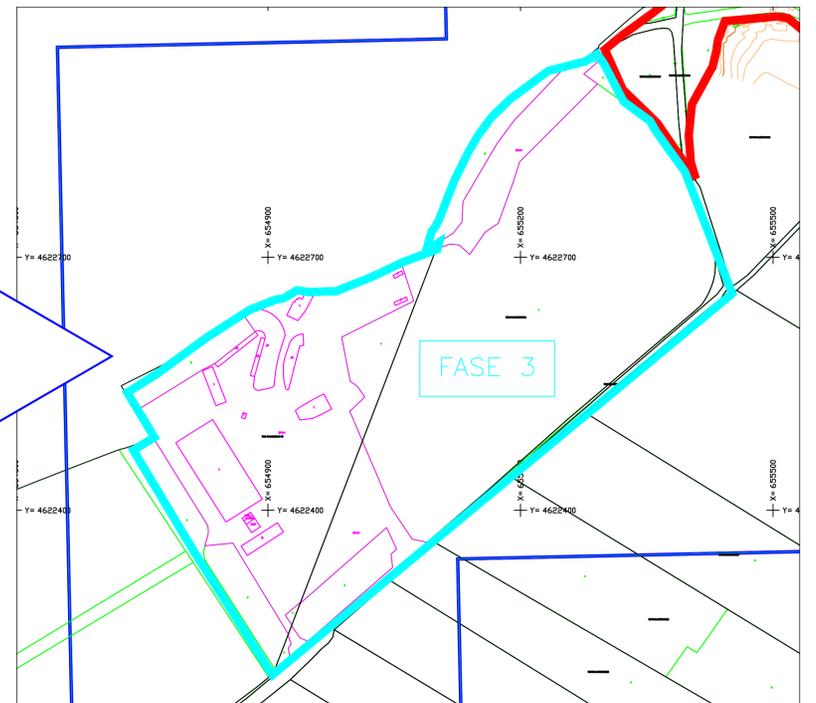
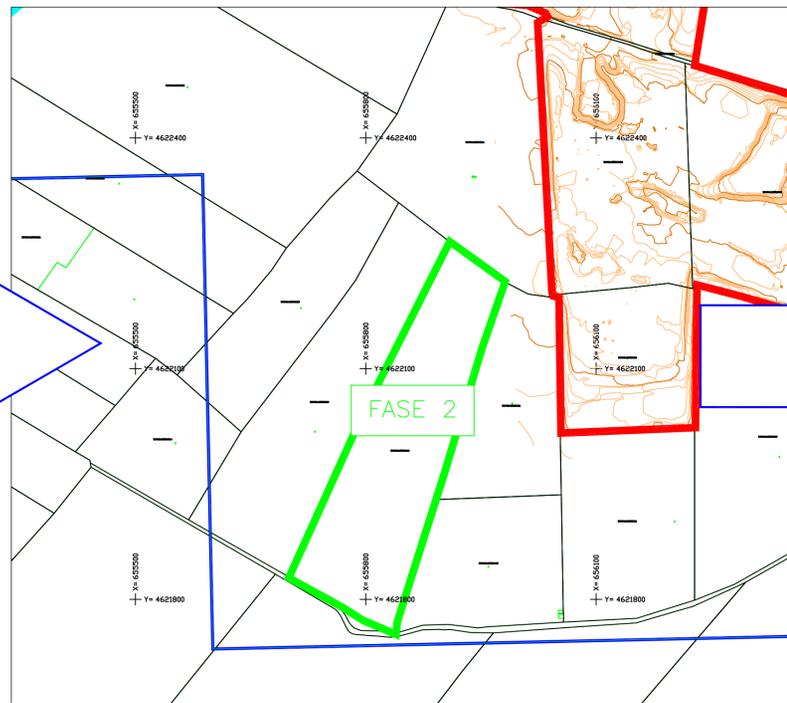
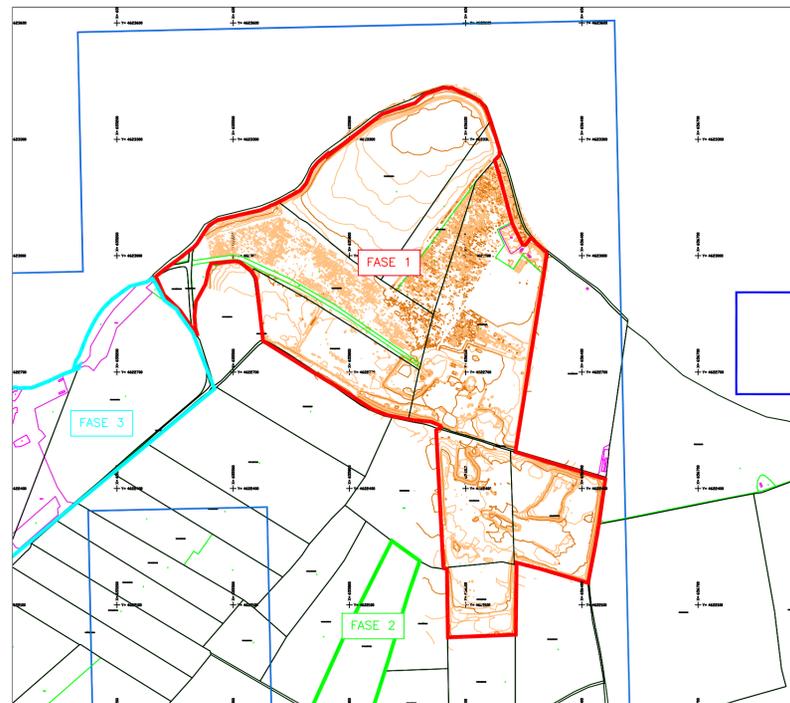


FASE 1

FASE 2

FASE 3



TITULAR:

DENOMINACION PROYECTO:  
ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION  
CDE LA LONGATERA N° 3115

LEYENDA:  
 Secuencia  
 FASES EXPLOTACION-RESTAURACION

PROYECTADO:

AUTOR DEL PROYECTO:  
D. Alfonso Martínez Andrés  
Dr. Ingeniero de Minas

DENOMINACION PLANO:  
CRONOGRAMA  
FASES EXPLOTACION-RESTAURACION

EMPLAZAMIENTO:  
T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES  
PINSEQUE Y ZARAGOZA  
(ZARAGOZA)

FECHA:  
06/2022

PLANO N°:  
28  
HOJA: 1/1 REV: 1

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION DEL PLAN DE RESTAURACION</b> <b>CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA</b>	Consultora: 
--	--	--

## **ANEXOS.**

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION DEL PLAN DE RESTAURACION</b>	Consultora: 
	<b>CDE “LA LONGATERA” N° 3115. T.T.M.M. ALAGON,          BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA</b>	

## 29 ANEXOS.

ANEXO N° 1: EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN.

ANEXO N° 2: ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

ANEXO N° 3: PERÍMETRO DE ESTUDIO Y AUTORIZACIÓN.

ANEXO N° 4: GEOLOGÍA.

ANEXO N° 5: GEOTÉCNICO. ESTABILIDAD DE TALUDES.

ANEXO N° 6: HIDROGEOLOGIA.

ANEXO N° 7: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE DRENAJE.

ANEXO N° 8: EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN. CUBICACION RESERVAS.

ANEXO N° 9: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS MÁXIMA SEGURIDAD DEL PERSONAL E INSTALACIONES.

ANEXO N° 10: PREVENCIÓN Y CONTROL EL RUIDO Y POLVO.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO Nº 1:

## EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

## 1 EQUIPO TÉCNICO.

Al amparo del REAL DECRETO 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, el Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus IITTCss, la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y el Real Decreto 2857/1978 de 25 de agosto, que la desarrolla, por inclusión y exclusión de las competencias, se enumera el EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN del documento al que acompaña el presente anexo:

CONSULTORA:  <b>NATURAL RESOURCES RESEARCH AND DEVELOPMENT, S.L.U.</b> 
PROFESIONAL 1  <b>D. Alfonso Martínez Andrés.</b> Dr. Ingeniero de Minas. Colegiado nº NE-062-A.
PROFESIONAL 2  <b>Dña. Leticia Ortiz Bedia</b> Col. 19.616 ARN Colegio Profesional Biólogos Aragón
PROFESIONAL 3  <b>D. Javier Espina Sal de Rellán</b> Ingeniero de Minas Colegiado NO-3317
PROFESIONAL 4  <b>D. José Rodolfo Anula</b> Ingeniero Técnico de Minas Colegiado nº 753 del COITM de Linares.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO Nº 2:

## ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

---

## 1 ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

El Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, aprueba el Reglamento General para el régimen de la minería.

Al amparo de lo citado con anterioridad, la administración dispone de toda la documentación justificativa.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO N° 3:

PERÍMETRO DE AUTORIZACION.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

## 1 LIMITE DE AUTORIZACION.

La superficie que comprende la Concesión de Explotación "LA LONGATERA" N° 3115, viene determinada por el plano de demarcación adjunto a la Resolución de 22 de febrero de 2012 por la que se otorga dicha concesión de explotación, siendo las coordenadas geográficas europeas (longitudes al Oeste del meridiano de Greenwich y Latitudes Norte) del perímetro correspondiente a las 10 cuadrículas mineras objeto de otorgamiento, las que a continuación se relacionan:

Vértice	Longitud (W)	Latitud (N)	Vértice	Longitud (W)	Latitud (N)
1	1° 08' 00"	41° 45' 00"	6	1° 08' 00"	41° 44' 20"
2	1° 07' 00"	41° 45' 00"	7	1° 08' 00"	41° 44' 00"
3	1° 07' 00"	41° 44' 00"	8	1° 08' 20"	41° 44' 00"
4	1° 07' 40"	41° 44' 00"	9	1° 08' 20"	41° 44' 40"
5	1° 07' 40"	41° 44' 20"	10	1° 08' 00"	41° 44' 40"

Como se ha indicado en la memoria de la presente actualización al plan de restauración la superficie de la explotación se dividido en 3 FASES, siendo las coordenadas de los perímetros de cada una de las fases los siguientes:

El perímetro del aprovechamiento y/o área de afección de la FASE 1, se encuentra definido por 83 vértices que limitan dicha fase en coordenadas UTM (huso 30, sistema geodésico de referencia ETRS89).

COORDENADAS VERTICES FASE 1-AREA DE AFECCIÓN CDE LA LONGATERA N° 3115 UTM ETRS 89 HUSO 30		
N°	X	Y
1	655577.16	4622780.34
2	655558.6	4622941.2
3	655549.14	4622957.57
4	655517.84	4622983.78
5	655504.74	4622985.6
6	655442.87	4622980.14
7	655434.5	4622957.21
8	655433.05	4622945.93
9	655428.38	4622926.43

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

10	655403.57	4622881.15
11	655399.93	4622844.03
12	655402.48	4622812.37
13	655408.3	4622792.71
14	655362.08	4622859.68
15	655321.69	4622898.62
16	655300.22	4622946.29
17	655319.5	4622962.31
18	655358.63	4622990.88
19	655374.59	4623003.76
20	655398.53	4623022.18
21	655406.85	4623031.09
22	655423.95	4623058.75
23	655438.14	4623078.76
24	655459.29	4623091.53
25	655508.74	4623103.14
26	655570.98	4623117.3
27	655591.24	4623125.89
28	655597.37	4623129.58
29	655605.08	4623132.1
30	655640.33	4623150.44
31	655673.48	4623168.24
32	655689.08	4623187.13
33	655703.55	4623222.25
34	655717.66	4623240.05
35	655742.83	4623262.14
36	655743.44	4623256.62
37	655883.37	4623364.63
38	655937.38	4623383.66
39	655969.91	4623393.48

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

40	655995.68	4623416.8
41	656041.71	4623432.14
42	656064.42	4623432.75
43	656121.5	4623406.36
44	656137.45	4623398.38
45	656152.8	4623379.97
46	656165.15	4623345.21
47	656168.87	4623333.23
48	656177.96	4623305.1
49	656187.25	4623274.58
50	656188.73	4623260.22
51	656175.06	4623245.87
52	656185.73	4623211.6
53	656200.81	4623156.33
54	656215.16	4623102.11
55	656221.08	4623081.38
56	656247.28	4623028.3
57	656254.11	4623027.39
58	656269.15	4623046.75
59	656276.9	4623038.09
60	656309.47	4623007.57
61	656302.08	4622954.45
62	656228.34	4622494.09
63	656460.69	4622424.07
64	656445.2	4622315.02
65	656435.49	4622257.4
66	656416.03	4622156.71
67	656287.2	4622194.49
68	656231.48	4622208.83
69	656229.38	4622023.28

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
---------------	--	-----------------

70	656054.33	4622016.28
71	656051.64	4622192.84
72	656043.91	4622194.49
73	656042.48	4622199.35
74	656023.82	4622549.76
75	656036.7	4622557.58
76	656034.4	4622562.17
77	656010.49	4622572.29
78	655967.16	4622575.93
79	655900.16	4622588.38
80	655857.74	4622604.56
81	655785.66	4622651.87
82	655679.42	4622716.29
83	655577.16	4622780.34

Perímetro de 83 vértices de explotación.

ÁREA PERIMETRO AUTORIZACION: 665.034 m<sup>2</sup> = 66,50 ha

AREA PERIMETRO EXPLOTABLE: 637.171 m<sup>2</sup> = 63,72 ha

PERÍMETRO: 4.858 m.

El perímetro del aprovechamiento y/o área de afección de la FASE 2, se encuentra definido por 11 vértices que limitan dicha fase en coordenadas UTM (huso 30, sistema geodésico de referencia ETRS89).

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

COORDENADAS VERTICES FASE 2-AREA DE AFECCIÓN CDE LA LONGATERA N° 3115 UTM ETRS 89 HUSO 30		
N°	X	Y
1	655981.58	4622213.37
2	655950.93	4622125.14
3	655904.89	4621971.92
4	655840.98	4621770.31
5	655839.45	4621754.47
6	655796.69	4621772.54
7	655768.99	4621790
8	655699.73	4621827.94
9	655795.49	4622039.33
10	655909.31	4622265.17
	655981.58	4622213.37

Perímetro de 11 vértices de explotación.

ÁREA PERIMETRO AUTORIZACION: 58.846 m<sup>2</sup> = 5,88 ha

AREA PERIMETRO EXPLOTABLE: 56.165 m<sup>2</sup> = 5,62 ha

PERÍMETRO: 1.213 m.

El perímetro del aprovechamiento y/o área de afección de la FASE 3, se encuentra definido por 42 vértices que limitan dicha fase en coordenadas UTM (huso 30, sistema geodésico de referencia ETRS89).

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

COORDENADAS VERTICES FASE 3-AREA DE AFECCIÓN CDE LA LONGATERA N° 3115 UTM ETRS 89 HUSO 30		
N°	X	Y
1	654905.37	4622204.76
2	654813.54	4622349.07
3	654740.08	4622471.26
4	654765.19	4622486.63
5	654732.96	4622539.48
6	654770.06	4622563.09
7	654827.04	4622604.7
8	654878.39	4622637.68
9	654907.62	4622649.3
10	654918.87	4622651.55
11	654934.61	4622660.92
12	654949.23	4622658.67
13	654974.72	4622659.8
14	654979.97	4622659.42
15	655023.82	4622677.04
16	655035.44	4622682.29
17	655059.43	4622693.91
18	655101.41	4622709.65
19	655103.28	4622717.52
20	655093.36	4622710.8
21	655088.29	4622708.52
22	655094.34	4622730.42
23	655098.76	4622736.01
24	655103.33	4622744.68
25	655121.17	4622790.53
26	655137.91	4622824.38
27	655149.55	4622844.39

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

28	655157.92	4622855.68
29	655164.84	4622865.14
30	655187.04	4622886.97
31	655232.82	4622920.91
32	655277.62	4622932.57
33	655289.28	4622939.94
34	655289.66	4622937.19
35	655292.94	4622938.29
36	655298.76	4622930.28
37	655322.78	4622884.43
38	655353.71	4622861.86
39	655361.76	4622848.22
40	655395.2	4622801.81
41	655451.55	4622657.04
42	654905.37	4622204.76

Perímetro de 42 vértices de explotación.

ÁREA PERÍMETRO AUTORIZACION: 237.876 m<sup>2</sup> = 23,79 ha

ÁREA PERÍMETRO EXPLOTABLE: 237.876 m<sup>2</sup> = 23,79 ha

PERÍMETRO: 2.212 m.

Como hemos indicado con anterioridad, la actividad extractiva se ubica en los términos municipales de Barboles y Zaragoza y las parcelas que ocupa son las siguientes:

TERMINO MUNICIPAL	POLIGONO	PARCELAS
ZARAGOZA	155	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 28 y 36
BARBOLES	3	1 y 49

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
---------------	--	-----------------

---

PERÍMETRO OPERACIONAL DE EXPLOTACIÓN. Límite de explotación.

AREA OPERACIONAL:  $931.212 \text{ m}^2 = 93,12 \text{ ha}$

PERÍMETRO:  $4743+1191+2212=8.146 \text{ m}$ .

**SUPERFICIES RESTAURACION.**

SUPERFICIE TALUDES A RESTAURAR:  $151.713 \text{ m}^2=15,17 \text{ ha}$

SUPERFICIE EXPLANADA A RESTAURAR:  $393.530 \text{ m}^2=39,35 \text{ ha}$

SUPERFICIE TOTAL DE RESTAURACION PENDIENTE:  $545.243 \text{ m}^2 = 54,52 \text{ ha}$

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

### 3 RESUMEN DE PERÍMETROS.

#### ÁREA PERIMETRAL DE LA AUTORIZACION.

ÁREA PERIMETRAL DE LA AUTORIZACION.  
 ÁREA PERIMETRO AUTORIZACION:  $961.756 \text{ m}^2 = 96,17 \text{ ha}$   
 NÚMERO DE VÉRTICES: 136  
 PERÍMETRO: 8.283 m.

#### PERÍMETRO OPERACIONAL DE EXPLOTACIÓN. Límite de explotación.

PERÍMETRO OPERACIONAL DE EXPLOTACIÓN. Límite de explotación.  
 AREA OPERACIONAL:  $931.212 \text{ m}^2 = 93,12 \text{ ha}$   
 PERÍMETRO:  $4743+1191+2212=8.146 \text{ m}$ .

#### SUPERFICIES RESTAURACION.

SUPERFICIE TALUDES A RESTAURAR:  $151.713 \text{ m}^2=15,17 \text{ ha}$   
 SUPERFICIE EXPLANADA A RESTAURAR:  $393.530 \text{ m}^2=39,35 \text{ ha}$   
 SUPERFICIE TOTAL DE RESTAURACION PENDIENTE:  $545.243 \text{ m}^2 = 54,52 \text{ ha}$

#### RESUMEN DE SUPERFICIES.

DEMARCACION CONCESION: 10 CUADRÍCULAS MINERAS  
 AREA DE AFECCION AUTORIZADA: 96,17 ha  
 AREA DE EXPLOTACIÓN: 93,12 ha  
 SUPERFICIE DE RESTAURACIÓN: 93,12 ha  
 SUPERFICIE RESTAURADA:  $385.969 \text{ m}^2=38,60 \text{ ha}$   
 SUPERFICIE PENDIENTE DE RESTAURACION:  $545.243 \text{ m}^2 = 54,52 \text{ ha}$

*(las posibles diferencias de decimales se deben a los redondeos)*

### 4 OTROS DATOS.

COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30.  
 CENTRO DEL APROVECHAMIENTO: X = 655650 / Y = 4622700  
 COTA MÁXIMA operacional 254 msnm  
 COTA MÍNIMA operacional 240 msnm

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO N° 4:

## GEOLOGÍA.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

## 1 ESTUDIO GEOLÓGICO.

HOJA IGME Nº: 354

### 1.1 GEOLOGÍA GENERAL.

La Hoja de Alagón se sitúa en el sector central de la Depresión del Ebro, entre los paralelos 41°50'04"N y 41°40'04"N y los meridianos 1°11'10"O y 0°51'10"O, referidos al meridiano de Greenwich, estando toda su superficie comprendida dentro de la provincia de Zaragoza.

Entre los ángulos NO y SE discurre el río Ebro, que origina una amplia banda deprimida que puede alcanzar hasta 10 km de anchura y ocupa una superficie próxima al 40% del total de la hoja. Esta banda se encuentra limitada en su borde septentrional por un pronunciado escarpe, que supera localmente los 100 m de altura y da lugar a las mayores pendientes de la hoja.

Las zonas más elevadas topográficamente se encuentran en la parte septentrional, donde existen cotas de 478 (Hoya de Blancas), 435 (Navajeras) y 520 m (Corral de Domínguez), que hacia el norte y fuera de la hoja enlazan con los Montes de Castejón. Presentan un relieve suavemente alomado y muy monótono.

Geológicamente afloran depósitos de edad terciaria y cuaternaria. Los depósitos terciarios se dividen en dos unidades que se han denominado como: Unidad Evaporítica y Unidad Carbonatada.

El Cuaternario cubre la mayor parte de la superficie, estando representado por depósitos y morfologías variadas, entre los que cabe destacar las terrazas del Ebro, diferentes generaciones de glaciares, coluviones, aluviales, etc.

Los objetivos principales del trabajo realizado han sido la caracterización de las distintas unidades litoestratigráficas, su cartografía y el establecimiento de las relaciones verticales y laterales entre las diferentes asociaciones de facies que las constituyen.

La hoja de Alagón se encuentra situada en el sector central de la Cuenca del Ebro, donde afloran materiales de origen continental pertenecientes al Terciario (Mioceno) y Cuaternario. Esta cuenca, se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico, actuando, en este sector, como área de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: el Pirineo, situado al norte y la Cordillera Ibérica, situada hacia el sur y suroeste.

Los afloramientos terciarios se presentan mal conservados y generalmente aparecen enmascarados por depósitos cuaternarios (glaciares, terrazas, etc.), a excepción del escarpe del río Ebro, donde existen cortes de casi 100 m, aunque son de difícil acceso. Se han diferenciado dos grandes unidades a nivel cartográfico: Unidad Evaporítica y Unidad Carbonatada

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

En cuanto a los depósitos cuaternarios, se han diferenciado varios niveles de terrazas, distintas generaciones de glaciares, coluviones, aluviones, etc.

## 1.2 GEOLOGÍA LOCAL.

Desde el punto de vista de la zonificación donde se presente ubicar el parque, y de manera global, nos encontramos en formaciones geológicas que pertenecen al CUATERNARIO, PLEISTOCENO SUPERIOR.

Los depósitos pertenecientes a esta edad están ampliamente representados en la hoja, especialmente en su mitad suroccidental.

Terrazas (10, 11, 13 y 14): Se trata de conglomerados con cantos redondeados, esencialmente de rocas paleozoicas trabados por una matriz arenoso-limosa, con cemento carbonatado. Pertenecen a las terrazas altas y medias 70-140 (10), 55-60 (11), 35 (13) y 20 (14) de los ríos Ebro, Jalón y Gállego.

## 1.3 CONCLUSIONES.

El aprovechamiento se proyecta sobre formaciones geológicas formadas por cantos redondeados pertenecientes a las terrazas del CUATERNARIO.

En el PLANO GEOLÓGICO se puede observar lo citado en anterioridad, siendo la justificación de su existencia.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO 5:

## GEOTÉCNICO.

### ESTABILIDAD DE TALUDES.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

## 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO.

### 1.1 Introducción.

Desde la idea de independizar escenarios, debido a las distintas tipologías, se ha realizado en estudio inicial de conocimiento del medio, con el uso de PIX4D en 3D, para verificar las situaciones, a posteriori de la visita de campo, por lo que ya estaban reconocidos.

Disponemos de una ubicación, que resulta del perímetro de la explotación:

#### 1 ZONA DE EXPLOTACION.

Examinado el levantamiento topográfico y dimensiones de taludes, se plantea un perfil tipo más desfavorable, para realizar la estabilidad del talud actual y su restauración.

### 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo del presente estudio geotécnico, pretende justificar la estabilidad de los taludes proyectados, en los trabajos del aprovechamiento solicitado, determinando en primer lugar el dimensionamiento de los más desfavorables. De esta forma, realizado el análisis de estabilidad, el valor del factor de seguridad para dichos taludes demostraría, con un amplio margen, que son estables, y podremos asegurar que los de menores dimensiones (menor altura) en iguales condiciones que los analizados, lo serán sin lugar a dudas. En cualquier caso, el estudio indicará la situación.

El procedimiento para evaluar la estabilidad de los taludes consta de las siguientes etapas:

- Dimensionamiento del talud o taludes tipo.
- Definición y caracterización geotécnica de los materiales del talud o taludes.
- Identificación del tipo o tipos de rotura que con mayor probabilidad se pueden presentar.
- Determinación del factor o coeficiente de seguridad para los taludes tipo.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

### 3. IDENTIFICACIÓN SÍSMICA.

La aceleración sísmica es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. Es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

A diferencia de otras medidas que cuantifican terremotos, como la escala Richter o la escala de magnitud de momento, no es una medida de la energía total liberada del terremoto, por lo que no es una medida de magnitud sino de intensidad. Se puede medir con simples acelerómetros y es sencillo correlacionar la aceleración sísmica con la escala de Mercalli.

La aceleración sísmica es la medida de un terremoto más utilizada en ingeniería, y es el valor utilizado para establecer normativas sísmicas y zonas de riesgo sísmico. Durante un terremoto, el daño en los edificios y las infraestructuras está íntimamente relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no con la magnitud del temblor. En terremotos moderados, la aceleración es un indicador preciso del daño, mientras que en terremotos muy severos la velocidad sísmica adquiere una mayor importancia.

La escala de Mercalli mide la intensidad de un terremoto según los daños que produce. Normalmente, esta escala es directamente relacionable con la intensidad, aunque la existencia en la zona de construcciones mucho más resistentes (o mucho menos resistentes) de lo normal puede falsear la medición de la escala de Mercalli, perdiéndose la correlación.

	<b>Aceleración sísmica (g)</b>	<b>Potencial de daño</b>
I	< 0.0017	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	Ninguno
V	0.039 – 0.092	Muy leve
VI	0.092 – 0.18	Leve
VII	0.18 – 0.34	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	Fuerte
X+	> 1.24	Muy fuerte

El peligro sísmico (o peligrosidad sísmica) de una región se denomina a la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado. No debe confundirse este concepto con el de riesgo sísmico, que depende de factores antrópicos y se refiere a los daños potenciales.



Para la realización de los cálculos estructurales de la zona de estudio, y en cumplimiento del Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), se deberá comprobar si dada la ubicación de la excavación se encuentra afectada por las acciones sísmicas.

La NCSE-02 proporciona los criterios a seguir dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en los proyectos de construcción, reforma y conservación de edificaciones y obras a las que le sea aplicable de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1.2 de la citada norma.

El apartado 1.2.2 de la NCSE-02 se clasifican las construcciones en función del uso al que se destinan y del daño que puede ocasionar su destrucción, distinguiéndose los siguientes tipos de construcciones:

- De importancia moderada.
- De importancia normal.
- De importancia especial.

El apartado 1.2.3 de la NCSE-02 indica los criterios de aplicación de la Norma, estableciendo que, para valores de la aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) inferiores a 0,04 g, no es necesario tener en cuenta la acción sísmica para realizar los cálculos de las estructuras proyectadas.

$a_b/g$        $k$

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

Las acciones sísmicas en las obras de excavación proyectadas, teniendo en cuenta la Norma NCSE-02 la aceleración sísmica básica correspondiente a la zona es de 0,04 g (K=1).

Valores que encontramos listados por autonomía y localidad en la citada norma.

Este valor es, junto otros dos factores relacionados con el tipo de obra y tipo de suelos que formarán la base de las obras, el que permite obtener la denominada aceleración sísmica de cálculo que se establece a continuación.

**Aceleración sísmica de cálculo.**

La aceleración sísmica de cálculo en el terreno ( $a_c$ ), aplicando la Norma NCSE-02, adopta la expresión:  
 $a_c = S \times \rho \times a_b$ .

, siendo:

$a_b$  la aceleración sísmica básica,  $\rho$  el coeficiente adimensional de riesgo que adopta un valor de 1,3 para obras de especial importancia como son los almacenamientos de agua para abastecimiento, y  $S$  el coeficiente de amplificación del terreno, que tomará valores en función del valor de las dos primeras variables, es decir:

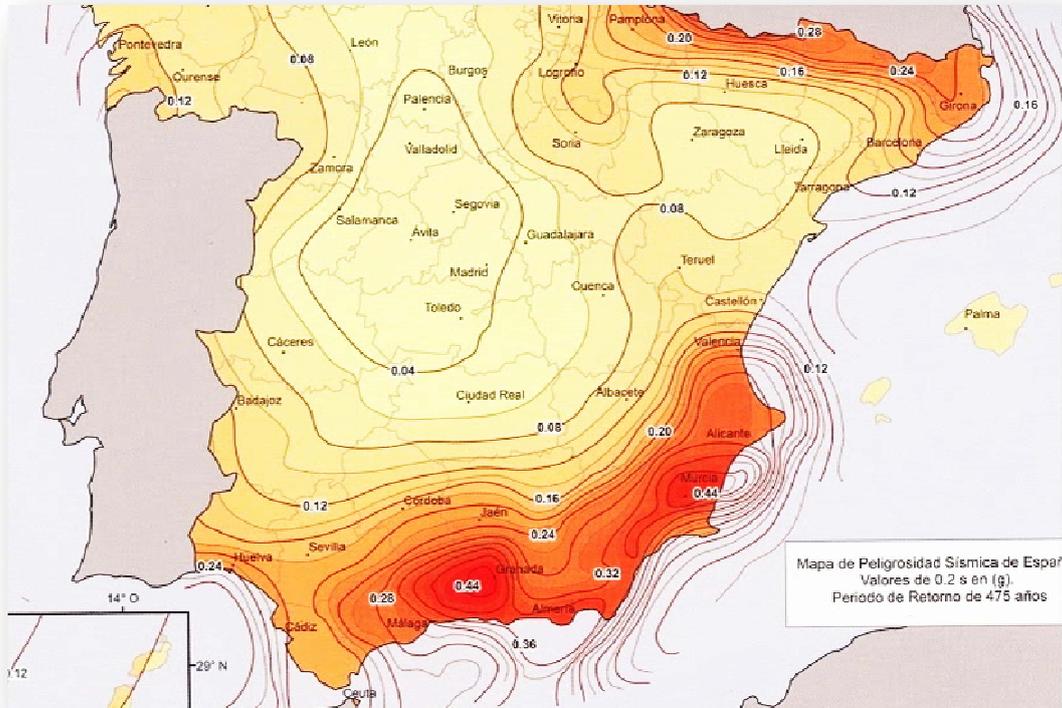
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$	$S = \frac{C}{1,25}$
Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$	$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left( \rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$
Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$	$S = 1,0$

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION  
CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA**

Consultora:



Los valores de  $a_b$  y  $K$  los podemos encontrar en la misma normativa por comunidades y localidades.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

En nuestro caso el valor  $\rho \cdot a_b$  es igual a  $0,04 \text{ g} = 1,37$ , puesto que  $a_b$  corresponde a  $0,04 \text{ g}$  para el término municipal en cuestión. Por lo tanto, el resultado es  $S = 1,37$ , adoptando la SEGUNDA expresión de las tres indicadas anteriormente.

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$	$S = \frac{C}{1,25}$
Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$	$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left( \rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$
Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$	$S = 1,0$

El valor C de la expresión corresponde al denominado Coeficiente del terreno que puede presentar según la Norma diferentes valores según los terrenos.

En esta Norma, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

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

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1
II	1,3
III	1,6
IV	2

Para la zona de estudio se toma el valor de 1,3 que corresponde a alternancias de terrenos de tipo II.

Resolviendo dicha expresión,

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

## Aceleración sísmica de cálculo

### DATOS

Importancia de la construcción:	normal
Aceleración sísmica básica:	0.04 · g
Tipo de terreno:	Espesor (m)
Tipo I	0.00
Tipo II	0.00
Tipo III	18.00
Tipo IV	0.00

### RESULTADO

Coeficiente de riesgo (ρ)	coeficiente de amplificación del terreno (S)	Aceleración sísmica de cálculo (ac/g)
1.00	1.28	0.05

### DETALLES DEL CÁLCULO

Notación y metodología según Art. 2.2 NSCE-02

**Aceleración sísmica de cálculo: 0.05 · g**  
con:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

donde:

- $a_b$  (aceleración sísmica básica) = 0.04 · g
- $\rho$  (coeficiente de riesgo) = 1.00  
construcción normal
- $S$  (coeficiente de amplificación del terreno) = 1.28

Caso  $\rho \cdot a_b / g = 0.04 \leq 0.10$

$S = C / 1.25$ , con

◦  $C$  (coeficiente del terreno) = 1.60

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{\sum e_i}$$

$$C = (1.0 \cdot 0.00 + 1.3 \cdot 0.00 + 1.6 \cdot 18.00 + 2.0 \cdot 0.00) / 18.00$$

Vistos los ábacos, y sostenido el valor sísmico de 0,04g y K 1, SOBRE VALORES DE LA ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA,  $a_b$ , Y DEL COEFICIENTE DE CONTRIBUCIÓN, K, DE LOS TÉRMINOS MUNICIPALES, y por lo tanto a NO tener en cuenta en importancia.

## 4. METODO DE CALCULO NUMERICO ESTABILIDAD TALUDES EMPLEANDO PROGRAMAS INFORMATICOS.

### Introducción:

El método descrito en la memoria del proyecto de explotación (método del círculo de rozamiento), es válido cuando la geometría de la masa deslizante tiene una forma regular, o es asimilable a ella, y las superficies de rotura atraviesan un material con características homogéneas. Sin embargo, en aquellos casos en que la superficie del talud es muy irregular o las superficies de rotura intersectan materiales con características geotécnicas diferentes, es necesario analizar la estabilidad del talud mediante otros métodos que se basan todos ellos en el denominado método de las fajas o rebanadas.



Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

Sin embargo, esto no ocurre, en los métodos aproximados que se exponen a continuación y son los más utilizados:

#### Método del círculo sueco o de Fellenius:

En este método se supone que las fuerzas que actúan sobre las caras de cualquier rebanada tienen una resultante nula en la dirección normal al arco de deslizamiento para cada rebanada. Suele ser un método conservador en lo que respecta al Factor de Seguridad, ya que se obtienen valores más bajos que con los otros métodos.

#### Método de BISHOP simplificado:

En este método parte de la hipótesis de que las fuerzas actuantes sobre las caras laterales de una rebanada cualquiera, tiene una resultante nula en dirección vertical. Este método de cálculo es más complicado que el de Fellenius, y requiere realizar varios tanteos ya que  $F$  interviene en ambos miembros de la ecuación. Sin embargo la convergencia de los tanteos es muy rápida. Este método tampoco cumple todas las condiciones de equilibrio, no obstante, numerosos ejemplos han demostrado que los valores de  $F$  que proporciona se aproximan en más de un 10% a los que se obtienen por métodos exactos. Para valores del factor de seguridad menores de la unidad este método suele dar errores bastante apreciables.

#### Método de Jambu:

Este método, que también es aproximado, adopta la hipótesis de fijar la altura  $h$  del punto de aplicación de  $E_i$ . Tiene la ventaja sobre los métodos aproximados anteriormente tratados de que sirve para analizar superficies de rotura cualesquiera.

#### CÁLCULO MEDIANTE EL SOFTWARE SLIDE VERSIÓN 6

El programa Slide de la empresa ROCSCIENCE, ampliamente utilizado en el análisis de estabilidad de taludes, para suelos, puede analizar, superficies circulares y no circulares. Se puede analizar una superficie en particular o se puede realizar la búsqueda de una superficie crítica con la finalidad de encontrar la superficie de falla con el menor factor de seguridad.

En el Slide hay disponibles 3 Métodos de Búsqueda para superficies de falla circulares:

- Búsqueda por Cuadrícula ("Grid Search"), Búsqueda por Talud ("Slope Search") o Búsqueda Avanzada ("Auto Refine Search")

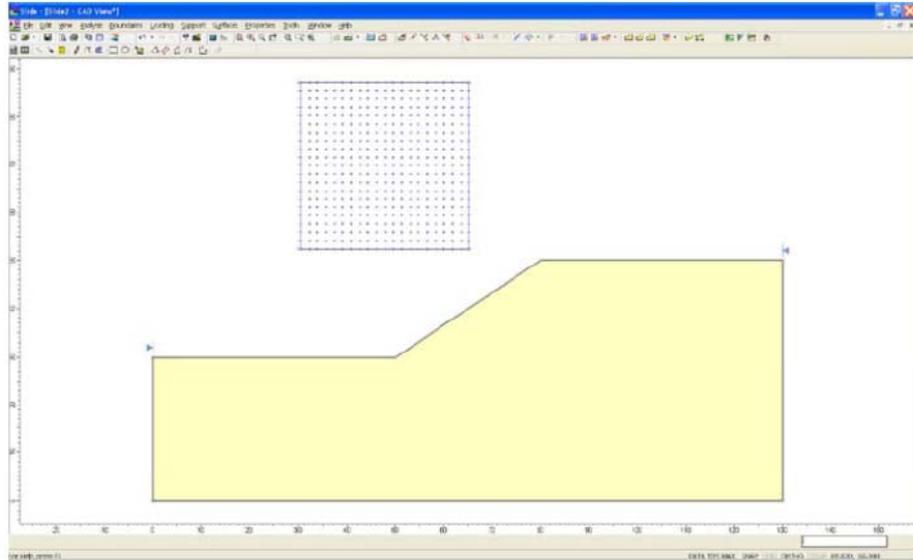
En nuestro caso usaremos la Búsqueda por Cuadrícula que es el método que viene programado por defecto en el programa. Una Búsqueda por Cuadrícula requiere una cuadrícula de centros de falla.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



**Figura n° 2.** Cuadrícula de centro de falla generada con la opción Cuadrícula Auto Generada ("Auto Grid").

Cada centro en una cuadrícula de centros de falla representa el centro de rotación de una serie de círculos de falla. Slide calcula automáticamente el radio del círculo para cada punto de la cuadrícula basado en los Límites del Talud ("Slope Limits") y en el Incremento del Radio ("Radius Increment"). El Incremento del Radio ingresado en la ventana de Opciones de Superficies ("Surface Options") determina el número de círculos generado para cada punto de la cuadrícula.

### METODOLOGÍA DE CÁLCULO A UTILIZAR EN EL PROGRAMA SLIDE VERSIÓN 6

En primer lugar se han de generar los límites del talud, mediante la delimitación del contorno del talud a analizar y la definición de cada una de las capas que lo componen.

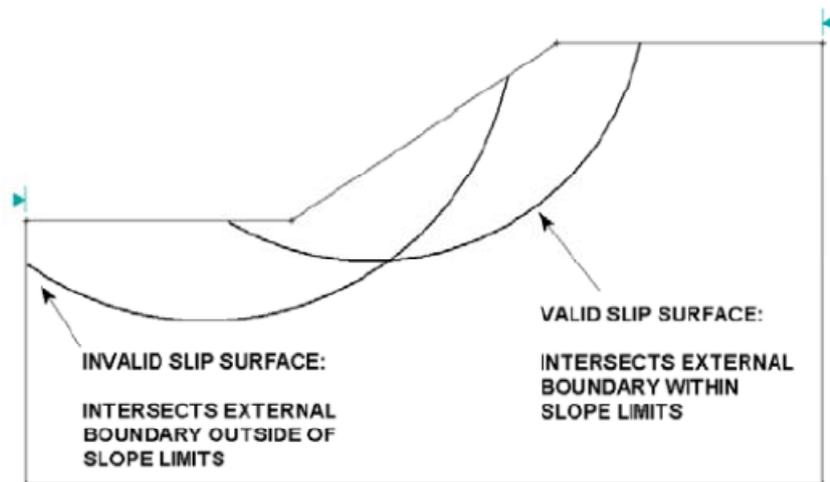
Una vez generado el Límite Externo ("External Boundary") aparecen dos pequeñas marcas triangulares en los extremos superior izquierdo y derecho de la superficie del Límite Externo. Estos son los Límites del Talud ("Slope Limits").

Los Límites del Talud son calculados automáticamente por el Slide tan pronto como se crea el Límite Externo o cuando se editan operaciones o funciones (p.e. mover vértices) en el Límite Externo.

Los Límites del Talud tienen dos propósitos en el análisis de superficies circulares que realiza el Slide:

1. **FILTRADO** – Todas las superficies de falla deben intersectar el Límite Externo comprendido dentro de los Límites del Talud. Si el punto inicial y/o final de la superficie de falla no caen dentro de los Límites del Talud entonces esta superficie es descartada (no analizada). Para una mejor interpretación se muestra la siguiente figura.

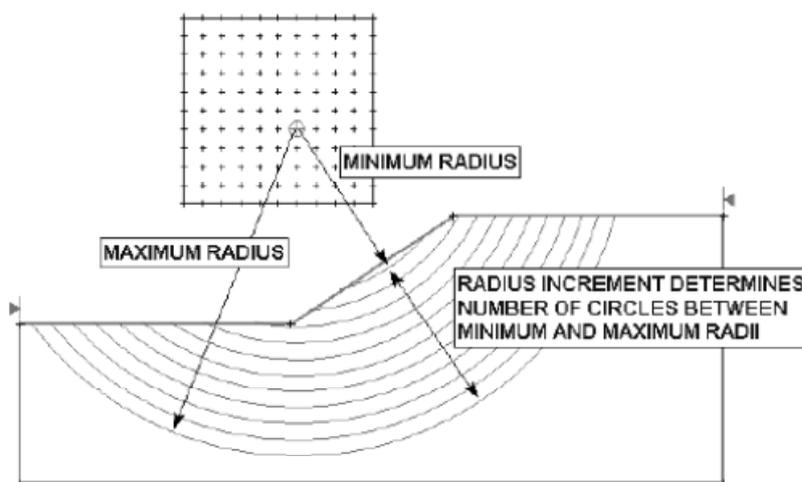
Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--



**Figura nº 3.** Filtrado de límites del talud para superficies válidas.

2. CREACION DE CIRCULOS – Las secciones comprendidas entre el Límite Externo y los Límites del Talud definen la superficie del talud a ser analizada. Esa superficie del talud se emplea para generar los círculos de falla en una Búsqueda por Cuadrícula de la siguiente manera:

- Se calculan dos radios, uno Mínimo y otro Máximo apropiados para cada centro de falla ubicado en los puntos de la cuadrícula; éstos radios son calculados en función a la distancia del centro de falla a la superficie del talud, tal como se muestra en la Figura 4.
- Los Incrementos en el Radio son usados para calcular el número de superficies de falla generados entre los radios mínimo y máximo en cada punto de la cuadrícula.



**Figura nº 4.** Método de la creación de superficies de falla mediante el uso de los límites del talud y los incrementos en el radio cuando emplea la búsqueda por cuadrícula.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

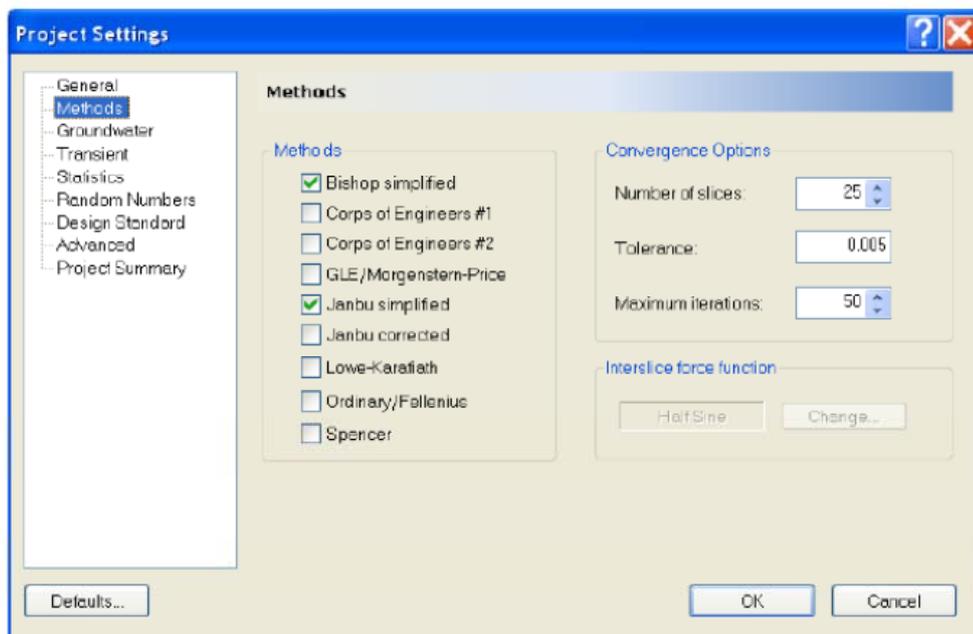
NOTA:

- Los Incrementos en el Radio ("Radius Increment") representan el número de intervalos entre los radios de los círculos mínimo y máximo para cada punto de la cuadrícula. Por lo tanto la cantidad de círculos de falla generados para cada punto de la cuadrícula será igual a los Incrementos en el Radio + 1.
- Por lo tanto el número total de círculos de falla generados por una Búsqueda de Cuadrícula será igual a: (Incrementos en el Radio + 1) x (Número Total de centros de falla en la cuadrícula). Para el ejemplo que estamos viendo sería:  $11 \times 21 \times 21 = 4,851$  círculos de falla.

### MÉTODOS DE ANÁLISIS EN EL PROGRAMA SLIDE VERSIÓN 6.

Los Métodos de Análisis que vienen programados por defecto en el programa son los métodos de análisis por equilibrio límite de Bishop y de Janbu.

Sin embargo se pueden seleccionar cualquiera de los métodos de análisis disponibles y todos los seleccionados serán calculados o ejecutados cuando se seleccione Computar ("Compute").



**Figura nº 5.** Métodos de análisis en la ventana de diálogo Parámetros del Proyecto.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

### RESULTADOS OBTENIDOS:

Por ser el método que más se adapta a la realidad proyectada, utilizaremos el método de Jambu, aplicado a los taludes diseñados para el banco de explotación operacional y banco de restauración con relleno mediante estériles.

Según se ha podido comprobar para la zona la zona de estudio el nivel freático se encuentra muy por debajo del nivel base de explotación. Se estima según la información facilitada por el estudio hidrogeológico, que el nivel freático se sitúa en la cota 235 msnm. Y puesto que el nivel base de explotación se encuentra sobre las cotas 240 msnm, se concluye que los niveles freáticos, en el caso más desfavorable podrían estar a 5 metros de profundidad de la cota más baja de excavación operacional.

De esta forma los resultados obtenidos se representan en la tabla siguiente, mostrándose la representación gráfica posteriormente:

### Datos de partida:

MATERIALES	DATOS DE PARTIDA		
	DENSIDAD (KN/m <sup>3</sup> )	COHESIÓN (KPa)	ÁNGULO ROZAMIENTO INTERNO (°)
GRAVAS Y ARENAS	25.8	25	39.6
ESTERIL GRAVAS Y ARENAS	20	30	30

### Taludes de frente de explotación con bermas:

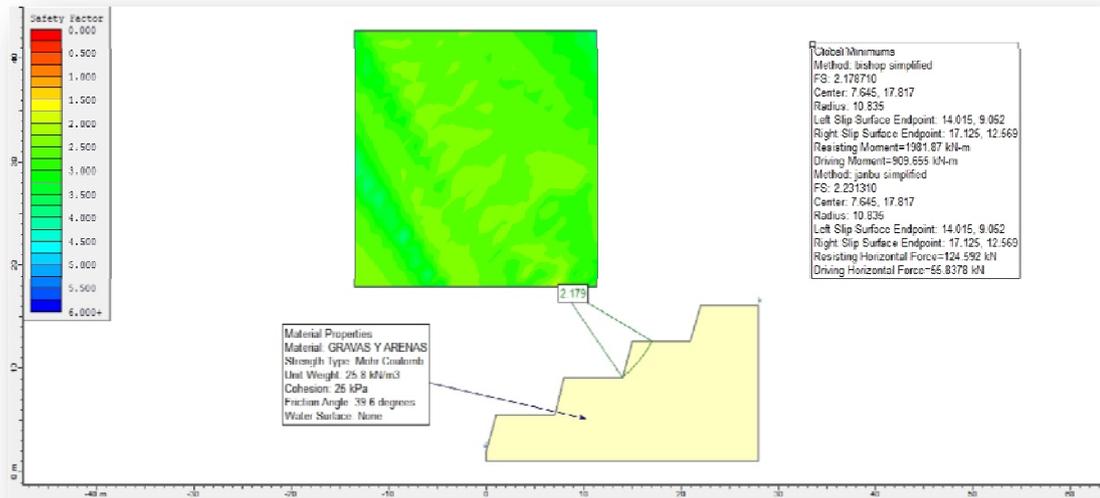
ALTURA DE TALUDES	COEFICIENTE DE SEGURIDAD (F)  SIN COEFICIENTE DE SISMICIDAD NI NIVEL FREÁTICO
14 metros con bermas de 6 metros en bancos de 3,5 metros de altura	<b>2,179</b>

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



Taludes de bancos finales de restauración (relleno con estériles-gravas y arenas):

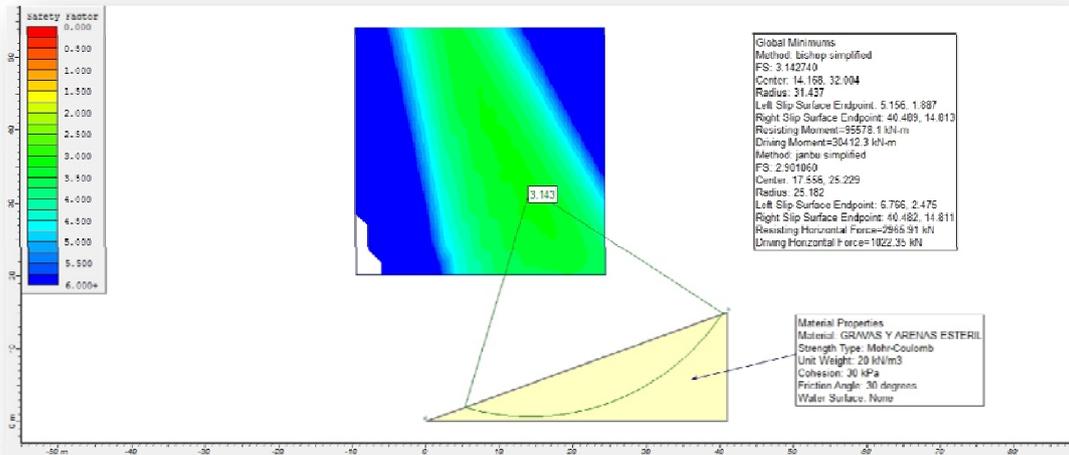
ALTURA DE TALUDES	COEFICIENTE DE SEGURIDAD (F)
14 metros en un único talud de 20°	3,143

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



En este último caso no se considera el nivel freático al tratarse de un relleno y considerar el valor de cohesión saturado.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Teniendo en cuenta las características geotécnicas del terreno, la ripabilidad es factible de realizar con medios mecánicos tipo retroexcavadora.

Analizadas las características geomecánicas del macizo, y los resultados obtenidos para el coeficiente de seguridad, se puede indicar que la calidad del macizo es media-buena, por lo que no es necesario aplicar medidas correctoras. De hecho se obtiene un factor de seguridad de 2,179 para un talud de 14 metros con cuatro bancos de material aprovechable de 3.5 metros y 6 metros de berma.

Analizados los taludes existentes en zonas cercanas similares a la zona de estudio, no se evidencia la existencia de procesos importantes de desprendimiento con caída de bloques importantes.

Al efecto de evitar las caídas de material por desprendimiento, se recomienda evitar la sobreexcavación, a fin de impedir que localmente existan zonas colgadas en el talud.

Además cabe indicar que se debe prestar especial atención en épocas de lluvias, pudiendo ser recomendable realizar drenajes puntuales en el talud, para evitar el aumento de la presión hidrostática en el mismo, lo que podría originar variaciones puntuales en las condiciones de estabilidad.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO N° 6:

## HIDROGEOLOGIA.

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

## 1 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO.

### 1.1 Objetivo del estudio preliminar.

Los métodos de investigación en Hidrogeología son, principalmente, los geológicos y geofísicos, climatológicos y de Hidrología de superficie, métodos hidrogeológicos en sentido estricto, físico-matemáticos e hidroquímicos.

Los métodos geológicos y geofísicos, se emplean para la definición de la extensión y geometría del acuífero (límites laterales, inferior y superior) y de sus características litológicas.

Un Estudio Hidrogeológico consiste en la aplicación de los métodos de investigación de la Hidrogeología a la prospección de las aguas subterráneas en un territorio concreto. El objeto de un Estudio Hidrogeológico es localizar los acuíferos, definir su extensión y características geológicas, sus parámetros hidráulicos, la dinámica del flujo subterráneo y la composición química del agua, e incluso, elaborar un modelo matemático de comportamiento ante eventuales acciones exteriores.

Dado que, mediante el presente estudio hidrogeológico no se trata de estudiar planificación hidrológica, se estima la realización de un ESTUDIO BÁSICO LOCALIZADO, donde se van a usar estudios geológicos publicados, para PRIMERO definir el Marco hidrogeológico, con la presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos, tipología de los acuíferos en función de sus características litológicas, según el tipo de hueco y según la presión hidrostática, características piezométricas y flujo subterráneo, funcionamiento hidrogeológico, hidrogeología local, inventario de pozos, sondeos y manantiales en el entorno próximo, características estructurales y análisis, permeabilidad usando valores tabulados, caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada, situados en la misma unidad geológica o en su defecto en una estimación a partir de la cartografía existente, situación del nivel piezométrico local y su evolución temporal con los datos de los que se disponga.

Y SEGUNDO, poder así servir de base para, determinar ciertos aspectos relacionados con la presencia o no de nivel freático o piezométrico en el área de estudio, de manera justificada, las posibles fluctuaciones estacionales en caso de que existan, así como, permeabilidad de los materiales subyacentes, ubicación de puntos de control en función de la dirección de las líneas de flujo de fluidos en el subsuelo, la velocidad de avance del flujo en los materiales subyacentes (suelos y rocas) tanto en suelo saturados como no saturados, y medidas preventivas en su caso.

Dentro de los conceptos fundamentales de hidrogeología y la clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico, podemos definir el acuífero como aquella formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua susceptible de ser explotada en cantidades económicamente apreciables para atender diversas necesidades.

En función de las características de las rocas, se puede hacer la siguiente clasificación:

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" Nº 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

Acuífugo: No posee capacidad de circulación ni de retención de agua.

Acuícludo: Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite.

Acuícardo: Contiene agua y la transmite muy lentamente.

Acuífero: Almacena agua en los poros y circula con facilidad por ellos.

Si admitimos que los acuíferos reciben agua de la precipitación (aunque puede recibirla por otras vías), se pueden definir tres zonas: zona de alimentación o recarga, zona de circulación y zona de descarga.

Tipos de acuíferos:

Según las características litológicas: detríticos, carbonatados.

Según el tipo de huecos: poroso, kárstico, fisurado.

Según la presión hidrostática: libres, confinados y semiconfinados.

Acuíferos libres: También llamados no confinados o freáticos. En ellos existe una superficie libre y real del agua encerrada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica. Entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada. El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica. Su posición no es fija sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas.

Acuíferos confinados: También llamados cautivos, a presión o en carga. El agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. No existe zona no saturada.

Acuíferos semiconfinados: El muro y/o techo no son totalmente impermeables sino que son acuícardos y permiten la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles.

Un mismo acuífero puede ser libre, confinado y semiconfinado según sectores.

Acuíferos colgados: Se producen ocasionalmente cuando, por efecto de una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida una porción de agua por un nivel inferior impermeable.

Un acuífero es una estructura geológica que contiene agua y que es capaz de cederla en cantidades aprovechables mediante galerías, zanjas, pozos, sondeos o el uso directo de manantiales; y para que una estructura sea considerada como acuífero no es suficiente con que contenga agua, sino que además debe estar disponible para su uso. Se evita de esta manera considerar como acuíferos algunas formaciones, especialmente arcillosas, que a pesar de contener cantidades importantes de agua, ésta no puede ser extraída por los métodos tradicionales.

Los acuíferos detríticos están formados por materiales granulares, conglomerados, arenas, limos y arcillas, alternando horizontes impermeables o semi-impermeables, con otros permeables, dando lugar a

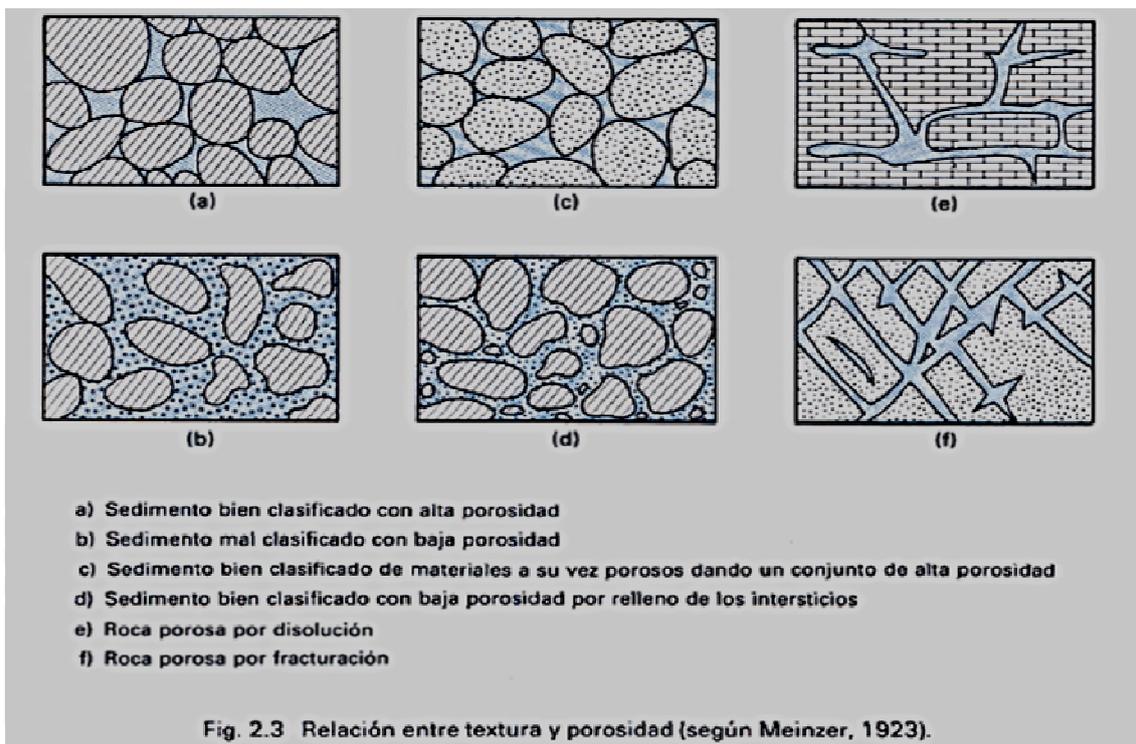
acuíferos denominados multicapa que pueden contener aguas de diferentes calidades. Su capacidad de contener y transmitir agua es función del porcentaje de huecos disponibles entre sus partículas. Normalmente, la velocidad de circulación del agua es muy pequeña, inferior a la que tiene en los acuíferos carbonatados.

Cuando hablamos del movimiento del agua en la formación, nos posicionamos en los conceptos de permeabilidad y porosidad, tratándose de parámetros que definen las características hidráulicas de un acuífero; aunque en la práctica se utiliza el parámetro transmisividad; que es el producto de la permeabilidad del acuífero por su espesor saturado.

La transmisividad se define también como el caudal de agua que proporciona una sección de ancho unidad de frente acuífero sometida a un gradiente del 100%.

Veamos varias figuras para analizar y obtener datos de interés.

En la siguiente figura se define la relación textura porosidad según disposición de sedimentos.



Las siguientes figuras describen valores de permeabilidad y transmisividad según posibilidades del acuífero y clasificación del terreno.

Promotor:



**ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION**  
 CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M.  
 ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA

Consultora:



**Valores de la permeabilidad (K)**  
 (Adaptado de Villanueva e Iglesias, 1984)

K (m/día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
$K < 10^{-2}$	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10^{-2} < K < 1$	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
$1 < K < 10$	Media	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10 < K < 100$	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
$100 < K$	Muy alta	Pozos de más de 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

**CUADRO 2-3**  
**Clasificación de terrenos por su transmisividad (m<sup>2</sup>/día)**  
 (Adaptado de Custodio y Llamas, 1983)

T	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
<b>Calificación</b>	Impemeables	Poco permeable	Algo permeable	Permeable	Muy permeable
<b>Calificación del acuífero</b>	Sin acuífero	Acuífero muy pobre	Acuífero pobre	Acuífero de regular a bueno	Acuífero excelente
<b>Tipo de materiales</b>	Arcilla compacta. Pizarra. Granito.	Limo arenoso. Limo. Arcilla limosa.	Arena fina. Arena limosa. Caliza poco fracturada. Basaltos.	Arena limpia. Grava y arena. Arena fina. Caliza fracturada.	Grava limpia Dolomías, calizas muy fracturadas.

Primero, observamos que, los materiales presentan una formación de PERMEABILIDAD MEDIA, BAJA y MEDIA (DETRÍTICAS) y estimamos una K media (1), y un valor de 10 m<sup>2</sup>/día de transmisibilidad, que NO SON GRANDES FAVORECEDORAS para almacenamiento de aguas.

Por otra parte, existen otras teorías que podrían situar la K en valores:

Valores Típicos	
Arcillas	$k < 10^{-9}$ cm/s
Sílices	$- 10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/s
Arenas Arcillosas	$- k < 10^{-7}$ m/s
Arenas Finas	$- k < 10^{-5}$ m/s
Arenas Medias	$- k < 10^{-4}$ m/s
Arenas Gruesas	$- k < 10^{-3}$ m/s

Por lo que K para la formación podría estimarse inferiores a esos valores.

Recordemos que,

Promotor: 	<b>ACTUALIZACION PLAN DE RESTAURACION</b> CDE "LA LONGATERA" N° 3115. T.T.M.M. ALAGON, BARBOLES, PINSEQUE Y ZARAGOZA	Consultora: 
--	--	--

Al hablar de porosidad, intuitivamente se piensa en los poros de un material detrítico, como unas arenas. Pero las rocas compactas también pueden contener cierta proporción de agua en su interior en sus fisuras. Normalmente, estas fisuras son fracturas producidas por esfuerzos tectónicos, pero pueden deberse a otras causas: enfriamiento (rocas volcánicas), planos de descompresión o discontinuidades sedimentarias, etc. Tras su formación, estas fisuras pueden ser ocluidas por los minerales arcillosos resultantes de la alteración, o por el contrario la disolución hace aumentar la abertura, a veces hasta formar amplios conductos (especialmente en calizas).

También se habla de porosidad primaria y secundaria. Se denomina porosidad primaria a la que resulta al originarse la formación geológica; porosidad secundaria será cualquier abertura que se produzca posteriormente.

Los poros de unas arenas son porosidad primaria. Las fracturas que se producen en una roca compacta debido a esfuerzos tectónicos son porosidad secundaria. En ocasiones se presentan los dos tipos en la misma formación geológica (porosidad dual): una arenisca presenta porosidad primaria entre los granos y porosidad secundaria a través de las fracturas u otros planos de discontinuidad de la roca.

La porosidad por fracturación está determinada por la historia tectónica de la zona y por la litología; es decir: cómo cada tipo de roca ha respondido a los esfuerzos. Como se indicaba más arriba, en este tipo de porosidad es determinante la posible disolución de la fractura o, por el contrario, la colmatación por minerales arcillosos o precipitación de otros minerales.

En nuestro caso, se ha determinado que se produce una primaria en los dos casos.

En general, se denomina zona saturada a la parte del subsuelo que se encuentra por debajo de la superficie freática, y en la que todos los poros o fisuras están llenos de agua. Por encima de la superficie freática hablamos de zona no saturada, aunque en ella pueden existir poros húmedos o incluso saturados (además de la franja capilar, por ejemplo, masas de agua que están descendiendo por gravedad procedentes de precipitaciones recientes).

Permeabilidad es un concepto común y no haría falta definirlo: la facilidad que un cuerpo ofrece a ser atravesado por un fluido, en este caso el agua. En Hidrogeología, la permeabilidad (o mejor: conductividad hidráulica,  $K$ ) es un concepto más preciso. Es la constante de proporcionalidad lineal entre el caudal y el gradiente hidráulico.