mm de entubación) tomando niveles en el propio pozo y en los piezómetros satélites (270 mm de diámetro perforación y 140 mm de diámetro entubación) Pz-11, Pz-12 y Pz-13. El PB-1 fue diseñado para bombear aisladamente un nivel dolomítico (Jd) intercalado entre

paquetes lutíticos (Jlm), mientras que los piezómetros Pz-12, Pz-11 y Pz-13 lo fueron para registrar aisladamente el nivel piezométrico en el mismo nivel dolomítico bombeado, en un nivel superior y en un nivel calcáreo inferior, respectivamente, todos ellos separados por paquetes de lutitas margosas. Se pretendía conocer los parámetros hidráulicos de los distintos niveles del acuífero jurásico multicapa, además de analizar la interconexión entre niveles permeables a través de las capas lutíticas semiconfinantes. Todos los piezómetros mostraron una respuesta rápida y comparable entre sí y a lo largo del ensayo, de los que se deduce que existe una buena conexión hidráulica entre niveles calcáreos y que los niveles lutíticos presentan una permeabilidad mayor de la esperada, posiblemente debido a su elevado grado de fracturación.

PB-2

El ensayo fue realizado en el pozo PB-2 (270 mm de diámetro perforación y 200 mm de diámetro entubación) tomando niveles en el propio pozo y en los piezómetros satélites (270 mm de diámetro perforación y 140 mm de diámetro entubación) Pz-21, Pz-22, Pz-23 y Pz-24. El PB-2 fue diseñado para bombear aisladamente el acuífero cuaternario (Qli) y el Pz-21 para medir el nivel en el mismo acuífero. Por contra, los piezómetros Pz-22, Pz-23 y Pz-24 fueron diseñados para medir distintos niveles calcáreos del acuífero jurásico multicapa infrayacente bajo el manto cuaternario. El ensayo se realizó a caudal crítico con un volumen de extracción muy reducido debido a que el espesor saturado en el manto de arenas litorales (Qli) era muy limitado, sin que llegará a notar descenso alguno en ninguno de los 4 piezómetros satélites durante el ensayo.

Pz-24

Se bombeo el Pz-24, abierto en el nivel calcáreo más profundo cortado por el sondeo SJ-12, y se registro la variación de nivel en los piezómetros Pz-23 y Pz-22, abiertos en el acuífero jurásico aunque en niveles superiores, y en el Pz-21 y PB-2 abiertos en el acuífero cuaternario. Todos los piezómetros notaron el bombeo en mayor o menor medida, lo que indica una buena conexión hidráulica entre los niveles del acuífero jurásico separados por paquetes lutíticos, así como una cierta conexión hidráulica entre el acuífero cuaternario y jurásico al final de la traza.

Pz-1

Se bombeo el Pz-1 (270 mm de diámetro de perforación y 140 mm de diámetro de entubación) abierto en el acuífero jurásico y se registro la variación de nivel en el propio piezómetro y en el Pz-1bis, cercano y abierto tan sólo en el manto cuaternario constituido en esta zona por depósitos arcillosos de naturales eluvial y aluvial. El piezómetro Pz-1bis no noto el bombeo de lo que se deduce una total desconexión entre ambos acuíferos en

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



esta zona de la traza, algo esperable visto la baja permeabilidad de los depósitos eluviales (Qel) y aluviales (Qa).

Pz-2, Pz-3, Pz-4 y Pz-6

Se trata de piezómetros (270 mm de diámetro de perforación y 140 mm de diámetro de entubación) situados fuera de traza y abiertos en todos los niveles calcáreos de edad Jurásico que atravesaron. Se pretendía conocer las características permeables del acuífero jurásico en distintos puntos alrededor de la traza, para lo que se bombearon los piezómetros tomando las variaciones de nivel en el propio piezómetro bombeado.

Los valores obtenidos en los ensayos de bombeo son más representativos de la permeabilidad de la zona saturada del acuífero que los obtenidos en los ensayos tipo Lefranc o Lugeon. En los ensayos de bombeo se pone en juego un volumen de acuífero

mayor que en caso de las pruebas en sondeo, que afectan a una zona más localizada y que además está algo alterada por la propia perforación. En este sentido, es importante destacar que la realización de ensayos Lefranc en las zonas muy permeables es difícil, debido a la inestabilidad de las paredes del sondeo al levantar la tubería de revestimiento, por lo que en ocasiones el tramo ensayado fue de reducida longitud.

A continuación, en la tabla 4.3, se recogen los resultados de la interpretación de los ensayos de bombeo realizado en la campaña hidrogeológica del proyecto de la estación, recogida en el informe de trabajos de campo y ensayos de la campaña (1). Los valores de transmisividad (T) obtenidos por los diversos métodos de interpretación han sido tomadas del informe, mientras que los valores medios de permeabilidad (K) han sido recalculados a partir de una horquilla de espesores saturados (b) razonables.

Punto	Unidades	Litología	b (m) ⁽¹⁾	K (m/s) (2)	T media	Jacob en b	ombeo	Theis en	bombeo	Jacob en recuperación	Thiem
					(III /ula)	T (m²/día)	S	T (m²/día)	S	T (m²/día)	T (m²/día)
Pz-1	Jcd-Jd	calizas y dolomías	4,5 - 7	2,0E-04 - 3,0E-04	118	73	1	60	I	221	
Pz-2	Jd-Jlb-Jlm	dolomías margas y brechas	14 - 15	5,9E-05 - 6,3E-05	77	81		80		69	-
Pz-3	Jd	dolomías muy brechificadas	0,8 - 5,3	2,9E-03 - 1,9E-02	1310	1317	×	1249	-	1363	-
Pz-4	Jd	dolomías	17 - 19	2,4E-06 - 2,7E-06	4	5	120	2	957	5	-
Pz-6	Jd	dolomías	25,5 - 26	1,3E-05 - 1,3E-05	29	31	12	27	120	28	=
PB-1			4 - 17	6,8E-04 - 2,9E-03	1000	1265	-	169	12	1488	1076
Pz-11	Jd Jlm-Jlb	dolomías, margas y brechas	4 - 17	9,9E-04 - 4,2E-03	1456	1506	0,0012	916	0,0025	1945	140
Pz-12	30 3111-31b	doloillas, illaigas y biecilas	4 - 17	7,6E-04 - 3,2E-03	1114	1405	0,0015	786	0,0031	1150	14
Pz-13			4 - 17	1,4E-03 - 5,8E-03	1993	1686	0,0013	1573	0,00078	2720	125
PB-2	Qli	arenas finas	0,3 - 1	1,2E-04 - 4,1E-04	11	5	9	7	-	20	~
Pz-22		calizas, dolomías, brechas y	5 - 20	4,8E-06 - 1,9E-05	8	9	0,0002	9	0,00013	7	==
Pz-23	Jcd-Jd-Jmb-Jlm		3,5 - 20	4,6E-06 - 2,6E-05	8	10	0,0001	7	0,00019	7	157
Pz-24		margas	3,5 - 20	7,4E-06 - 4,2E-05	13	8		7		7	29

⁽¹⁾ intervalo de espesores saturados empleados para el cálculo de la permeabilidad (K)

Tabla 4.3. Resultados obtenidos en los ensayos de bombeo realizados en la campaña hidrogeológica del proyecto de la estación. Los valores de permeabilidad media (K) han sido recalculados a partir de los valores de transmisividad (T) del el informe de la campaña y del intervalo de espesores saturados (b) señalado en la tabla

⁽²⁾ permeabilidad (K) obtenida a partir del valor medio de transmisividad (T) y el intervalo de espesores saturados (b)

⁽³⁾ transmisividad media (T) de los distintos métodos de interpretación del ensayo



4.2.3. Acuífero cuaternario

Depósitos coluvio-eluviales (Qel)

Se pueden considerar a efectos prácticos como impermeables, con valores de permeabilidad muy reducidos; 6 de los 5 ensayos realizados resultaron impermeables y tan solo en el sondeo S-28 se obtuvo una permeabilidad algo más elevada (4,9E-07 m/s) debido posiblemente a que en el tramo también se ensayaban lutitas margosas.

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
S-22	Lefranc	3,00	6,00	Qel	arcillas	impermeable
S-24	Lefranc	3,20	5,00	Qel	arcillas	impermeable
S-25	Lefranc	3,70	4,80	Qel	arcillas	impermeable
S-26	Lefranc	3,80	5,00	Qel	arcillas	impermeable
S-27	Lefranc	3,40	4,90	Qel	arcillas	impermeable
S-28	Lefranc	3.00	6.35	Qe-Jlm	arcillas-margas	4.9E-07

Tabla 4.4. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Qel

Arenas litorales - depósitos de playa (Qli)

Se ha recopilado un total de 8 ensayos de tipo Lefranc para esta litología. En 2 de los ensayos se obtuvo un valor nulo o impermeable y en otros 2 la permeabilidad del terreno fue tan elevada que fue imposible llenar el sondeo. En cuanto a los valores numéricos distintos de cero, se midieron permeabilidades entre 1,0E-05 m/s y 6,7E-05 m/s con un valor medio de 3,7E-05 m/s, valores típicos de una arena fina. Los valores nulos podrían corresponder a zonas con un contenido en finos (turbas y fangos intercalados) muy elevado, y los valores superiores al límite del ensayo podrían correlacionarse con niveles de arenas muy limpias y poco compactas de granulometría gruesa.

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)			
S-7	Lefranc	6,00	7,50	Qli	arenas	impermeable			
S-15	Lefranc	7,00	9,20	Qli	arenas	4,8E-05			
S-16	Lefranc	10,60	13,60	Qli	arenas	1,0E-05			
S-16	Lefranc	6,60	10,00	Qli	arenas	no se consigue llenar			
S-18	Lefranc	3,10	4,80	Qli	arenas	6,7E-05			
S-19	Lefranc	3,10	6,00	Qli	arenas	no se consigue llenar			
S-21	Lefranc	9,00	10,00	Qli	arenas	impermeable			
S-19	Lefranc	6,00	7,40	Qli-Qal	arenas-turbas	2,2E-05			
9	Valor mínimo: de 1,0E-05 m/s a impermeable								
	Valor máximo: de 6,7E-05 m/s a valores superiores al método de ensayo								
		Val	or medio o	de los valores	medidos: 3.7E-05 m/s				

Tabla 4.5. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Qli

El ensayo de bombeo realizado en la campaña geotécnica del proyecto de túnel de penetración del FC en Gijón (11), indica una permeabilidad para las arenas litorales de 2E-05 m/s (tabla 4.2), valor acorde con los resultados de los ensayos Lefranc. Mientras

que el ensayo de bombeo realizado sobre el PB-2 en la campaña hidrogeológica del proyecto de la estación (1), indica cifras entre 1,2E-04 m/s y 4,1E-04 m/s (tabla 4.3), valores más elevados que los anteriores y quizá demasiado elevados para unas arenas finas-medias, por lo que es probable que el régimen crítico bajo el cual se realizo el ensayo haya influido en su interpretación, sobredimensionado en cierto modo los resultados.

Se esperan, en general, valores de permeabilidad media-alta entre 1E-05 m/s y 1E-04 m/s, aunque no se descartan localmente valores más altos asociado a niveles de granulometría más gruesa, y más bajos en las zonas con abundantes intercalaciones de fangos y turbas.

Aluvial, fangos y turbas (Qa)

Presenta una permeabilidad muy reducida, pudiéndose considerar en la mayor parte de las ocasiones prácticamente impermeable. Los ensayos presentan valores de permeabilidad nulos (impermeable) en 3 de los 4 ensayos realizados, y un valor de permeabilidad de 4,8E-08 m/s en un tramo mixto de fangos y depósitos eluviales, valor muy poco apropiado para estas litologías. Igualmente, en la campaña geotécnica del proyecto del Túnel de penetración del FC en Gijón (11), se indica un valor de 6.9E-06 m/s para un ensayo realizado en un CPTU sobre turbas, valor poco apropiado para esta unidad que se recomienda tomar con cautela.

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
S-5	Lefranc	3,87	4,70	Qa	fangos	impermeable
S-20	Lefranc	3,75	4,25	Qa	turbas	impermeable
S-31	Lefranc	7,00	8,20	Qa	turbas	impermeable
S-9	Lefranc	3,10	6,50	Qa-Qel	fangos-arcillas	4,8E-05

Tabla 4.6. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Qa

Depósitos antrópicos (Qr)

Se dispone de dos ensayos en sondeos, uno con una permeabilidad de 1,8E-5 m/s en un terraplén de naturaleza arenosa y otro en el que no se consiguió llenar el sondeo debido a su alta permeabilidad. En general, en los depósitos antrópicos, la permeabilidad varía en función de la granulometría y el grado de compacidad del relleno, siendo en general los valores de permeabilidad elevados.

Sonde	o Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
SC-2	Lugeon	10,00	15,40	Qr	antrópico	1,8E-05
SJ-8	Lefranc	2,8	3,85	Qel-Qr	arcillas-relleno	no se consigue llenar

Tabla 4.7. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Qr

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



4.2.4. Acuífero jurásico

Calizas dolomíticas (Jcd)

Se han recopilado un total de 21 ensayos Lugeon con valores de permeabilidad que varían entre 3,0E-06 m/s y 2,7E-05 m/s, y un valor medio de 1,4E-05 m/s. No obstante, en 3 de los 21 ensayos no fue posible aumentar la presión en el tramo probado debido, posiblemente, a una elevada fracturación y/o karstificación de macizo rocoso. En el S-28 se realizó un ensayo Lugeon en un tramo mixto constituido por margas y calizas, resultando fallido el ensayo a no poder aislar adecuadamente el tramo debido a la alta fracturación del macizo.

El ensayo de bombeo realizado en la campaña geotécnica del proyecto del túnel de penetración del FC en Gijón (11) sobre el acuífero jurasico, indican una permeabilidad de 2E-06 m/s (tabla 4.2) para un acuífero constituido principalmente por calizas dolomíticas, comparable con los valores más bajos obtenidos en los ensayos Lugeon.

Los ensayos de bombeo realizados en el Pz-1 y Pz-24 en la campaña hidrogeológica del proyecto de la estación, sobre litologías de la unidad Jcd, indican valores entre 3E-04 m/s y 4.6E-06 m/s (tabla 4.3) congruentes con los resultados de los ensayos Lugeon, aunque con valores máximos más elevados.

Se esperan un macizo rocoso con una permeabilidad variable entre 2E-06 m/s y 3E-04 m/s, aunque no se descarta la aparición de valores más elevados asociados a zonas más fracturadas y/o karstificadas, al igual que valores más reducidos donde el macizo rocoso se presenta más sano.

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
S-4	Lugeon	24,80	27,85	Jcd	calizas	admite todo el cauda
S-16	Lugeon	26,50	29,20	Jcd	calizas	admite todo el cauda
S-16	Lugeon	28,00	29,20	Jcd	calizas	admite todo el cauda
SC-2	Lugeon	25,50	28,10	Jcd	calizas	1,8E-05
SC-10	Lugeon	24,00	29,90	Jcd	calizas	8,6E-06
SC-10	Lugeon	30,00	35,00	Jcd	calizas	1,3E-05
SC-11	Lugeon	21,00	26,00	Jcd	calizas	1,0E-05
SC-12	Lugeon	19,00	21,00	Jcd	calizas	1,2E-05
SC-12	Lugeon	25,00	30,00	Jcd	calizas	9,3E-06
SC-13	Lugeon	30,00	35,00	Jcd	calizas	1,1E-05
SC-19	Lugeon	20,00	25,00	Jcd	calizas	1,6E-05
SC-21	Lugeon	25,00	30,00	Jcd	calizas	2,7E-05
SC-22	Lugeon	20,00	25,00	Jcd	calizas	7,3E-06
SC-24	Lugeon	28,50	33,00	Jcd	calizas	1,4E-05
SC-26	Lugeon	17,50	19,00	Jcd	calizas	1,5E-05
SC-27	Lugeon	26,00	31,00	Jcd	calizas	1,6E-05
SC-30	Lugeon	10,00	14,00	Jcd	calizas	2,6E-05
SC-30	Lugeon	21,00	24,00	Jcd	calizas	1,5E-05
SC-30	Lugeon	28,00	29,60	Jcd	calizas	2,0E-05
SIG-7	Lugeon	25,5	30	Jcd	calizas dolomíticas	3E-06
S-28	Lugeon	25,35	27,65	Jcd-Jlm	calizas-margas	asciende el agua
		-7		or mínimo: de	3,0E-06 m/s	
	Valo				s superiores al método de medidos: 1,4E-05 m/s	ensayo

Tabla 4.8. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Jcd

Dolomías (Jd)

En general presentan un grado de karstificación menor que las calizas aunque los valores de permeabilidad obtenidos son parecidos. Los valores de permeabilidad varían entre prácticamente impermeable y valores por encima del método de ensayo, habiéndose obtenido un valor medio de los valores medidos de 1,1E-05 m/s y un valor máximo de 4.3E-05 m/s.

En 8 de los 31 ensayos no se pudo obturar correctamente el tramo ensayado debido a la fracturación del macizo, ascendiendo el agua hasta la boca del sondeo. Un ensayo resultó impermeable y en 5 ensayos no se pudo elevar la presión del tramo ensayado debido a la alta permeabilidad del tramo probado.

Los ensayos de bombeo de la campaña hidrogeológica del proyecto de la estación indican valores de permeabilidad entre 1,9E-02 m/s y 2,4E-06 m/s (tabla 4.3), siendo más correcto considerar un valor máximo de 2,9E-03 m/s para el ensayo realizado en el Pz-3 sobre un macizo muy brechificado, ya que es bastante probable que el flujo de agua hacia el piezómetro procediera de un tramo de 5,3 m de espesor.

Se espera, pues una permeabilidad muy variable desde valores prácticamente nulos o impermeables, en zonas de roca sana, hasta valores en torno a 3E-03 m/s, incluso



superiores en zonas intensamente brechificadas. Los valores medios de permeabilidad se situarían entre 1E-4 y 1E-5 m/s.

A continuación se presenta una tabla con los valores de los ensayos

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
S-3	Lugeon	25,00	29,06	Jd	dolomías	asciende el agua
S-5	Lugeon	25,00	26,60	Jd	dolomías	asciende el agua
S-9	Lugeon	26,00	27,70	Jd	dolomías	admite todo el caudal
S-10	Lugeon	25, 15	27,00	Jd	dolomías	admite todo el caudal
S-12	Lugeon	25,00	29,25	Jd	dolomías	1,3E-06
S-14	Lugeon	26,30	27,55	Jd	dolomías	admite todo el caudal
S-14	Lugeon	29,60	30,60	Jd	dolomías	1,0E-07
S-17	Lugeon	26,50	28,20	Jd	dolomías	asciende el agua
S-23	Lugeon	25,50	27,75	Jd	dolomías	asciende el agua
S-26	Lugeon	28,50	30,00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-27	Lugeon	29,50	31,00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-27	Lugeon	30,00	31,00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-27	Lugeon	34,00	35,00	Jd	dolomías	asciende el agua
S-14	Lefranc	4,10	4,50	Jd	dolomías	2,8E-05
SC-3	Lugeon	23,60	28,60	Jd	dolomías	1,3E-05
SC-6	Lugeon	20,60	25,60	Jd	dolomías	1,9E-05
SC-11	Lugeon	12,00	17,50	Jd	dolomías	6,4E-06
SC-12	Lugeon	4,50	6,00	Jd	dolomías	1,7E-05
SC-16	Lugeon	24,00	30,00	Jd	dolomías	impermeable
SC-17	Lugeon	24,00	28,50	Jd	dolomías	5,6E-06
SC-19	Lugeon	26,00	31,00	Jd	dolomías	2,3E-05
SC-24	Lugeon	20,00	25,00	Jd	dolomías	1,9E-05
SC-31	Lugeon	8,00	13,00	Jd	dolomías	1,6E-05
SDT-1'	Gilg Gavard	21,00	22,10	Jd	dolomías	1,2E-09
S-15	Lugeon	28,25	29,35	Jd-Jcd	dolomías-calizas	admite todo el caudal
S-15	Lugeon	26,50	29,35	Jd-Jcd	dolomías-calizas	admite todo el caudal
S-30	Lefranc	9,00	13,60	Jd-Jcd	dolomías-calizas	4,3E-05
SDT-2'	Gilg Gavard	21,00	21,50	Jd-Jlm	dolomías-margas	1,6E-09
SDT-6'	Gilg Gavard	6,00	7,90	Jd-Jlm	dolomías-margas	1,7E-08
SJ-10	Lugeon	15	21	Jd-Jlm	dolomías-lutitas margosas	4,3E-07
S-26	Lefranc	15,00	30,00	Jd-Jlm-Jcd	dolomías-margas-calizas	3,6E-06
		٧	alor mínir	no: de 1,2E-0	9 m/s a impermeable	
	Valoi	máximo:	de 4,3E-0	5 m/s a valore	s superiores al método de e	ensayo
	•	Val	or medio	de los valores	medidos: 1,1E-05 m/s	

Tabla 4.9. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Ja

Margas limo-arcillosas (Jlm)

Los valores de permeabilidad recopilados varían entre prácticamente impermeables hasta valores por encima del límite del tipo de ensayos realizados. Los valores medidos por encima de cero, varían entre 1,7E-09 m/s y 6,5E-05 m/s, es decir entre valores de un acuitardo y valores de un acuífero de regular a bueno. El valor medio, al igual que ocurría en las calizas y las dolomías, se sitúa en torno a 1E-05 m/s. En 5 ocasiones la permeabilidad del terreno superaba el límite del ensayo y en 3 ocasiones el resultado fue cero o impermeable.

No se dispone de ensayos de bombeo realizados en esta litología de modo independiente, aunque visto la respuesta de los piezómetros satélites en los ensayos de bombeo en PB-1 y Pz24, parece que existe una conexión hidráulica mayor de esperado a través de los tramos de lutitas margosas (Jlm), algo que corroboraría en cierto modo los altos valores de permeabilidad que se recogen en la tabla siguiente.

Parece pues que las margas presentan una permeabilidad mayor de lo esperado, si bien parece lógico pensar en permeabilidades medias en torno a 1E-07 m/s 1E-08 m/s propias de un acuitardo, sin descartar valores tanto superiores como inferiores.

Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
S-1	Lugeon	28,00	30,20	Jlm	margas	asciende el agua
S-7	Lugeon	23,60	25,00	Jlm	margas	asciende el agua
S-8	Lugeon	25,00	26,50	Jlm	margas	asciende el agua
S-18	Lugeon	30,00	32,10	Jlm	margas	admite todo el caudal
S-18	Lugeon	31,00	32,10	Jlm	margas	admite todo el caudal
S-19	Lugeon	35,00	37,00	Jlm	margas	4,2E-08
S-20	Lugeon	26,50	27,65	Jlm	margas	3,0E-06
S-22	Lugeon	27,60	30,30	Jlm	margas	asciende el agua
S-24	Lugeon	28,30	29,80	Jlm	margas	admite todo el caudal
S-25	Lugeon	30,80	32,30	Jlm	margas	asciende el agua
S-25	Lugeon	31,30	32,30	Jlm	margas	asciende el agua
S-25	Lugeon	33,50	35,00	Jlm	margas	asciende el agua
S-25	Lugeon	34,00	35,00	Jlm	margas	asciende el agua
S-31	Lugeon	27,60	29,65	Jlm	margas	1,7E-06
S-2	Lefranc	6,00	8,10	Jlm	margas	impermeable
S-2	Lefranc	18,20	29,90	Jlm	margas	no se consigue llenar
S-11	Lefranc	3,20	4,50	Jlm	margas	no se consigue llenar
S-13	Lefranc	3,00	4,70	Jlm	margas	impermeable
S-17	Lefranc	3,00	6,50	Jlm	margas	2,9E-07
SC-1	Lugeon	12,50	16,50	Jlm	margas	2,2E-05
SC-1	Lugeon	19,00	23,40	Jlm	margas	1,4E-05
SC-2	Lugeon	11,80	16,80	Jlm	margas	1,2E-05
SC-3	Lugeon	13,30	18,30	Jlm	margas	1,7E-05
SC-5	Lugeon	13,00	16,00	Jlm	margas	8,6E-06
SC-5	Lugeon	18,00	21,00	Jlm	margas	7,5E-06
SC-5	Lugeon	22,80	25,90	Jlm	margas	6,5E-06
SC-6	Lugeon	9,40	14,40	Jlm	margas	2,2E-05
SC-6	Lugeon	30,90	35,90	Jlm	margas	2,0E-05
SC-7	Lugeon	14,60	19,60	Jlm	margas	1,9E-05
SC-8	Lugeon	7,50	9,00	Jlm	margas	2,6E-05
SC-8	Lugeon	10,00	15,00	Jlm	margas	5,1E-06
SC-8	Lugeon	15,00	16,70	Jlm	margas	2,5E-05
SC-8	Lugeon	22,00	26,70	Jlm	margas	4,8E-06
SC-9	Lugeon	20,00	25,00	Jlm	margas	8,2E-06
SC-9	Lugeon	30,00	35,00	Jlm	margas	8,6E-06
SC-11	Lugeon	32,00	37,00	Jlm	margas	5,1E-06
SC-13	Lugeon	18,50	23,50	Jlm	margas	3,5E-06
SC-14	Lugeon	10,50	15,50	Jlm	margas	1,4E-05
SC-14	Lugeon	20,00	25,00	Jlm	margas	1,5E-05
SC-14	Lugeon	30,00	35,10	Jlm	margas	1,5E-05
SC-15	Lugeon	7,00	12,00	Jlm	margas	1,7E-06
SC-15	Lugeon	15,60	20,60	Jlm	margas	5,0E-07
SC-15	Lugeon	22,60	27,60	Jlm	margas	5,6E-06

Tabla 4.10. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Jim



Sondeo	Ensayo	Inicio tramo	fin tramo	Unidad	Litología	K(m/s)
SC-16	Lugeon	13,00	16,00	Jlm	margas	5,4E-05
SC-17	Lugeon	14.00	18,50	Jlm	margas	9,6E-06
SC-17	Lugeon	19.80	24.00	Jlm	margas	6.5E-06
SC-17	Lugeon	30,00	35,00	Jlm	margas	4,3E-06
SC-18	Lugeon	20.00	25,00	Jlm	margas	4,6E-05
SC-18	Lugeon	25.00	30,20	Jlm	margas	3,4E-06
SC-18	Lugeon	30,20	35,00	Jlm	margas	8,8E-06
SC-20	Lugeon	26,00	30.00	Jlm	margas	impermeable
SC-21	Lugeon	10.00	15.00	Jlm	margas	6.8E-06
SC-21	Lugeon	15,00	20,00	Jlm	margas	3,0E-06
SC-22	Lugeon	10,50	15,50	Jlm	margas	5,7E-06
SC-22	Luaeon	15.50	20.50	Jlm	margas	4,6E-06
SC-22	Lugeon	25,00	30,00	Jlm	margas	4,9E-06
SC-24	Lugeon	10,50	15,50	Jlm	margas	4,7E-06
SC-24	Lugeon	15.00	20,00	Jlm	margas	1,4E-05
SC-25	Lugeon	16,00	22,50	Jlm	margas	6.5E-05
SC-25	Lugeon	24,00	30,10	Jlm	margas	1,1E-05
SC-26	Lugeon	4.00	9,00	Jlm	margas	3,0E-05
SC-26	Lugeon	26.00	30.00	Jim	margas	4,3E-06
SC-27	Lugeon	6.00	11,00	Jlm	margas	2,3E-06
SC-27	Lugeon	16.00	21.00	Jlm	margas	1,4E-05
SC-28	Lugeon	15.00	19,00	Jlm	margas	4,7E-06
SC-29	Lugeon	20.00	25,80	Jlm	margas	1,7E-06
SC-30	Lugeon	3,00	8,00	Jlm	margas	2,5E-05
SDT-2'	Lefranc	11,00	14,25	Jlm	margas	1,7E-08
SDT-6'	Lefranc	13,00	14,30	Jlm	margas	2,4E-07
SDT-2'	Gilg Gavard	12,00	15,00	Jlm	margas	1,7E-09
SDT-1'	Gilg Gavard	5.00	5.40	Jlm	margas	4.5E-08
SDT-1'	Gilg Gavard	15,00	17,00	Jlm	margas	6,6E-09
SDT-6'	Gilg Gavard	17,00	17,55	Jlm	margas	1,8E-08
SDT-6'	Gilg Gavard	21,00	25,00	Jlm	margas	5,4E-09
SJ-9	Lefranc	5.8	7	Jlm	lutitas margosas	2.5E-08
SJ-5	Lugeon	10	15	Jlm	lutitas margosas	7,5E-07
SJ-6	Lugeon	4,5	9,5	Jlm	lutitas margosas	asciende el agua
SJ-8	Lugeon	10	15	Jlm	lutitas margosas	8,9E-07
SJ-10	Lugeon	8.8	13,45	Jlm	lutitas margosas	asciende el agua
					m/s a impermeable	
	Valor				superiores al método de	ensayo

Tabla 4.10. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Jlm (continuación)

Brechas (Jlb)

Presentan, en general, valores de permeabilidad menores que el resto de litologías jurásicas. Los valores de permeabilidad oscilan entre valores prácticamente impermeables hasta valores superiores al método de ensayo. Los valores numéricos obtenidos, superiores a cero, oscilan entre 1,1E-07 m/s y 1,4E-05 m/s con un valor medio en torno a 3,5E-06 m/s.

Se trata de una unidad muy variable que unifica brechas de distinto origen (tectónico e intraformacional) y con una matriz de naturaleza y granulometría variable, así como los valores de permeabilidad esperables. No obstante se considera, a priori más permeables que la unidad anterior (Jlm), siendo probable que una gran parte de los valores máximos

de la tabla 4.10 correspondan a tramos donde las lutitas presentaban un cierto carácter brechoide. A continuación, en la tabla 4.11 se recogen los valores de las pruebas de permeabilidad realizadas sobre esta unidad.

ugeon ugeon ugeon efranc	27,00 25,10 27,00	28,70 28,70	Jlb	brechas	aggiondo el agua
ugeon		28,70			asciende el agua
	27,00		Jlb	brechas	admite todo el caudal
efranc		28,10	Jlb	brechas	asciende el agua
	3,10	6,35	Jlb	brechas	impermeable
efranc	4,50	6,00	Jlb	brechas	1,8E-06
ugeon	15,60	17,20	Jlb	brechas	1,1E-07
ugeon	16,60	17,20	Jlb	brechas	3,3E-06
ugeon	21,00	22,00	Jlb	brechas	4,7E-07
ugeon	23,90	27,90	Jlb	brechas	3,8E-06
ugeon	29,00	32,00	Jlb	brechas	1,1E-06
ugeon	27,90	30,90	Jlb	brechas	5,6E-06
ugeon	30,00	35,00	Jlb	brechas	1,4E-05
ugeon	28,30	30,30	Jlb-Jcd	brechas-calizas	9,7E-07
efranc	5,10	9,00	Jlb-Jlm	brechas-margas	3,7E-06
Valor					ODESKO
u u u	igeon igeon igeon igeon igeon ifranc	geon 23,90 igeon 29,00 igeon 27,90 igeon 30,00 igeon 28,30 ifranc 5,10	geon 23,90 27,90 igeon 29,00 32,00 igeon 27,90 30,90 igeon 30,00 35,00 igeon 28,30 30,30 ifranc 5,10 9,00 Valor mínim	geon 23,90 27,90 Jlb geon 29,00 32,00 Jlb geon 27,90 30,90 Jlb geon 30,00 35,00 Jlb geon 28,30 30,30 Jlb-Jcd franc 5,10 9,00 Jlb-Jlm Valor mínimo: de 1,1E-07	geon 23,90 27,90 Jlb brechas geon 29,00 32,00 Jlb brechas geon 27,90 30,90 Jlb brechas geon 30,00 35,00 Jlb brechas geon 28,30 30,30 Jlb-Jcd brechas-calizas

Tabla 4.11. Resultados obtenidos en las pruebas de permeabilidad en sondeo sobre la unidad Jlb

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



4.3. Niveles piezométricos

Además de las medidas piezométricas tomadas en la zona de la estación durante la campaña geotécnica de INECO-TIFSA, se han recopilado un gran número de medidas piezométricas tomadas en otras campañas geotécnicas, tanto en sondeos situados en la zona de la estación, como en áreas próximas a la misma. En total se ha contado con 1467 medidas de nivel que se recogen íntegramente en el Apéndice 1 del presente estudio.

Para un mejor análisis de esta gran cantidad de datos, se ha realizado una base de datos que ha permitido entre otros análisis confeccionar la tabla 4.12, en la que se resume para cada punto disponible el periodo con medidas, así como la máxima oscilación del nivel piezométrico expresado tanto en términos de profundidad del nivel, como en términos de cota absoluta de la superficie piezométrica.

Se ha representado en la figura 4.1 la evolución piezométrica de un total de 87 puntos (sondeos, pozos y piezómetros) en los que se dispone de medidas entre 2007 y 2010. La evolución piezométrica en cada punto, comparada con la evolución piezométrica de los sondeos equipados como pozos o piezómetros y por lo tanto abiertos en niveles acuíferos individualizados, junto a la información que aporta la columna litológica atravesada por cada sondeo, ha permitido adjudicar a cada punto un nivel acuífero concreto. Aunque en los sondeos revestidos con tubería filtrante a lo largo de toda su longitud se mezclan los distintos niveles piezométricos, el nivel acuífero más permeable suele imponer su potencial hidráulico en el taladro, de modo que el nivel piezométrico medido en el sondeo se aproxima en mayor o menor medida al nivel piezométrico del nivel acuífero más transmisivo.

No obstante, ha habido ocasiones en los que existían dudas sobre si realmente el nivel en el sondeo correspondía a un nivel acuífero individualizado, y otras en la que incluso se dudaba de la calidad de la conexión del taladro con el acuífero, sugiriendo que el taladro estaba atascado; en estas ocasiones se ha preferido no utilizar sus valores.

A partir del análisis de la evolución piezométrica, así como de su distribución espacial, se han definido 3 niveles acuíferos diferenciados:

Acuífero cuaternario cuyo nivel se registraría en los piezómetros abiertos exclusivamente en sedimentos de arenas litorales (Qli) y aluviales (Qa), así como en aquellos sondeos con una evolución piezométrica similar y en los que el nivel se sitúa por encima del muro del manto cuaternario.

Acuífero jurásico profundo cuyo nivel piezométrico correspondería con los medidos en el pozo PB-1 y en los piezómetros abiertos en los niveles

estratigráficos más profundos de la serie jurásica investigada, así como aquellos sondeos que perforados en los mismos niveles presentan una evolución similar. Este acuífero coincide con el tramo inicial del proyecto, donde los sondeos atraviesan los niveles jurásicos más profundos, así como con la zona medida por los piezómetros fuera de traza Pz-2 y Pz-6.

Acuífero jurásico somero cuyo nivel sería medido en los piezómetros Pz-22, Pz-23 y Pz-24, así como en los sondeos profundos situados al final del proyecto y más al este de la traza. Este acuífero correspondería con los niveles acuíferos estratigráficamente más someros cortados en la zona de la estación entre los sondeos SJ-11 y S-3.

	-		Cota			Oscilación nive	el piezométrico
Campaña	Punto	Prof (m)	emboquille (msnm)	Acuifero	Periodo con medidas	Prof. (m)	Cota (msnm)
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	9	8,879	Cuaternario	15/11/2007 - 09/06/2010	4,25 - 6,08	4,63 - 2,80
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1 bis	9	19,694	Cuaternario	15/11/2007 - 09/06/2010	3,46 - 5,22	16,23 - 14,47
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	9	8,859	Cuaternario	15/11/2007 - 09/06/2010	4,00 - 4,49	4,86 - 4,37
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	15	12,726	Cuaternario	21/07/2007 - 12/12/2007	5,66 - 9,19	7,07 - 3,54
Estudio Geotecnico	S-10C	4,7	6,4	Cuaternario	02/08/2001 - 20/09/2001	5,40 - 7,55	1,001,15
Estudio Geotecnico	S-3	30	7,643	Cuaternario	21/04/2001 - 05/12/2007	1,56 - 3,42	6,08 - 4,22
Estudio Geotecnico	S-4	35,5	7,78	Cuaternario	19/04/2001 - 29/08/2007	1,75 - 2,50	6,03 - 5,28
Estudio Geotecnico	S-5	30	5,77	Cuaternario	28/04/2001 - 29/08/2007	1,04 - 1,70	4,73 - 4,07
Estudio Geotecnico	S-7	32	5,99	Cuaternario	26/04/2001 - 26/04/2001	1,50 - 1,50	4,49 - 4,49
Estudio Geotecnico	S-7C	9	5,99	Cuaternario	02/08/2001 - 20/09/2001	1,00 - 1,24	4,99 - 4,75
Estudio Geotecnico	S-8	30	5,76	Cuaternario	27/04/2001 - 27/04/2001	2,35 - 2,35	3,41 - 3,41
Obra Túnel	PzU1	4	6	Cuaternario	04/11/2008 - 30/05/2010	1,03 - 1,55	4,97 - 4,45
Obra Túnel	PzU10	4	6	Cuaternario	04/11/2008 - 30/05/2010	1,00 - 1,15	5,00 - 4,85
Obra Túnel	PzU2	-4	5,98	Cuaternario	20/03/2009 - 30/05/2010	1,08 - 1,58	4,90 - 4,40
Obra Túnel	PzU3	4	6	Cuaternario	04/11/2008 - 30/05/2010	3,69 - 4,12	2,31 - 1,88
Obra Túnel	PzU5	4	5,8	Cuaternario	27/10/2008 - 30/05/2010	1,24 - 2,06	4,56 - 3,74
Obra Túnel	PzU6	4	6	Cuaternario	27/10/2008 - 30/05/2010	1,01 - 1,49	4,99 - 4,51
Obra Túnel	PzU7	-4	5,6	Cuaternario	27/10/2008 - 30/05/2010	0,72 - 1,45	4,88 - 4,15
Obra Túnel	PzU8	4	6	Cuaternario	04/11/2008 - 30/05/2010	0,00 - 1,32	6,00 - 4,68
Obra Túnel	PzU9	4	7	Cuaternario	27/10/2008 - 30/05/2010	1,08 - 1,36	5,92 - 5,64
Proyecto Túnel	Pz-2C	12,6	6,9	Cuaternario	10/10/2007 - 04/12/2007	3,88 - 4,22	3,02 - 2,68
Proyecto Túnel	SC-10C	12,6	6,793	Cuaternario	05/07/2002 - 31/07/2002	1,45 - 2,80	5,34 - 3,99
Proyecto Túnel	SC-7	35	7,801	Cuaternario	31/07/2002 - 22/10/2002	4,20 - 4,40	3,60 - 3,40
Proyecto Túnel	SC-8C	3,2	6,295	Cuaternario	05/07/2002 - 22/10/2002	2,45 - 3,00	3,85 - 3,30
Proyecto Túnel	SC-9C	6,6	6,312	Cuaternario	05/07/2002 - 22/10/2002	1,10 - 2,85	5,21 - 3,46
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	27	8,751	Jurásico somero	15/11/2007 - 09/06/2010	5,25 - 6,37	3,50 - 2,38
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	31	8,903	Jurásico somero	15/11/2007 - 05/12/2007	5,21 - 5,78	3,69 - 3,12
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	37	8,929	Jurásico somero	15/11/2007 - 09/06/2010	5,01 - 6,15	3,92 - 2,78
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	25	7,754	Jurásico somero	28/11/2007 - 15/01/2008	3,22 - 3,73	4,53 - 4,02
Campaña INECO-TIFSA	Pz-5	25,2	14,056	Jurásico somero	29/11/2007 - 12/12/2007	4,83 - 5,45	9,23 - 8,61
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	35	9,409	Jurásico somero	17/07/2007 - 09/06/2010	5,17 - 6,17	4,24 - 3,24
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	40,25	8,769	Jurásico somero	10/07/2007 - 29/11/2007	4,69 - 5,60	4,08 - 3,17
Depósito de Tormentas	S-1AIC	15	8,4	Jurásico somero	10/10/2005 - 20/10/2006	4,90 - 5,48	3,50 - 2,92
Depósito de Tormentas	SDT-1	15	8,195	Jurásico somero	23/03/2005 - 20/10/2006	5,85 - 6,08	2,35 - 2,12
Depósito de Tormentas	SDT-1	25	8,48	Jurásico somero	20/10/2006 - 20/10/2006	6,44 - 6,44	2,04 - 2,04
Depósito de Tormentas	SDT-2	15	8,448	Jurásico somero	23/03/2005 - 20/10/2006	4,97 - 5,85	3,48 - 2,60
Depósito de Tormentas	SDT-2'	25	8,36	Jurásico somero	09/10/2006 - 20/10/2006	6,08 - 6,23	2,28 - 2,13
Depósito de Tormentas	SDT-3	14,7	8,47	Jurásico somero	23/03/2005 - 20/10/2006	2,35 - 3,09	6,12 - 5,38
Depósito de Tormentas	SDT-3'	35	8,47	Jurásico somero	03/10/2006 - 20/10/2006	5,39 - 5,48	3,08 - 2,99

Tabla 4.12. Oscilación del nivel piezométrico en los sondeos, pozos y piezómetros, incluidas las medidas tomadas en la campaña geotécnica del proyecto de la estación



Depositio de Tormentals SDT-4 23.9 8.544 Jurásico somero 23/03/2005 20/10/2006 4.6 - 6.52 3.58 - 3.53	Campaña	Punto	Prof (m)	Cota emboquille	Acuífero	Periodo con medidas	Oscilación nivel piezométrico			
Deposito de Tomentas	Campana	runto	Pior (iii)		Acuileio	renous con medicas	Prof. (m)	Cota (msnm)		
Deposito de Tormentas SDT-9' 35 8.46	Depósito de Tormentas	SDT-4	23,9	8,544	Jurásico somero	23/03/2005 - 20/10/2006	4,45 - 6,55	4,09 - 1,99		
Deposito de Tormentas	Depósito de Tormentas	SDT-4'	25	8,45	Jurásico somero	05/10/2006 - 20/10/2006	4,87 - 4,92	3,58 - 3,53		
Deposito de Tormentas	Depósito de Tormentas	SDT-5'	35	8,46	Jurásico somero	27/09/2006 - 20/10/2006	5,46 - 5,73	3,00 - 2,73		
Estación provisional SE-1 15 8.8 Jurásico somero 0409/2008 0.409/2008 1.0 5.9 3.51 - 3.81 Estadio Geolecnico S-1 3.0 9.8 Jurásico somero 0409/2008 1.0 0409/2008 1.0 5.9 3.51 - 3.81 Estudio Geolecnico S-1 3.0 1 3.0 9.8 Jurásico somero 0409/2008 1.0 0409/2008 1.0 0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	Depósito de Tormentas	SDT-6'	25	8,26		20/10/2006 - 20/10/2006	4,80 - 4,80	3,46 - 3,46		
Estudio Geotecnico		SE-1	15	8,8	Jurásico somero	04/09/2008 - 04/09/2008		4,57 - 4,57		
Estudio Geotecnico S-6 30.1 6.31 Jurásico somero 2004/2001 2.00 2.50 2.50 3.81 3.81	Estación provisional	SE-2	15	8,6	Jurásico somero	04/09/2008 - 04/09/2008	5,09 - 5,09	3,51 - 3,51		
Estudio Geotecnico	Estudio Geotecnico	S-11	30	9,6	Jurásico somero	03/05/2001 - 03/05/2001	5,70 - 5,70	3,90 - 3,90		
Estudio Geotecnico	Estudio Geotecnico	S-6	30,1	6,31	Jurásico somero	28/04/2001 - 28/04/2001	2,50 - 2,50	3,81 - 3,81		
Proyecto Tunel	Estudio Geotecnico	S-9	38,3	6,8		30/04/2001 - 30/04/2001	1,90 - 1,90	4,90 - 4,90		
Proyecto Tunel SC-10 35 6.793 Jurásico somero 05/07/2002 - 22/10/2002 5.20 - 5.50 5.20 Proyecto Tunel SC-11 37 11.016 Jurásico somero 05/07/2002 - 22/10/2002 5.20 - 5.90 5.80 - 5.52 Proyecto Tunel SC-12 36 11.4 Jurásico somero 05/07/2002 - 22/10/2002 5.10 - 5.90 5.80 - 5.62 Proyecto Tunel SC-6 40 7.7941 Jurásico somero 31/07/2002 - 22/10/2002 5.10 - 5.90 5.80 - 5.62 Proyecto Tunel SC-6 40 7.7941 Jurásico somero 31/07/2002 - 22/10/2002 1.05 - 4.29 4.72 - 3.65 Proyecto Tunel SC-9 31 6.295 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 1.85 - 4.02 4.45 - 2.28 Proyecto Tunel SC-9 35 6.312 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 1.85 - 4.02 4.45 - 2.28 Proyecto Tunel SC-9 35 6.312 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 1.85 - 4.02 4.45 - 2.28 Campaña INECO-TIFSA PP-1 26 19.894 Jurásico profundo 15/11/2007 - 09/06/2010 7.07 1.70 1.66 1.05 1.66 1.03 1.89 Jurásico profundo 15/11/2007 - 09/06/2010 7.07 1.70 1.786 2.89 1.83 Campaña INECO-TIFSA PP-12 31 8.9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 7.77 7.760 1.73 1.30 1.30 1.40 1.40 1.40 1.40 1.40 1.40 1.40 1.4	Obra Túnel	SIG-20	38,5	7,7	Jurásico somero	10/10/2007 - 09/06/2010	4,51 - 5,10	3,19 - 2,60		
Proyecto Tunel	Proyecto Túnel	Pz-2L	35	6.9	Jurásico somero	10/10/2007 - 04/12/2007	1.10 - 1.53	5.80 - 5.37		
Proyecto Tunel SC-12 36	Proyecto Túnel	SC-10	35	6,793	Jurásico somero	05/07/2002 - 31/07/2002	1,30 - 1,50	5,49 - 5,29		
Proyecto Túnel SC-4 40 7,941 Jurásico somero 31/07/2002 0.97/06/2010 3,22 4,29 4,72 3,85 Proyecto Túnel SC-6 40 7,783 Jurásico somero 31/07/2002 2.27/10/2002 1,65 4,50 3 3,28 Proyecto Túnel SC-8 31 6,295 Jurásico somero 0.57/7002 0.47/12/2007 1,85 4,00 4,45 2,28 Proyecto Túnel SC-9 35 6,312 Jurásico somero 0.57/7002 0.47/12/2007 7,25 7,67 1,66 1,03 Campaña INECO-TIFSA PB-1 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 0.47/12/2007 7,25 7,67 1,66 1,03 Campaña INECO-TIFSA P2-1 24 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 0.29/11/2007 7,25 7,67 1,66 1,03 Campaña INECO-TIFSA P2-12 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 0.29/11/2007 7,17 7,60 1,73 1,30 Campaña INECO-TIFSA P2-12 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 0.29/11/2007 7,17 7,60 1,73 1,30 Campaña INECO-TIFSA P2-12 35 9,9 Jurásico profundo 15/11/2007 0.29/11/2007 0.58 7,48 1,92 1,42 Campaña INECO-TIFSA P2-2 25 9,9 Jurásico profundo 15/11/2007 0.99/05/2010 7,17 7,60 1,73 1,30 Campaña INECO-TIFSA P2-6 40 26,762 Jurásico profundo 15/11/2007 0.99/05/2010 5,11 9,38 6,19 1,47 Campaña INECO-TIFSA P2-6 40 26,762 Jurásico profundo 15/11/2007 0.99/05/2010 5,11 9,38 6,19 1,47 Campaña INECO-TIFSA S,J-06 2,515 19,574 Jurásico profundo 21/07/2007 0.99/05/2010 5,11 9,38 6,19 1,47 Campaña INECO-TIFSA S,J-06 2,505 16,49 Jurásico profundo 21/07/2007 0.99/05/2010 1,51 1,46 0.9 1,78 Campaña INECO-TIFSA S,J-06 2,505 16,49 Jurásico profundo 19/07/2007 0.99/05/2010 1,51 1,46 0.9 1,78 Campaña INECO-TIFSA S,J-06 2,505 16,49 Jurásico profundo 19/07/2007 0.99/05/2010 1,51 1,46 0.9 1,78 Campaña INECO-TIFSA S,J-06 2,505 16,49 Jurásico profundo 19/07/2007 0.99/05/2010 1,51 1,46 0.9 1,78 Campaña INECO-TIFSA	Provecto Túnel	SC-11	37	11,016	Jurásico somero	05/07/2002 - 22/10/2002	5.22 - 5.40	5.80 - 5.62		
Proyecto Túnel SC-6	Provecto Túnel	SC-12	36	11.4	Jurásico somero	15/07/2002 - 22/10/2002	5.10 - 5.90	6.30 - 5.50		
Proyecto Tunel SC-6 40 7,783 Jurásico somero 3107/2002 22/10/2002 4,15 4,02 4,52 4,82 Proyecto Tunel SC-8 31 6,295 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 1,85 - 4,02 4,45 - 2,26 Proyecto Tunel SC-9 35 6,312 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 1,85 - 4,02 4,45 - 2,26 Proyecto Tunel SC-9 35 6,312 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 2,105 - 1,50 5,26 - 4,81 Campaña INECO-TIFSA PB-1 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 04/12/2007 1,725 - 7,87 1,66 - 1,03 Campaña INECO-TIFSA PB-1 24 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 04/12/2007 1,725 - 7,87 1,66 - 1,03 Campaña INECO-TIFSA PB-11 24 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 09/06/2010 1,701 - 1,706 2,68 - 1,83 Campaña INECO-TIFSA PB-12 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 1,717 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA PB-13 36 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 1,717 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA PB-13 36 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 1,717 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA PB-3 25 11,296 Jurásico profundo 29/11/2007 - 09/06/2010 1,767 - 7,95 2,23 - 1,95 Campaña INECO-TIFSA PB-3 25 11,296 Jurásico profundo 29/11/2007 - 09/06/2010 1,767 - 7,95 2,23 - 1,95 Campaña INECO-TIFSA SJ-02 25.15 19,574 Jurásico profundo 15/11/2007 - 09/06/2010 1,710 - 9,83 6,19 - 1,47 Campaña INECO-TIFSA SJ-05 25,05 16,429 Jurásico profundo 15/11/2007 - 09/06/2010 1,35 - 1,465 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 10/08/2007 - 09/06/2010 1,35 - 1,465 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 10/08/2007 - 09/06/2010 1,35 - 1,465 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-07 25 12,088 Jurásico profundo 10/08/2007 - 09/06/2010 1,35 - 1,465 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,799 Jurásico profundo 10/08/2007 - 09/06/2010 1,35 - 1,465 2,92 - 3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,799 Jurásico profundo 10/08/2007 - 09/06/2010 1,47 - 0,45 2,70 - 2,42 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,799 Jurásico profundo 10/08/2007 - 09/06/2010 1,47 - 0,45 2,70 - 2,42 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,799 Jurásico pro		SC-4	40	7.941	Jurásico somero	31/07/2002 - 09/06/2010	3.22 - 4.29	4.72 - 3.65		
Proyecto Tunel SC-8 31 6.295 Jurásico somero 05/07/2002 - 04/12/2007 1,85 - 4,02 4,45 - 2,28 Proyecto Tunel SC-9 35 6.312 Jurásico somero 05/07/2002 - 22/10/2002 1,05 - 1,50 5,26 - 4,81 Crampaña INECO-TIFSA PB-1 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 04/12/2007 7,25 - 7,87 1,66 - 1,03 Campaña INECO-TIFSA PB-1 26 19,694 Jurásico profundo 15/11/2007 - 04/12/2007 7,76 1,76 1,66 - 1,03 Campaña INECO-TIFSA PB-11 24 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 02/01/2008 7,78 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA PB-13 36 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 7,77 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA PB-13 36 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 7,77 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA PB-13 36 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 6,98 - 7,48 1,92 - 1,42 Campaña INECO-TIFSA PB-2 2 25 9,9 Jurásico profundo 15/11/2007 - 29/11/2007 6,98 - 7,48 1,92 - 1,42 Campaña INECO-TIFSA PB-2 3 25 11,296 Jurásico profundo 29/11/2007 - 09/06/2010 7,67 - 7,95 2,23 - 1,95 Campaña INECO-TIFSA PB-2 40 25,762 Jurásico profundo 15/11/2007 - 16/01/2008 12,40 - 13,04 14,36 - 13,72 Campaña INECO-TIFSA PB-2 40 25,762 Jurásico profundo 15/11/2007 - 16/01/2008 12,40 - 13,04 14,36 - 13,72 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 25,15 19,574 Jurásico profundo 17/07/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-08 30 8,709 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 14,18 - 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 17/08/2007 - 09/06/2010 14,18 - 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INEC		SC-6	40			31/07/2002 - 22/10/2002				
Proyecto Túnel SC-9 35 6.312 Jurásico somero 05/07/2002 22/10/2002 1,05 1,50 5.26 - 4,81										
Campaña INECO-TIFSA PB-1 31 8.9	The state of the s	100000000	10201	1000000000			ELECTRONIC SOATISTEE	100000000000000000000000000000000000000		
Campaña INECO-TIFSA Pz-1 26 19,694 Jurásico profundo 15/11/2007 0,906/2010 17,01 17,86 2,68 1,83 Campaña INECO-TIFSA Pz-11 24 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 22/01/2008 7,48 7,96 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42 0,94 1,42					The street of th					
Campaña INECO-TIFSA Pz-11 24 8,9		Pz-1								
Campaña INECO-TIFSA P2-12 31 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 2.9/11/2007 7,17 - 7,60 1,73 - 1,30 Campaña INECO-TIFSA P2-13 36 8,9 Jurásico profundo 15/11/2007 6,98 - 7,48 1,92 - 1,42 Campaña INECO-TIFSA P2-2 25 9,9 Jurásico profundo 29/11/2007 0,906/2010 7,67 - 7,95 2,23 - 1,95 Campaña INECO-TIFSA P2-6 40 26,762 Jurásico profundo 15/11/2007 - 16/01/2008 12,04 - 13,04 14,36 - 13,04 14,36 - 13,04 14,36 - 13,04 14,47 20,07 - 16,53 - 17,80 3,05 - 17,47 - 17,00 16,53 - 17,40		(C)	77.57	50062200000000		10000 00000 00000 0000 0000 00000 00000 0000		1450200000 0000000		
Campaña INECO-TIFSA Pz-13 36 8.9 Jurásico profundo 15/11/2007 29/11/2007 6.98 7.48 1.92 7.42 2.5 9.9 Jurásico profundo 23/01/2008 0.906/2010 7.67 7.795 2.23 7.95 7.25 7.25 7	1 MANUAL MANUAL PROMISE AND A STATE OF THE S	E010000 01000	W-SACO-I	1005000		LLACE OF SHAKES AND SH	25-05-00-0003, 2015-000345/J	10020000 000000		
Campaña INECO-TIFSA PZ-2 25 9,9 Jurásico profundo 23/01/2008 - 09/06/2010 7,67 - 7,95 2,23 - 1,95 Campaña INECO-TIFSA P2-3 25 11,296 Jurásico profundo 29/11/2007 - 09/06/2010 5,11 - 9,83 6,19 - 1,47 Campaña INECO-TIFSA P2-6 40 26,762 Jurásico profundo 15/11/2007 - 16/01/2008 12,40 - 13,04 13,04 14,36 - 13,72 Campaña INECO-TIFSA SJ-02 25,15 19,574 Jurásico profundo 01/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 08/08/2007 - 31/05/2010 8,75 - 11,85 4,84 - 1,74 Campaña INECO-TIFSA SJ-08 29,85 12,185 Jurásico profundo 08/08/2007 - 29/11/2007 4,71 - 8,72 4,92 - 3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-08 29,85 12,185 Jurásico profundo 08/08/2007 - 05/12/2007 5,76 - 17,7 - 8,72 4,92 - 3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 - 05/12/2007 5,							ALPRICA THE STATE OF THE STATE			
Campaña INECO-TIFSA P2-3 25 11,296 Jurásico profundo 29/11/2007 - 09/06/2010 5,11 - 9,83 6,19 - 1,47 Campaña INECO-TIFSA P2-6 40 26,762 Jurásico profundo 15/11/2007 - 16/01/2008 12,40 - 13,04 14,36 - 13,72 Campaña INECO-TIFSA SJ-05 25,05 16,429 Jurásico profundo 21/07/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2,92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 01/08/2007 - 31/05/2010 8,75 - 11,85 4,84 - 1,74 Campaña INECO-TIFSA SJ-07 25 12,088 Jurásico profundo 08/08/2007 - 29/11/2007 7,07 - 8,72 4,92 - 3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 - 09/06/2010 4,18 10,41 1,75 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 15/08/2007 - 5,88			1					5. 57		
Campaña INECO-TIFSA Pz-6 40 26,762 Jurásico profundo 15/11/2007 - 16/01/2008 12,40 - 13,04 14,36 - 13,72 Campaña INECO-TIFSA SJ-02 25,15 19,574 Jurásico profundo 21/07/2007 - 29/11/2007 16,53 - 17,80 3.05 - 17,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 01/08/2007 - 31/05/2010 8,75 - 11,85 4,84 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-07 25 12,088 Jurásico profundo 08/08/2007 - 29/11/2007 7,17 - 8,72 4,92 - 3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 29,85 12,185 Jurásico profundo 20/08/2007 - 09/06/2010 4,18 - 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 21/07/2007 - 09/06/2010 4,18 - 10,41 8,11 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 21/07/2007		UA1000 2000								
Campaña INECO-TIFSA SJ-02 25,15 19,574 Jurásico profundo 21/07/2007 - 29/11/2007 16,63 - 17,80 3,05 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 25,05 16,429 Jurásico profundo 01/08/2007 - 09/06/2010 13,51 - 14,65 2.92 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 08/08/2007 - 29/11/2007 7,17 - 8,72 4,92 - 3,77 Campaña INECO-TIFSA SJ-08 29,85 12,185 Jurásico profundo 21/07/2007 - 09/06/2010 4,18 - 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 21/07/2007 - 09/06/2010 4,18 - 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 335,1 8,872 Jurásico profundo 21/07/2007 - 5,17 - 6,45 2,70 - 2,42 Consejería de Justicia SCJ-2 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 <td>The second secon</td> <td>100000000</td> <td>00000</td> <td>0.0000000000000000000000000000000000000</td> <td>provide the second seco</td> <td></td> <td>CARROLL DARGEST</td> <td>0.0000000000000000000000000000000000000</td>	The second secon	100000000	00000	0.0000000000000000000000000000000000000	provide the second seco		CARROLL DARGEST	0.0000000000000000000000000000000000000		
Campaña INECO-TIFSA SJ-05 25,05 16,429 Jurásico profundo 01/08/2007 09/06/2010 13,51 14,65 2,92 2 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 08/08/2007 2 31/05/2010 8,75 11,85 4,94 1,74 Campaña INECO-TIFSA SJ-08 29,85 12,185 Jurásico profundo 08/08/2007 2 9/11/2007 7,17 7 8,72 4,92 3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 05/06/2010 4,18 - 10,41 8,01 1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 15/08/2007 - 05/12/2007 5,88 - 7,06 2,83 - 1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 15/08/2007 - 5/18/2007 6,67 7,06 2,83 - 1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,55 Jurásico profundo 15/08/										
Campaña INECO-TIFSA SJ-06 20,1 13,592 Jurásico profundo 08/08/2007 - 31/05/2010 8,75 - 11,85 4,84 - 1,74 Campaña INECO-TIFSA SJ-07 25 12,088 Jurásico profundo 08/08/2007 - 29/11/2007 7,17 - 8,72 4,92 - 3,37 29,95 12,185 Jurásico profundo 02/08/2007 - 09/06/2010 4,18 - 10,41 8,01 - 1,78 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 - 05/12/2007 5,88 - 7,06 2,83 - 1,65 2,83 - 1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 11/07/2007 - 29/08/2007 6,17 - 6,645 2,70 2,42 2,02 Consejería de Justicia SCJ-1 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 5/08/2007					Commence of the Commence of th			.,,		
Campaña INECO-TIFSA SJ-07 25 12,088 Jurásico profundo 08/08/2007 - 29/11/2007 7,17 - 8,72 4,92 -3,37 24,92 -3,37 Campaña INECO-TIFSA SJ-08 29,85 12,185 Jurásico profundo 21/07/2007 - 09/06/2010 4,18 -10,41 8,01 -1,78 0.14 8,01 -1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 - 05/12/2007 5,98 -7,06 2,83 -7,06 2,83 -1,65 -7,06 2,83 -1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 15/08/2007 55/08/2007 55/08/2007 5,88 -7,06 2,83 -7,06 2,83 -7,06 2,83 -7,06 -6,45 2,70 -2,242 Consejería de Justicia SCJ-1 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 55/08/200	Manager Broady Province Control Cold Control	2570250	DASSOP CHROLIC	60000 DATOUR	Department of the contract of the state of the contract of		entropy and an entropy and	ENGERO CONTROL -		
Campaña INECO-TIFSA SJ-08 29,85 12,185 Jurásico profundo 21/07/2007 - 09/06/2010 4,18 - 10,41 8,01 - 1,78 Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 - 06/12/2007 5,88 - 7,06 2,83 - 1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 21/07/2007 - 29/08/2007 6,45 2,70 - 2,42 Consejería de Justicia SCJ-1 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 seco - 2,22 Consejería de Justicia SCJ-2 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 seco - 18/08/2007 Consejería de Justicia SCJ-3 16 9,1 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 seco - 29/17/2007 Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 seco - 2,05 Estudio Geotecnico S-1 35 <td></td> <td>Letters makes</td> <td>0.0000000000000000000000000000000000000</td> <td>1013/2010/2010/2010</td> <td></td> <td>To the expression of the contract of the contr</td> <td>SELECTION AND ADDRESS.</td> <td>CONTRACTOR TO SELECTION</td>		Letters makes	0.0000000000000000000000000000000000000	1013/2010/2010/2010		To the expression of the contract of the contr	SELECTION AND ADDRESS.	CONTRACTOR TO SELECTION		
Campaña INECO-TIFSA SJ-09 30 8,709 Jurásico profundo 01/08/2007 - 05/12/2007 5,88 - 7,06 2,83 - 1,65 Campaña INECO-TIFSA SJ-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 21/07/2007 - 29/08/2007 6,17 - 6,45 2,70 - 2,42 Consejería de Justicia SCJ-2 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-2 Consejería de Justicia SCJ-2 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-2 Consejería de Justicia SCJ-3 16 9,1 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-2 SCJ-3 16 9,1 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-3 SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-3 SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-3 SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-3 SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec SCJ-4 SCJ-			-				-,			
Campaña INECO-TIFSA S.J-10 35,1 8,872 Jurásico profundo 21/07/2007 - 29/08/2007 6,17 - 6,45 2,70 - 2,42				71503405555						
Consejería de Justicia SCJ-1 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-2 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-3 16 9,1 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2001 - 29/11/2007 12.80 - 17,19 6,19 - 1,80 Setudio Geotecnico S-10 31,5 6,4 Jurásico profundo 23/04/2001 - 23/04/2001 4,05 - 4,05 2,35 - 2,35 Setudio Geotecnico S-12 35,15 8,54 Jurásico profundo 14/05/2001 - 14/05/2001 7,44 - 7,44 1,10 - 1,10 Setudio Geotecnico S-13 35 9,35 Jurásico profundo 14/05/2001 - 14/05/2001 5,10 - 5,10 4,25 - 4,25 Setudio Geotecnico S-14 36,6 10,1 Jurásico profundo 14/05/2001 - 11/05/2001 4,00 - 4,00 6,10 - 6,10 Setudio Geotecnico S-2 35,1 11,728 Jurásico profundo 16/06/2001 - 29/11/2007 5,60 - 10,00 6,13 - 1,73 Obra Túnel PzD3 10 6 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 4,11 - 4,44 1,89 - 1,56 Obra Túnel PzD7 10 7 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 3,71 - 4,38 3,29 - 2,62 Obra Túnel SIG-39+PzD1 21 5,98 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 3,71 - 4,28 4,26 - 1,70 Obra Túnel SIG-39+PzD2 21 5,92 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 3,87 - 4,23 2,05 - 1,69 Obra Túnel SIG-39+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-39+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-39+PzD5 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,17 - 5,49 - 5,78 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SIG-39+PzD5 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,17 - 5,49 - 5,78 1,51 - 0,22 P		70 TO	55,470				Destroyers marketings	DESCRIPTION OF THE PROPERTY OF		
Consejería de Justicia SCJ-2 14 8,55 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-3 16 9,1 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ SECU Consejería de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ SECU CONSEJERÍA SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ SECU CONSEJERÍA SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 15/08/2007 Sec∪ SECU CONSEJERÍA SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 - 29/11/2007 12.80 - 17,19 6,19 - 1,80 SECU CONSEJERÍA SCJ-4 S				,						
Consejeria de Justicia SCJ-3 16 9,1 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 Sec∪ SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 Sec∪ SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 15/08/2007 Sec∪ SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 15/08/2007 15/08/2007 Sec∪ SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 15/08/2007 17/09 6,19 17/09 17										
Consejeria de Justicia SCJ-4 16 9,65 Jurásico profundo 15/08/2007 15/08/2007 12,80 17,19 6,19 1,80	CALCADO TO CALCADO TALADO TALCADO TALCADO TA	6/1000236/010096/	60000	-0.000000			0000	208		
Estudio Geotecnico S-1 35 18,986 Jurásico profundo 07/06/2001 - 29/11/2007 12,80 - 17,19 6,19 - 1,80 - 1,80 Estudio Geotecnico S-10 31,5 6,4 Jurásico profundo 23/04/2001 - 23/04/2001 4,05 - 4,05 2,35 - 2,35 23,55 2,35 2,35 Estudio Geotecnico S-12 35,15 8,54 Jurásico profundo 9/05/2001 09/05/2001 7,44 7,44 1,10 - 1,10 - 1,10 1,10 - 1,10							91004			
Estudio Geotecnico S-10 31.5 6.4 Jurásico profundo 23/04/2001 - 23/04/2001 7.44 - 7.44 1.10 - 1.10 Estudio Geotecnico S-12 35.15 8.54 Jurásico profundo 14/05/2001 - 03/05/2001 7.44 - 7.44 1.10 - 1.10 Estudio Geotecnico S-13 35 9.35 Jurásico profundo 14/05/2001 - 14/05/2001 5.00 - 5.10 - 5.10 4.25 - 4.25 Estudio Geotecnico S-14 36.6 10.1 Jurásico profundo 14/05/2001 - 11/05/2001 4.00 - 4.00 6.10 - 6.10 Estudio Geotecnico S-2 35.1 11.728 Jurásico profundo 16/05/2001 - 29/11/2007 5.60 - 10.00 6.10 - 6.10 Estudio Geotecnico S-2 35.1 11.728 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 4.11 - 4.44 1.89 - 1.55 Obra Túnel P2D3 10 6 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 4.11 - 4.44 1.89 - 1.55 Obra Túnel P2D7 10 7 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 3.71 - 4.38 3.29 - 2.62 Obra Túnel SIG-29+P2D1 21 5.99 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 1.72 - 4.28 4.26 - 1.70 Obra Túnel SIG-31+P2D4 21 5.92 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 3.87 - 4.23 2.05 - 1.69 Obra Túnel SIG-31+P2D4 21 5.55 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.11 - 5.64 0.39 - 0.14 Obra Túnel SIG-32+P2D5 21 5.68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.11 - 5.64 0.39 - 0.14 Obra Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.11 - 5.64 0.39 - 0.14 Obra Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.11 - 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5.578 5.78 1.51 - 0.22 Proyecto										
Estudio Geotecnico S-12 35,15 8,54 Jurásico profundo 09/05/2001 - 09/05/2001 7,44 - 7,44 1,10 - 1,10				7,010,100,110,0						
Estudio Geotecnico S-13 35 9,35 Jurásico profundo 14/05/2001 - 14/05/2001 5,10 - 5,10 4,25 - 4,25										
Estudio Geotecnico S-14 36,6 10,1 Jurásico profundo 11/05/2001 - 11/05/2001 4,00 - 4,00 6,10 - 6,10	7									
Estudio Geotecnico S-2 35,1 11,728 Jurásico profundo 06/06/2001 - 29/11/2007 5,60 - 10,00 6,13 - 1,73								100000		
Obra Túnel P2D3 10 6 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 4.11 - 4.44 1,89 - 1,56 Obra Túnel P2D7 10 7 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 3,71 - 4,38 3,29 - 2,62 Obra Túnel SIG-29+P2D1 21 5,98 Jurásico profundo 04/11/2008 - 30/05/2010 1,72 - 4,28 4,26 - 1,70 Obra Túnel SIG-30+P2D2 21 5,92 Jurásico profundo 03/10/2008 - 30/05/2010 3,77 - 4,23 2,05 - 1,69 Obra Túnel SIG-31+P2D4 21 5,5 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-32+P2D5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 0,60 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 0,60 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+P2D6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4,29 - 5,78 1,5 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+		102H202H003K1	10.000316100	55500000			Telegraph College	AND THE PROPERTY AND ADDRESS OF THE PARTY OF		
Obra Túnel PzD7 10 7 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 3,71 - 4,38 3,29 - 2,62 Obra Túnel SIG-29+PzD1 21 5,98 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 1,72 - 4,28 4,26 - 1,70 Obra Túnel SIG-30+PzD2 21 5,92 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 3,87 - 4,23 2,05 - 1,69 Obra Túnel SIG-31+PzD4 21 5,5 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-32+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 0,60 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+PzD6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,78 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4,49 - 5,78 1,51 - 0,22										
Obra Túnel SIG-29+PzD1 21 5,98 Jurásico profundo 04/11/2008 - 30/05/2010 1,72 - 4,28 4,26 - 1,70 Obra Túnel SIG-30+PzD2 21 5,92 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 3,87 - 4,23 2,05 - 1,69 Obra Túnel SIG-31+PzD4 21 5,5 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-32+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 0,50 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+PzD6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4,49 - 5,78 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 18/07/2002 - 29/11/2007 8,85 - 13,32 6,26 - 1,79										
Obra Túnel SIG-30+PzD2 21 5,92 Jurásico profundo 23/10/2008 - 30/05/2010 3,87 - 4,23 2,05 - 1,69 Obra Túnel SIG-31+PzD4 21 5,5 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-32+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 - 0,60 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+PzD6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4,49 - 5,78 - 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 18/07/2002 - 29/11/2007 8,85 - 13,32 - 13,32 - 6,26 - 1,79										
Obra Túnel SIG-31+PzD4 21 5,5 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,11 - 5,64 0,39 - 0,14 Obra Túnel SIG-32+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 0,60 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+PzD6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4,49 - 5,78 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 18/07/2002 - 29/11/2007 8,85 - 13,32 6,26 - 1,79	NAMES AND ASSOCIATION OF THE PARTY OF THE PA	passing research pursued to	200,000	939 K apitoto			CONTRACTOR CONTRACTOR	100000000000000000000000000000000000000		
Obra Túnel SIG-32+PzD5 21 5,68 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 5,08 - 5,37 0,60 - 0,31 Obra Túnel SIG-33+PzD6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4,49 - 5,78 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 18/07/2002 - 29/11/2007 8,85 - 13,32 6,26 - 1,79										
Obra Túnel SIG-33+PzD6 21 6 Jurásico profundo 27/10/2008 - 30/05/2010 4.49 - 5,78 1,51 - 0,22 Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 18/07/2002 - 29/11/2007 8,85 - 13,32 6,26 - 1,79			-		The same of the same of			the state of the s		
Proyecto Túnel SC-1 23,4 15,105 Jurásico profundo 18/07/2002 - 29/11/2007 8,85 - 13,32 6,26 - 1,79	10.00.00.000	DOMESTIC CONTROL OF THE PERSON.	0.750	2008/03/40	The second of the second secon	DESCRIPTION OF THE PROPERTY OF	TENENTS NEW YORK TO THE TENENTS TO T	23340,000 C346000		
		COLUMN TO COLUMN TO THE PROPERTY OF THE PROPER	NOT ALL T				toronto our description	J-0.0.		
	Proyecto Túnel	SC-3	31,3	9,419						

Tabla 4.12. Oscilación del nivel piezométrico en los sondeos, pozos y piezómetros, incluidas las medidas tomadas en la campaña geotécnica del proyecto de la estación (continuación)

En la tabla 4.12 se indica para cada punto de medida el acuífero al que se adjudica en mayor medida su nivel piezométrico.

En la zona de la estación, se observa una elevada oscilación piezométrica en todos los puntos de medida que en la figura 4.1 corresponden esencialmente a las medidas tomadas

en el año 2007. Incluso esta variación se observa en medidas tomadas con pocas horas de diferencia (Apéndice 1), de modo que todo apunta a que esta variación piezométrica se relacione, al menos en parte, con la oscilación mareal, algo lógico si se considera que los acuíferos implicados sitúan su principal zona de descarga en el mar.

En la figura 4.2, se ha representado la evolución piezométrica de los puntos entre el 27/11/07 y 05/12/07 frente a la oscilación de mareas en el Puerto Deportivo de Gijón, tomadas de las tablas de marea publicadas en la página web www.puertodeportivogijon.es. Se ha elegido este periodo debido a que en estas fechas se dispone de varias medidas piezométricas con pocas horas de diferencia y tomadas en el mismo día, de modo que se podría observar con mayos detalle la posible influencia mareal. Si bien el registro no es lo suficientemente detallado para deducir que existe una relación clara, si se observa una oscilación piezométrica con una longitud de onda parecida a las de las mareas, así como un decalaje de varias horas que se podría relacionar con el tiempo de respuesta de los acuíferos a la variación del nivel del mar.

En cuanto a la distribución del nivel piezométrico a lo largo de la traza (tabla 4.12), se observa como el nivel piezométrico oscila entre las cotas 1,6 y 6,26 m.s.n.m en el inicio de la traza (sondeos SC-1 a SJ-10) que corresponden al "acuífero jurásico profundo". En este tramo, se observa una cota mínima piezométrica en la mayor parte de los sondeos entre aproximadamente 1,60 y 1,78 m.s.n.m, que además corresponden a medidas tomadas en la misma fecha (29/11/07) y en torno a las mismas horas (10:00 a 15:00), de modo que podría correlacionarse con un periodo de bajamar.

Al final de la traza del proyecto, el nivel piezométrico en el "acuífero jurásico somero" presenta una menor oscilación piezométrica, entre 2,4 y 4,86 m.s.n.m, situándose las cotas piezométrica mínimas más altas y las máximas más bajas que en el caso del acuífero profundo. Esto podría deberse a una menor permeabilidad del acuífero y por lo tanto a una respuesta más amortiguada a la oscilación mareal.

En cuanto al acuífero cuaternario al inicio de la traza, asociado al aluvial de naturaleza arcillosa del río Pilón, el nivel piezométrico se situaría entre las cotas 14,5 y 16,2 m.s.n.m correspondientes al PZ-1bis, ya que la evolución piezométrica que muestra el sondeo SJ-1 de continuo ascenso entre las cotas 3,5 y 7, 1 m.s.n.m parece indicar que el sondeo se estaba aún estabilizando con el nivel en el aluvial.

Al final de la traza, el nivel piezométrico asociado a las arenas litorales (Qli) de edad Cuaternario se situaría entre las cotas 2,8 y 6,03 m.s.n.m mostrando también una influencia mareal clara.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



Evolución de niveles piezométricos - Estudio Hidrogeológico de la nueva estación de Moreda (Gijón)

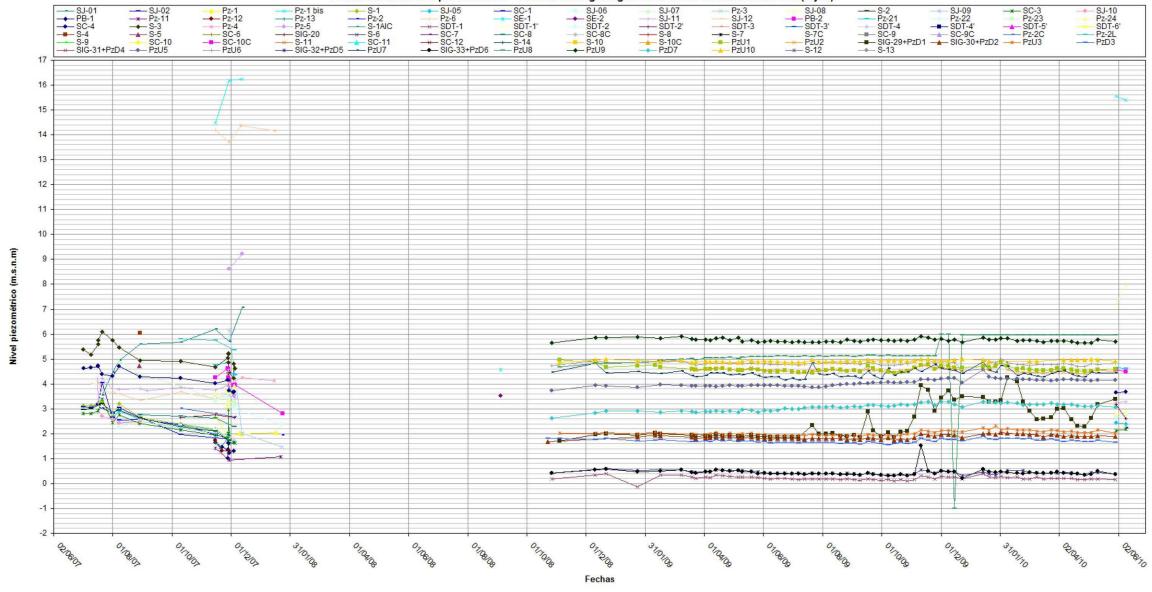


Figura 4.1. Evolución piezom étrica de todos los puntos con medidas disponibles en el periodo entre 2007 y 2010



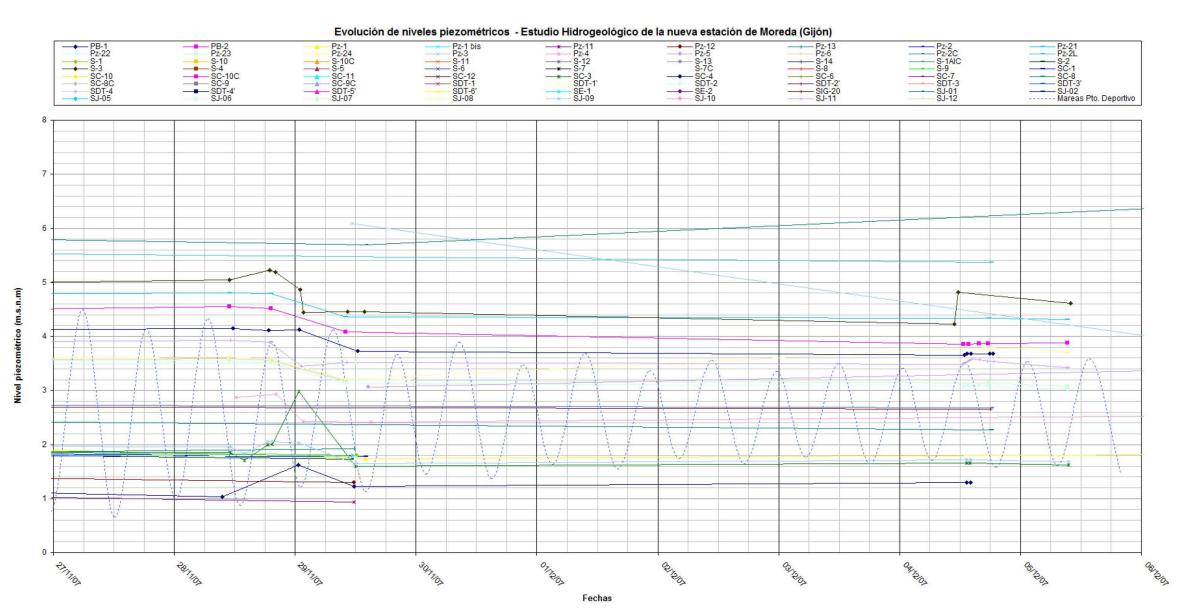


Figura 4.2. Evolución piezom étrica disponible entre el 27/11/07 y el 05/12/07 frente a la oscilación mareal en el Puerto Deportivo de Gijón (tomadas de las tablas de marea publicadas en la página web www.puertodeportivogijon.es)



4.4. Funcionamiento hidráulico de los acuíferos

A nivel regional se pueden distinguir dos sistemas acuíferos distintos en la zona de estudio: un acuífero asociado al macizo jurásico, y un acuífero cuaternario de carácter libre asociado principalmente a los depósitos de arenas litorales, ya que los sedimentos aluviales asociados al río Pilón presentan una permeabilidad muy reducida por lo que no pueden ser considerados como un acuífero en sentido estricto.

El macizo jurásico forma en la zona de estudio un acuífero multicapa semiconfinado, en el que los niveles calcáreos dolomíticos y calizos funcionarían como niveles acuíferos más o menos individualizados y aislados hidráulicamente entre sí, separados por paquetes de lutitas margosas que actuarían como acuitardos semiconfinantes. Las futuras obras de la Estación Intermodal de Gijón afectarán a una porción limitada del acuífero jurásico multicapa, pudiéndose distinguir en el área que será afectada un par de niveles acuíferos con niveles piezométricos diferenciados, así como unas características permeables distintas. Estos niveles diferenciados han sido denominados en el ámbito del presente estudio como "acuífero jurásico profundo" y "acuífero jurásico somero".

En la figura 4.3, se representa la distribución de capas que ha sido utilizada para la implementación del modelo de simulación tridimensional, señalándose la distribución de capas para los 3 acuíferos definidos en la zona de estudio.

Acuífero jurásico profundo

El nivel profundo estaría constituido por un par de niveles dolomíticos y uno calizo más profundo, cortados en el inicio de la traza del proyecto en los sondeos SJ-01, SC-01, SJ-02, S-1, SJ-5, SJ-6, SJ-7, SJ-8, S-2, SJ-9, SC-3 y SJ-10, y por los piezómetros fuera de traza Pz-3, Pz-2 y Pz-6. Los piezómetros Pz-11, Pz-12 y Pz-13 abiertos de forma independiente en los tres niveles calcáreos presentan niveles próximos entre sí, aunque se observa un cierto aumento del potencial hidráulico con la profundidad, lo que indicaría un cierto flujo vertical ascendente.

Si bien existe una cierta desconexión o individualización entre los tres niveles calcáreos que forman este acuífero, ésta no debe ser muy marcada ya que durante el ensayo de bombeo realizado en el PB-01, abierto en el nivel intermedio, los tres piezómetros satélites notaron rápidamente el bombeo, experimentando descensos más o menos similares y al mismo tiempo.

Acuífero jurásico somero

Esta constituido por los niveles calcáreos, esencialmente dolomíticos, que los sondeos SJ-11, SJ-12, SC-4 y S-3 atravesaron al final de la traza. Corresponden a una porción de la serie jurásica que se sitúa por encima del acuífero profundo, y separada de ésta por un paquete lutítico de aproximadamente 10 m de espesor, al menos hasta la falla situada próxima al sondeo SJ-12 de perfil geológico del proyecto constructivo de la estación (figura 4.3). El hecho de que los sondeos perforados en este acuífero presenten niveles piezométricos bastantes distintos a los medios en el acuífero profundo, además de una menor influencia mareal, hace pensar en una desconexión hidráulica entre ambos acuíferos.

Es probable que el espesor (10 m) que presenta el nivel de lutitas margosas que separa este acuífero del anterior, haya sido suficiente para independizarlos hidráulicamente, mientras que el espesor de 2-3 m que presentan las intercalaciones lutíticas que separan los distintos niveles calcáreos que forman cada uno de los dos acuíferos, no ha sido suficiente para independizar los mismos. Más aún en el caso del acuífero superior, donde las intercalaciones lutíticas son más delgadas, así como más próximas las evoluciones piezométricas de los piezómetros Pz-22, PZ-23 y Pz-24, abiertos en distintos niveles calcáreos del acuífero somero.

Acuífero cuaternario

En la zona de estudio, está representado esencialmente por un delgado manto de arenas de cordón litoral (Qli) que aparece al final de la traza, donde presentarían una cierta desconexión hidráulica con el "acuífero jurásico somero", gracias a un potente espesor de depósitos eluviales (Qel) de naturaleza arcillosa. No obstante, el hecho que el PB-2 y el Pz-21, abiertos en el acuífero cuaternario, notase el bombeo de ensayo en el Pz-24, abierto en el nivel calcáreo más profundo, indica una cierta relación hidráulica entre ambos acuíferos. Así los niveles medidos en el acuífero jurasico somero se sitúan muy próximos a los del acuífero cuaternario, en general más elevados en éste que en aquel, lo que podría indicar una cierta alimentación del acuífero jurásico desde el Cuaternario.

En la zona inicial de la traza, en el cruce con el río Pilón, se afectaría a un acuitardo o acuicludo formado por sedimentos arcillosos fangosos, donde el nivel piezométrico se podría situar por encima del nivel en el río Pilón (9,1 msnm) tal como indica el nivel medio en el Pz-1bis (16,23-14,47 m.s.n.m). La baja permeabilidad esperable para los depósitos aluviales, explicaría el fuerte gradiente observado entre el piezómetro y el río, y justificaría la evolución piezométrica observada en el sondeo SJ-1 de ascenso continuo, lo que podría significar que aún se estaría equilibrando su nivel con él del terreno.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



Recarga

La recarga del acuífero cuaternario se produce a partir de las precipitaciones, a través de los cauces de los ríos Piles y Pilón y a partir del acuífero jurásico subyacente, allí donde éste presenta un potencial hidráulico superior al del acuífero cuaternario. En las zonas de fracturas, fallas y allí donde el macizo jurásico se presenta más fracturado, la descarga del acuífero jurásico en el acuífero cuaternario podría ser más importante.

También parece evidente, al asentarse sobre el acuífero cuaternario sobre un núcleo urbano importante, que exista una recarga procedente de las perdidas de la red de saneamiento y de las perdidas de la red de distribución de agua potable.

El acuífero jurásico se recargaría, esencialmente, a partir de las precipitaciones que caen directamente sobre los afloramientos situados alrededor de la ciudad de Gijón, aunque también es probable una cierta alimentación a través del manto cuaternario de naturaleza eluvial alimentado por las perdidas de las redes de abastecimiento y saneamiento. No obstante, la recarga de acuífero jurásico, procedente del acuífero cuaternario, parece que es más localizada y limitada a aquellas áreas donde el acuífero cuaternario se presenta colgado sobre un acuífero jurásico y con un potencial hidráulico menor.

Descargas

La distribución del potencial hidráulico en los acuíferos de la zona constata un flujo subterráneo hacia el Norte, de descarga generalizada hacia el mar, que coexiste de modo local con bombeos para el drenaje de sótanos y garajes que distorsiona esta tendencia general.

Las descarga del acuífero cuaternario se produce esencialmente hacia el mar, en menor medida hacia el cauce del río Pilón, visto la baja permeabilidad de los materiales que constituyen el aluvial, y quizá de forma difusa en zonas deprimidas cerca de la línea costera. El acuífero jurásico descarga en el acuífero cuaternario subyacente y directamente en el mar.

Flujo subterráneo

En la figura 4.4, se presenta el plano de isopiezas superpuesto para los tres acuíferos implicados en la zona de estudio. Para su dibujo se han empleado aquellos puntos piezométricos que ofrecían más confianza, dando prioridad a los valores procedentes de los piezómetros y pozos abiertos individualizadamente en cada uno de los acuíferos. Debido a que en muchos puntos, en concreto los situados próximos a la traza de la estación, se había observado una gran variabilidad piezométrica posiblemente relacionada con la oscilación mareal, se ha decido representar en la traza los valores más bajos y los

más altos en las zonas situadas aguas de arriba de la traza, de modo que lo se ha pretendido representar el gradiente hidráulico temporal más fuerte.

En la mayor parte de los puntos de la traza, los valores mínimos utilizados en el plano de isopiezas corresponden a medidas realizadas en el mismo día (29/11/07) y en un corto espacio de tiempo, de modo que se puede decir que corresponden a una situación hidrogeológica temporal en la que el gradiente en el acuífero sería máximo. Este mismo criterio ha sido utilizado en la calibración del modelo, ya que se pretende evaluar el efecto barrera que las obras de la estación pueden provocar sobre el flujo subterráneo del acuífero, de modo que correspondería a una hipótesis del lado de seguridad. En las zonas situadas al este de la traza, hacia la zona del "Humedal", se han utilizado la mediana del intervalo de máxima oscilación piezométrica de los puntos que ofrecían mayor confianza, ya que se trata de medidas realizadas en fechas diferentes a las de la traza.

En la figura 4.4, se observa como el flujo general de los 3 acuíferos presenta una clara componente hacia el norte, buscando el mar que es sin duda la principal zona de descarga para los 3 acuíferos. El acuífero cuaternario y el "acuífero jurásico somero", situados más próximos a la costa, presenta un flujo de descarga más directo en el mar que el "acuífero jurásico profundo", cuya dirección de flujo es más oblicua debido posiblemente a su estructura geológica y a una descarga submarina a mayor profundidad que en los 2 acuíferos superiores.

En cuanto al gradiente hidráulico de los acuíferos, se observa en el "acuífero jurásico profundo" un cambio de pendiente posiblemente relacionada con una disminución de la permeabilidad del acuífero hacia el sur, tal cual se observa en la distribución de los valores de permeabilidad deducidos de los ensayos de bombeo realizados. Los valores máximos corresponden a los ensayos realizados en el PB-1 (1E-03 m/s) y el Pz-3 (3E-03 m/s) situados más al norte, el valor mínimo al Pz-6 (1E-05 m/s) situado más al sur, y los valores intermedios a los ensayos realizados en el Pz-1 (2E-04 m/s) y en el Pz-2 (6E-05 m/s). Esta distribución si bien podría deberse a una variación en la brechificación del macizo, también podría corresponder, al menos en parte, a un aumento del grado de karstificación del macizo debido a la influencia marina y mezcla de aguas. Las zonas con menor gradiente corresponderían como es lógico a las más permeables, y las de mayor gradiente a las menos permeables.

El acuífero somero presenta un gradiente más homogéneo, si bien este podría ser algo menor en la zona central que en los bordes, tal cual también podría sugerir la distribución de los valores de permeabilidad deducidos de los ensayos de bombeo. En el caso del

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



acuífero cuaternario, el gradiente aumenta hacia el oeste, según pasamos de las arenas litorales a depósitos de tipo aluvial y/o eluvial.

En cuanto a las relaciones hidráulicas entre los distintos acuíferos, parece clara la desconexión entre el "acuífero jurásico somero" y él profundo visto la diferencia de potencial hidráulico. En cambio, en el caso del "acuífero jurásico somero" y él cuaternario, parece que existe una cierta relación hidráulica como sugiere la proximidad de las isopiezas del mismo valor. Sin embargo, esta relación podría cambiar de sur a norte, de modo que al sur sería el acuífero jurásico el que alimentara al cuaternario, mientras que cerca de la costa, con un espesor más importante de arenas litorales conectadas hidráulicamente con el mar, sería el acuífero cuaternario el que cedería una parte de sus recursos al acuífero jurásico.



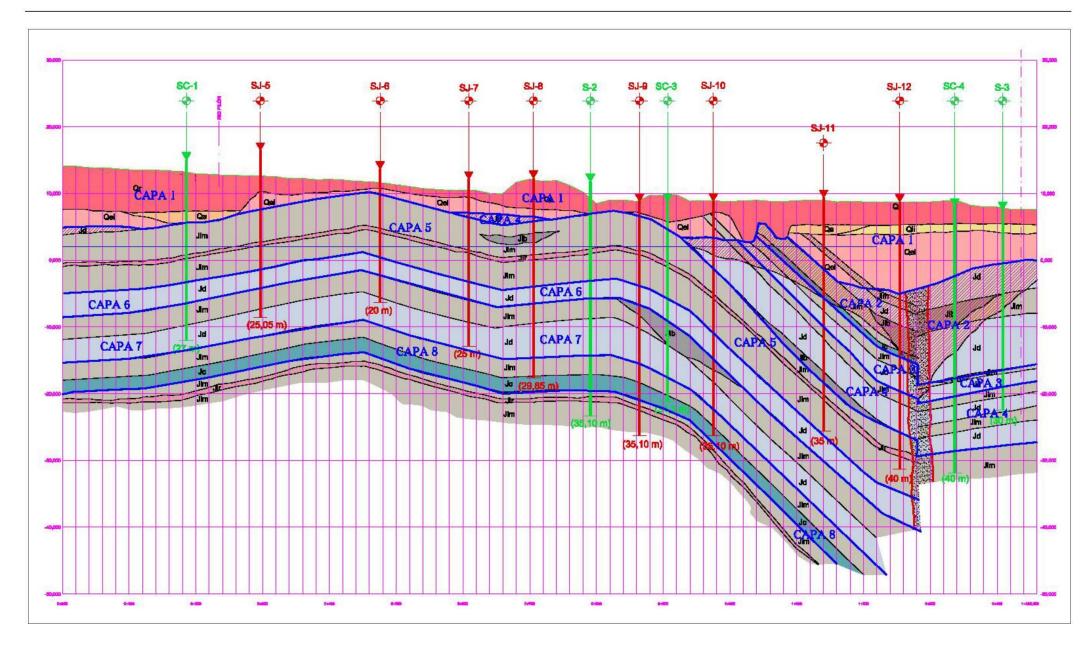


Figura 4.3. Distribución de las 8 capas utilizadas para implementar el modelo de simulación sobre el perfil geológico del Proyecto Constructivo de la Estación Intermodal de Moreda (2010).

Acuífero cuaternario: capa 1

Acuífero jurásico somero: capas 2, 3 y 4

Nivel confinante entre el acuífero jurásico somero y profundo: capa 5

Acuífero jurásico profundo: capas 6, 7 y 8

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



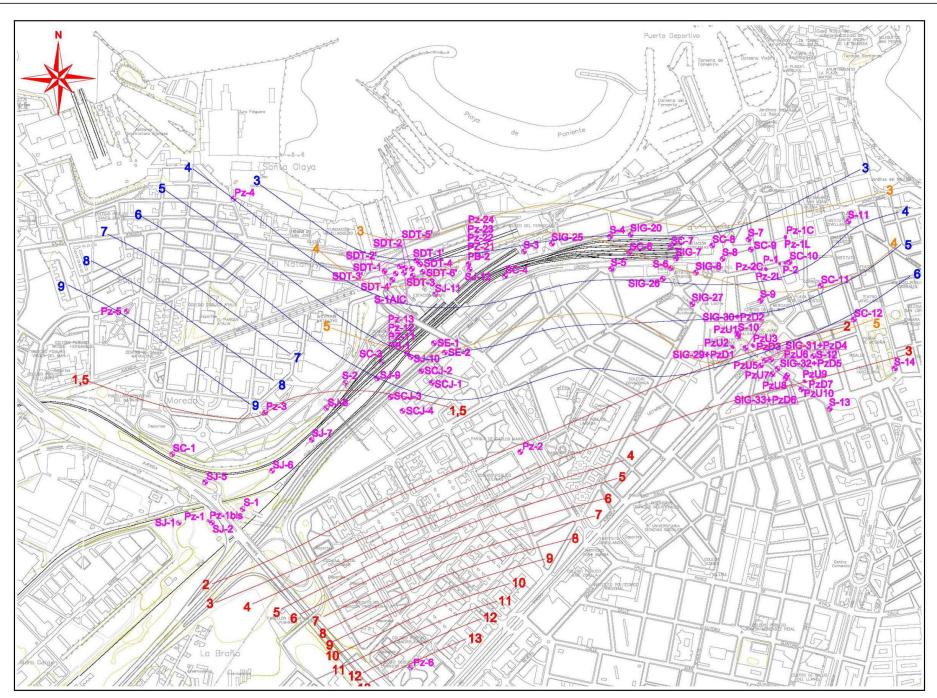


Figura 4.4. Plano de isopiezas de los acuíferos en la zona de estudio: acuífero cuaternario, "acuífero jurásico profundo" y "acuífero jurásico somero" (valores en cota absoluta (msnm)



4.5. Calidad química de las aguas subterráneas

Para la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas en la zona de estudio, se ha contado con un total de 26 análisis químicos, 6 de los cuales han sido recopilados en campañas anteriores y el resto fueron realizados por INECO-TIFSA para el proyecto constructivo de la estación en 2010.

Los 6 ensayos recopilados en estudio previos, corresponden a análisis sobre muestras de agua tomadas para la determinación de su agresividad al hormigón y la presencia de aceites y grasas. A continuación se presenta una tabla con los resultados de los análisis de agua extraída de los sondeos más próximos a la zona de estudio.

Sondeo	рН	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	Sustancias orgánicas	Sustancias solubles (g/l)	Aceites y grasas	Agresividad al hormigón
S-1	6,96	63,00	2458,02	NO	0,48	NO	Media
S-2	9,29	125,90	3389,19	NO	0,64	NO	Fuerte
S-3	7,24	32,00	531,60	NO	0,26	NO	Media
S-4	7,60	56,00	483,86	NO	0,19	NO	Media
S-5	7,16	49,00	539,77	NO	0,19	NO	Media
S-6	6,96	468,70	1468,80	NO	1,04	NO	Media

Tabla 4.13. Resultados de análisis químicos para la determinación de la agresividad del agua al homigón y la existencia de aceites y grasas. Tomadas del proyecto del Túnel de Penetración del FC en Gijón (11)

Se observa que todas las muestras presentan, en cuanto a su contenido en sulfatos, una agresividad media al hormigón, salvo el agua extraída del sondeo S-2 que con un contenido en sulfatos superior a 3000 mg/l se cataloga como de agresividad fuerte. En cuanto al contenido de cloruros, el agua del sondeo S-6 con un contenido de 468,7 mg/l presenta una agresividad media. Parece pues que las aguas subterráneas en la zona presentan una agresividad al hormigón de media a fuerte, debido esencialmente a un alto contenido en sulfatos.

Durante la campaña de campo del proyecto constructivo de la estación, se tomaron 12 muestras de agua por bombeo en los dos pozos y demás piezómetros perforados. Se analizaron los componentes iónicos mayoritarios, así como el pH, la conductividad eléctrica y el residuo seco. En la tabla 4.14 se presentan los resultados obtenidos.

Se trata por lo general de aguas de mineralización elevada, con valores de la conductividad eléctrica entre 884 y 4190 μS/cm, y residuos secos entre 608 y 2927 ppm.

Predominan las facies bicarbonato-sulfatadas cálcico-magnésicas que indican un aporte importante de bicarbonatos, calcio y magnesio desde los términos calizos y dolomíticos del Jurásico, pudiendo relacionar el contenido en sulfatos con la influencia del sustrato permotriásico infrayacente al acuífero jurásico, y sobre todo con procesos de mezcla de

aguas continental y marina. De hecho, en muchas de las muestras analizadas se observa además importantes cantidades de sulfato, un elevado contenido en cloruros, sodio y potasio.

Le siguen en importancia las facies hidroquímicas cloruro-bicarbonatadas cálcico-sódicas que responden claramente a un proceso de mezcla de aguas de origen continental y marino. Por último existen dos muestras que se pueden catalogar como sulfato-bicarbonatadas cálcicas.

Sondeo	рН	CE (μS/cm)	Residuo seco (ppm)	Li ⁺ (mg/l)	Na [*] (mg/l)	K [*] (mg/l)	Ca ^{**} (mg/l)	Mg ^{**} (mg/l)	NH ₄ * (mg/l)	SO ₄ " (mg/l)	CI ⁻ (mg/l)	CO ₃ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ " (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ " (mg/l)
Pz-1	6,90	1064,00	737,00	0,04	4,50	5,90	133,10	69,30	0,16	229,63	22,63	60,00	341,60	0,00	0,00
Pz-2	6,85	2740,00	1911,00	0,05	12,20	6,10	188,50	134,90	0,09	244,60	265,98	18,00	453,32	0,00	0,00
Pz-3	7,04	1116,00	775,00	0,06	6,00	3,70	121,00	75,00	0,07	160,12	145,00	48,00	237,90	0,01	0,00
Pz-4	7,17	884,00	609,00	0,03	5,90	16,50	108,00	33,10	0,27	194,68	73,40	0,00	179,89	0,00	0,00
Pz-6	7,10	878,00	608,00	0,01	2,90	3,40	119,20	53,20	0,17	105,32	34,00	78,00	311,10	0,00	0,00
PB-1	7,04	3600,00	2507,00	0,00	41,00	80,00	23,10	21,00	0,17	1,73	232,50	0,20	3,30	0,04	0,00
Pz-11	7,06	3130,00	2180,00	0,00	84,90	11,50	223,30	11,12	0,35	1,95	450,60	42,00	128,10	0,00	0,00
Pz-12	7,07	2780,00	1933,00	0,00	36,00	10,00	57,40	16,00	0,08	1,78	206,30	0,00	7,50	0,15	0,00
Pz-13	6,94	4190,00	2927,00	0,00	69,60	11,40	287,60	12,67	0,38	2,34	420,63	6,00	390,40	0,00	0,00
PB-2	7,31	919,00	636,00	0,09	2,30	15,00	180,80	18,40	0,09	295,62	10,36	48,00	201,30	0,00	0,00
Pz-23	6,96	1106,00	766,00	0,02	6,10	1,60	96,20	87,40	0,11	212,99	105,00	0,00	320,52	0,01	0,00
Pz-24	7,13	1170,00	808,00	0,00	16,00	10,00	120,70	15,00	0,06	1,04	283,65	0,80	6,80	0,08	0,00

Tabla 4.14. Resultados de análisis químicos de componentes iónico mayoritarios realizados en la campaña del proyecto de la estación en 2010.

Las muestras tomadas en Pz-1, Pz-2, Pz-3, Pz-6, PB-1, Pz-11, Pz-12 y Pz-13, corresponden al "acuífero jurásico profundo", definidos en los niveles calcáreos más profundos que aparecen en la parte inicial de la traza. Presentan en general una composición predominantemente bicarbonatada cálcica, excepto en las muestras tomadas en el PB-1 y piezómetros satélites donde predominan las facies cloruradas cálcicas y cloruradas sódicas, que indican claramente una mezcla de agua continental y marina, posiblemente favorecida con el bombeo del ensayo. La elevada permeabilidad de este nivel acuífero, su reducida carga hidráulica y su relativa proximidad al mar, favorece sin duda los fenómenos de intrusión salina.

Las muestras tomadas en los piezómetros Pz-4, Pz-23 y Pz-24, correspondientes a "acuífero jurásico somero" definido en la zona de estudio para representar los niveles calcáreos estratigráficamente más altos que aparecen en la zona final de la traza, presentan facies sulfatado cálcicas, bicarbonatado cálcicas y cloruradas cálcicas, respectivamente. Al igual que las definidas en el "acuífero jurásico somero", presentan un alto contenido en cloruros lo que implica interferencia marina.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



Por último, la muestra tomada en el pozo PB-1, perforado en las arenas litorales del acuífero cuaternario, corresponde a unas facies sulfatado cálcicas con un alto contenido en bicarbonatos. El hecho de que el contenido en cloruros sea bajo podría indicar un cierto aislamiento de la influencia marina, posiblemente relacionado con el efecto barrera de la obra del colector de Juan Carlos I.

Parece evidente que en la zona de estudio la composición de las aguas subterráneas responde a una típica zona litoral, donde se mezclan aguas de origen continental que circulan por un macizo calcáreo, como lo atestigua el alto contenido en bicarbonatos y calcio, con aguas de origen marino que aportarían los contenidos en cloruros, sulfatos, sodio y potasio, lo que le confiere una agresividad media-alta hacia el hormigón.

Al tratarse de una zona costera, aparece una zona en la que las aguas de origen continental y marino se mezclan formando una banda de agua salobre más o menos desarrollada. En una situación natural, el mayor potencial hidráulico del agua dulce compensa la mayor densidad del agua marina, evitando que la cuña de agua salina avance hacia el continente. En este sentido, cualquier tipo de drenaje o bombeo que rebaje el potencial hidráulico de los acuíferos continentales, como es el caso de los bombeos de sótanos y garajes próximos a la línea costera, o una cierta disminución del flujo subterráneo que el acuífero descarga al mar debido a un posible efecto barrera, podría favorece el proceso de intrusión marina.

Durante la campaña geotécnica del proyecto de 2010, se tomaron 8 muestras de agua en los sondeos SC-2, SJ-7, SJ-8, SJ-9 y SJ-11 para el análisis de aceites, grasas, hidrocarburos totales y metales pesados, con el objeto de comprobar la existencia de una contaminación de tipo doméstico-industrial en la zona, que durante la testificación de los sondeos ya se había apreciado (olor a hidrocarburos). En la tabla 4.15 se exponen los resultados obtenidos.

Sondeo	Fecha toma	Aceites y grasas (mg/l)	Hidrocarburos totales (mg/l)	Arsénico (mg/l)	Cadmio (mg/l)	Cinc (mg/l)	Cobalto (mg/l)	Cobre (mg/l)	Mercurio (mg/l)	Níquel (mg/l)	Plomo (mg/l)
SC-2	10/09/2007	146,60	48,40	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-7	10/09/2007	10,00	10,00	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-8	06/09/2007	>500	>500	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-8	06/09/2007bis	>500	>500	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-8	10/09/2007	250,40	150,60	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-9	10/09/2007	11,20	10,80	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-11	06/09/2007	16,20	16,20	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2
SJ-11	10/09/2007	13,80	12,40	<0,003	<0,1	<0,05	<0,5	<0,1	<0,003	<0,3	<0,2

Tabla 4.15. Resultados de los análisis químicos de componentes orgánicos y metales pesados realizados en la campaña geotécnica del proyecto de la estación en 2010.

En todas las muestra analizadas, se encontró un cierto contenido en aceites, grasas e hidrocarburos, resultando el contenido en metales pesados inferior al método de determinación. El contenido en aceites y grasas osciló entre 10 y valores superiores a 500 mg/l, y el de hidrocarburos totales lo hizo en la misma horquilla. Resalta el alto contenido en compuesto orgánicos analizados en el sondeo SJ-8 y SC-2. Parece pues, que es seguro que existen suelos contaminados en la zona, además de la contaminación que afecta a las aguas subterráneas, algo lógico si se considera el pasado industrial del terreno en los que hoy se emplaza el parque de Moreda.

Este tipo de contaminación se extiende también a otras zonas situadas al este de la futura estación, Así, en el estudio geotécnico del proyecto del túnel de penetración en Gijón (11) se señala la existencia de contaminación por hidrocarburos, en los sondeos S-2, S-5 y S-7, algo lógico si se tiene en cuenta la actividad urbana, la alta vulnerabilidad de las arenas litorales y la proximidad del nivel freático a la superficie del terreno. Además no se puede descartar otros tipos de contaminación industrial y doméstica.

Este tipo de contaminación superficial que impregna los sedimentos superficiales, incluso que se encuentra en los rellenos antrópicos o vertidos incontrolados que existen en la zona, puede llegar a movilizarse con la elevación del nivel piezométrico de los acuíferos, ya sea de modo natural o inducido por el efecto barrera de las obras. En este sentido, se recomienda descontaminar los suelos afectados durante las obras, o transportarlos a un vertedero apropiado, para evitar la posible removilización futura de los contaminantes.

Visto que la composición hidroquímica de los distintos niveles acuíferos afectados por las obras es en cierto modo distinta, y que además existe una elevada contaminación asociada a ciertos sectores de los acuíferos, se recomienda evitar la mezcla de las aguas subterráneas relacionas con los distintos niveles acuíferos definidos en la zona de estudio, tanto a través de excavaciones y taladros, como a través de los pozos de los sifones. Así, se recomienda la construcción de sifones individuales para dar continuidad a cada uno de los niveles acuíferos interrumpidos por las obras.

4.6. Vulnerabilidad de los acuíferos

La vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación depende de una serie de factores, unos propios, o intrínsecos a las características de acuífero, y otros externos dependientes del tipo de contaminación.

Como factores intrínsecos se pueden citar:

- La composición litológica de los materiales que forman el acuífero, tanto en su zona saturada como en la zona no saturada por encima del nivel freático. En este

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entomo de la Estación Intermodal de Gijón



sentido es importante la textura, la estructura y la granulometría de los materiales que forman el acuífero. Los acuíferos detríticos tienen una capacidad filtrante y de atenuación de la carga contaminante que no tienen los acuíferos por fracturación y/o karstificación.

- La permeabilidad del acuífero que va a condicionar el tiempo de tránsito de agua en la zona saturada y el tiempo que dura la atenuación del contaminante en esta zona.
- La profundidad del nivel freático o límite superior de la zona saturada que va a condicionar la distancia del recorrido de la carga contaminante por la zona no saturada del acuífero.
- También es importante la composición química de los materiales del acuífero, como el contenido en materia orgánica u otros componentes que juegan un papel muy importante en los fenómenos de degradación fisicoquímica y bioquímica de los contaminantes.

Como factores externos se pueden citar:

- La naturaleza y volumen de la carga contaminante.
- Forma de incorporación del contaminante al acuífero, bien a través de la zona no saturada con todos los fenómenos de filtración y atenuación que esto conlleva, o bien de forma directa en la zona saturada a través de pozos, sondeos y taladros abandonados y/o con una construcción deficiente. También es muy corriente la contaminación de las aguas subterráneas a partir de los contaminantes vertidos en corrientes superficiales.
- Otros factores como el régimen pluviométrico, dotaciones de riego y la temperatura y composición del agua de lluvia y de riego.

En función de estos factores se pueden definir cuatro categorías para la vulnerabilidad de un acuífero: vulnerabilidad muy alta, alta, media y baja.

Por último, en cuanto a los mecanismos posibles de degradación o atenuación de los contaminantes se pueden citar:

- Procesos de tipo oxidación-reducción que en función de la presencia o no de oxigeno producen transformaciones de las sustancias contaminantes.
- Procesos de absorción y adsorción por parte del terreno, esencialmente por materiales de tipo limoso y arcilloso. Aunque este fenómeno provoca, en principio, una atenuación de la carga contaminante, fenómenos posteriores de desabsorción

y/o desadsorción provocan que el fenómeno de contaminación continúe posteriormente después de desaparecer el foco de contaminación.

- Procesos bioquímicos de descomposición de residuos orgánicos.
- Dilución de la carga contaminante por la mezcla con el resto del agua del acuífero.

4.6.1. Acuíferos cuaternarios

Dentro de la serie cuaternaria, los depósitos de arenas litorales (Qli) son los que presentan una mayor vulnerabilidad debido a su alta permeabilidad. Además, la presencia de un nivel freático próximo a la superficie aconseja evitar cualquier tipo de actividad contaminante sobre estos materiales y en caso de no ser posible, se aconseja impermeabilizar previamente el terreno afectado.

Los depósitos aluviales del río Pilón, fangos y turbas aparecen saturados de agua e interdigitados entre las arenas litorales. Aunque son prácticamente impermeables, presentan un nivel freático asociado a las arenas y muy próximo a la superficie del terreno. En este sentido, se pueden catalogar como de vulnerabilidad media y se desaconseja, a priori, evitar cualquier tipo de actividad contaminante sobre estos terrenos.

Las arcillas residuales (Qr) de tipo eluvial y coluvial no presentan en general un nivel freático asociado, encontrándose el nivel piezométrico, en la mayor parte de los sondeos perforados, por debajo del muro del Cuaternario. Estos materiales con un contenido en finos mayoritario se catalogan, a efectos prácticos, como impermeables y de vulnerabilidad baja, por lo que, a priori, se considera como los más idóneos para asentar todas aquellas actividades con cierto riesgo de contaminación, claro está, tomando todas las medidas oportunas necesarias para que el vertido no se produzca.

4.6.2. Acuíferos jurásicos

En la zona de estudio no afloran el substrato jurásico y siempre aparece cubierto por un manto de depósitos cuaternarios de mayor o menor espesor. La posible llegada de un contaminante hasta el acuífero jurásico va a estar condicionada por la vulnerabilidad de los materiales cuaternarios suprayacentes.

La vulnerabilidad del acuífero jurásico va a estar condicionada por el grado de fracturación y/o karstificación del macizo rocoso. En este sentido, las zonas de fallas, fracturas y, en general, zonas más karstificadas presentan un grado de vulnerabilidad muy alto, ya que el contaminante penetra a través de fracturas y conductos cársticos rápidamente y sin apenas experimentar procesos de autodepuración.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



5. Modelo de flujo - metodología

La metodología utilizada para la realización del modelo que acompaña a este estudio se resume en los siguientes puntos:

- Recopilación e interpretación de la información previa.
- Elaboración del modelo conceptual hidrogeológico.
- Discretización de modelo: elaboración de una malla de celdas adecuada.
- Asignación de parámetros hidráulicos a las celdas de la malla.
- Calibración del modelo de flujo en régimen permanente.
- Elaboración de hipótesis de simulación.
- Simulación de las hipótesis.
- Interpretación de los resultados.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

5.1. Recopilación de información

Se ha recopilado e interpretado la información ya mencionada en el apartado 2.

5.2. Elaboración del modelo conceptual hidrogeológico

A partir de toda la información existente, se ha realizado un modelo conceptual adecuado que recoge la geometría de los acuíferos afectados, así como su funcionamiento hidráulico.

5.3. Discretización del modelo

En un modelo de flujo, la dimensión, geometría y distribución de tamaños de las celdas de la malla dependen de los siguiente factores:

- Geometría de las condiciones de contorno del modelo, es decir de los bordes del acuífero simulado.
- Del objetivo final del modelo y de la cantidad de datos disponibles.
- Complejidad del modelo conceptual hidrogeológico

5.4. Asignación de parámetros hidráulicos a las celdas de la malla

En esta fase se asigna a cada celda del modelo datos de la geometría del acuífero, parámetros hidráulicos (permeabilidad, transmisividad y coeficientes de almacenamiento), así como tasas de recarga, cotas de zonas de descarga, etc.

5.5. Calibración del modelo

Durante la fase de calibración se ejecuta el modelo varias veces, con el objetivo de que éste reproduzca lo más fielmente posible los niveles piezométricos reales u observados. Para ello se varían los datos asignados a cada celda, dentro de los márgenes adecuados, hasta conseguir que los resultados de simulación del modelo se adapten lo más posible a la realidad.

5.6. Elaboración de hipótesis de simulación

Una vez calibrado el modelo se diseñan unas hipótesis de simulación. Se trata de unos escenarios hipotéticos que se pretenden analizar. En este caso se pretende conocer el efecto que provocaría sobre los niveles piezométricos del acuífero simulando la construcción de la Estación Intermodal.

Dentro de estas posibles hipótesis, se simula o tantea soluciones o medidas correctoras a los problemas que se plantean, como por ejemplo el ascenso o descenso de los niveles piezométricos a un lado de la estación, debido a la disminución de la sección de paso al flujo subterráneo en la zona de las obras.

5.7. Simulación de hipótesis

Una vez diseñadas las hipótesis que se pretenden estudiar o simular, se ejecuta el modelo con las nuevas condiciones del sistema hidrogeológico. Se simula el efecto que provocaría sobre la distribución del potencial hidráulico la ejecución de las obras proyectadas, así como el efecto mitigante de las distintas medidas correctoras utilizadas.

5.8. Interpretación de los resultados

En esta etapa se interpretan los resultados de las distintas simulaciones realizadas para las distintas hipótesis simuladas.

5.9. Establecimiento de conclusiones y recomendaciones

Finalmente, todo el proceso nos permite establecer una serie de conclusiones sobre el comportamiento hidráulico del acuífero, tanto en régimen natural, previo a la ejecución

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



de las obras, como posteriormente, una vez que el sistema ha sido alterado por la construcción de las actuaciones previstas.

En esta etapa final se propone una serie de recomendaciones, así como medidas de control y seguimiento durante la construcción de la obra y posteriores a su finalización.

6. Modelo conceptual

Como se ha descrito en apartados anteriores, el medio hidrogeológico afectado por las futuras obras de la estación, se estructura en tres acuíferos diferenciados entre sí:

Acuífero cuaternario de carácter libre constituido por depósitos de arenas litorales de permeabilidad media-alta, y por los depósitos arcillosos asociados al aluvial del río pilón, que más que un acuífero formaría un acuitardo o incluso un acuicludo.

Acuífero jurasico somero que corresponde a la parte superior de la serie jurásica afectada, y que aparece al final de traza.

Acuífero jurásico profundo que se corresponde con la serie estratigráfica jurásica más profunda cortada por los sondeos en la parte inicial de la traza.

6.1. Discretización del modelo

Este medio físico se ha discretizado en el modelo en 8 capas numeradas de más somera a más profunda (fígura 4.3). La capa 1 simula el acuífero cuaternario, las capas 2, 3 y 4 simularían el "acuífero jurásico somero", las capas 6, 7 y 8 el "acuífero jurásico profundo", y la capa 5 el nivel de lutitas margosas que independizaría en gran medida los dos acuíferos jurásicos.

Se ha decidido representar cada acuífero jurásico con 3 capas para simular el carácter multicapa que éstos presentan. Para ello, tal como se puede observar en la figura 4.3, se ha integrado dentro de cada capa del modelo el espesor de capa semiconfinante situada encima de cada paquete calcáreo, simulándose la conexión entre capas mediante un coeficiente de goteo.

Se ha utilizado una malla constituida por 494.856 celdas con formas variables que alcanzan un mayor detalle en la zona de la estación. El área activa del modelo ocupa una banda de orientación E-W con unas dimensiones medias de 3,1 km de ancho por 2,7 km de alto.

El área del modelo se ha discretizado con una malla de elementos cuadrados y rectangulares de distinto tamaño. Las celdas de mayor tamaño tienen forma cuadrada de

33,3 x 33,3 m, mientras que los elementos más pequeños presentan forma rectangular de 6,6 x 4.2 m y se sitúan en la zona de la estación.

Para la definición de la geometría de cada capa, tanto en planta como en la vertical, se ha partido de la profundidad a la que aparecen los niveles calcáreos en cada sondeo, y se ha interpolado al resto del área del modelo el contorno estructural del muro y techo de cada capa. Para la interpolación se ha considerado la estructura geológica de la serie jurásica y su intersección con la superficie del terreno. A continuación en las figuras 6.1 a 6.8, se representa la geometría de la malla utilizada para cada una de las capas del modelo, el mapa de isohipsas o curvas de nivel de la base de cada capa, así como su contorno estructural resultante de su intersección con la superficie del terreno. Por último, en la figura 6.9 se presenta el detalle de la malla utilizada en la zona de la estación de ambas alternativas

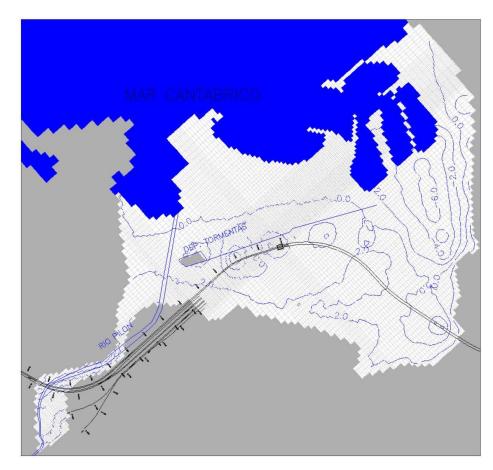


Figura 6.1. Geometría de la capa 1 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m)

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entomo de la Estación Intermodal de Gijón



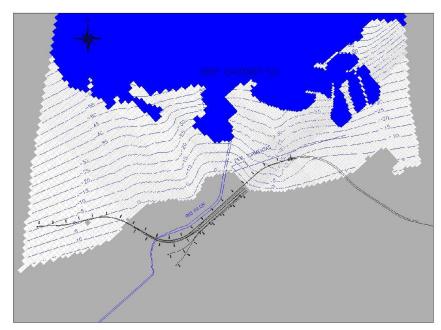


Figura 6.2. Geometría de la capa 2 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))

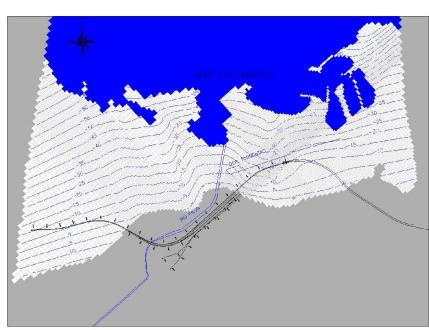


Figura 6.3. Geometría de la capa 3 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))

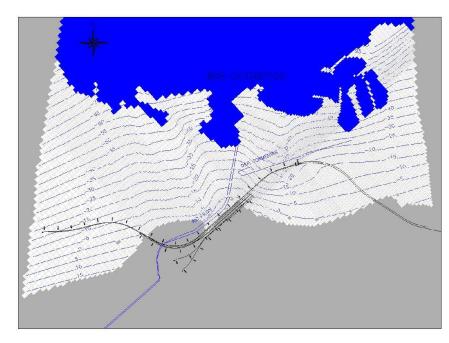


Figura 6.4. Geometría de la capa 4 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))

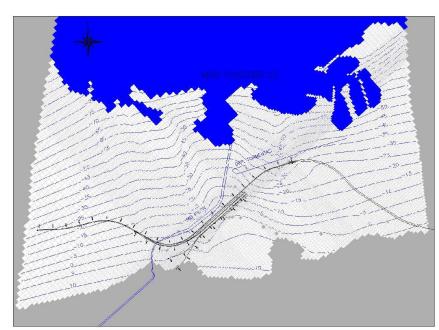


Figura 6.5. Geometría de la capa 5 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))



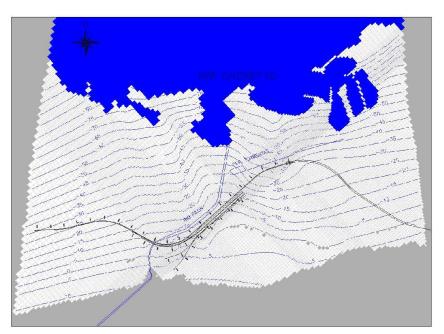


Figura 6.6. Geometría de la capa 6 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))

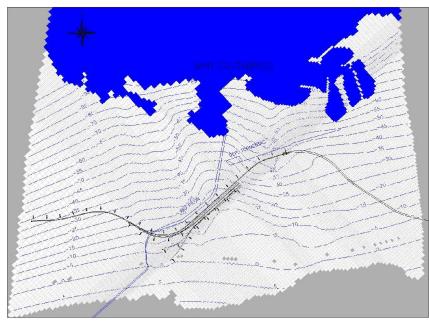


Figura 6.7. Geometría de la capa 7 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))

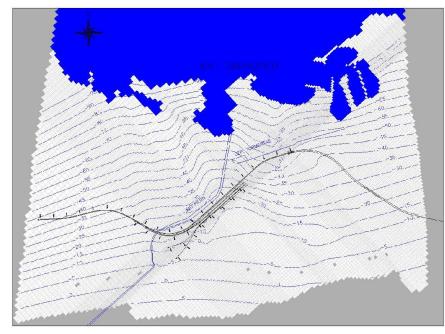


Figura 6.8. Geometría de la capa 8 del modelo y plano de isohipsas de su base (m.s.n.m))

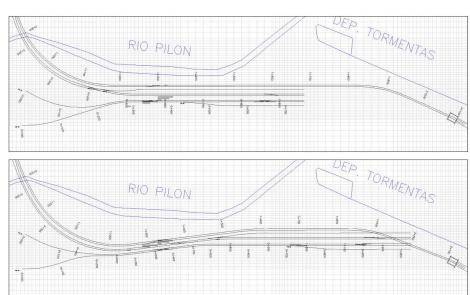


Figura 6.9.Detalle de la malla del modelo en la zona de la estación (capa 8). Alternativa Moreda arriba y Alternativa Museo abajo



6.2. Condiciones de Contorno

Como condiciones de contorno o bordes del modelo se ha utilizado los siguientes elementos geológicos - hidrogeológicos.

NORTE

Se ha considerado como límite norte del modelo el mar en todas las capas, que funcionaría como la principal zona de descarga en todos los casos. A pesar de que en las capas más inferiores que simulan los acuíferos jurásicos las descarga se produciría mar adentro, donde la capa en cuestión aflorase en el fondo marino, se ha preferido tomar la línea de costa en todas las capas, puestos que se desconoce con exactitud el punto en que cada capa intersecta el fondo marino, además que se pueden producir relaciones complejas de descarga a través de los sedimentos del fondo marino.

Se ha considerado como un límite de potencial impuesto, calibrándose en cada capa la altura del nivel.

SUR

En el caso de la capa 1 que representa el acuífero cuaternario, su geometría en planta responde al límite que presumiblemente presentan en superficie los depósitos litorales y aluvial asociado al río Pilón. En el caso de los depósitos aluviales asociados a la dinámica del río Pilón, se ha tomado un límite sur arbitrario lo suficientemente alejado de la zona de la estación para no influir en los resultados.

En el resto de las capas que representan el macizo jurásico, el límite sur sería en cada caso la intersección de cada capa con la superficie del terreno, es decir el afloramiento de la capa del terreno en la superficie en función de la dirección y buzamiento de la serie. En este caso pues, el límite elegido es un limite real de las capas estratigráficas que serán afectadas por las obras de la estación.

Se ha simulado como un límite impermeable

OESTE Y ESTE

En este caso, se han tomado sendos límites arbitrarios, lo suficientemente alejados de la zona de la estación para que no influyeran sobre los resultados y objetivos del modelo. En todas las capas se ha simulado mediante límites impermeables de dirección paralela al flujo subterráneo en el acuífero.

En el caso de la capa 1 que representa al acuífero cuaternario, su límite occidental correspondería con la distribución esperable del aluvial del río Pilón.

7. Parámetros hidrogeológicos del modelo

Para la asignación de los distintos parámetros hidráulicos a cada una de las celdas del modelo, se ha contado con los datos procedentes de varias campañas geotécnicas e hidrogeológicas realizadas en la zona de estudio. Previamente se ha interpretado y filtrado toda la información disponible para obtener datos sobre permeabilidad, transmisividad, recarga, niveles piezométricos y coeficiente de almacenamiento.

De toda la información disponible, ha sido la campaña de INECO-TIFSA realizada para el proyecto de la estación de 2010, la que ha aportado un mayor número de datos para la asignación de los parámetros a las distintas celdas y capas del modelo, tanto por la calidad de sus datos, como por la distribución de los mismos en torno a la zona de la estación.

7.1. Permeabilidad y transmisividad

Para la asignación de los distintos parámetros de permeabilidad a cada una de las celdas del modelo, se ha contado con los datos recogidos en el apartado 4.2 procedentes de varias campañas geotécnicas e hidrogeológicas realizadas en la zona de estudio. Sin embargo, se ha utilizado esencialmente los resultados de los ensayos de bombeo realizados sobre los pozos y piezómetros de la campaña hidrogeológica de INECO-TIFSA (tabla 4.3), ya que presentan una distribución espacial más amplia y, sobre todo, porque corresponde a pruebas de bombeo que siempre son más fiable y representativas que las pruebas de permeabilidad (Lugeon y Lefranc) realizados en sondeos. No obstante, en nuestro caso, los valores obtenidos en las pruebas en sondeo son congruentes con los obtenidos en los ensayos de bombeo, lo que refuerza la confianza en los parámetros adoptados.

Los valores en cada celda han sido introducidos en términos de permeabilidad, para luego calcularse en cada celda la transmisividad a partir del valor de permeabilidad asignado y del espesor saturado en cada capa

En la capa 1 del modelo (figura 7.1), se han empleado valores entre 1E-05 y 1E-06 m/s para la zona donde aparecen arenas litorales (Qli) con depósitos de turbas y fangos intercalados. Estos valores corresponden a términos intermedios entre arena y limos. En la zona del aluvial del río Pilón, se han empleado valores de permeabilidad más reducidos, entre 1E-07 y 1E-08 m/s valores correspondientes a una mezcla de arcillas, limos y arenas.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón

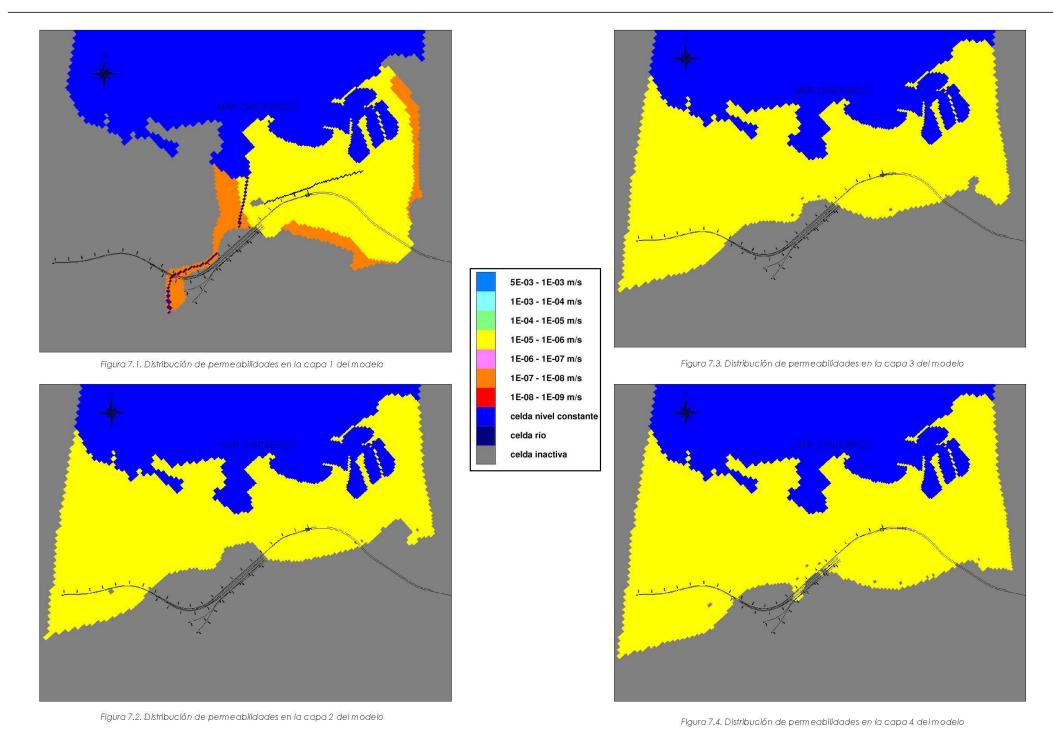


Las capas 2, 3 y 4 del modelo (figuras 7.2 a 7.4) corresponden al "acuífero jurásico somero", asignando valores a las celdas entre 1E-05 y 1E-06 m/s, más concretamente entre 2E-06 y 6E-06 m/s que fueron los valores obtenidos en los ensayos de bombeo realizados en los piezómetros Pz-24 y Pz-4. En este caso como en las capas inferiores, se ha considerado el espesor saturado (b) máximo que se indica en la tabla 4.3 al asignar permeabilidades, ya que como se ha indicado anteriormente las capas del modelo también contienen o representan los acuitardos lutíticos intercalados entre los niveles calcáreos.

En el caso de la capa 5 (figura 7.5), correspondiente al nivel confinante que aparece entre los dos niveles acuíferos jurásicos, se ha considerado una permeabilidad entre 1E-07 y 1E-08 m/s que es la permeabilidad media esperable según los ensayos recopilados y la propia naturaleza estos los materiales.

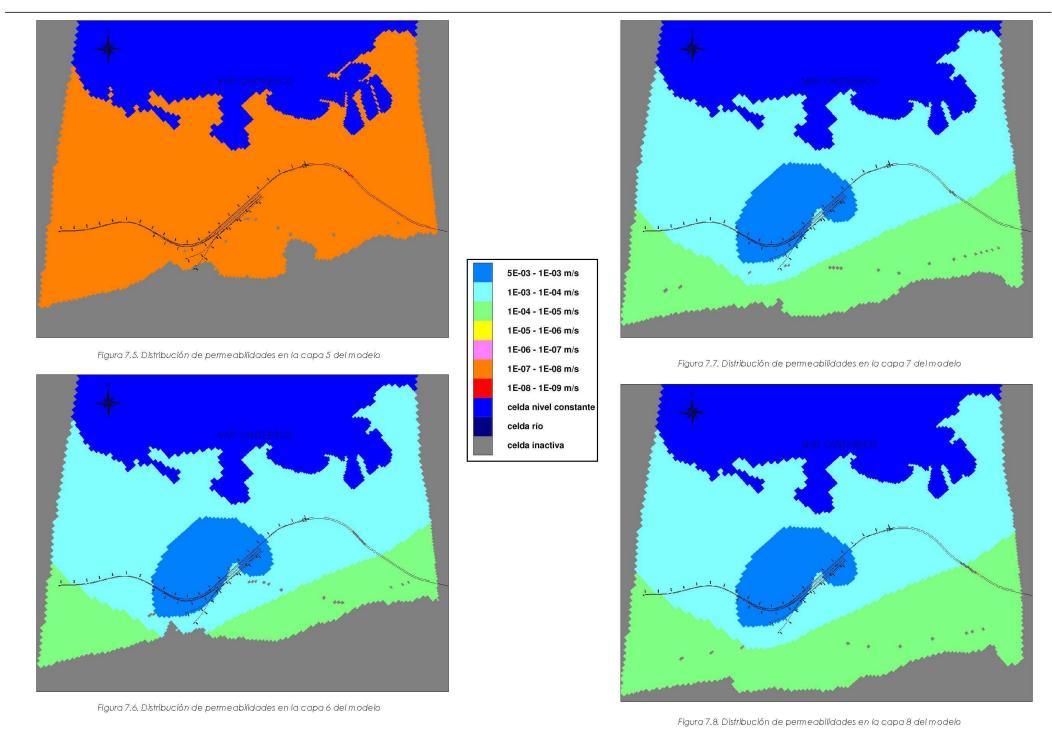
Por último en las capas 6, 7 y 8 (figuras 7.6 a 7.8) que corresponden al "acuífero jurásico profundo", se han utilizado un rango de permeabilidades entre 5E-03 m/s y 1E-05 m/s, valores que corresponden a los resultados obtenidos en los ensayos de bombeo realizados en el pozo PB-2 y en los piezómetros Pz-1, Pz-2, Pz-3 y Pz-6. La distribución espacial de permeabilidades en estas capas corresponde a la que se deduce de la distribución de los puntos de ensayo, con valores más elevados hacia al mar.





Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón







7.2. Niveles piezométricos

Para la calibración del modelo se ha considerado un gran número de medidas piezométricas, aunque previamente ha habido que realizar una tarea de filtrado muy laboriosa. Los valores piezométricos disponible fueron tomados en fechas distintas y, en la mayor parte de las ocasiones, corresponden a sondeos entubados con tubería filtrante a lo largo de toda su longitud, de modo que en el taladro se mezcla el potencial hidráulico de todos los niveles acuíferos atravesados. Se han elegido aquellos que ofrecían más confianza, dando prioridad a los valores procedentes de los piezómetros y pozos abiertos individualizadamente en cada uno de los acuíferos.

Además, en muchos puntos, en concreto los situados próximos a la traza de la estación, se había observado una gran variabilidad piezométrica posiblemente relacionada con la oscilación mareal, por lo que se decidió utilizar los valores más bajos en la zona de la traza, y los valores más altos en las zonas situadas aguas de arriba de la misma, de modo que la distribución piezométrica resultante corresponderían al gradiente hidráulico más fuerte.

En la mayor parte de los puntos de la traza, los valores mínimos utilizados en el plano de isopiezas (figura 4.4) corresponden a medidas realizadas en el mismo día (29/11/07) y en un corto espacio de tiempo, de modo que se puede decir que corresponden a una situación hidrogeológica temporal en la que el gradiente en el acuífero fuera máximo. Se ha calibrado el modelo a esta situación, ya que se pretende evaluar el efecto barrera que las obras de la estación pueden provocar sobre el flujo subterráneo del acuífero, de modo que al adoptar el gradiente más elevado estaríamos del lado de seguridad. En las zonas situadas al este de la traza, se han utilizado la mediana del intervalo de máxima oscilación piezométrica de los puntos que ofrecían mayor confianza, ya que corresponden a medidas realizadas en fechas distintas al resto.

7.3. Coeficiente de almacenamiento

El coeficiente de almacenamiento libre (porosidad eficaz) de la capa 1 del modelo (acuífero cuaternario) se estima en un valor entre 5% y 15% de carácter libre, mientras que en los acuíferos jurásicos los valores del coeficiente de almacenamiento según los ensayos de bombeo se sitúan entre 0,003 y 0,00078 correspondientes a un acuífero de semiconfinado a confinado.

No obstante, todas las simulaciones han sido realizadas en régimen permanente, por lo que no se han empleado estos valores numéricos.

7.4. Recarga

Se trata de un valor difícil de medir y normalmente es objeto de calibración en la realización de un modelo. En la zona de estudio la recarga procede esencialmente de la infiltración del agua de lluvia, siempre limitada en áreas urbanizadas, y de las pérdidas de la red de saneamiento y distribución de la ciudad.

La tasas de recarga, así como la distribución de la misma a lo largo de las distintas capas del modelo, ha sido ajustada durante la calibración del modelo, considerando la distribución piezométrica observada, la distribución de los valores de permeabilidad en cada capa, así como la magnitud de las tasas de recarga (190 mm/año) media que se indican en la bibliografía consultada (13) para el subsistema acuífero de Villaviciosa.

Igualmente, se ha considerado una recarga preferencial en las capas calcáreas, así como un cierto aporte a la capa más profunda del modelo, procedente de otras capas inferiores a las simuladas y por lo tanto situadas más hacia el sur.

7.5. Bombeos

No se han simulado bombeos ya que no se conocía la situación y cuantía de las posibles extracciones, aunque según la bibliografía consultada existirían bombeos de drenaje en ciertos edificios para evitar filtraciones en sus plantas de sótano.

De cualquier modo, la zona próxima a la estación se encuentra prácticamente libre de edificaciones, por lo que no se espera que los bombeos puedan tener influencia sobre los resultados de las simulaciones. En el resto de la traza, las tasas de extracción habrían sido calibradas junto a la recarga, considerándose como una disminución de la misma.

7.6. Barreras al fluio horizontal

Durante la calibración del modelo ha sido necesario considerar la existencia de barrera hidrogeológicas asociadas al "Depósito de Tormentas de Natahoyo", al "Colector Juan Carlos I", al tramo del "Túnel de Penetración en Gijón" situado en el área del modelo, así como al pozo de extracción de la tuneladora donde finaliza el proyecto de la estación.

El depósito y el pozo de extracción fueron ejecutados mediante pantallas, impidiendo en el primer caso el flujo subterráneo en el acuífero cuaternario (capa 1) y en las capas 1, 2 y 3 en el caso del pozo.

En el caso del colector, se han utilizado elementos de barrera entre celdas, mientras que en el resto se han considerado elementos individuales, en los que se ha ajustado la permeabilidad equivalente en función de la ocupación parcial o total de cada celda. Se ha considerado que el colector crea una barrera parcial al flujo subterráneo del acuífero

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



cuaternario (capa 1), debido a que la zanja en la que éste se instaló atravesaba todo el espesor de arenas litorales, y ésta fue rellanada con depósitos de ceniza que una vez consolidados presentan una permeabilidad muy reducida.

Igualmente, durante el proceso de simulación del efecto barrera de las obras de la estación se ha empleado elementos individuales en todas las ocasiones. Se han considerado celdas inactivas cuando la ocupación del elemento era total y una permeabilidad equivalente cuando la ocupación era parcial

7.7. Río Pilón

El río Pilón ha sido simulado en la capa 1 del modelo, mediante celdas río que permiten un intercambio de caudal entre el río y las celdas que simulan los depósitos aluviales. Durante el proceso de calibración, se ha ajustado la conductancia de cada celda que es el parámetro que controla la transferencia de caudal en función de la diferencia de nivel entre el acuífero y el río.



8. Calibración del modelo

Para la calibración del modelo se han considerado todos las medidas piezométricas recopiladas en las distintas campañas geotécnicas, eligiendo aquellos datos que presentaban una mayor confianza, y dando prioridad a los valores procedentes de los piezómetros y pozos abiertos individualizadamente en cada uno de los acuíferos.

Como ya se ha indicado anteriormente, se ha calibrado el modelo tomando los niveles más bajos en la traza de la estación y los más altos en las áreas situadas aguas arriba de ésta, correspondiendo esta situación a la de mayor gradiente observado en los acuíferos durante el periodo con medidas disponibles. En las zonas situadas al este de la traza, donde las medidas disponibles corresponden a fechas distintas a las tomadas en los puntos cercanos a la estación, se han utilizado la mediana del intervalo de máxima oscilación piezométrica de los puntos que ofrecían mayor confianza.

En la tabla 8.1, se indica para todos los sondeos, pozos y piezómetros utilizados en la calibración, la variación de la cota absoluta del nivel piezométrico para el periodo de disponible, así como el valor utilizado para la calibración frente al nivel simulado en la "hipótesis de calibración" y en la "hipótesis húmeda". Se indica la profundidad de cada prospección, el nivel acuífero que registra prioritariamente, así como las capas de modelo a las que sea ha adjudicado su nivel piezométrico.

En una primera etapa, se ha calibrado el modelo utilizando las medidas observadas y, posteriormente, tomando un criterio de seguridad y puesto que no se dispone de un registro de la evolución piezométrica del acuífero suficientemente amplio, se ha simulado una hipótesis en la que el nivel freático del acuífero estuviera más elevado debido a una mayor tasa de recarga que la utilizada en la calibración del modelo. Esta mayor tasa de recarga estaría relacionada con una época de precipitaciones más abundantes, y por lo tanto unas tasas de recarga más elevada. Esta simulación del lado de la seguridad ha sido denominada "hipótesis húmeda".

En la tabla 8.1, se ha representado también el valor simulado para el nivel piezométrico en la "hipótesis húmeda". El nivel freático en esta hipótesis estaría entre 0,5 m y casi 9 m por encima de las medidas observadas.



Punto	Prof. (m)	Nivel acuífero	Capas modelo	Periodo con medidas	Nivel piezométrico cota (msnm)	Nivel observado empleado para la calibración (msnm)	Nivel simulado en la "hipótesis de calibración" (msnm)	Nivel simulado en la "hipótesis húmeda" (msnm)
PB-2	9	Cuaternario	1	15/11/2007 - 09/06/2010	4,63 - 2,80	4,63	4,9	6,9
Pz-1 bis	9	Cuaternario	1	15/11/2007 - 09/06/2010	16,23 - 14,47	15,35	15,4	21,1
S-3	30	Cuaternario	1	21/04/2001 - 05/12/2007	6,08 - 4,22	4,22	4,2(*)	6,9
S-5	30	Cuaternario	1	28/04/2001 - 29/08/2007	4,73 - 4,07	4,40	4,3 ^(*)	7
S-8	30	Cuaternario	1	27/04/2001 - 27/04/2001	3,41 - 3,41	3,41	3,6(*)	5,9
PzU1	4	Cuaternario	1	04/11/2008 - 30/05/2010	4,97 - 4,45	4,71	5,1 - 4,8 ^(*)	7,3
PzU8	4	Cuaternario	1	04/11/2008 - 30/05/2010	6,00 - 4,68	5,34	5,3 - 5,1 ^(*)	7,7
Pz-2C	12,6	Cuaternario	1	10/10/2007 - 04/12/2007	3,02 - 2,68	3,00	3,6(*)	5,9
SC-10C	12,6	Cuaternario	1	05/07/2002 - 31/07/2002	5,34 - 3,99	3,99	3,4 ^(*)	5,7
SC-7	35	Cuaternario	1	31/07/2002 - 22/10/2002	3,60 - 3,40	3,50	3,5(*)	6,1
SC-8C	3,2	Cuaternario	1	05/07/2002 - 22/10/2002	3,85 - 3,30	3,57	3,4 ^(*)	5,7
Pz-22	27	Jurásico somero	2	15/11/2007 - 09/06/2010	3,50 - 2,38	3,09	3,2	3,8
Pz-23	31	Jurásico somero	3	15/11/2007 - 05/12/2007	3,69 - 3,12	3,29	3,2	3,8
Pz-24	37	Jurásico somero	4	15/11/2007 - 09/06/2010	3,92 - 2,78	3,34	3,2	3,8
Pz-4	25	Jurásico somero	2-3-4	28/11/2007 - 15/01/2008	4,53 - 4,02	4,02	4	5,9
Pz-5	25,2	Jurásico somero	2-3-4	29/11/2007 - 12/12/2007	9,23 - 8,61	9,23	9,1	16,1
SJ-11	35	Jurásico somero	2-3-4	17/07/2007 - 09/06/2010	4,24 - 3,24	3,52	3,5	4,4
SDT-4	23,9	Jurásico somero	2-3-4	23/03/2005 - 20/10/2006	4,09 - 1,99	3,04	3,1	3,7
SE-1	15	Jurásico somero	3-4	04/09/2008 - 04/09/2008	4,57 - 4,57	4,57	4,6	5,8
S-11	30	Jurásico somero	2-3-4	03/05/2001 - 03/05/2001	3,90 - 3,90	3,90	4	5,9
S-6	30,1	Jurásico somero	2-3-4	28/04/2001 - 28/04/2001	3,81 - 3,81	3,81	3,7	4,7
S-9	38,3	Jurásico somero	4	30/04/2001 - 30/04/2001	4,90 - 4,90	4,90	4,8	7
SIG-20	38,5	Jurásico somero	2-3-4	10/10/2007 - 09/06/2010	3,19 - 2,60	2,90	3	3,6
SC-12	36	Jurásico somero	4	15/07/2002 - 22/10/2002	6,30 - 5,50	6,30	6,6	11
SC-4	40	Jurásico somero	2-3-4	31/07/2002 - 09/06/2010	4,72 - 3,65	3,72	3,6	4,3
SC-8	31	Jurásico somero	2-3-4	05/07/2002 - 04/12/2007	4,45 - 2,28	3,36	3,4	4,4
Pz-1	26	Jurásico profundo	7-8	15/11/2007 - 09/06/2010	2,68 - 1,83	1,83	1,7	2,9
Pz-11	24	Jurásico profundo	6	15/11/2007 - 22/01/2008	1,42 - 0,94	0,94	1,5	2,2
Pz-12	31	Jurásico profundo	7	15/11/2007 - 29/11/2007	1,73 - 1,30	1,30	1,5	2,2
Pz-13	36	Jurásico profundo	8	15/11/2007 - 29/11/2007	1,92 - 1,42	1,90	1,5	2,2
PZ-2	25	Jurásico profundo	6-7-8	23/01/2008 - 09/06/2010	2,23 - 1,95	2,10	2,1	3,6
Pz-3	25	Jurásico profundo	6-7-8	29/11/2007 - 09/06/2010	6,19 - 1,47	1,47	1,5	2,4
Pz-6	40	Jurásico profundo	8	15/11/2007 - 16/01/2008	14,36 - 13,72	13,70	13,2	22,6
SJ-05	25,05	Jurásico profundo	6-7-8	01/08/2007 - 09/06/2010	2,92 - 1,78	1,78	1,6	2,6
SJ-06	20,1	Jurásico profundo	6-7-8	08/08/2007 - 31/05/2010	4,84 - 1,74	1,74	1,6	2,6
SJ-08	29,85	Jurásico profundo	6-7-8	21/07/2007 - 09/06/2010	8,01 - 1,78	1,78	1,5	2,3
SJ-09	30	Jurásico profundo	6-7-8	01/08/2007 - 05/12/2007	2,83 - 1,65	1,65	1,5	2,2
S-1	35	Jurásico profundo	7-8	07/06/2001 - 29/11/2007	6,19 - 1,80	1,80	1,7	2,8
S-13	35	Jurásico profundo	6-7-8	14/05/2001 - 14/05/2001	4,25 - 4,25	4,25	4,2	8,7
S-2	35,1	Jurásico profundo	6-7-8	06/06/2001 - 29/11/2007	6,13 - 1,73	1,73	1,5	2,2
PzD7	10	Jurásico profundo	6-7-8	27/10/2008 - 30/05/2010	3,29 - 2,62	2,96	3	5
SIG-30+PzD2	21	Jurásico profundo	6-7-8	23/10/2008 - 30/05/2010	2,05 - 1,69	1,87	1,9	3,3
SC-1	23,4	Jurásico profundo	6-7-8	18/07/2002 - 29/11/2007	6,26 - 1,79	1,79	1,6	2,5
SC-3	31.3	Jurásico profundo	6-7-8	22/10/2002 - 09/06/2010	5,92 - 1,60	1,60	1,5	2.2

Tabla 8.1.- Cuadro resumen con los niveles piezométricos observados en los puntos utilizados para la calibración del modelo, frente a los valores simulados en la "hipótesis de calibración" y en la "hipótesis húmeda".

(*) valores calibrados en la capa 1 del modelo sin considerar el depósito de tormentas de Natahoyo, el colector Juan Carlos I, ni el túnel de penetración en Gijón.



8.1. Hipótesis de calibración

Según los datos climáticos del Instituto Nacional de Meteorología, correspondientes a la estación Gijón - "Guía Resumida del Clima en España 1971-2000" (www.aemet.es) - la precipitación media anual en la zona es de 971 mm/año.

Los niveles piezométricos observados han sido calibrados para una recarga variable según las zonas entre 2 y 200 mm/año, en cuanto a valores de la recarga por percolación desde la superfície del terreno. Además se ha aplicado un valor en torno a 400 mm a las capas más profundas del modelo, que más que una recarga propiamente dicha, debería considerarse como una transferencia de caudal al modelo desde zonas más profundas del acuífero, situadas al sur del área modelizada.

Para la calibración de las medidas piezométricas observadas, se ha utilizado una distribución zonal de los valores de permeabilidad. Se han empleado valores de permeabilidad más bajos para aquellas zonas donde se han observado gradientes más fuertes, y valores más elevados allí donde los gradientes eran más suaves, lo cual es coherente con los datos aportados por los ensayos de bombeo realizados en la campaña del proyecto de la estación. En el apartado 7.1, se explica y justifica la distribución de permeabilidades utilizada para la calibración del modelo, y en las figuras 7.1 a 7.8 se representan las áreas con distintas permeabilidades.

El flujo subterráneo circulante a través de las 8 capas del modelo y que se descarga principalmente en el mar es de 0,44 hm3/año. Este caudal distribuido por los 4,7 km² que presenta el área activa del modelo, se traduce en una recarga media de 94 mm/año, valor que viene a ser aproximadamente la mitad de la recarga media (191 mm/año) considerada en la bibliografía para todo el subsistema acuífero de Villaviciosa. *Gutiérrez Claverol y Luque Cabal* (13) estiman unos recursos subterráneos de 58 hm3/año, que considerando los 303,7 km² que tiene el subsistema, significaría una recarga media de 191 mm/año.

Se considera apropiada una tasa recarga de la mitad del valor medio de todo el sistema, que aun sería menor si no se considerará la recarga de borde o transferencia de flujos desde fuera del modelo, puesto que no hay que olvidar que se trata de un área urbana, donde la recarga natural esta bastante disminuida por la pavimentación de una gran parte de la superficie del terreno.

Los recursos del modelo bajo la hipótesis de calibración equivalen a un caudal continuo de 14 l/s ó 1210 m³/día. Este valor puede parecer un poco reducido, pero no lo es si se considera que sólo corresponde a una porción muy limitada del subsistema de Villaviciosa.

En la figura 8.1 a 8.8, se presenta el plano de isopiezas obtenido para la "hipótesis de calibración", habiéndose representado los valores de las isopiezas en azul, y los valores observados utilizados para la calibración en rojo, ambos en cota absoluta (msnm). Se puede observar como el grado de ajuste del modelo es aceptable, y como se reproducen correctamente los gradientes hidráulicos y direcciones de flujo deducidas de los valores piezométricos observados.

En la figura 8.1 bis, se presenta un tanteo inicial de la calibración de la capa 1 (acuífero cuaternario) previo al que se representa en la figura 8.1, en el que no se ha considerado el efecto barrera del depósito de tormentas de Natahoyo, ni él del colector de Juan Carlos I, ni él del Túnel de penetración de Gijón. Esta calibración previa se ha realizado debido a que un gran número de las medidas piezométricas disponibles al este de la estación son anteriores a la construcción de estas actuaciones, de modo que esta calibración inicial ha permitido aprovechar las medidas piezométricas más antiguas. Si se compara ambas figuras se observa el efecto barrera que ejerce sobre el flujo del acuífero cuaternario el depósito y el colector.

En la capa 1 del modelo se observa un flujo general hacia el mar, con un gradiente mucho más elevado en la zona del aluvial del río Pilón que en el área donde aparecen los depósitos de arenas litorales. El flujo subterráneo presenta una componente perpendicular a la traza de la estación, por lo que es probable que se produzca un cierto efecto barrera.

En las capas 2, 3 y 4, correspondiente al "acuífero jurásico somero", y en las capas 6, 7 y 8 que simulan el "acuífero jurásico profundo", el flujo subterráneo presenta una componente subperpendicular a la traza, por lo que también es probable que se produzca un cierto efecto barrera.



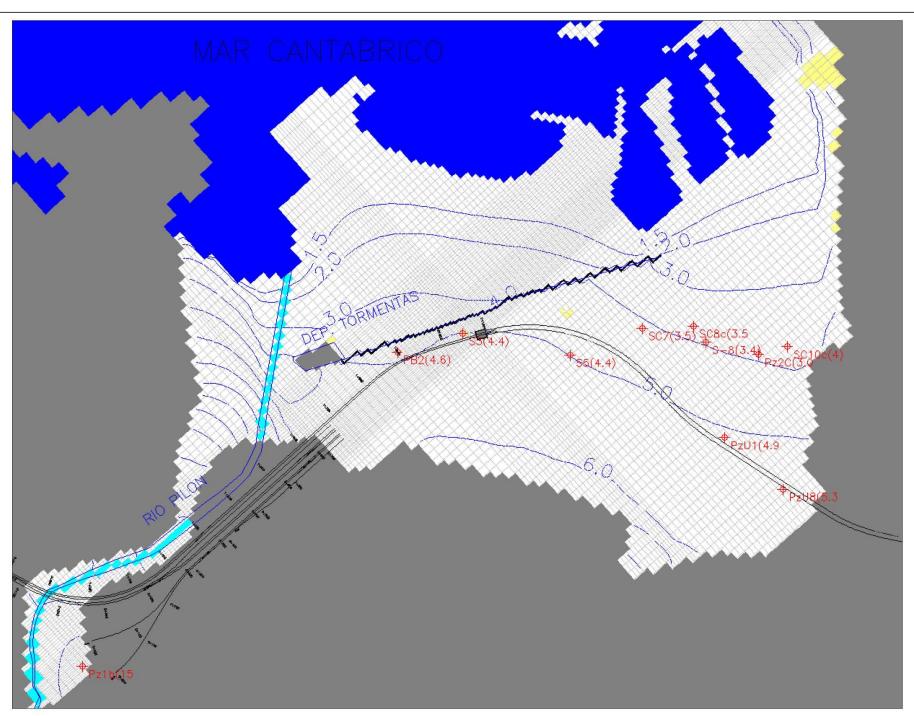


Fig. 8.1.- Plano de isopiezas para la capa 1 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



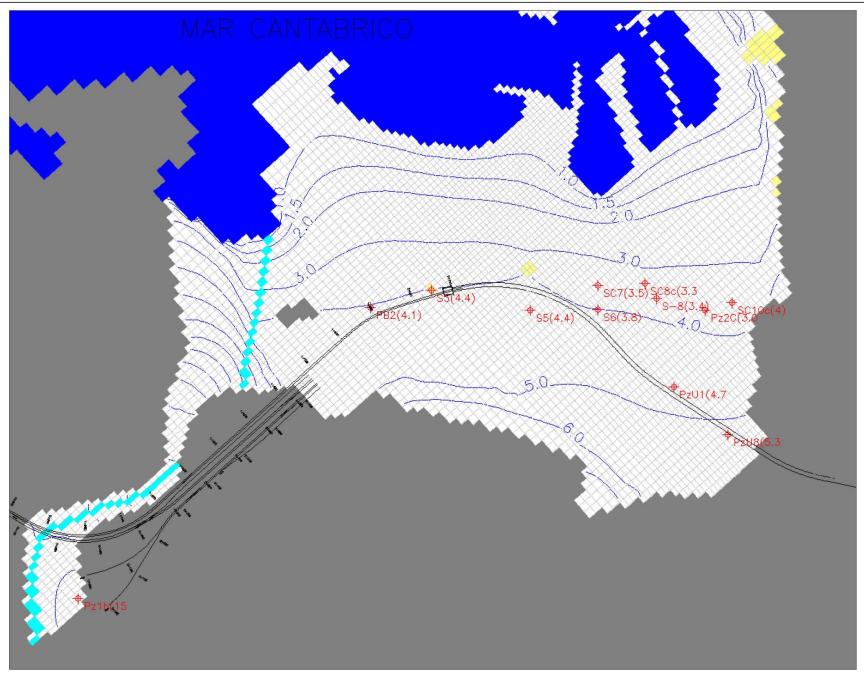


Fig. 8.1 bis.- Plano de isopiezas para la capa 1 del modelo en la "hipótesis de calibración", sin considerar el depósito de tormentas de Natahoyo, ni el colector Juan Carlos I, ni el túnel de penetración en Gijón. Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



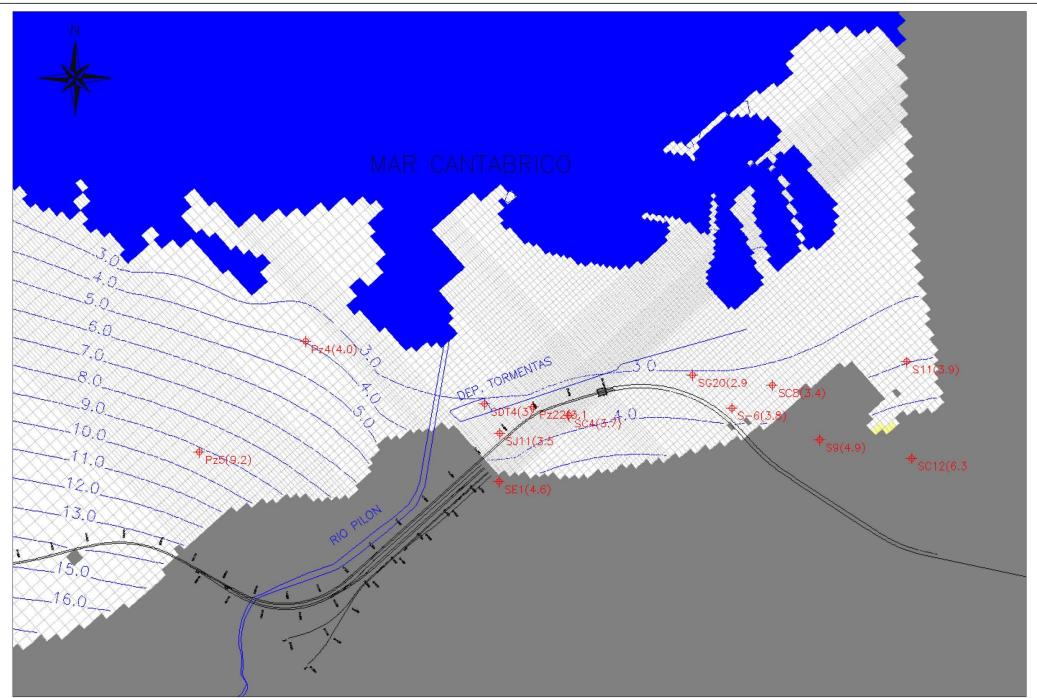


Fig. 8.2.- Plano de isopiezas para la capa 2 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



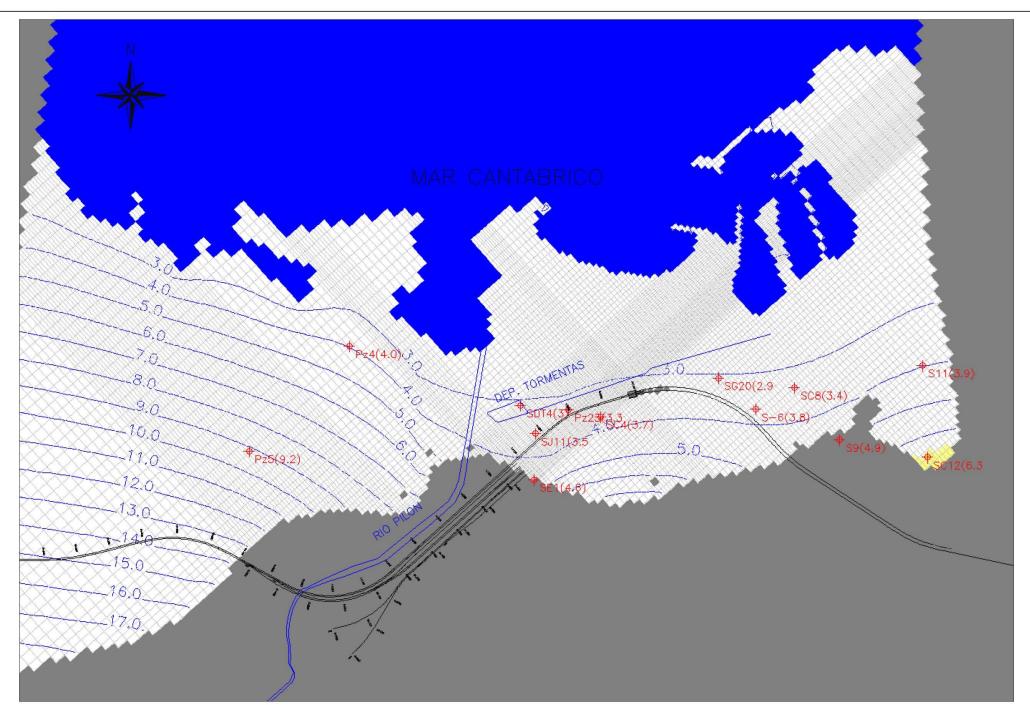


Fig. 8.3.- Plano de isopiezas para la capa 3 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



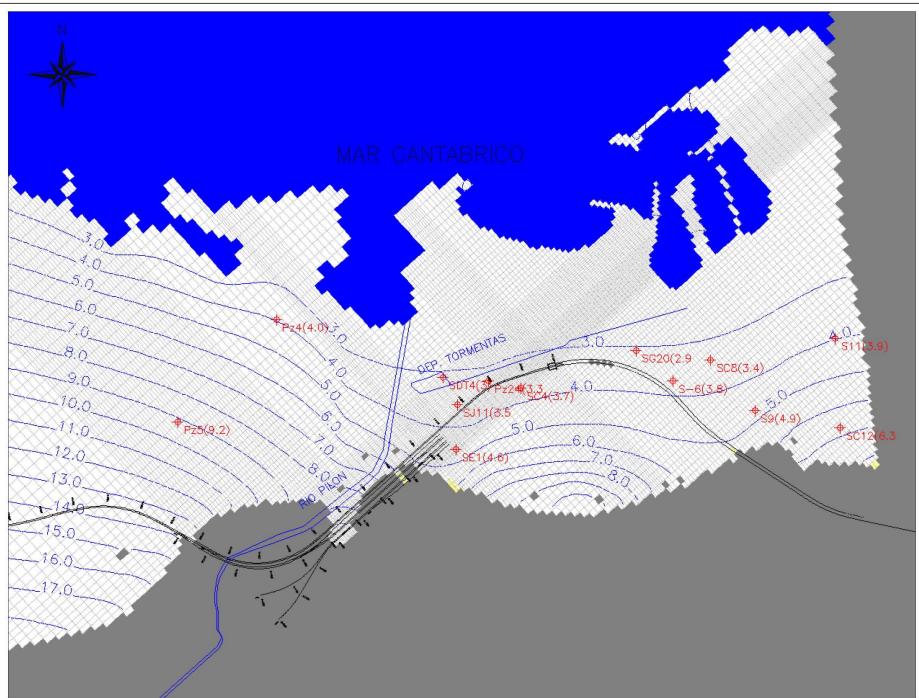


Fig. 8.4.- Plano de isopiezas para la capa 4 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



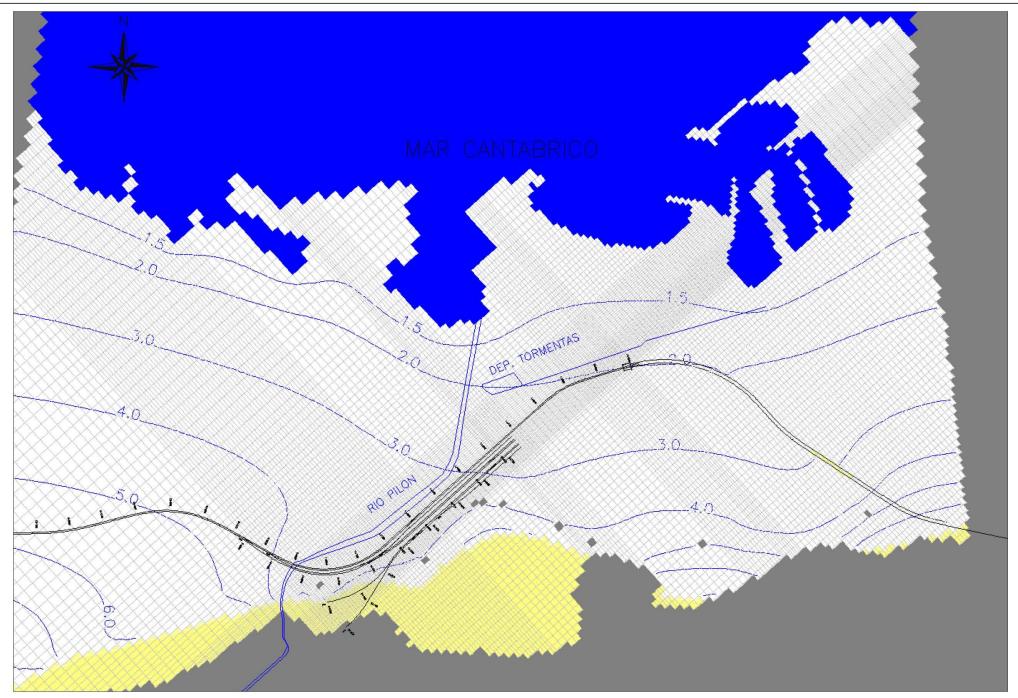


Fig. 8.5.- Plano de isopiezas para la capa 5 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul (m.s.n.m) y celdas secas en amarillo.



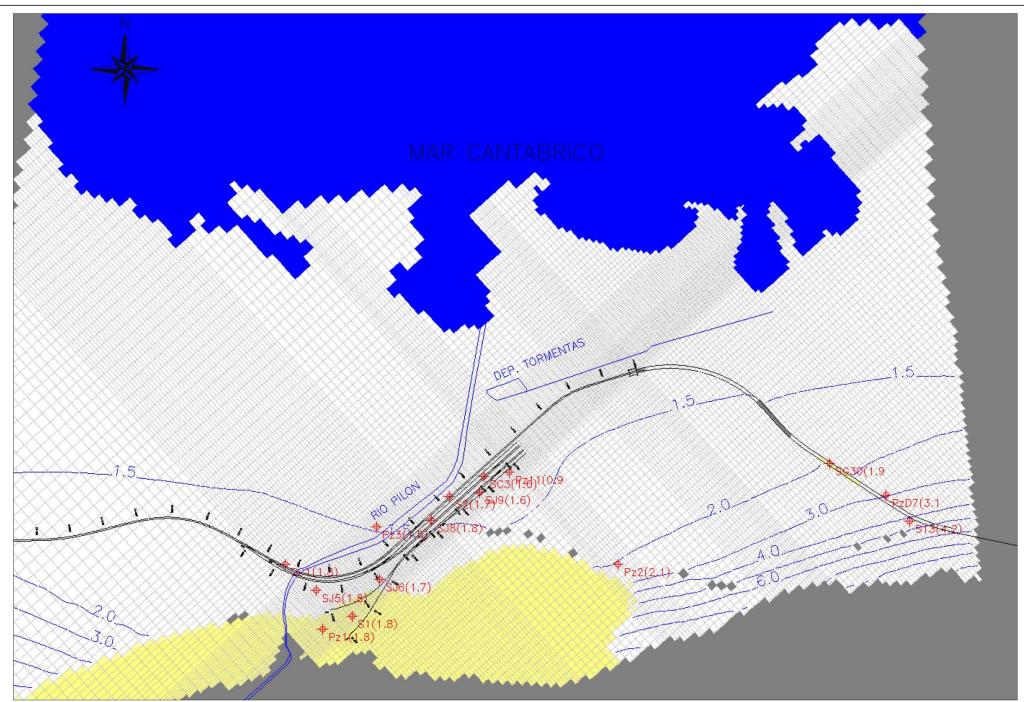


Fig. 8.6.- Plano de isopiezas para la capa 6 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



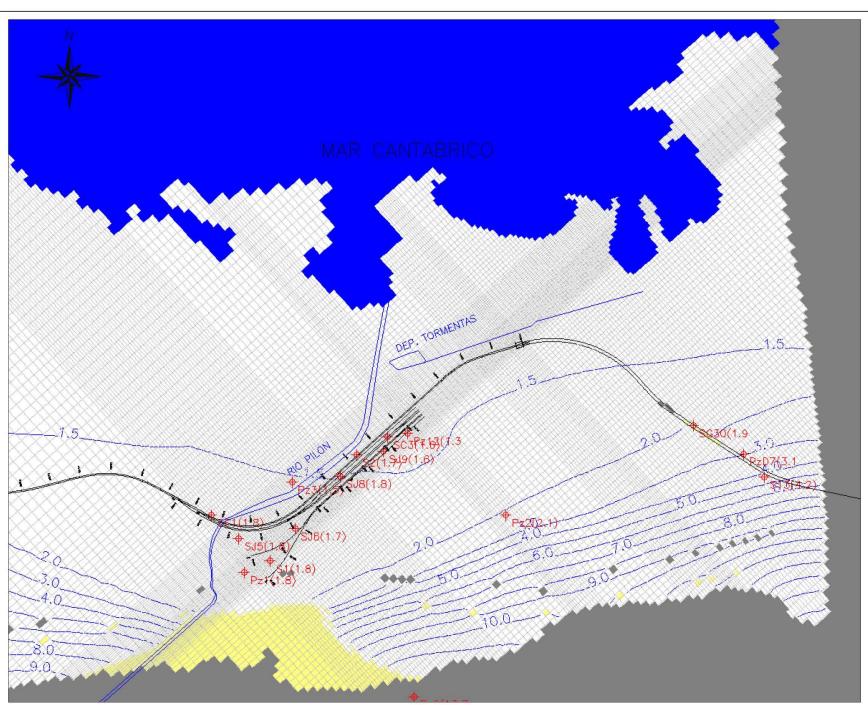


Fig. 8.7.- Plano de isopiezas para la capa 7 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



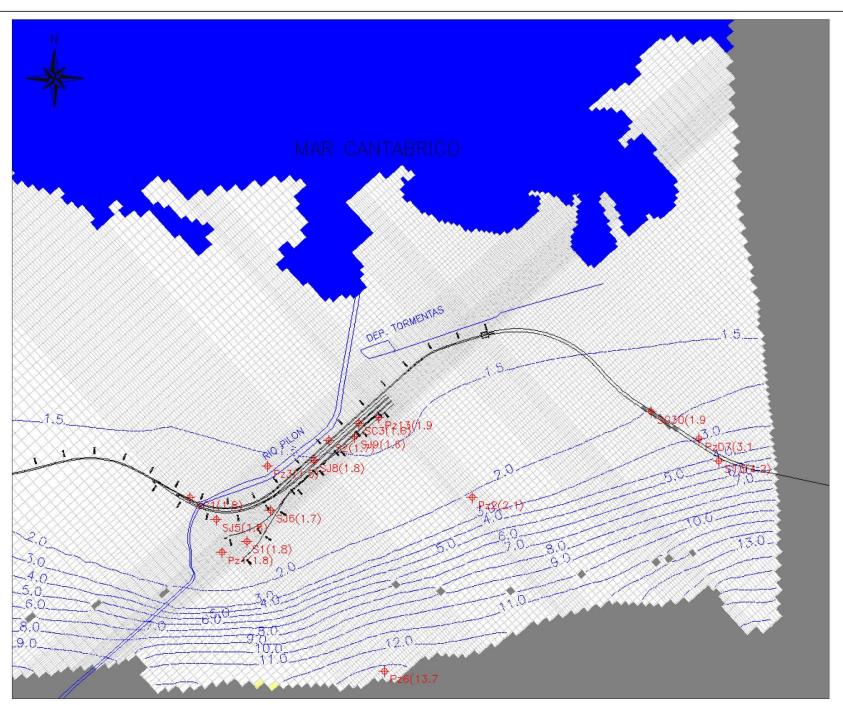


Fig. 8.8.- Plano de isopiezas para la capa 8 del modelo en la "hipótesis de calibración". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



8.2. Hipótesis húmeda

Para la calibración de esta hipótesis se han utilizado tasas de recarga más altas que en la "hipótesis de calibración", que podrían corresponder a una hipotética época especialmente lluviosa. En la "hipótesis húmeda" se ha considerado un valor total de recarga para todo el modelo que superan en más del doble la recarga total de la "hipótesis de calibración". En esta situación, se han obtenido una distribución piezométrica entre 0,5 m y 8,9 m por encima de la "hipótesis de calibración". El incremento del nivel en la "hipótesis húmeda" respecto a la "hipótesis de calibración" es menor en las zonas más permeables y próximas al mar, y mayor en las zonas más alejadas del mar y de menor permeabilidad.

Se trata de una hipótesis de simulación del lado de la seguridad, en la que se simula un hipotético escenario de aguas altas, en el que el que flujo subterráneo que atraviesa la zona donde se proyecta construir la estación fuera más elevado. No se dispone de un registro de la evolución temporal de los niveles piezométricos del acuífero lo suficientemente amplio, por lo que esta hipótesis ha sido concebida suponiendo unas tasas de recarga razonablemente altas.

En las figuras 8.9 a 8.16 se representa el plano de isopiezas simulado para las 8 capas del modelo bajo las condiciones e la "hipótesis húmeda". Se observa como la dirección y gradientes del flujo subterráneo son muy parecidos a los de la "hipótesis de calibración" (figuras 8.1 a 8.8), pero situándose la superficie piezométrica más elevada además de mostrar un gradiente hidráulico más intenso.

Para la "hipótesis húmeda", el modelo contempla un volumen de recursos para todo el acuífero de 1 hm3/año. En este caso, el flujo subterráneo en tránsito a través de las 8 capas del modelo sería de 32 l/s ó 2.765 m3/día.



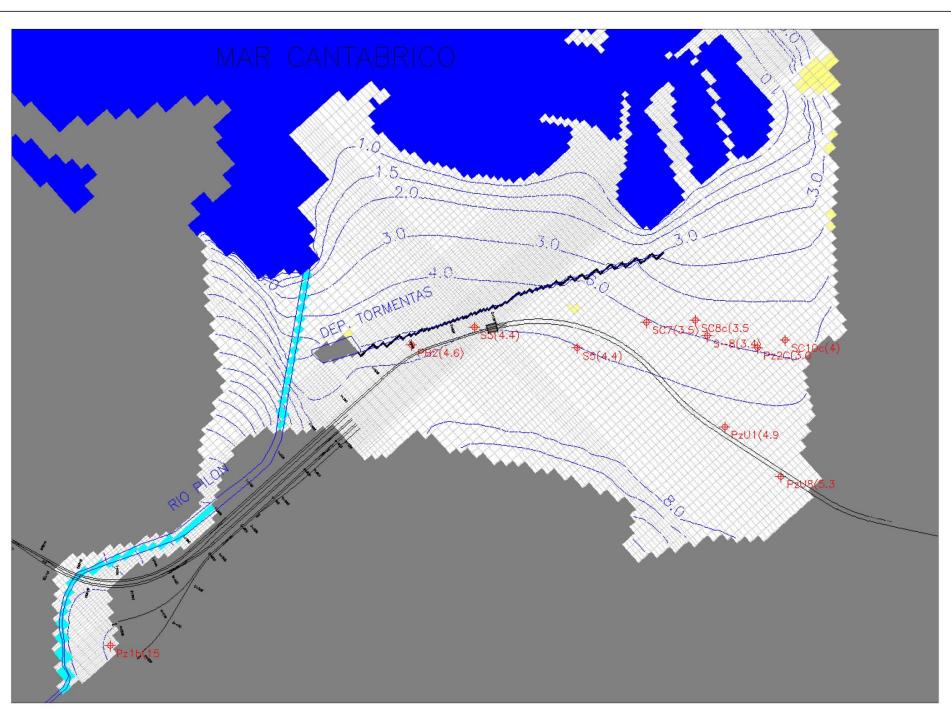


Fig. 8.9.- Plano de isopiezas para la capa 1 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



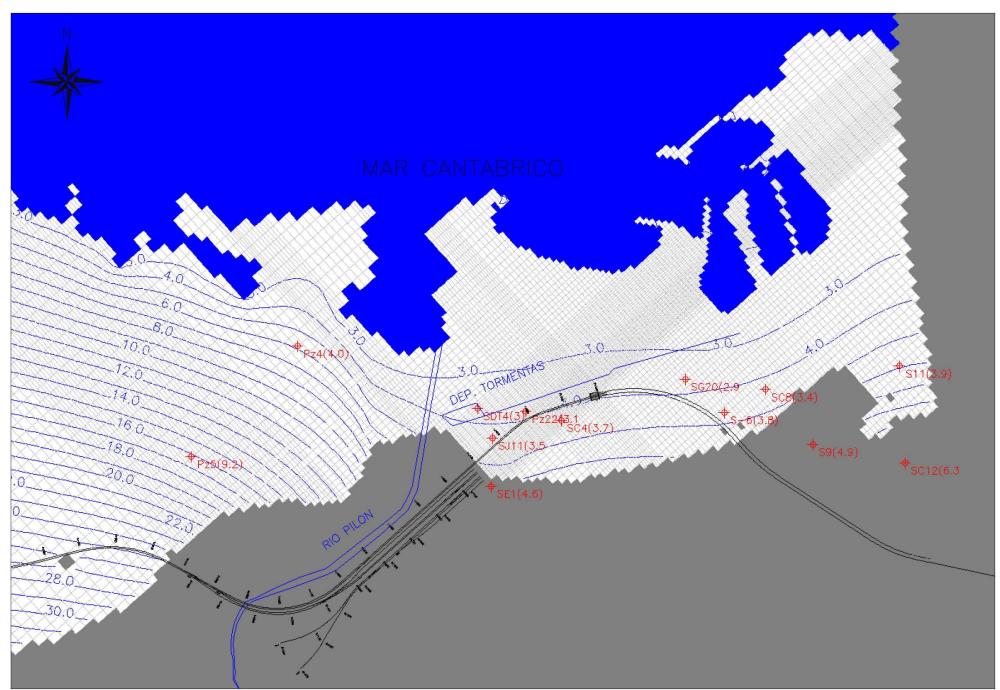


Fig. 8.10.- Plano de isopiezas para la capa 2 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



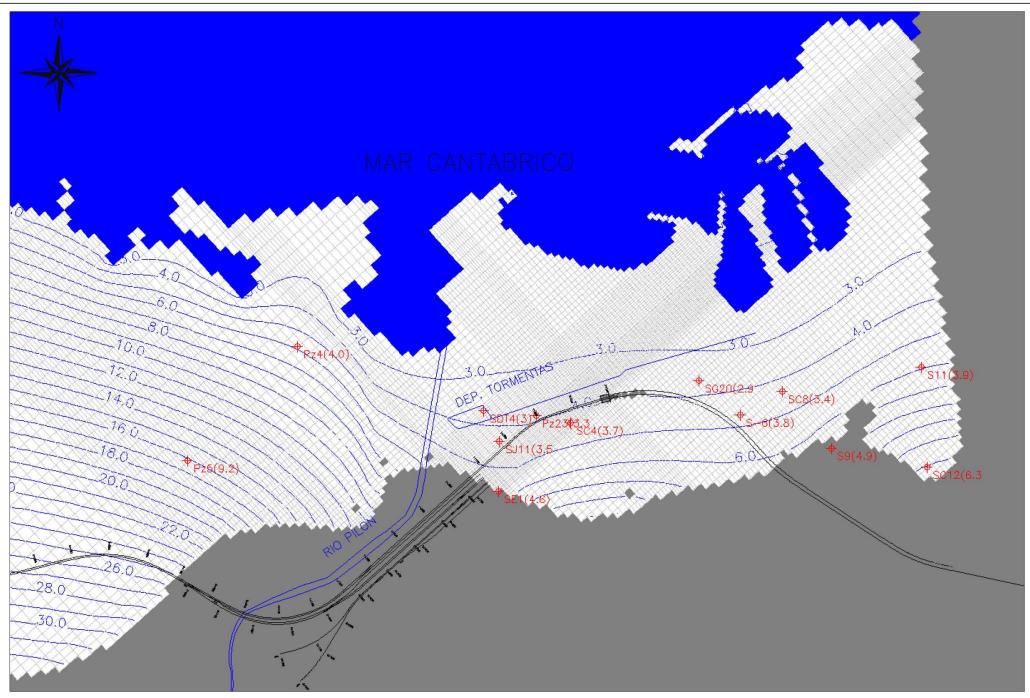


Fig. 8.11.- Plano de isopiezas para la capa 3 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



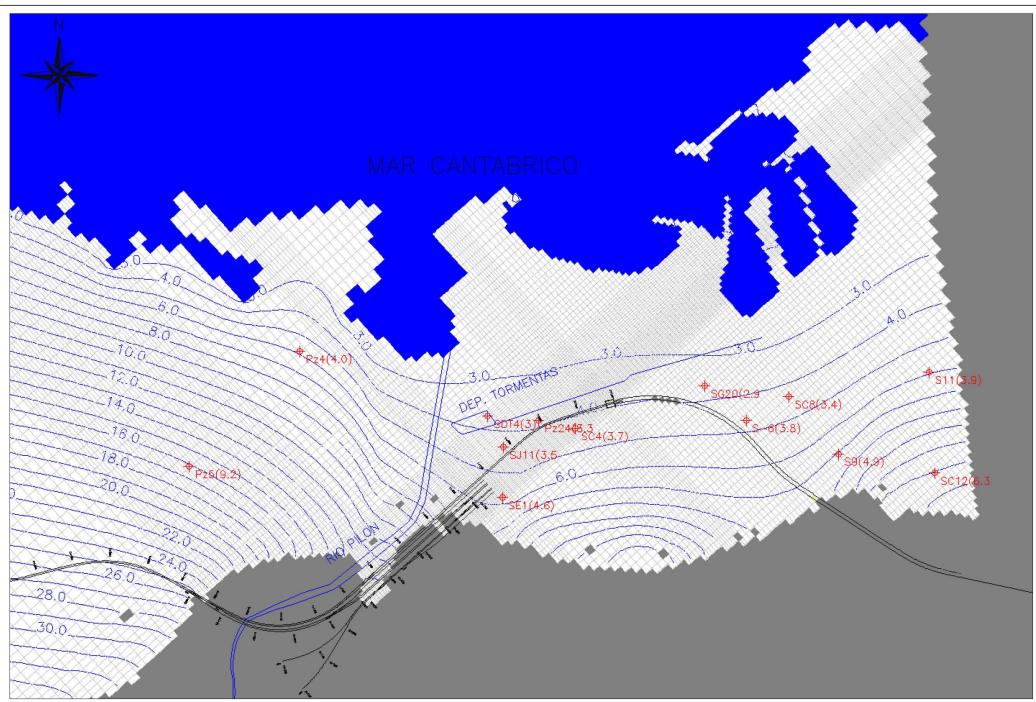


Fig. 8.12.- Plano de isopiezas para la capa 4 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



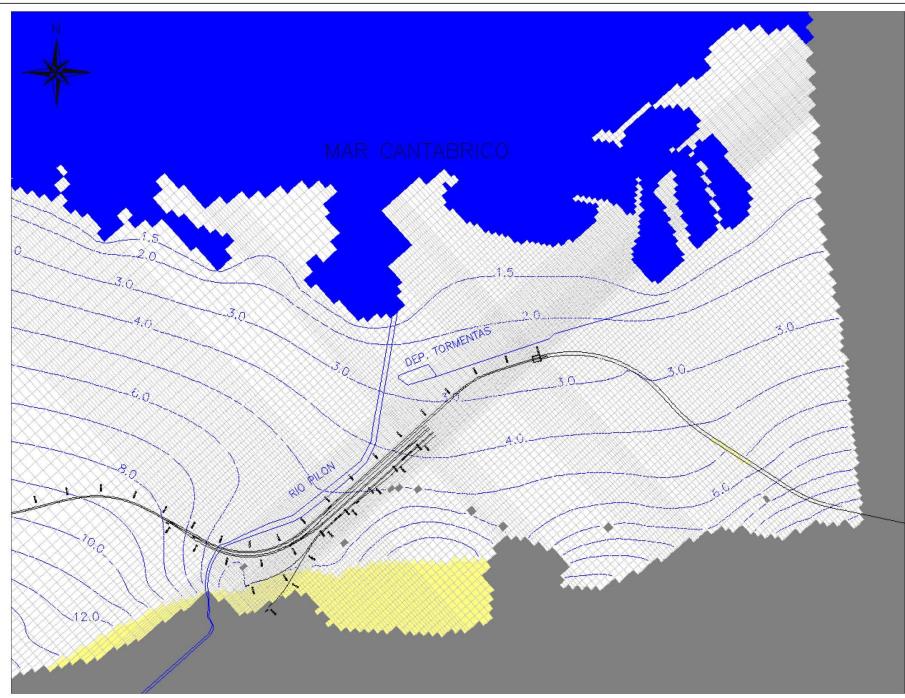


Fig. 8.13.- Plano de isopiezas para la capa 5 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



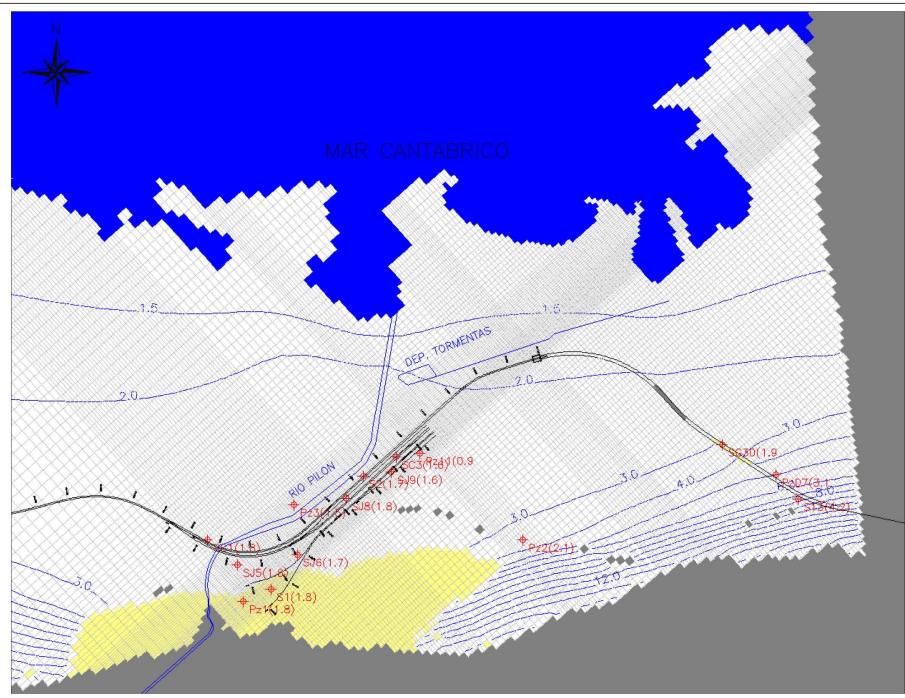


Fig. 8.14.- Plano de isopiezas para la capa 6 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



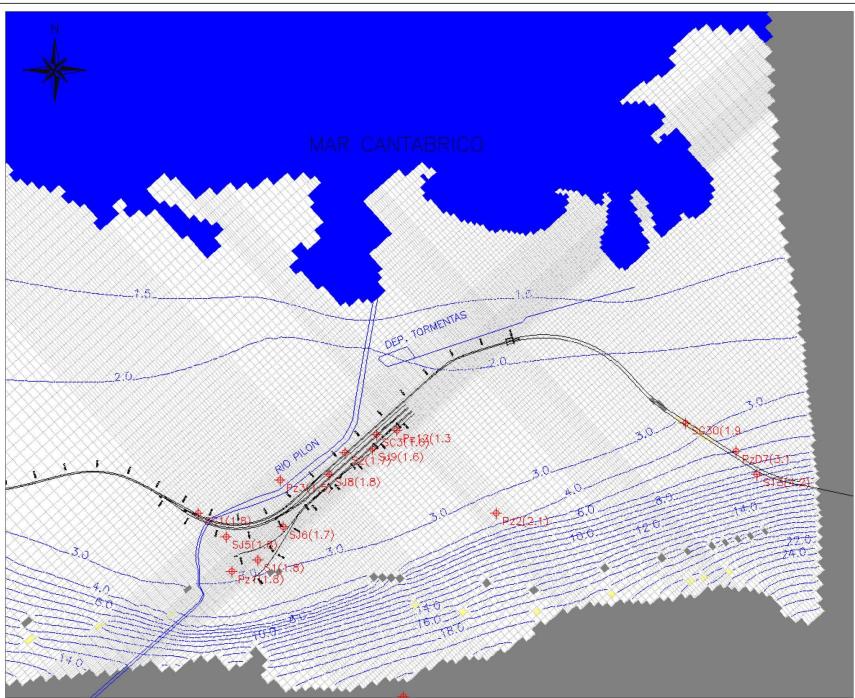


Fig. 8.15.- Plano de isopiezas para la capa 7 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



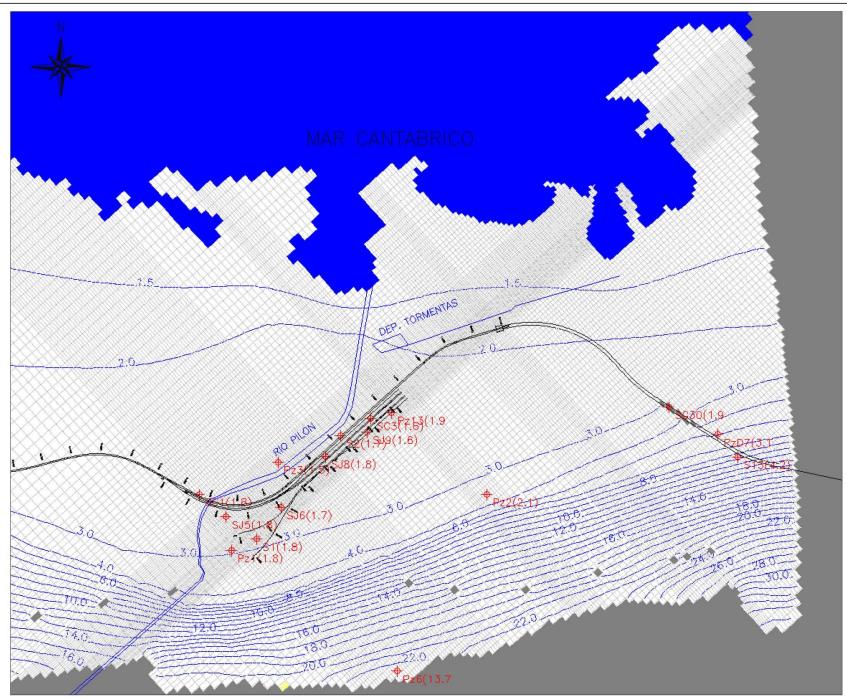


Fig. 8.16.- Plano de isopiezas para la capa 8 del modelo en la "hipótesis húmeda". Valores de isopiezas en azul, valores observados en rojo, ambos en m.s.n.m, y celdas secas en amarillo.



9. Simulación del efecto barrera

Los principales objetivos del modelo de simulación, implementado en este estudio, son valorar el probable efecto barrera que la construcción de las alternativas de Moreda y Museo de la futura estación puede provocar sobre el flujo subterráneo de los distintos acuíferos afectados, así como cuantificar las medidas de drenaje necesarias para restituir el flujo a través de las obras.

Es bastante probable que la construcción de las obras de la estación produzca un mayor o menor efecto barrera sobre el flujo subterráneo de los acuíferos afectados, que puede llegar a ser importante en ciertos tramos si no se toman las medidas de drenaje oportunas para restablecer el flujo a través de la barrera originada.

El efecto pantalla de las obras subterráneas puede impedir, o dificultar en mayor o menor medida, el flujo subterráneo hacia las zonas de descarga natural de los acuíferos, de modo que éste puede verse interrumpido y/o desviado. Se puede provocar una variación de la dinámica general de los acuíferos afectados, apareciendo zonas en las que se produce un ascenso relativo de los niveles piezométricos, situadas aguas arriba de las barreras, y zonas en las que se produce un descenso relativo de los mismos, situadas aguas abajo.

Además del propio impacto sobre el medio acuífero, las variaciones piezométricas pueden inducir efectos negativos sobre las edificaciones y obras preexistente, así como sobre las propias actuaciones previstas, como por ejemplo: subpresiones y filtraciones no previstas en plantas de sótanos u otras estructuras subterráneas, zonas encharcadas en superficie, afecciones a la cimentación de edificios y otras obras, etc.

A continuación, en los apartados siguientes, se presentan los resultados de las simulaciones realizadas para analizar el efecto barrera producido por las obras previstas, y para justificar las medidas de drenaje propuestas para mitigar el efecto barrera y reducir a valores razonables las variaciones piezométricas producidas. Todas las simulaciones han sido realizadas en régimen permanente, y se ha analizado el efecto barrera producido por las obras de la estación bajo las condiciones de la hipótesis de calibración e hipótesis húmeda. Igualmente, se han analizado las medidas de drenaje necesarias bajo las condiciones de ambas hipótesis.

En las simulaciones que analizan las medidas de drenaje necesarias para suavizar el efecto barrera de las actuaciones previstas, se ha tomado el valor de 0,5 m como máximo de las variaciones piezométricas "aceptables" o "tolerables", permitiéndose tan sólo variaciones piezométricas entre 0,5 m y 1 m en zonas localizadas próximas a la estación. Estas oscilaciones "tolerables" corresponden a variaciones piezométricas respecto a los

valores piezométricos medios en la zona, ya que actualmente, sin las obras construidas, los niveles piezométricos muestran una variación natural importante debido a la influencia intermareal, a veces de 1 m a 2 m en un corto espacio de tiempo. Se trata de un criterio razonable fijado en virtud de criterios puramente hidrogeológicos, que debe ser analizado en base a criterios geotécnicos y/o constructivos de las obras existentes y previstas antes de considerarse válido.

Los resultados de las simulaciones son predicciones probables del comportamiento del acuífero, y en este sentido deben ser consideradas. El sistema hidrogeológico analizado presenta, como es lógico en cualquier sistema acuífero de este tamaño, una incertidumbre intrínseca en cuanto a su funcionamiento hidráulico, debido a que éste depende de una gran cantidad de variables que además presentan una distribución continua en el espacio. Los modelos de flujo, independientemente de lo complejos y detallados que sean, simulan el comportamiento medio de un sistema y sus resultados dependen de la calidad y el número de datos utilizados que siempre presentan una distribución discreta en el espacio modelizado, de modo que siempre es posible que se produzcan ciertos comportamientos locales, incluso generales, que escapen al funcionamiento del modelo. Estos comportamientos locales son, si cabe, más típicos y esperables en medios kársticos como los presentes en la zona de estudio. En este sentido, se recomienda realizar un control piezométrico estricto antes, durante y después de las obras, de todos los niveles acuíferos implicados para detectar cualquier desviación respecto a las predicciones realizadas, con el objeto de adoptar a tiempo las medidas complementarias necesarias.

En las simulaciones realizadas para analizar el efecto corrector de las medidas de drenaje, se ha considerado un grado de permeabilización o un porcentaje de restitución del flujo subterráneo que pasa a través de la barrera que suponen las obras de la estación. Posteriormente este grado de restitución del flujo se ha traducido en un numero aproximado y una disposición de sifones a lo largo de ambas alternativas. Los sifones considerados estarían constituidos, cada uno, por un pozo de admisión de al menos 1 m de diámetro interior situado aguas arriba de la barrera, un pozo de descarga de iguales características situado aguas abajo, y por una tubería que une los dos pozos entre sí, de modo que la conexión entre los pozos y ésta se sitúan siempre por debajo del nivel piezométrico del acuífero.

En los sifones, se han considerado pozos eficientes perforados y construidos con métodos adecuados según las recomendaciones recogidas en el apartado 10.3. Pozos deficientes y mal diseñados pueden provocar mayores variaciones piezométricas de las esperadas, perdida de eficiencia, e incluso llegar a obturase totalmente con el tiempo.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



9.1. Hipótesis de calibración

A continuación, se analiza el probable efecto barrera conjunto provocado por las obras de las dos alternativas contempladas para la estación, bajo las condiciones establecidas en la "hipótesis de calibración". Los resultados se presentan mediante planos de isoascensos para cada alternativa, que indican la probable variación piezométrica relativa producida como resultado de la construcción de las obras, considerando como punto de partida la "hipótesis de calibración".

Se analiza por separado el efecto barrera de las alternativas Moreda y Museo. Para cada una de ellas, se analiza en primer lugar el probable efecto barrera de la estación tal cual ha sido definida en el proyecto, sin considerar ningún tipo de medidas de drenaje adicionales para el restablecimiento del flujo subterráneo de los acuíferos a través de las obras. Posteriormente, se analiza para cada alternativa el probable efecto mitigante o suavizador de las medidas correctoras propuestas en el estudio.

9.1.1. Impacto probable de las obras de la estación sin medidas de drenaje (Alternativa Moreda)

En las figuras 9.1 a 9.8, se presentan los planos de isoascensos simulados en las capas 1 a 8 del modelo, respectivamente, como resultado de la construcción de las obras de esta alternativa sin medidas correctoras para el restablecimiento del flujo.

En la capa 1 del modelo (figura 9.1), correspondiente al acuífero cuaternario, se obtienen ascensos relativos aguas arriba (al sureste de la estación) superiores a 0,5 m en la mayor parte del área afectada por las obras, con valores máximos en torno a 1,9 m. Los descensos relativos aguas abajo (al noroeste de la estación) también superan en la mayor parte del área junto a las obras el valor de 0,5 m, alcanzándose valores máximos alrededor de 1,3 m.

En las capas 2, 3 y 4 del modelo (figuras 9.2, 9.3 y 9.4), correspondientes al "acuífero jurásico somero" que aparece en el tramo final del proyecto, las variaciones piezométricas como resultado de la construcción de las obras son muy elevadas, sobre todo los ascensos relativos aguas arriba de la estación. Los ascensos superan la cifra de 1 m en toda la traza del proyecto, con valores máximos de 4,8 m en la capa 4 al suroeste del aparcamiento, y de 7 m en una pequeña zona en torno al p.k. 0+330 de la vía del FEVE. Los descensos relativos, más contenidos, alcanzan valores máximos de 2 m al noroeste del p.k. 1+280 de la línea de cercanías.

En la capa 5 del modelo (figura 9.5), correspondiente a la capa lutítico-margosa que separa los niveles acuíferos jurásicos somero y profundo definidos en el área de la

estación, se observan ascensos relativos superiores a 0,5 m en una gran parte del área situada al sur de las obras. Las variaciones piezométricas positivas alcanzan valores máximos de 7 m en torno al p.k. 0+330 de la vía del FEVE, relacionado con los ascensos piezométricos en el acuífero jurásico suprayacente en esta misma zona. Los descensos relativos apenas superan 0,5 m en una estrecha banda pegada a las pantallas entre los pp.kk. 1+250 y 1+540 de la vía de cercanías.

Por último, en las capas 6, 7 y 8 del modelo (fíguras 9.6 a 9.8), correspondiente al "acuífero jurásico profundo", tanto los ascensos como los descensos se sitúan por debajo de 0,5 m. Este comportamiento se debe a la elevada permeabilidad del acuífero, que permite con una variación relativamente reducida reconfigurar la distribución piezométrica del acuífero para adaptarse a las nuevas condiciones. En medios de alta permeabilidad, tal cual se deduce de la piezometría observada y de los ensayos de bombeos realizados en la zona próxima a la estación, un pequeño aumento del gradiente hidráulico permite la removilización o reajuste de caudales subterráneos relativamente importantes.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



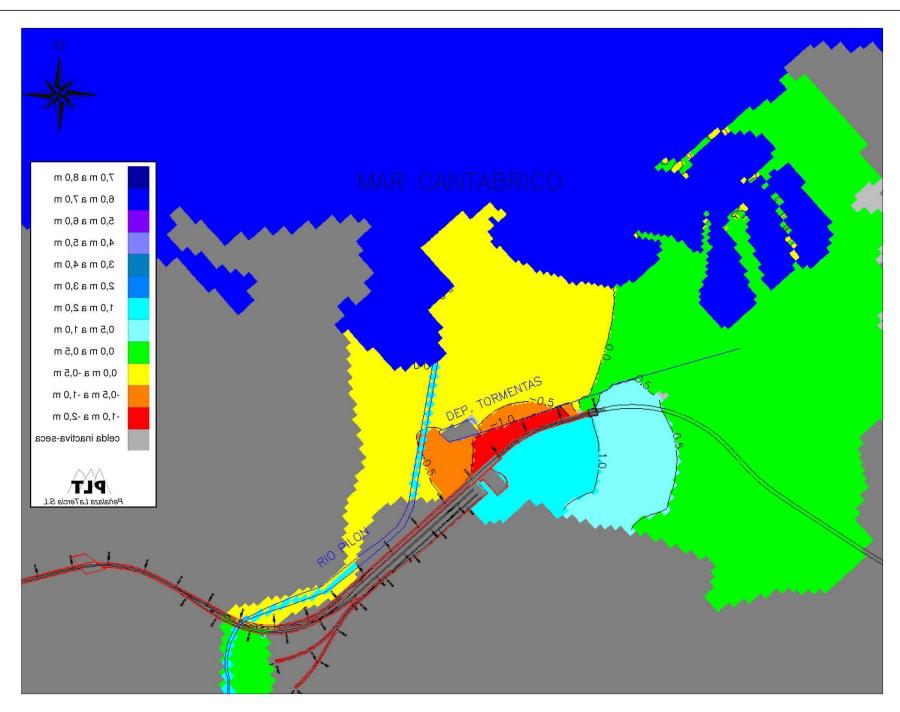


Fig. 9.1.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



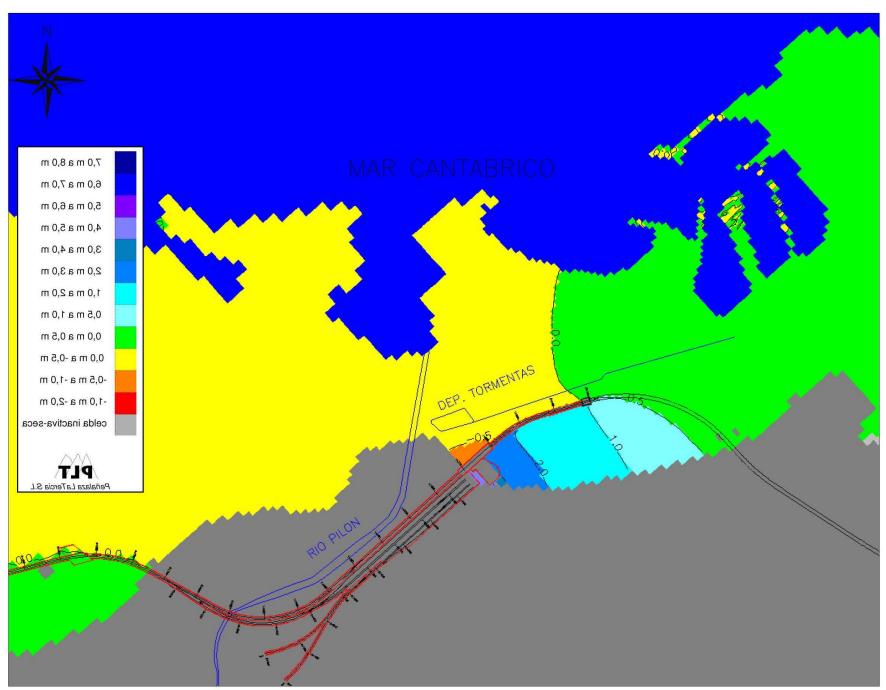


Fig. 9.2.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



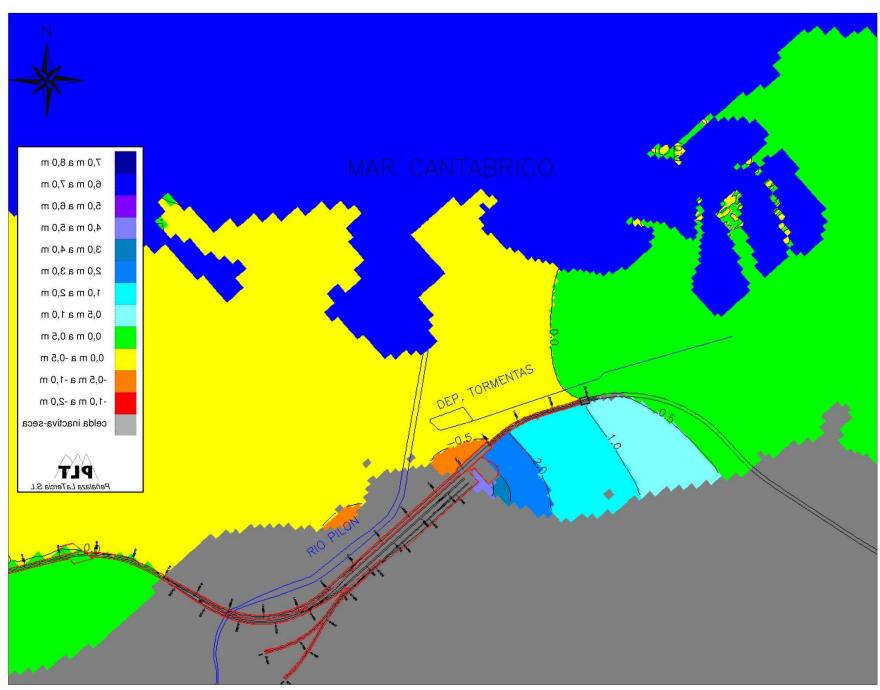


Fig. 9.3.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



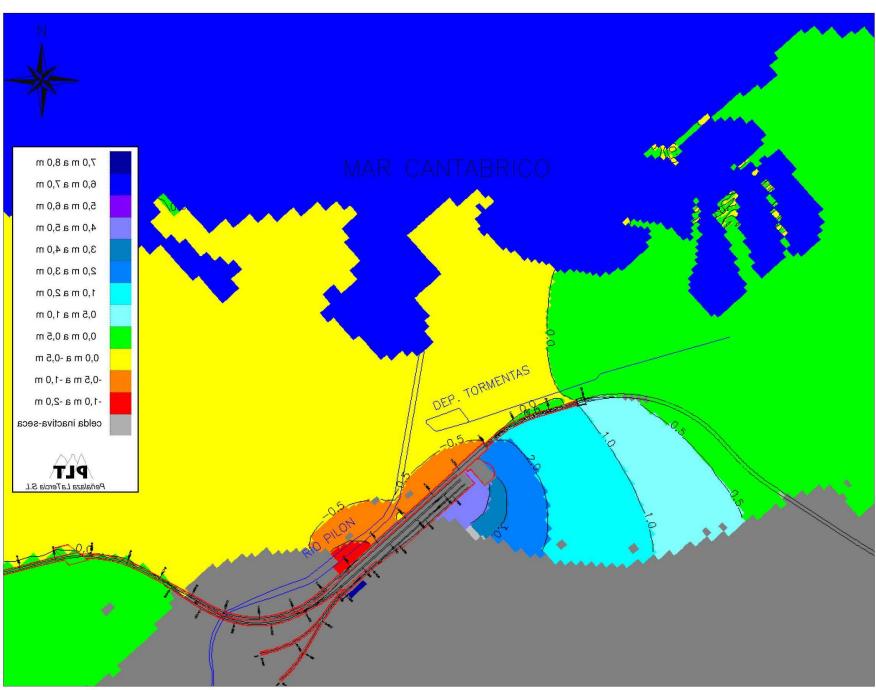


Fig. 9.4.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



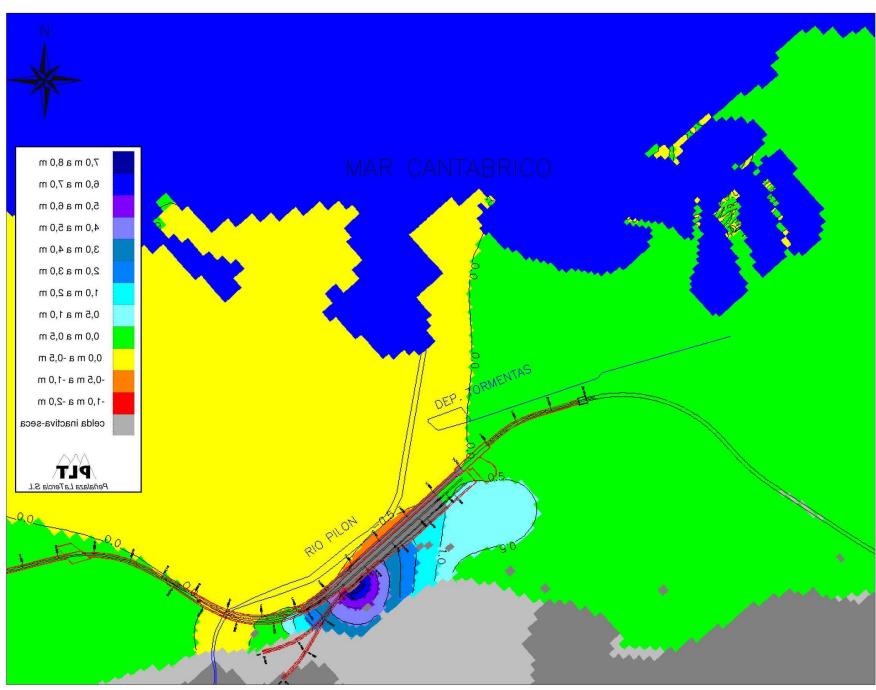


Fig. 9.5.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



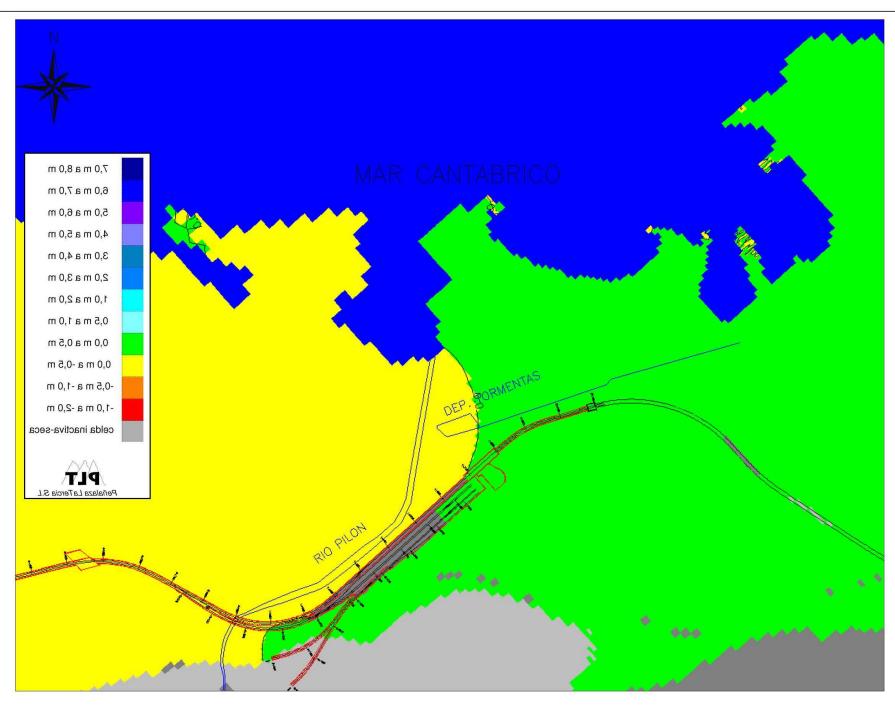


Fig. 9.6.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



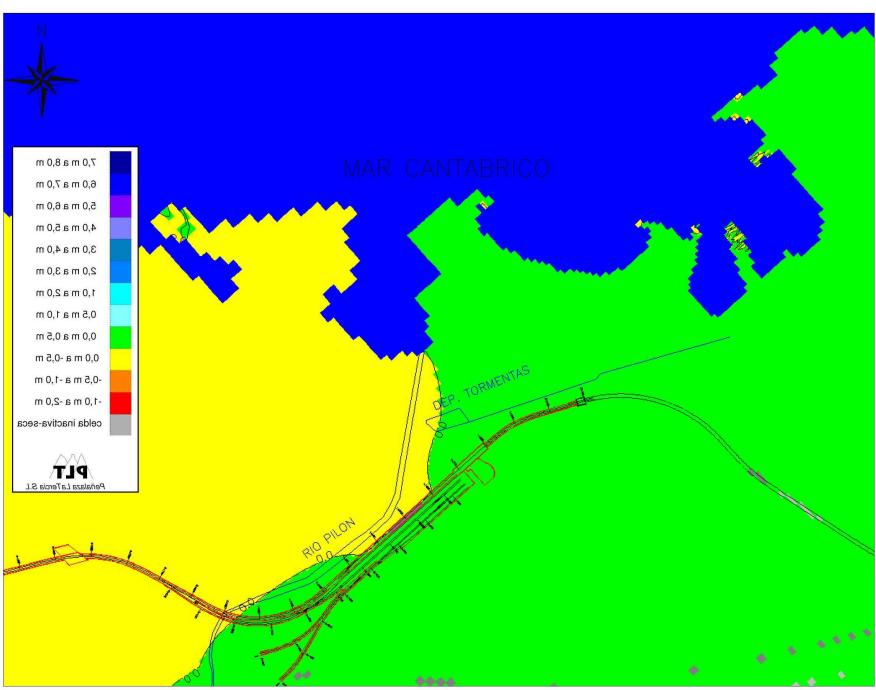


Fig. 9.7.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



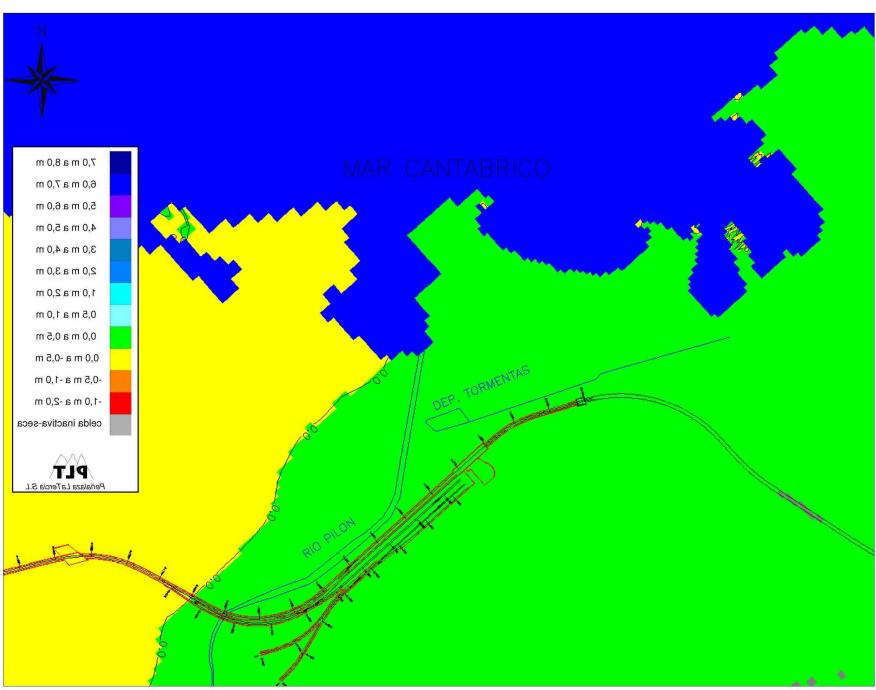


Fig. 9.8.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



9.1.2. Impacto probable de las obras de la estación con medidas de drenaje (Alternativa Moreda)

En este subapartado, se presenta para la Alternativa Moreda, el efecto probable de la implantación de las medidas de drenaje que suavizarían a valores admisibles, el efecto barrera observado en las simulaciones anteriores bajo las condiciones de la "hipótesis de calibración".

Con el objeto de suavizar a valores razonables desde el punto de vista hidrogeológico el efecto barrera provocado por las actuaciones previstas, se ha seguido un proceso iterativo en el que se fue aumentando progresivamente las medidas de drenaje en aquellas zonas en las que variaciones piezométricas eran superiores 0,5 m, con el objeto de reducir las variaciones relativas a valores inferiores esta cifra, o como mucho permitir variaciones entre 0,5 y 1 m en áreas localizadas. Este proceso ha permitido obtener una distribución de medidas de drenaje necesarias, que se traducen en unos valores de permeabilización de la barrera, o de restitución de una porción determinada de la sección inicial del flujo subterráneo natural previa a las obras.

Aunque este porcentaje de liberalización o permeabilización de la barrera, podría conseguirse con varios tipos de medidas de drenaje, como por ejemplo portillos en las pantallas, se hace una estimación aproximada del número de sifones necesarios para obtener un determinado porcentaje de permeabilización en cada tramo. Las características de los sifones serían las descritas en el apartado 10.3. En fases posteriores de estudio, se recomienda valorar la implantación de otras medidas de drenaje, como los portillos, ya que son medidas de mayor durabilidad que los sifones y no necesitan mantenimiento.

A continuación en el cuadro adjunto, se presenta la distribución de medidas de restitución del flujo subterráneo necesarias para cada capa del modelo, tomando como referencia el kilometraje de la vía derecha de cercanías. No obstante, la permeabilización de la barrera se extendería también a las pantallas de la línea de largo recorrido y FEVE, en aquellos tramos que éstas provocan un cierre total o parcial al flujo subterráneo. No se proponen medidas de restitución en el acuífero jurásico profundo, por que no se han considerado necesarias. Las medidas de drenaje para el acuífero cuaternario y al acuífero jurásico somero se proponen separadamente, para evitar la mezcla de aguas, y las medidas de drenaje para el acuítardo se integran con las del acuífero jurásico somero.

	CAPA MODELO	ALTERNATIVA MOREDA							
ACUÍFERO		HIPOTESIS CALIBRACIÓN							
		Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones		
Cuaternario	1	1+620	2+080	460	8%	50	9		
	2	1+700	2+080	380	15%	30	12		
nero	3	1+660	1+700	40	30%	15	2		
Jurásico somero		1+700	2+080	380	15%	30	12		
Jurás	4	1+260	1+320	60	15%	30	2		
		1+560	1+700	140	30%	15	9		
		1+700	2+080	380	15%	30	12		
	5	1+120	1+260	140	10%	40	3		
용		1+260	1+320	60	15%	30	2		
Acuitardo		1+320	1+560	240	10%	40	6		
⋖		1+560	1+700	140	30%	15	9		
		1+700	1+800	100	15%	30	3		
fundo	6	-	-	-	ï	-	-		
Jurásico profundo	7	-		a.	a	-			
Jurás	8	=	=	-	=	=	-		



En la figura 9.9 que representa el acuífero cuaternario (capa 1), se observa como la implantación de las medidas de restitución reduce las variaciones piezométricas a valores inferiores a 0,5 m prácticamente en todo el área del modelo.

En las figuras 9.10, 9.11 y 9.12 que corresponden respectivamente a las capas 2, 3 y 4 del modelo y que representan al "acuífero jurásico somero", las variaciones piezométricas se sitúan por debajo de los 50 cm en prácticamente todo el área, salvo en un retazo de tamaño muy reducido situado al suroeste del recinto de aparcamiento subterráneo, donde se supera levemente esta cifra.

En la figura 9.13, se representa la variación piezométrica en la capa 5 del modelo que representa el acuitardo margoso-lutítico que separa ambos niveles acuíferos jurásicos. En este caso, las variaciones piezométricas se reducen a valores inferiores a 0,5 m en la mayor parte del modelo, apareciendo una zona al sureste de las obras donde los ascensos se sitúan por encima de esta cifra, aunque siempre por debajo de 1 m.

Finalmente, en las capas 6, 7 y 8 (figuras 9.14, 9.15 y 9.16) que representa el "acuífero jurásico profundo", las variaciones piezométricas como consecuencia de las obras se sitúan siempre por debajo de 0,5 m.

A continuación se resumen las medidas de drenaje propuestas, así como la distribución equivalente de los 41 sifones previstos.

ACUÍFERO	ALTERNATIVA MOREDA									
	HIPOTESIS CALIBRACIÓN									
	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones				
Cuaternario	1+620	2+080	460	8%	50	9				
	1+120	1+260	140	10%	40	3				
+ Acui	1+260	1+320	60	15%	30	2				
Jurásico somero + Acuitardo	1+320	1+560	240	10%	40	6				
	1+560	1+700	140	30%	15	9				
	1+700	2+080	380	15%	30	12				



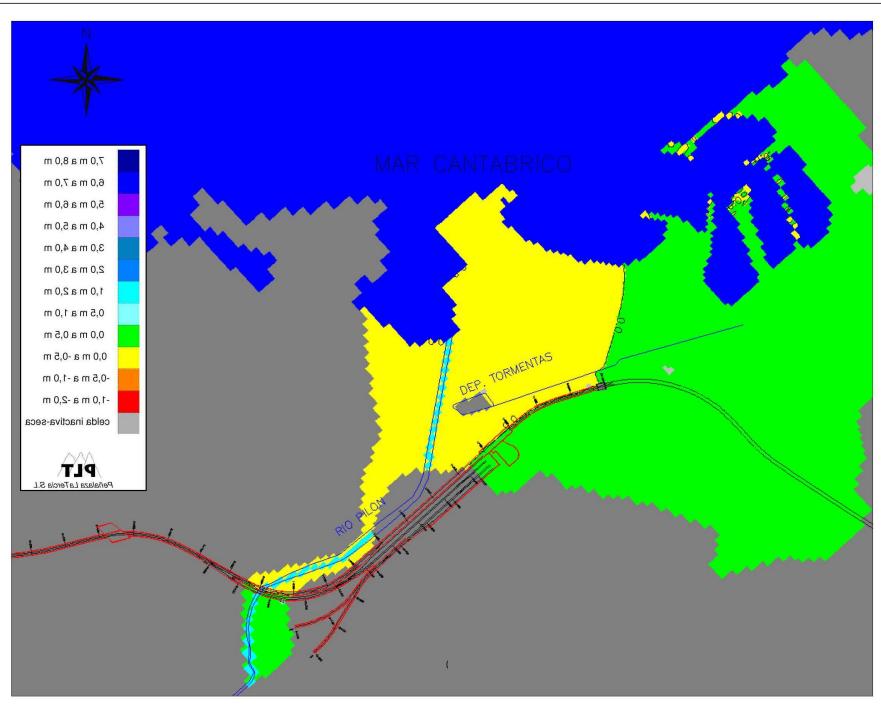


Fig. 9.9.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



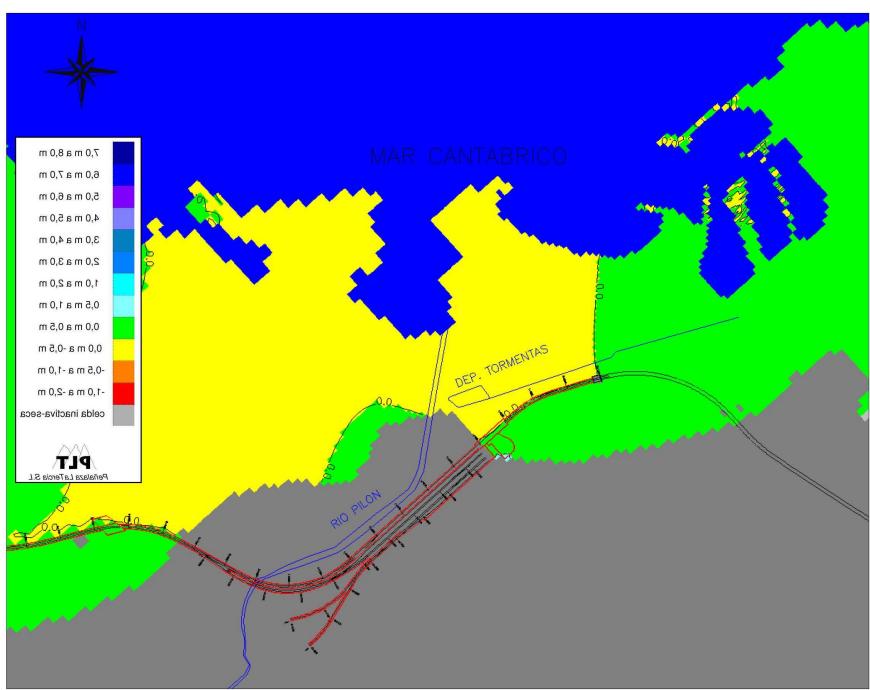


Fig. 9.10.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



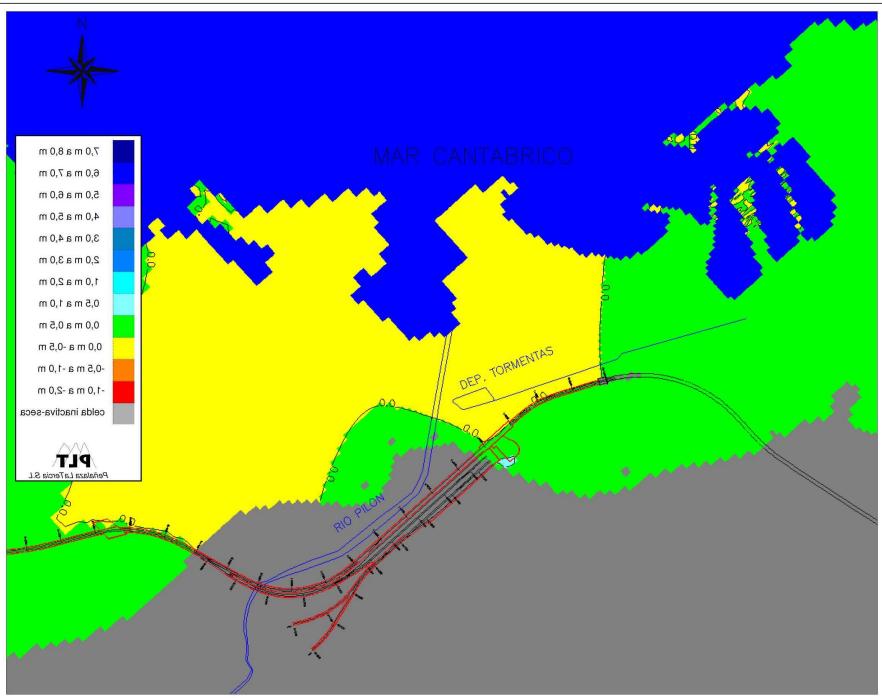


Fig. 9.11.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



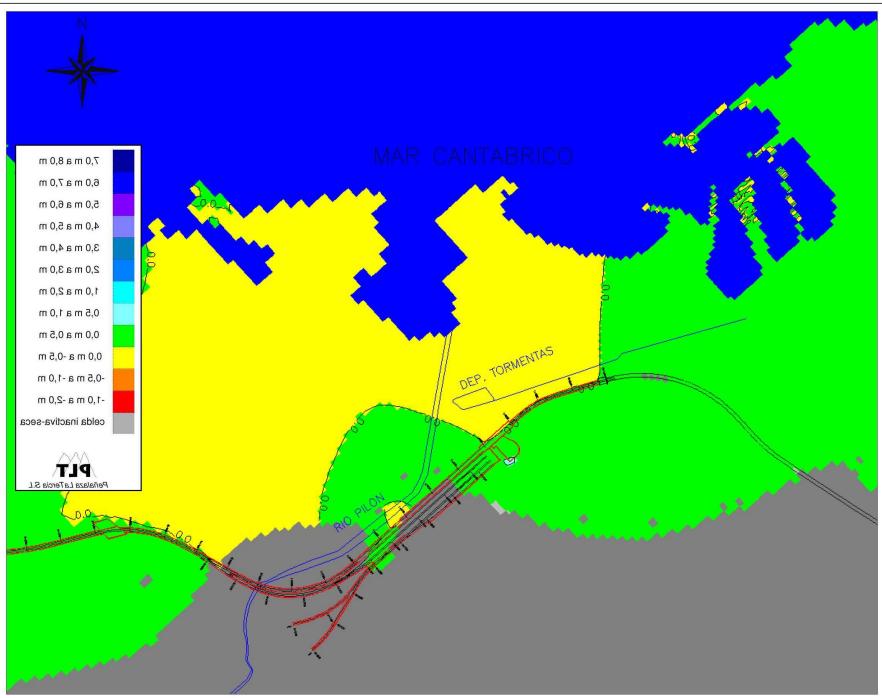


Fig. 9.12.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



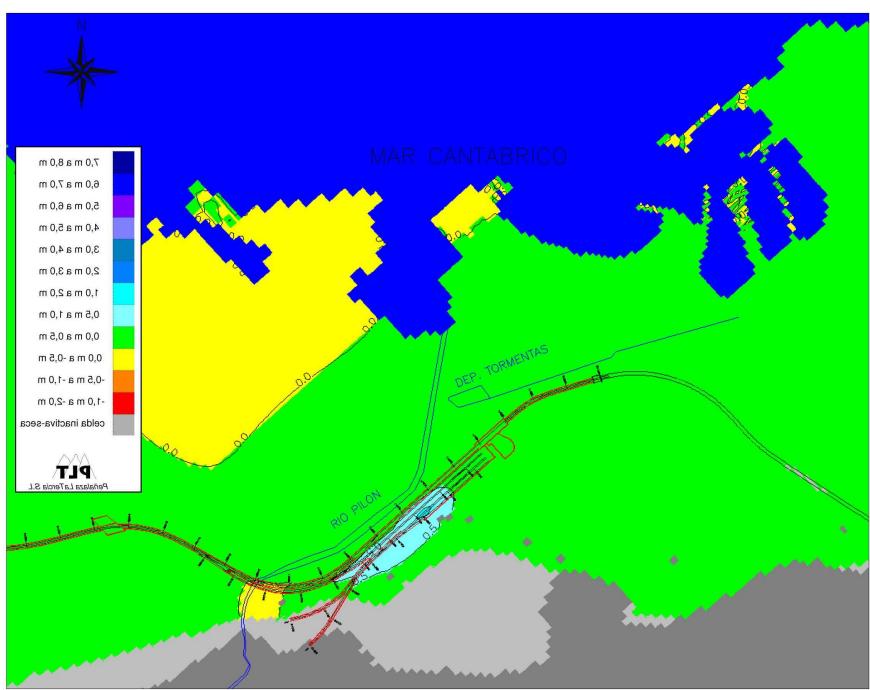


Fig. 9.13.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



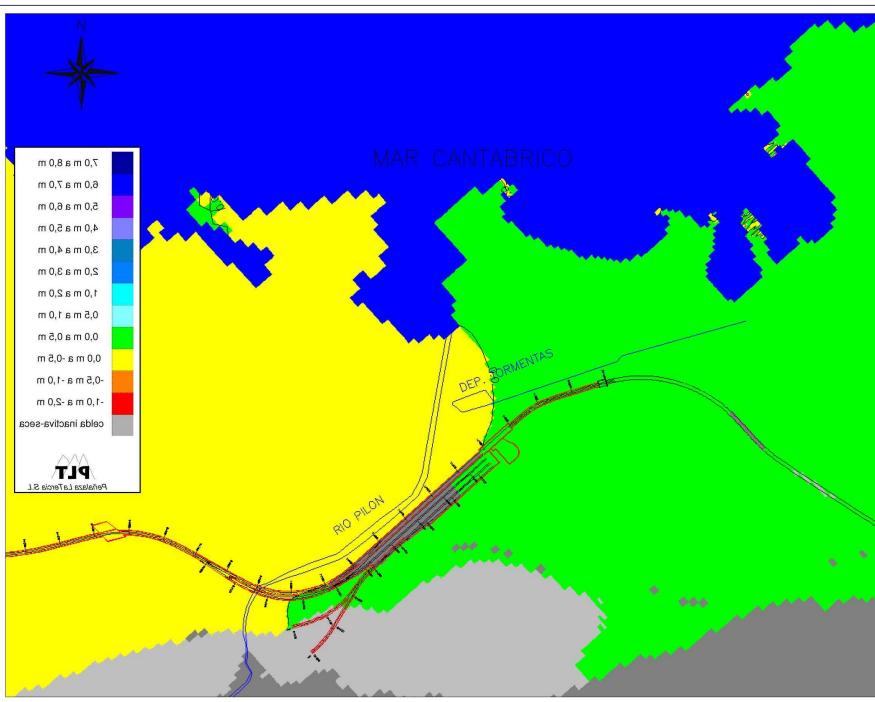


Fig. 9.14.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



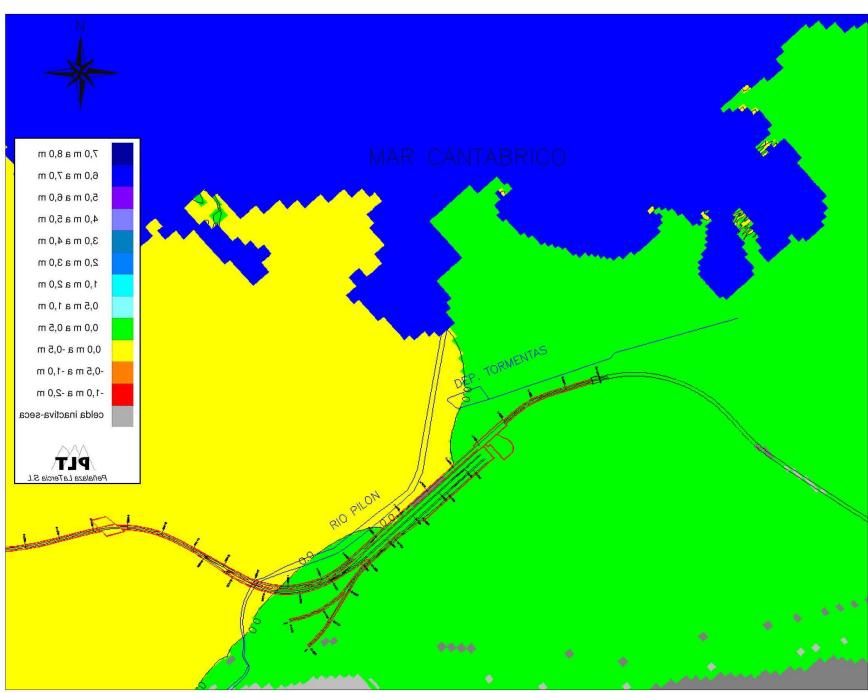


Fig. 9.15.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



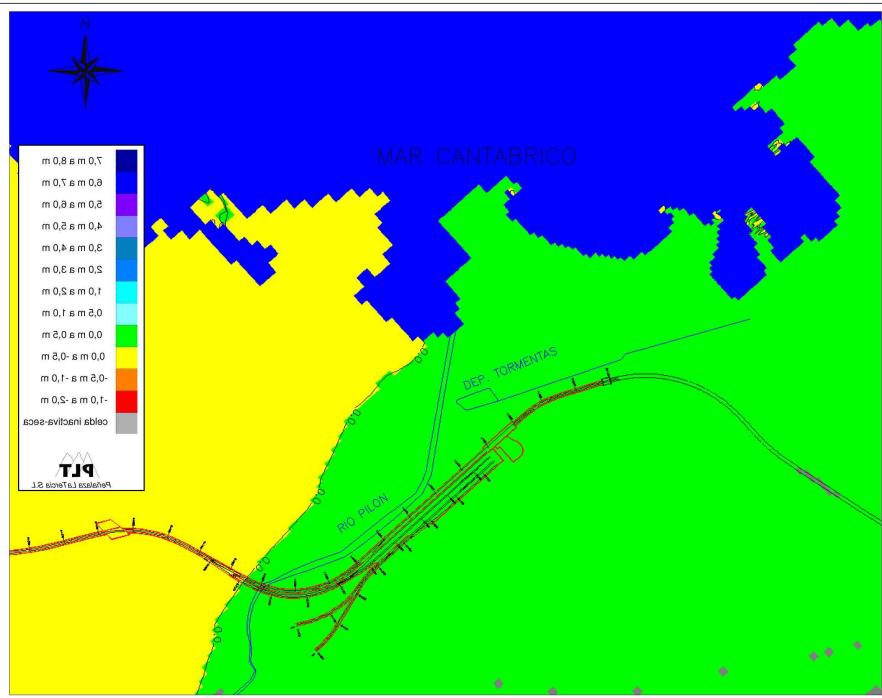


Fig. 9.16.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Moreda)



9.1.3. Impacto probable de las obras de la estación sin medidas de drenaje (Alternativa Museo)

En las figuras 9.17 a 9.24, se presentan los planos de isoascensos simulados en las capas 1 a 8 del modelo, respectivamente, como resultado de la construcción de las obras de la Alternativa Museo sin medidas correctoras para el restablecimiento del flujo.

En la capa 1 del modelo (figura 9.17), correspondiente al acuífero cuaternario, se obtienen ascensos relativos aguas arriba (al sureste de la estación) superiores a 1 m en la mayor parte del área afectada por las obras y valores máximos en torno a 2 m. Los descensos relativos aguas abajo (al noroeste de la estación) superan en la mayor parte del área junto a las obras el valor de 1 m, alcanzándose valores máximos alrededor de 1,7 m pegado a las pantallas del aparcamiento subterráneo.

En las capas 2, 3 y 4 del modelo (figuras 9.18, 9.19 y 9.20), correspondientes al "acuífero jurásico somero" que aparece en el tramo final del proyecto, las variaciones piezométricas como resultado de la construcción de las obras son muy elevadas, sobre todo los ascensos relativos aguas arriba de la estación. Los ascensos superan la cifra de 2 m en toda la traza del proyecto, con valores máximos próximos a 7 m en la capa 4 del modelo, en torno al p.k. 0+700 de vía del FEVE y en una zona muy reducida en torno al p.k. 0+350 de la misma vía. Los descensos relativos, más contenidos, alcanzan valores máximos de 2 m al noroeste del p.k. 1+280 de la línea de cercanías.

En la capa 5 del modelo (figura 9.21), correspondiente a la capa lutítico-margosa que separa los niveles acuíferos jurásicos somero y profundo definidos en el área de la estación, se observan ascensos relativos superiores a 0,5 m en una gran parte del área situada al sur de las obras. Las variaciones piezométricas positivas alcanzan valores máximos de 2 m en torno al p.k. 0+350 de la vía del FEVE, relacionado con los ascensos piezométricos en el acuífero jurásico suprayacente en esta misma zona. Los descensos relativos apenas superan 0,5 m en una estrecha banda pegada a las pantallas entre los pp.kk. 1+200 y 1+520 de la vía de cercanías.

Por último, en las capas 6, 7 y 8 del modelo (figuras 9.22 a 9.24), correspondiente al "acuífero jurásico profundo", tanto los ascensos como los descensos se sitúan por debajo de 0,5 m. Este comportamiento se debe a la elevada permeabilidad del acuífero, que permite con una variación relativamente reducida reconfigurar la distribución piezométrica del acuífero para adaptarse a las nuevas condiciones. En medios de alta permeabilidad, tal cual se deduce de la piezometría observada y de los ensayos de bombeos realizados en la zona próxima a la estación, un pequeño aumento del gradiente hidráulico permite la removilización o reajuste de caudales subterráneos relativamente importantes.



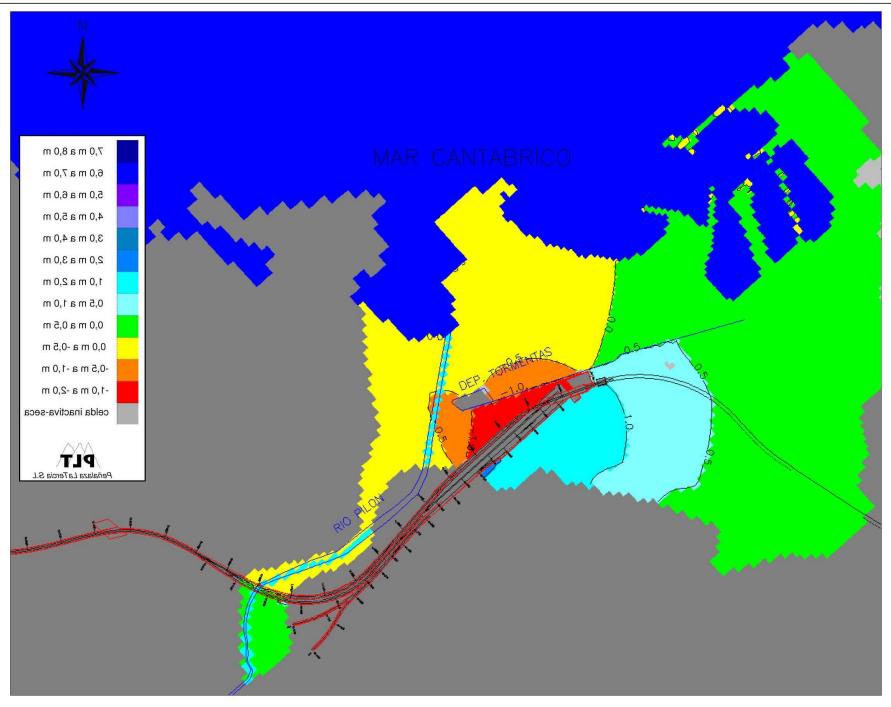


Fig. 9.17.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



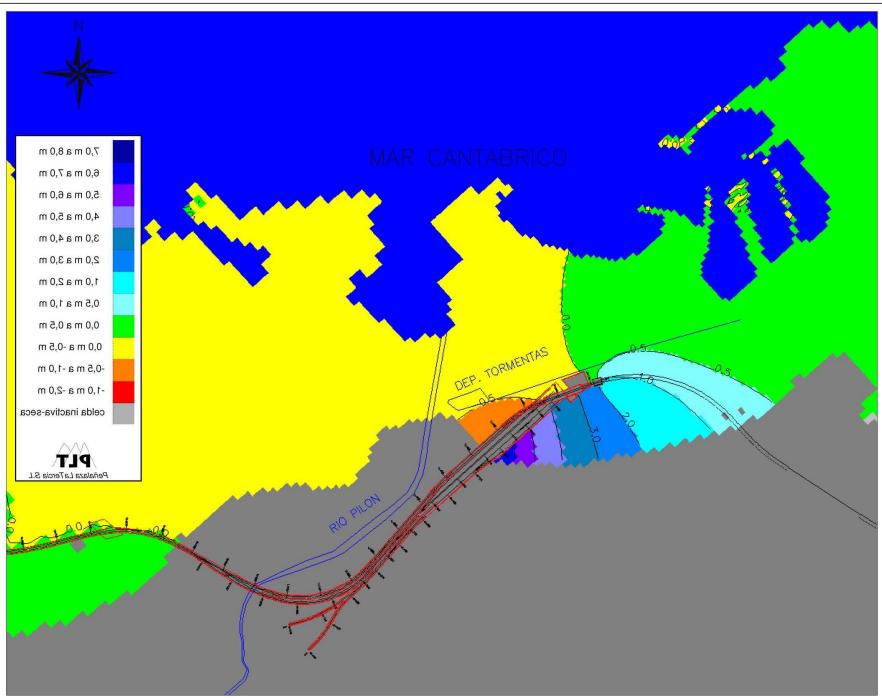


Fig. 9.18.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



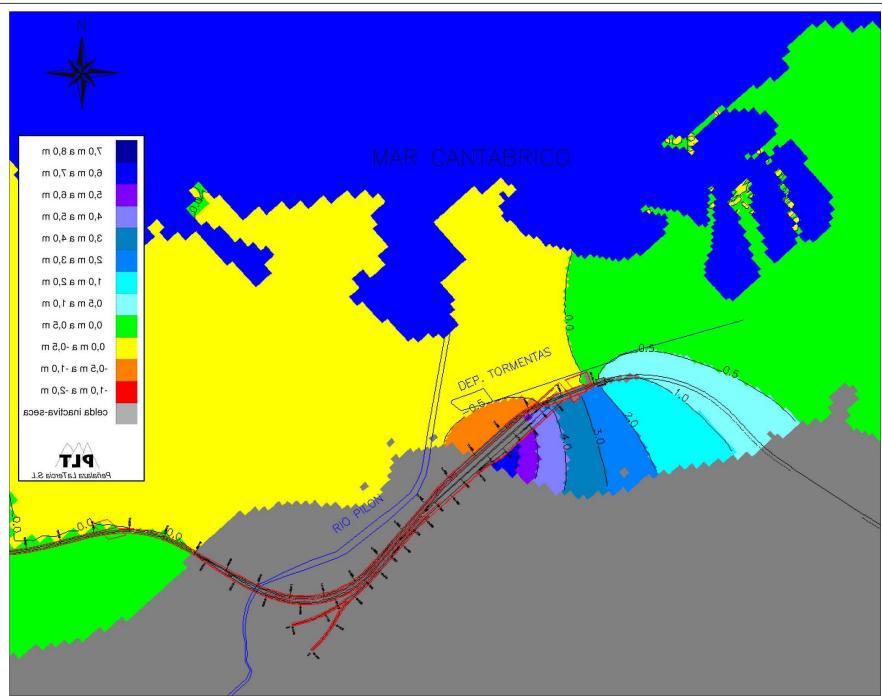


Fig. 9.19.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



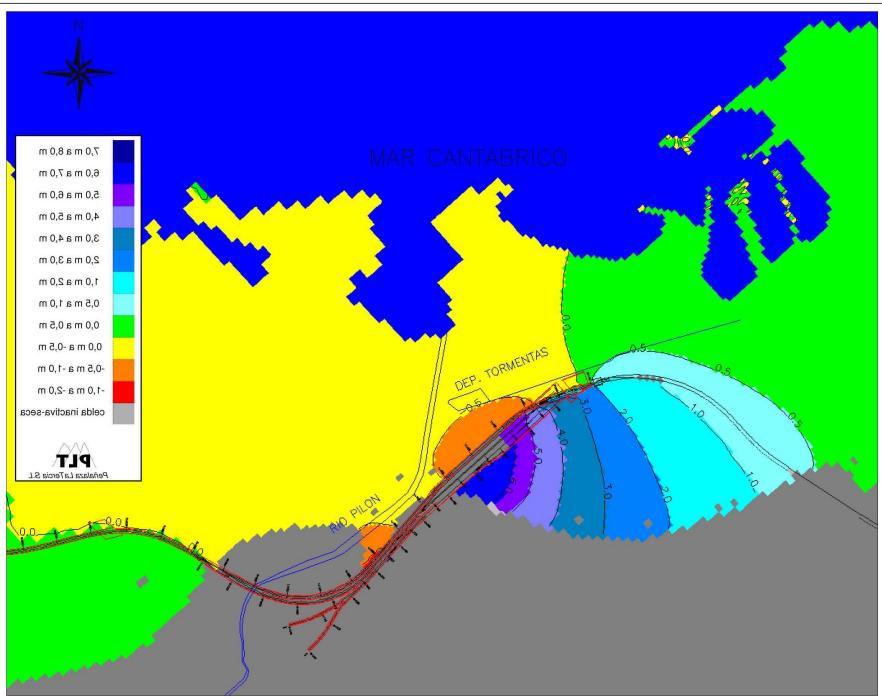


Fig. 9.20.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



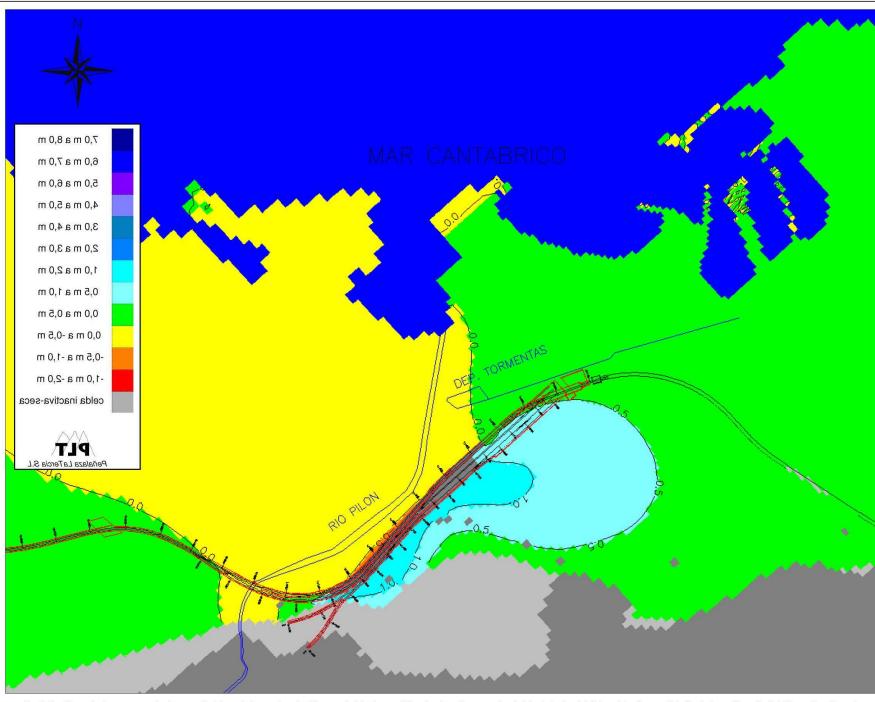


Fig. 9.21.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



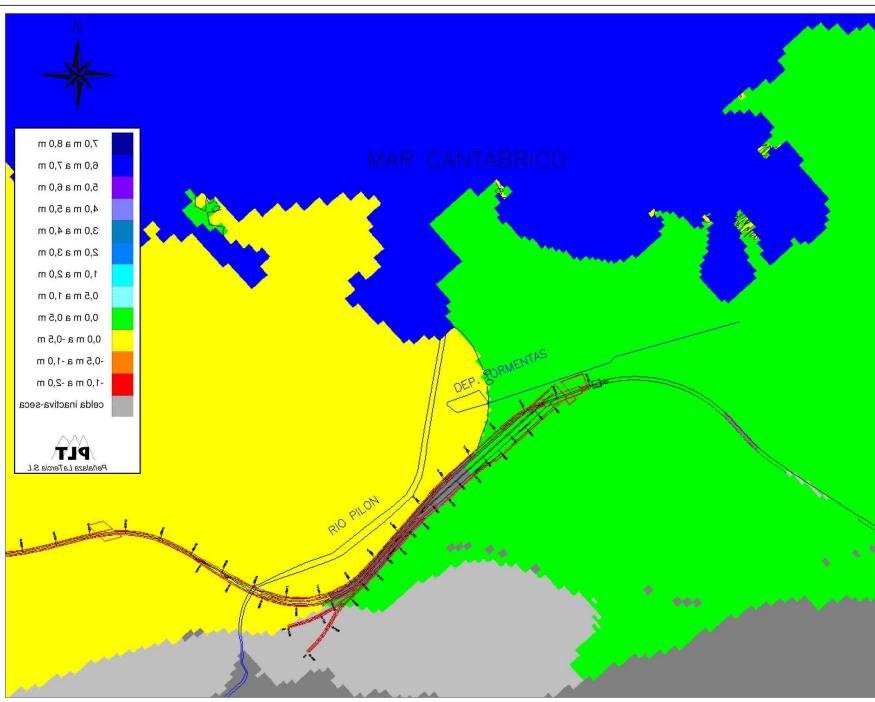


Fig. 9.22.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



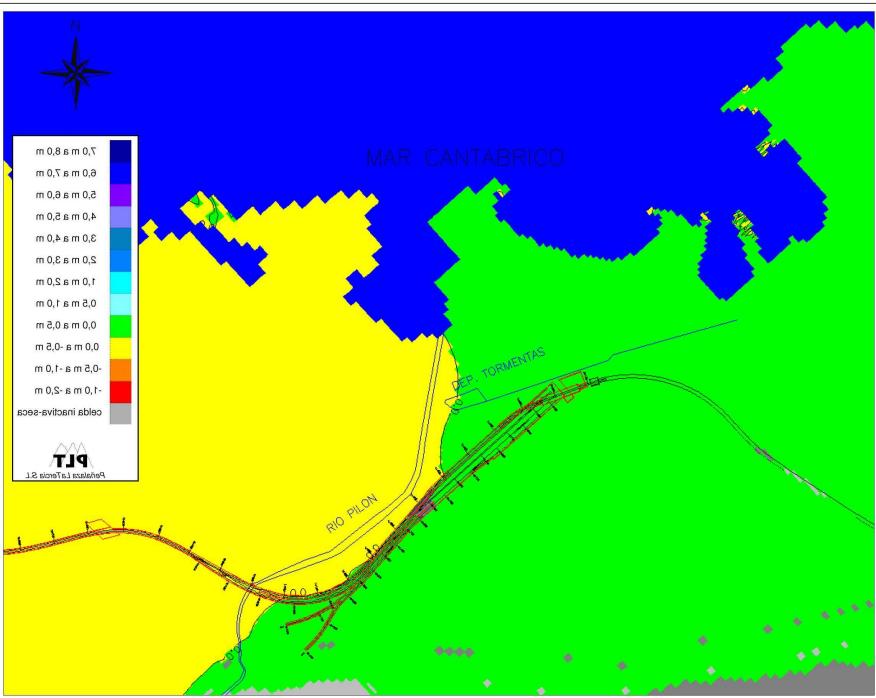


Fig. 9.23.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



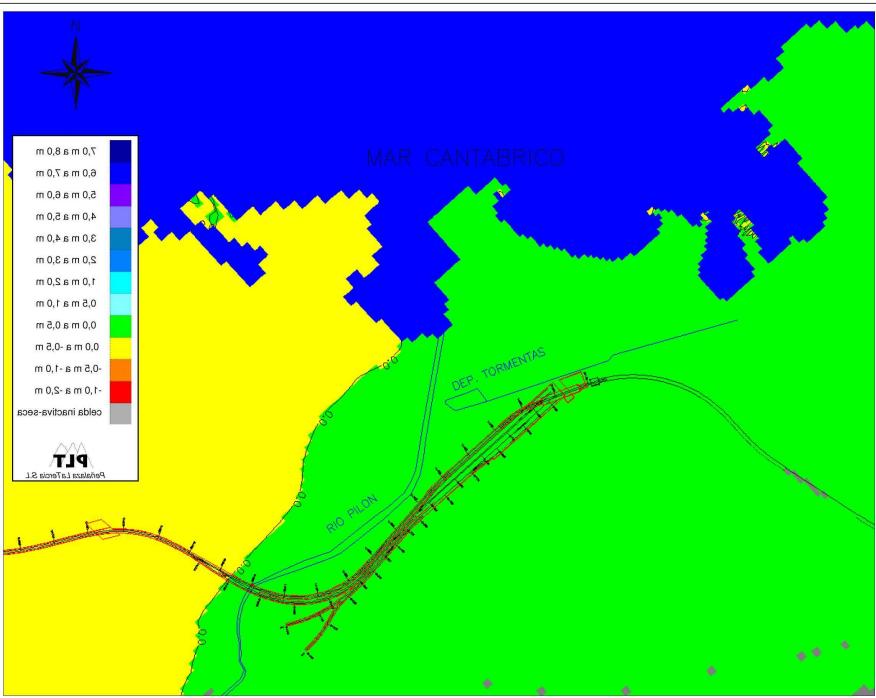


Fig. 9.24.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



9.1.4. Impacto probable de las obras de la estación con medidas de drenaje (Alternativa Museo)

En este subapartado, se presenta para la Alternativa Museo, el efecto probable de la implantación de las medidas de drenaje que suavizarían a valores admisibles, el efecto barrera observado en las simulaciones anteriores bajo las condiciones de la "hipótesis de calibración".

Con el objeto de suavizar a valores razonables desde el punto de vista hidrogeológico el efecto barrera provocado por las actuaciones previstas, se ha seguido un proceso iterativo en el que se fue aumentando progresivamente las medidas de drenaje en aquellas zonas en las que variaciones piezométricas eran superiores 0,5 m, con el objeto de reducir las variaciones relativas a valores inferiores esta cifra, o como mucho permitir variaciones entre 0,5 y 1 m en áreas localizadas. Este proceso ha permitido obtener una distribución de medidas de drenaje necesarias, que se traducen en unos valores de permeabilización de la barrera, o de restitución de una porción determinada de la sección inicial del flujo subterráneo natural previa a las obras.

Aunque este porcentaje de liberalización o permeabilización de la barrera, podría conseguirse con varios tipos de medidas de drenaje, como por ejemplo portillos en las pantallas, se hace una estimación aproximada del número de sifones necesarios para obtener un determinado porcentaje de permeabilización en cada tramo. Las características de los sifones serían las descritas en el apartado 10.3. En fases posteriores de estudio, se recomienda valorar la implantación de otras medidas de drenaje, como los portillos, ya que son medidas de mayor durabilidad que los sifones y no necesitan mantenimiento.

A continuación en el cuadro adjunto, se presenta la distribución de medidas de restitución del flujo subterráneo necesarias para cada capa del modelo, tomando como referencia el kilometraje de la vía derecha de cercanías. No obstante, la permeabilización de la barrera se extendería también a las pantallas de la línea de largo recorrido y FEVE, en aquellos tramos que éstas provocan un cierre total o parcial al flujo subterráneo. No se proponen medidas de restitución en el acuífero jurásico profundo, por que no se han considerado necesarias. Las medidas de drenaje para el acuífero cuaternario y al acuífero jurásico somero se proponen separadamente, para evitar la mezcla de aguas, y las medidas de drenaje para el acuítardo se integran con las del acuífero jurásico somero.

ACUÍFERO	CAPA MODELO	ALTERNATIVA MIUSEO						
		HIPOTESIS CALIBRACIÓN						
		Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones	
Cuaternario	1	1+660	1+770	110	15%	30	3	
	No.	1+770	2+110	340	10%	40	8	
Jurásico somero	2	1+730	1+790	60	30%	15	4	
		1+790	2+110	320	15%	30	10	
	3	1+690	1+790	100	30%	15	6	
		1+790	2+110	320	15%	30	10	
	4	1+280	1+340	60	15%	30	2	
		1+590	1+790	200	30%	15	13	
		1+790	2+110	320	15%	30	10	
Acuitardo	5	1+120	1+280	160	10%	40	4	
		1+280	1+340	60	15%	30	2	
		1+340	1+590	250	10%	40	6	
		1+590	1+790	200	30%	15	13	
		1+790	1+920	130	15%	30	4	
Jurásico profundo	6	=		-	-	-	-	
	7	н	H	H	œ	H	ä	
	8	-	-	-	-	-	-	



En la figura 9.25 que representa el acuífero cuaternario (capa 1), se observa como la implantación de las medidas de restitución reduce las variaciones piezométricas a valores inferiores a 0,5 m prácticamente en todo el área del modelo.

En las figuras 9.26, 9.27 y 9.28 que corresponden respectivamente a las capas 2, 3 y 4 del modelo y que representan al "acuífero jurásico somero", las variaciones piezométricas se sitúan por debajo de los 50 cm en prácticamente todo el área, salvo en un retazo de tamaño muy reducido situado al suroeste de las pantallas en torno al p.k. 0+850 de la vía derecha del FEVE, donde se supera levemente esta cifra.

En la figura 9.29, se representa la variación piezométrica en la capa 5 del modelo que representa el acuitardo margoso-lutítico que separa ambos niveles acuíferos jurásicos. En este caso, las variaciones piezométricas se reducen a valores inferiores a 0,5 m en la mayor parte del modelo, apareciendo una zona al sureste de las obras donde los ascensos se sitúan por encima de esta cifra, aunque siempre por debajo de 1 m.

Finalmente, en las capas 6, 7 y 8 (figuras 9.30, 9.31 y 9.32) que representa el "acuífero jurásico profundo", las variaciones piezométricas como consecuencia de las obras se sitúan siempre por debajo de 0,5 m.

A continuación se resumen las medidas de drenaje propuestas, así como la distribución equivalente de los 46 sifones previstos.

ACUÍFERO	ALTERNATIVA MUSEO									
	HIPOTESIS CALIBRACIÓN									
	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones				
Cuaternario	1+660	1+770	110	15%	30	3				
Cuate	1+770	2+110	340	10%	40	8				
tardo	1+120	1+280	160	10%	40	4				
+ Acui	1+280	1+340	60	15%	30	2				
mero	1+340	1+590	250	10%	40	6				
Jurásico somero + Acuitardo	1+590	1+790	200	30%	15	13				
Jurás	1+790	2+110	320	15%	30	10				



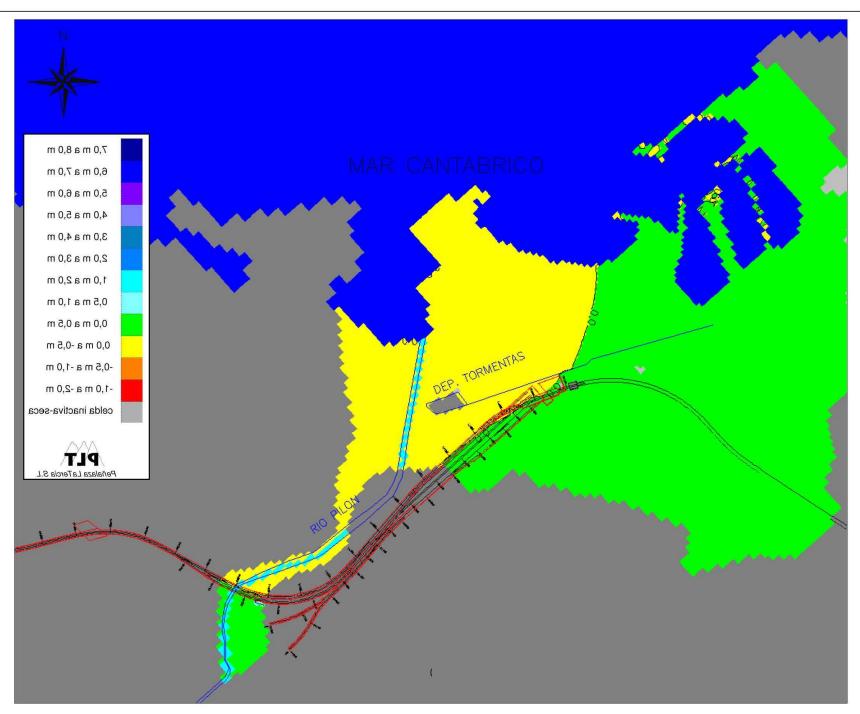


Fig. 9.25.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



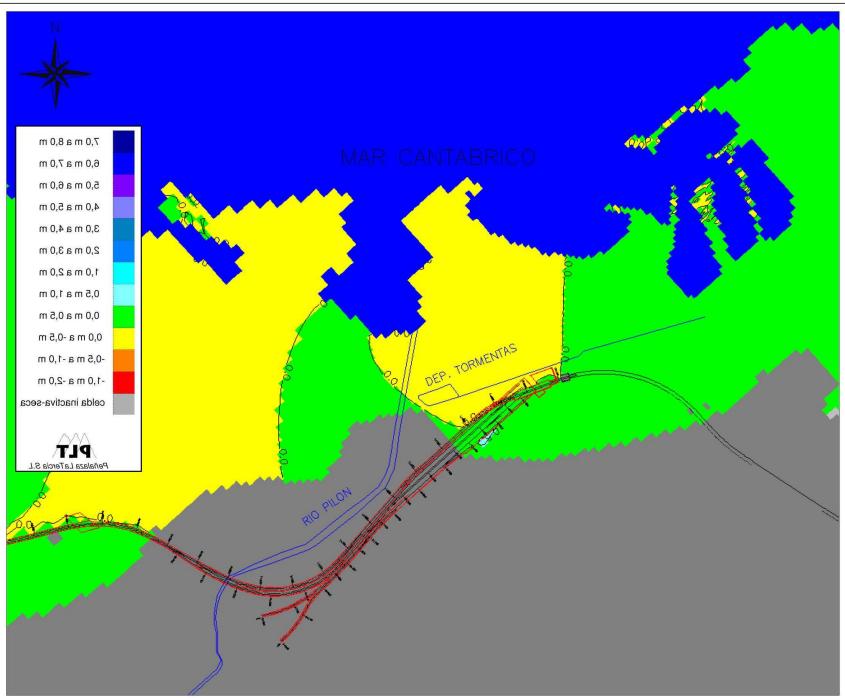


Fig. 9.26.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



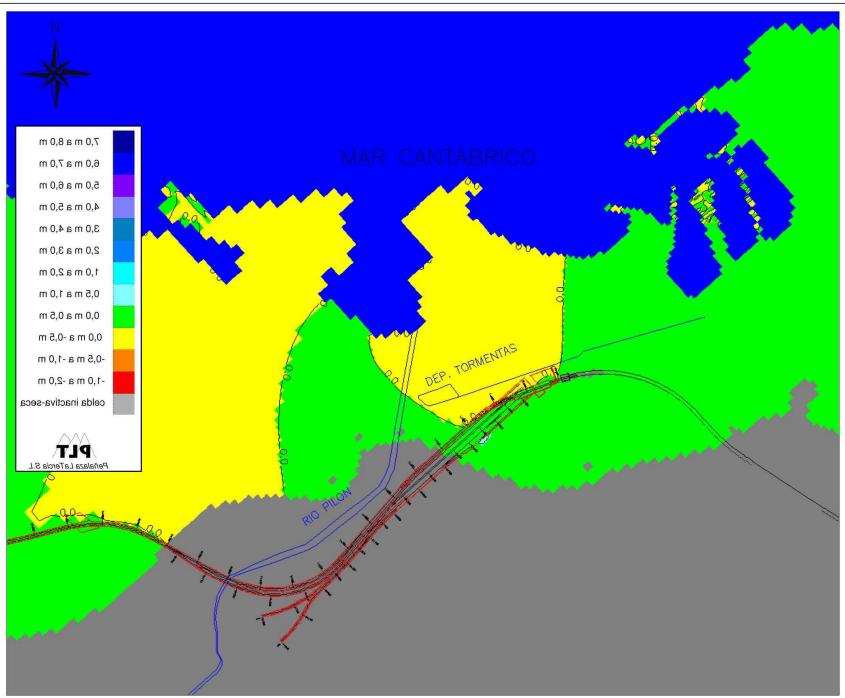


Fig. 9.27.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



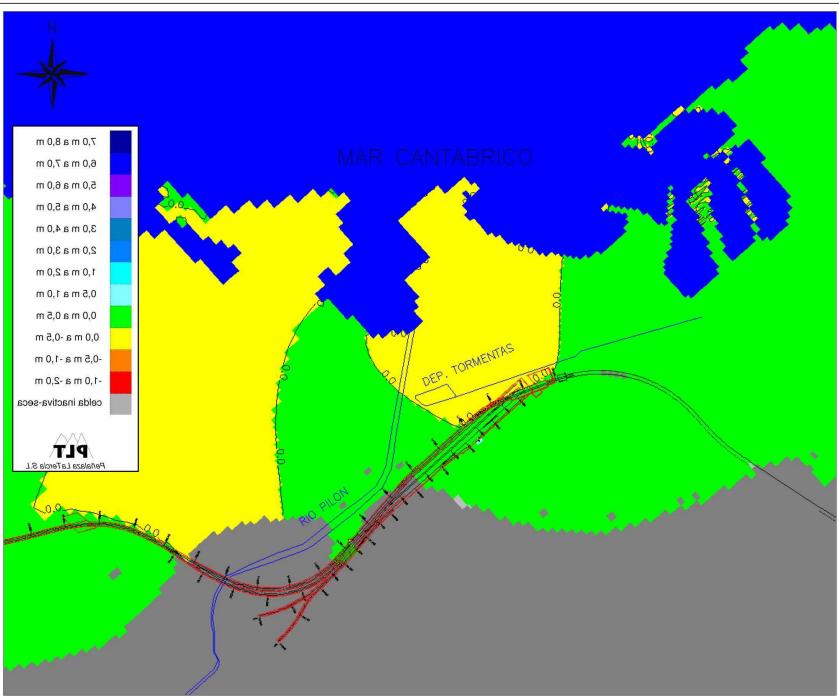


Fig. 9.28.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



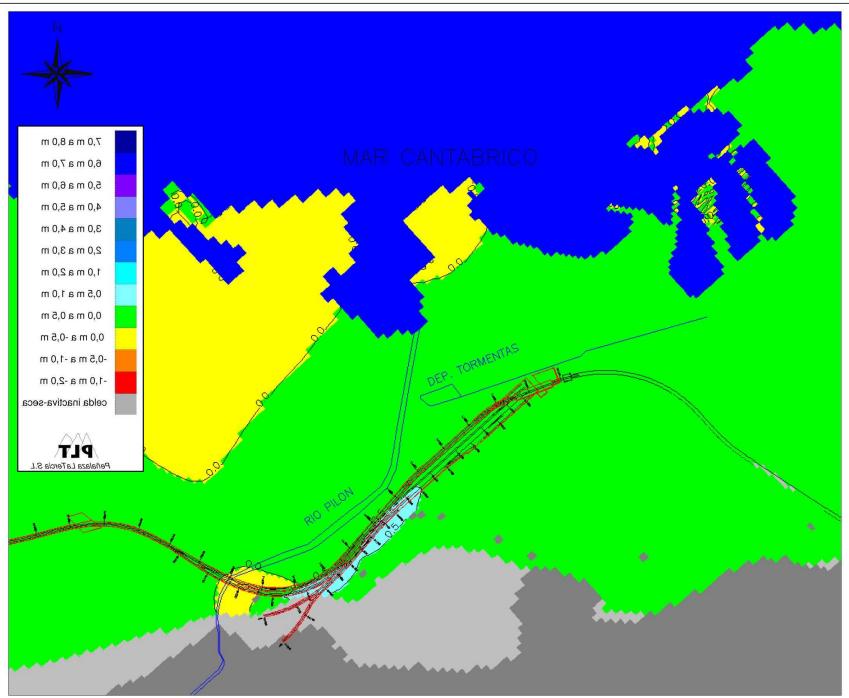


Fig. 9.29.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



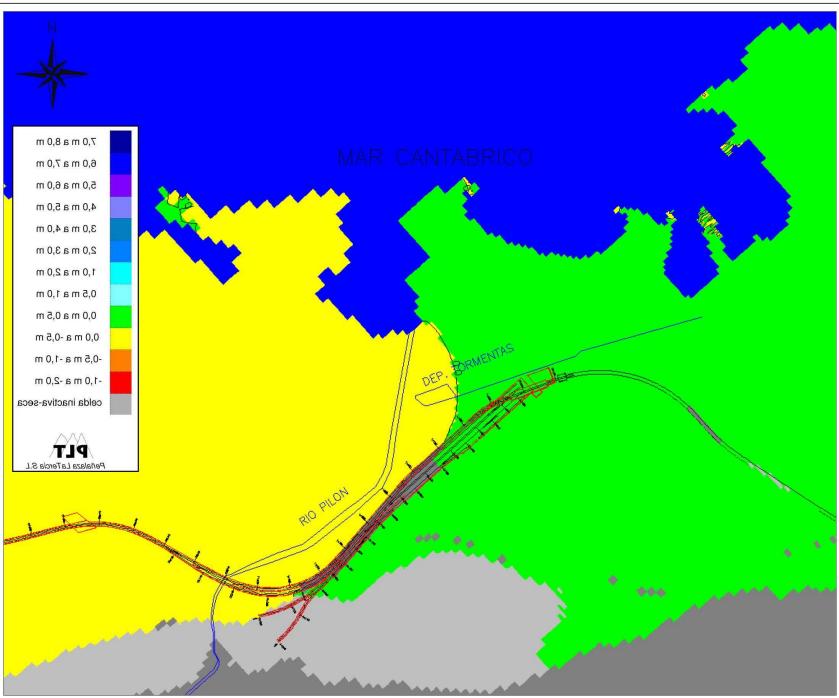


Fig. 9.30.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



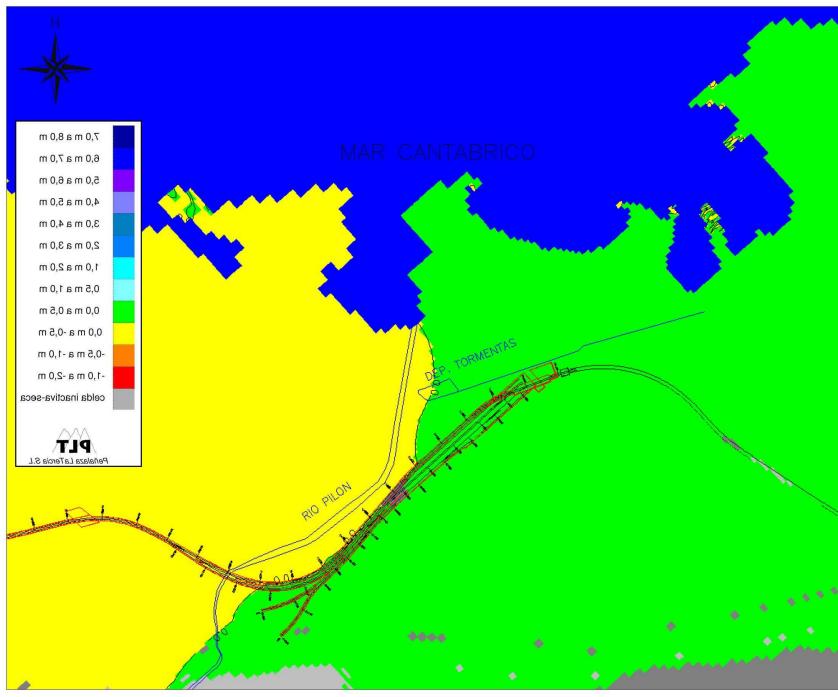


Fig. 9.31.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



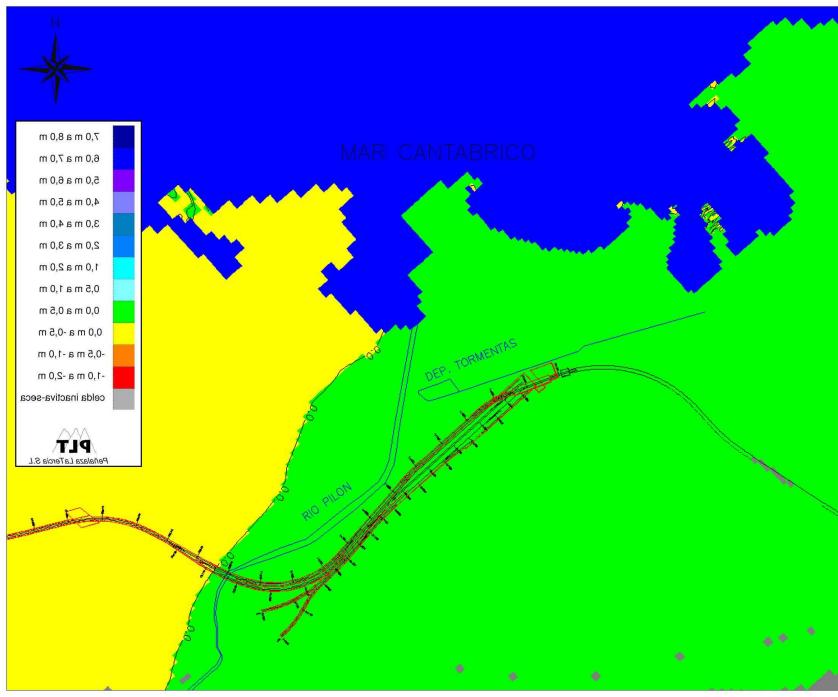


Fig. 9.32.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis de calibración". (Alternativa Museo)



9.2. Hipótesis húmeda

En este apartado, se analiza el probable efecto barrera conjunto provocado por las obras de la estación bajo las condiciones establecidas en la "hipótesis húmeda". Los resultados se presentan mediante planos de isoascensos, para cada una de las alternativas contempladas, que indican la probable variación piezométrica relativa producida como resultado de la construcción de las obras, considerando como punto de partida la "hipótesis húmeda". Es decir, se simula en régimen permanente el sobreascenso que provocarían las obras proyectadas sobre unos niveles piezométricos ya por sí elevados, correspondientes a un periodo especialmente lluvioso.

Se comparan los niveles piezométricos resultantes con los establecidos en la "hipótesis húmeda", debido a que el objetivo final es valorar las medidas de drenaje necesarias para que las obras previstas no supongan un obstáculo importante a la circulación subterránea, lo que supondría un agravamiento añadido a los ascensos producidos por causas naturales.

Se analiza por separado el efecto barrera de las alternativas Moreda y Museo. Para cada una de ellas, se analiza en primer lugar el probable efecto barrera de la estación tal cual ha sido definida en el proyecto, sin considerar ningún tipo de medidas de drenaje adicionales para el restablecimiento del flujo subterráneo de los acuíferos a través de las obras. Posteriormente, se analiza para cada alternativa el probable efecto mitigante o suavizador de las medidas correctoras propuestas en el estudio.

9.2.1. Impacto probable de las obras de la estación sin medidas de drenaje (Alternativa Moreda)

En las figuras 9.33 a 9.40, se presentan los planos de isoascensos simulados en las capas 1 a 8 del modelo, respectivamente, como resultado de la construcción de las obras de esta alternativa sin medidas de drenaje adicionales bajo las condiciones de la hipótesis húmeda.

En la capa 1 del modelo (figura 9.33), correspondiente al acuífero cuaternario, se obtienen ascensos relativos aguas arriba (al sureste de la estación) superiores a 1 m en la mayor parte del área afectada por las obras, con valores máximos en torno a 2,5 m. Los descensos relativos aguas abajo (al noroeste de la estación) también superan en la mayor parte del área junto a las obras el valor de 0,5 m, alcanzándose valores máximos alrededor de 1,7 m. Si se compara estos valores con los obtenidos en la hipótesis de calibración (figura 9.1), se observa como la situación se agrava; la extensión de las zonas

con variaciones piezométricas más fuertes ha aumentado de tamaño, así como los valores máximos alcanzados.

Igualmente, en las capas 2, 3 y 4 del modelo (figuras 9.34, 9.35 y 9.36), correspondientes al "acuífero jurásico somero" que aparece en el tramo final del proyecto, las variaciones piezométricas como resultado de la construcción de las obras han aumentado respecto a las simulaciones bajo las condiciones de la "hipótesis de calibración". Los ascensos superan la cifra de 1 m en toda la zona del proyecto, con valores máximos de 5,9 m en la capa 4 al suroeste del aparcamiento, y de 7 m en una pequeña zona en torno al p.k. 0+330 de la vía del FEVE. Los descensos relativos, más contenidos, alcanzan valores máximos de 1.8 m al noroeste del p.k. 1+280 de la línea de cercanías.

En la capa 5 del modelo (figura 9.37), correspondiente a la capa lutítico-margosa que separa los niveles acuíferos jurásicos somero y profundo definidos en el área de la estación, se observan ascensos relativos superiores a 0,5 m en todo el área situada al sur de las obras. En este caso, las variaciones piezométricas positivas alcanzan valores superiores a 1 m en una zona más amplia que en la figura 9.5 ("hipótesis de calibración"), mientras que los descensos relativos muestran valores por debajo o levemente por encima de 0,5 m.

En las capas 6, 7 y 8 del modelo (figuras 9.38, 9.39 y 9.40), correspondiente al "acuífero jurásico profundo", tanto los ascensos como los descensos continúan por debajo de 0,5 m. No obstante se observa como los ascensos máximos han aumentado respecto a las condiciones de la "hipótesis de calibración".

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón

105 de 156



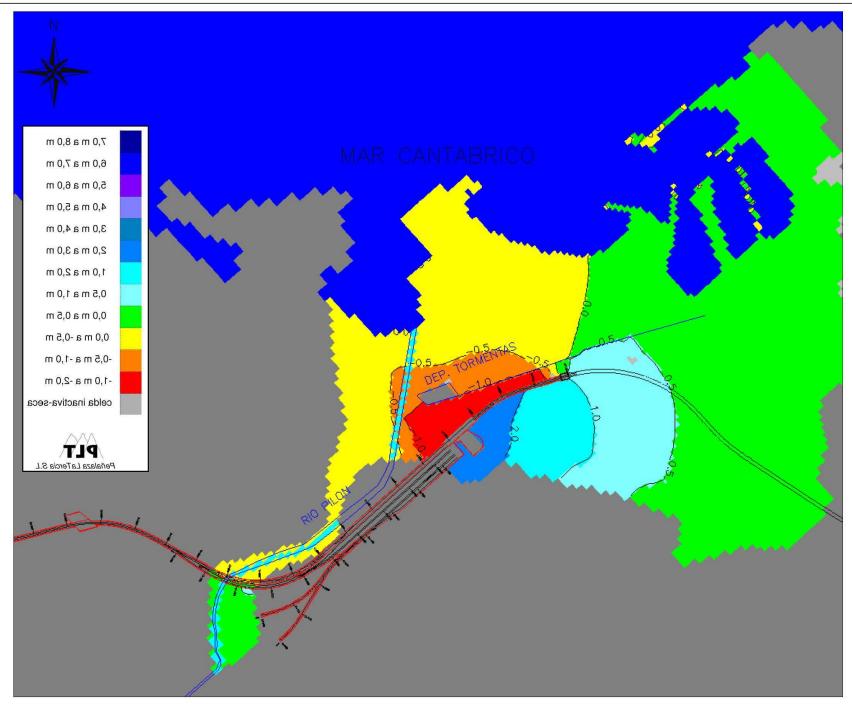


Fig. 9.33.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



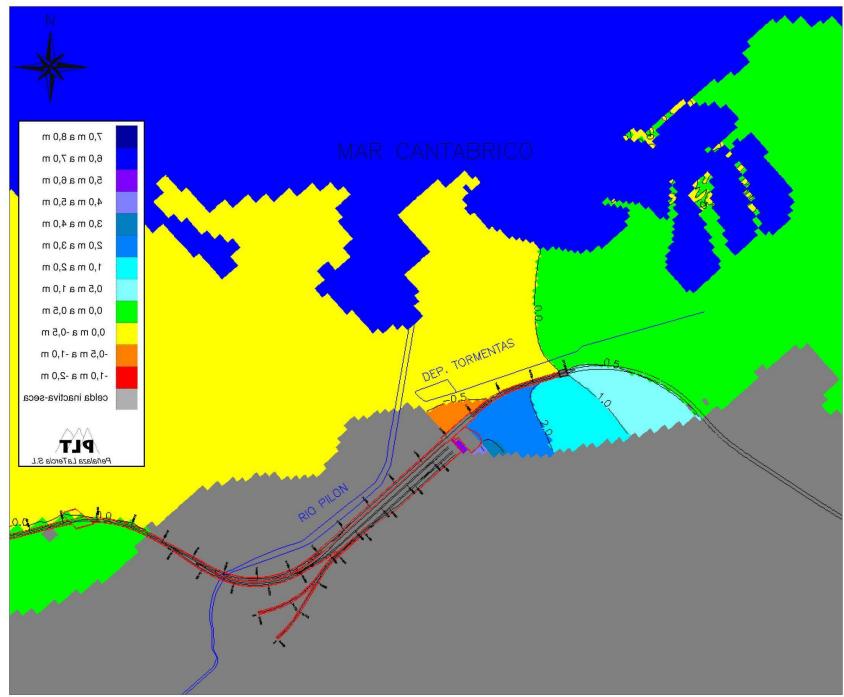


Fig. 9.34.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



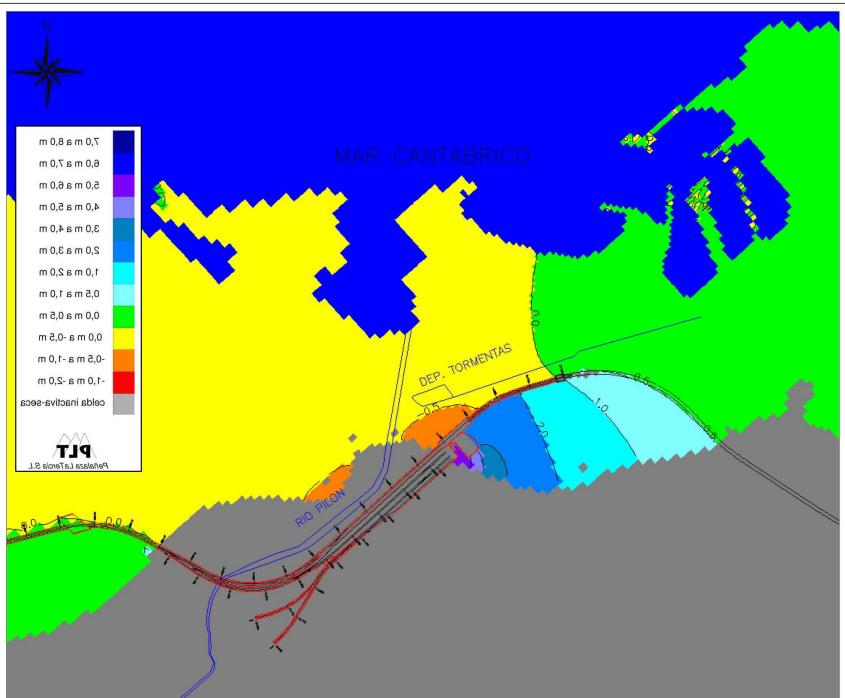


Fig. 9.35.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



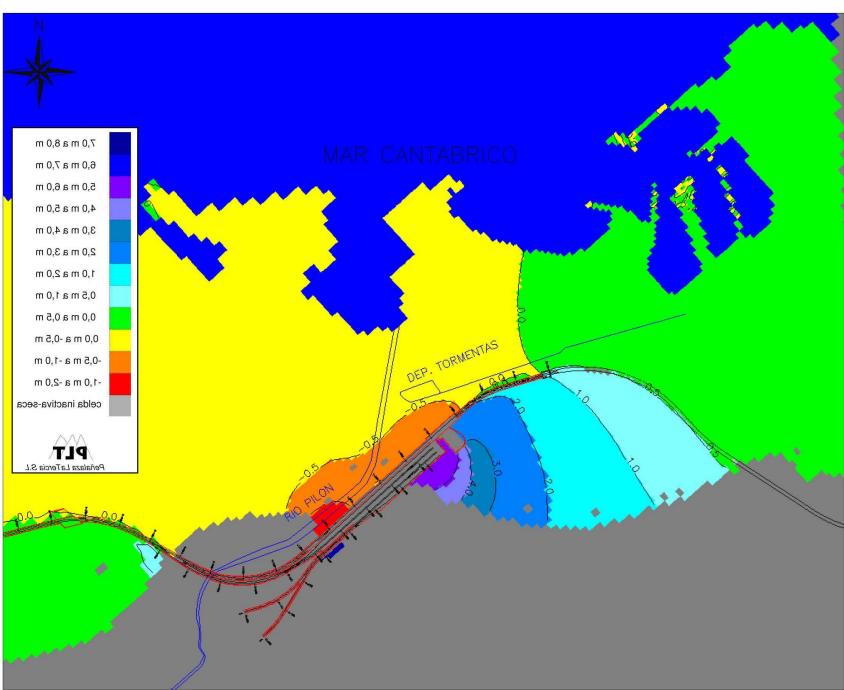


Fig. 9.36.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



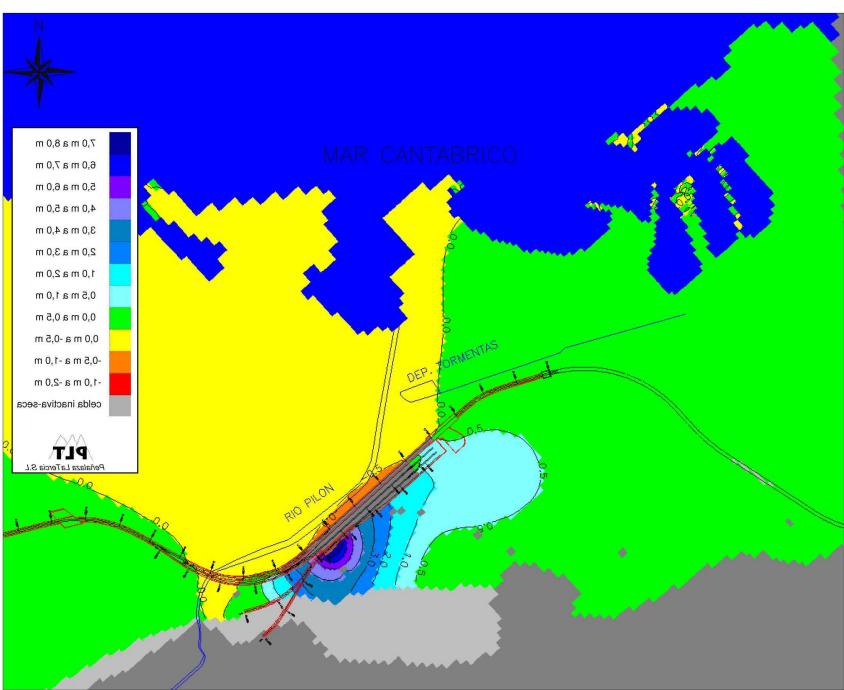


Fig. 9.37.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



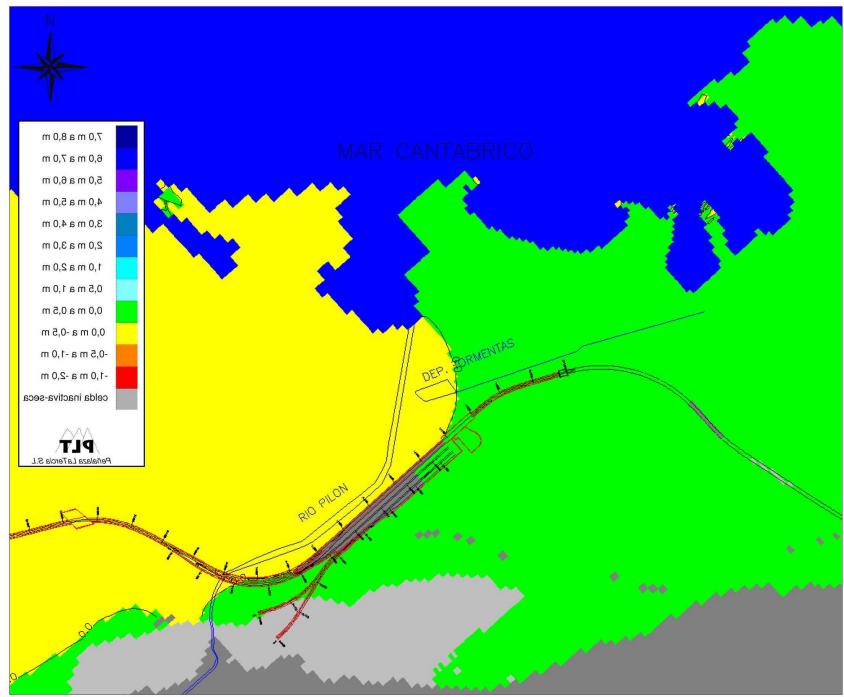


Fig. 9.38.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



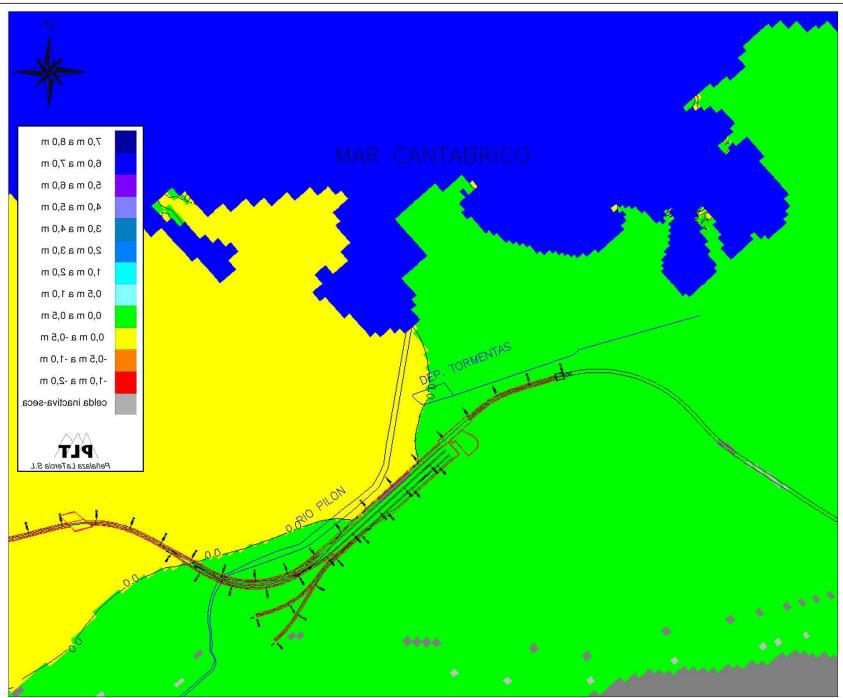


Fig. 9.39.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



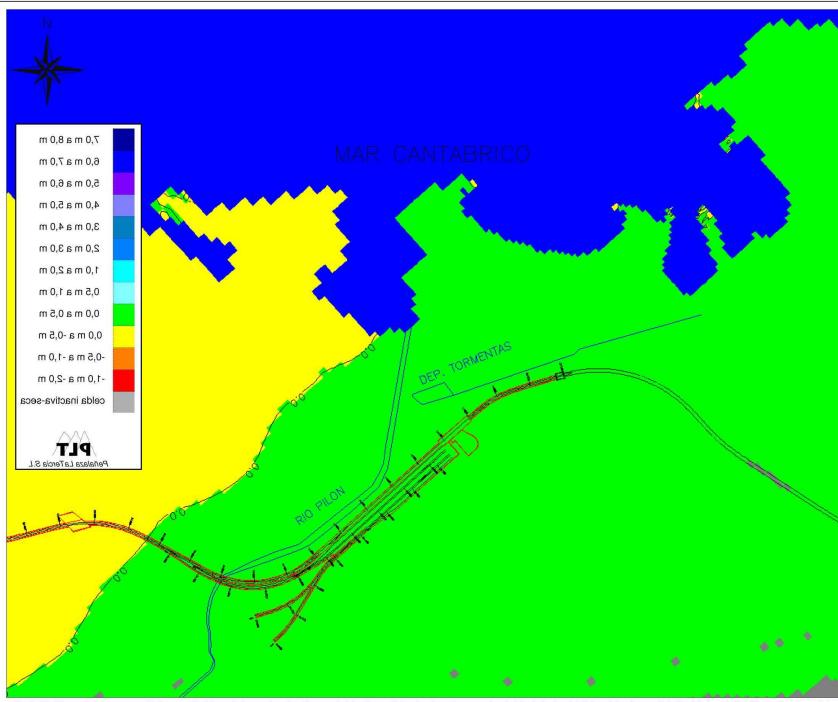


Fig. 9.40.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



9.2.2. Impacto probable de las obras de la estación con medidas de drenaje (Alternativa Moreda)

En este subapartado, se presenta para la Alternativa Moreda el efecto probable de la implantación de las medidas de drenaje que suavizarían a valores admisibles, el efecto barrera observado en las simulaciones anteriores bajo las condiciones de la "hipótesis húmeda".

La distribución de medidas de restitución, al igual que en el caso de "hipótesis de calibración", han sido obtenidas siguiendo un proceso iterativo en el que se ha ido incrementando progresivamente las medidas de restitución del flujo, hasta alcanzar una distribución de variaciones piezométricas inferiores a 0,5 m, o a lo sumo entre 0,5 y 1 m, en áreas localizadas pegadas a las obras. Este proceso ha permitido obtener una distribución de medidas de drenaje necesarias, que se traducen en unos valores de permeabilización de la barrera, o de restitución de una porción determinada de la sección inicial del flujo subterráneo natural previa a las obras.

Aunque este porcentaje de liberalización o permeabilización de la barrera, podría conseguirse con varios tipos de medidas de drenaje, como por ejemplo portillos en las pantallas, se hace una estimación aproximada del número de sifones necesarios para obtener un determinado porcentaje de permeabilización en cada tramo. Las características de los sifones serían las descritas en el apartado 10.3. En fases posteriores de estudio, se recomienda valorar la implantación de otras medidas de drenaje, como los portillos, ya que son medidas de mayor durabilidad que los sifones y no necesitan mantenimiento.

A continuación en el cuadro adjunto, se presenta la distribución de medidas de restitución del flujo subterráneo necesarias para cada capa del modelo, tomando como referencia el kilometraje de la vía derecha de cercanías. No obstante, la permeabilización de la barrera se extendería también a las pantallas de la línea de largo recorrido y FEVE, en aquellos tramos que éstas provocan un cierre total o parcial al flujo subterráneo. No se proponen medidas de restitución en el acuífero jurásico profundo, por que no se han considerado necesarias. Las medidas de drenaje para el acuífero cuaternario y al acuífero jurásico somero se proponen separadamente, para evitar la mezcla de aguas, y las medidas de drenaje para el acuítardo se integran con las del acuífero jurásico somero.

	CAPA MODELO	ALTERNATIVA MOREDA							
ACUÍFERO		HIPOTESIS HÚMEDA							
		Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones		
Cuaternario	1	1+620	2+080	460	10%	40	11		
	2	1+700	1+720	20	30%	15	1		
		1+720	2+080	360	15%	30	12		
mero	3	1+660	1+720	60	30%	15	4		
Jurásico somero		1+720	2+080	360	15%	30	12		
Jurás	4	1+260	1+320	60	15%	30	2		
		1+560	1+720	160	30%	15	10		
		1+720	2+080	360	15%	30	12		
	5	1+120	1+260	140	10%	40	3		
QQ QQ		1+260	1+320	60	15%	30	2		
Acuitardo		1+320	1+560	240	10%	40	6		
Ă		1+560	1+720	160	30%	15	10		
		1+720	1+800	80	15%	30	2		
fundo	6	=	15	-		-	-		
Jurásico profundo	7	Ħ		(H		<u>a</u>		
Jurás	8	-	i=	-	-	-	-		

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



En la figura 9.41 que representa el acuífero cuaternario (capa 1), se observa como la implantación de las medidas de restitución reduce las variaciones piezométricas a valores inferiores a 0,5 m prácticamente en todo el área del modelo.

En las figuras 9.42, 9.43 y 9.44 que corresponden respectivamente a las capas 2, 3 y 4 del modelo y que representan al "acuífero jurásico somero", las variaciones piezométricas se sitúan por debajo de los 50 cm en prácticamente todo el área, salvo en unas pequeñas zonas, aguas arriba de las obras, donde no se superan nunca los 60 cm.

En la figura 9.45, se representa la variación piezométrica en la capa 5 del modelo que representa el acuitardo margoso-lutítico que separa ambos niveles acuíferos jurásicos. En este caso, las variaciones piezométricas se reducen a valores inferiores a 0,5 m en la mayor parte del modelo, apareciendo una zona al sureste de las obras donde los ascensos se sitúan por encima de esta cifra, aunque siempre por debajo de 1 m.

Finalmente, en las capas 6, 7 y 8 (figuras 9.46, 9.47 y 9.48) que representa el "acuífero jurásico profundo", las variaciones piezométricas como consecuencia de las obras se sitúan siempre por debajo de 0,5 m.

A continuación se resumen las medidas de drenaje propuestas, así como la distribución equivalente de los 44 sifones previstos.

	ALTERNATIVA MOREDA									
ERO	HIPOTESIS HÚMEDA									
ACUÍFERO	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones				
Cuaternario	1+620	2+080	460	10%	40	11				
	1+120	1+260	140	10%	40	3				
Jurásico somero + Acuitardo	1+260	1+320	60	15%	30	2				
	1+320	1+560	240	10%	40	6				
	1+560	1+720	160	30%	15	10				
	1+720	2+080	360	15%	30	12				



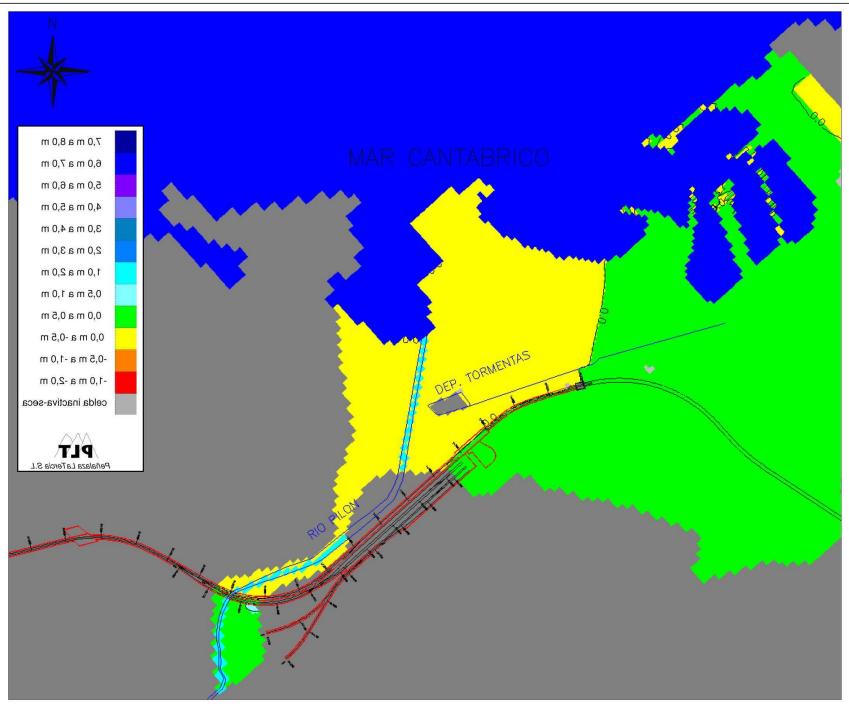


Fig. 9.41.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



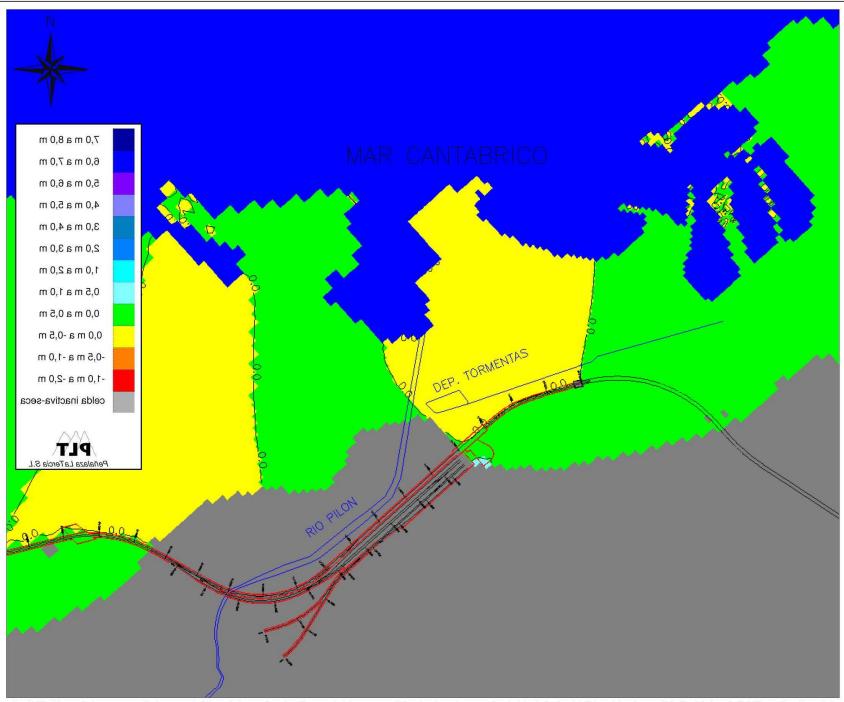


Fig. 9.42.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



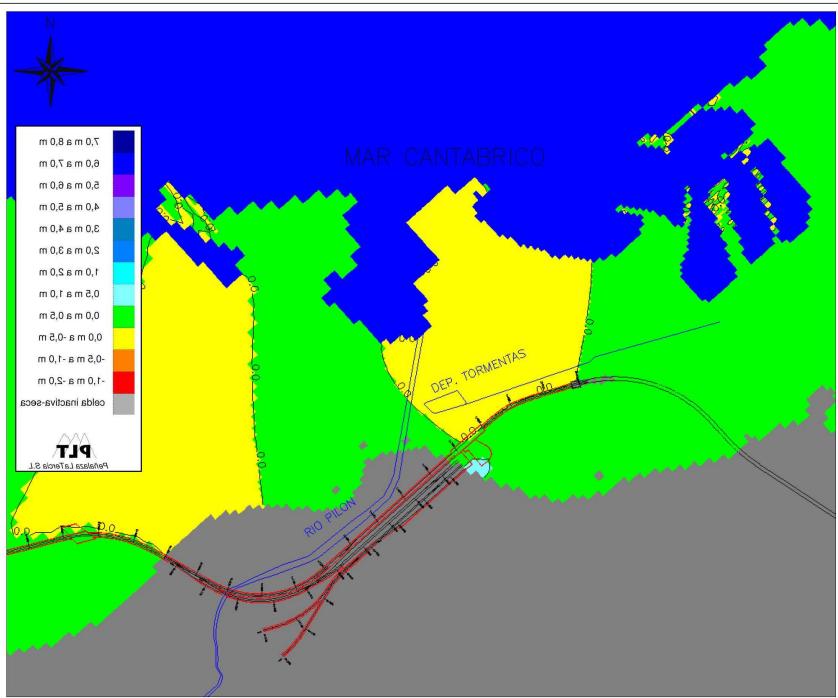


Fig. 9.43.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



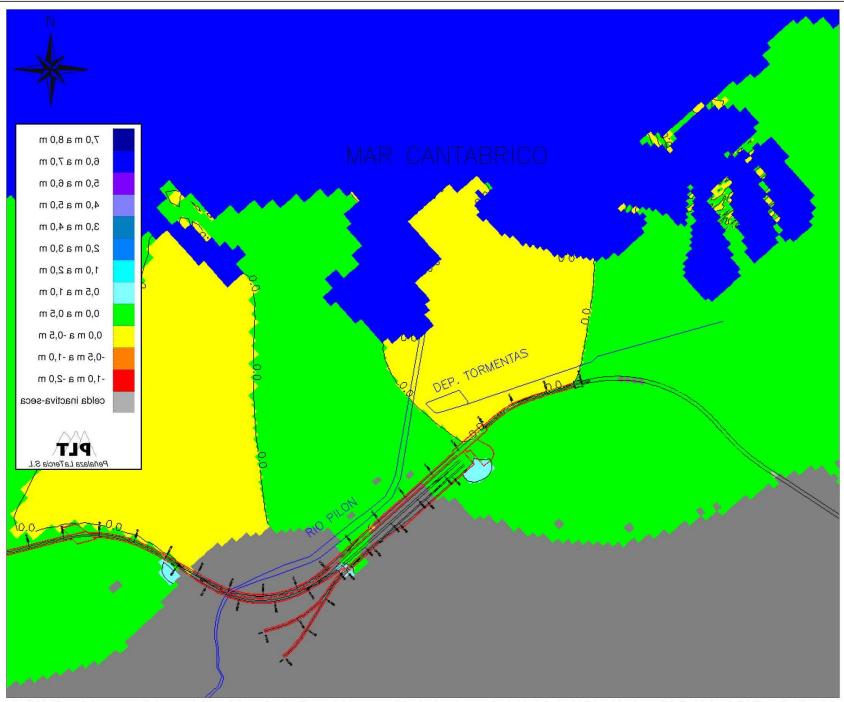


Fig. 9.44.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



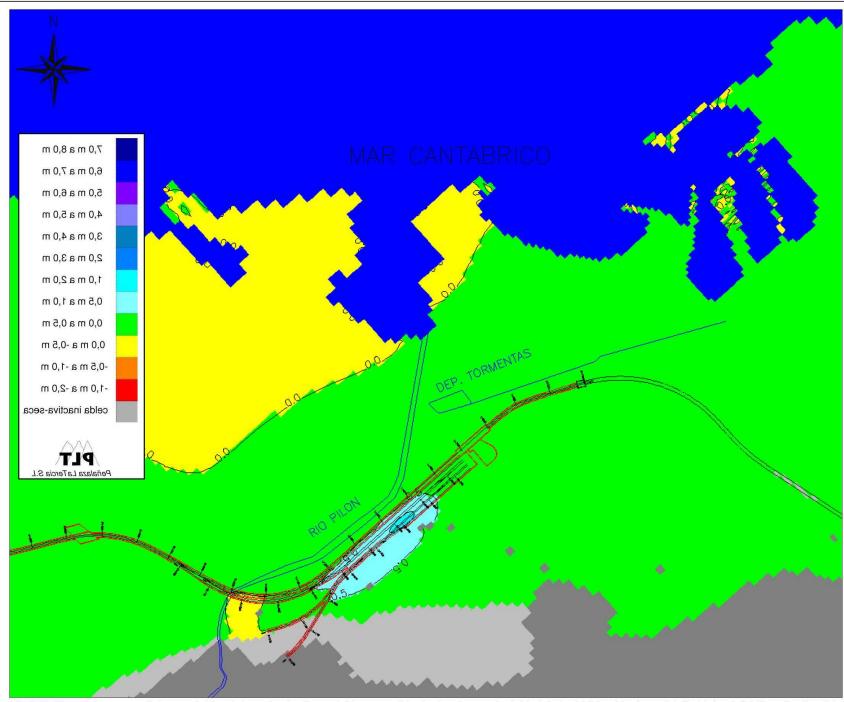


Fig. 9.45.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



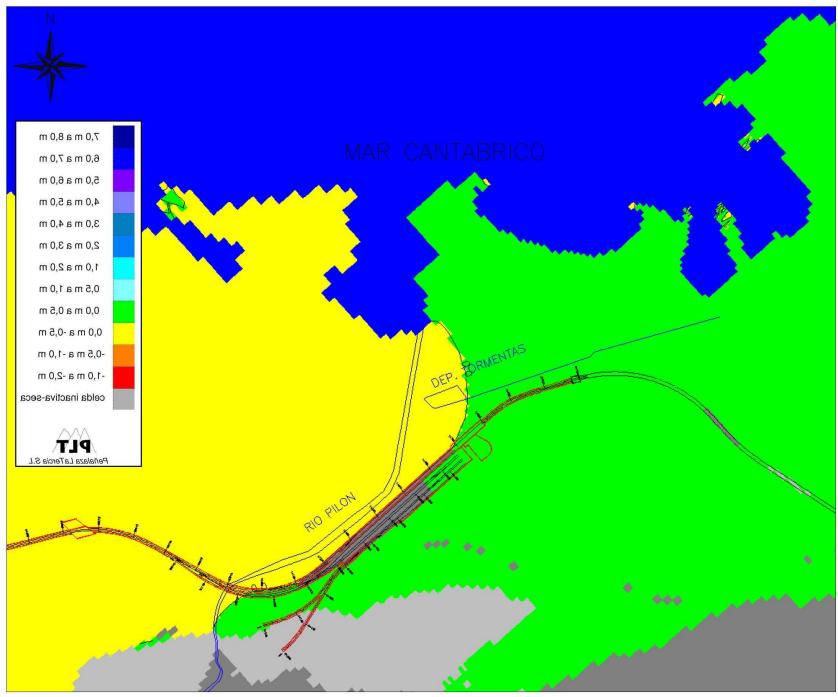


Fig. 9.46.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



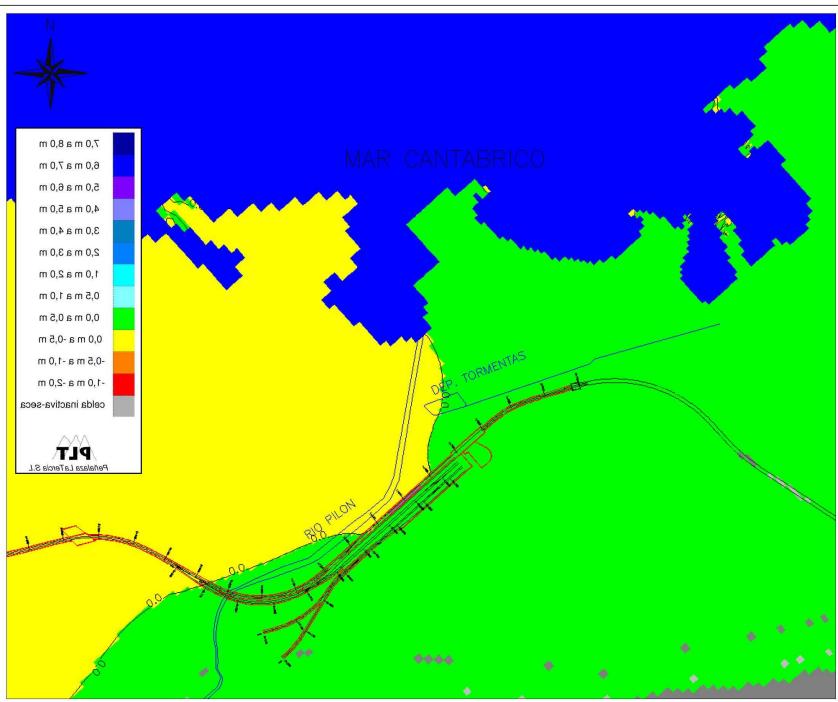


Fig. 9.47.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda)



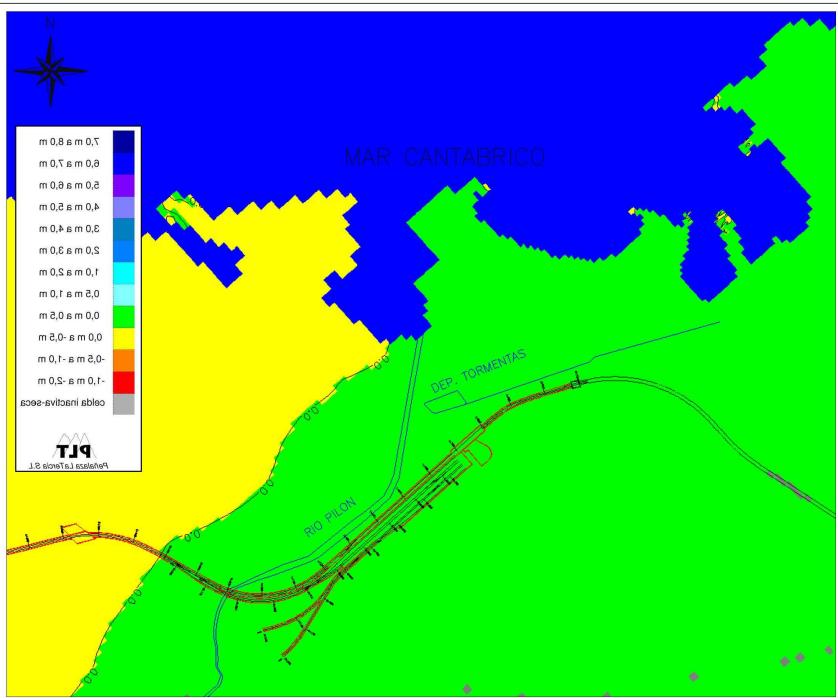


Fig. 9.48.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Moreda



9.2.3. Impacto probable de las obras de la estación sin medidas de drenaje (Alternativa Museo)

En las figuras 9.49 a 9.56, se presentan los planos de isoascensos simulados en las capas 1 a 8 del modelo, respectivamente, como resultado de la construcción de las obras de esta alternativa sin medidas de drenaje adicionales bajo las condiciones de la hipótesis húmeda.

En la capa 1 del modelo (figura 9.49), correspondiente al acuífero cuaternario, se obtienen ascensos relativos aguas arriba (al sureste de la estación) superiores a 1 m en la mayor parte del área afectada por las obras, con valores máximos en torno a 2,5 m. Los descensos relativos aguas abajo (al noroeste de la estación) también superan en la mayor parte del área junto a las obras el valor de 1 m, alcanzándose valores máximos alrededor de 2,3 m. Si se compara estos valores con los obtenidos en la hipótesis de calibración (figura 9.17), se observa como la situación se agrava; la extensión de las zonas con ascensos piezométricos más fuertes ha aumentado de tamaño, así como los valores máximos alcanzados.

Igualmente, en las capas 2, 3 y 4 del modelo (figuras 9.50, 9.51 y 9.52), correspondientes al "acuífero jurásico somero" que aparece en el tramo final del proyecto, las variaciones piezométricas como resultado de la construcción de las obras han aumentado respecto a las simulaciones bajo las condiciones de la "hipótesis de calibración". Los ascensos superan la cifra de 2 m en la zona de la estación, con valores máximos en torno a 7 m en la capa 4 al suroeste de los andenes de cercanías y FEVE, así como en una pequeña zona en torno al p.k. 0+350 de la vía del FEVE. Los descensos relativos, más contenidos, alcanzan valores máximos de 1,2 m

En la capa 5 del modelo (figura 9.53), correspondiente a la capa lutítico-margosa que separa los niveles acuíferos jurásicos somero y profundo definidos en el área de la estación, se observan ascensos relativos superiores a 0,5 m en todo el área situada al sur de las obras. En este caso, las variaciones piezométricas positivas alcanzan valores superiores a 1 m en una zona más amplia que en la figura 9.21 ("hipótesis de calibración"), mientras que los descensos relativos muestran valores por debajo o levemente por encima de 0,5 m.

En las capas 6, 7 y 8 del modelo (figuras 9.54, 9.55 y 9.56), correspondiente al "acuífero jurásico profundo", tanto los ascensos como los descensos continúan por debajo de 0,5 m. No obstante se observa como los ascensos máximos han aumentado respecto a las condiciones de la "hipótesis de calibración".



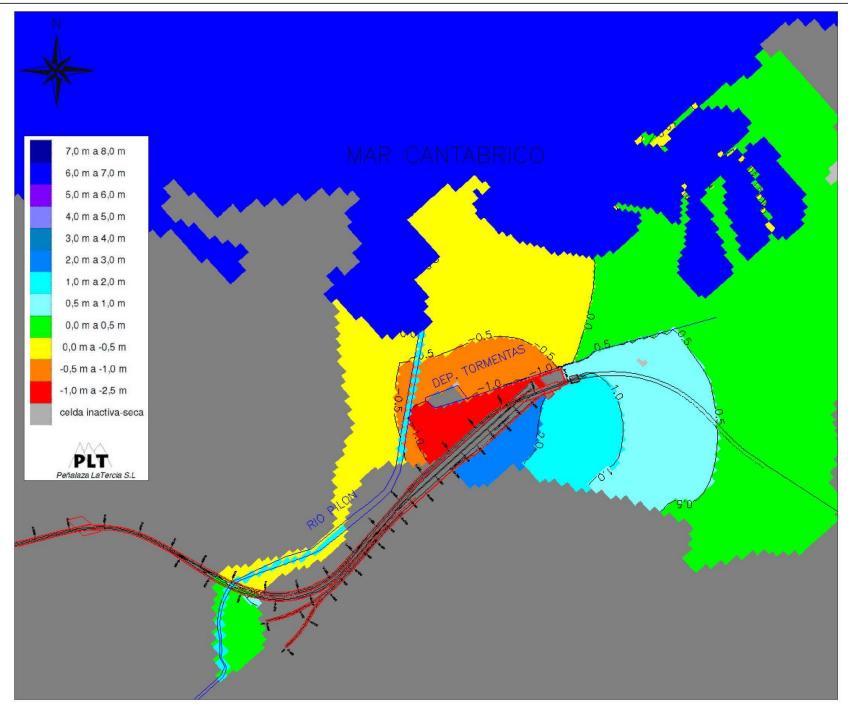


Fig. 9.49.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



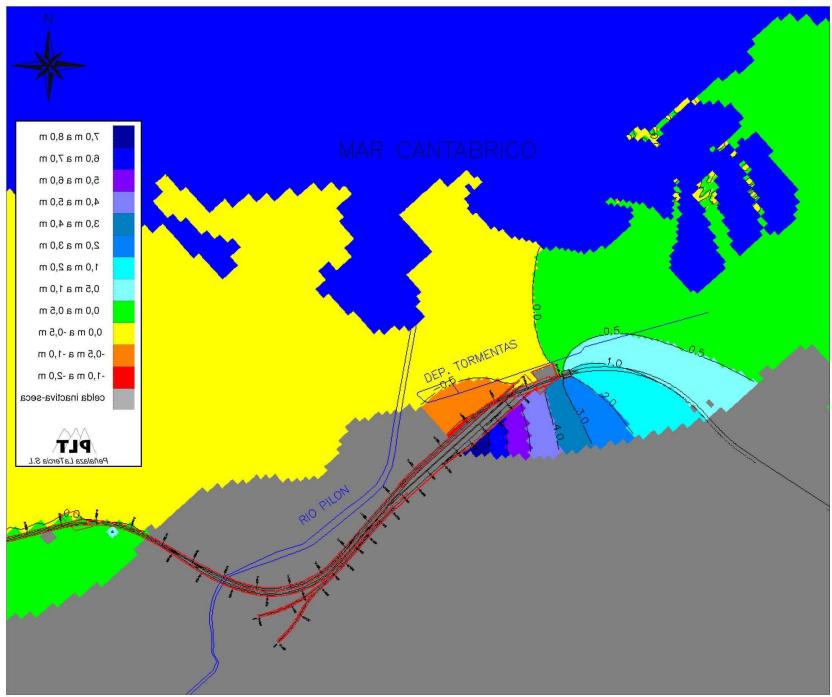


Fig. 9.50.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



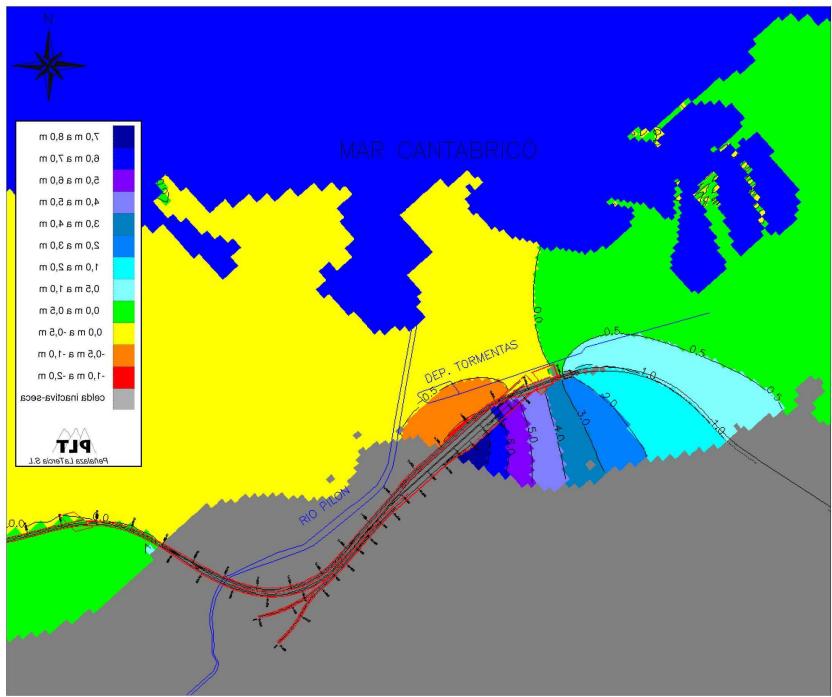


Fig. 9.51.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



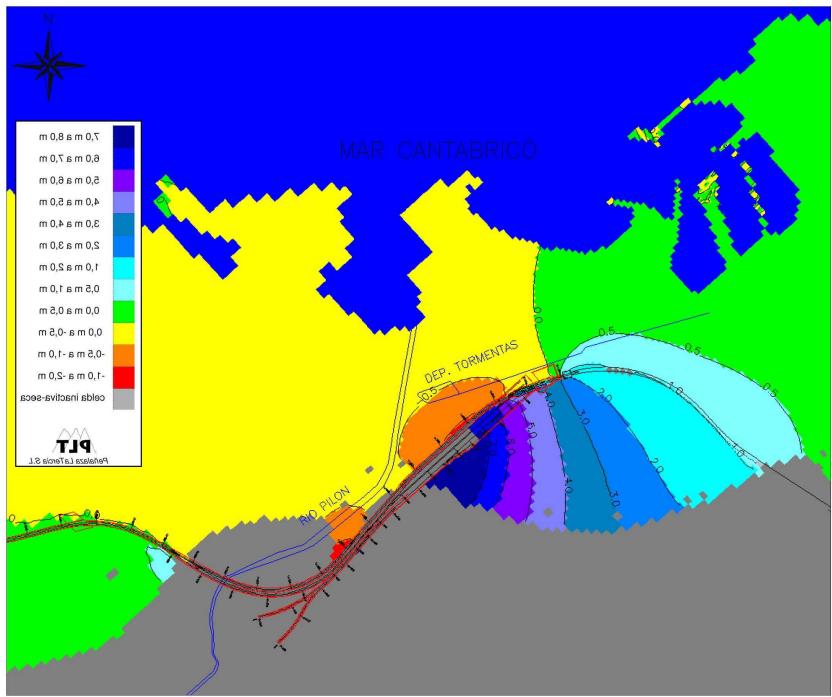


Fig. 9.52.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



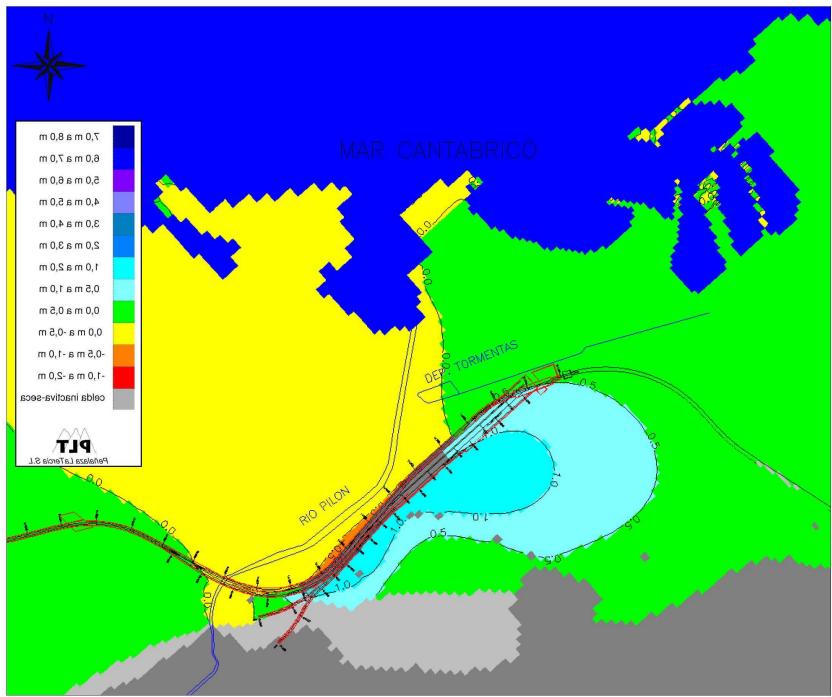


Fig. 9.53.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



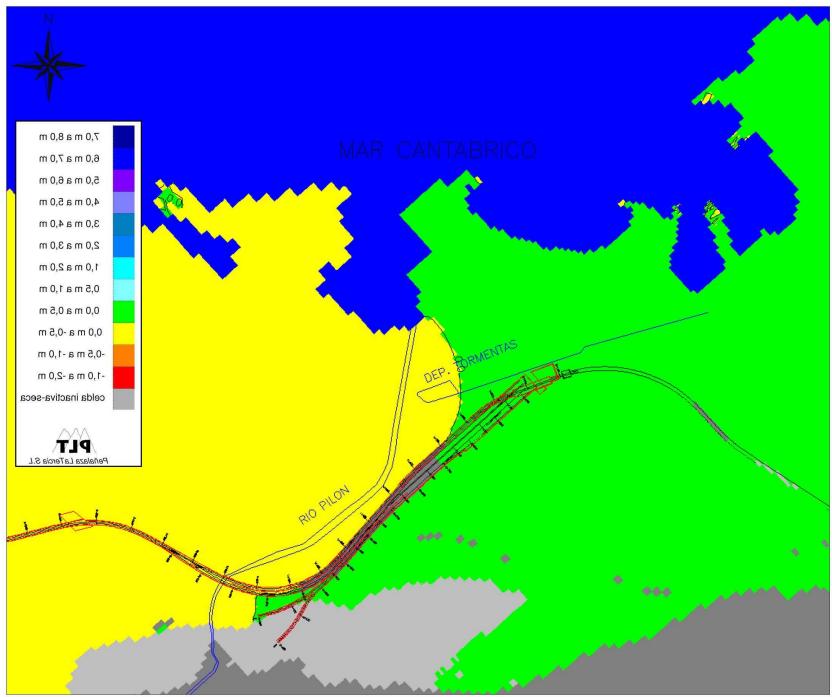


Fig. 9.54.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



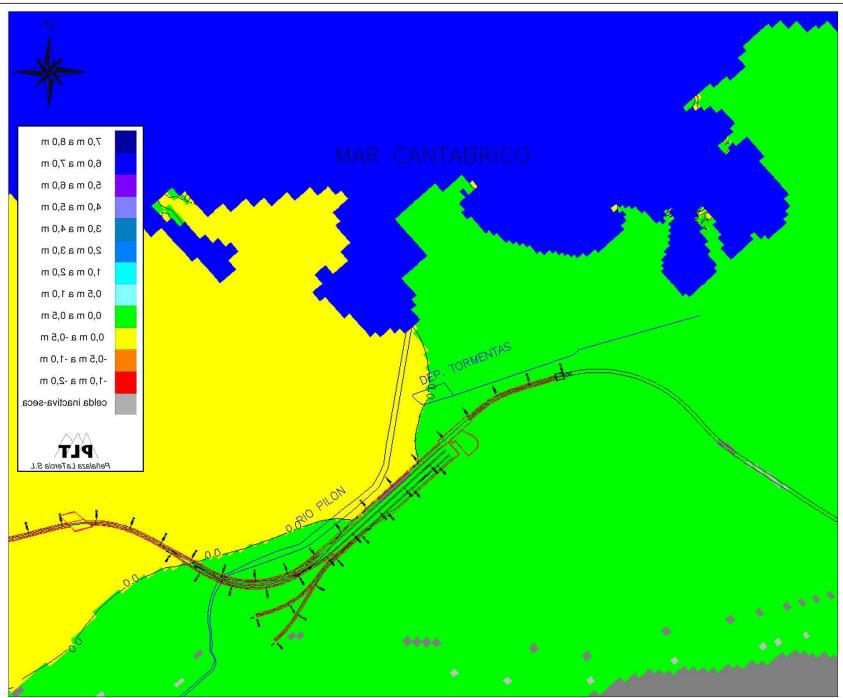


Fig. 9.55.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



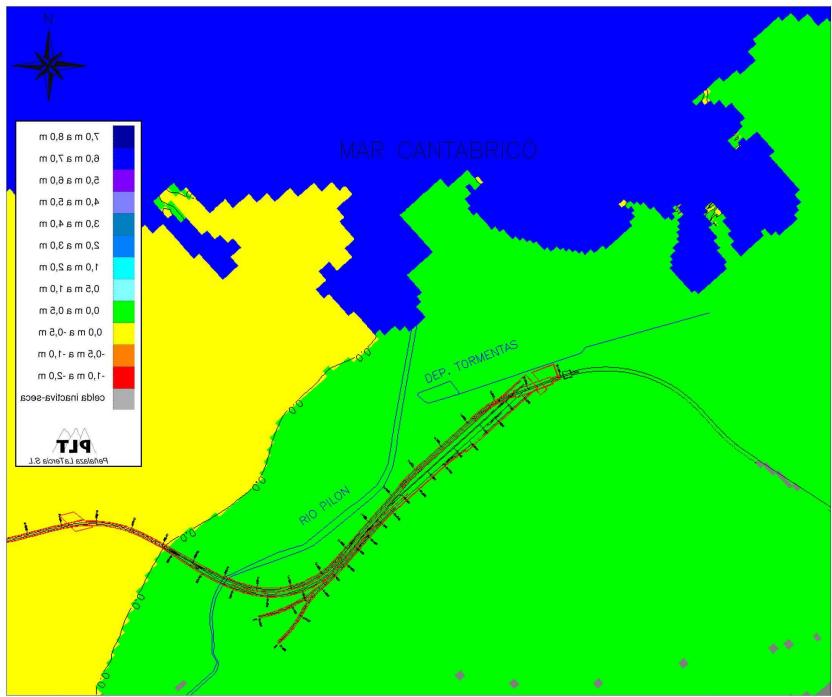


Fig. 9.56.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida sin medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



9.2.4. Impacto probable de las obras de la estación con medidas de drenaje (Alternativa Museo)

En este subapartado, se presenta para la Alternativa Museo el efecto probable de la implantación de las medidas de drenaje que suavizarían a valores admisibles, el efecto barrera observado en las simulaciones anteriores bajo las condiciones de la "hipótesis húmeda".

La distribución de medidas de restitución, al igual que en el caso de "hipótesis de calibración", han sido obtenidas siguiendo un proceso iterativo en el que se ha ido incrementando progresivamente la distribución de las medidas, hasta alcanzar una distribución de variaciones piezométricas inferiores a 0,5 m, o a lo sumo entre 0,5 y 1 m, en áreas localizadas pegadas a las obras. Este proceso ha permitido obtener una distribución de medidas de drenaje necesarias, que se traducen en unos valores de permeabilización de la barrera, o de restitución de una porción determinada de la sección inicial del flujo subterráneo natural previa a las obras.

Aunque este porcentaje de liberalización o permeabilización de la barrera, podría conseguirse con varios tipos de medidas de drenaje, como por ejemplo portillos en las pantallas, se hace una estimación aproximada del número de sifones necesarios para obtener un determinado porcentaje de permeabilización de cada tramo. Las características de los sifones serían las descritas en el apartado 10.3. En fases posteriores de estudio, se recomienda valorar la implantación de otras medidas de drenaje, como los portillos, ya que son medidas de mayor durabilidad que los sifones y no necesitan mantenimiento.

A continuación en el cuadro adjunto, se presenta la distribución de medidas de restitución del flujo subterráneo necesarias para cada capa del modelo, tomando como referencia el kilometraje de la vía derecha de cercanías. No obstante, la permeabilización de la barrera se extendería también a las pantallas de la línea de largo recorrido y FEVE, en aquellos tramos que éstas provocan un cierre total o parcial al flujo subterráneo. No se proponen medidas de restitución en el acuífero jurásico profundo, por que no se han considerado necesarias. Las medidas de drenaje para el acuífero cuaternario y al acuífero jurásico somero se proponen separadamente, para evitar la mezcla de aguas, y las medidas de drenaje para el acuítardo se integran con las del acuífero jurásico somero.

	0	ALTERNATIVA MUSEO							
ACUÍFERO	CAPA MODELO	HIPOTESIS HÚMEDA							
ACUÍ		Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones		
Cuaternario	1	1+660	1+830	170	15%	30	5		
Cuate		1+830	2+110	280	10%	40	7		
	2	1+730	1+830	100	30%	15	6		
		1+830	2+110	280	15%	30	9		
mero	3	1+690	1+830	140	30%	15	9		
Jurásico somero		1+830	2+110	280	15%	30	9		
Jurás	4	1+280	1+340	60	15%	30	2		
		1+590	1+830	240	30%	15	16		
		1+830	2+110	280	15%	30	9		
	5	1+120	1+280	160	10%	40	4		
9		1+280	1+340	60	15%	30	2		
Acuitardo		1+340	1+590	250	10%	40	6		
		1+590	1+830	240	30%	15	16		
		1+830	1+920	90	15%	30	3		
fundo	6	=		e	=1	=	₽		
Jurásico profundo	7	er	(2)	e e	21	e	ä		
Jurás	8	H	-	-		-	-		



En la figura 9.57 que representa el acuífero cuaternario (capa 1), se observa como la implantación de las medidas de restitución reduce las variaciones piezométricas a valores inferiores a 0,5 m prácticamente en todo el área del modelo.

En las figuras 9.58, 9.59 y 9.60 que corresponden respectivamente a las capas 2, 3 y 4 del modelo y que representan al "acuífero jurásico somero", las variaciones piezométricas se sitúan por debajo de los 50 cm en prácticamente todo el área, salvo en unas zonas de tamaño reducido, aguas arriba de las obras, donde los valores máximos se sitúan en torno a 60 cm.

En la figura 9.61, se representa la variación piezométrica en la capa 5 del modelo que representa el acuitardo margoso-lutítico que separa ambos niveles acuíferos jurásicos. En este caso, las variaciones piezométricas se reducen a valores inferiores a 0,5 m en la mayor parte del modelo, apareciendo una zona al sureste de las obras donde los ascensos se sitúan por encima de esta cifra, aunque siempre por debajo de 1 m.

Finalmente, en las capas 6, 7 y 8 (figuras 9.62, 9.63 y 9.64) que representa el "acuífero jurásico profundo", las variaciones piezométricas como consecuencia de las obras se sitúan siempre por debajo de 0,5 m.

A continuación se resumen las medidas de drenaje propuestas, así como la distribución equivalente de los 49 sifones previstos.

ACUÍFERO	ALTERNATIVA MUSEO									
	HIPOTESIS HÚMEDA									
	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones				
rnario	1+660	1+830	170	15%	30	5				
Cuaternario	1+830	2+110	280	10%	40	7				
Jurásico somero + Acuitardo	1+120	1+280	160	10%	40	4				
	1+280	1+340	60	15%	30	2				
	1+340	1+590	250	10%	40	6				
	1+590	1+830	240	30%	15	16				
	1+830	2+110	280	15%	30	9				



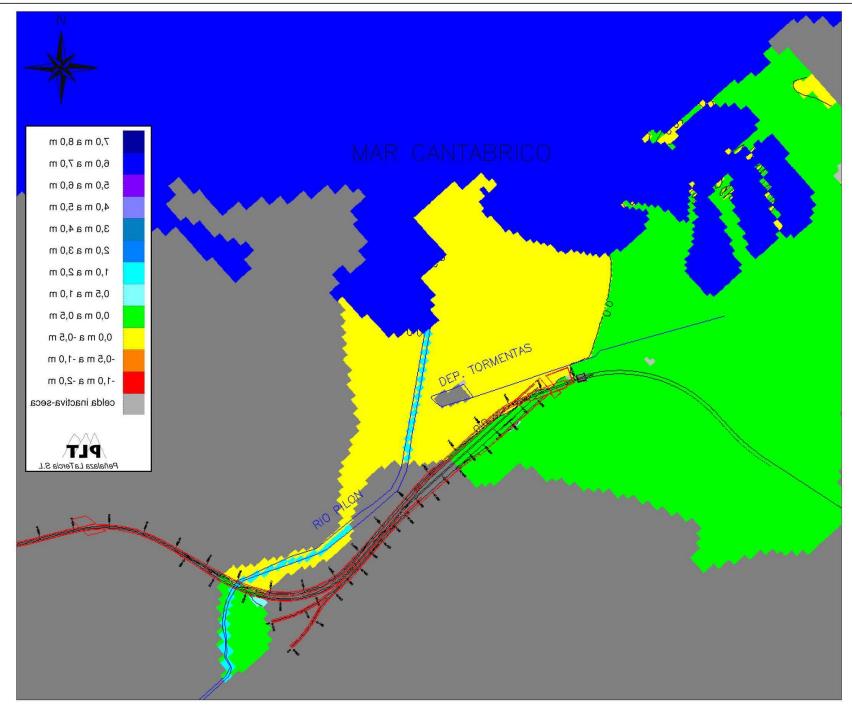


Fig. 9.37.- Plano de isoascensos de la capa 1 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



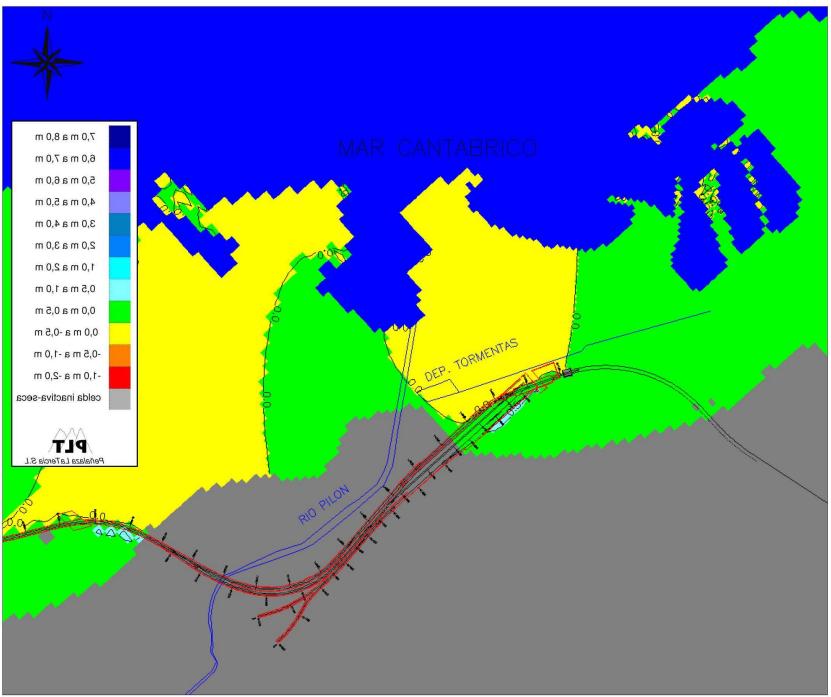


Fig. 9.58.- Plano de isoascensos de la capa 2 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



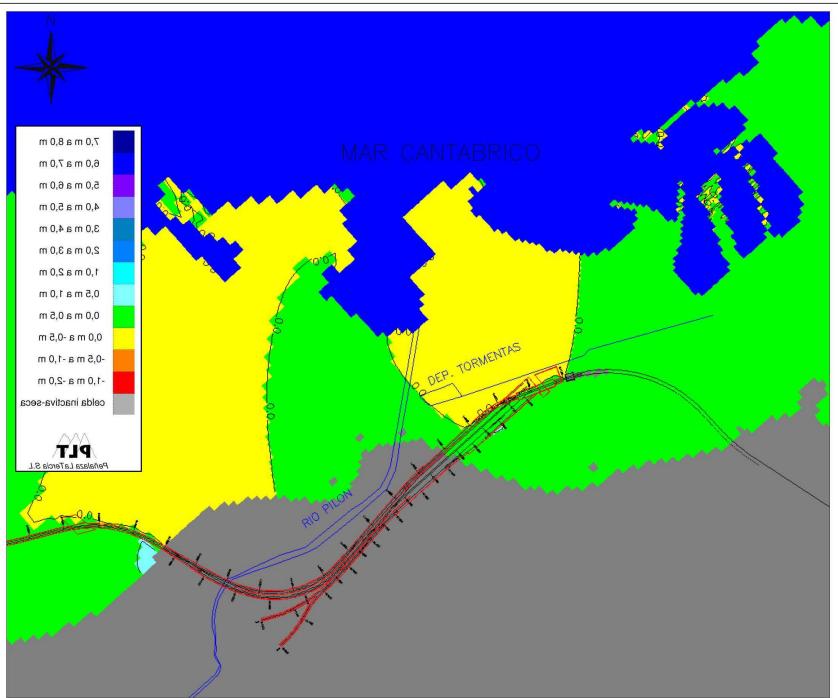


Fig. 9.59.- Plano de isoascensos de la capa 3 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



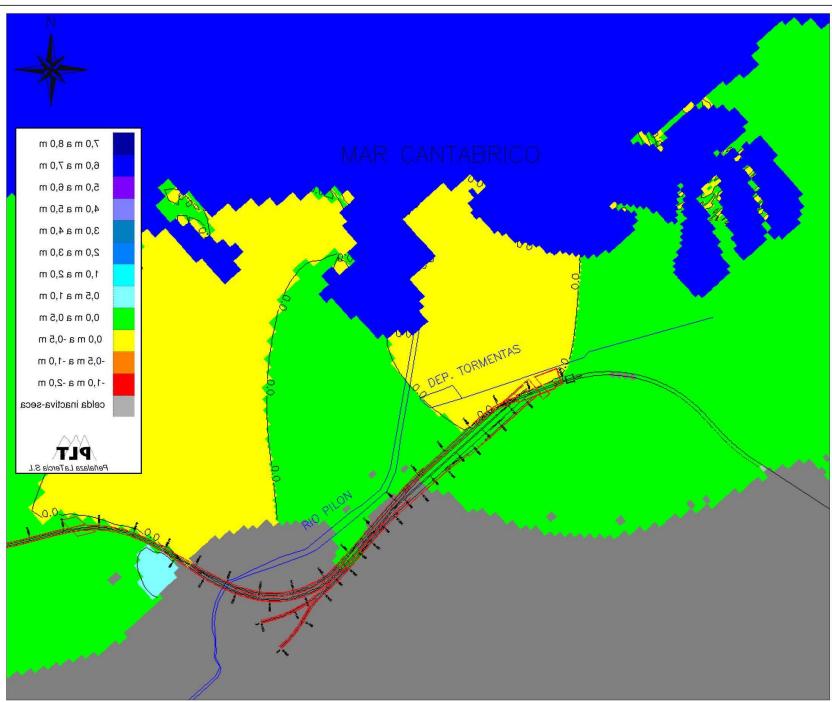


Fig. 9.60.- Plano de isoascensos de la capa 4 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



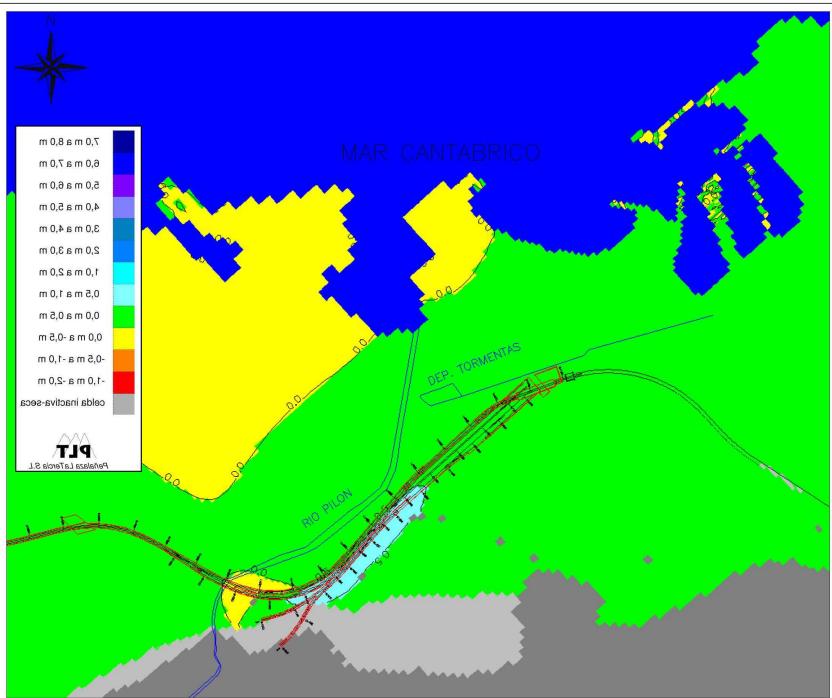


Fig. 9.61.- Plano de isoascensos de la capa 5 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



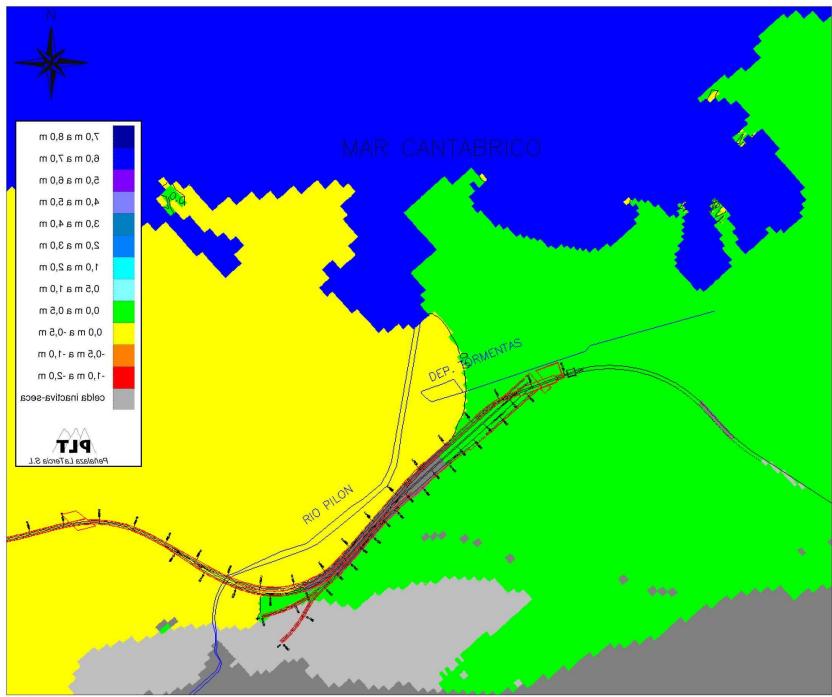


Fig. 9.62.- Plano de isoascensos de la capa 6 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



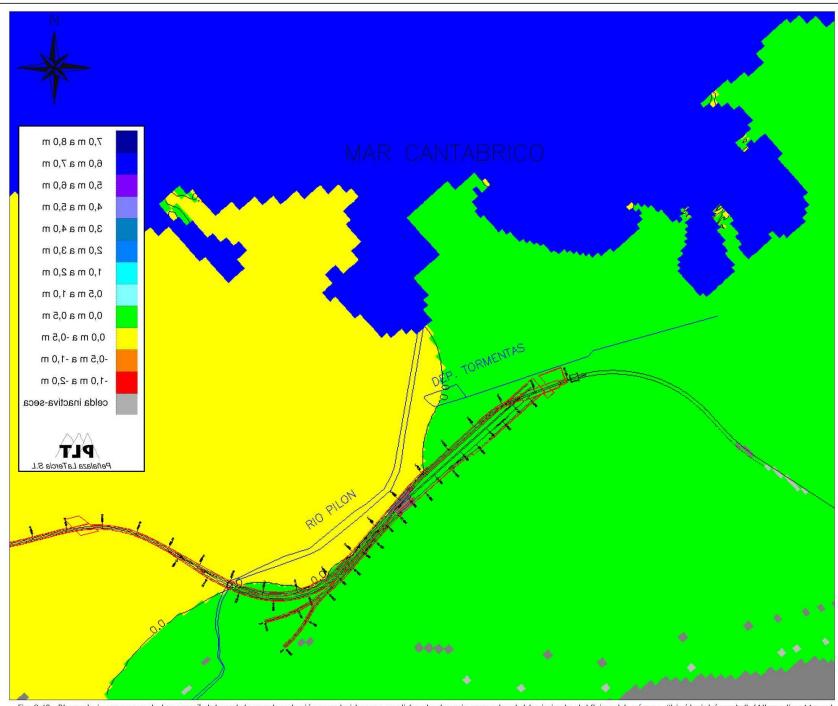


Fig. 9.63.- Plano de isoascensos de la capa 7 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



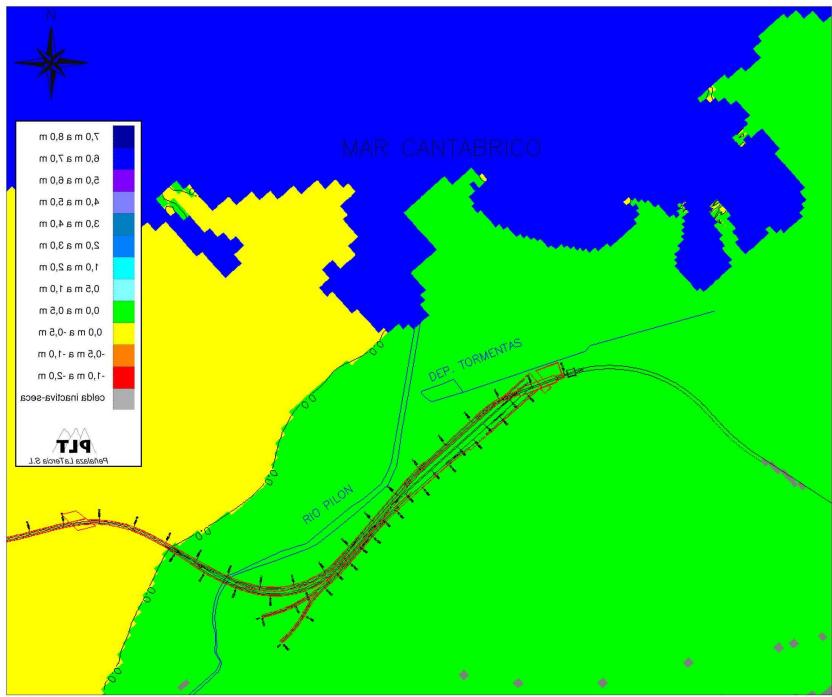


Fig. 9.64.- Plano de isoascensos de la capa 8 del modelo con la estación construida con medidas de drenaje para el restablecimiento del flujo subterráneo - "hipótesis húmeda". (Alternativa Museo)



10. Interacción estación - medio acuífero

Dentro de los posibles impactos que cualquier tipo de actividad humana puede provocar sobre las aguas subterráneas, se deben contemplar dos aspectos distintos.

- El posible impacto sobre la cantidad de los recursos hídricos del acuífero y, en general, sobre el funcionamiento hidráulico de los acuíferos afectados.
- Posibles fenómenos de degradación de la calidad natural de las aguas que perjudique o incluso impida cualquier tipo de aprovechamiento presente o futuro de los acuíferos.

10.1. Impactos probables

10.1.1. Sobre el funcionamiento hidráulico

En cuanto a la posible interacción entre la futura "Estación Intermodal de Gijón" y el funcionamiento hidráulico del entorno hidrogeológico donde ésta se proyecta, los dos posibles impactos más evidentes e importantes que podrían llegar a producirse son: el probable efecto barrera sobre el flujo subterráneo de los acuíferos interceptados, y el posible drenaje de los mismos, tanto durante el desarrollo de las obras como posteriormente durante la explotación de las mismas.

Efecto barrera

La estación, el soterramiento de las vías para su conexión con el túnel de penetración en Gijón, así como la construcción de las distintas actuaciones asociadas, supone la construcción de varios tramos de falso túnel así como de otros recintos soterrados al amparo de muros de pantalla.

La construcción de estas estructuras subterráneas puede impedir, o dificultar en mayor o menor medida, el flujo subterráneo hacia las zonas de descarga natural de los acuíferos, de modo que éste puede verse interrumpido y/o desviado. Se puede provocar una variación de la dinámica general de los acuíferos afectados, apareciendo zonas en las que se produce un ascenso relativo de los niveles piezométricos, situadas aguas arriba de las barreras, y zonas en las que se produce un descenso relativo de los mismos, situadas aguas abajo.

Además del propio impacto sobre el medio acuífero, las variaciones piezométricas pueden inducir efectos negativos sobre las edificaciones y obras preexistente, así como sobre las propias actuaciones previstas, como por ejemplo: subpresiones y

filtraciones no previstas en plantas de sótanos u otras estructuras subterráneas, zonas encharcadas en superficie, afecciones a la cimentación de edificios, etc.

En el apartado 9, se ha simulado el efecto barrera de las pantallas y obras subterráneas previstas en el proyecto de las dos alternativas consideradas para la estación, por lo que se recomienda su lectura para un mayor detalle del efecto barrera, así como de la justificación de las medidas de drenaje necesarias para restituir el flujo subterráneo a través de las obras.

Efecto drenaje

Es probable que durante la explotación de las obras, sobre todo durante la construcción de las mismas, se produzca un cierto drenaje de los distintos acuíferos afectados. El drenaje permanente o temporal de los acuíferos podría provocar un descenso del nivel piezométrico, con las consecuencias que esto puede ocasionar en las edificaciones próximas.

El drenaje directo del acuífero asociado al manto cuaternario, o el drenaje del acuífero jurásico subyacente con cierta comunicación hidráulica con éste, podría inducir un rebaje del nivel freático asociado a los depósitos cuaternarios. El descenso del nivel freático podría ocasionar una disminución de las presiones efectivas en el terreno, y/o inducir procesos de compactación en aquellos depósitos cuaternarios constituidos por sedimentos de granulometría fina (limos y arcillas) saturados de agua.

Además un rebaje del nivel freático, permanente o temporal, podría llegar a ocasionar la pudrición de pilotes de madera utilizados en edificaciones de cierta antigüedad en la ciudad de Gijón, al quedar expuestos a condiciones aerobias por encima del nivel freático.

Igualmente, un rebaje de los niveles piezométricos, tanto del acuífero cuaternario como de los subyacentes del Jurásico, podría favorecer el desarrollo de fenómenos de intrusión marina, con la consiguiente degradación de la calidad de las aguas subterráneas que esto supone, así como el incremento, más aún si cabe, de su agresividad hacia el hormigón.

A priori, una vez ejecutadas las pantallas y correspondientes losas de fondo, es esperable un drenaje prácticamente nulo si su construcción e impermeabilización han sido adecuadas. Sin embargo, durante su construcción es necesario un agotamiento de los recintos entre pantallas para ejecutar la losa de fondo en seco.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



Los resultados de los ensayos de bombeo realizados en el PB-1, sobre el "acuífero jurásico profundo" correspondiente a los niveles calcáreos que aparecen al principio de la traza, y en el PZ-24 sobre el "acuífero jurásico somero" que aparece en la parte final de la traza, indican que no existe una desconexión clara entre los distintos niveles calcáreos que forman dichos acuíferos. En este sentido, parece poco probable que el empotramiento de las pantallas en los recintos hasta un nivel lutítico intermedio, entre niveles calcáreos del mismo acuífero, pueda garantizar la impermeabilidad del fondo de la excavación. En los ensayos de bombeo, en los que se bombeaba en un determinado nivel calcáreo y se observaba el comportamiento en el resto de niveles, se observó un fuerte y rápido descenso en todos los niveles que constituyen cada uno de los dos niveles acuíferos definidos en el sustrato jurásico.

La construcción de muros pantallas empotrados solamente hasta las profundidades necesarias desde un punto de vista estructural, puede hacer necesario en algunos casos caudales de agotamientos importantes y continuos durante todo el proceso de excavación y ejecución de las losas de fondo, debido probablemente a una importante entrada de flujo subterráneo por el fondo de las excavaciones, sobre todo desde el "acuífero jurásico profundo" vista la elevada permeabilidad obtenida en los ensayos. En este caso, se puede recurrir a tratamientos del terreno situado justo por debajo del fondo de la excavación prevista, así la zona tratada junto a las pantallas conformaría un recinto cerrado y aislado de los acuíferos, de modo que se evitaría que el rebaje pudiera afectar al manto cuaternario, comunicado con el acuífero jurasico superior y por ende a la cimentación de los edificios próximos Los tratamientos de fondo contribuirían a minimizar las posibles subpresiones sobre la losa de fondo en caso de ser necesario.

Otra solución es profundizar las pantallas hasta un sustrato, o nivel impermeable, que impidiese en mayor o menor medida un flujo subterráneo vertical hacia los recintos. Esta solución, si bien evitaría los tratamientos del terreno, siempre costosos y difíciles en terrenos de alta permeabilidad, de algún modo intensifica el probable efecto barrera de las obras al aumentar la profundidad de las pantallas. Esta solución podría ser factible en el caso del acuífero jurásico somero, empotrando las pantallas en el grueso paquete lutítico-margoso subyacente que lo separa del acuífero jurásico profundo. Sin embargo en el caso del acuífero jurásico profundo sería más complicado, porque se desconoce la situación de un posible sustrato impermeable subyacente, que por otra parte podría localizarse demasiado profundo y ser inviable el empotramiento de las pantallas hasta esa profundidad.

Disminución de la recarga

No existe una causa evidente por la cual la ejecución de las obras proyectadas pueda producir una disminución del área de recarga natural del acuífero, salvo la ocupación que la propia obra lineal supone. Además, la superficie que ocupa la obra es muy limitada en comparación con la extensión total de los acuíferos, por lo que nos se espera un efecto apreciable.

10.1.2. Sobre la calidad de las aguas

Cualquier posible impacto sobre la calidad de las aguas subterráneas, provocado por la construcción de las obras, va a estar relacionado con el vertido de contaminantes sobre la superfície del terreno o en cauces superfíciales, con vertidos directos en la zona saturada de los acuíferos a través de excavaciones a cielo abierto, pozos o sondeos, así como con la comunicación de niveles acuíferos con distinta calidad de sus aguas a través de cualquier tipo de excavación o taladro.

La creación de un efecto barrera importante, así como el drenaje continuado del acuífero, puede favorecer los fenómenos de intrusión marina por penetración de la cuña salina hacia el interior del continente, debido a una disminución del potencial hidráulico de agua dulce en zonas costeras.

En este sentido, merece especial atención la excavación en la zona final de la traza que alcanza los depósitos calcáreos de elevada permeabilidad del "acuífero jurásico somero". Igualmente, en trono al p.k. 1+500 de la vía derecha de cercanías se alcanzan el nivel calcáreo más superficial del "acuífero jurásico profundo" más permeable que el "acuífero jurásico somero" superior.

En cuanto a posibles agentes contaminantes se pueden citar: aceites, grasas, combustibles, lechadas de cemento, lodos, disolventes, vertidos orgánicos y, en general, cualquier tipo de sustancia química ajena al medio acuífero. Durante la construcción de la obra es muy corriente vertidos accidentales de aceites, grasas y combustible relacionados con toda la maquinaria pesada que se utiliza en la obra, así como restos de lechadas, restos de hormigón y escombros.

Durante la fase de explotación, aunque en menor medida pero durante mucho más tiempo, es posible el vertido de pequeñas cantidades de hidrocarburos. Así como vertidos accidentales de substancias químicas transportadas por el ferrocarril que pueden llegar a ser muy severas en función del volumen y la toxicidad de las substancias vertidas.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entomo de la Estación Intermodal de Gijón



La creación de un efecto barrera intenso, así como el drenaje continuado de los acuíferos, podría provocar una cierta disminución del potencial hidráulico de los mismos en la zona costera. Esta disminución provocaría un avance de la cuña de agua salada, de mayor densidad, provocando también un aumento de la interfaz salobre o zona de mezcla entre el agua continental y el agua salada marina. Así, bajo un punto de vista de la calidad de las aguas, también se aconseja evitar, o minimizar al máximo, el efecto barrera provocado por las obras sobre el flujo subterráneo de los acuíferos, así como el drenaje de los mismos.

10.2. Tramificación de las obras

En este apartado, se presenta una tramificación de las actuaciones previstas desde el punto de vista hidrogeológico, prestando especial atención a la interacción mutua entre las obras y el medio acuífero en las que éstas se proyectan. Se describe en apartados separados las 2 alternativas contempladas para las obras de la estación:

- Alternativa Moreda
- Alternativa Museo

Se ha tomado como referencia para definir los distintos tramos la vía derecha de la línea de cercanías, la vía 3 de la línea de largo recorrido y vía 5 de la línea del FEVE. La tramificación se basa en el corte geológico del estudio geotécnico del proyecto de la estación de 2010, de modo que la situación de los tramos podría varía en obra y en fases posteriores del proyecto, por lo que se recomienda tomar los límites de los tramos como aproximados.

10.2.1. Alternativa Moreda

Cercanías

0+000-0+130

Se desarrolla en superficie sin ningún tipo de estructura, coincidiendo con la línea actual

0+130-0+920

Se proyecta en falso túnel cimentado sobre pantallas discontinuas de pilotes no secantes. El fondo de excavación de la losa de base se sitúa muy próxima a la superficie y no se esperan aportes importantes de agua. El efecto barrera de las pantallas sería parcial, al tratarse de pilotes no secantes, con posibilidad de paso de flujo subterráneo entre pilotes.

0+920 -1+120

Al igual que el tramo anterior, se proyecta en falso túnel cimentado sobre pantallas discontinuas de pilotes no secantes. En este caso, la cota del fondo de excavación de la losa basal se sitúa ya más profunda y se podrían esperar aportes localizados de agua subterránea durante su construcción, sobre todo entre los pp.kk. 0+920 y 1+000 donde la existencia de un nivel superficial de depósitos coluvio-aluviales de edad Cuaternario, podría condicionar un aporte de agua más apreciable, aunque de poca importancia al tratarse de materiales de baja permeabilidad. Como en el caso anterior, el efecto barrera de la pantalla de pilotes al flujo subterráneo sería parcial.

1+120-1+340

Se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que no se esperan caudales de agotamiento importantes de los recintos durante su excavación.

En este caso, el efecto barrera al flujo subterráneo sería más importante que en los tramos anteriores, pudiéndose producir el cierre total al flujo en un tramo superficial del "acuífero jurásico somero" en torno al p.k. 1+320.

1+340-1+640

Se proyecta también en falso túnel entre pantallas continuas y, en este caso, la base del fondo de excavación de la losa inferior podría afectar al techo del "acuífero jurásico profundo" de elevada permeabilidad, por lo que los caudales necesarios para el agotamiento de los recintos podrían ser elevados.

El efecto barrera al flujo subterráneo afectaría al acuitardo intermedio y al "acuífero jurásico somero".

1+640 -2+080

Es el último tramo que conecta con el pozo de extracción de la tuneladora y se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa inferior afectaría en su parte inicial al acuitardo, mientras que en su parte final, aproximadamente a partir del p.k. 1+700, afectaría a la base del "acuífero jurásico somero". En este tramo, las pantallas podrían no alcanzar en toda su longitud el techo del acuitardo que independiza el acuífero jurásico somero del profundo, de modo que es probable la entrada de agua procedente del acuífero superior por el fondo de la excavación.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



El drenaje de "acuífero jurásico somero" podría inducir un cierto drenaje del acuífero cuaternario, probablemente conectado con éste. Se recomienda contemplar en fases posteriores del proyecto, a la vista de una definición mas precisa del límite entre el acuífero jurásico y el acuitardo, la posibilidad de alargar en este tramo las pantallas hasta empotrarse en el acuitardo, ya que el techo de este podría encontrarse entre 2 y 3 m por debajo del empotramiento propuesto.

En este tramo, el efecto barrera afectaría principalmente al acuífero cuaternario, donde el cierre al flujo subterráneo sería total, y al "acuífero jurásico somero".

Largo Recorrido

0+000 - 0+180

Se proyecta en falso túnel cimentado en pantallas discontinuas de pilotes. La cota de fondo de excavación de la losa inferior se sitúa muy próxima a la superficie y no se esperan aportes importantes de agua. El efecto barrera de las pantallas sería parcial, al tratarse de pilotes no secantes, con posibilidad de paso de flujo subterráneo entre pilotes.

0+180 - 0+380

Al igual que el tramo anterior, se proyecta en falso túnel cimentado en pantallas discontinuas de pilotes. En este caso, la cota del fondo de excavación de la losa de base se sitúa ya más profunda y se podrían esperar aportes localizados de agua subterránea, sobre todo en su parte inicial donde la existencia de un nivel superficial de depósitos coluvio-aluviales de edad Cuaternario, podría condicionar aportes de agua más apreciables aunque de escasa entidad al tratarse de materiales arcillo-limosos de baja permeabilidad. Como en el caso anterior, el efecto barrera de la pantalla de pilotes al flujo subterráneo sería parcial.

0+380 - 0+900

Se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que no se esperan caudales de agotamiento importantes de los recintos durante su excavación.

En este caso, el efecto barrera al flujo subterráneo sería más importante que en los tramos anteriores, pudiéndose producir el cierre total al flujo en un tramo superficial del "acuífero jurásico somero" en torno al p.k. 0+550.

0+900 - fin

Este último tramo se construiría en falso túnel entre pantallas continuas y el fondo de excavación de la losa inferior afectaría al "acuífero jurásico somero". En este caso las pantallas se empotrarían en el acuitardo que constituye la base del acuífero, de modo que los caudales de achique serían limitados. En este sentido, la construcción de una pantalla transversal al final de la estación, perpendicular a las longitudinales, impediría la entrada lateral de agua desde el acuífero.

El efecto barrera sería total y afectaría a los acuíferos cuaternario y jurásico somero.

FEVE

0+000 - 0+300

Se proyecta en falso túnel cimentado en pantallas discontinuas de pilotes. La cota del fondo de excavación de la losa inferior se sitúa próxima a la superficie y no se esperan aportes importantes de agua. El efecto barrera de las pantallas sería parcial, al tratarse de pilotes no secantes, con posibilidad de paso de flujo subterráneo entre pilotes.

0+300 - 0+700

Se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que no se esperan caudales de agotamiento importantes durante su excavación.

En este caso, el efecto barrera al flujo subterráneo sería más importante que en los tramos anteriores, pudiéndose producir el cierre total al flujo en un tramo superficial del "acuífero jurásico somero" y en el acuífero cuaternario.

0+700 - fin

Este último tramo se construiría en falso túnel entre pantallas continuas y el fondo de excavación de la losa inferior afectaría al "acuífero jurásico somero". En este caso las pantallas se empotrarían en el acuitardo que constituye la base del acuífero, de modo que los caudales de achique serían limitados. En este sentido, la construcción de una pantalla transversal al final de la estación, perpendicular a las longitudinales, impediría la entrada lateral de agua desde el acuífero.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



El efecto barrera sería total y afectaría a los acuíferos cuaternario y jurásico somero

10.2.2. Alternativa Museo

Cercanías

0+000-0+130

Se desarrolla en superficie sin ningún tipo de estructura, coincidiendo con la línea actual

0+130 - 0+920

Se proyecta en falso túnel cimentado sobre pantallas discontinuas de pilotes. El fondo de excavación de la losa de base se sitúa muy próxima a la superficie y no se esperan aportes importantes de agua. El efecto barrera de las pantallas sería parcial, al tratarse de pilotes no secantes, con posibilidad de paso de flujo subterráneo entre pilotes.

0+920 -1+120

Al igual que el tramo anterior, se proyecta en falso túnel cimentado sobre pantallas discontinuas de pilotes. En este caso, la cota del fondo de excavación de la losa basal se sitúa ya más profunda y se podrían esperar aportes localizados de agua subterránea durante su construcción, sobre todo entre los pp.kk. 0+940 y 1+000 donde la existencia de un nivel superficial de depósitos coluvio-aluviales de edad Cuaternario, podría condicionar un aporte más apreciable de agua aunque de poca importancia debido a su baja permeabilidad. Como en el caso anterior, el efecto barrera de la pantalla de pilotes al flujo subterráneo sería parcial.

1+120-1+340

Se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que no se esperan caudales de agotamiento importantes de los recintos durante su excavación.

En este caso, el efecto barrera al flujo subterráneo sería más importante que en los tramos anteriores, pudiéndose producir el cierre total al flujo en un tramo superficial del "acuífero jurásico somero" en torno al p.k. 1+300.

1+340 -1+640

Se proyecta también en falso túnel entre pantallas continuas y, en este caso, la base del fondo de excavación de la losa inferior podría afectar al techo del "acuífero jurásico profundo" de elevada permeabilidad, por lo que los caudales necesarios para el agotamiento de los recintos podrían ser elevados.

El efecto barrera al flujo subterráneo afectaría al acuitardo intermedio y al "acuífero jurásico somero".

1+640 -2+100

Es el último tramo que conecta con el pozo de extracción de la tuneladora y se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa inferior afectaría en su parte inicial al acuitardo, mientras que en su parte final, aproximadamente a partir del p.k. 1+740, afectaría a la base del "acuífero jurásico somero". En este tramo, las pantallas podrían no alcanzar en toda su longitud el techo del acuitardo que independiza el acuífero jurásico somero del inferior, de modo que es probable la entrada de agua procedente del acuífero superior por el fondo de la excavación.

El drenaje de "acuífero jurásico somero" podría inducir un cierto drenaje del acuífero cuaternario, probablemente conectado con éste. Se recomienda contemplar en fases posteriores del proyecto, a la vista de una definición mas precisa del límite entre el acuífero jurásico y el acuitardo, la posibilidad de alargar en este tramo las pantallas hasta empotrarse en el acuitardo, ya que el techo de este podría encontrarse entre 1 y 2 m por debajo del empotramiento propuesto.

En este tramo, el efecto barrera afectaría principalmente al acuífero cuaternario, donde el cierre al flujo subterráneo sería total, y al "acuífero jurásico somero".

Largo Recorrido

0+000 - 0+180

Se proyecta en falso túnel cimentado en pantallas discontinuas de pilotes. La cota de fondo de excavación de la losa inferior se sitúa muy próxima a la superficie y no se esperan aportes importantes de agua. El efecto barrera de las pantallas sería parcial, al tratarse de pilotes no secantes, con posibilidad de paso de flujo subterráneo entre pilotes.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



0+180 - 0+400

Al igual que el tramo anterior, se proyecta en falso túnel cimentado en pantallas discontinuas de pilotes. En este caso, la cota del fondo de excavación de la losa de base se sitúa ya más profunda y se podrían esperar aportes localizados de agua subterránea, sobre todo en su parte inicial donde la existencia de un nivel superficial de depósitos coluvio-aluviales de edad Cuaternario, podría condicionar aportes de agua más apreciables, aunque de poca entidad dada su baja permeabilidad. Como en el caso anterior, el efecto barrera de la pantalla de pilotes al flujo subterráneo sería parcial.

0+400 - 0+640

Se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que no se esperan caudales de agotamiento importantes de los recintos durante su excavación.

En este caso, el efecto barrera al flujo subterráneo sería más importante que en los tramos anteriores, pudiéndose producir el cierre total al flujo en un tramo superficial del "acuífero jurásico somero" en torno al p.k. 0+580.

0+640 -0+860

Se proyecta también en falso túnel entre pantallas continuas y, en este caso, la base del fondo de excavación de la losa inferior podría afectar al techo del "acuífero jurásico profundo" de elevada permeabilidad, por lo que los caudales necesarios para el agotamiento de los recintos podrían ser elevados.

El efecto barrera al flujo subterráneo afectaría al acuitardo intermedio y al "acuífero jurásico somero".

0+860 - Fin

Es el último tramo y se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa inferior afectaría en su parte inicial al acuitardo, mientras que a partir del p.k. 0+980, afectaría al "acuífero jurásico somero". En este tramo, las pantallas no alcanzan el techo del acuitardo que independiza el acuífero jurásico somero del inferior, de modo que es muy probable la entrada de agua en todo el tramo procedente del "acuífero jurásico superior", cuando éste se corte durante la excavación de los recintos.

El drenaje de "acuífero jurásico somero" podría inducir el drenaje del acuífero cuaternario, probablemente conectado con éste. Se recomienda investigar en fases posteriores del proyecto, la conexión hidráulica entre ambos acuíferos en este tramo, y contemplar la posibilidad de alargar las pantallas hasta empotrarse en el acuitardo y/o la ejecución de tratamientos de impermeabilización del terreno situado por debajo del fondo de excavación. Y en cualquier caso, realizar un control piezométrico del acuífero cuaternario durante su excavación.

En este tramo, el efecto barrera afectaría principalmente al acuífero cuaternario, donde el cierre al flujo subterráneo sería total, y al "acuífero jurásico somero".

FEVE

0+000 - 0+250

Se proyecta en falso túnel cimentado sobre pantallas discontinuas de pilotes. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que se esperan caudales de agotamiento poco importantes durante su excavación. El efecto barrera de las pantallas sería parcial, al tratarse de pilotes no secantes.

0+250 - 0+420

Se proyecta en falso túnel al abrigo de pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa de base afectaría principalmente a materiales lutítico-margosos de baja permeabilidad, por lo que no se esperan caudales de agotamiento importantes de los recintos durante su excavación.

En este caso, el efecto barrera al flujo subterráneo sería más importante que en los tramos anteriores, pudiéndose producir el cierre total al flujo en un tramo superficial del "acuífero jurásico somero" en torno al p.k. 0+320.

0+420 -0+640

Se proyecta también en falso túnel entre pantallas continuas y, en este caso, la base del fondo de excavación de la losa inferior podría afectar al techo del "acuífero jurásico profundo" de elevada permeabilidad, por lo que los caudales necesarios para el agotamiento de los recintos podrían ser elevados.

El efecto barrera al flujo subterráneo afectaría al acuitardo intermedio y al "acuífero jurásico somero".

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



0+640 - Fin

Es el último tramo y se construiría en falso túnel entre pantallas continuas. El fondo de excavación de la losa inferior afectaría en su parte inicial al acuitardo, mientras que a partir del p.k. 0+740, afectaría al "acuífero jurásico somero". En este tramo, las pantallas no alcanzan el techo del acuitardo que independiza el acuífero jurásico somero del inferior, de modo que es muy probable la entrada de agua en todo el tramo procedente del "acuífero jurásico superior", cuando éste se corte durante la excavación de los recintos.

El drenaje de "acuífero jurásico somero" podría inducir el drenaje del acuífero cuaternario, probablemente conectado con éste. Se recomienda investigar en fases posteriores del proyecto, la conexión hidráulica entre ambos acuíferos en este tramo, y contemplar la posibilidad de alargar las pantallas hasta empotrarse en el acuitardo y/o la ejecución de tratamientos de impermeabilización del terreno situado por debajo del fondo de excavación. Y en cualquier caso, realizar un control piezométrico del acuífero cuaternario durante su excavación.

En este tramo, el efecto barrera afectaría principalmente al acuífero cuaternario, donde el cierre al flujo subterráneo sería total, y al "acuífero jurásico somero".

10.3. Medidas correctoras

10.3.1. Sobre el funcionamiento hidráulico

Efecto barrera

Dentro de las posibles medidas correctoras existentes para evitar, o minimizar a valores aceptables el efecto barrera de una obra lineal, se puede citar los sifones y portillos como las más usuales, además de otras menos frecuentes y deseables como los pozos de bombeo, drenes perimetrales, etc.

Portillos

Se trata de huecos dejados en la parte superior o inferior de las pantallas, ya bien por debajo de la losa inferior, o por encima de la losa superior del falso túnel, de forma que por esos huecos el flujo del acuífero discurra libremente evitando la total interrupción. Los portillos son medidas correctoras que no necesita mantenimiento, por lo que siempre que sea posible es recomendable su utilización frente al de los sifones.

Los portillos inferiores habitualmente se construyen ejecutando las pantallas en su zona inferior en dientes de sierra, apoyando un determinado número de bataches en el nivel competente y dejando otros más altos, colgados respecto a los tramos de pantallas adyacentes por medio de una viga de atado y posibles medidas complementarias de entibación.

Esta medida puede condicionar la entrada de un mayor caudal de agua procedente de los acuíferos jurásicos por el fondo de la excavación, durante la construcción de las obras, de modo que se recomienda contemplar su idoneidad en fases posteriores del proyecto valorando tanto el efecto barrera, como el efecto de drenaje del acuífero durante la construcción.

Los portillos superiores, se construyen bien desmochando la porción superior de las pantallas que quedan por encima de la losa superior del túnel, o bien ejecutando su parte superior en desmonte con o sin entibación provisional (pantallas de tablestacas). Posteriormente, se rellena los huecos con un material de permeabilidad superior, o al menos igual a la del acuífero que se pretende restituir. En estos caso, se diseña la losa superior abovedada para soportar el peso de los materiales de relleno.

Los portillos superiores sólo servirían para dar continuidad al acuífero cuaternario, y se consideran incompatibles con las necesidades del proyecto de la estación.

Sifones

Están constituidos por un pozo de admisión exterior a la pantalla que recoge el flujo subterráneo aguas arriba, por un pozo de inyección de idénticas características que introduce el agua en el acuífero aguas abajo, y por una tubería que une los dos pozos entre sí, de modo que la conexión entre los pozos y ésta se sitúan siempre por debajo del nivel piezométrico del acuífero. Es una medida utilizable cuando no es posible la construcción de portillos.

Se recomienda no emplear, o minimizar al máximo, el uso de lodos artificiales en la perforación de los pozos de los sifones, con el objeto de no provocar la impermeabilización del acuífero en el entorno de los mismos. Con el fin de reducir las pérdidas de carga en los pozos, es primordial la instalación de una tubería filtrante con una superficie libre abierta de al menos 10-15 %, y la instalación de un prefiltro o macizo de gravilla de granulometría adecuada en el espacio anular entre la tubería y el terreno. En terrenos de tipo suelo, la apertura de la rejilla y la granulometría del prefiltro deben ser elegidas en función de la granulometría del acuífero, para evitar que los pozos produzcan arenas y finos que pueden llegar a obturar el sistema de trasvase de agua.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



Posteriormente a la entubación y al engravillado, se recomienda el desarrollo de los pozos, valorándose, en función de la proximidad de los edificios colindantes,

métodos bidireccionales como el pistoneo o como el sobrebombeo con paradas y arranques sucesivos sin válvula de pie, con el fin de aumentar la eficiencia del pozo, alargar su vida útil y minimizar la producción de arenas y finos. En el caso de acuíferos calcáreos, se recomienda contemplar la acidificación como medida complementaria al desarrollo mecánico. Es muy recomendable la instalación de un dispositivo adecuado que permita una limpieza regular del conducto de transferencia entre pozos.

La profundidad de los pozos será la suficiente para dar continuidad a los niveles acuíferos a los que se pretende comunicar a través de las obras, profundizándose 2-3 m más por debajo del muro del acuífero, para revestirlos con tubería ciega a modo de cámara de decantación.

Se recomienda considerar un plan de vigilancia y rehabilitación de los pozos y conductos de transferencia durante la explotación de las obras, que permita detectar y, en caso de ser necesario, corregir un mal funcionamiento o perdida de eficacia de los sifones.

Se tendrá especial cuidado en no comunicar, por medio de los pozos de los sifones, acuíferos aislados o acuíferos que de forma natural presentan una comunicación restringida entre sí. Se ha de evitar mezclar aguas de acuíferos con una calidad natural o artificial distinta, que puede llevar a perjudicar cualquier uso presente o futuro de los mismos. En este sentido, se propone una distribución de sifones independiente para cada uno de los niveles acuíferos afectados por las obras.

A la vista de los resultados de las correspondientes simulaciones, presentadas en el apartado 9 para la cuantificación de las medidas de drenaje necesarias para evitar el efecto barrera, o para minimizar sus efectos a valores tolerables o admisibles, se propone adoptar la tramificación de sifones de la hipótesis húmeda, por tratarse ésta de un escenario del lado de la seguridad. No obstante, se recomienda valorar otras alternativas en fases posteriores de estudio del proyecto, especialmente los portillos por ser una medida definitiva que no necesita mantenimiento; en caso de decantarse por sifones en la alternativa finalmente elegida, se recomienda optimizar su número y distribución.

		ALTERNATIVA MOREDA								
ERO		HIPOTESIS HÚMEDA								
ACUÍFERO	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones				
Cuaternario	1+620	2+080	460	10%	40	11				
Ö	1+120	1+260	140	10%	40	3				
+	1+260	1+320	60	15%	30	2				
omero	1+320	1+560	240	10%	40	6				
Jurásico somero + Acuitardo	1+560	1+720	160	30%	15	10				
Jurá	1+720	2+080	360	15%	30	12				

			ALTER	NATIVA MU	JSEO	
ACUÍFERO			HIPOT	TESIS HÚM	EDA	
ACL	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones
rnario	1+660	1+830	170	15%	30	5
Cuaternario	1+830	2+110	280	10%	40	7
tardo	1+120	1+280	160	10%	40	4
+ Acui	1+280	1+340	60	15%	30	2
mero .	1+340	1+590	250	10%	40	6
Jurásico somero + Acuitardo	1+590	1+830	240	30%	15	16
Jurás	1+830	2+110	280	15%	30	9



Efecto drenaje

Se podría contemplar en fases posteriores del proyecto, a la vista de una definición mas precisa del límite entre el acuífero jurásico superior" y el acuitardo, la posibilidad de alargar la longitud de las pantallas hasta empotrarse en el acuitardo infrayacente en aquellos tramos (ver apartado 10.2) en los que éste se sitúa muy próximo a la base de las pantallas. Esto sería aparentemente viable en la Alternativa Moreda y en la línea de Cercanías de la Alternativa Museo. Sin embargo, esto sería más costoso en las líneas de Largo Recorrido y FEVE de la Alternativa Museo, donde el techo del acuitardo se situaría más distante de la base de las pantallas, al situarse éstas más someras.

En el caso de las líneas de Largo Recorrido y FEVE de la Alternativa Museo, se podría contemplar también la posibilidad de ejecución de tratamientos de impermeabilización del terreno situado por debajo del fondo de excavación.

Estas medidas permitirían un bombeo de agotamiento reducido de los recintos a excavar, que, a priori, se debería desviar poco de lo estrictamente necesario para vaciar el agua contenida en los poros de los materiales a excavar. En esta situación, la afección sobre el nivel piezométrico del manto cuaternario debería ser prácticamente nula e inapreciable.

No obstante, ante posibles desviaciones de lo que sería un comportamiento normal, bien por una continuidad en profundidad de los niveles permeables mayor de la esperada, o por una falta de impermeabilidad de los muros pantalla, se recomienda la realización de un control piezométrico estricto de todos los niveles acuíferos implicados, tanto fuera como dentro de los recintos a agotar. El control debería iniciarse antes del inicio de las obras, continuar durante su desarrollo, e incluso continuar un determinado periodo después de la finalización de las mismas. El control piezométrico debería ser especialmente estricto durante el periodo que duren los bombeos de agotamiento y la excavación.

Disminución de la recarga

Con el objeto de no reducir la zona de recarga del acuífero, se recomienda evitar en todo lo posible producir la impermeabilización de zonas extensas en torno a la obra, y si fuera necesario su impermeabilización por cualquier motivo, posteriormente a la finalización de la obra se restituirán las condiciones naturales del terreno.

10.3.2. Sobre la calidad de las aguas

En cuanto a las medidas preventivas destinadas a evitar y prevenir la contaminación de los acuíferos, se recomienda:

- Realizar un control estricto sobre los posibles vertidos accidentales de contaminantes (aceites, combustibles, lechadas, etc.) que se produzcan directa o indirectamente sobre los terrenos afectados y los cauces de ríos y arroyos. Este control evitará en todo lo posible que el vertido se produzca y, en caso de producirse, éste será rápidamente retirado del terreno, así como tratado los suelos afectados. En caso de que el contaminante afectara a la zona saturada y/o zona no saturada del acuífero, se realizarán las medidas y operaciones oportunas para la descontaminación del acuífero afectado.
- Se evitará situar instalaciones auxiliares para la obra, como plantas de hormigonado, casetas de obra, parque de maquinarias, etc. sobre terrenos con una vulnerabilidad alta (Qli, Jcd, Jd).
- Se recomienda situar las instalaciones auxiliares en áreas catalogadas como de vulnerabilidad baja (Qel), en las que se aconseja, previamente al asentamiento, realizar un tratamiento de impermeabilización del terreno, así como tomar las medidas oportunas para recoger el agua de escorrentía que circula por estas zonas durante el tiempo necesario. Posteriormente, a la finalización de la obra, se retirará la capa impermeable y se restituirán las condiciones naturales del terreno.
- Se evitará el vertido de aguas residuales generadas durante la realización de la obra sobre el terreno y cauces. Están serán convenientemente depuradas con los tratamientos necesarios y se realizará un seguimiento analítico de las aguas, antes, durante y después de su depuración. Éstas solo serán vertidas cuando no se sobrepasen los valores establecido por la legislación vigente relativa a vertidos.
- Las operaciones de mantenimiento de maquinaria deberán realizarse, en la medida de lo posible, en áreas especializadas (talleres), en caso de no ser posible, se realizarán en zonas preparadas al efecto y los productos contaminantes generados deberán serán convenientemente recogidos y trasladados a una instalación especializada en su reciclaje.
- Se recomienda la construcción de sistemas de retención y depuración que recojan, durante la explotación de la línea, las aguas procedentes del drenaje longitudinal de la infraestructura, así como cualquier otro vertido accidental

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



que pueda producirse. Esta recomendación es especialmente importante en las zonas de vulnerabilidad alta.

- Se aconseja, muy especialmente, evitar cualquier tipo de vertido directo al acuífero a través de excavaciones abiertas, pozos, sondeos o taladros realizados durante la obra o previamente existentes. Para ello, se sellará convenientemente con lechadas de cemento bentonita u hormigón, lo más rápidamente posible, cualquier tipo de taladro que quede dentro de las zonas de asentamiento permanente o provisional de la obra.
- Aquellos pozos o sondeos que por alguna razón sea necesario conservar durante o después de la obra, serán entubados, se les colocará una tapa adecuada que evite cualquier tipo de vertido furtivo o accidental y se cementará adecuadamente el espacio anular comprendido entre la entubación y el terreno en los 2-3 m superiores a modo de sello sanitario, para evitar la entrada de contaminantes a través de este espacio anular.
- En las excavaciones abiertas, se recomienda, especialmente, evitar el vertido de escombros o aguas residuales en las zanjas abiertas, así como ser muy estrictos en cuanto al tipo de materiales usados para rellenar las zanjas.
- Se recomienda la descontaminación o retirada a vertedero de los suelos contaminados en torno a los sondeos SC-2, SJ-7, SJ-8, SJ-9 y SJ-11, así como en otras posibles zonas donde sean detectados durante la obra indicios contaminación. Con esta medida, se pretende evitar que un cambio en la dinámica de los acuíferos pueda llegar a removilizar la carga contaminante contenida en el terreno.
- Se recomienda evitar la mezcla de las aguas subterráneas relacionas con los distintos niveles acuíferos definidos en la zona de estudio, tanto a través de excavaciones y taladros, como a través de los pozos de los sifones. Así, se recomienda la construcción de sifones individuales para dar continuidad a cada uno de los niveles acuíferos interrumpidos por las obras.
- Se recomienda realizar un control de los parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas en la zona, tanto durante la construcción de la obra, como en un periodo posterior durante la explotación de la misma. Con está medida se pretende realizar una vigilancia de los posibles impactos que, a pesar de las medidas preventivas tomadas, puedan producirse y así tomar las medidas adicionales necesarias para su rápida corrección.



11. Conclusiones y recomendaciones

11.1. Resumen y conclusiones

- Se realiza este estudio a petición de INECO-TIFSA, con el objetivo de analizar la interacción mutua entre las dos alternativas de la futura "Estación Intermodal de Gijón" y el entorno hidrogeológico donde ésta se proyecta. Se han analizado diversos aspectos hidrogeológicos, concediendo especial importancia al análisis del probable efecto barrera que sobre el flujo subterráneo puede provocar las obras previstas.
- La infraestructura proyectada afectará a un macizo jurásico compuesto por una alternancia de niveles de dolomías, calizas, brechas y lutitas margosas.
 Los depósitos jurásicos aparecen recubiertos por un manto cuaternario constituido por depósitos arcillosos de origen eluvial y aluvial, arenas de cordón litoral y depósitos antrópicos de naturaleza variable.
- En la zona final del proyecto, los depósitos de arenas litorales forman un acuífero libre de permeabilidad media y espesor muy reducido. Los depósitos aluviales y eluviales, a menudo saturados de agua, forman acuitardos y acuicludos debido a su baja permeabilidad. Los depósitos antrópicos, en general de permeabilidad media-alta, se sitúan normalmente por encima de la zona saturada de los acuíferos.
- Los depósitos jurasicos forman un acuífero multicapa, en el que los niveles calizos y dolomíticos constituyen los distintos niveles acuíferos semiconfinados, separados por los tramos de lutitas y brechas que funcionarían a modo de acuitardos. Los depósitos calcáreos presentan una permeabilidad media-alta por fracturación y karstificación, en general mucho más elevada que la de los tramos lutíticos.
- Dentro del sector del acuífero multicapa que será ocupado por las obras de la futura estación, se han distinguido en el estudio dos niveles acuíferos distintos con características hidráulicas y piezométricas diferenciadas: "acuífero jurásico somero" y "acuífero jurásico profundo".
- La recarga del sistema se produce esencialmente a partir de la percolación del agua de lluvia, siempre disminuida en zonas urbanas debido a la pavimentación de áreas extensas, y en menor medida a partir de las perdidas de la red de abastecimiento y saneamiento de la ciudad. La descarga de todos los acuíferos se producen esencialmente hacia el mar, que funciona en la zona de estudio como nivel de base regional y local. No se descarta una cierta

- recarga y descarga asociada al río Pilón según los tramos, así como un flujo de transferencia entre el acuífero cuaternario y el "acuífero jurásico somero".
- La distribución piezométrica de los acuíferos indica un gradiente hidráulico variable en función de la permeabilidad del terreno, así como un flujo de dirección perpendicular a la línea de costa que indica una descarga preferente hacia el mar
- Los acuíferos en la zona de la estación presentan una oscilación piezométrica muy elevada, incluso de 1 m a 2 m en cortos espacios de tiempo, probablemente relacionada con la influencia intermareal.
- Las facies hidroquímicas predominantes en la zona de estudio son bicarbonatadas cálcicas, sulfatado cálcicas y, en menor medida, clorurado sódicas. Esta composición indica una mezcla de aguas de origen continental con aguas de origen marino, típica de zonas costera, con un elevado contenido en sulfatos lo que le confiere un carácter agresivo hacia el hormigón.
- Se ha detectado contaminación orgánica por aceites, grasas e hidrocarburos en varios puntos de la zona de estudio, probablemente relacionado con la actividad industrial que en tiempos pasados se desarrolló en la zona.
- La dirección del flujo subterráneo de perpendicular a subperpendicular a la traza de la estación, junto a la tipología constructiva prevista entre muros pantalla, favorece la creación de un efecto barrera sobre la dinámica de los acuíferos de la zona, que podría llegar a ser muy intenso en ciertos tramos si no se adoptan las medidas correctoras adecuadas.
- Para el análisis del efecto barrera se ha implementado un modelo de simulación de flujo subterráneo mediante la utilización del código MODFLOW (Mc Donald & Harbaugh) del US Geological Survey. El modelo ha sido calibrado utilizando la información geológica e hidrogeológica de la campaña geotécnica e hidrogeológica realizada por INECO-TIFSA para el proyecto de la estación en 2010. Esta simulación ha sido denominada "hipótesis de calibración" y reproduce en gran medida la máximo gradiente hidráulico observado en los acuíferos durante la campaña de INECO-TIFSA.
- Posteriormente, adoptando un criterio de seguridad, se ha simulado una hipótesis en la que el nivel freático del acuífero fuera más elevado que en la "hipótesis de calibración", fruto de una tasa de recarga más alta. Esta hipótesis ha sido denominada "hipótesis húmeda", y ha sido simulada utilizando unas tasas de recarga razonablemente altas, puesto que no se

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



dispone de un registro de la evolución piezométrica del acuífero lo suficientemente amplio.

- Las simulaciones realizadas indican que las obras de la estación pueden provocar un efecto barrera importante sobre los acuíferos de la zona, si no se aplican las medidas oportunas para restituir el flujo subterráneo a través de su traza. La construcción de las estructuras subterráneas previstas puede impedir, o dificultar en mayor o menor medida, el flujo subterráneo hacia las zonas de descarga natural de los acuíferos, de modo que éste puede verse interrumpido y/o desviado, apareciendo zonas aguas arriba de la estación en las que se produce un ascenso relativo de los niveles piezométricos, y otras aguas abajo en las que se produce un descenso relativo de los mismos.
- Además del propio impacto sobre el medio acuífero, las variaciones piezométricas pueden inducir efectos negativos sobre las edificaciones y obras preexistente, así como sobre las propias actuaciones previstas, como por ejemplo: subpresiones y filtraciones en plantas de sótanos, zonas encharcadas en superficie, afecciones a la cimentación de edificios, etc.
- Es probable que durante la explotación de las obras, y sobre todo durante la construcción de las mismas se produzca un cierto drenaje de los distintos acuíferos, debido a los bombeos de agotamiento necesarios para la excavación de los recintos entre pantallas. El drenaje directo del acuífero asociado al manto cuaternario, o el drenaje del acuífero jurásico somero subyacente con una posible comunicación hidráulica con aquel, podría inducir un cierto rebaje del nivel freático asociado a los depósitos cuaternarios. Este descenso podría ocasionar una disminución de las presiones efectivas en el terreno, y/o inducir procesos de compactación en aquellos depósitos cuaternarios constituidos por sedimentos de granulometría fina (limos y arcillas) saturados de agua.
- Un rebaje permanente o temporal del nivel freático, podría llegar a ocasionar la pudrición de pilotes de madera utilizados en edificaciones de cierta antigüedad en la ciudad de Gijón, al quedar expuestos a condiciones aerobias por encima del nivel freático. Igualmente, un rebaje de los niveles piezométricos, ya sea por drenaje directo o por el efecto barrera, podría favorecer el desarrollo de fenómenos de intrusión marina.
- Dentro de las posibles soluciones existentes para minimizar a valores razonables los caudales de agotamiento de los recintos entre pantallas, se pueden proponer tratamientos del terreno situado por debajo del fondo de las excavaciones previstas, o bien la profundización de las pantallas hasta un

sustrato lo suficientemente impermeable que evite el flujo subterráneo vertical hacia los recintos.

- Esta última solución sería especialmente factible en la Alternativa Moreda y la línea de Cercanías de la Alternativa Museo, debido a la proximidad del acuitardo (base del "acuífero jurasico somero") a la base de las pantallas, siendo más costoso en el caso en de las líneas de Largo Recorrido y FEVE de la Alternativa Museo, al situarse la base de las pantallas más someras y distantes del acuitardo.
- Cualquier solución de prolongación de las pantallas para minimizar el efecto de drenaje de los acuíferos durante las obras, va a provocar una intensificación del efecto barrera de las obras, de modo que se recomienda sopesar la conveniencia de esta solución en fases posteriores de estudio del proyecto.
- En cuanto a las medidas correctoras para evitar el efecto barrera o, minimizarlos a valores aceptables, se puede contemplar entre otras medidas la construcción de portillos o sifones. La construcción de portillos es una solución definitiva que no necesita mantenimiento, a diferencia de los sifones en los que sí es necesario contemplar un cierto mantenimiento durante la explotación de las obras para asegurar su correcto funcionamiento. En el estudio se ha valorado el grado de permeabilización de la barrera, o el porcentaje de restitución del flujo subterráneo a través de las obras necesario para minimizar el efecto barrera, y de modo adicional se ha traducido este grado de permeabilización en un número aproximado sifones para conseguir este efecto. No obstante, se recomienda valorar en fases posteriores de estudio del proyecto la implantación de portillos.
- Es posible que la construcción de la infraestructura prevista, así como su posterior explotación, pueda provocar un cierto impacto sobre la calidad de las aguas subterráneas si no se toman las medidas oportunas. En este sentido, se proponen en el estudio una serie de medidas preventivas y correctoras, cuyo fin último es evitar que los posibles contaminantes puedan llegar a alcanzar la zona saturada de los acuíferos.

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



11.2. Recomendaciones

A la vista de los resultados del modelo de flujo y demás conclusiones del estudio, se recomienda adoptar los siguiente grados de restitución del flujo subterráneo a través de las obras, en cada una de las alternativas contempladas. En sendos cuadros adjuntos, también se valora de modo aproximado la distribución de sifones que sería necesario para conseguir este grado de permeabilización de la barrera. Se proponen adoptar los resultados de las simulaciones bajo las condiciones de la "hipótesis húmeda" por ser ésta un escenario del lado de la seguridad.

	ALTERNATIVA MOREDA									
ERO		HIPOTESIS HÚMEDA								
ACUÍFERO	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones				
Cuaternario	1+620	2+080	460	10%	40	11				
Õ	1+120	1+260	140	10%	40	3				
+	1+260	1+320	60	15%	30	2				
omero	1+320	1+560	240	10%	40	6				
Jurásico somero + Acuitardo	1+560	1+720	160	30%	15	10				
Jurá	1+720	2+080	360	15%	30	12				

		ALTERNATIVA MUSEO							
ACUÍFERO			HIPOT	TESIS HÚM	EDA				
ACL	Inicio	Fin	Longitud (m)	% liberado barrera	Separación sifones (m)	Número sifones			
rnario	1+660	1+830	170	15%	30	5			
Cuaternario	1+830	2+110	280	10%	40	7			
tardo	1+120	1+280	160	10%	40	4			
+ Acui	1+280	1+340	60	15%	30	2			
mero .	1+340	1+590	250	10%	40	6			
Jurásico somero + Acuitardo	1+590	1+830	240	30%	15	16			
Jurás	1+830	2+110	280	15%	30	9			

- Se recomienda valorar en fases posteriores de estudio del proyecto la implantación de portillos y, en el caso de utilizarse finalmente sifones, ajustar su número y distribución a lo largo de las obras.
- En las simulaciones que analizan las medidas de drenaje necesarias para suavizar el efecto barrera de las actuaciones previstas, se ha tomado el valor de 0,5 m como máximo de las variaciones piezométricas "aceptables" o "tolerables", permitiéndose tan sólo variaciones piezométricas entre 0,5 m y 1 m en zonas localizadas próximas a las pantallas. Se ha adoptado este valor (50 cm) en virtud de criterios puramente hidrogeológicos, por lo se recomienda analizar en fases posteriores de estudio su validez en base a criterios geotécnicos y/o constructivos de las obras existentes y previstas.
- Los resultados de las simulaciones son predicciones probables del comportamiento del acuífero, y en este sentido deben ser consideradas. El sistema hidrogeológico analizado presenta, como es lógico en cualquier sistema acuífero de este tamaño, una incertidumbre intrínseca en cuanto a su funcionamiento hidráulico debido a que éste depende de una gran cantidad de variables que además presentan una distribución continua en el espacio.



- Los modelos de flujo, independientemente de lo complejos y detallados que sean, simulan el comportamiento medio de un sistema y sus resultados dependen de la calidad y el número de datos utilizados que siempre presentan una distribución discreta en el espacio modelizado, de modo que siempre es posible que se produzcan ciertos comportamientos locales, incluso generales, que escapen al funcionamiento del modelo. Estos comportamientos locales son, si cabe, más típicos y esperables en medios kársticos como los presentes en la zona de estudio. En este sentido, se recomienda realizar un control piezométrico estricto antes, durante y después de las obras, de todos los niveles acuíferos implicados para detectar cualquier desviación respecto a las predicciones realizadas.
- El control piezométrico durante las obras permitirá calibrar y validar los cálculos del modelo en régimen transitorio, y corregir a tiempo las posibles desviaciones del comportamiento hidráulico del sistema acuífero respecto a las predicciones realizadas. En este sentido, antes del inicio de las obras, sería necesario construir una red piezométrica que complementaría la actualmente existente, situándose los piezómetros a un lado y el otro de las zonas donde se prevén las variaciones piezométricas más importantes.
- Se recomienda tomar las medidas necesarias para evitar el drenaje del "acuífero cuaternario" durante las obras, ya sea directamente o a través de "acuífero jurásico somero", probablemente conectado hidráulicamente con éste.
- Se recomienda estudiar en fases posteriores de estudio la conexión hidráulica entre el "acuífero cuaternario" y el "acuífero jurásico somero", especialmente si se opta por la Alternativa Museo. En este caso, se recomienda realizar ensayos de bombeo específicos en la zona final de la traza de las vías de Largo Recorrido y FEVE de esta alternativa, donde el drenaje de los acuíferos podría ser mayor. Los ensayos deberían provocar un bombeo intenso, aislado y focalizado del "acuífero jurásico somero", y medirse la respuesta piezométrica en éste y en el "acuífero cuaternario" mediante piezómetros puntuales y convenientemente aislados en cada nivel acuífero.
- Se recomienda un control piezométrico estricto de todos los niveles acuíferos implicados, tanto fuera como dentro de los recintos a agotar, ante posibles desviaciones de lo que sería un comportamiento distinto de lo esperado, bien por una continuidad en profundidad de los niveles permeables mayor de la esperada, o por una falta de impermeabilidad de los muros pantalla.

- Se recomienda realizar una impermeabilización adecuada de todos las actuaciones subterráneas previstas, para que el posible drenaje de los distintos acuíferos afectados sea nulo o despreciable una vez construidas y finalizadas las obras.
- Se recomienda considerar el resto de recomendaciones recogidas en el apartado 10.3 del estudio, para evitar posibles afecciones tanto sobre el funcionamiento hidrodinámico de los acuíferos, como sobre la calidad de las aguas subterráneas.
- El modelo ha sido calibrado para las condiciones descritas en este informe, de tal modo que si por algún motivo variasen sustancialmente las condiciones de las hipótesis de partida, sería necesario simular el efecto de las nuevas condiciones sobre el acuífero. Por ejemplo, sería necesario simular el efecto que provocaría sobre el acuífero la creación de barreras adicionales a las estudiadas, como nuevos proyectos de urbanización u otras obras civiles con proyección subterránea.

Madrid, febrero de 2020

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Gijón



APÉNDICE 1

MEDIDAS PIEZOMÉTRICAS RECOPILADAS EN LAS DISTINTAS CAMPAÑAS GEOTÉCNICAS

Estudio hidrogeológico y modelo de simulación de flujo subterráneo del entorno de la Estación Intermodal de Moreda (Gijón) APÉNDICES

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	15/11/2007 9:30	7,25	1,66
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	22/11/2007 0:00	7,44	1,46
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	28/11/2007 0:00	7,54	1,36
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	28/11/2007 9:30	7,87	1,03
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	29/11/2007 0:40	7,28	1,62
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	29/11/2007 11:40	7,67	1,23
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	04/12/2007 13:21	7,60	1,30
Campaña INECO-TIFSA	PB-1	8,9	04/12/2007 14:07	7,60	1,30
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	15/11/2007 15:00	4,62	4,26
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	28/11/2007 11:00	4,25	4,63
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	28/11/2007 19:10	4,28	4,60
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	29/11/2007 0:00	4,62	4,26
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	29/11/2007 10:00	4,72	4,16
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	04/12/2007 12:39	4,94	3,94
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	04/12/2007 13:40	4,94	3,94
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	04/12/2007 15:47	4,93	3,95
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	04/12/2007 17:35	4,93	3,95
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	05/12/2007 9:15	4,92	3,96
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	24/01/2008 0:00	6,08	2,80
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	31/05/2010 0:00	4,32	4,56
Campaña INECO-TIFSA	PB-2	8,879	09/06/2010 15:21	4,40	4,48
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1	19,694	15/11/2007 11:00	17,01	2,68
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1	19,694	29/11/2007 14:05	17,86	1,83
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1	19,694	11/12/2007 0:00	17,68	2,01
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1	19,694	12/12/2007 18:30	17,71	1,98
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1	19,694	17/01/2008 0:00	17,66	2,03
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1	19,694	09/06/2010 21:25	17,35	2,34
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1 bis	19,694	15/11/2007 11:00	5,22	14,47
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1 bis	19,694	29/11/2007 14:05	3,52	16,17
ACCUSATION OF THE PROPERTY OF	Pz-1 bis	NATION AND ADDRESS OF THE PARTY			10,000,000,000
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1 bis	19,694	12/12/2007 18:30	3,46	16,23
Campaña INECO-TIFSA		19,694	31/05/2010 0:00	4,13	15,56
Campaña INECO-TIFSA	Pz-1 bis	19,694	09/06/2010 21:45	4,30	15,39
Campaña INECO-TIFSA	Pz-11	8,9	15/11/2007 9:30	7,48	1,42
Campaña INECO-TIFSA	Pz-11	8,9	29/11/2007 11:40	7,96	0,94
Campaña INECO-TIFSA	Pz-11	8,9	22/01/2008 0:00	7,83	1,07
Campaña INECO-TIFSA	Pz-12	8,9	15/11/2007 9:30	7,17	1,73
Campaña INECO-TIFSA	Pz-12	8,9	22/11/2007 0:00	7,60	1,30
Campaña INECO-TIFSA	Pz-12	8,9	29/11/2007 11:40	7,60	1,30
Campaña INECO-TIFSA	Pz-13	8,9	15/11/2007 9:30	7,29	1,62
Campaña INECO-TIFSA	Pz-13	8,9	21/11/2007 0:00	7,48	1,42
Campaña INECO-TIFSA	Pz-13	8,9	29/11/2007 11:40	6,98	1,92
Campaña INECO-TIFSA	Pz-2	9,9	23/01/2008 0:00	7,95	1,95
Campaña INECO-TIFSA	Pz-2	9,9	09/06/2010 16:50	7,67	2,23
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	15/11/2007 15:00	4,11	4,75
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	28/11/2007 11:00	4,00	4,86
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	28/11/2007 19:15	4,01	4,85
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	29/11/2007 10:00	4,44	4,42
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	04/12/2007 17:45	4,46	4,40
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	05/12/2007 9:20	4,49	4,37

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	31/05/2010 0:00	4,20	4,66
Campaña INECO-TIFSA	Pz-21	8,859	09/06/2010 15:27	4,24	4,62
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	15/11/2007 15:00	5,40	3,35
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	28/11/2007 11:00	5,25	3,50
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	28/11/2007 19:15	5,29	3,46
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	29/11/2007 10:00	5,66	3,09
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	04/12/2007 12:45	5,72	3,03
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	04/12/2007 13:41	5,70	3,05
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	04/12/2007 15:47	5,70	3,05
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	04/12/2007 17:40	5,72	3,03
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	05/12/2007 9:15	5,77	2,98
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	22/01/2008 0:00	6,37	2,38
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	31/05/2010 0:00	6,10	2,65
Campaña INECO-TIFSA	Pz-22	8,751	09/06/2010 15:35	6,00	2,75
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	15/11/2007 15:00	5,35	3,55
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	28/11/2007 11:00	5,21	3,69
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	28/11/2007 19:15	5,25	3,65
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	29/11/2007 0:00	5,78	3,12
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	29/11/2007 10:00	5,61	3,29
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	04/12/2007 17:45	5,66	3,24
Campaña INECO-TIFSA	Pz-23	8,903	05/12/2007 9:20	5,72	3,18
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	15/11/2007 15:00	5,32	3,61
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	28/11/2007 0:00	5,82	3,11
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	28/11/2007 11:00	5,18	3,75
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	28/11/2007 19:15	5,22	3,71
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	29/11/2007 0:00	5,78	3,15
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	29/11/2007 10:00	5,59	3,34
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	04/12/2007 17:40	5,01	3,92
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	05/12/2007 9:15	5,08	3,85
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	31/05/2010 0:00	6,15	2,78
Campaña INECO-TIFSA	Pz-24	8,929	09/06/2010 15:30	6,05	2,88
Campaña INECO-TIFSA	Pz-3	11,296	29/11/2007 11:11	5,11	6,19
Campaña INECO-TIFSA	Pz-3	11,296	12/12/2007 18:00	9,31	1,99
Campaña INECO-TIFSA	Pz-3	11,296	13/12/2007 0:00	9,28	2,02
Campaña INECO-TIFSA	Pz-3	11,296	23/01/2008 0:00	9,83	1,47
Campaña INECO-TIFSA	Pz-3	11,296	09/06/2010 18:10	8,96	2,34
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	7,754	28/11/2007 12:15	3,28	4,47
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	7,754	28/11/2007 20:11	3,22	4,53
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	7,754	29/11/2007 1:31	3,72	4,03
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	7,754	29/11/2007 15:00	3,73	4,02
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	7,754	12/12/2007 18:10	3,51	4,24
Campaña INECO-TIFSA	Pz-4	7,754	15/01/2008 0:00	3,64	4,11
Campaña INECO-TIFSA	Pz-5	14,056	29/11/2007 14:35	5,45	8,61
Campaña INECO-TIFSA	Pz-5	14,056	12/12/2007 18:20	4,83	9,23
Campaña INECO-TIFSA	Pz-6	26,762	15/11/2007 11:20	12,57	14,19
Campaña INECO-TIFSA	Pz-6	26,762	29/11/2007 10:40	13,04	13,72
Campaña INECO-TIFSA	Pz-6	26,762	12/12/2007 0:00	12,40	14,36
Campaña INECO-TIFSA	Pz-6	26,762	12/12/2007 0:00	12,40	14,36
Campaña INECO-TIFSA	Pz-6	26,762	16/01/2008 0:00	12,60	14,16

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	21/07/2007 16:00	9,19	3,54
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	01/08/2007 11:35	8,25	4,48
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	08/08/2007 12:45	7,80	4,93
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	29/08/2007 17:13	7,13	5,60
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	10/10/2007 10:45	7,05	5,68
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	15/11/2007 17:00	6,53	6,20
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	29/11/2007 14:00	7,03	5,70
Campaña INECO-TIFSA	SJ-01	12,726	12/12/2007 18:38	5,66	7,07
Campaña INECO-TIFSA	SJ-02	19,574	21/07/2007 16:30	16,57	3,01
Campaña INECO-TIFSA	SJ-02	19,574	01/08/2007 11:25	16,77	2,81
Campaña INECO-TIFSA	SJ-02	19,574	08/08/2007 12:40	16,53	3,05
Campaña INECO-TIFSA	SJ-02	19,574	29/08/2007 17:15	16,92	2,66
Campaña INECO-TIFSA	SJ-02	19,574	10/10/2007 10:43	17,60	1,98
Campaña INECO-TIFSA	SJ-02	19,574	29/11/2007 14:05	17,80	1,78
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	01/08/2007 11:20	13,81	2,62
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	08/08/2007 12:55	13,51	2,92
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	29/08/2007 17:35	13,86	2,57
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	10/10/2007 10:40	14,09	2,34
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	15/11/2007 16:05	14,29	2,14
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	29/11/2007 11:20	14,65	1,78
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	31/05/2010 0:00	14,00	2,43
Campaña INECO-TIFSA	SJ-05	16,429	09/06/2010 20:47	14,04	2,39
Campaña INECO-TIFSA	SJ-06	13,592	08/08/2007 13:10	11,37	2,22
Campaña INECO-TIFSA	SJ-06	13,592	29/08/2007 16:45	11,03	2,56
Campaña INECO-TIFSA	SJ-06	13,592	10/10/2007 10:29	11,27	2,32
Campaña INECO-TIFSA	SJ-06	13,592	15/11/2007 15:50	11,47	2,12
Campaña INECO-TIFSA	SJ-06	13,592	29/11/2007 12:05	11,85	1,74
Campaña INECO-TIFSA	SJ-06	13,592	31/05/2010 0:00	8,75	4,84
Campaña INECO-TIFSA	SJ-07	12,088	08/08/2007 13:12	7,17	4,92
Campaña INECO-TIFSA	SJ-07	12,088	29/08/2007 16:40	7,71	4,38
Campaña INECO-TIFSA	SJ-07	12,088	10/10/2007 10:20	8,18	3,91
Campaña INECO-TIFSA	SJ-07	12,088	15/11/2007 15:50	8,72	3,37
Campaña INECO-TIFSA	SJ-07	12,088	29/11/2007 12:02	8,57	3,52
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	21/07/2007 9:00	9,13	3,06
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	01/08/2007 12:00	9,64	2,55
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	08/08/2007 12:20	9,72	2,47
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	10/10/2007 11:02	9,88	2,31
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	15/11/2007 16:15	10,06	2,13
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	29/11/2007 11:25	10,41	1,78
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	31/05/2010 0:00	5,00	7,19
Campaña INECO-TIFSA	SJ-08	12,185	09/06/2010 19:05	4,18	8,01
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	01/08/2007 9:55	5,88	2,83
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	08/08/2007 13:18	6,23	2,48
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	29/08/2007 16:35	6,21	2,50
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	10/10/2007 10:14	6,48	2,23
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	15/11/2007 15:40	6,68	2,03
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	28/11/2007 11:16	6,75	1,96
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	28/11/2007 11:16	6,88	1,83
Campaña INECO-TIFSA Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	28/11/2007 13:31	6,66	2,05

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	28/11/2007 19:30	6,65	2,06
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	29/11/2007 0:45	6,68	2,03
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	29/11/2007 12:00	7,06	1,65
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	04/12/2007 13:19	6,99	1,72
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	04/12/2007 14:05	6,99	1,72
Campaña INECO-TIFSA	SJ-09	8,709	05/12/2007 9:31	7,03	1,68
Campaña INECO-TIFSA	SJ-10	8,872	21/07/2007 15:15	6,17	2,70
Campaña INECO-TIFSA	SJ-10	8,872	01/08/2007 9:50	6,31	2,56
Campaña INECO-TIFSA	SJ-10	8,872	08/08/2007 13:30	6,45	2,42
Campaña INECO-TIFSA	SJ-10	8,872	29/08/2007 16:32	6,38	2,49
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	17/07/2007 9:00	5,21	4,20
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	17/07/2007 12:51	6,17	3,24
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	21/07/2007 14:45	5,17	4,24
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	01/08/2007 9:30	5,60	3,81
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	08/08/2007 14:00	5,62	3,79
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	29/08/2007 18:30	5,59	3,82
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	06/09/2007 13:15	5,67	3,74
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	10/10/2007 11:18	5,54	3,87
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	15/11/2007 15:35	5,66	3,75
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	28/11/2007 11:10	5,48	3,93
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	28/11/2007 19:00	5,52	3,89
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	29/11/2007 1:15	5,96	3,45
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	29/11/2007 10:15	5,89	3,52
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 12:32	5,92	3,49
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 13:04	5,90	3,51
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 13:35	5,86	3,55
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 13:50	5,85	3,56
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 14:18	5,83	3,58
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 15:54	5,84	3,57
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 17:30	5,87	3,54
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	04/12/2007 18:41	5,88	3,53
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	05/12/2007 9:09	5,98	3,43
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	05/12/2007 9:25	5,98	3,43
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	31/05/2010 0:00	6,15	3,26
Campaña INECO-TIFSA	SJ-11	9,409	09/06/2010 14:50	6,12	3,29
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	10/07/2007 15:30	4,79	3,98
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	17/07/2007 12:13	4,77	4,00
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	17/07/2007 20:19	4,69	4,08
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	21/07/2007 14:45	5,03	3,74
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	01/08/2007 9:35	5,11	3,66
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	08/08/2007 13:53	5,18	3,59
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	29/08/2007 18:35	5,43	3,34
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	10/10/2007 11:20	5,10	3,67
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	15/11/2007 15:10	5,37	3,40
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	28/11/2007 11:00	5,18	3,59
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	28/11/2007 11:00	5,21	3,56
Campaña INECO-TIFSA	SJ-12	8,769	29/11/2007 19:15	5,60	3,17
Consejería de Justicia	SCJ-1	8,55	15/08/2007 0:00	-1,00	-10,00
Consejería de Justicia	SCJ-2	8,55	15/08/2007 0:00	-1,00	-10,00

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Consejería de Justicia	SCJ-3	9,1	15/08/2007 0:00	-1,00	-10,00
Consejería de Justicia	SCJ-4	9,65	15/08/2007 0:00	-1,00	-10,00
Depósito de Tormentas	S-1AIC	8,4	10/10/2005 0:00	4,90	3,50
Depósito de Tormentas	S-1AIC	8,4	27/09/2006 0:00	5,40	3,00
Depósito de Tormentas	S-1AIC	8,4	03/10/2006 0:00	5,10	3,30
Depósito de Tormentas	S-1AIC	8,4	05/10/2006 0:00	5,47	2,93
Depósito de Tormentas	S-1AIC	8,4	09/10/2006 0:00	5,44	2,96
Depósito de Tormentas	S-1AIC	8,4	20/10/2006 0:00	5,48	2,92
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	23/03/2005 0:00	5,85	2,35
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	30/03/2005 0:00	6,08	2,12
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	27/09/2006 0:00	6,03	2,17
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	03/10/2006 0:00	6,02	2,18
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	05/10/2006 0:00	6,04	2,16
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	09/10/2006 0:00	5,90	2,30
Depósito de Tormentas	SDT-1	8,195	20/10/2006 0:00	5,92	2,28
Depósito de Tormentas	SDT-1'	8,48	20/10/2006 0:00	6,44	2,04
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	23/03/2005 0:00	5,50	2,95
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	30/03/2005 0:00	5,85	2,60
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	27/09/2006 0:00	5,44	3,01
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	03/10/2006 0:00	5,01	3,44
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	05/10/2006 0:00	5,00	3,45
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	09/10/2006 0:00	4,97	3,48
Depósito de Tormentas	SDT-2	8,448	20/10/2006 0:00	5,06	3,39
Depósito de Tormentas	SDT-2'	8,36	09/10/2006 0:00	6,23	2,13
Depósito de Tormentas	SDT-2'	8,36	20/10/2006 0:00	6,08	2,28
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	23/03/2005 0:00	2,35	6,12
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	30/03/2005 0:00	2,60	5,87
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	27/09/2006 0:00	3,08	5,39
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	03/10/2006 0:00	3,05	5,42
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	05/10/2006 0:00	3,09	5,38
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	09/10/2006 0:00	2,88	5,59
Depósito de Tormentas	SDT-3	8,47	20/10/2006 0:00	2,96	5,51
Depósito de Tormentas	SDT-3'	8,47	03/10/2006 0:00	5,41	3,06
Depósito de Tormentas	SDT-3'	8,47	05/10/2006 0:00	5,42	3,05
Depósito de Tormentas	SDT-3'	8,47	09/10/2006 0:00	5,48	2,99
Depósito de Tormentas	SDT-3'	8,47	20/10/2006 0:00	5,39	3,08
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	23/03/2005 0:00	6,30	2,24
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	30/03/2005 0:00	6,55	1,99
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	27/09/2006 0:00	6,34	2,20
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	03/10/2006 0:00	6,38	2,16
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	05/10/2006 0:00	6,34	2,20
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	09/10/2006 0:00	4,45	4,09
Depósito de Tormentas	SDT-4	8,544	20/10/2006 0:00	6,23	2,31
Depósito de Tormentas	SDT-4'	8,45	05/10/2006 0:00	4,92	3,53
Depósito de Tormentas	SDT-4'	8,45	09/10/2006 0:00	4,91	3,54
Depósito de Tormentas	SDT-4'	8,45	20/10/2006 0:00	4,87	3,58
Depósito de Tormentas	SDT-5'	8,46	27/09/2006 0:00	5,57	2,89
Depósito de Tormentas	SDT-5'	8,46	03/10/2006 0:00	5,73	2,73
Depósito de Tormentas	SDT-5'	8,46	05/10/2006 0:00	5,67	2,79

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Depósito de Tormentas	SDT-5'	8,46	09/10/2006 0:00	5,46	3,00
Depósito de Tormentas	SDT-5'	8,46	20/10/2006 0:00	5,57	2,89
Depósito de Tormentas	SDT-6'	8,26	20/10/2006 0:00	4,80	3,46
Estación provisional	SE-1	8,8	04/09/2008 9:45	4,23	4,57
Estación provisional	SE-2	8,6	04/09/2008 9:50	5,09	3,51
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	07/06/2001 0:00	12,80	6,19
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	02/07/2007 13:41	15,85	3,14
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	10/07/2007 15:35	15,86	3,13
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	17/07/2007 20:00	15,75	3,24
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	21/07/2007 15:55	15,68	3,31
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	01/08/2007 11:15	16,27	2,72
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	08/08/2007 13:00	15,77	3,22
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	29/08/2007 17:25	16,34	2,65
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	10/10/2007 10:32	16,59	2,40
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	15/11/2007 16:00	16,80	2,19
Estudio Geotecnico	S-1	18,986	29/11/2007 12:12	17,19	1,80
Estudio Geotecnico	S-10	6,4	23/04/2001 0:00	4,05	2,35
Estudio Geotecnico	S-10C	6,4	02/08/2001 0:00	5,40	1,00
Estudio Geotecnico	S-10C	6,4	17/08/2001 0:00	7,50	-1,10
Estudio Geotecnico	S-10C	6,4	20/09/2001 0:00	7,55	-1,15
Estudio Geotecnico	S-110	9,6	03/05/2001 0:00	5,70	3,90
Estudio Geotecnico	S-12	8,54	09/05/2001 0:00	7,44	1,10
Estudio Geotecnico	S-12		14/05/2001 0:00		4,25
Estudio Geotecnico	S-13	9,35	10 000000000000000000000000000000000000	5,10	
	S-14 S-2	10,1	11/05/2001 0:00 06/06/2001 0:00	4,00	6,10
Estudio Geotecnico		11,728		5,60	6,13
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	02/07/2007 13:33	8,76	2,97
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	10/07/2007 16:00	8,74	2,99
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	17/07/2007 19:21	8,58	3,15
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	21/07/2007 15:30	8,53	3,20
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	01/08/2007 12:05	8,87	2,86
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	08/08/2007 12:25	8,79	2,94
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	29/08/2007 17:48	9,10	2,63
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	10/10/2007 11:07	9,45	2,28
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	15/11/2007 16:20	9,64	2,09
Estudio Geotecnico	S-2	11,728	29/11/2007 11:37	10,00	1,73
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	21/04/2001 0:00	1,95	5,69
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	02/07/2007 12:16	2,25	5,39
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	10/07/2007 15:00	2,46	5,18
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	17/07/2007 12:19	2,04	5,60
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	17/07/2007 20:33	1,88	5,76
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	21/07/2007 15:00	1,56	6,08
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	01/08/2007 9:40	1,89	5,75
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	08/08/2007 13:46	2,17	5,47
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	29/08/2007 18:40	2,70	4,94
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	10/10/2007 11:22	2,73	4,91
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	15/11/2007 15:25	2,96	4,68
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	28/11/2007 10:53	2,60	5,04
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	28/11/2007 19:00	2,42	5,22
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	28/11/2007 20:03	2,45	5,19

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	29/11/2007 1:03	2,78	4,86
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	29/11/2007 1:35	3,20	4,44
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	29/11/2007 10:22	3,19	4,45
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	29/11/2007 13:45	3,19	4,45
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	04/12/2007 10:50	3,42	4,22
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	04/12/2007 11:35	2,83	4,81
Estudio Geotecnico	S-3	7,643	05/12/2007 9:55	3,03	4,61
Estudio Geotecnico	S-4	7,78	19/04/2001 0:00	2,50	5,28
Estudio Geotecnico	S-4	7,78	29/08/2007 15:20	1,75	6,03
Estudio Geotecnico	S-5	5,77	28/04/2001 0:00	1,70	4,07
Estudio Geotecnico	S-5	5,77	29/08/2007 14:00	1,04	4,73
Estudio Geotecnico	S-6	6,31	28/04/2001 0:00	2,50	3,81
Estudio Geotecnico	S-7	5,99	26/04/2001 0:00	1,50	4,49
Estudio Geotecnico	S-7C	5,99	02/08/2001 0:00	1,20	4,79
Estudio Geotecnico	S-7C	5,99	17/08/2001 0:00	1,00	4,99
Estudio Geotecnico	S-7C	5,99	20/09/2001 0:00	1,24	4,75
Estudio Geotecnico	S-8	5,76	27/04/2001 0:00	2,35	3,41
Estudio Geotecnico	S-9	6,8	30/04/2001 0:00	1,90	4,90
Obra Túnel	PzD3	6	23/10/2008 0:00	4,19	1,81
Obra Túnel	PzD3	6	04/11/2008 0:00	4,18	1,82
Obra Túnel	PzD3	6	10/12/2008 0:00	4,23	1,77
Obra Túnel	PzD3	6	22/12/2008 0:00	4,20	1,80
Obra Túnel	PzD3	6	23/01/2009 0:00	4,29	1,71
Obra Túnel	PzD3	6	10/02/2009 0:00	4,26	1,74
Obra Túnel	PzD3	6	16/02/2009 0:00	4,24	1,76
Obra Túnel	PzD3	6	20/03/2009 0:00	4,31	1,69
Obra Túnel	PzD3	6	24/03/2009 0:00	4,33	1,67
Obra Túnel	PzD3	6	03/04/2009 0:00	4,30	1,70
Obra Túnel	PzD3	6	08/04/2009 0:00	4,32	1,68
Obra Túnel	PzD3	6	14/04/2009 0:00	4,24	1,76
Obra Túnel	PzD3	6	21/04/2009 0:00	4,30	1,70
Obra Túnel	PzD3	6	28/04/2009 0:00	4,27	1,73
Obra Túnel	PzD3	6	07/05/2009 0:00	4,32	1,68
Obra Túnel	PzD3	6	11/05/2009 0:00	4,30	1,70
Obra Túnel	PzD3	6	20/05/2009 0:00	4,29	1,71
Obra Túnel	PzD3	6	27/05/2009 0:00	4,34	1,66
Obra Túnel	PzD3	6	03/06/2009 0:00	4,31	1,69
Obra Túnel	PzD3	6	09/06/2009 0:00	4,37	1,63
Obra Túnel	PzD3	6	16/06/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Túnel	PzD3	6	24/06/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Túnel	PzD3	6	01/07/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Túnel	PzD3	6	08/07/2009 0:00	4,37	1,63
Obra Túnel	PzD3	6	14/07/2009 0:00	4,36	1,64
Obra Túnel	PzD3	6	22/07/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Turiel Obra Túnel	PzD3	6	29/07/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Tunel Obra Tunel	PzD3	6	05/08/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Tunel Obra Túnel	PzD3	6	12/08/2009 0:00		
Obra Tunel Obra Túnel	PzD3 PzD3	6	20/08/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Tunel Obra Túnel	PzD3 PzD3	6	27/08/2009 0:00	4,39 4,37	1,61 1,63

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzD3	6	03/09/2009 0:00	4,37	1,63
Obra Túnel	PzD3	6	09/09/2009 0:00	4,42	1,58
Obra Túnel	PzD3	6	17/09/2009 0:00	4,32	1,68
Obra Túnel	PzD3	6	23/09/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Túnel	PzD3	6	01/10/2009 0:00	4,40	1,60
Obra Túnel	PzD3	6	08/10/2009 0:00	4,44	1,56
Obra Túnel	PzD3	6	14/10/2009 0:00	4,41	1,59
Obra Túnel	PzD3	6	21/10/2009 0:00	4,35	1,65
Obra Túnel	PzD3	6	28/10/2009 0:00	4,40	1,60
Obra Túnel	PzD3	6	04/11/2009 0:00	4,34	1,66
Obra Túnel	PzD3	6	11/11/2009 0:00	4,20	1,80
Obra Túnel	PzD3	6	18/11/2009 0:00	4,26	1,74
Obra Túnel	PzD3	6	25/11/2009 0:00	4,32	1,68
Obra Túnel	PzD3	6	02/12/2009 0:00	4,18	1,82
Obra Túnel	PzD3	6	09/12/2009 0:00	4,23	1,77
Obra Túnel	PzD3	6	15/12/2009 0:00	4,25	1,75
Obra Túnel	PzD3	6	23/12/2009 0:00	4,29	1,71
Obra Túnel	PzD3	6	14/01/2010 0:00	4,11	1,89
Obra Túnel	PzD3	6	20/01/2010 0:00	4,22	1,78
Obra Túnel	PzD3	6	27/01/2010 0:00	4,24	1,76
Obra Túnel	PzD3	6	01/02/2010 0:00	4,18	1,82
Obra Túnel	PzD3	6	08/02/2010 0:00	4,19	1,81
Obra Túnel	PzD3	6	18/02/2010 0:00	4,20	1,80
Obra Túnel	PzD3	6	24/02/2010 0:00	4,21	1,79
Obra Túnel	PzD3	6	03/03/2010 0:00	4,20	1,80
Obra Túnel	PzD3	6	10/03/2010 0:00	4,26	1,74
Obra Túnel	PzD3	6	17/03/2010 0:00	4,28	1,72
Obra Túnel	PzD3	6	25/03/2010 0:00	4,22	1,78
Obra Túnel	PzD3	6			1,78
Obra Tunel	PzD3 PzD3	6	31/03/2010 0:00	4,28	1,69
	PzD3		07/04/2010 0:00	4,31 4,27	1,73
Obra Túnel		6	15/04/2010 0:00		
Obra Túnel	PzD3	6	21/04/2010 0:00	4,30	1,70
Obra Túnel	PzD3	6	28/04/2010 0:00	4,33	1,67
Obra Túnel	PzD3	6	05/05/2010 0:00	4,33	1,67
Obra Túnel	PzD3	6	12/05/2010 0:00	4,28	1,72
Obra Túnel	PzD3	6	30/05/2010 0:00	4,34	1,66
Obra Túnel	PzD7	7	27/10/2008 0:00	4,38	2,62
Obra Túnel	PzD7	7	10/12/2008 0:00	4,16	2,84
Obra Túnel	PzD7	7	22/12/2008 0:00	4,09	2,91
Obra Túnel	PzD7	7	23/01/2009 0:00	4,09	2,91
Obra Túnel	PzD7	7	16/02/2009 0:00	4,14	2,86
Obra Túnel	PzD7	7	09/03/2009 0:00	4,09	2,91
Obra Túnel	PzD7	7	20/03/2009 0:00	4,12	2,88
Obra Túnel	PzD7	7	24/03/2009 0:00	4,13	2,87
Obra Túnel	PzD7	7	03/04/2009 0:00	4,11	2,89
Obra Túnel	PzD7	7	08/04/2009 0:00	4,10	2,90
Obra Túnel	PzD7	7	14/04/2009 0:00	4,08	2,92
Obra Túnel	PzD7	7	21/04/2009 0:00	4,10	2,90
Obra Túnel	PzD7	7	28/04/2009 0:00	4,08	2,92

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzD7	7	07/05/2009 0:00	4,13	2,87
Obra Túnel	PzD7	7	11/05/2009 0:00	4,03	2,97
Obra Túnel	PzD7	7	20/05/2009 0:00	4,05	2,95
Obra Túnel	PzD7	7	27/05/2009 0:00	4,13	2,87
Obra Túnel	PzD7	7	03/06/2009 0:00	4,06	2,94
Obra Túnel	PzD7	7	09/06/2009 0:00	4,09	2,91
Obra Túnel	PzD7	7	16/06/2009 0:00	4,05	2,95
Obra Túnel	PzD7	7	24/06/2009 0:00	3,98	3,02
Obra Túnel	PzD7	7	01/07/2009 0:00	4,01	2,99
Obra Túnel	PzD7	7	08/07/2009 0:00	4,00	3,00
Obra Túnel	PzD7	7	14/07/2009 0:00	3,96	3,04
Obra Túnel	PzD7	7	22/07/2009 0:00	3,94	3,06
Obra Túnel	PzD7	7	29/07/2009 0:00	3,94	3,06
Obra Túnel	PzD7	7	05/08/2009 0:00	3,92	3,08
Obra Túnel	PzD7	7	12/08/2009 0:00	3,91	3,09
Obra Túnel	PzD7	7	20/08/2009 0:00	3,95	3,05
Obra Túnel	PzD7	7	27/08/2009 0:00	3,92	3,08
Obra Túnel	PzD7	7	03/09/2009 0:00	3,90	3,10
Obra Túnel	PzD7	7	09/09/2009 0:00	3,93	3,07
Obra Túnel	PzD7	7	17/09/2009 0:00	3,85	3,15
Obra Túnel	PzD7	7	23/09/2009 0:00	3,86	3,14
Obra Túnel	PzD7	7	01/10/2009 0:00	3,88	3,12
Obra Túnel	PzD7	7	08/10/2009 0:00	3,89	3,11
Obra Túnel	PzD7	7	14/10/2009 0:00	3,87	3,13
Obra Túnel	PzD7	7	21/10/2009 0:00	3,82	3,18
Obra Túnel	PzD7	7	28/10/2009 0:00	3,86	3,14
Obra Túnel	PzD7	7	04/11/2009 0:00	3,82	3,18
Obra Túnel	PzD7	7	11/11/2009 0:00	3,75	3,25
Obra Túnel	PzD7	7	18/11/2009 0:00	3,73	3,27
Obra Túnel	PzD7	7	25/11/2009 0:00	3,86	3,14
Obra Túnel	PzD7	7	02/12/2009 0:00	3,73	3,27
Obra Túnel	PzD7	7	09/12/2009 0:00	3,71	3,29
Obra Túnel	PzD7	7	15/12/2009 0:00	3,83	3,17
Obra Túnel	PzD7	7	23/12/2009 0:00	3,92	3,08
Obra Túnel	PzD7	7	14/01/2010 0:00	3,71	3,29
Obra Túnel	PzD7	7	20/01/2010 0:00	3,73	3,27
Obra Túnel	PzD7	7	27/01/2010 0:00	3,74	3,26
Obra Túnel	PzD7	7	01/02/2010 0:00	3,78	3,22
Obra Túnel	PzD7	7	08/02/2010 0:00	3,74	3,26
Obra Túnel	PzD7	7	18/02/2010 0:00	3,78	3,22
Obra Túnel	PzD7	7	24/02/2010 0:00	3,85	3,15
Obra Túnel	PzD7	7	03/03/2010 0:00	3,82	3,18
Obra Túnel	PzD7	7	10/03/2010 0:00	3,82	3,18
Obra Túnel	PzD7	7	17/03/2010 0:00	3,83	3,17
Obra Túnel	PzD7	7	25/03/2010 0:00	3,78	3,22
Obra Túnel	PzD7	7	31/03/2010 0:00	3,83	3,17
Obra Túnel	PzD7	7	07/04/2010 0:00	3,82	3,18
Obra Túnel	PzD7	7	15/04/2010 0:00	3,83	3,17
Obra Túnel	PzD7	7	21/04/2010 0:00	3,87	3,13

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzD7	7	28/04/2010 0:00	3,90	3,10
Obra Túnel	PzD7	7	05/05/2010 0:00	3,90	3,10
Obra Túnel	PzD7	7	12/05/2010 0:00	3,87	3,13
Obra Túnel	PzD7	7	30/05/2010 0:00	3,92	3,08
Obra Túnel	PzU1	6	04/11/2008 0:00	1,03	4,97
Obra Túnel	PzU1	6	11/12/2008 0:00	1,13	4,87
Obra Túnel	PzU1	6	22/12/2008 0:00	1,33	4,67
Obra Túnel	PzU1	6	23/01/2009 0:00	1,28	4,72
Obra Túnel	PzU1	6	10/02/2009 0:00	1,24	4,76
Obra Túnel	PzU1	6	16/02/2009 0:00	1,33	4,67
Obra Túnel	PzU1	6	20/03/2009 0:00	1,40	4,60
Obra Túnel	PzU1	6	24/03/2009 0:00	1,42	4,58
Obra Túnel	PzU1	6	03/04/2009 0:00	1,40	4,60
Obra Túnel	PzU1	6	08/04/2009 0:00	1,41	4,59
Obra Túnel	PzU1	6	14/04/2009 0:00	1,41	4,59
Obra Túnel	PzU1	6	21/04/2009 0:00	1,38	4,62
Obra Túnel	PzU1	6	28/04/2009 0:00	1,42	4,58
Obra Túnel	PzU1	6	07/05/2009 0:00	1,45	4,55
Obra Túnel	PzU1	6	11/05/2009 0:00	1,46	4,54
Obra Túnel	PzU1	6	20/05/2009 0:00	1,40	4,60
Obra Túnel	PzU1	6	27/05/2009 0:00	1,42	4,58
Obra Túnel	PzU1	6	03/06/2009 0:00	1,47	4,53
Obra Túnel	PzU1	6	09/06/2009 0:00	1,52	4,48
Obra Túnel	PzU1	6	16/06/2009 0:00	1,50	4,50
Obra Túnel	PzU1	6	24/06/2009 0:00	1,45	4,55
Obra Túnel	PzU1	6	01/07/2009 0:00	1,50	4,50
Obra Túnel	PzU1	6	08/07/2009 0:00	1,54	4,46
Obra Túnel	PzU1	6	14/07/2009 0:00	1,54	4,46
Obra Túnel	PzU1	6	22/07/2009 0:00	1,55	4,45
Obra Túnel	PzU1	6	29/07/2009 0:00	1,46	4,54
Obra Túnel	PzU1	6	05/08/2009 0:00	1,45	4,55
Obra Túnel	PzU1	6	12/08/2009 0:00	1,41	4,59
Obra Túnel	PzU1	6	20/08/2009 0:00	1,44	4,56
Obra Túnel	PzU1	6	27/08/2009 0:00	1,49	4,51
Obra Túnel	PzU1	6	03/09/2009 0:00	1,46	4,54
Obra Túnel	PzU1	6	09/09/2009 0:00	1,51	4,49
Obra Túnel	PzU1	6	17/09/2009 0:00	1,27	4,73
Obra Tunel	PzU1	6	23/09/2009 0:00	1,39	4,73
Obra Tunel	PzU1	6	01/10/2009 0:00	1,46	4,54
Obra Túnel	PzU1	6	08/10/2009 0:00	1,50	4,50
Obra Túnel	PzU1	6	14/10/2009 0:00	1,55	4,45
Obra Tunel	PzU1	6	21/10/2009 0:00	1,53	4,45
Obra Tunel Obra Túnel	PzU1	6	28/10/2009 0:00	1,49	4,47
Obra Tunel	PzU1	6	04/11/2009 0:00	1,36	4,64
EXTENSES OF STREET, ST	PzU1	6	11/11/2009 0:00	1,36	4,64
Obra Túnel	PzU1	6	18/11/2009 0:00	1,24	4,76
Obra Túnel	AN APPROXIMATE		and the second of the second o		
Obra Túnel	PzU1	6	25/11/2009 0:00	1,40	4,60
Obra Túnel Obra Túnel	PzU1 PzU1	6	02/12/2009 0:00 09/12/2009 0:00	1,28 1,27	4,72 4,73

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU1	6	15/12/2009 0:00	1,34	4,66
Obra Túnel	PzU1	6	23/12/2009 0:00	1,35	4,65
Obra Túnel	PzU1	6	14/01/2010 0:00	1,30	4,70
Obra Túnel	PzU1	6	20/01/2010 0:00	1,32	4,68
Obra Túnel	PzU1	6	27/01/2010 0:00	1,31	4,69
Obra Túnel	PzU1	6	01/02/2010 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU1	6	08/02/2010 0:00	1,28	4,72
Obra Túnel	PzU1	6	18/02/2010 0:00	1,40	4,60
Obra Túnel	PzU1	6	24/02/2010 0:00	1,39	4,61
Obra Túnel	PzU1	6	03/03/2010 0:00	1,42	4,58
Obra Túnel	PzU1	6	10/03/2010 0:00	1,45	4,55
Obra Túnel	PzU1	6	17/03/2010 0:00	1,45	4,55
Obra Túnel	PzU1	6	25/03/2010 0:00	1,45	4,55
Obra Túnel	PzU1	6	31/03/2010 0:00	1,38	4,62
Obra Túnel	PzU1	6	07/04/2010 0:00	1,38	4,62
Obra Túnel	PzU1	6	15/04/2010 0:00	1,43	4,57
Obra Túnel	PzU1	6	21/04/2010 0:00	1,47	4,53
Obra Túnel	PzU1	6	28/04/2010 0:00	1,49	4,51
Obra Túnel	PzU1	6	05/05/2010 0:00	1,48	4,52
Obra Túnel	PzU1	6	12/05/2010 0:00	1,44	4,56
Obra Túnel	PzU1	6	30/05/2010 0:00	1,40	4,60
Obra Túnel	PzU10	6	04/11/2008 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU10	6	11/12/2008 0:00	1,03	4,97
Obra Túnel	PzU10	6	22/12/2008 0:00	1,01	4,99
Obra Túnel	PzU10	6	23/01/2009 0:00	1,07	4,93
Obra Túnel	PzU10	6	16/02/2009 0:00	1,09	4,91
Obra Túnel	PzU10	6	09/03/2009 0:00	1,07	4,93
Obra Túnel	PzU10	6	20/03/2009 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU10	6	24/03/2009 0:00	1,12	4,88
Obra Túnel	PzU10	6	03/04/2009 0:00	1,09	4,91
Obra Túnel	PzU10	6	08/04/2009 0:00	1,12	4,88
Obra Túnel	PzU10	6	14/04/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU10	6	21/04/2009 0:00	1,11	4,89
Obra Túnel	PzU10	6	28/04/2009 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU10	6	07/05/2009 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU10	6	11/05/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU10	6	20/05/2009 0:00	1,07	4,93
Obra Túnel	PzU10	6	27/05/2009 0:00	1,12	4,88
Obra Tunel	PzU10	6	03/06/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Tunel Obra Tunel	PzU10	6	09/06/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU10	6	16/06/2009 0:00	1,12	4,88
Obra Túnel	PzU10	6	24/06/2009 0:00	1,13	4,87
Obra Túnel	PzU10	6	01/07/2009 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU10	6	08/07/2009 0:00	1,14	4,85
Obra Túnel	PzU10	6	14/07/2009 0:00	1,15	4,85
Obra Tunel Obra Túnel	PzU10	6	22/07/2009 0:00	1,04	4,85
Obra Turiei Obra Túnel	PzU10	6	29/07/2009 0:00		4,88
Obra Tunel Obra Túnel	PzU10	6	05/08/2009 0:00	1,12	0.000
Obra Tunel Obra Túnel	PzU10	6	12/08/2009 0:00	1,11 1,09	4,89 4,91

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU10	6	20/08/2009 0:00	1,11	4,89
Obra Túnel	PzU10	6	27/08/2009 0:00	1,05	4,95
Obra Túnel	PzU10	6	03/09/2009 0:00	1,08	4,92
Obra Túnel	PzU10	6	09/09/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU10	6	17/09/2009 0:00	1,04	4,96
Obra Túnel	PzU10	6	23/09/2009 0:00	1,08	4,92
Obra Túnel	PzU10	6	01/10/2009 0:00	1,07	4,93
Obra Túnel	PzU10	6	08/10/2009 0:00	1,05	4,95
Obra Túnel	PzU10	6	14/10/2009 0:00	1,06	4,94
Obra Túnel	PzU10	6	21/10/2009 0:00	1,06	4,94
Obra Túnel	PzU10	6	28/10/2009 0:00	1,09	4,91
Obra Túnel	PzU10	6	04/11/2009 0:00	1,07	4,93
Obra Túnel	PzU10	6	11/11/2009 0:00	1,00	5,00
Obra Túnel	PzU10	6	18/11/2009 0:00	1,02	4,98
Obra Túnel	PzU10	6	25/11/2009 0:00	1,07	4,93
Obra Túnel	PzU10	6	02/12/2009 0:00	1,05	4,95
Obra Túnel	PzU10	6	09/12/2009 0:00	1,05	4,95
Obra Túnel	PzU10	6	15/12/2009 0:00	1,04	4,96
Obra Túnel	PzU10	6	23/12/2009 0:00	1,01	4,99
Obra Túnel	PzU10	6	14/01/2010 0:00	1,04	4,96
Obra Túnel	PzU10	6	20/01/2010 0:00	1,09	4,91
Obra Túnel	PzU10	6	03/03/2010 0:00	1,09	4,91
Obra Tunel	PzU10	6	10/03/2010 0:00	1,08	4,92
Obra Tunel	PzU10	6	07/04/2010 0:00	1,04	4,96
Obra Tunel	PzU10	6	15/04/2010 0:00	1,03	4,97
Obra Túnel	PzU10	6	21/04/2010 0:00	1,03	4,96
Obra Tunel	PzU10	6	28/04/2010 0:00	1,04	4,96
Obra Tunel	PzU10	6	05/05/2010 0:00	1,04	4,99
WASHINGTON TO SHALL THE SHARE AND	PzU10	100	2440040-04-04023000-000000000000-1246-1246-00000-466-		
Obra Túnel	PzU10 PzU10	6	12/05/2010 0:00	1,04	4,96
Obra Túnel		1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -	30/05/2010 0:00	1,09	4,91
Obra Túnel	PzU2	5,98	20/03/2009 0:00	1,40	4,58
Obra Túnel	PzU2	5,98	24/03/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	03/04/2009 0:00	1,40	4,58
Obra Túnel	PzU2	5,98	08/04/2009 0:00	1,38	4,60
Obra Túnel	PzU2	5,98	14/04/2009 0:00	1,33	4,65
Obra Túnel	PzU2	5,98	21/04/2009 0:00	1,37	4,61
Obra Túnel	PzU2	5,98	28/04/2009 0:00	1,40	4,58
Obra Túnel	PzU2	5,98	07/05/2009 0:00	1,38	4,60
Obra Túnel	PzU2	5,98	11/05/2009 0:00	1,40	4,58
Obra Túnel	PzU2	5,98	20/05/2009 0:00	1,34	4,64
Obra Túnel	PzU2	5,98	27/05/2009 0:00	1,39	4,59
Obra Túnel	PzU2	5,98	03/06/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	09/06/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	16/06/2009 0:00	1,42	4,56
Obra Túnel	PzU2	5,98	24/06/2009 0:00	1,47	4,51
Obra Túnel	PzU2	5,98	01/07/2009 0:00	1,47	4,51
Obra Túnel	PzU2	5,98	08/07/2009 0:00	1,55	4,43
Obra Túnel	PzU2	5,98	14/07/2009 0:00	1,50	4,48
Obra Túnel	PzU2	5,98	22/07/2009 0:00	1,44	4,54

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU2	5,98	29/07/2009 0:00	1,46	4,52
Obra Túnel	PzU2	5,98	05/08/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	12/08/2009 0:00	1,42	4,56
Obra Túnel	PzU2	5,98	20/08/2009 0:00	1,45	4,53
Obra Túnel	PzU2	5,98	27/08/2009 0:00	1,45	4,53
Obra Túnel	PzU2	5,98	03/09/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	09/09/2009 0:00	1,50	4,48
Obra Túnel	PzU2	5,98	17/09/2009 0:00	1,39	4,59
Obra Túnel	PzU2	5,98	23/09/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	01/10/2009 0:00	1,47	4,51
Obra Túnel	PzU2	5,98	08/10/2009 0:00	1,47	4,51
Obra Túnel	PzU2	5,98	14/10/2009 0:00	1,52	4,46
Obra Túnel	PzU2	5,98	21/10/2009 0:00	1,46	4,52
Obra Túnel	PzU2	5,98	28/10/2009 0:00	1,44	4,54
Obra Túnel	PzU2	5,98	04/11/2009 0:00	1,34	4,64
Obra Túnel	PzU2	5,98	11/11/2009 0:00	1,26	4,72
Obra Túnel	PzU2	5,98	18/11/2009 0:00	1,26	4,72
Obra Túnel	PzU2	5,98	25/11/2009 0:00	1,36	4,62
Obra Túnel	PzU2	5,98	02/12/2009 0:00	1,34	4,64
Obra Túnel	PzU2	5,98	09/12/2009 0:00	1,37	4,61
Obra Túnel	PzU2	5,98	15/12/2009 0:00	1,36	4,62
Obra Túnel	PzU2	5,98	23/12/2009 0:00	1,47	4,51
Obra Túnel	PzU2	5,98	14/01/2010 0:00	1,39	4,59
Obra Túnel	PzU2	5,98	20/01/2010 0:00	1,42	4,56
Obra Túnel	PzU2	5,98	27/01/2010 0:00	1,27	4,71
Obra Túnel	PzU2	5,98	01/02/2010 0:00	1,08	4,90
Obra Túnel	PzU2	5,98	08/02/2010 0:00	1,40	4,58
Obra Túnel	PzU2	5,98	18/02/2010 0:00	1,48	4,50
Obra Túnel	PzU2	5,98	24/02/2010 0:00	1,51	4,47
Obra Túnel	PzU2	5,98	03/03/2010 0:00	1,51	4,47
Obra Túnel	PzU2	5,98	10/03/2010 0:00	1,51	4,47
Obra Túnel	PzU2	5,98	17/03/2010 0:00	1,53	4,45
Obra Túnel	PzU2	5,98	25/03/2010 0:00	1,50	4,48
Obra Tunel	PzU2	5,98	31/03/2010 0:00	1,48	4,50
Obra Tunel	PzU2	5,98	07/04/2010 0:00	1,48	4,50
	PzU2	5,98		1,52	
Obra Túnel Obra Túnel	PzU2 PzU2	5,98	15/04/2010 0:00 21/04/2010 0:00	1,52	4,46 4,41
Obra Tunel Obra Túnel	PzU2 PzU2	5,98	28/04/2010 0:00	1,57	4,41
NAME AND ADDRESS OF THE PARTY O	PzU2 PzU2		STUDENTS STATE CONSTITUTE PROPERTY	M. ANDERS	
Obra Túnel	Pzuz Pzu2	5,98 5,98	05/05/2010 0:00 12/05/2010 0:00	1,47	4,51
Obra Túnel	PzU2 PzU2			1,42	4,56
Obra Túnel		5,98	30/05/2010 0:00	1,50	4,48
Obra Túnel	PzU3	6	04/11/2008 0:00	3,98	2,02
Obra Túnel	PzU3	6	11/12/2008 0:00	3,98	2,02
Obra Túnel	PzU3	6	22/12/2008 0:00	3,95	2,05
Obra Túnel	PzU3	6	23/01/2009 0:00	4,01	1,99
Obra Túnel	PzU3	6	10/02/2009 0:00	3,93	2,07
Obra Túnel	PzU3	6	16/02/2009 0:00	3,97	2,03
Obra Túnel	PzU3	6	20/03/2009 0:00	4,00	2,00

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU3	6	03/04/2009 0:00	4,04	1,96
Obra Túnel	PzU3	6	08/04/2009 0:00	4,01	1,99
Obra Túnel	PzU3	6	14/04/2009 0:00	3,95	2,05
Obra Túnel	PzU3	6	21/04/2009 0:00	4,02	1,98
Obra Túnel	PzU3	6	28/04/2009 0:00	3,97	2,03
Obra Túnel	PzU3	6	07/05/2009 0:00	4,03	1,97
Obra Túnel	PzU3	6	11/05/2009 0:00	4,01	1,99
Obra Túnel	PzU3	6	20/05/2009 0:00	3,98	2,02
Obra Túnel	PzU3	6	27/05/2009 0:00	4,04	1,96
Obra Túnel	PzU3	6	03/06/2009 0:00	4,04	1,96
Obra Túnel	PzU3	6	09/06/2009 0:00	4,09	1,91
Obra Túnel	PzU3	6	16/06/2009 0:00	4,06	1,94
Obra Túnel	PzU3	6	24/06/2009 0:00	4,05	1,95
Obra Túnel	PzU3	6	01/07/2009 0:00	4,05	1,95
Obra Túnel	PzU3	6	08/07/2009 0:00	4,07	1,93
Obra Túnel	PzU3	6	14/07/2009 0:00	4,07	1,93
Obra Túnel	PzU3	6	22/07/2009 0:00	4,04	1,96
Obra Túnel	PzU3	6	29/07/2009 0:00	4,05	1,95
Obra Túnel	PzU3	6	05/08/2009 0:00	4,05	1,95
Obra Túnel	PzU3	6	12/08/2009 0:00	4,05	1,95
Obra Túnel	PzU3	6	20/08/2009 0:00	4,07	1,93
Obra Túnel	PzU3	6	27/08/2009 0:00	4,08	1,92
Obra Túnel	PzU3	6	03/09/2009 0:00	4,07	1,93
Obra Túnel	PzU3	6	09/09/2009 0:00	4,10	1,90
Obra Túnel	PzU3	6	17/09/2009 0:00	4,02	1,98
Obra Túnel	PzU3	6	23/09/2009 0:00	4,05	1,95
Obra Túnel	PzU3	6	01/10/2009 0:00	4,08	1,92
Obra Túnel	PzU3	6	08/10/2009 0:00	4,09	1,91
Obra Túnel	PzU3	6	14/10/2009 0:00	4,12	1,88
Obra Túnel	PzU3	6	21/10/2009 0:00	4,07	1,93
Obra Túnel	PzU3	6	28/10/2009 0:00	4,00	2,00
Obra Túnel	PzU3	6	04/11/2009 0:00	4,01	1,99
Obra Túnel	PzU3	6	11/11/2009 0:00	3,86	2,14
Obra Túnel	PzU3	6	18/11/2009 0:00	3,90	2,10
Obra Túnel	PzU3	6	25/11/2009 0:00	3,96	2,04
Obra Túnel	PzU3	6	02/12/2009 0:00	3,87	2,13
Obra Túnel	PzU3	6	09/12/2009 0:00	3,88	2,12
Obra Túnel	PzU3	6	15/12/2009 0:00	3,90	2,10
Obra Túnel	PzU3	6	23/12/2009 0:00	3,93	2,07
Obra Túnel	PzU3	6	14/01/2010 0:00	3,76	2,24
Obra Túnel	PzU3	6	20/01/2010 0:00	3,84	2,16
Obra Túnel	PzU3	6	27/01/2010 0:00	3,69	2,31
Obra Túnel	PzU3	6	01/02/2010 0:00	3,85	2,15
Obra Túnel	PzU3	6	08/02/2010 0:00	3,80	2,20
Obra Túnel	PzU3	6	18/02/2010 0:00	3,84	2,16
Obra Túnel	PzU3	6	24/02/2010 0:00	3,84	2,16
Obra Túnel	PzU3	6	03/03/2010 0:00	3,85	2,15
Obra Túnel	PzU3	6	10/03/2010 0:00	3,89	2,13
Obra Túnel	PzU3	6	17/03/2010 0:00	3,92	2,08

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU3	6	25/03/2010 0:00	3,85	2,15
Obra Túnel	PzU3	6	31/03/2010 0:00	3,88	2,12
Obra Túnel	PzU3	6	07/04/2010 0:00	3,92	2,08
Obra Túnel	PzU3	6	15/04/2010 0:00	3,90	2,10
Obra Túnel	PzU3	6	21/04/2010 0:00	3,94	2,06
Obra Túnel	PzU3	6	28/04/2010 0:00	3,96	2,04
Obra Túnel	PzU3	6	05/05/2010 0:00	3,94	2,06
Obra Túnel	PzU3	6	12/05/2010 0:00	3,86	2,14
Obra Túnel	PzU3	6	30/05/2010 0:00	3,97	2,03
Obra Túnel	PzU5	5,8	27/10/2008 0:00	2,06	3,74
Obra Túnel	PzU5	5,8	11/12/2008 0:00	1,85	3,95
Obra Túnel	PzU5	5,8	22/12/2008 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	23/01/2009 0:00	1,95	3,85
Obra Túnel	PzU5	5,8	16/02/2009 0:00	1,84	3,96
Obra Túnel	PzU5	5,8	09/03/2009 0:00	1,86	3,94
Obra Túnel	PzU5	5,8	20/03/2009 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	24/03/2009 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	03/04/2009 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	08/04/2009 0:00	1,90	3,90
Obra Túnel	PzU5	5,8	14/04/2009 0:00	1,91	3,89
Obra Túnel	PzU5	5,8	21/04/2009 0:00	1,88	3,92
Obra Túnel	PzU5	5,8	28/04/2009 0:00	1,87	3,93
Obra Túnel	PzU5	5,8	07/05/2009 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	11/05/2009 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	20/05/2009 0:00	1,87	3,93
Obra Túnel	PzU5	5,8	27/05/2009 0:00	1,87	3,93
Obra Túnel	PzU5	5,8	03/06/2009 0:00	1,85	3,95
Obra Túnel	PzU5	5,8	09/06/2009 0:00	1,87	3,93
Obra Túnel	PzU5	5,8	16/06/2009 0:00	1,87	3,93
Obra Túnel	PzU5	5,8	24/06/2009 0:00	1,88	3,92
Obra Túnel	PzU5	5,8	01/07/2009 0:00	1,89	3,91
Obra Túnel	PzU5	5,8	08/07/2009 0:00	1,90	3,90
Obra Túnel	PzU5	5,8	14/07/2009 0:00	1,92	3,88
Obra Túnel	PzU5	5,8	22/07/2009 0:00	1,95	3,85
Obra Tunel	PzU5	5,8	29/07/2009 0:00	1,93	3,87
Obra Túnel	PzU5	5,8	05/08/2009 0:00	-	3,88
Obra Tunel	PzU5 PzU5	5,8	12/08/2009 0:00	1,92 1,87	3,88
Obra Tunel Obra Túnel	PzU5 PzU5	5,8	20/08/2009 0:00	1,84	3,96
No. 2011 April 10 To 10			AND ACCRECATION OF THE CONTRACT OF THE CONTRACT OF	Mr. Service and	100000000
Obra Túnel	PzU5 PzU5	5,8	27/08/2009 0:00	1,81	3,99
Obra Túnel		5,8	03/09/2009 0:00	1,80	4,00
Obra Túnel	PzU5	5,8	09/09/2009 0:00	1,79	4,01
Obra Túnel	PzU5	5,8	17/09/2009 0:00	1,77	4,03
Obra Túnel	PzU5	5,8	23/09/2009 0:00	1,76	4,04
Obra Túnel	PzU5	5,8	01/10/2009 0:00	1,75	4,05
Obra Túnel	PzU5	5,8	08/10/2009 0:00	1,73	4,07
Obra Túnel	PzU5	5,8	14/10/2009 0:00	1,75	4,05
Obra Túnel	PzU5	5,8	21/10/2009 0:00	1,75	4,05
Obra Túnel	PzU5	5,8	28/10/2009 0:00	1,74	4,06
Obra Túnel	PzU5	5,8	04/11/2009 0:00	1,73	4,07

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU5	5,8	11/11/2009 0:00	1,63	4,17
Obra Túnel	PzU5	5,8	18/11/2009 0:00	1,62	4,18
Obra Túnel	PzU5	5,8	25/11/2009 0:00	1,65	4,15
Obra Túnel	PzU5	5,8	02/12/2009 0:00	1,61	4,19
Obra Túnel	PzU5	5,8	09/12/2009 0:00	1,58	4,22
Obra Túnel	PzU5	5,8	15/12/2009 0:00	1,58	4,22
Obra Túnel	PzU5	5,8	23/12/2009 0:00	1,75	4,05
Obra Túnel	PzU5	5,8	14/01/2010 0:00	1,24	4,56
Obra Túnel	PzU5	5,8	20/01/2010 0:00	1,53	4,27
Obra Túnel	PzU5	5,8	27/01/2010 0:00	1,58	4,22
Obra Túnel	PzU5	5,8	01/02/2010 0:00	1,61	4,19
Obra Túnel	PzU5	5,8	08/02/2010 0:00	1,59	4,21
Obra Túnel	PzU5	5,8	18/02/2010 0:00	1,60	4,20
Obra Túnel	PzU5	5,8	24/02/2010 0:00	1,62	4,18
Obra Túnel	PzU5	5,8	03/03/2010 0:00	1,63	4,17
Obra Túnel	PzU5	5,8	10/03/2010 0:00	1,64	4,16
Obra Túnel	PzU5	5,8	17/03/2010 0:00	1,66	4,14
Obra Túnel	PzU5	5,8	25/03/2010 0:00	1,69	4,11
Obra Túnel	PzU5	5,8	31/03/2010 0:00	1,66	4,14
Obra Túnel	PzU5	5,8	07/04/2010 0:00	1,62	4,18
Obra Túnel	PzU5	5,8	15/04/2010 0:00	1,63	4,17
Obra Túnel	PzU5	5,8	21/04/2010 0:00	1,64	4,16
Obra Túnel	PzU5	5,8	28/04/2010 0:00	1,66	4,14
Obra Túnel	PzU5	5,8	05/05/2010 0:00	1,67	4,13
Obra Túnel	PzU5	5,8	12/05/2010 0:00	1,64	4,16
Obra Túnel	PzU5	5,8	30/05/2010 0:00	1,66	4,14
Obra Túnel	PzU6	6	27/10/2008 0:00	1,27	4,73
Obra Túnel	PzU6	6	11/12/2008 0:00	1,06	4,94
Obra Túnel	PzU6	6	22/12/2008 0:00	1,13	4,87
Obra Túnel	PzU6	6	23/01/2009 0:00	1,15	4,85
Obra Túnel	PzU6	6	16/02/2009 0:00	1,11	4,89
Obra Túnel	PzU6	6	09/03/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU6	6	20/03/2009 0:00	1,19	4,81
Obra Túnel	PzU6	6	24/03/2009 0:00	1,24	4,76
Obra Túnel	PzU6	6	03/04/2009 0:00	1,20	4,80
Obra Tunel	PzU6	6	08/04/2009 0:00	1,18	4,80
Obra Tunel	PzU6	6	14/04/2009 0:00	1,18	4,82
Obra Túnel	PzU6	6	21/04/2009 0:00	1,16	4,84
Obra Túnel	PzU6	6	28/04/2009 0:00	1,18	4,84
Obra Tunel	PzU6	6	07/05/2009 0:00	1,18	4,82
Obra Tunel	PzU6	6	11/05/2009 0:00		4,82
Obra Tunel Obra Túnel	PzU6	6	20/05/2009 0:00	1,20 1,17	4,80
Obra Tunel Obra Túnel	PzU6	6	27/05/2009 0:00	1,17	4,83
Obra Tunel Obra Túnel	PzU6	6	03/06/2009 0:00	1,19	4,80
CONTROL ON DEPOSITION	10 100000 10		oreacterization are a second	000000000	
Obra Túnel	PzU6	6	09/06/2009 0:00 16/06/2009 0:00	1,22	4,78
Obra Túnel	PzU6	6	An are with the page by the admission will arrive to the common of the company.	1,22	4,78
Obra Túnel	PzU6	6	24/06/2009 0:00	1,22	4,78
Obra Túnel	PzU6	6	01/07/2009 0:00	1,21	4,79

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU6	6	14/07/2009 0:00	1,23	4,77
Obra Túnel	PzU6	6	22/07/2009 0:00	1,18	4,82
Obra Túnel	PzU6	6	29/07/2009 0:00	1,17	4,83
Obra Túnel	PzU6	6	05/08/2009 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU6	6	12/08/2009 0:00	1,15	4,85
Obra Túnel	PzU6	6	20/08/2009 0:00	1,16	4,84
Obra Túnel	PzU6	6	27/08/2009 0:00	1,18	4,82
Obra Túnel	PzU6	6	03/09/2009 0:00	1,17	4,83
Obra Túnel	PzU6	6	09/09/2009 0:00	1,22	4,78
Obra Túnel	PzU6	6	17/09/2009 0:00	1,13	4,87
Obra Túnel	PzU6	6	23/09/2009 0:00	1,18	4,82
Obra Túnel	PzU6	6	01/10/2009 0:00	1,24	4,76
Obra Túnel	PzU6	6	08/10/2009 0:00	1,25	4,75
Obra Túnel	PzU6	6	14/10/2009 0:00	1,24	4,76
Obra Túnel	PzU6	6	21/10/2009 0:00	1,23	4,77
Obra Túnel	PzU6	6	28/10/2009 0:00	1,19	4,81
Obra Túnel	PzU6	6	04/11/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU6	6	11/11/2009 0:00	1,02	4,98
Obra Túnel	PzU6	6	18/11/2009 0:00	1,05	4,95
Obra Túnel	PzU6	6	25/11/2009 0:00	1,18	4,82
Obra Túnel	PzU6	6	02/12/2009 0:00	1,10	4,90
Obra Túnel	PzU6	6	09/12/2009 0:00	1,13	4,87
Obra Túnel	PzU6	6	15/12/2009 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU6	6	23/12/2009 0:00	1,49	4,51
Obra Túnel	PzU6	6	14/01/2010 0:00	1,41	4,59
Obra Túnel	PzU6	6	20/01/2010 0:00	1,12	4,88
Obra Túnel	PzU6	6	27/01/2010 0:00	1,17	4,83
Obra Túnel	PzU6	6	01/02/2010 0:00	1,01	4,99
Obra Tunel	PzU6	6			
AND	N. YOMBOOKSK		08/02/2010 0:00	1,14	4,86
Obra Túnel	PzU6	6	18/02/2010 0:00	1,23 1,22	4,77
Obra Túnel	PzU6	6	24/02/2010 0:00		4,78
Obra Túnel	PzU6	6	03/03/2010 0:00	1,26	4,74
Obra Túnel	PzU6	6	10/03/2010 0:00	1,23	4,77
Obra Túnel	PzU6	6	17/03/2010 0:00	1,23	4,77
Obra Túnel	PzU6	6	25/03/2010 0:00	1,21	4,79
Obra Túnel	PzU6	6	31/03/2010 0:00	1,21	4,79
Obra Túnel	PzU6	6	07/04/2010 0:00	1,19	4,81
Obra Túnel	PzU6	6	15/04/2010 0:00	1,21	4,79
Obra Túnel	PzU6	6	21/04/2010 0:00	1,29	4,71
Obra Túnel	PzU6	6	28/04/2010 0:00	1,30	4,70
Obra Túnel	PzU6	6	05/05/2010 0:00	1,19	4,81
Obra Túnel	PzU6	6	12/05/2010 0:00	1,21	4,79
Obra Túnel	PzU6	6	30/05/2010 0:00	1,18	4,82
Obra Túnel	PzU7	5,6	27/10/2008 0:00	1,13	4,47
Obra Túnel	PzU7	5,6	11/12/2008 0:00	0,78	4,82
Obra Túnel	PzU7	5,6	22/12/2008 0:00	1,16	4,44
Obra Túnel	PzU7	5,6	23/01/2009 0:00	1,12	4,48
Obra Túnel	PzU7	5,6	16/02/2009 0:00	1,18	4,42
Obra Túnel	PzU7	5,6	09/03/2009 0:00	1,09	4,51

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU7	5,6	20/03/2009 0:00	1,26	4,34
Obra Túnel	PzU7	5,6	24/03/2009 0:00	1,32	4,28
Obra Túnel	PzU7	5,6	03/04/2009 0:00	1,26	4,34
Obra Túnel	PzU7	5,6	08/04/2009 0:00	1,17	4,43
Obra Túnel	PzU7	5,6	14/04/2009 0:00	1,15	4,45
Obra Túnel	PzU7	5,6	21/04/2009 0:00	1,17	4,43
Obra Túnel	PzU7	5,6	28/04/2009 0:00	1,24	4,36
Obra Túnel	PzU7	5,6	07/05/2009 0:00	1,21	4,39
Obra Túnel	PzU7	5,6	11/05/2009 0:00	1,25	4,35
Obra Túnel	PzU7	5,6	20/05/2009 0:00	1,16	4,44
Obra Túnel	PzU7	5,6	27/05/2009 0:00	1,26	4,34
Obra Túnel	PzU7	5,6	03/06/2009 0:00	1,35	4,25
Obra Túnel	PzU7	5,6	09/06/2009 0:00	1,32	4,28
Obra Túnel	PzU7	5,6	16/06/2009 0:00	1,32	4,28
Obra Túnel	PzU7	5,6	24/06/2009 0:00	1,44	4,16
Obra Túnel	PzU7	5,6	01/07/2009 0:00	1,38	4,22
Obra Túnel	PzU7	5,6	08/07/2009 0:00	1,45	4,15
Obra Túnel	PzU7	5,6	14/07/2009 0:00	1,42	4,18
Obra Túnel	PzU7	5,6	22/07/2009 0:00	0,74	4,86
Obra Túnel	PzU7	5,6	29/07/2009 0:00	1,22	4,38
Obra Túnel	PzU7	5,6	05/08/2009 0:00	1,24	4,36
Obra Túnel	PzU7	5,6	12/08/2009 0:00	1,18	4,42
Obra Túnel	PzU7	5,6	20/08/2009 0:00	1,33	4,27
Obra Túnel	PzU7	5,6	27/08/2009 0:00	1,29	4,31
Obra Túnel	PzU7	5,6	03/09/2009 0:00	1,30	4,30
Obra Túnel	PzU7	5,6	09/09/2009 0:00	1,38	4,22
Obra Túnel	PzU7	5,6	17/09/2009 0:00	1,07	4,53
Obra Túnel	PzU7	5,6	23/09/2009 0:00	1,27	4,33
Obra Túnel	PzU7	5,6	01/10/2009 0:00	1,41	4,19
Obra Túnel	PzU7	5,6	08/10/2009 0:00	0,99	4,61
Obra Túnel	PzU7	5,6	14/10/2009 0:00	1,26	4,34
Obra Túnel	PzU7	5,6	21/10/2009 0:00	1,13	4,47
Obra Túnel	PzU7	5,6	28/10/2009 0:00	1,14	4,46
Obra Túnel	PzU7	5,6	04/11/2009 0:00	0,99	4,61
Obra Túnel	PzU7	5,6	11/11/2009 0:00	1,12	4,48
Obra Túnel	PzU7	5,6	25/11/2009 0:00	0,82	4,78
Obra Túnel	PzU7	5,6	02/12/2009 0:00	0,97	4,63
Obra Túnel	PzU7	5,6	09/12/2009 0:00	1,04	4,56
Obra Túnel	PzU7	5,6	15/12/2009 0:00	1,05	4,55
Obra Túnel	PzU7	5,6	23/12/2009 0:00	1,20	4,40
Obra Túnel	PzU7	5,6	14/01/2010 0:00	0,72	4,88
Obra Tunel Obra Tunel	PzU7	5,6	20/01/2010 0:00	1,05	4,55
Obra Tunel Obra Tunel	PzU7	5,6	27/01/2010 0:00	1,13	4,47
Obra Túnel	PzU7	5,6	01/02/2010 0:00	0,87	4,73
Obra Tunel Obra Tunel	PzU7	5,6	08/02/2010 0:00	0,91	4,69
Obra Túnel	PzU7	5,6	18/02/2010 0:00	1,26	4,34
Obra Tunel	PzU7	5,6	24/02/2010 0:00	1,18	4,42
Obra Tunel	PzU7	5,6	03/03/2010 0:00	1,18	4,38
Obra Tunel	PzU7	5,6	10/03/2010 0:00	1,28	4,38

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU7	5,6	17/03/2010 0:00	1,31	4,29
Obra Túnel	PzU7	5,6	25/03/2010 0:00	1,20	4,40
Obra Túnel	PzU7	5,6	31/03/2010 0:00	1,12	4,48
Obra Túnel	PzU7	5,6	07/04/2010 0:00	1,05	4,55
Obra Túnel	PzU7	5,6	15/04/2010 0:00	1,22	4,38
Obra Túnel	PzU7	5,6	21/04/2010 0:00	1,29	4,31
Obra Túnel	PzU7	5,6	28/04/2010 0:00	1,31	4,29
Obra Túnel	PzU7	5,6	05/05/2010 0:00	1,14	4,46
Obra Túnel	PzU7	5,6	12/05/2010 0:00	1,17	4,43
Obra Túnel	PzU7	5,6	30/05/2010 0:00	1,16	4,44
Obra Túnel	PzU8	6	04/11/2008 0:00	1,32	4,68
Obra Túnel	PzU8	6	11/12/2008 0:00	1,17	4,83
Obra Túnel	PzU8	6	22/12/2008 0:00	1,17	4,83
Obra Túnel	PzU8	6	23/01/2009 0:00	1,13	4,87
Obra Túnel	PzU8	6	16/02/2009 0:00	1,06	4,94
Obra Túnel	PzU8	6	09/03/2009 0:00	1,00	5,00
Obra Túnel	PzU8	6	20/03/2009 0:00	0,99	5,01
Obra Túnel	PzU8	6	24/03/2009 0:00	1,03	4,97
Obra Túnel	PzU8	6	03/04/2009 0:00	0,96	5,04
Obra Túnel	PzU8	6	08/04/2009 0:00	0,95	5,05
Obra Túnel	PzU8	6	14/04/2009 0:00	0,95	5,05
Obra Túnel	PzU8	6	21/04/2009 0:00	0,96	5,04
Obra Túnel	PzU8	6	28/04/2009 0:00	0,94	5,06
Obra Túnel	PzU8	6	07/05/2009 0:00	0,99	5,01
Obra Túnel	PzU8	6	11/05/2009 0:00	0,94	5,06
Obra Túnel	PzU8	6	20/05/2009 0:00	0,91	5,09
Obra Túnel	PzU8	6	27/05/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Túnel	PzU8	6	03/06/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Túnel	PzU8	6	09/06/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Túnel	PzU8	6	16/06/2009 0:00	0,89	5,11
Obra Tunel Obra Túnel	PzU8	6	24/06/2009 0:00	0,89	5,11
Obra Tunel Obra Túnel	PzU8	6	01/07/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Túnel	PzU8	6	08/07/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Tunel Obra Túnel	PzU8	6	14/07/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Tunel Obra Túnel	PzU8	6	22/07/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Tunel	PzU8	6	29/07/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Tunel	PzU8 PzU8	6	05/08/2009 0:00	0,90	5,12
Obra Tunel	PzU8	6	12/08/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Tunel	PzU8	6	20/08/2009 0:00	0,88	5,12
Obra Tunel	PzU8 PzU8	6	27/08/2009 0:00	0,88	5,12 5,13
					120
Obra Túnel	PzU8	6	03/09/2009 0:00	0,90	5,10
Obra Túnel	PzU8 PzU8	6	09/09/2009 0:00 17/09/2009 0:00	0,89	5,11
Obra Túnel	2. Y2MX3XX	6	NOT EXPERIENCE DOOR CONTRACTOR	0,85	5,15
Obra Túnel	PzU8	6	23/09/2009 0:00	0,86	5,14
Obra Túnel	PzU8	6	01/10/2009 0:00	0,88	5,12
Obra Túnel	PzU8	6	08/10/2009 0:00	0,86	5,14
Obra Túnel	PzU8	6	14/10/2009 0:00	0,89	5,11
Obra Túnel	PzU8	6	21/10/2009 0:00	0,89	5,11
Obra Túnel	PzU8	6	28/10/2009 0:00	0,89	5,11

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU8	6	04/11/2009 0:00	0,88	5,12
Obra Túnel	PzU8	6	11/11/2009 0:00	0,89	5,11
Obra Túnel	PzU8	6	18/11/2009 0:00	0,87	5,13
Obra Túnel	PzU8	6	25/11/2009 0:00	0,88	5,12
Obra Túnel	PzU8	6	02/12/2009 0:00	0,01	5,99
Obra Túnel	PzU8	6	09/12/2009 0:00	0,02	5,98
Obra Túnel	PzU8	6	15/12/2009 0:00	0,00	-10,00
Obra Túnel	PzU8	6	23/12/2009 0:00	0,03	5,97
Obra Túnel	PzU8	6	14/01/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	20/01/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	27/01/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	01/02/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	08/02/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	18/02/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	24/02/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	03/03/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	10/03/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	17/03/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	25/03/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	31/03/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	07/04/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	15/04/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	21/04/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	28/04/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU8	6	05/05/2010 0:00	0,04	5,96
Obra Túnel	PzU8	6	12/05/2010 0:00	0,03	5,97
Obra Túnel	PzU8	6	30/05/2010 0:00	0,05	5,95
Obra Túnel	PzU9	7	27/10/2008 0:00	1,34	5,66
Obra Túnel	PzU9	7	11/12/2008 0:00	1,15	5,85
Obra Túnel	PzU9	7	22/12/2008 0:00	1,13	5,87
Obra Túnel	PzU9	7	23/01/2009 0:00	1,12	5,88
Obra Túnel	PzU9	7	16/02/2009 0:00	1,17	5,83
Obra Túnel	PzU9	7	09/03/2009 0:00	1,08	5,92
Obra Túnel	PzU9	7	20/03/2009 0:00	1,19	5,81
Obra Tunel	PzU9	7	24/03/2009 0:00	1,19	5,77
Obra Túnel	PzU9	7	03/04/2009 0:00	1,22	5,78
Obra Túnel	PzU9	7	08/04/2009 0:00	1,25	5,78
	PzU9	7	14/04/2009 0:00		
Obra Túnel Obra Túnel	PzU9 PzU9	7	21/04/2009 0:00	1,17 1,13	5,83 5,87
	PzU9 PzU9	7	28/04/2009 0:00	1,13	5,87
Obra Túnel			07/05/2009 0:00	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Obra Túnel	PzU9 PzU9	7	11/05/2009 0:00	1,15	5,85
Obra Túnel	110. 11 100.	NO.	20/05/2009 0:00	1,30	5,70
Obra Túnel	PzU9	7	All All All Andrews Company Company Company	1,25	5,75
Obra Túnel	PzU9	7	27/05/2009 0:00	1,33	5,67
Obra Túnel	PzU9	7	03/06/2009 0:00	1,31	5,69
Obra Túnel	PzU9	7	09/06/2009 0:00	1,28	5,72
Obra Túnel	PzU9	7	16/06/2009 0:00	1,30	5,70
Obra Túnel	PzU9	7	24/06/2009 0:00	1,31	5,69
Obra Túnel	PzU9	7	01/07/2009 0:00	1,33	5,67

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	PzU9	7	08/07/2009 0:00	1,30	5,70
Obra Túnel	PzU9	7	14/07/2009 0:00	1,33	5,67
Obra Túnel	PzU9	7	22/07/2009 0:00	1,33	5,67
Obra Túnel	PzU9	7	29/07/2009 0:00	1,32	5,68
Obra Túnel	PzU9	7	05/08/2009 0:00	1,30	5,70
Obra Túnel	PzU9	7	12/08/2009 0:00	1,30	5,70
Obra Túnel	PzU9	7	20/08/2009 0:00	1,33	5,67
Obra Túnel	PzU9	7	27/08/2009 0:00	1,23	5,77
Obra Túnel	PzU9	7	03/09/2009 0:00	1,28	5,72
Obra Túnel	PzU9	7	09/09/2009 0:00	1,31	5,69
Obra Túnel	PzU9	7	17/09/2009 0:00	1,25	5,75
Obra Túnel	PzU9	7	23/09/2009 0:00	1,23	5,77
Obra Túnel	PzU9	7	01/10/2009 0:00	1,26	5,74
Obra Túnel	PzU9	7	08/10/2009 0:00	1,26	5,74
Obra Túnel	PzU9	7	14/10/2009 0:00	1,28	5,72
Obra Túnel	PzU9	7	21/10/2009 0:00	1,25	5,75
Obra Túnel	PzU9	7	28/10/2009 0:00	1,27	5,73
Obra Túnel	PzU9	7	04/11/2009 0:00	1,23	5,77
Obra Túnel	PzU9	7	11/11/2009 0:00	1,10	5,90
Obra Túnel	PzU9	7	18/11/2009 0:00	1,13	5,87
Obra Túnel	PzU9	7	25/11/2009 0:00	1,23	5,77
Obra Túnel	PzU9	7	02/12/2009 0:00	1,20	5,80
Obra Tunel	PzU9	7		1,20	
A CONTROL OF THE PROPERTY OF T	II SASTIGNATURE	7	09/12/2009 0:00		5,73
Obra Túnel	PzU9 PzU9	7	15/12/2009 0:00	1,21	5,79 5,67
Obra Túnel		<u> </u>	23/12/2009 0:00	1,33	1000
Obra Túnel	PzU9	7	14/01/2010 0:00	1,14	5,86
Obra Túnel	PzU9	7	20/01/2010 0:00	1,21	5,79
Obra Túnel	PzU9	7	27/01/2010 0:00	1,22	5,78
Obra Túnel	PzU9	7	01/02/2010 0:00	1,17	5,83
Obra Túnel	PzU9	7	08/02/2010 0:00	1,18	5,82
Obra Túnel	PzU9	7	18/02/2010 0:00	1,28	5,72
Obra Túnel	PzU9	7	24/02/2010 0:00	1,26	5,74
Obra Túnel	PzU9	7	03/03/2010 0:00	1,24	5,76
Obra Túnel	PzU9	7	10/03/2010 0:00	1,27	5,73
Obra Túnel	PzU9	7	17/03/2010 0:00	1,32	5,68
Obra Túnel	PzU9	7	25/03/2010 0:00	1,27	5,73
Obra Túnel	PzU9	7	31/03/2010 0:00	1,27	5,73
Obra Túnel	PzU9	7	07/04/2010 0:00	1,28	5,72
Obra Túnel	PzU9	7	15/04/2010 0:00	1,30	5,70
Obra Túnel	PzU9	7	21/04/2010 0:00	1,34	5,66
Obra Túnel	PzU9	7	28/04/2010 0:00	1,36	5,64
Obra Túnel	PzU9	7	05/05/2010 0:00	1,34	5,66
Obra Túnel	PzU9	7	12/05/2010 0:00	1,23	5,77
Obra Túnel	PzU9	7	30/05/2010 0:00	1,29	5,71
Obra Túnel	SIG-20	7,7	10/10/2007 12:53	5,05	2,65
Obra Túnel	SIG-20	7,7	15/11/2007 13:19	4,95	2,75
Obra Túnel	SIG-20	7,7	04/12/2007 18:08	5,05	2,65
Obra Túnel	SIG-20	7,7	31/05/2010 0:00	4,51	3,19
Obra Túnel	SIG-20	7,7	09/06/2010 13:50	5,10	2,60

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	04/11/2008 0:00	4,28	1,70
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	11/12/2008 0:00	4,00	1,98
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	22/12/2008 0:00	3,99	1,99
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	23/01/2009 0:00	4,05	1,93
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	10/02/2009 0:00	3,96	2,02
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	16/02/2009 0:00	3,99	1,99
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	20/03/2009 0:00	4,04	1,94
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	24/03/2009 0:00	4,08	1,90
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	03/04/2009 0:00	4,07	1,91
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	08/04/2009 0:00	4,08	1,90
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	14/04/2009 0:00	4,02	1,96
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	21/04/2009 0:00	4,07	1,91
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	28/04/2009 0:00	4,03	1,95
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	07/05/2009 0:00	4,09	1,89
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	11/05/2009 0:00	4,08	1,90
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	20/05/2009 0:00	4,04	1,94
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	27/05/2009 0:00	4,10	1,88
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	03/06/2009 0:00	4,10	1,88
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	09/06/2009 0:00	4,12	1,86
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	16/06/2009 0:00	4,12	1,86
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	24/06/2009 0:00	4,11	1,87
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	01/07/2009 0:00	4,11	1,87
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	08/07/2009 0:00	4,13	1,85
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	22/07/2009 0:00	3,64	2,34
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	29/07/2009 0:00	3,98	2,00
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	05/08/2009 0:00	3,98	2,00
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	12/08/2009 0:00	3,95	2,03
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	20/08/2009 0:00	4,06	1,92
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	27/08/2009 0:00	4,08	1,90
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	03/09/2009 0:00	4,05	1,93
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	09/09/2009 0:00	4,11	1,87
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	17/09/2009 0:00	3,08	2,90
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	23/09/2009 0:00	3,85	2,13
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	01/10/2009 0:00	4,09	1,89
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	08/10/2009 0:00	3,94	2,04
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	14/10/2009 0:00	4,13	1,85
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	21/10/2009 0:00	3,91	2,07
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	28/10/2009 0:00	3,88	2,10
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	04/11/2009 0:00	3,29	2,69
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	11/11/2009 0:00	2,05	3,93
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	18/11/2009 0:00	2,22	3,76
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	25/11/2009 0:00	3,07	2,91
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	02/12/2009 0:00	2,53	3,45
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	09/12/2009 0:00	2,25	3,73
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	15/12/2009 0:00	2,61	3,37
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	23/12/2009 0:00	2,50	3,48
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	14/01/2010 0:00	2,52	3,46
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	20/01/2010 0:00	2,69	3,29
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	27/01/2010 0:00	2,70	3,28

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	01/02/2010 0:00	2,64	3,34
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	08/02/2010 0:00	1,72	4,26
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	18/02/2010 0:00	1,89	4,09
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	24/02/2010 0:00	2,71	3,27
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	03/03/2010 0:00	3,06	2,92
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	10/03/2010 0:00	3,42	2,56
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	17/03/2010 0:00	3,37	2,61
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	25/03/2010 0:00	3,32	2,66
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	31/03/2010 0:00	3,00	2,98
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	07/04/2010 0:00	2,97	3,01
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	15/04/2010 0:00	3,42	2,56
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	21/04/2010 0:00	3,66	2,32
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	28/04/2010 0:00	3,70	2,28
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	05/05/2010 0:00	3,35	2,63
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	12/05/2010 0:00	2,80	3,18
Obra Túnel	SIG-29+PzD1	5,98	30/05/2010 0:00	2,59	3,39
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	23/10/2008 0:00	4,23	1,69
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	23/01/2009 0:00	4,07	1,85
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	10/02/2009 0:00	3,97	1,95
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	16/02/2009 0:00	4,01	1,91
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	20/03/2009 0:00	4,07	1,85
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	24/03/2009 0:00	4,10	1,82
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	03/04/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	08/04/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	14/04/2009 0:00	4,03	1,89
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	21/04/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	28/04/2009 0:00	4,04	1,88
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	07/05/2009 0:00	4,11	1,81
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	11/05/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	20/05/2009 0:00	4,06	1,86
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	27/05/2009 0:00	4,11	1,81
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	03/06/2009 0:00	4,11	1,81
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	09/06/2009 0:00	4,14	1,78
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	16/06/2009 0:00	4,12	1,80
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	24/06/2009 0:00	4,12	1,80
Obra Tunel	SIG-30+PzD2	5,92	01/07/2009 0:00	4,12	1,80
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	08/07/2009 0:00	4,14	1,78
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	14/07/2009 0:00	4,14	1,78
Obra Tunel	SIG-30+PzD2	5,92	22/07/2009 0:00	4,14	1,81
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	29/07/2009 0:00	4,11	1,81
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	05/08/2009 0:00	4,11	1,80
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	12/08/2009 0:00	4,12	1,80
Obra Tunel Obra Tunel	SIG-30+PzD2	5,92	20/08/2009 0:00	4,11	1,80
Obra Tunel Obra Tunel	SIG-30+PzD2	5,92	27/08/2009 0:00	4,12	1,75
Obra Tunel Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	VOICE DESCRIPTION OF SHARP LINES		
	SIG-30+PZD2 SIG-30+PZD2	5,92	03/09/2009 0:00 09/09/2009 0:00	4,13 4,17	1,79 1,75
Obra Túnel Obra Túnel			prince and a contract of the prince of the p		
SWOOLAUGUS EASTERDANNI	SIG-30+PzD2 SIG-30+PzD2	5,92	17/09/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel Obra Túnel	SIG-30+PZD2 SIG-30+PZD2	5,92 5,92	23/09/2009 0:00 01/10/2009 0:00	4,12 4,15	1,80 1,77

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	08/10/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	14/10/2009 0:00	4,20	1,72
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	21/10/2009 0:00	4,13	1,79
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	28/10/2009 0:00	4,17	1,75
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	04/11/2009 0:00	4,09	1,83
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	11/11/2009 0:00	3,93	1,99
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	18/11/2009 0:00	3,97	1,95
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	25/11/2009 0:00	4,04	1,88
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	02/12/2009 0:00	3,94	1,98
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	09/12/2009 0:00	3,95	1,97
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	15/12/2009 0:00	3,99	1,93
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	23/12/2009 0:00	4,08	1,84
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	14/01/2010 0:00	3,93	1,99
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	20/01/2010 0:00	3,91	2,01
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	27/01/2010 0:00	3,96	1,96
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	01/02/2010 0:00	3,87	2,05
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	08/02/2010 0:00	3,90	2,02
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	18/02/2010 0:00	3,92	2,00
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	24/02/2010 0:00	3,92	2,00
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	03/03/2010 0:00	3,94	1,98
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	10/03/2010 0:00	3,94	1,98
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	17/03/2010 0:00	4,06	1,86
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	25/03/2010 0:00	3,95	1,97
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	31/03/2010 0:00	3,98	1,94
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	07/04/2010 0:00	4,03	1,89
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	15/04/2010 0:00	4,00	1,92
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	21/04/2010 0:00	4,03	1,89
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	28/04/2010 0:00	4,04	1,88
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	05/05/2010 0:00	4,03	1,89
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	12/05/2010 0:00	4,01	1,91
Obra Túnel	SIG-30+PzD2	5,92	30/05/2010 0:00	4,04	1,88
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	27/10/2008 0:00	5,31	0,19
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	10/12/2008 0:00	5,16	0,34
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	22/12/2008 0:00	5,11	0,39
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	23/01/2009 0:00	5,64	-0,14
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	16/02/2009 0:00	5,17	0,33
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	09/03/2009 0:00	5,17	0,33
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	20/03/2009 0:00	5,25	0,25
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	24/03/2009 0:00	5,28	0,22
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	03/04/2009 0:00	5,23	0,27
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	08/04/2009 0:00	5,26	0,24
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	14/04/2009 0:00	5,16	0,34
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	21/04/2009 0:00	5,20	0,30
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	28/04/2009 0:00	5,21	0,29
Obra Tunel	SIG-31+PzD4	5,5	07/05/2009 0:00	5,25	0,25
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	11/05/2009 0:00	5,23	0,27
Obra Tunel	SIG-31+PzD4	5,5	20/05/2009 0:00	5,24	0,26
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	27/05/2009 0:00	5,26	0,24
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	03/06/2009 0:00	5,30	0,24

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	09/06/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	16/06/2009 0:00	5,30	0,20
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	24/06/2009 0:00	5,30	0,20
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	01/07/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	08/07/2009 0:00	5,34	0,16
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	14/07/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	22/07/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	29/07/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	05/08/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	12/08/2009 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	20/08/2009 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	27/08/2009 0:00	5,33	0,17
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	03/09/2009 0:00	5,34	0,16
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	09/09/2009 0:00	5,37	0,13
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	17/09/2009 0:00	5,31	0,19
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	23/09/2009 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	01/10/2009 0:00	5,38	0,12
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	08/10/2009 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	14/10/2009 0:00	5,41	0,09
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	21/10/2009 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	28/10/2009 0:00	5,39	0,11
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	04/11/2009 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	11/11/2009 0:00	5,19	0,31
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	18/11/2009 0:00	5,23	0,27
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	25/11/2009 0:00	5,31	0,19
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	02/12/2009 0:00	5,21	0,29
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	09/12/2009 0:00	5,24	0,26
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	15/12/2009 0:00	5,25	0,25
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	23/12/2009 0:00	5,33	0,17
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	14/01/2010 0:00	5,12	0,38
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	20/01/2010 0:00	5,24	0,26
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	27/01/2010 0:00	5,27	0,23
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	01/02/2010 0:00	5,21	0,29
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	08/02/2010 0:00	5,26	0,24
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	18/02/2010 0:00	5,25	0,25
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	24/02/2010 0:00	5,31	0,19
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	03/03/2010 0:00	5,31	0,19
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	10/03/2010 0:00	5,25	0,25
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	17/03/2010 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	25/03/2010 0:00	5,29	0,21
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	31/03/2010 0:00	5,30	0,20
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	07/04/2010 0:00	5,28	0,22
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	15/04/2010 0:00	5,30	0,20
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	21/04/2010 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	28/04/2010 0:00	5,34	0,16
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	05/05/2010 0:00	5,33	0,17
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	12/05/2010 0:00	5,32	0,18
Obra Túnel	SIG-31+PzD4	5,5	30/05/2010 0:00	5,35	0,15
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	27/10/2008 0:00	5,26	0,42

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	22/12/2008 0:00	5,08	0,60
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	23/01/2009 0:00	5,17	0,51
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	16/02/2009 0:00	5,12	0,56
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	09/03/2009 0:00	5,12	0,56
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	20/03/2009 0:00	5,21	0,47
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	24/03/2009 0:00	5,23	0,45
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	03/04/2009 0:00	5,18	0,50
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	08/04/2009 0:00	5,20	0,48
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	14/04/2009 0:00	5,12	0,56
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	21/04/2009 0:00	5,15	0,53
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	28/04/2009 0:00	5,16	0,52
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	07/05/2009 0:00	5,17	0,51
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	11/05/2009 0:00	5,17	0,51
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	20/05/2009 0:00	5,19	0,49
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	27/05/2009 0:00	5,22	0,46
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	03/06/2009 0:00	5,25	0,43
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	09/06/2009 0:00	5,27	0,41
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	16/06/2009 0:00	5,25	0,43
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	24/06/2009 0:00	5,25	0,43
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	01/07/2009 0:00	5,28	0,40
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	08/07/2009 0:00	5,26	0,42
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	14/07/2009 0:00	5,28	0,40
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	22/07/2009 0:00	5,26	0,42
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	29/07/2009 0:00	5,28	0,40
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	05/08/2009 0:00	5,28	0,40
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	12/08/2009 0:00	5,26	0,42
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	20/08/2009 0:00	5,31	0,37
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	27/08/2009 0:00	5,26	0,42
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	03/09/2009 0:00	5,29	0,39
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	09/09/2009 0:00	5,33	0,35
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	17/09/2009 0:00	5,25	0,43
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	23/09/2009 0:00	5,30	0,38
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	01/10/2009 0:00	5,34	0,34
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	08/10/2009 0:00	5,34	0,34
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	14/10/2009 0:00	5,35	0,33
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	21/10/2009 0:00	5,32	0,36
Obra Tunel Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	28/10/2009 0:00	5,32	0,34
Obra Tunel Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	04/11/2009 0:00	5,29	0,39
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	11/11/2009 0:00	5,14	0,54
Obra Tunel Obra Tunel	SIG-32+PzD5	5,68	18/11/2009 0:00	5,19	0,49
Obra Tunel Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	25/11/2009 0:00	5,19	0,49
Obra Tunel Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	02/12/2009 0:00	5,26	0,42
Obra Tunel Obra Tunel	SIG-32+PzD5	5,68	09/12/2009 0:00	5,17	0,51
Obra Tunel Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	15/12/2009 0:00	5,19	0,49
Obra Tunel	12000000 100-1000000 000-000	5,68	23/12/2009 0:00		0,47
	SIG-32+PzD5	5,68	14/01/2010 0:00	5,37 5,21	0,31
Obra Túnel	SIG-32+PzD5		20/01/2010 0:00		
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	25.1002.012.00.74.00.012.00.012.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00	5,28	0,40
Obra Túnel Obra Túnel	SIG-32+PzD5 SIG-32+PzD5	5,68 5,68	27/01/2010 0:00 08/02/2010 0:00	5,35 5,16	0,33 0,52

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	24/02/2010 0:00	5,16	0,52
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	03/03/2010 0:00	5,23	0,45
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	10/03/2010 0:00	5,23	0,45
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	17/03/2010 0:00	5,28	0,40
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	25/03/2010 0:00	5,23	0,45
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	31/03/2010 0:00	5,26	0,42
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	07/04/2010 0:00	5,24	0,44
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	15/04/2010 0:00	5,23	0,45
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	21/04/2010 0:00	5,28	0,40
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	28/04/2010 0:00	5,31	0,37
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	05/05/2010 0:00	5,24	0,44
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	12/05/2010 0:00	5,23	0,45
Obra Túnel	SIG-32+PzD5	5,68	30/05/2010 0:00	5,30	0,38
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	27/10/2008 0:00	5,57	0,43
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	10/12/2008 0:00	5,45	0,55
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	22/12/2008 0:00	5,42	0,58
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	23/01/2009 0:00	5,53	0,47
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	16/02/2009 0:00	5,50	0,50
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	09/03/2009 0:00	5,45	0,55
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	20/03/2009 0:00	5,56	0,44
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	24/03/2009 0:00	5,58	0,42
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	03/04/2009 0:00	5,53	0,47
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	08/04/2009 0:00	5,54	0,46
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	14/04/2009 0:00	5,44	0,56
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	21/04/2009 0:00	5,48	0,52
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	28/04/2009 0:00	5,50	0,50
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	07/05/2009 0:00	5,49	0,51
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	11/05/2009 0:00	5,53	0,47
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	20/05/2009 0:00	5,52	0,48
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	27/05/2009 0:00	5,62	0,38
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	03/06/2009 0:00	5,57	0,43
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	09/06/2009 0:00	5,60	0,40
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	16/06/2009 0:00	5,60	0,40
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	24/06/2009 0:00	5,60	0,40
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	01/07/2009 0:00	5,61	0,39
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	08/07/2009 0:00	5,62	0,38
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	14/07/2009 0:00	5,63	0,37
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	22/07/2009 0:00	5,61	0,39
Obra Tunel	SIG-33+PzD6	6	29/07/2009 0:00	5,62	0,38
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	05/08/2009 0:00	5,62	0,38
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	12/08/2009 0:00	5,61	0,39
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	20/08/2009 0:00	5,64	0,39
Obra Tunel	SIG-33+PzD6	6	27/08/2009 0:00	5,64	0,36
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	03/09/2009 0:00	5,64	0,36
Obra Turiei Obra Túnel	SIG-33+P2D6 SIG-33+PzD6	6	VENEZU EXPERIENCE AND CO. 12 MIC 1982		0,36
	SIG-33+PZD6 SIG-33+PZD6	6	09/09/2009 0:00 17/09/2009 0:00	5,66 5,59	0,34
Obra Túnel			ACCEPTAGE OF THE PROPERTY OF T		
Obra Túnel	SIG-33+PzD6 SIG-33+PzD6	6	23/09/2009 0:00	5,63	0,37
Obra Túnel Obra Túnel	SIG-33+PZD6 SIG-33+PZD6	6	01/10/2009 0:00 08/10/2009 0:00	5,67 5,68	0,33 0,32

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	14/10/2009 0:00	5,68	0,32
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	21/10/2009 0:00	5,64	0,36
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	28/10/2009 0:00	5,69	0,31
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	04/11/2009 0:00	5,63	0,37
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	11/11/2009 0:00	4,49	1,51
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	18/11/2009 0:00	5,51	0,49
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	25/11/2009 0:00	5,60	0,40
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	02/12/2009 0:00	5,50	0,50
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	09/12/2009 0:00	5,52	0,48
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	15/12/2009 0:00	5,53	0,47
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	23/12/2009 0:00	5,78	0,22
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	14/01/2010 0:00	5,43	0,57
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	20/01/2010 0:00	5,53	0,47
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	27/01/2010 0:00	5,55	0,45
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	01/02/2010 0:00	5,52	0,48
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	08/02/2010 0:00	5,55	0,45
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	18/02/2010 0:00	5,59	0,41
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	24/02/2010 0:00	5,61	0,39
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	03/03/2010 0:00	5,56	0,44
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	10/03/2010 0:00	5,57	0,43
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	17/03/2010 0:00	5,57	0,43
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	25/03/2010 0:00	5,57	0,43
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	31/03/2010 0:00	5,53	0,47
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	07/04/2010 0:00	5,57	0,43
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	15/04/2010 0:00	5,61	0,39
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	21/04/2010 0:00	5,62	0,38
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	28/04/2010 0:00	5,65	0,35
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	05/05/2010 0:00	5,63	0,37
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	12/05/2010 0:00	5,51	0,49
Obra Túnel	SIG-33+PzD6	6	30/05/2010 0:00	5,64	0,36
Proyecto Túnel	Pz-2C	6,9	10/10/2007 12:32	3,88	3,02
Proyecto Túnel	Pz-2C	6,9	15/11/2007 12:45	4,10	2,80
Proyecto Túnel	Pz-2C	6,9	04/12/2007 18:16	4,22	2,68
Proyecto Túnel	Pz-2L	6,9	10/10/2007 12:35	1,10	5,80
Proyecto Túnel	Pz-2L	6,9	15/11/2007 12:45	1,15	5,75
Proyecto Túnel	Pz-2L	6,9	04/12/2007 18:16	1,53	5,37
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	18/07/2002 0:00	8,90	6,21
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	31/07/2002 0:00	9,25	5,86
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	22/10/2002 0:00	8,85	6,26
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	02/07/2007 14:00	12,04	3,07
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	10/07/2007 15:50	12,05	3,06
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	17/07/2007 19:03	11,90	3,21
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	21/07/2007 15:50	11,07	4,04
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	01/08/2007 11:45	12,46	2,65
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	08/08/2007 12:35	12,57	2,54
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	29/08/2007 18:11	12,52	2,59
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	10/10/2007 10:53	12,75	2,36
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	15/11/2007 16:10	13,14	1,97
Proyecto Túnel	SC-1	15,105	29/11/2007 11:15	13,32	1,79

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Proyecto Túnel	SC-10	6,793	05/07/2002 0:00	1,30	5,49
Proyecto Túnel	SC-10	6,793	10/07/2002 0:00	1,35	5,44
Proyecto Túnel	SC-10	6,793	15/07/2002 0:00	1,30	5,49
Proyecto Túnel	SC-10	6,793	18/07/2002 0:00	1,30	5,49
Proyecto Túnel	SC-10	6,793	31/07/2002 0:00	1,50	5,29
Proyecto Túnel	SC-10C	6,793	05/07/2002 0:00	2,80	3,99
Proyecto Túnel	SC-10C	6,793	10/07/2002 0:00	1,70	5,09
Proyecto Túnel	SC-10C	6,793	15/07/2002 0:00	1,50	5,29
Proyecto Túnel	SC-10C	6,793	18/07/2002 0:00	1,50	5,29
Proyecto Túnel	SC-10C	6,793	31/07/2002 0:00	1,45	5,34
Proyecto Túnel	SC-11	11,016	05/07/2002 0:00	5,30	5,72
Proyecto Túnel	SC-11	11,016	10/07/2002 0:00	5,35	5,67
Proyecto Túnel	SC-11	11,016	15/07/2002 0:00	5,30	5,72
Proyecto Túnel	SC-11	11,016	18/07/2002 0:00	5,30	5,72
Proyecto Túnel	SC-11	11,016	31/07/2002 0:00	5,40	5,62
Proyecto Túnel	SC-11	11,016	22/10/2002 0:00	5,22	5,80
Proyecto Túnel	SC-12	11,4	15/07/2002 0:00	5,90	5,50
Proyecto Túnel	SC-12	11,4	18/07/2002 0:00	5,85	5,55
Proyecto Túnel	SC-12	11,4	31/07/2002 0:00	5,10	6,30
Proyecto Túnel	SC-12	11,4	22/10/2002 0:00	5,90	5,50
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	22/10/2002 0:00	3,50	5,92
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	02/07/2007 13:00	6,62	2,80
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	10/07/2007 15:15	6,60	2,82
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	17/07/2007 12:29	6,51	2,91
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	21/07/2007 15:10	6,02	3,40
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	01/08/2007 9:55	6,97	2,45
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	08/08/2007 13:22	6,65	2,77
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	29/08/2007 0:00	7,00	2,42
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	10/10/2007 10:16	7,26	2,16
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	15/11/2007 15:40	7,48	1,94
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	28/11/2007 11:15	7,57	1,85
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	28/11/2007 13:55	7,71	1,71
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	28/11/2007 18:35	7,42	2,00
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	28/11/2007 19:30	7,41	2,01
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	29/11/2007 0:47	6,44	2,98
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	29/11/2007 12:00	7,82	1,60
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	04/12/2007 13:15	7,76	1,66
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	04/12/2007 14:00	7,76	1,66
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	05/12/2007 9:30	7,80	1,62
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	31/05/2010 0:00	7,30	2,12
Proyecto Túnel	SC-3	9,419	09/06/2010 15:05	7,23	2,19
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	31/07/2002 0:00	3,65	4,29
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	22/10/2002 0:00	3,70	4,24
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	02/07/2007 19:35	3,32	4,62
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	10/07/2007 15:20	3,29	4,65
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	17/07/2007 12:42	3,24	4,70
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	17/07/2007 21:00	3,22	4,72
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	21/07/2007 15:20	3,56	4,38
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	01/08/2007 9:55	3,63	4,31

APÉNDICE 1

Origen de la prospección	Punto de medida	Cota del emboquille (msnm)	Fecha medida	Profundidad nivel (m)	Cota nivel (msnm)
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	08/08/2007 13:42	3,24	4,70
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	29/08/2007 16:26	3,65	4,29
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	10/10/2007 11:29	3,72	4,22
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	15/11/2007 12:30	3,91	4,03
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	28/11/2007 11:40	3,80	4,14
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	28/11/2007 18:48	3,83	4,11
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	29/11/2007 0:55	3,82	4,12
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	29/11/2007 12:30	4,22	3,72
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	04/12/2007 12:54	4,29	3,65
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	04/12/2007 13:25	4,27	3,67
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	04/12/2007 14:10	4,27	3,67
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	04/12/2007 17:56	4,27	3,67
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	04/12/2007 18:34	4,27	3,67
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	31/05/2010 0:00	4,29	3,65
Proyecto Túnel	SC-4	7,941	09/06/2010 17:20	4,27	3,67
Proyecto Túnel	SC-6	7,783	31/07/2002 0:00	4,50	3,28
Proyecto Túnel	SC-6	7,783	22/10/2002 0:00	4,15	3,63
Proyecto Túnel	SC-7	7,801	31/07/2002 0:00	4,40	3,40
Proyecto Túnel	SC-7	7,801	22/10/2002 0:00	4,20	3,60
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	05/07/2002 0:00	2,00	4,30
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	10/07/2002 0:00	2,00	4,30
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	15/07/2002 0:00	2,05	4,25
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	18/07/2002 0:00	2,00	4,30
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	31/07/2002 0:00	2,05	4,25
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	22/10/2002 0:00	1,85	4,45
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	29/08/2007 15:08	3,53	2,77
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	10/10/2007 12:18	3,59	2,71
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	15/11/2007 12:35	3,67	2,63
Proyecto Túnel	SC-8	6,295	04/12/2007 18:13	4,02	2,28
Proyecto Túnel	SC-8C	6,295	05/07/2002 0:00	2,45	3,85
Proyecto Túnel	SC-8C	6,295	10/07/2002 0:00	2,50	3,80
Proyecto Túnel	SC-8C	6,295	15/07/2002 0:00	2,75	3,55
Proyecto Túnel	SC-8C	6,295	18/07/2002 0:00	2,90	3,40
Proyecto Túnel	SC-8C	6,295	31/07/2002 0:00	3,00	3,30
Proyecto Túnel	SC-8C	6,295	22/10/2002 0:00	2,60	3,70
Proyecto Túnel	SC-9	6,312	05/07/2002 0:00	1,05	5,26
Proyecto Túnel	SC-9	6,312	15/07/2002 0:00	1,10	5,21
Proyecto Túnel	SC-9	6,312	18/07/2002 0:00	1,05	5,26
Proyecto Túnel	SC-9	6,312	31/07/2002 0:00	1,50	4,81
Proyecto Túnel	SC-9	6,312	22/10/2002 0:00	1,15	5,16
Proyecto Túnel	SC-9C	6,312	05/07/2002 0:00	1,10	5,21
Proyecto Túnel	SC-9C	6,312	10/07/2002 0:00	1,10	5,21
Proyecto Túnel	SC-9C	6,312	15/07/2002 0:00	1,20	5,11
Proyecto Túnel	SC-9C	6,312	18/07/2002 0:00	2,85	3,46
Proyecto Túnel	SC-9C	6,312	31/07/2002 0:00	2,50	3,81
Proyecto Túnel	SC-9C	6,312	22/10/2002 0:00	2,70	3,61