

JUNTA DE EXTREMADURA
CONSEJERIA DE AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO

Dirección General de Industrias no Agrarias

Energía y Minas

INVESTIGACION GEOLOGICO-GEOTECNICA
Y DE RIESGOS DE "EL CALERIZO" DE CACERES

MEMORIA: DATOS BASICOS

Febrero, 1.990



INGEMISA

TOMO 2

Memoria: Datos Básicos

INDICE

	<u>Pag.</u>
1. ESTUDIOS INFRAESTRUCTURALES	1
1.1 CLIMATOLOGIA	2
1.1.1 Introducción	2
1.1.2 Precipitaciones	3
1.1.3 Temperaturas	6
1.1.4 Lluvia útil	9
1.2 GEOLOGIA	12
1.2.1 Estratigrafía	12
1.2.1.1 Ordovícico	13
1.2.1.2 Silúrico-Devónico	15
1.2.1.3 Devónico	16
1.2.1.4 Devónico Superior-Carboní- fero Inferior	17
1.2.1.5 Carbonífero Inferior	18
1.2.1.6 Mioceno-Plioceno	19
1.2.1.7 Cuaternario	19
1.2.2 Rocas Igneas	19
1.2.3 Estructura	21
1.2.4 Fracturación. Análisis de las imá- genes del satélite Landsat	22
1.3 HIDROGEOLOGIA	25
1.3.1 Comportamiento hidrogeológico de los materiales	25

	<u>Pag.</u>
1.3.2 Inventario de puntos de agua	26
1.3.3 Piezometría. Direcciones de flujo subterráneo	27
1.3.4 Hidroquímica. Calidad del agua	29
1.3.5 Esquema de funcionamiento hidráulico	30
1.3.6 Parámetros hidrogeológicos	33
1.3.7 Cuantificación de recursos. Balance	34
1.4 GEOMORFOLOGIA	38
1.4.1 Descripción fisiográfica	38
1.4.2 Formas Estructurales	39
1.4.3 Morfología fluvial y torrencial ...	39
1.4.4 Karst	40
 2.- GEOFISICA	 45
2.1 INTRODUCCION	46
2.2 REVISION BIBLIOGRAFICA	47
2.3 TEST METODOLOGICOS	49
2.3.1 Selección de métodos	49
2.3.2 Métodos utilizados	51
2.3.3 Métodos eléctricos	52
2.3.3.1 Características de los dispositivos empleados	52
2.3.3.2 Resultados obtenidos	55
2.3.3.3 Valoración de resultados ..	63

	<u>Pag.</u>
2.3.4 Microgravimetría	64
2.3.4.1 Actividades realizadas	64
2.3.4.2 Perfiles gravimétricos	65
2.3.4.3 Mallas de microgravimetría	69
2.3.4.4 Valoración de resultados ..	74
2.4 RECONOCIMIENTO DEL AREA	74
2.4.1 Planteamiento previo	74
2.4.2 Prados del Espíritu Santo	76
2.4.2.1 Anomalías de resistividad .	76
2.4.2.2 Anomalías de microgravime- tría	77
2.4.3 Ciudad Deportiva	81
2.4.4 Cueva de Maltravieso	82
2.4.5 Solar del Polígono Dehesa de los Caballos	85
2.4.6 Escombreras de la Estación de Auto- buses	87
2.4.7 La Cañada	89
2.4.7.1 Anomalías de resistividad .	89
2.4.7.2 Anomalías de microgravime- tría	91
2.4.8 Mina Abundancia	93
2.4.9 Poblado Minero	95
2.4.10 Valoración de Resultados	97

	Pag.
3.- ESTUDIO GEOTECNICO	99
3.1 INTRODUCCION	100
3.2 DESCRIPCION DE LOS HUNDIMIENTOS Y DAÑOS HA-	
BIDOS EN LA ZONA DE EL CALERIZO DE CACERES	102
3.2.1 Zona cueva de Maltravieso	102
3.2.2 Zona de la Estación de Autobuses ...	105
3.2.3 Zona de Aldea Moret	105
3.3 ZONA DE ALDEA MORET	109
3.3.1 Introducción	109
3.3.2 Labores extractivas existentes	109
3.3.2.1 Canteras para la fabricación	
de cal	110
3.3.2.2 Canteras para la obtención	
de áridos para la cons-	
trucción	111
3.3.2.3 Labores mineras	111
3.3.3 Codiciones superficiales del terreno	121
3.3.3.1 Rellenos	121
3.3.3.2 Suelos residuales naturales	125
3.3.4 Características del Macizo Rocoso ..	127
3.3.4.1 Litología	127
3.3.4.2 Estructura	130
3.3.4.3 Características geotécnicas	
del Macizo Rocoso	133
3.4 ZONA DE LA ESTACION DE AUTOBUSES	139
3.4.1 Introducción	139

	<u>Pag.</u>
3.4.2 Labores extractivas existentes	139
3.4.3 Condiciones superficiales del terreno	140
3.4.3.1 Rellenos	140
3.4.3.2 Suelos residuales naturales	142
3.4.4 Características del Macizo Rocoso ..	143
3.4.4.1 Litología	143
3.4.4.2 Estructura	146
3.4.4.3 Características geotécnicas del Macizo Rocoso	147
3.5 ZONA DE CUEVA DE MALTRAVIESO	149
3.5.1 Introducción	149
3.5.2 Labores extractivas existentes	150
3.5.3 Condiciones superficiales del terreno	151
3.5.3.1 Rellenos	151
3.5.3.2 Características de los suelos naturales	153
3.5.4 Características del Macizo Rocoso ..	157
3.5.4.1 Litología	157
3.5.4.2 Estructura	159
3.5.4.3 Características geotécnicas del Macizo Rocoso	161
3.6 ESTABILIDAD DE CAVIDADES EN LAS DOLOMIAS Y CALIZAS DEL "EL CALERIZO"	164
3.6.1 Tamaño máximo de cavidades	164

	<u>Pag.</u>
3.6.2 Definición del perímetro de protección sobre cavidades subterráneas ..	167
4.- RIESGOS DE EL CALERIZO	171
4.1 METODOLOGIA APLICADA	172
4.2 RECOPIACION DE SUCESOS CON RIESGO	174
4.2.1 Inventario	174
4.2.2 Procesos naturales con riesgo en El Calerizo	175
4.3 RASGOS BASICOS DE LOS RIESGOS	176
4.3.1 Hundimientos y Colapsos	176
4.3.1.1 Colapsos de cavidades naturales en El Calerizo	181
4.3.1.2 Colapsos en Aldea Moret	182
4.3.1.3 Colapsos en Espíritu Santo, Charca Musia y Dehesa de los Caballos	183
4.3.1.4 Origen de los colapsos	184
4.3.2 Subsidiencias y asentamientos	189
4.3.3 Inundación	190
4.3.4 Contaminación de acuíferos	195
4.3.5 Inestabilidad de laderas	197
4.3.6 Accidentes personales en huecos no protegidos	197
4.4 EVALUACION DE RIESGOS	199
4.4.1 Riesgos de Colapso	199

	<u>Pag.</u>
4.4.1.1 Colapsos en los suelos de recubrimiento	202
4.4.1.2 Colapsos asociados a labores mineras	202
4.4.1.3 Colapsos asociados a cavi- des kársticas	204
4.4.2 Riesgos de asentamiento y subsis- dencia	207
4.4.3 Riesgo de inundación	207
4.4.4 Contaminación de acuíferos	209
4.4.5 Riesgo de deslizamiento	209
4.4.6 Riesgos de accidentes personales en huecos no protegidos	210
5.- ZONIFICACION DE APTITUDES PARA LA EDIFICACION	211
5.1 INCIDENCIA DE LOS RIESGOS EN LAS EDIFICA- CIONES	212
5.2 ZONAS DE NIVEL 1 (EDIFICACION EN ZONAS SIN RIESGOS)	215
5.3 ZONAS DE NIVEL 2 (EDIFICACION EN ZONAS DE RIESGOS)	216
5.3.1 Subnivel 2A	217
5.3.2 Subgrupo 2B	217
5.4 ZONAS DE NIVEL 3 (NO APTAS "EN PRINCIPIO" PARA LA EDIFICACION)	218

TOHO II

**1. - ESTUDIOS
INFRAESTRUCTURALES**

1.- ESTUDIOS INFRAESTRUCTURALES

1.1.- CLIMATOLOGIA

1.1.1.- Introducción

Con objeto de estimar con mayor fiabilidad los recursos hídricos del acuífero de El Calerizo, y más concretamente el capítulo de entradas al sistema, se ha realizado un estudio climatológico de la comarca cacereña.

Su fin ha sido la cuantificación de la "lluvia útil", para lo cual se han tratado estadísticamente las series climáticas (precipitaciones y temperaturas), de las estaciones meteorológicas de Cáceres, Torreorgaz y Malpartida de Cáceres.

Sus características se reflejan en el cuadro adjunto.

10

Cuadro nº 1: ESTACIONES CLIMATOLOGICAS UTILIZADAS

ESTACION	LATITUD	SITUACION LONGITUD	COTA	TIPO DE ESTACION	Nº DE AÑOS COMPLETOS ENTRE 1951/52 y 1985/86
Cáceres	39-28N	2-42W	495	Termopluviométrica	35
Malpartida	39-26N	2-49W	371	Pluviométrica	22
Torreorgaz	39-22N	2-33W	425	Pluviométrica	14

Los datos de base han sido suministrados por el centro meteorológico de Cáceres, dependiente del Instituto Nacional de Meteorología.

1.1.2.- Precipitaciones

El periodo de observación utilizado ha sido el comprendido entre 1.951 y 1.985, que completa 35 años hidrológicos.

Como paso previo a su utilización se ha procedido a un completado de datos de las estaciones de Malpartida y Torreorgaz, siguiendo dos métodos:

- En años que faltan las precipitaciones de hasta 3 meses, ó 4 si incluye estiaje, la precipitación mensual se ha obtenido por media aritmética de la lluvia registrada en las estaciones próximas.
- En los años en que la condición anterior no se cumple, la estación a completar se ha correlacionado, mediante regresión lineal, con las otras dos, y se ha calculado la precipitación anual a partir de la estación que mayor correlación presenta. Las asignaciones mensuales se realizan siguiendo las distribuciones propias de cada estación.

Siguiendo el primer método se han completado la mayoría de los meses sin valor. Por el segundo método se han completado los años 1.958/59 y 1.985/86 de la serie de Torreorgaz y 1.959/60, 1.980/81 y 1.985/86 de Malpartida.

Las correlaciones han sido las siguientes:

Cuadro nº 2: **CORRELACIONES ENTRE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS**

Y	ESTACIONES X	COEFICIENTE CORRELACION	ECUACION DE CORRELACION	
			Pendiente	Term. Indep.
CACERES	MALPARTIDA	0,83	0,80	71,9
CACERES	TORREORGAZ	0,87	0,76	67,3
MALPARTIDA	CACERES	0,83	0,86	104,9
MALPARTIDA	TORREORGAZ	0,71	0,76	98,0
TORREORGAZ	CACERES	0,87	0,99	72,5
TORREORGAZ	MALPARTIDA	0,71	0,95	61,0

Para la estación de Cáceres la precipitación media de, este periodo, se sitúa en 490 mm, mientras que en Malpartida y Torreorgaz se sitúa en 524 y 555 mm respectivamente.

En el plano I-1, se han reflejado las isoyetas representativas de años medios del periodo elegido.

El área ocupada por los carbonatos de El Calerizo se sitúa en las inmediaciones de un "mínimo" de precipitaciones, el cual puede cifrarse en unos 500 mm/año.

Las precipitaciones extremas para estas estaciones no superan un 50% de las precipitaciones medias, estando comprendidas entre un mínimo de 261 mm del año 53/54 de la

Cuadro nº 3: PRECIPITACIONES ANUALES EN EL CONJUNTO DE ESTACIONES
(valores en mm)

AÑO CLIMATICO

ESTACION	51/52	52/53	53/54	54/55	55/56	56/57	57/58	58/59	59/60	60/61	61/62	62/63	63/64	64/65	65/66	66/67	67/68	68/69
CACERES	6,3	286	261	483	624	343	311	508	610	539	483	577	699	340	693	446	412	597
MALPARTIDA	807	381	355	497	756	458	366	556	627	600	637	705	829	421	644	429	468	737
TORREORGAZ	759	289	303	490	723	452	349	576	681	538	618	890	823	435	748	547	494	658

ESTACION	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	MEDIA
CACERES	533	400	393	521	346	377	414	605	647	711	439	276	448	340	740	692	447	490
MALPARTIDA	602	492	409	417	347	350	411	547	602	582	381	341	436	387	682	605	487	524
TORREORGAZ	748	483	496	537	452	412	513	679	814	739	489	336	382	366	666	562	516	555

19

estación de Cáceres y un máximo de 829 mm del año 63/64 de la estación de Malpartida.

La distribución hiperanual de las precipitaciones puede observarse en la figura I-1, en la que se representa las desviaciones acumuladas sobre la precipitación media de la estación de Cáceres, en el periodo 1.931/32 a 1.987/88.

En él se describen dos ciclos húmedos, con máximos en 1.942/43 y 1.969/70 y otros de secos con mínimos en 1.957/58 y 1.975/76, con cadencia de 12-15 años entre cada uno.

La distribución mensual de las precipitaciones es bastante uniforme entre los meses de Octubre a Mayo con valores comprendidos entre 40 y 65 mm, registrándose el máximo en Diciembre con el 13% de las lluvias anuales.

1.1.3.- Temperaturas

De los tres observatorios tratados tan sólo el de Cáceres presenta serie termométrica, la cual está completa en el periodo de trabajo (1.951/52 - 1.985/86).

Las medias mensuales son las siguientes:

Cuadro nº 4: TEMPERATURAS MEDIAS DEL OBSERVATORIO DE CACERES
(en °C)

O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	N	S	EDIA
17,1	11,7	8,4	8	9	11,2	13,6	17,3	21,8	25,6	25,3	22,4	15,9

Figura.- I-1 DESVIACIONES ACUMULADAS DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES DE LA ESTACION METEOROLOGICA DE CACERES

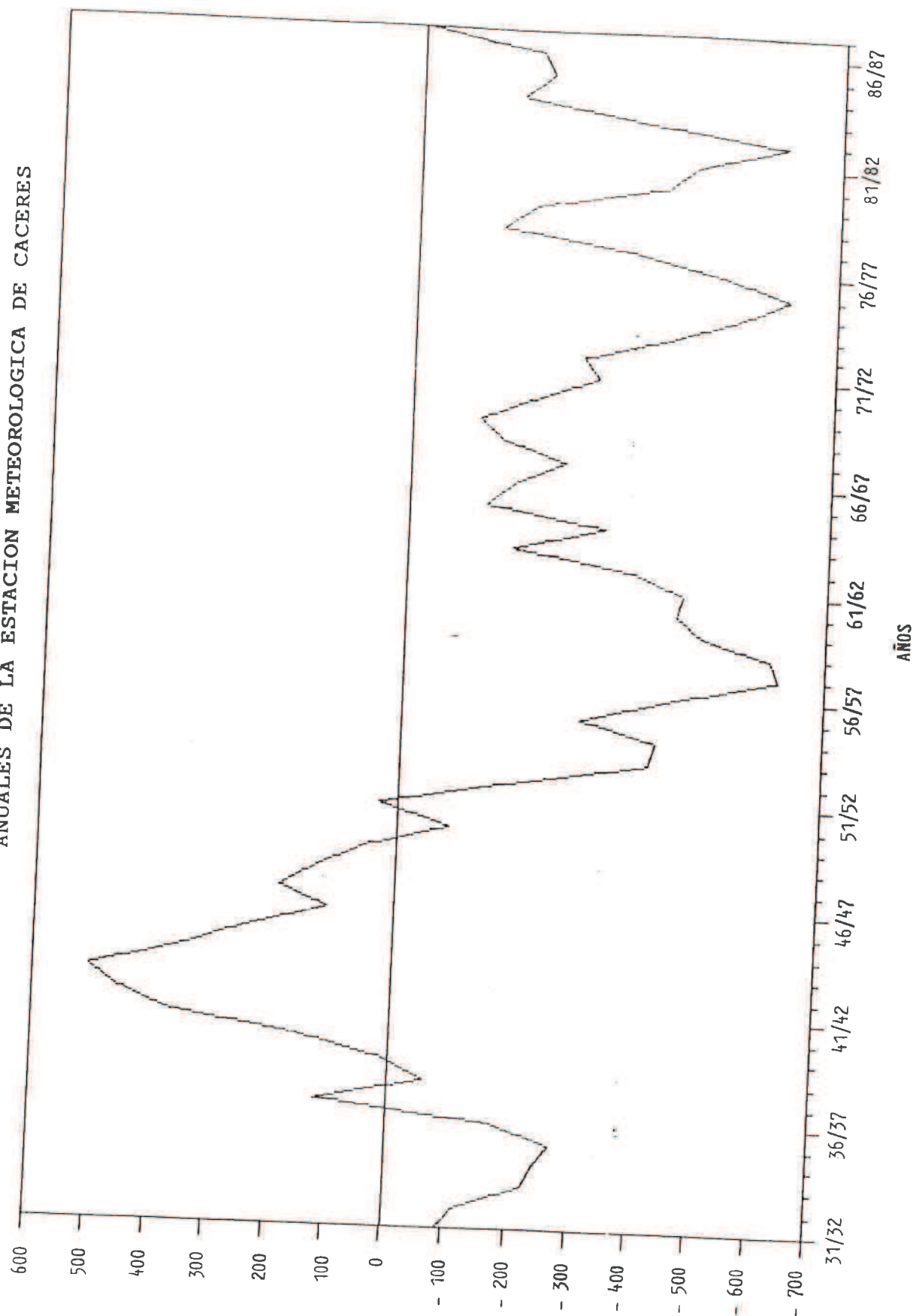
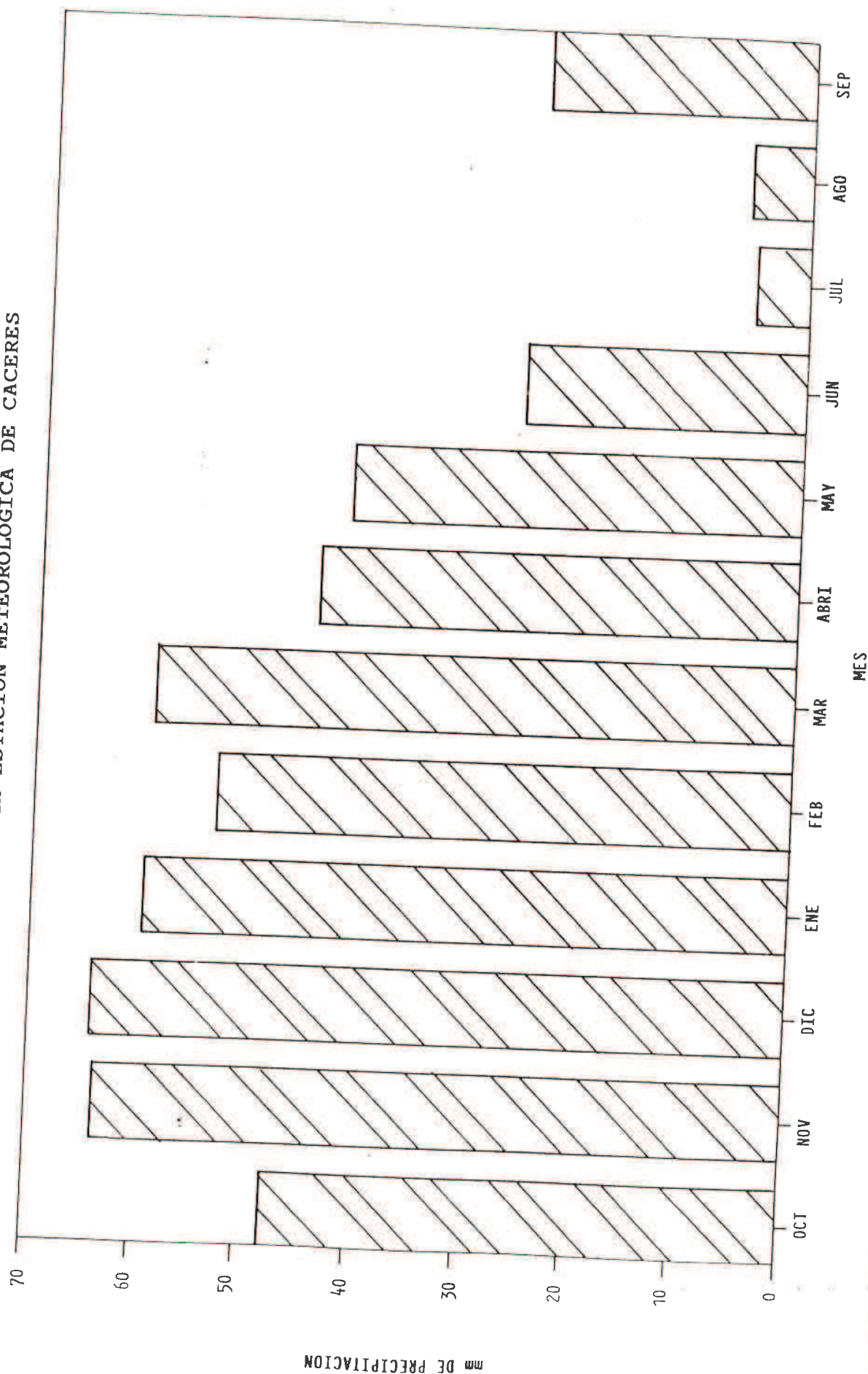


Figura.- I-2 DISTRIBUCION MENSUAL DE LAS PRECIPITACIONES
DE LA ESTACION METEOROLOGICA DE CACERES



La temperatura media anual es de $15,90^{\circ}$. Durante los meses invernales la temperatura es baja, pero no extrema, no siendo corrientes las heladas intensas. El mes más frío es Enero, con 8° de temperatura media.

El verano es caluroso, superando con frecuencia los 35° de máxima durante los meses de Julio y Agosto. Estadísticamente el mes más cálido es Julio con una temperatura media de $25,6^{\circ}$.

1.1.4. - Lluvia Útil

La lluvia útil del área se ha calculado a partir del balance hídrico mensual de Thornthwaite. Para ello ha sido necesario deducir la evapotranspiración potencial (ETP) y real (ETR).

En el Apéndice 1 se muestran los valores de ETP mensual, calculados para la estación termométrica de Cáceres.

El valor medio anual es de 841 mm.

Para la obtención de la ETR, hay que considerar la reserva de humedad del suelo, o reserva útil (RU), utilizable por las plantas, la cual se asigna a tanteo. En macizos carbonatados con lapiaz desarrollado y relleno de arcillas de descalcificación, se suele dar una $RU = 25$ mm, mientras que en terrenos arcillosos o pizarrosos puede estar comprendida entre 50 y 100 mm.

En la zona de proyecto se ha realizado el balance de Thornthwaite, mes a mes, para cada una de las estaciones pluviométricas, con RU de 25, 50 y 100 mm.

Los valores de ETR y lluvia útil deducidos se muestran en cuadros adjuntos.

Como valor de LL.U. sobre el área de El Calerizo se van a tomar los deducidos en el observatorio de Cáceres a causa de su proximidad geográfica.

Cuadro nº 5: ETR y LL.U. ANUAL DEDUCIDOS PARA DIVERSOS VALORES DE R.U. (mm)

ESTACION	PRECIPITACION MEDIA	RU					
		25 mm		50 mm		100 mm	
		ETR	LL.V.	ETR	LL.V.	ETR	LL.V.
Cáceres	490	292	198	317	173	362	128
Malpartida	524	295	229	322	202	372	152
Torreorgaz	559	297	262	323	236	372	187

Cuadro nº 6: VALORES MEDIOS MENSUALES DE LA LL.U. (mm)

ESTACION	D	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	R.U. (mm)
Cáceres	9	30	45	40	40	24	9	1	0	0	0	0	25
Malpartida	8	37	50	50	43	27	11	2	0	0	0	0	
Torreorgaz	12	40	54	55	52	31	12	4	0	0	0	0	
Cáceres	5	20	40	37	39	23	7	1	0	0	0	0	50
Malpartida	4	26	45	46	43	47	11	1	0	0	0	0	
Torreorgaz	8	30	50	52	51	30	11	3	0	0	0	0	
Cáceres	1	8	28	30	33	20	7	1	0	0	0	0	100
Malpartida	1	12	29	37	39	25	9	1	0	0	0	0	
Torreorgaz	3	14	37	44	49	28	10	3	0	0	0	0	

Su valor oscila entre 128 y 198 mm/año, en función de la R.U. considerada.

El volúmen anual de aportes "utiles" por km² de afloramiento serían los siguientes:

Cuadro nº 7: APORTACIONES HIDRICAS "UTILES" SOBRE EL CALERIZO
(Hm³ por km² de afloramiento)

	R. U.	
25	50	100
0,198	0,173	0,128

1.2 GEOLOGIA

Se han cubierto aproximadamente 50 km² en los alrededores del área del Proyecto, con cartografía geológica a escala 1:20.000. Esta se encuentra reflejada en el plano I-2.

Los materiales presentes son en su mayor parte de edad Paleozoico, además de algunos materiales más recientes en forma de recubrimientos (Mioceno-Plioceno-Cuaternario).

A continuación se hace una descripción de los materiales y de las estructuras principales.

1.2.1. - Estratigrafía

El Paleozoico comprende desde el Ordovícico Inferior (Arenigiense) hasta el Carbonífero Inferior. Las series son fundamentalmente detríticas al comienzo, constituidas por areniscas y pizarras, para terminar con depósitos menos energéticos de calizas y pizarras.

Estas series no parecen estar completas, o al menos no están tan bien representadas como en otros sectores de la Zona Centroibérica. Ello parece debido a la existencia de una cuenca restringida, con ciertas características propias, correspondiente de forma aproximada con el "Sinclinal de Cáceres".

Los recubrimientos terciarios y cuaternarios son depósitos detríticos continentales, que se disponen subhorizontalmente, en discordancia angular y erosiva sobre los materiales anteriores.

1.2.1.1.- Ordovícico

- Cuarcitas con intercalaciones de areniscas y pasadas pizarrosas

Estos materiales constituyen la típica "Cuarcita Armoricana". Forman una secuencia fundamentalmente cuarcítica, en bancos de orden métrico y paquetes decamétricos, con intercalaciones de areniscas y algunas pasadas de pizarras groseras.

Morfológicamente, los afloramientos ofrecen grandes resaltes del terreno, que en el flanco Norte del "Sinclinal de Cáceres" son continuos, mientras que en el flanco Sur quedan limitados hacia el Oeste por el granito.

Los contactos de estas cuarcitas son desiguales a muro y techo. A muro, el contacto es discordante con pizarras y grauvacas asignadas al Precámbrico; este contacto está, por lo general, recubierto con depósitos de pie de monte, por lo que es difícil de apreciar. A techo, el contacto es gradual con alternancias de pizarras y areniscas.

Los bancos cuarcíticos presentan frecuentes estructuras sedimentarias como laminaciones cruzadas, "ripples marks", estratificación graduada, etc., y también es frecuente la presencia de pistas de scolithus y crucianas, típicas de estos materiales. Estos depósitos se consideran originados por barras litorales progradantes, que reflejan los primeros estadios de la transgresión paleozoica.

La edad es Ordovícico Inferior (Arenigiense).

- Alternancias de pizarras y areniscas (Capas Pochico)

Constituyen una sucesión alternante de pizarras y areniscas, con algunos bancos de cuarcitas impuras. Son de colores claros, grises y rosados.

La base es más areniscosa, y hacia el techo predominan pizarras oscuras, casi negras. Algunos tramos más claros son muy sericíticos, mientras que otros rojizos son ricos en hematites.

Asociada a los niveles inferiores se encuentra la mina de Valdeflores.

Es frecuente la presencia de laminaciones cruzadas y bioturbaciones.

La potencia es variable de unos puntos a otros; como media puede considerarse 300 metros.

Aunque la mayor parte de estos materiales parecen corresponder a las alternancias del Ordovícico Inferior (Arenigiense-Llanvirniense), conocidas en la literatura geológica como Alternancias ó Capas Pochico, también parecen incluirse aquí niveles pizarrosos superiores (Llanvirniense-Llandeiloense), e incluso posibles alternancias superiores de edad Caradociense.

La muestra CC-6, situada entre la Sierra de Portanchito y el Cerro del Milaño, correspondiente a una pizarra hematítica, tiene restos de trilobites silicificados, algunos de ellos parecen ser de "Illaenidae", que aunque con una distribución en edad más amplia, regionalmente se suelen encontrar en la parte alta del Arenigiense.

1.2.1.2.- Silúrico-Devónico

El Silúrico comienza con bancos de cuarcitas masivas, sobre las que reposan niveles de pizarras con intercalaciones cuarcíticas, que pueden llegar a ser de edad Devónico.

- Cuarcitas (Cuarcita de Criadero)

Se trata de cuarcitas grises, a veces bastante oscuras, en bancos masivos de orden métrico, y localmente en alternancia con niveles areniscosos, o cuarcíticos, impuros.

Los espesores máximos de estas rocas se localizan en la Sierra de Portanchito, y en el borde SE del plano. Estos engrosamientos están asociados a repeticiones debidas a pliegues menores, y en el primer caso también a la existencia de cabalgamientos. En la esquina noroccidental del plano son cuarcitas oscuras con presencia de pintas diseminadas de sulfuros, con espesores de 50 m. Su edad es Llandorviense Inferior.

Estos materiales, a escala regional, son conocidos como "cuarcitas de criadero", por ser donde encajan las mineralizaciones de cinabrio de Almadén.

- Pizarras y cuarcitas

Sobre las cuarcitas se sitúan pizarras ampelíticas negras con fauna de graptolites. El contacto entre ambos materiales es difícil de apreciar, debido a la existencia de recubrimientos; por otra parte, este contacto, sobre todo en el flanco Norte del Sinclinal, se encuentra fallado (cabalgamiento) y solo muy localmente quedan preservadas las pizarras negras contra la fractura. De hecho, sólo han podido apreciarse de forma clara, con su fauna típica de graptolites, en la esquina Noroeste del plano, próximo al casco urbano de

Cáceres. En los sectores donde aflora la secuencia completa alcanzan los 200 m de espesor.

El grueso de materiales englobados en este término son pizarras groseras y niveles cuarcíticos intercalados, de tonos grises o algo rojizos, que no se puede concretar si pertenecen al Silúrico o al Devónico.

1.2.1.3.- Devónico

Los materiales devónicos consisten, fundamentalmente, al igual que el Ordovícico y Silúrico, en series alternantes con cuarcitas y pizarras, pero en este caso, además, con intercalaciones de rocas volcánicas ácidas.

- Cuarcitas y pizarras

Se trata de bancos masivos de cuarcitas grises acarameladas, que constituyen un nivel continuo en el flanco Sur del Sinclinal, pero que en el flanco Norte y cierres oriental y occidental quedan como lentejones en la serie de pizarras.

La potencia del tramo es de 200 m, quedando los niveles de cuarcita con 50 m.

- Volcanitas ácidas

Son rocas eruptivas de composición riolítica, y tuffecuarzo andesítico y brechas volcánicas, formadas por fenocristales de cuarzo, a menudo con golfos de corrosión, feldespato potásico y plagioclasas (albita-oligoclasa), en una matriz microcristalina de igual composición, con abundante sericita; como componentes minoritarios presentan ortoclasa y esfena. Existe gran variedad en cuanto al tamaño de los

clastos; algunas de estas rocas parecen granudas mientras que otras tienen aspecto pizarroso.

Afloran irregularmente distribuidas en ambos flancos del Sinclinal, intercaladas entre niveles de pizarras y cuarcitas, llegando a contactar directamente con las calizas, sobre todo al Sur de Aldea Moret.

La potencia de estas rocas es de 200 a 220 m.

- Pizarras con lentejones cuarcíticos

A techo de las volcanitas, o sobre paquetes de cuarcitas, se sitúa una serie monótona alternante de pizarras con lentejones o niveles cuarcíticos. Los tonos son característicos gris-rojizos-asalmonados. Los lentejones o niveles cuarcíticos predominan hacia la base, y son de espesor centimétrico a uno o varios decímetros.

1.2.1.4.- Devónico Superior-Carbonífero
Inferior

- Dolomías

Las rocas carbonatadas están presentes en todo el sinclinal, con variaciones espectaculares de espesor según los puntos, que no siempre responden a variaciones de potencia, ya que la mayoría de las veces se deben al efecto del plegamiento que repite la serie; como promedio se estima una potencia de 200 m.

El término litológico más común responde a dolomías, en transición con calizas dolomíticas, de diversos tonos grises, crema, bandeadas, etc. Los niveles de base suelen presentar intercalaciones pizarrosas, en la que parece

ser una transición con el término infrayacente, mientras que los niveles del techo presentan abundante fauna de crinoides.

Es frecuente observar huecos centimétricos de morfología alargada y paralela a la estratificación, que parecen estar asociados a procesos de dolomitización.

Irregularmente repartidos se encuentran enclaves de calizas grises parcialmente dolomitizadas, normalmente de pequeño tamaño.

1.2.1.5.- Carbonífero Inferior

- Pizarras

Constituyen el término superior de la serie paleozoica, ocupando el núcleo del Sinclinal de Cáceres.

Son pizarras grises y negras, con frecuentes tonos azulado-verdosos, de grano fino, localmente con influencia volcánica en su base (polvos volcánicos).

La potencia de esta formación se estima en unos 500 m.

En los niveles basales (junto a la muestra CC-3) se han encontrado fósiles, que han sido clasificados como órtidos (Squisophonia), productáceos y corales (Cyathaxonia) que parecen corresponder, con mayor probabilidad al Carbonífero Inferior (Viseiense), sin descartar el Devónico Superior.

1.2.1.6.- Mioceno-Plioceno

- Arcillas y gravas

Se trata de depósitos subhorizontales de 3 a 6 metros de espesor formados por cantos, generalmente centimétricos y de naturaleza cuarcítica, en una matriz arcilloso-limosa, rojiza o amarillenta.

Esta arcilla amarillenta se ha encontrado rellenando huecos kársticos profundos.

1.2.1.7.- Cuaternario

Está representado por depósitos recientes de tres tipos:

- pie de monte: cantos cuarcíticos con poca matriz arcilloso-arenosa, que se disponen bordeando los relieves con afloramientos de cuarcitas.
- aluvial: gravas, arenas y arcillas, localizadas en el lecho de los ríos y arroyos principales.
- arcillas de descalcificación: arcillas rojizas procedentes de la disolución de calizas y precipitación de las impurezas arcillosas; se sitúan rellenando formas kársticas, ocupando las mayores extensiones en los fondos de las dolinas.

Estos tres tipos de depósitos tienen espesores reducidos de varios metros.

1.2.2.- Rocas Igneas

Además de las rocas volcánicas, tratadas en Estratigrafía, existen rocas intrusivas (granitos) y diques de

cuarzo asociados, así como rocas afectadas por metamorfismo de contacto debido al efecto térmico de estas intrusiones.

- Granito

Rocas intrusivas de composición ácida que afloran en el borde oriental del plano (al Sur del Cerro del Milano), y en el borde occidental, incluyendo varias apófisis al NE del Cerro Romanos.

En el primer enclave, el granito está afectado por un proceso de cloritización muy generalizado y además se encuentra tectonizado.

El segundo forma parte del macizo de Araya y es claramente de carácter postectónico.

- Diques de Cuarzo

Los principales están situados en la terminación occidental del granito al S del Cerro del Milano, y parecen corresponder al relleno y sustitución en fracturas, de segregaciones hidrotermales ricas en sílice.

En la zona de Aldea Moret estos diques presentan también fosfatos, los cuales han sido explotados en varias minas.

- Metamorfismo de contacto

Los cuerpos graníticos producen aureola de metamorfismo térmico en las rocas encajantes, variable según la litología y de las dimensiones de la intrusión, pero que por lo general varían entre el centenar de metros y el kilómetro de espesor.

Aparte de un cambio textural en las rocas afectadas por este metamorfismo, también se ha producido la formación de nuevos minerales en pequeños agregados o nódulos (mosqueado).

1.2.3.- Estructura

Los materiales de edad Paleozóico se encuentran afectados por dos fases principales de plegamiento, mientras que los terciarios-cuaternarios no están deformados. La primera fase de deformación ha producido pliegues muy apretados, casi isoclinales, con una esquistosidad asociada que es la más patente en la región. A favor de esta fase parecen existir cabalgamientos paralelos a las capas, difíciles de detectar en el campo, que pueden laminar secuencias y, en gran medida son los causantes de los cambios bruscos de potencia observados en distintos cortes. Por observaciones de estructuras menores se deduce que la vergencia original de esta fase es al Norte.

La segunda fase es de pliegues casi cilíndricos, de plano axial vertical o ligeramente volcados al Sur, con algunas fallas inversas asociadas, que corresponden a los últimos estadios de estos pliegues, y una esquistosidad de fractura o crenulación más o menos espaciada según las distintas litologías. Esta fase es la responsable de las estructuras que se observan normalmente en el terreno y de la estructura mayor del Sinclinal de Cáceres.

Este sinclinal está deformado en una tercera fase, que se muestra en el campo con pliegues, que es la responsable de inferir una clara vergencia al Sur a todas las estructuras.

En conjunto, las dos fases producen una estructura compleja de pliegues plegados, como la observada en los cortes geológicos que acompañan la cartografía, pero que debe ser mucho más complicada en detalle, por el efecto de

superposición de pliegues menores de ambas fases, difíciles de interpretar en profundidad o en zonas cubiertas por suelos. También debe complicar aún más la estructura en detalle, los posibles cabalgamientos asociados a la primera fase de plegamiento resultan difíciles de detectar.

1.2.4. Fracturación. Análisis de las imágenes del satélite Landsat

En el plano I-3 se recogen las lineaciones observadas en las imágenes del satélite Landsat, ampliado a escala 1:33.000, que corresponden, básicamente, a fracturas.

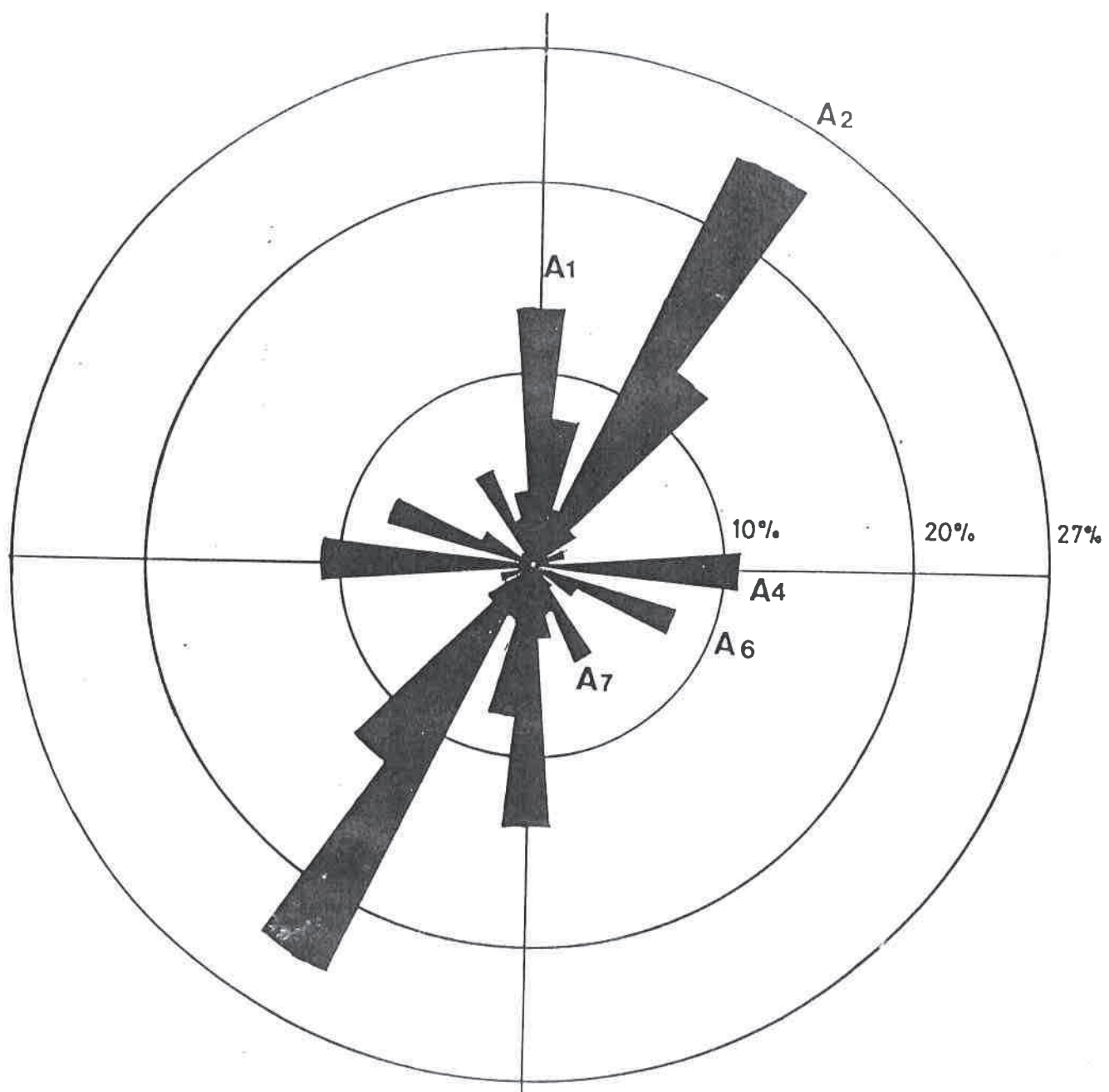
En ella se pueden distinguir dos grandes grupos de lineaciones, según sean subparalelas a la estructura principal de la zona, Sinclinal de Cáceres, o bien oblicuas.

Las paralelas no se marcan con nitidez y, de hecho, en el campo son muy difíciles de detectar, al ser de dirección concordante con las capas. Sin embargo, son muy ostensibles las laminaciones que produce en la secuencia de rocas, que se traduce en importantes cambios en la potencia cartográfica de los tramos litológicos afectados por la fractura.

Las fracturas transversales al Sinclinal de Cáceres sí se observan claramente, lo que ha permitido su tratamiento estadístico. En la figura I-3 se muestra un diagrama de frecuencia de rumbos de alineaciones regionales. En ella se ha podido distinguir hasta siete familias, entre las que destaca, por su frecuencia, las de dirección N 30 E, seguidas por las de dirección N 40 E y N-S.

Las fracturas de dirección N 30 - 40 E apenas si producen desplazamientos en los contactos que secciona; no son fácilmente identificables en campo, a no ser por los filones de cuarzo-fosforita que en ellos encaja. Estos filones

DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE RUMBOS DE
 ALINEACIONES REGIONALES OBSERVADA EN
LAS IMAGENES DEL SATELITE "LANDSAT"



fueron explotados en Aldea Moret en minas de interior, hasta tiempos relativamente recientes.

La fracturación N-S es más espaciada y condiciona algunos contactos litológicos. Una de las fracturas más ostensibles limita el afloramiento dolomítico por el Oeste y otra alinea un brusco giro de los contactos en las cercanías de Charca Musia, con el curso del arroyo del Concejo y con el manantial El Marco, que es la principal surgencia de la zona.

La representación de las concentraciones catiónicas y aniónicas en un diagrama de Piper (Figura I-4), muestra claramente la existencia de dos familias de aguas con las facies anteriormente mencionadas, existiendo entre ellas una cierta alineación, que podría indicar fenómenos de mezcla de aguas.

Las aguas que proceden del acuífero kárstico contienen nitritos en todas las muestras analizadas y además, en alguna de ellas los nitratos alcanzan concentraciones notables (fig. I-5).

La presencia de nitritos sería indicativo de una contaminación de tipo orgánico. Pueden proceder de fugas de la red de saneamiento de Cáceres y/o de vertidos incontrolados que se realizan en pozos mineros de la zona.

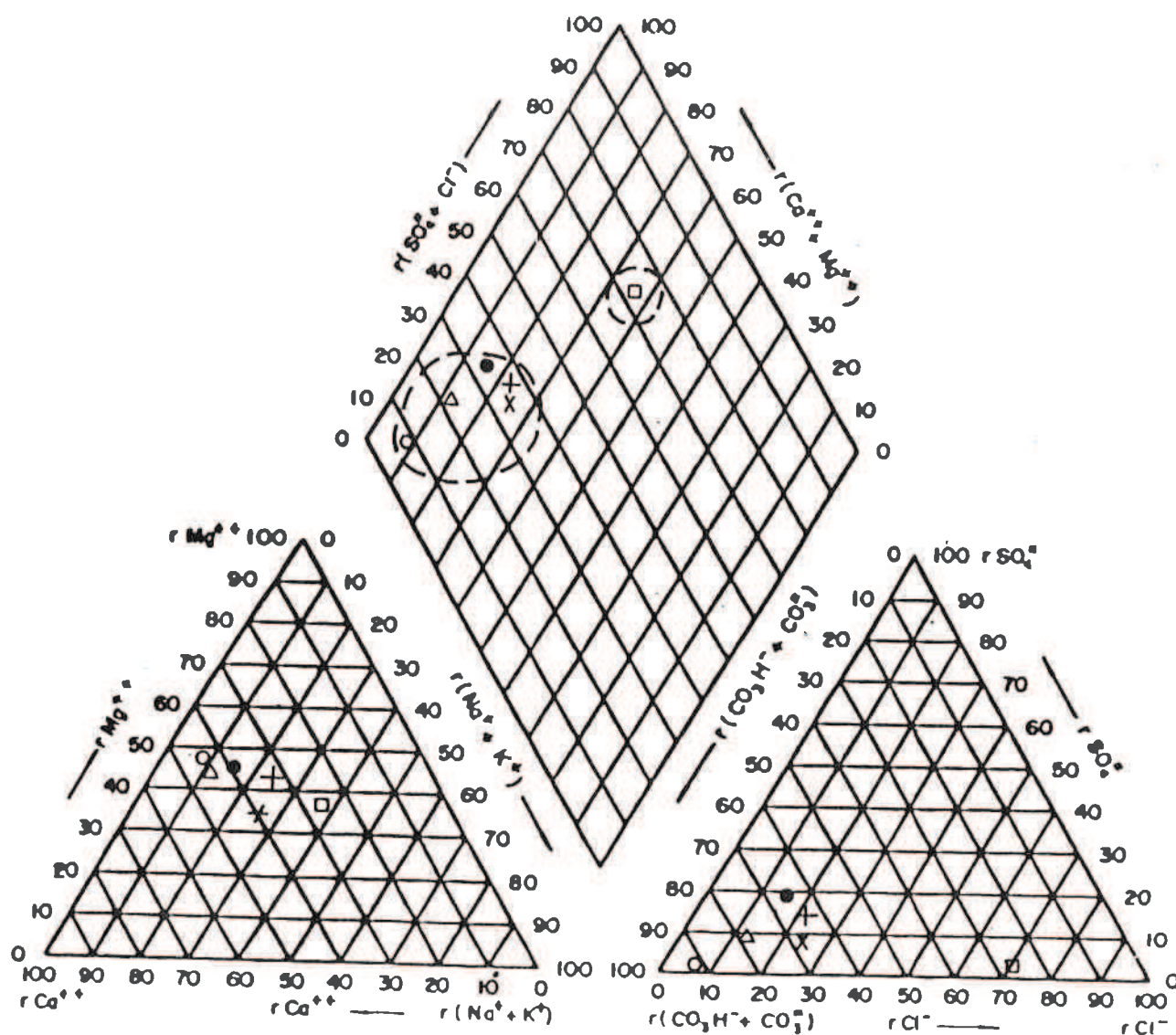
El agua procedente de la captación de pizarras se clasificaría como sanitariamente permisible al no exceder las concentraciones salinas los niveles establecidos, excepto el magnesio, que lo hace en una pequeña fracción.

1.3.5.- Esquema de funcionamiento hidráulico

Los carbonatos de El Calerizo están confinados a techo y muro por materiales de baja permeabilidad por lo que se puede considerar desconectado hidráulicamente de otros acuíferos.

En estas condiciones su alimentación procederá de la infiltración directa de las precipitaciones sobre los 14 km² de extensión del acuífero, y de la percolación de agua desde los cauces que lo atraviesan.

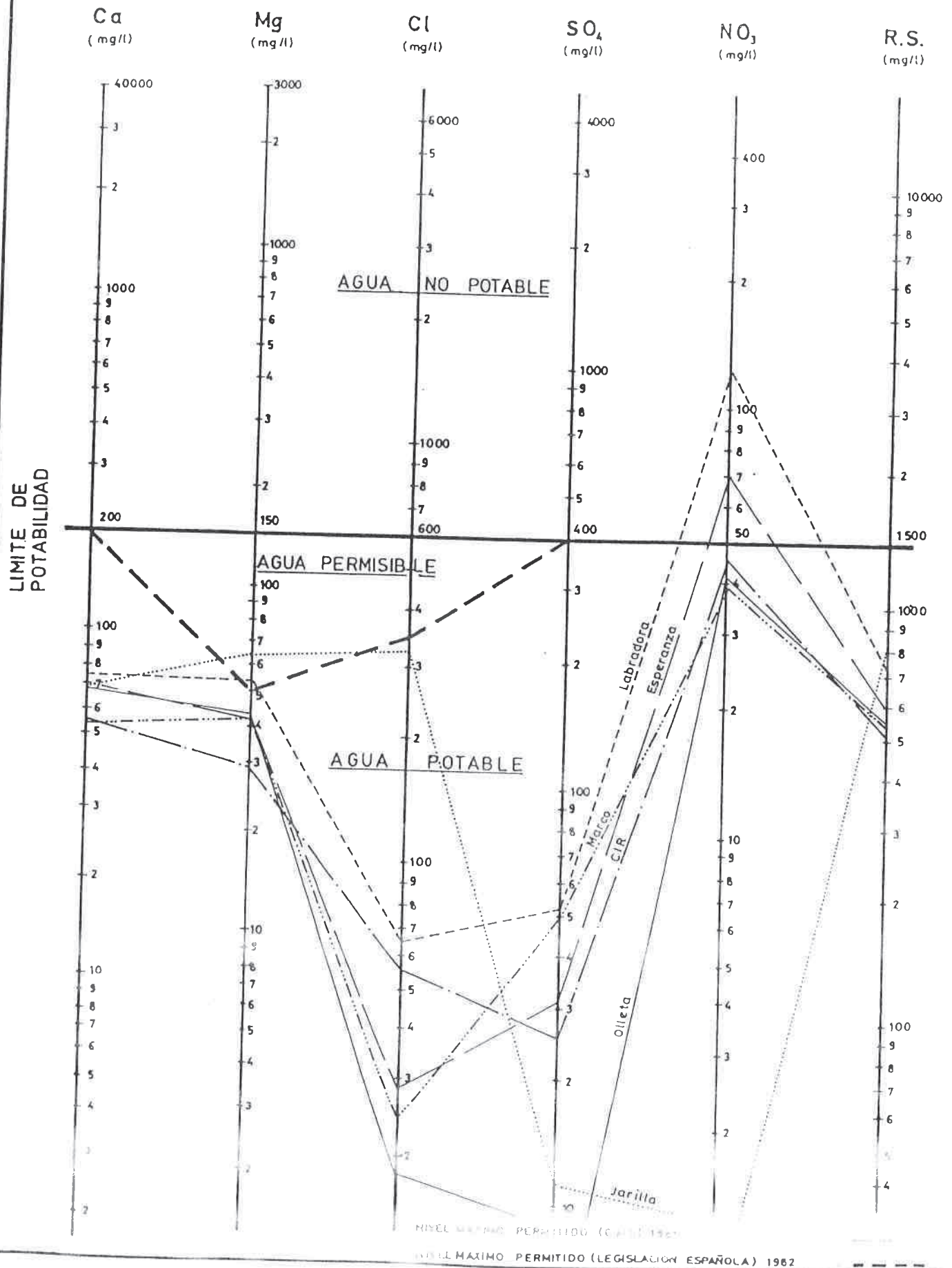
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER.



Puntos de agua		
Símbolo	Denominación	nº inventario
○	Olleta.	8
+	Labradora	17
X	CIR	13
△	Esmeralda	5
●	Marco	7
□	Jarilla	9

DIAGRAMA DE POTABILIDAD QUIMICA

Fig. 1-5



A este respecto cabe indicar que sobre el acuífero discurren diversos arroyos, orientados preferentemente en sentido radial, que drenan la escorrentía de las pizarras carboníferas del núcleo del sinclinal, la ladera meridional de Sierra del Portanchito y la ladera septentrional del Puerto de las Camelias, sumando el total 16 Km² de superficie vertiente.

En consecuencia, los carbonatos de El Calerizo pueden llegar a alimentarse de los recursos hídricos correspondientes a una extensión de unos 30 km².

Una vez que el agua se encuentra en el seno de la roca y alcanza el nivel piezométrico, se vé sometida a un flujo subterráneo cuyo sentido es variable según el sector del acuífero que se trate.

En todo el flanco septentrional del afloramiento dolomítico el flujo de agua se realiza preferentemente hacia el Noroeste, en dirección a la surgencia de El Marco, mientras que en el borde occidental y parte del meridional el flujo adquiere una directriz Sureste, hacia el pozo de la Mina La Esmeralda. En el resto de afloramiento el flujo se dirige hacia Fuente Arropez.

1.3.6.- Parámetros hidrogeológicos

Los datos sobre parámetros hidráulicos del acuífero proceden en su mayor parte de ensayos de bombeo realizados por el S.G.O.P. En ellos se determinaron unas transmisividades comprendidas entre 136 y 1.920 m²/día, ($1,8 \times 10^{-3}$ y $2,2 \times 10^{-2}$ m²/s) y coeficientes de almacenamientos entre $3,9 \times 10^{-3}$ y $6,9 \times 10^{-2}$, lo que indica unas excelentes características de cara a rendimientos de obras de captación.

A partir del control de caudales del manantial El Marco que realizó el MOPU en el año 1.945/47, como fase previa a su regulación por sondeos, se ha realizado su curva de vaciado (fig. I-6). En ella se define claramente una recta a la cual se ajustan los caudales aforados durante la primavera y verano. De ella se han deducido los siguientes parámetros:

- Q medio aforado $= 59,8 \text{ l/s}$
- Coeficiente de agotamiento $\alpha = 6,6 \times 10^{-3} \text{ días}^{-1}$
- Volumen de agua almacenado en el acuífero por encima de la cota de surgencia al comenzar el vaciado $= 2,042 \text{ Hm}^3$

La ecuación utilizada es: $Q = Q_0 e^{-\alpha t}$

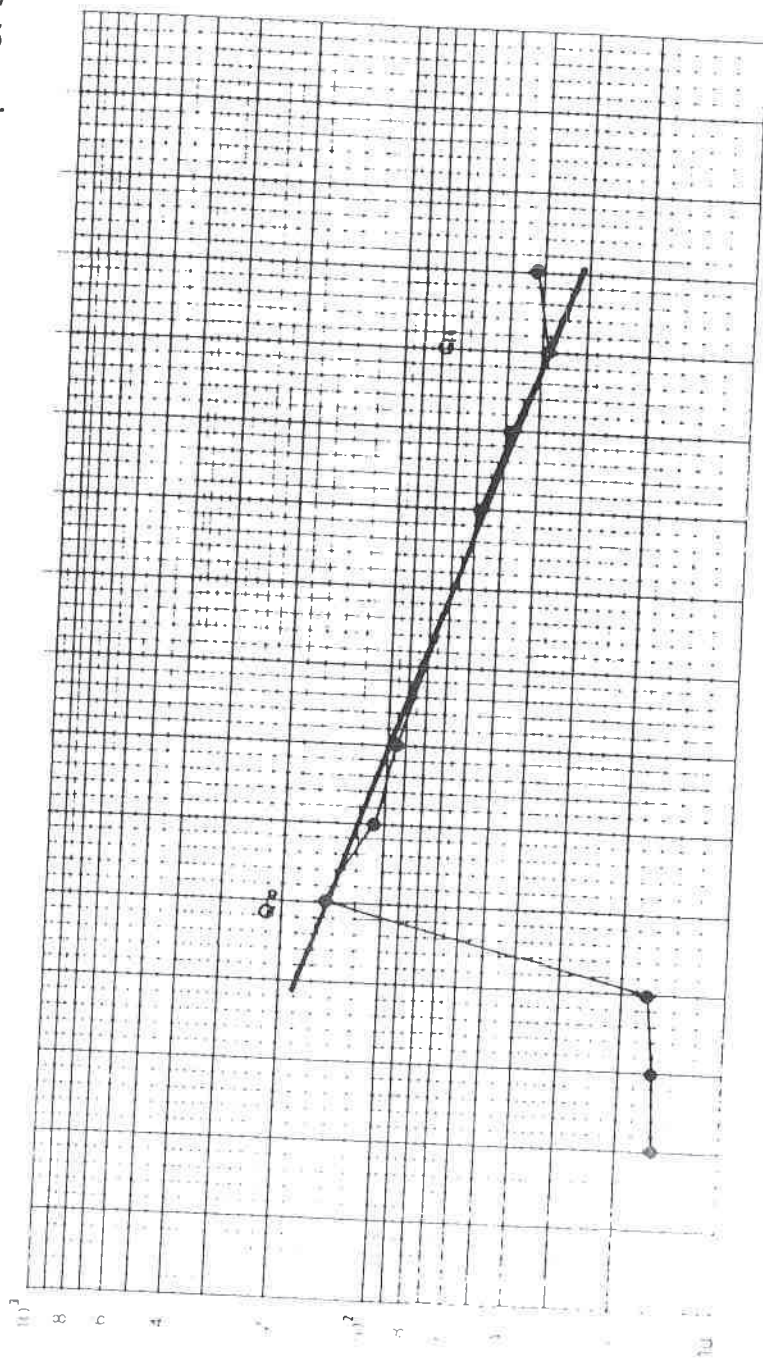
En esta gráfica también se puede deducir que precipitaciones mensuales de hasta 30-40 mm tienen poca incidencia en el comportamiento de la surgencia.

1.3.7.- Quantificación de recursos. Balance

Como anteriormente se comentó, las entradas de agua al acuífero se realizan por infiltración directa de las precipitaciones sobre los afloramientos permeables y por percolación de aguas superficiales desde los cauces que lo atraviesan.

Para la cuantificación de las entradas se ha partido de los datos suministrados por el estudio climatológico. Con ellos se deduce que los aportes hídricos "útiles" sobre el acuífero, teniendo en cuenta una superficie de afloramiento de 14 km^2 y una capacidad de campo de 25 mm,

HIDROGRAMA DEL MANANTIAL EL MARCO (Aforos realizados por el S.G.O.P)



$$Q_0 = 156 \text{ l/seg.}$$

$$Q_1 = 39$$

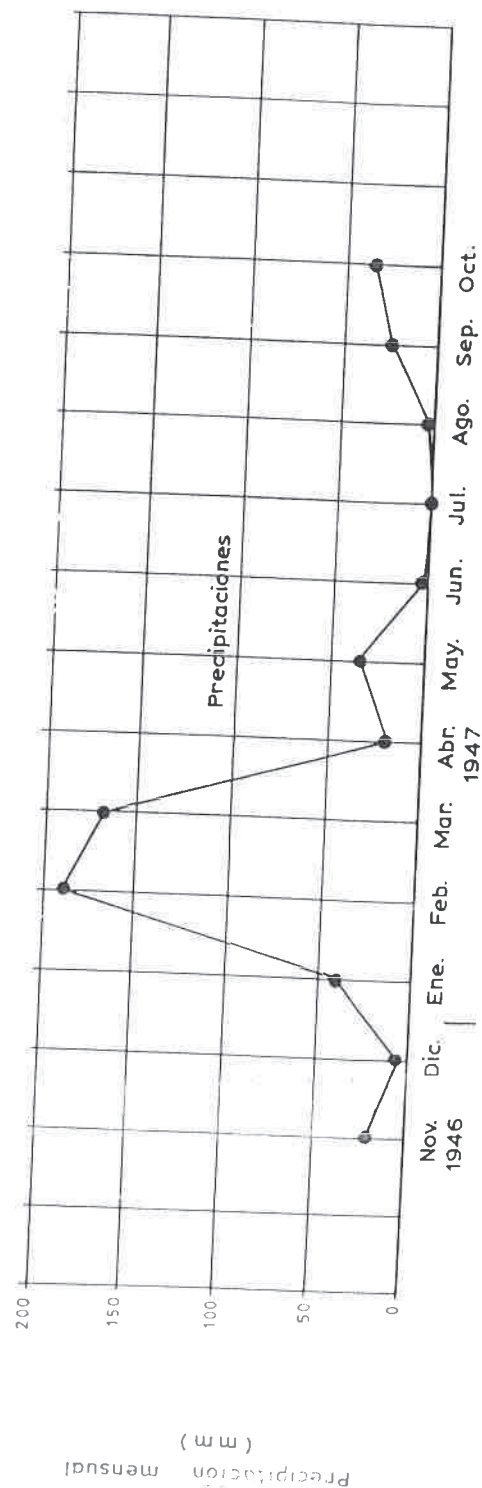
$$t = 210 \text{ días (7 meses)}$$

$$\alpha = \frac{\ln Q_1 - \ln Q_0}{t} = 6'6 \cdot 10^{-3} \text{ días}$$

$$V = \frac{Q_0}{\alpha} = 2'042 \text{ Hm}^3$$

$$\bar{Q} = 59'8 \text{ l/seg.}$$

$$V = \text{vaciado desde } Q_0 \text{ } 1'49 \text{ Hm}^3$$



suponen unos $2,77 \text{ Hm}^3/\text{año}$, equivalente al 39,7% de las precipitaciones medias. Se supone que la práctica totalidad de este volumen se infiltraría, dadas las condiciones topográficas del acuífero.

La cuenca superficial cuya escorrentía pasa sobre el acuífero es de 16 km^2 y está ocupada esencialmente por pizarras. Si estimamos una capacidad de campo de 100 mm , la lluvia útil, que en este caso se traduciría en escorrentía superficial, sería de $1,92 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Determinar el volumen que percola al acuífero desde los cauces, sin datos experimentales, es arriesgado. No obstante, para este caso, pueden suponerse cantidades pequeñas ya que los principales cauces atraviesan el acuífero en las inmediaciones de las áreas de descarga (El Marco, Santa Ana, Arropez), donde el nivel piezométrico está muy próximo a la superficie, lo que dificulta el proceso de percolación del agua.

Por consiguiente, las entradas al acuífero pueden estimarse en $2,7 \text{ Hm}^3/\text{año}$, o algo más, para años de climatología media.

Las salidas se realizan tanto de forma natural, a través de surgencias, como por bombeos. A partir de los datos del inventario de puntos de agua, las salidas naturales suman, en la fecha de realización del inventario, un caudal de unos 20 l/s , mientras que los bombeos alcanzan un caudal medio anual de 32 l/s . Si se supone que los caudales observados son representativos de la media anual, las salidas alcanzarían un volumen de $1,64 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Como se observará las salidas estimadas son inferiores a las entradas teóricas deducidas de la

climatología; lo cual es lógico si tenemos en cuenta que el invierno del año 1.988-89 ha sido muy seco.

El balance del acuífero se ha podido hacer con mayor precisión para el año 1.946-47, en el que se aforó continuamente el manantial El Marco.

Para este año se midió un caudal medio de 59,8 l/s, a los que habría que añadirle de 6 a 10 l/s de Fuente Santa Ana y Arropez, más 17-23 l/s correspondientes al bombeo desde las minas Abundancia y Esmeralda, destinado al abastecimiento de Cáceres. En total suman un caudal de 79-92 l/s equivalentes a 2,5 - 2,9 Hm³/año.

Como se comprueba esta cifra es equivalente a los recursos calculados por métodos empíricos a partir de las precipitaciones.

En todo caso se confirma que las entradas de recursos al acuífero por percolación desde cauces naturales, son mínimas.

1.4.- GEOMORFOLOGIA

1.4.1.- Descripción fisiográfica

El Calerizo de Cáceres se encuentra en el interior de una estructura sinclinal de forma ovoidal, marcada en sus bordes por fuertes crestones cuarcíticos, que se elevan sobre la extensa penillanura Trujillano-Cacereña.

La altitud del núcleo de esta estructura oscila entre los 450-500 m, en contraste con las cotas más elevadas de las sierras colindantes, coronadas por los 646 m del vértice Portanchito, situado en la sierra del mismo nombre. Otros puntos elevados de la orla cuarcítica son Cerro del Milano, con 644 m de cota, La Alberca de 640 m, y el Cerro Señorino de 580 m.

La red fluvial en este sector adopta una directriz radial con centro en el núcleo de la estructura. El curso de mayor desarrollo, arroyo del Concejo, es el único que presenta escorrentía durante todo el año, gracias a las aportaciones de los manantiales situados en su cabecera (El Marco y San Blas).

El arroyo de Santa Ana también presenta escorrentía continuada, pero por causas antrópicas: recibe los vertidos de la estación de la depuradora de aguas residuales de una instalación militar, así como los desagües de Mina Esmeralda.

En cabecera estos cauces son abiertos y de pendientes pequeñas, pero al atravesar la orla cuarcítica se encajan, y originan vertientes de fuerte pendiente o escarpadas.

1.4.2.- Formas Estructurales

Las diferencias litológicas entre los materiales del núcleo del sinclinal en que se encuentra El Calerizo y los de sus flancos, han condicionado una morfología estructural bien definida.

En el núcleo afloran pizarras y dolomías del Carbonífero, en las que se ha desarrollado un relieve plano y alomado, como resultado del fuerte período erosivo que afectó durante el Neógeno a esta región.

La única forma estructural destacable es la línea de escarpes existente en las inmediaciones de Mina La Esmeralda, posiblemente asociada a una fractura de juego reciente.

En la orla circundante a este núcleo, adquieren especial desarrollo las barras rocosas (hog-back) asociadas a estratos cuarcíticos en posición subvertical, así como crestas rocosas, que en este caso, representan estados iniciales de hog-back, o bien interfluvios agudos.

En las sierras meridionales (Santa Ana, Puerto de las Camelias, etc.) son especialmente frecuentes los escarpes, en relación con niveles cuarcíticos que buzan entre 60 y 30° hacia el Norte. En el techo de estos niveles no han llegado a desarrollarse superficies estructurales de extensión cartografiable.

1.4.3.- Morfología fluvial y torrencial

Los cursos fluviales incluidos en la zona estudiada son de pequeña envergadura y en consecuencia no han desarrollado formas de acumulación importantes.

Los depósitos aluviales se relacionan con los arroyos del Concejo y de la Alberca. En ambos casos corresponden con los lechos de inundación actuales, en los que aún no se han encajado los cursos. Lateralmente enlazan con suelos más o menos removilizados de muy baja pendiente, que son más frecuentes en la cabecera de los arroyos, en relación con pizarras carboníferas.

Los valles son abiertos y solo se encajan, en cierta medida, al atravesar la orla cuarcítica. Sus fondos suelen ser planos y solo en algunas cabeceras adoptan formas en cuna. Puntualmente, en cursos asociados a los principales relieves, hay fondos en uve.

Los depósitos coluviales se desarrollan extensamente en las vertientes de la Sierra del Portanchito, y en la septentrional de la alineación Santa Ana-Arropez. En ambos casos la litología corresponde a cantos angulosos de cuarcita empastados en una escasa matriz arcillosa de tonos rojizos.

En su actual distribución son evidentes los procesos de arroyada difusa, pero no se descarta una participación de la gelifracción como proceso que origina la acumulación de clastos en los afloramientos de cabecera.

1.4.4.- Karst

El afloramiento calcáreo de El Calerizo corresponde en su gran mayoría a dolomías, las cuales son menos susceptibles de karstificación que las calizas propiamente dichas.

Las formas de disolución más frecuentes (lapiaz, dolinas, etc.) están fuertemente influenciadas por planos de

discontinuidad, como son la propia estratificación-esquistosidad y fracturas de dirección N 20-40°E y N 140°E.

La mayor parte del afloramiento está ocupada por un lapiaz, que alcanza distinto grado de desarrollo según sectores. En las áreas somitales de los principales relieves y en laderas, estas formas de disolución están espaciadas; entre ellas hay superficies planas (interfluvios planos) y normalmente su profundidad no excede de 1 m. Por el contrario, en sectores de baja pendiente el lapiaz es denso, los interfluvios suelen ser agudos y su profundidad excede de 1 m. En esta segunda zona se localizan con mayor frecuencia los embudos de disolución, que corresponden a estadios iniciales de dolinas.

Los embudos suelen ser irregulares o redondeados, con diámetros comprendidos entre 2 y 3 m, si bien se llegan excepcionalmente a 5 m (Cerro de La Alberca). Su fondo está ocupado por arcilla de descalcificación, alcanzaría de 1-1,5 m de profundidad, con paredes prácticamente verticales.

Es común encontrar alineaciones de embudos de disolución asociados tanto a fracturas como a planos de estratificación. En el primer caso, siguen predominantemente una directriz N 140°E, mientras que en el segundo, las formas se concentran en las proximidades del contacto litológico entre las dolomías y los recubrimientos de los fondos de las depresiones o valles.

Las arcillas en lo que se puede considerar un karst oculto. Estas, no sólo se localizan en los fondos planos de las dolinas, sino que también tapizan parte de las laderas de suave pendiente, aunque en este caso son muy frecuentes asomos del substrato carbonatado.

En ningún caso los bordes de las dolinas son abruptos, existiendo en ocasiones cierta dificultad para definir sus límites, al no existir un cambio nítido de pendiente entre el fondo y los márgenes.

Esta especial tipología hace pensar en una asociación de fenómenos de disolución química con una fuerte erosión del sector, de manera que no han llegado a progresar formas kársticas que induzcan relieves diferenciales.

En el mapa geomorfológico (plano I-5) se puede observar como las áreas recubiertas de arcillas de descalcificación se ubican preferentemente hacia los tramos de techo de la secuencia carbonatada, y que las formas deprimidas y dolinas, suelen estar alineadas siguiendo la estratificación, en lo que puede ser una gran uvala. Ello puede indicar la existencia de determinados tramos de la serie en los que la karstificación ha progresado en mayor cuantía.

El desarrollo de los fenómenos kársticos bajo la superficie ha podido reconocerse puntualmente en varias canteras y cuevas.

En las canteras es llamativo el aspecto masivo de la mayor parte de los frentes, en los que sólo se reconocen los efectos de la karstificación en los metros superficiales o bien asociados a contados planos de discontinuidad (estratificación y/o fracturas).

Un caso particular corresponde a la cantera próxima al nuevo recinto ferial de Cáceres, la cual se encuentra en uno de los escasos enclaves calizos reconocidos.

En ella el lapiaz penetra hasta 3-5 m de profundidad y de él parten numerosos conductos kársticos, que normalmente están rellenos de arcilla de descalcificación. En

los metros iniciales estos conductos se relacionan con fracturas y son subverticales, mientras que a mayor profundidad pasan a asociarse con los planos de estratificación y a presentar un desarrollo más horizontal.

Este esquema se mantiene hasta los 10-15 m de la superficie, donde se observa un cambio ostensible en el aspecto de los taludes, ya que a partir de esta profundidad son esporádicos los signos de karstificación.

En estos niveles se hace más patente la fracturación regional de dirección N 40°E y a ella se le asocian unas cavidades de desarrollo horizontal y dimensiones métricas, que se encuentran rellenas de arcillas amarillentas, muy similares a las arcillas neógenas que se localizan bajo un recubrimiento reciente en las proximidades de El Marco.

Estos rellenos de cavidades, evidencian una etapa de karstificación antigua, anterior al depósito de los sedimentos neógenos y a la importante etapa de arrasamiento, con la que parecen estar relacionadas las formas kársticas visibles en superficie.

Las cuevas que se han visitado, Maltravieso y El Conejar, tienen un desarrollo esencialmente horizontal, a favor de la intersección entre la superficie de estratificación y planos de fracturas. Los rellenos son de arcillas de descalcificación, observándose localmente ciertas laminaciones, marcadas por lechos o costras carbonatadas, en los que se localizan huesos de pequeños vertebrados. Estas cuevas han desarrollado cámaras de dimensiones métricas, conectadas entre sí por conductos bastantes rectilíneos, de menor tamaño.

Para el caso de la Cueva del Maltravieso la cámara de mayor tamaño presenta unas dimensiones de 10x10x3 m,

teniendo los conductos de conexión entre cámaras unas secciones del orden de 2-3 m².

2. - GEOFISICA

2. - GEOFISICA

2.1. - INTRODUCCION

Los principales problemas constructivos en el sector meridional de Cáceres, están en relación con la existencia de cavidades subterráneas, naturales o mineras, cuya situación es desconocida. Para su detección, se ha planteado una campaña de prospección geofísica, como método de investigación más apropiado.

Esta prospección se ha realizado en tres fases:

- Recopilación bibliográfica de trabajos previos en los que se abordan problemas similares.
- Elección de métodos geofísicos a aplicar y comprobar su efectividad mediante tests sobre cavidades conocidas, como son Mina La Abundancia y Cueva de Maltravieso.
- Aplicación de los métodos elegidos en las zonas de interés e interpretación de resultados.

2.2.- REVISION BIBLIOGRAFICA

La detección de hundimientos, o de las cavidades subterráneas a las que se asocian, mediante métodos geofísicos, no es un tema habitual en las comunicaciones científicas, aunque sí ha recibido un tratamiento especial en los últimos congresos realizados sobre karst y prevención de riesgos en obras civiles.

En las referencias consultadas se ha constatado la utilización con éxito de un gran número de métodos geofísicos, si bien, hasta la fecha, no se ha descrito una metodología sistemática sobre como abordar esta problemática.

Los diferentes métodos tratan de localizar la cavidad subterránea a partir de la variación anómala de un parámetro físico de la roca, originado por su presencia, o bien a través del contraste de propiedades físicas que puedan tener los materiales que, en ocasiones, las rellenan y la roca; como son el agua o las arcillas de descalcificación de los carbonatos (terra rossa).

Dentro del primer grupo se han encontrado trabajos de detección realizados con sismica de reflexión y refracción, microgravimetría, radar y resistividad eléctrica.

Entre los métodos que utilizan las propiedades de los rellenos se encuentran magnetometrías, potencial eléctrico espontáneo, cargabilidad eléctrica, puesta a masa y métodos acústicos.

Los métodos sísmicos, tanto de reflexión como de refracción, determinarían discontinuidades de las capas, o zonas de transmisión nula de las ondas, que podrían interpretarse como cavidades.

En la microgravimetría los huecos subterráneos vienen definidos como anomalías negativas de la gravedad, ya que corresponden con una falta de masa. En los casos de existir rellenos de terra rossa la entidad de la anomalía sería mucho menor.

Con el radar de penetración subterránea (G.P.R.) se consiguen perfiles del terreno a escala reducida, en la que no hacen falta interpretaciones especiales para determinar cavidades o hundimientos, puesto que su geometría queda determinada en los gráficos de salida. Su principal inconveniente es su escasa penetración bajo el nivel de agua y niveles arcillosos.

En los casos en que se utiliza como método de detección la resistividad del terreno, los huecos han dado como respuesta una anomalía positiva o negativa en función de la presencia y de la naturaleza del relleno que puedan tener y de la resistividad de la roca en que encaja la cavidad. El método de mejor resultado es el de calicatas eléctricas.

Mediante la magnetometría se determina la presencia de terra rossa, y más concretamente de los óxidos de hierro que en estas arcillas alcanzan concentraciones notables.

Caso parecido ocurre con la cargabilidad eléctrica, ya que estos rellenos son susceptibles de presentar "efecto membrana" y cargarse eléctricamente al ser sometidos, en cortos intervalos, a campos eléctricos de corriente alterna.

En ensayos en los que se han localizado conductos kársticos con circulación de agua mediante medidas del potencial eléctrico espontáneo, se han utilizado dispositivos estáticos en los que se ha comprobado oscilaciones temporales del potencial, en relación con el caudal de agua circulante.

81

Caso parecido ocurre con los métodos acústicos, en los que se registran las máximas anomalías sobre la traza del conducto con circulación de agua.

Los ensayos de puesta a masa también se han utilizado en casos de conductos con agua. La mayor conductividad eléctrica del fluido, acrecentado con la adicción de sales, hace que se registren anomalías eléctricas sobre las trazas de los principales huecos con agua en su seno.

La mayor parte de las publicaciones consultadas corresponden a test realizados con estos métodos para comprobar su utilidad. En aquellas que tratan específicamente de hundimientos y su problemática, como arma de trabajo para su localización suelen utilizar radar, microgravimetría o métodos sísmicos.

2.3.- TEST METODOLOGICOS

2.3.1.- Selección de métodos

Las discontinuidades que se pretenden localizar corresponden a labores mineras y conductos karsticos, a los que se asocian los colapsos de Aldea Moret y de los múltiples hundimientos de los prados del Espíritu Santo y Charca Musia, respectivamente.

Tanto en el caso de las minas como de los conductos naturales, las cavidades han adquirido un desarrollo fundamentalmente longitudinal y están condicionadas por directrices estructurales: fracturas y estratificación y/o esquistosidad.

52

Con esta disposición los métodos más adecuados para un reconocimiento general, son los diseñados para trabajar en perfiles longitudinales como son los sísmicos, radar y de resistividades eléctricas.

La microgravimetría y los métodos que localizan las cavidades por los rellenos que puedan presentar, serían más indicados para la determinación de anomalías en sectores concretos, ya que como elemento de trabajo utilizan una malla de medidas.

Para la elección del método a utilizar en el reconocimiento general del área de trabajo, se han seguido tres criterios:

- Grado de respuesta ante una cavidad conocida.
- Disponibilidad de los equipos.
- Coste.

A igualdad de resultados en el test de detección de anomalías conocidas, el método más favorable a utilizar en perfiles sería el de resistividades eléctricas, ya que son numerosos los equipos operativos disponibles en el país, seguido de sísmica y del radar.

Este último, además de tener que importar el equipo de Francia o USA presenta el inconveniente de ser poco resolutivo en la zona del Espíritu Santo, donde los niveles de agua están próximos a la superficie.

Para la investigación detallada de las zonas de anomalías que muestre la fase de reconocimiento general, se ha elegido como método de trabajo la microgravimetría.

2.3.2.- Métodos utilizados

Se han realizado para comprobar la validez de los métodos geofísicos a utilizar, para lo que se han trazado diversos perfiles sobre la Mina Abundancia y sobre la Cueva de Maltravieso.

La situación en campo de las labores mineras más superficiales, que son las que van a tratar de detectar, ha sido establecida a partir de los planos de la explotación y de las obras infraestructurales exteriores. Para el caso de la cueva de Maltravieso ha sido necesario establecer su trazado subterráneo mediante el correspondiente levantamiento topográfico (plano II-1), ya que no se conocía la exactitud de los planos preexistentes que se habían realizado con fines arqueológicos (plano II-2).

Siguiendo el orden de métodos a utilizar previamente establecido, los test comenzaron con medidas de resistividad eléctrica, según varios dispositivos, así como de cargabilidad eléctrica.

Con posterioridad sobre estos mismos perfiles se pasó un microgravímetro.

Ante los buenos resultados obtenidos con los dispositivos de calicatas eléctricas en las medidas de resistividad y de la microgravimetría, se decidió emplearlos en el resto de las áreas por reconocer.

2.3.3.- Métodos eléctricos

2.3.3.1.- Características de los dispositivos empleados

Sobre los perfiles establecidos se han efectuado medidas de resistividad y cargabilidad del terreno.

Ambos parámetros se han verificado utilizando dispositivos de calicatas eléctricas trielectródicas y tetraelectródicas dipolo-dipolo, con lo que se han medido estos parámetros a dos y cinco profundidades respectivamente (figuras n^os II-1 y II-2).

En las calicatas trielectródicas se han realizado pasadas con equipos de corriente continua y de corriente alterna (polarización inducida) equipados con cuatro polos emisores, dos en sentido directo y otros dos en el inverso.

Las características técnicas de estos equipos de medida se describen en el Apéndice n^o 4.

Las dimensiones de los dispositivos utilizados en las calicatas eléctricas han sido:

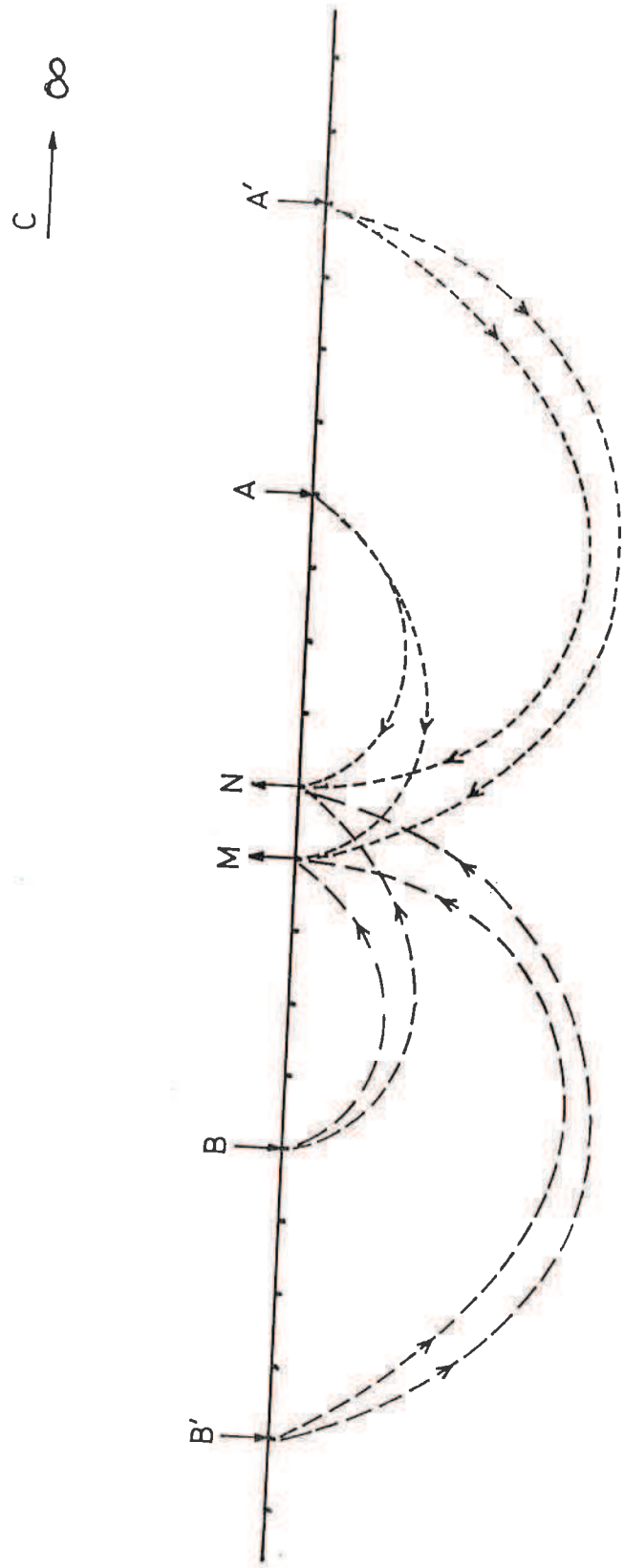
Perfiles de Aldea Moret

MN = 10 m
A o B al MN = 40 m
A', o B' al MN = 80 m
C > 500 m.

Perfiles de Cueva de Maltravieso

MN = 5 m
A o B al MN = 20 m
A', o B' al MN = 40 m
C > 500 m.

CALICATA TRIELECTRODICA (COMBINADA CON DOS DISTANCIAS)



$C / A, A', B, B'$: Dipolos emisores
 M / N : Dipolos receptores.

2.3.3.2.- Resultados obtenidos

Perfiles sobre Mina Abundancia.- En las figuras adjuntas se representan los valores de resistividad y cargabilidad obtenidos en los dos perfiles trazados.

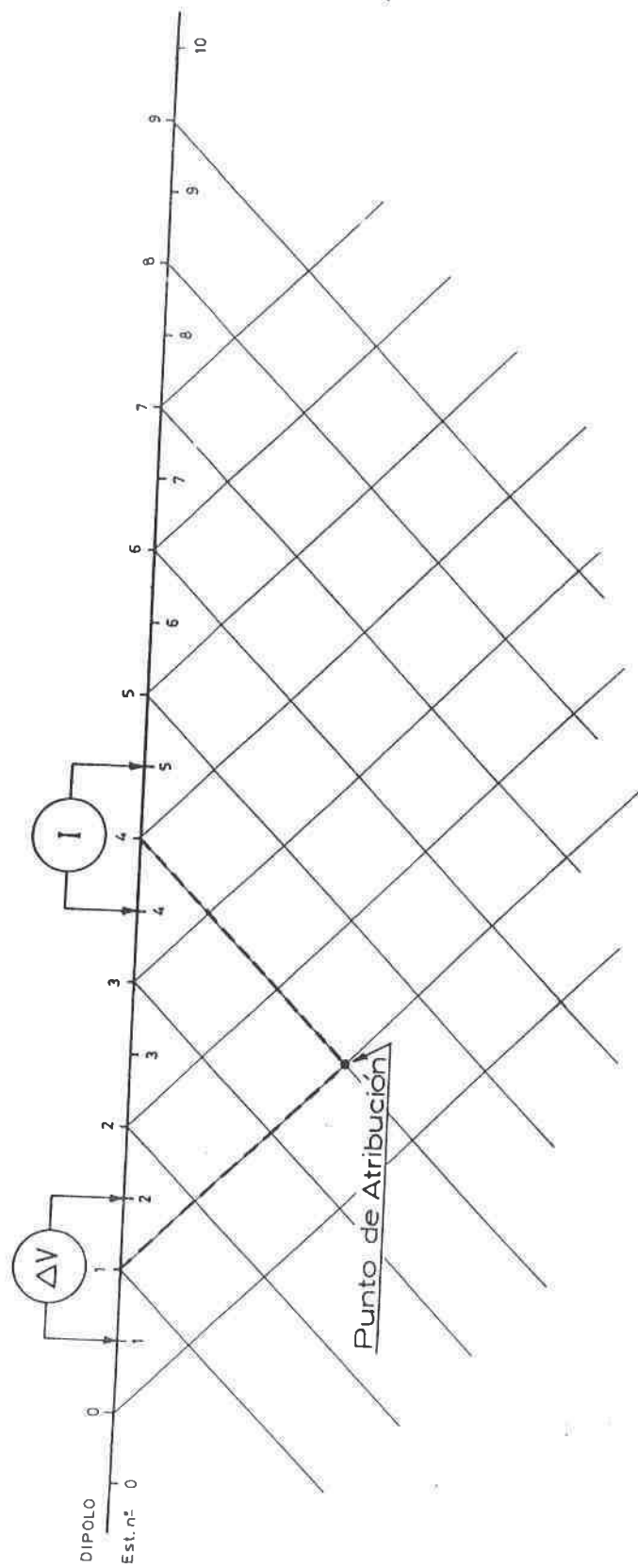
En el perfil AM-I (fig. II-3) las medidas de resistividad eléctrica efectuadas en calicatas trielectródicas, muestran desarrollos idénticos tanto en el equipo de corriente continua como en el de polarización inducida. En sus gráficas se observa una gran anomalía, detectada en los cuatro electrodos conjuntamente, con una caída de resistividad de hasta un 4.000% de su valor entre las estaciones 6 y 13, que se correlaciona fielmente con la traza de las labores mineras más superficiales. A partir de la estación 23 hay una bajada en la resistividad del terreno, que se interpreta con el paso de dolomías a pizarras y tobas volcánicas.

La cargabilidad del terreno registrada en calicatas trielectródicas no muestra anomalías significativas sobre la labor minera.

En dispositivos dipolo-dipolo las medidas de resistividad marcan claramente una zona de valores altos de resistividad ($> 2000 \Omega, m$,) y otra más heterogénea en la que se dibujan dos áreas de valores mínimos ($< 500 \Omega, m$,) con sentido contrapuesto.

La anomalía que se sitúa entre las estaciones 0 y 6 podría asociarse a las labores mineras, mientras que la localizada entre las estaciones 10 a 15, en principio debe relacionarse con otros factores, ya que no hay constancia de obras subterráneas en este sector.

DISPOSITIVO DIPOLO - DIPOLO



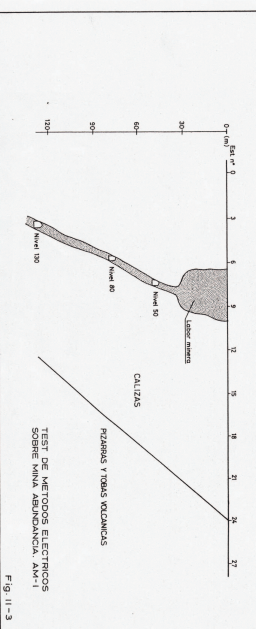
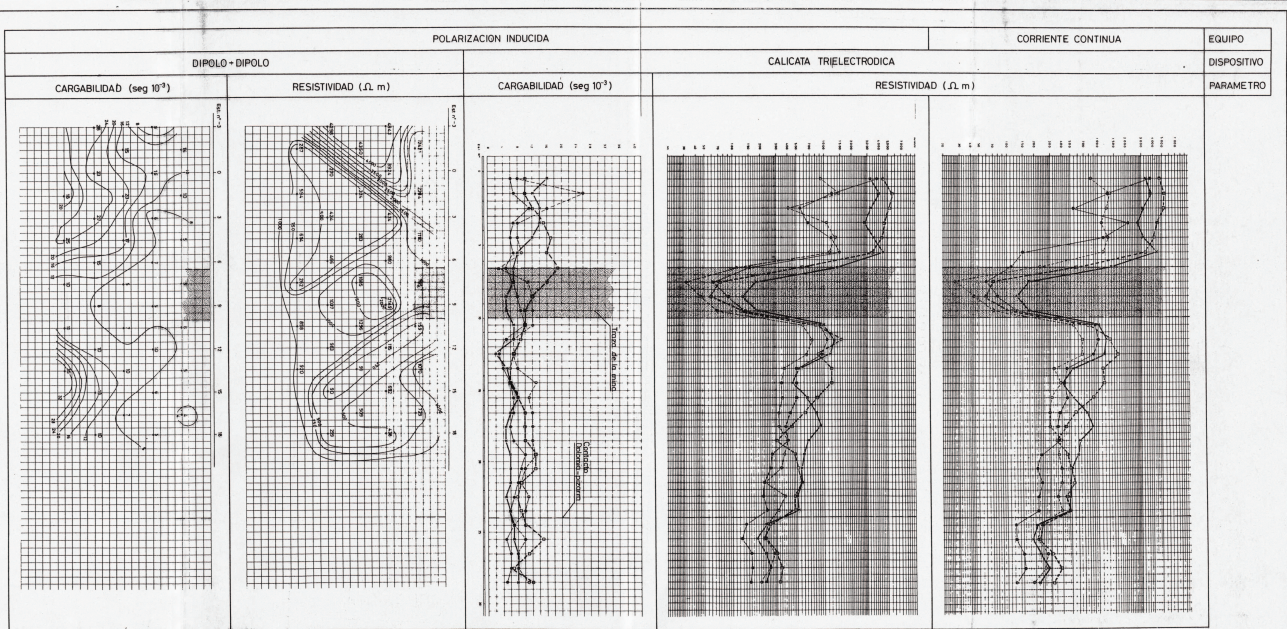


Fig. 11-3

Las gráficas de cargabilidad realizadas con este mismo dispositivo no muestran ninguna anomalía ante las labores mineras.

En el perfil AM II (fig. II-4) se han realizado calicatas trielectródicas por corriente continua y polarización inducida.

Al igual que en el primer perfil los gráficos de resistividades que se obtienen de ambos métodos son prácticamente idénticos.

La labor minera se detecta como una caída considerable de la resistividad, en las cuatro medidas, superior al 500% de su valor inicial. La anomalía se muestra más ancha que las dimensiones de la labor minera, según los planos de labores, lo que puede indicar que en los últimos años de actividad el socavón superficial fue ensanchado.

En el perfil se detectan otras dos anomalías. La inicial, entre las estaciones 0 y 3, muestra unos niveles bajos de resistividad, pero la cargabilidad alcanza niveles muy elevados propios de cuerpos metálicos próximos a superficie, por lo que se interpreta que esta anomalía estaría en relación con conducciones metálicas de agua, electricidad o teléfono.

La segunda anomalía se sitúa entre las estaciones 7 y 9; corresponde también con una subida moderada de la cargabilidad en un electrodo. Sobre ella se ha realizado un sondeo mecánico de reconocimiento (S-1) y se ha atravesado una zona fracturada.

Los gráficos de ambos perfiles terminan en las proximidades del contacto entre la dolomía, y las pizarras y tobas volcánicas, donde pueden existir labores mineras

pequeñas; registrándose, por una de estas causas, una caída de resistividad en los electrodos. Los situados por delante del dipolo receptor (directos) comienzan su caída con antelación al contacto, mientras que los electrodos que van tras el dipolo receptor (inversos), muestran la caída de resistividad en el mismo contacto.

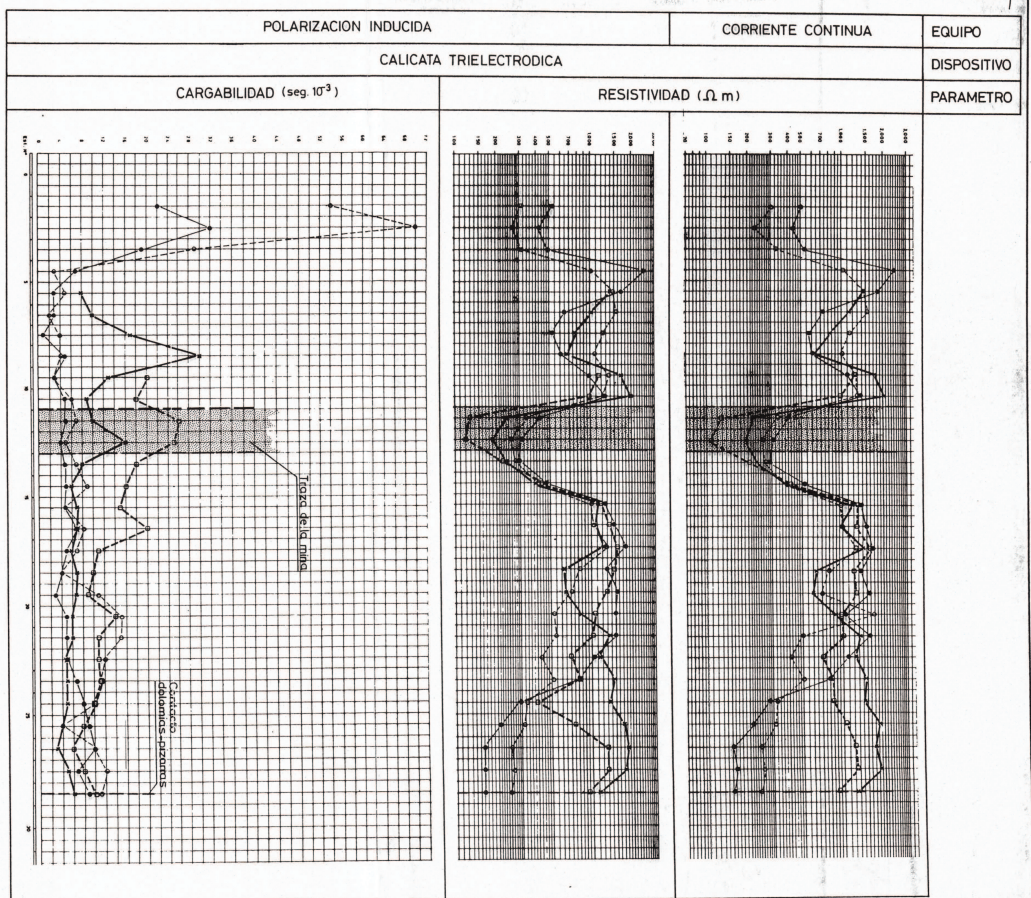
En los gráficos de cargabilidad la labor minera de Mina Abundancia sólo produce una pequeña elevación del valor en dos electrodos, mientras que los otros dos no muestran cambios significativos.

Perfiles sobre Cueva de Maltravieso.— Al igual que en el caso anterior se han realizado dos perfiles, CM I y II, los cuales se encuentran representados en las figuras adjuntas.

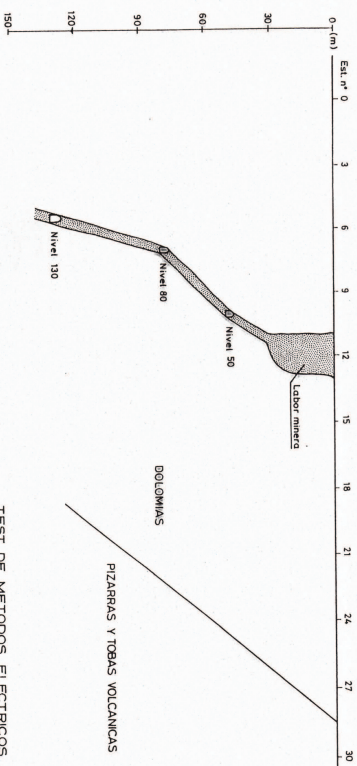
En el perfil CM I (fig. II-5) se han efectuado medidas con calicatas trielectródicas con los equipos de corriente continua y polarización inducida.

Los valores de resistividad obtenidos por ambos métodos son parecidos y siguen una misma evolución. El contacto entre las pizarras y dolomías queda reflejado por una elevación de la resistividad en los electrodos que van por delante del dipolo receptor (directo). Sobre la traza superficial de la cueva, en las lecturas correspondientes a los cuatro electrodos emisores, hay una caída de resistividad comprendida entre el 100 y el 400% del valor original. La longitud de la anomalía es de 15 m (estaciones 8 a 11). La cueva bajo este perfil presenta una sección transversal de 7 m y una altura próxima a 2 m.

En la parte media y final del perfil las curvas de resistividad presentan muchas oscilaciones, que se interpretan como anomalías asociadas a las infraestructuras existentes en



CORTE GEOLOGICO



TEST DE METODOS ELECTRICOS
SOBRE MINA ABUNDANCIA, AM-11

la zona, como son viales de hormigón armado y conducciones eléctricas subterráneas.

Los valores de cargabilidad no sufren variaciones en el contacto pizarra-dolomía ni sobre la traza de la cueva. En la zona media y final del perfil, sí se han medido importantes anomalías que se asocian con interferencias producidas por la infraestructura del sector.

En el perfil CMII (fig. II-6) se han realizado calicatas trielectródicas con corriente continua, polarización inducida, y calicatas dipolo-dipolo con polarización inducida.

En las calicatas trielectródicas las medidas de resistividad, realizadas con ambos equipos, son similares y siguen la misma tendencia en todo el perfil.

El contacto pizarra-dolomía no produce ninguna inflexión brusca en las gráficas, aunque sí se sitúa en una zona donde los valores de resistividad son más elevados que los de partida. La Cueva de Maltravieso marca una caída de resistividad en los cuatro electrodos, que es de pequeña índole en tres de ellos y bastante acusada en el electrodo situado a 20 m por delante del dipolo receptor. La amplitud de la anomalía que se sitúa entre las estaciones 11 y 14 (15 m), coincide sensiblemente con la anchura de la cueva bajo el perfil, que es de unos 10 m.

Entre las estaciones 15 y 18 se ha registrado una anomalía de entidad que se podría interpretar como una cueva paralela a la de Maltravieso. Su intensidad hace pensar en unas mayores dimensiones o en una situación más superficial.

La cargabilidad medida en la calicata trielectródica no muestra respuestas de entidad ante el contacto ni ante la cueva. En el tramo final del perfil hay anomalías, que se

asocian a la presencia en el suelo de conductores metálicos; como son los emparrillados de los viales de hormigón y las conducciones eléctricas.

En los gráficos obtenidos con el dispositivo dipolo-dipolo, se determina claramente el contacto entre pizarras y dolomías; limitado por dos zonas de resistividad y/o cargabilidad bien distintas.

En las medidas de resistividad obtenidas con este último dispositivo, la Cueva de Maltravieso se sitúa en una zona homogénea de valores altos, y no queda definida. Sin embargo bajo las estaciones 15 a 17 aparece una zona de mínimos, que podría corresponder a la anomalía detectada en las calicatas trielectródicas y que, en principio, se interpreta como una cavidad de mayores dimensiones que la Cueva de Maltravieso.

En las medidas de cargabilidad el contacto pizarra-dolomía, sale algo desplazado hacia el origen del perfil. En este caso la Cueva de Maltravieso podría coincidir con una zona de valores negativos que va desde cerca del contacto a la superficie. La anomalía registrada en el gráfico de resistividades bajo las estaciones 15 y 17 no ha sido determinada por este parámetro.

2.3.3.3.- Valoración de resultados

En función de las interpretaciones de los gráficos obtenidos, se puede concluir que el parámetro que ofrece mayor contraste para determinar labores mineras o cuevas naturales, es la resistividad eléctrica del terreno.

El dispositivo que se ha mostrado más eficaz es la calicata trielectródica, por localizar fielmente sobre el

perfil la situación de la anomalía con un error de ± 10 ó 5 m, que corresponde con la amplitud del dipolo receptor.

Los resultados obtenidos en las medidas de resistividad con calicatas trielectródicas, tanto con equipos de corriente continua como de polarización inducida, son prácticamente idénticos, por lo que ambos métodos pueden utilizarse indistintamente.

Las dimensiones del dispositivo a utilizar en la fase de reconocimiento general del área, deben ser similares a las utilizadas en los perfiles de Cueva de Maltravieso; por presentar teóricamente mayor sensibilidad ante anomalías de pequeña entidad.

2.3.4.- Microgravimetría

2.3.4.1.- Actividades realizadas

La efectividad de la microgravimetría, en la detección de cavidades subterráneas, se ha comprobado con la realización de medidas en cuatro perfiles gravimétricos sobre Mina Abundancia y tres en Cueva de Maltravieso.

Para determinar la amplitud de la malla de investigación que mejor se adapta al tamaño de las cavidades existentes, se ha cubierto un solar (en el que se registró un hundimiento), con medidas en una malla 5×5 m y se ha comparado sus resultados con otras a 10×10 y 20×20 m.

Para la correcciones de latitud y de altitud, que exige este método, se han tomado referencias topográficas sobre planos $1/2.000$ y sus coordenadas se han trasladado a los puntos de medida mediante teodolito. Las coordenadas utilizadas corresponden al sistema de proyección U.T.M.

La sistemática de medidas se ha acomodado a programas de hasta dos horas de duración. Al principio y final de cada programa, se ha medido el mismo punto con objeto de controlar la deriva instrumental.

Las lecturas se han efectuado con precisión de microgal, anotandose la hora de lectura para calcular el efecto de atracción Luni-Solar en cada estación.

En cada programa de medidas se realiza un número de repeticiones destinadas al control de la calidad de las mismas, una relectura de estaciones que presentan desviaciones superiores a 25 microgales, y finalmente, una verificación de anomalías de interés.

Tanto las características técnicas de los equipos utilizados como la formulación empleada en el cálculo de la corrección de latitud, gravedad y número de Bouguer, se encuentran en el Apéndice nº 4.

2.3.4.2.- Perfiles gravimétricos

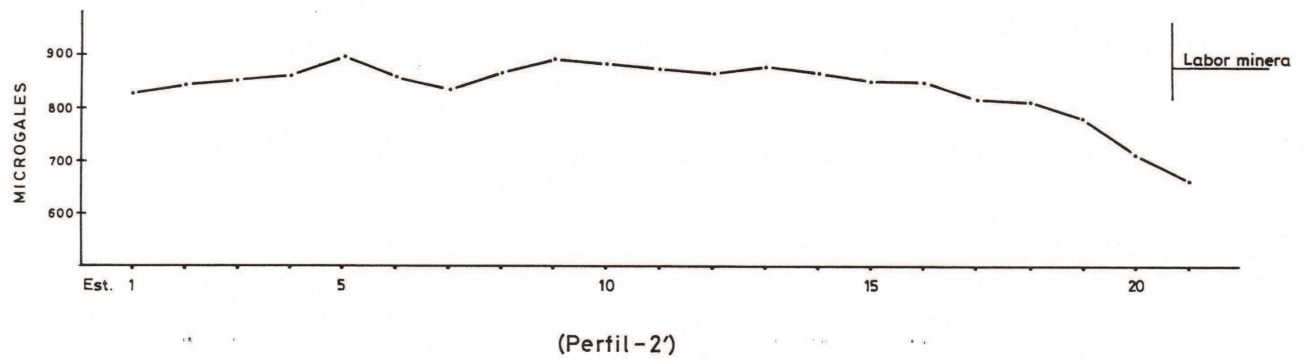
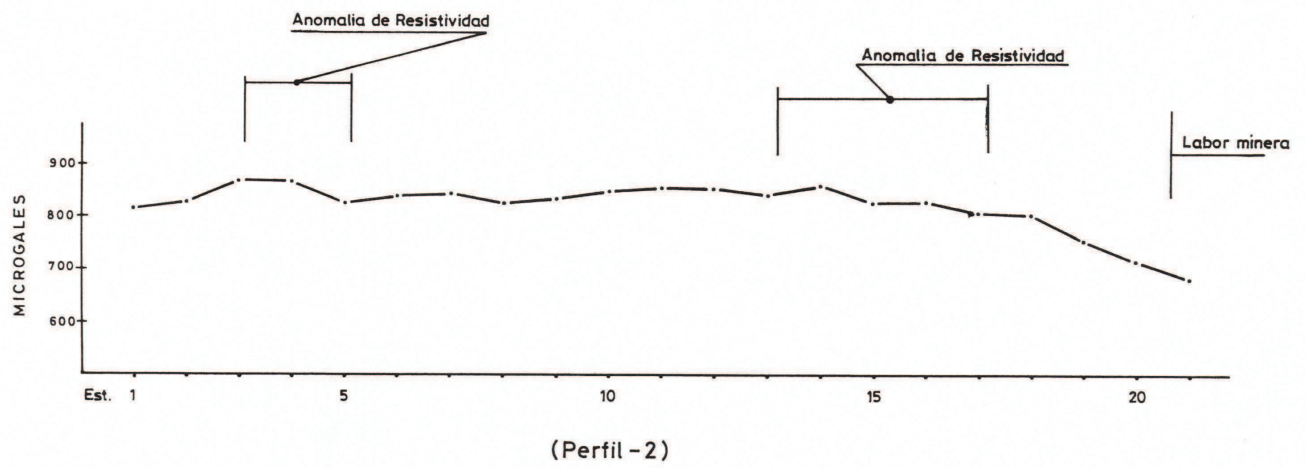
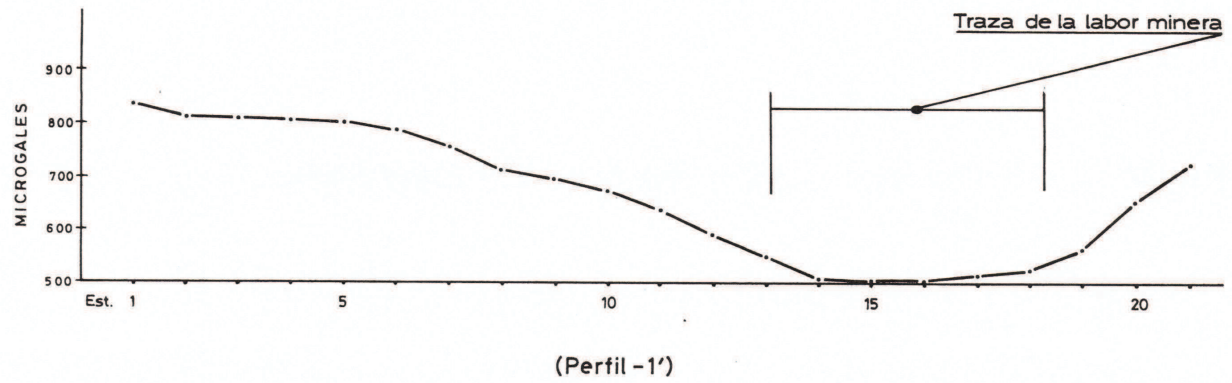
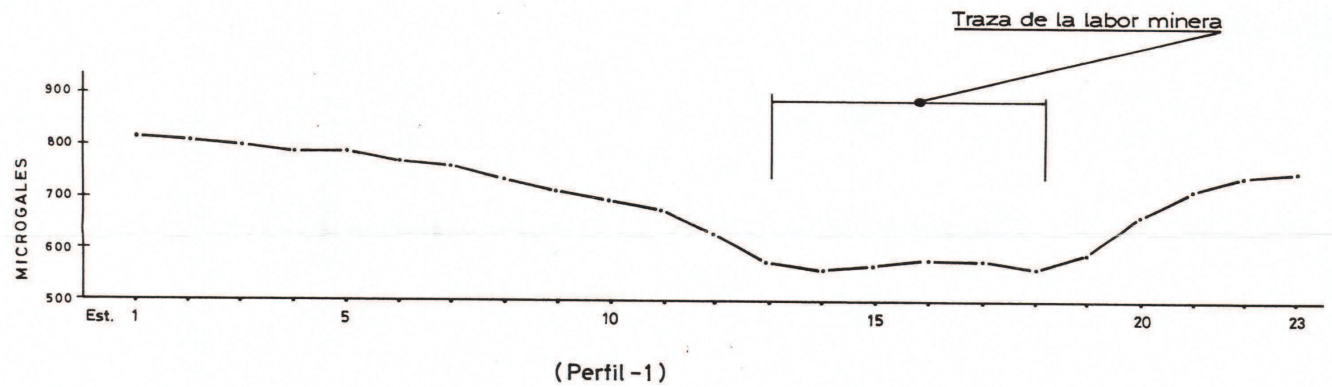
Perfiles sobre Mina Abundancia.- Se han realizado dos perfiles sobre los ya trazados con métodos eléctricos (AM I y II) y otros dos paralelos, a 10 m de distancia (fig. II-7).

En esta ocasión el paso entre estaciones ha sido de 5 m.

Como base gravimétrica de referencia se ha utilizado la estación 1 del perfil P-1, al que se ha asignado un valor de 5.000 microgales.

El número de repeticiones alcanzado ha sido del 26% del número de estaciones.

TEST MICROGRAVIMETRICO SOBRE MINA ABUNDANCIA



En los perfiles P-1 y 1' se detecta una progresiva bajada de la gravedad desde el inicio que culmina con una gran anomalía entre las estaciones 14 y 19, donde hay una caída de la gravedad de 200 microgales.

Esta gran anomalía se localiza sobre unas labores mineras, superficiales actualmente rellenas de escombros, mientras que la caída progresiva previa puede corresponder al efecto de las labores subterráneas más profundas.

Los perfiles AM 2 y 2' no han podido realizarse en su integridad, ya que en días previos se vertieron en la zona unos volúmenes considerables de escombros, que modificaron notablemente la topografía del perfil. No obstante, en los últimos valores tomados, que se situarían en el borde de la traza de las labores mineras, ya es palpable una gran caída de la gravedad, con valores en torno a los 150 microgales.

La anomalía con que partían las calicatas trielectródicas en el perfil AM II, coinciden con un máximo relativo de gravedad en la estación 4, con lo que se confirma que tal anomalía puede deberse a una conducción metálica enterrada.

Otra anomalía de resistividad de este mismo perfil, situada entre las estaciones 7 y 9, apenas si muestra variaciones de gravedad, por lo que no debe corresponder a un hueco. De hecho en este lugar se ha realizado un sondeo de reconocimiento (S-1) y se ha localizado una zona de fractura.

Perfiles sobre Cueva de Maltravieso.— Se han realizado tres perfiles de 11 estaciones cada uno en sentido transversal a la cueva (fig. II-7 bis).

Como base gravimétrica se ha utilizado la estación 1 del perfil P-1, con un valor de 5.000 microgales. Las repeticiones han alcanzado el 51% de las medidas.

En los perfiles 2 y 3 se detecta una importante anomalía negativa, del orden de 60-100 microgales, cuyo punto de menor valor coincide con la traza de la cavidad, la cual se sitúa entre 7 y 10 m de profundidad.

En el perfil 3 se localiza otra anomalía bajo la estación 2, que podría corresponder a otra cueva de menores dimensiones.

El perfil 1 se situaría próximo a la vertical de la cámara de mayores dimensiones de la cueva (10x3), y sin embargo sólo muestra una "ligera" anomalía de 10 a 20 microgales. En esta sección la cavidad se sitúa a unos 15 m de profundidad.

La otra anomalía que se detectaba en las calicatas trielectródicas en este mismo perfil, en la microgravimetría también queda registrada con una ligera variación de la gravedad de unos 20 microgales.

2.3.4.3.- Mallas de microgravimetría

Para comprobar la malla idónea para trabajar en esta zona, se ha efectuado un barrido de medidas en malla 5 x 5 de un solar de titularidad pública situado en el Polígono Dehesas de los Caballos.

Como base gravimétrica se ha tomado la estación 1 del perfil P-1, al que se ha asignado un valor de 5.000 microgales.

Las repeticiones han alcanzado al 52% de los puntos.

De los datos tomados se han hecho planos de anomalía de Bouguer en malla 20 x 20, 10 x 10 y 5 x 5 (Figuras II-8, 9 y 10).

En los dos primeros planos sólo se observa la tendencia general de la gravedad en el sector, definiéndose en la malla más pequeña dos áreas de "mínimos", entre las estaciones 3 y 6 del PI y 8-10 del PII, y una zona de "máximos" en el centro y entre las estaciones 12 a 16 de todos los perfiles.

En el plano de malla 5 x 5 en las zonas de mínimos antes comentadas se definen ya alineaciones claras, que deben de corresponder con zonas de cavidades o de máxima karstificación.

De la comparación de estos tres planos se deduce que la malla óptima para investigar en esta zona es de 5 x 5 m.

Anomalías del orden de 20 microgales, que corresponden con la apreciada sobre la Cueva de Maltravieso en la transversal donde se encuentra más profunda, dan lugar a anomalías apreciables a esta escala de malla.

Con el tratamiento matemático de las anomalías de Bouguer y la obtención de las anomalías residuales, quedan claramente definidos tres ejes de valores mínimos de dirección N 40°E, que corresponden con la directriz de fracturación donde encajan los filones de fosfatos de Aldea Moret, y otros dos ejes de dirección N 120 E, que corresponden a otro sistema de fracturación regional.

El plano de anomalías residuales se encuentra en el Apéndice de planos de gravimetría y está identificado con las siglas A-5-72.

2.3.4.4.- Valoración de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede indicar que la microgravimetría es un método apto para su utilización en la detección de cavidades subterráneas.

Con ella pueden localizarse cavidades de dimensiones métricas situadas hasta 15-20 m de profundidad, que coincide con el límite resolutivo puesto de manifiesto en los perfiles realizados sobre la Cueva de Maltravieso.

El dispositivo óptimo de investigación para este tamaño de cavidades es la malla de 5 x 5 m, de dimensión unitaria.

2.4.- RECONOCIMIENTO DEL AREA

2.4.1.- Planteamiento previo

De acuerdo con los resultados obtenidos en los test metodológicos, se decidió realizar el resto de la investigación utilizando calicatas eléctricas trielectrónicas y la microgravimetría.

Ante los idénticos resultados obtenidos por las calicatas efectuadas con corriente continua y con polarización inducida, se optó por realizar el resto del trabajo con corriente continua, ya que corresponde con el equipo más versátil y de menor coste, con lo que se ha conseguido extender más el área de trabajo.

Con métodos eléctricos se han reconocido la totalidad de las zonas. Posteriormente la microgravimetría se ha planteado sobre las áreas anómalas detectadas en la primera etapa.

En los planos II-4-1, 2 y 3 se pueden observar la localización de cada una de las zonas investigadas, así como la ubicación de las calicatas eléctricas y áreas cubiertas con microgravimetría.

El sector donde se han centrado los trabajos corresponde con la prolongación meridional de la ciudad de Cáceres y engloba las áreas ocupadas por afloramientos dolomíticos que son susceptible de ser urbanizadas en un futuro próximo, de acuerdo con las recomendaciones efectuadas por el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Cáceres del año 1.985 (plano II-3).

En total se han investigado ocho zonas concretas. Cada una de ellas presenta una problemática particular y en función de la cual, se han enfocado los trabajos a realizar.

En las zonas donde se han producido los hundimientos naturales o bien presentan características similares, se ha realizado una red densa de calicatas, con una separación entre ellas de 25 m.

En los sectores donde los hundimientos se asocian a labores mineras, y estas son el objeto de investigación, los perfiles eléctricos se han situado con un espaciado de 50 m.

Por último, en los sectores sin ninguna problemática especial los perfiles se han distanciado hasta 100 m entre sí.

Dos casos particulares se han dado en un solar localizado en el Polígono Dehesa de los Caballos y en la prolongación de la Cueva de Maltravieso; en ellos no se han podido realizar calicatas eléctricas por falta de espacio y, en su lugar, se han cubierto directamente con microgravimetría.

A continuación se describen los resultados obtenidos en cada sector.

Los datos básicos y gráficos correspondientes a estos trabajos se encuentran en el Apéndice 5.

2.4.2.- Prados del Espíritu Santo

Se sitúan en las inmediaciones de la surgencia de El Marco y en ellos se han producido la mayoría de los colapsos naturales.

Se han realizado cerca de 7.100 m de calicatas eléctricas trielectródicas, distribuidas en 19 perfiles con una cadencia de 25 m entre perfil. La superficie reconocida por este sistema ha sido de 173 Has.

Sobre dos áreas donde se concentran las anomalías resistivas se han realizado sendas zonas microgravimétricas, en las que se han realizado 821 estaciones y se han cubierto 1.83 Has de superficie.

2.4.2.1.- Anomalías de resistividad

En la totalidad de los perfiles realizados, indentificados con las siglas CM y numerados del III al VII-2, se pueden apreciar claramente dos zonas de resistividad bien diferente, una de valores altos, que corresponde con el inicio del perfil, y se asociaría con sectores de carbonatos

aflorantes, y otra, de valores bajos, en la que los carbonatos se encuentran recubiertos por arcillas y un aluvial. Los gráficos de estas calicatas se encuentran en Apéndice, numerados con las siglas A-5-3 al A-5-21.

En cada una de estas zonas se advierte un buen número de anomalías. Se ha definido como anomalía el apreciarse una caída de resistividad conjunta de los cuatro electrodos.

En el plano II-4-1 se han representado las alineaciones que hay entre las zonas de anomalía, las cuales se han marcado cuando hay más de tres alineadas. Estas alineaciones se pueden agrupar en cinco familias según su dirección: N-S a N 15°E, N 45-60°E, N 110°E, N 140°E y N 160°E. Las más frecuentes son las dos primeras y la N 140°E.

Para verificar el significado de estas directrices se ha realizado un muestreo sobre las discontinuidades de los carbonatos en este sector, en el que se ha comprobado que la estratificación oscila entre N 110 y 130°E y que además hay tres juegos de fracturas, de dirección N-S N 40°E y N 60°E. Directrices que coinciden con las alineaciones de anomalías más frecuentes.

Las alineaciones obtenidas de las anomalías de cierta entidad, se centran en tres sectores concretos: dos de ellos ubicados sobre el afloramiento carbonatado, y el tercero en la proximidad de la escombrera situada al Oeste del área reconocida. Las más frecuentes son las de dirección N 110°E y N 40°E, que corresponden con la estratificación y con uno de los sistemas de fracturación regional más importante.

2.4.2.2.- Anomalías de microgravimetría

Como ya se ha comentado, en este sector se han realizado dos zonas de microgravimetría sobre las principales

concentraciones de anomalías detectadas las calicatas eléctricas.

Estas zonas se han denominado Espíritu Santo 1 y 2, respectivamente.

Las características de los programas de toma de medidas han sido:

Espíritu Santo 1:

- Base gravimétrica: P13, estación 12, g=5.000 microg.
- Estaciones medidas: 624
- Medidas realizadas: 921
- Total repeticiones: 297 (48%)
- Estaciones medidas 1 vez: 385 (61%)
- Estaciones medidas 2 veces: 182 (29%)
- Estaciones medidas 3 veces: 56 (9%)
- Estaciones medidas 4 veces: 1 (0.2%)

Diferencia de medidas observadas:

- Entre 0 - 5 microg. = 260 (48%)
- Entre 6 -10 microg. = 157 (28%)
- Entre 11-15 microg. = 61 (11%)
- Más de 15 microg. = 23 (4%)
- Medidas eliminadas = 51 (9%)

Las coordenadas UTM de los vertices de zona son:

- Perfil 1, estación 1
 - X: 726726,9
 - Y: 4371141,8
 - Z: 435,38

- Perfil 1, estación 26

- X: 726851,5
- Y: 4371132,2
- Z: 436,36

- Perfil 24, estación 1

- X: 726735,7
- Y: 4371256,5
- Z: 433,52

- Perfil 24, estación 26

- X: 726860,3
- Y: 4371246,9
- Z: 437,66

Espíritu Santo 2:

- Base gravimétrica: P5, estación 9, $g = 5.000$ microg.
- Estaciones medidas: 187
- Medidas realizadas: 318
- Total repeticiones: 131 (70%)
- Estaciones medidas 1 vez: 81 (43%)
- Estaciones medidas 2 veces: 81 (43%)
- Estaciones medidas 3 veces: 25 (14%)

Diferencia de medidas observadas:

- Entre 0 - 5 microg. = 122 (49%)
- Entre 6 -10 microg. = 66 (27%)
- Entre 11-15 microg. = 30 (12%)
- Más de 15 microg. = 6 (2%)
- Medidas eliminadas = 25 (10%)

Las coordenadas UTM de los vertices de esta zona son:

- Perfil 1, estación 1
 - X: 726722,6
 - Y: 4371007,4
 - Z: 435,64

- Perfil 1, estación 17
 - X: 726802,3
 - Y: 4371001,3
 - Z: 439,04

- Perfil 11, estación 1
 - X: 726726,4
 - Y: 4371057,3
 - Z: 436,32

- Perfil 11, estación 17
 - X: 726806,1
 - Y: 4371051,2
 - Z: 439,27

En la Zona Espiritu Santo 1 se han detectado las anomalías negativas más intensas de todos los sectores estudiados, que llegan a alcanzar hasta 1.5 décimas de miligal en el P17-19 (planos A-5-69 y 74 del Apéndice de planos de geofísica).

Las anomalías están alineadas según las direcciones N160E, N110E, N-S y N60E, que corresponden con directrices ya definidas por métodos eléctricos, y deben asociarse a zonas muy karstificadas o cuevas de desarrollo horizontal.

Estas se localizan preferentemente en una franja de 30-40 metros de anchura y dirección N160E, que atraviesa la zona desde su esquina Sureste, así como en otra zona de hasta 30 metros de anchura y de directriz N110E, que se sitúa hacia el centro del sector reconocido.

En la estación 18 del perfil 18, se ha realizado un sondeo mecánico de reconocimiento (S-4), que ha localizado una cavidad a poca profundidad, de 7 m de altura.

En la Zona Espíritu Santo 2, las anomalías de gravedad (planos A-5-70 y 75), se alinean preferentemente según la dirección N160E, aunque también se localizan alineadas en direcciones N-S, N110E y N60E. La zona está atravesada por dos anomalías negativas, asimilables a conductos kársticos de hasta 20 metros de ancho, localizadas en los tercios oriental y occidental, así como por otras más estrechas (aproximadamente 10 metros) situadas cerca del borde meridional.

En su conjunto esta zona aparece dividida en franjas de karstificación, separadas por macizos masivos o poco karstificados.

2.4.3.- Ciudad Deportiva

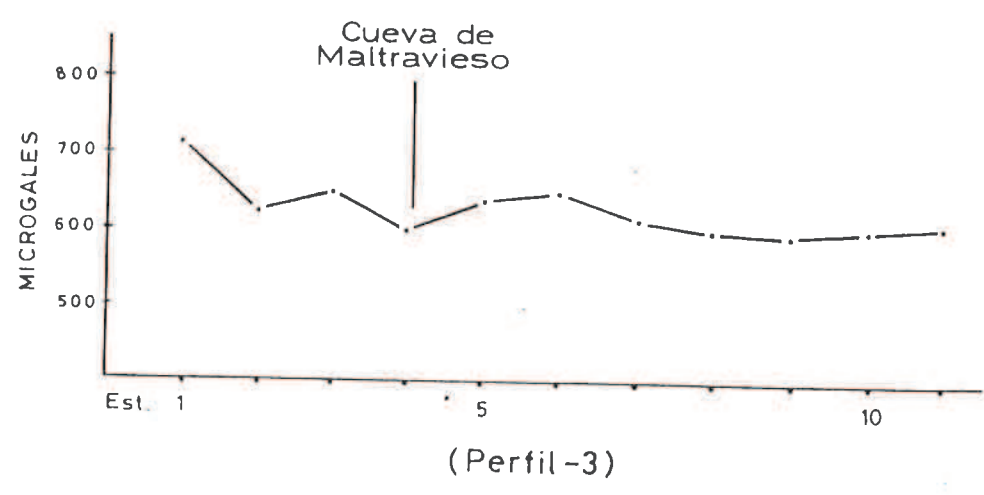
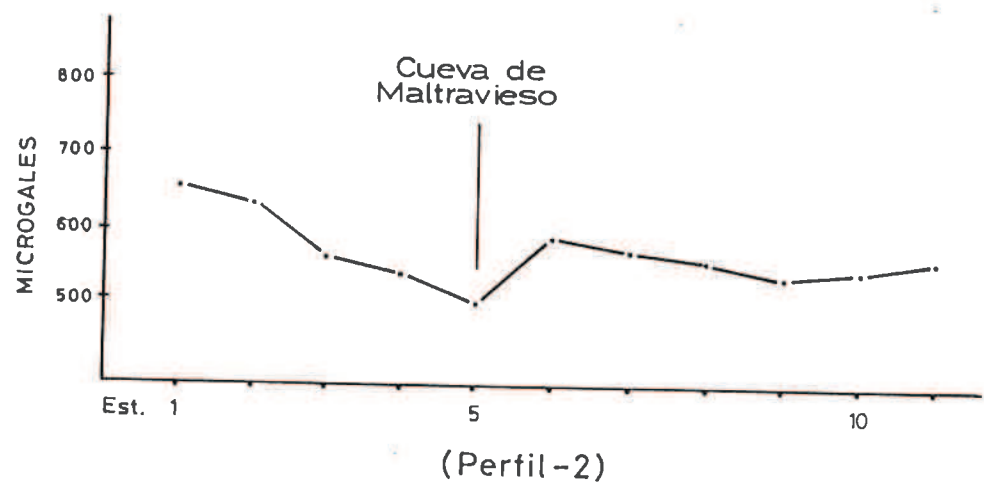
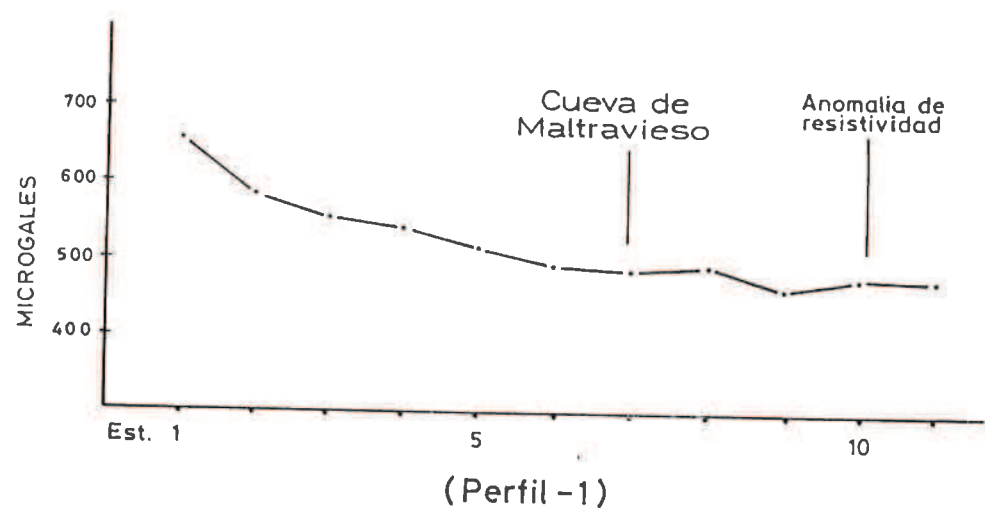
Corresponde a un gran solar que ha quedado incluido en el casco urbano de Cáceres, el cual está destinado a zona verde en el PGOU de 1.985 y en el que no se ha detectado ningún hundimiento.

Con estos antecedentes se ha programado una investigación de 815 m de calicatas eléctricas distribuidas en cuatro perfiles, con lo que se ha cubierto un área de 6,65 Has.

Los perfiles se identifican con la letra Z y están numerados del 1 al 4. Sus gráficos se encuentran en Apéndice con las numeraciones A-5-22 al A-5-25.

Tanto su situación como la de las anomalías se encuentran en el mapa nº II-4-1.

TEST MICROGRAVIMETRO SOBRE CUEVA DE MALTRAVIESO



Los perfiles P1 y P2 comienzan en pizarras y tobas volcánicas, mostrando unos valores de resistividad 10 veces inferior que la resistividad de las dolomías adyacentes.

El perfil Z P-4 se ha realizado en una zona donde hay varios viales hormigonados lo que ha impedido realizar una gráfica con total continuidad.

De las anomalías localizadas destaca una muy continua, que abarca los cuatro perfiles; adopta una dirección N120E, que coinciden con la estratificación. La caída de resistividad en esta alineación es muy elevada, comparable en algún perfil con la producida por las labores superficiales de Mina Abundancia.

Además se detectan otras alineaciones que unen anomalías de menor intensidad, una de ellas paralela a la principal y otras dos trasversales, de dirección N175°E.

Las medidas de discontinuidades efectuadas sobre las rocas de este sector, muestran tres familias de direcciones: N120°E, que corresponde a la estratificación y las N10°E y N40°E que se asocian a diaclasas y fracturas.

Las alineaciones de anomalías descritas se pueden considerar asociadas a las dos primeras familias de discontinuidades.

2.4.4.- Cueva de Maltravieso

Esta zona de investigación se sitúa en la prolongación occidental de la traza de la Cueva de Maltravieso y tiene como objetivo comprobar su posible continuidad.

Para ello se han realizado 144 puntos de medidas microgravimétricas en una franja de hasta 40 m de anchura y 95 m de longitud, con lo que la superficie cubierta es de 3.600 m².

Las características de los programas de trabajo han sido:

Base gravimétrica, Perfil 10, Estación 1 $g=4.582$ microg. (obtenida al unir con la base del P1, estación 1 definida en los perfiles de test antes realizados)

- Estaciones medidas: 144
- Medidas realizadas: 268
- Total repeticiones: 91 (51%)
- Estaciones medidas 1 vez: 110 (62%)
- Estaciones medidas 2 veces: 49 (28%)
- Estaciones medidas 3 veces: 12 (7%)
- Estaciones medidas 4 veces: 6 (3%)

Diferencia de medidas observadas:

- Entre 0 - 5 microg. = 54 (34%)
- Entre 6 -10 microg. = 60 (38%)
- Entre 11-15 microg. = 19 (12%)
- Más de 15 microg. = 19 (12%)
- Medidas eliminadas = 7 (4%)

Los vértices del polígono cubierto con microgravimetría son:

- Perfil 10, punto 1
 - X: 726243,4
 - Y: 4371071,4
 - Z: 451,44

- Perfil 10, punto 9

- X: 726261,4

- Y: 4371107,1

- Z: 448,44

- Perfil 30, punto 2

- X: 726156,0

- Y: 4371120,5

- Z: 450,55

- Perfil 30, punto 7

- X: 726167,1

- Y: 4371143,0

- Z: 448,53

Los resultados obtenidos se reflejan en los planos nº A-5-71 y A-5-76 del Apéndice planos de geofísica.

En el plano de anomalías residuales se define claramente un eje negativo, longitudinal a la zona de trabajo, que comienza en el P10-3, sobre la traza de Cueva de Maltravieso y culmina en el P30-6. Se interpreta que esta anomalía se corresponde con la continuación occidental de la cueva.

El eje negativo está formado por dos alineaciones: N140E y N40E. La primera corresponde a planos de estratificación y coincide con la directriz de la cueva conocida. La segunda corresponde al principal juego de fracturas de carácter regional.

En el P22, estación 4, se ha realizado un sondeo de reconocimiento, S-8, que ha atravesado una zona muy

karstificada entre los 2 y 9.75 metros de profundidad, con huecos de hasta 0.5 metros de desarrollo vertical.

2.4.5.- Solar del Polígono Dehesa de los Caballos

Se tiene constancia de que en este solar se localiza, al menos, un hundimiento natural, dándose además la circunstancia de que en él se realizó el test para comprobar el tamaño de malla de trabajo idóneo.

En total se han medido 309 puntos y el área cubierta ha sido de 0,76 Has.

Las características de los programas de trabajo han sido:

- Base gravimétrica: P1, estación 1, $g=5.000$ microg.
- Estaciones medidas: 334
- Medidas realizadas: 509
- Total repeticiones: 175 (52%)
- Estaciones medidas 1 vez: 205 (61%)
- Estaciones medidas 2 veces: 86 (26%)
- Estaciones medidas 3 veces: 40 (12%)
- Estaciones medidas 4 veces: 3 (1%)

Diferencia de medidas observadas: 304

- Entre 0 - 5 microg. = 135 (45%)
- Entre 6 -10 microg. = 82 (27%)
- Entre 11-15 microg. = 47 (15%)
- Más de 15 microg. = 21 (7%)
- Medidas eliminadas = 19 (6%)

Los vértices del polígono cubierto con medidas en malla 5 x 5 m, son las siguientes

- Perfil 0, estación 1
 - X: 725941,6
 - Y: 4371410,1
 - Z: 436,11
- Perfil 0, estación 16
 - X: 725865,7
 - Y: 4371401,6
 - Z: 437,17
- Perfil 27, estación 11
 - X: 725905,0
 - Y: 4371270,4
 - Z: 439,72
- Perfil 27, estación 14
 - X: 725889,9
 - Y: 4371268,4
 - Z: 439,69

Los resultados obtenidos se reflejan en los planos nº A-5-72 y A-5-77 del Apéndice planos de geofísica.

En el plano de anomalías residuales (plano nº A-5-77), quedan definidos dos sectores de anomalías negativas, situadas en la esquina Noreste y hacia el centro de la zona reconocida.

En estos sectores se pueden trazar unos ejes de "mínimos", que van a coincidir aproximadamente con las trazas de conductos kársticos. A este respecto cabe indicar que sobre el P14-10, se ha realizado un sondeo mecánico (S-7) que ha

atravesado entre 6.75 y 8.75 metros una zona muy kárstificada, con un hueco de 1 metro de altura.

Este sondeo se sitúa en una de las mayores anomalías negativas determinadas, por lo que es de esperar que el resto de conductos kársticos no sean de volumen muy superior al determinado.

Las principales directrices de los "ejes de anomalías negativas" son E-O, N110E, N140E y N40E, que coinciden con la dirección de la estratificación y de fracturas de carácter regional

2.4.6.- Escombreras de la Estación de Autobuses

Se ha reconocido el gran espacio existente entre la Estación de Autobuses y el Polígono Dehesa de los Caballos, mediante la realización de 1.490 m de calicatas eléctricas distribuidas en cuatro perfiles, separados 100 m cada uno. La superficie investigada es próxima a 7 Has.

En este espacio se ubican unas grandes escombreras que han dado lugar a problemas de subsidencia importante en edificaciones próximas, cuyos bordes se encuentran parcialmente difuminados por vertidos de escombros más recientes.

Entre los objetivos de estos perfiles se encuentra el de situar con precisión los límites de tales escombreras, así como reconocer los afloramientos carbonatados.

Las siglas identificativas de estas calicatas son Mo y se han numerado del P1 al P4. Sus gráficos se encuentran en Apéndice, con las siglas A-5-26 al A-5-29

Los cuatro perfiles comienzan sobre terrenos pizarrosos, con resistividades comprendidas entre 100 y 300 $\Omega, m, .$

El contacto con las dolomías está marcado por una importante subida de resistividad en los electrodos que van por delante del dipolo receptor (directo), hasta situarse sobre los 1.000-3.000 $\Omega, m, .$

En los perfiles Mo P-2, 3 y 4, se observa más adelante una importante bajada de resistividad, hasta situarse sobre los 150 $\Omega, m, .$ o inferiores. Se interpreta que esta bajada está en relación con los materiales heterogéneos de las escombreras.

Dentro de cada uno de estos tramos de resistividad se ha definido una serie de anomalías, alguna de ellas de bastante intensidad.

Las alineaciones de las anomalías de los cuatro perfiles (plano II-4-2) muestran un entramado en el que se distinguen cuatro directrices: N40°E, N85°E, N110°E y N135°E, destacando por su frecuencia las de dirección N40°E y N85°E.

Por su parte las discontinuidades del macizo rocoso en este sector, muestran las siguientes direcciones: N80°E estratificación, N10°E, N40°E y N140°E diaclasado y fracturación.

Como se puede comprobar las alineaciones de anomalías más frecuentes estarían en relación con uno de los sistemas de fracturación (N40°E) y con la estratificación.

2.4.7.- La Cañada

Esta zona se ubica en la confluencia de las carreteras de Mérida y Badajoz, extendiéndose por la ladera septentrional del cerro de la Mina Esmeralda y por el fondo de la dolina próxima conocida por el nombre de La Cañada.

Se han realizado 20 calicatas eléctricas con un total de 9.470 m de longitud, correspondiendo la superficie investigada a 33,82 Has. Las calicatas situadas en la dolina están separadas entre sí 25 m, mientras que las ubicadas en la falda del cerro, se distancian de 50 a 100 m.

Los perfiles se identifican con las siglas AM, y están numerados del VII al XIII-2. Sus gráficos se encuentran en Apéndice y se identifican con las siglas A-5-30 al A-5-49.

La investigación en este sector se ha planteado con un doble objetivo: de una parte determinar la existencia de conductos kársticos en el fondo de la dolina, la cual es una zona preferentemente de infiltración de aguas, y de otra reconocer la continuidad en profundidad de varias labores mineras ubicadas en el cerro de la Mina Esmeralda, algunas de las cuales están alineadas en el sentido de los principales filones mineralizados.

2.4.7.1.- Anomalías de resistividad

Los valores medios de resistividad de la zona son muy altos, siendo frecuente que se sitúen por encima de los 10.000 Ω ,m, Ello se explica por la extrema sequedad de los materiales en el momento de realizar los trabajos.

En los perfiles AM VII a AM X-2 se observan dos tramos de distinta resistividad eléctrica. Uno inicial con valores en torno a 5.000 Ω ,m, que se interpreta asociado a

unas dolomías recubiertas de arcillas de descalcificación, y otro donde la resistividad es mucho mayor, que corresponderían a afloramientos de las rocas carbonatadas.

En los metros finales de los perfiles AM XII y AM XIII-3 hay un tramo de resistividad muy inferior a la normal, que en el terreno corresponde a un vertedero de escombros que recubre una cantera abandonada.

El resto de anomalías detectadas, representadas en el plano n° II-4-3 se distribuyen de manera irregular por todo el sector reconocido, si bien existe una especial concentración al final de los perfiles compendidos entre el AM X y AM XI y principio de los existentes entre AM XII-3 y AM XIII-2.

No se ha identificado ninguna alineación de anomalías que unan los registros mineros que se observan en el campo, si bien algunos de ellos si están asociados a otras alineaciones.

Las direcciones de las alineaciones de anomalías registradas son N15°E, N30-40°E, N130°E y N150°E. Las más frecuentes y de mayor continuidad son las de dirección N40°E y N150°E.

En este sector el macizo rocoso presenta cuatro familias de discontinuidades: N135°E que corresponden a la estratificación y N10°E, N35°E y N120°E que se relacionan con el diaclasado y fracturación.

Todas las alineaciones de anomalías deducidas tienen una justificación con discontinuidades del macizo rocoso excepto la de dirección N150°E, que pueden asociarse a una discontinuidad no observada, o bien a una alineación casual. La frecuencia con que se identifica esta alineación

de anomalías y su concentración en áreas determinadas, hacen suponer que se asocia con una discontinuidad.

2.4.7.2.- Anomalías de microgravimetría

En el área de mayor acumulación de anomalías de resistividad, se ha planteado una campaña de medidas microgravimétricas sobre 300 puntos, con lo que se ha investigado una superficie próxima a 0,75 Has.

El programa de trabajo en este sector ha tenido las siguientes características:

- Base gravimétrica: P1, estación 1, $g=5.000$ microg.
- Estaciones medidas: 300
- Medidas realizadas: 531
- Total repeticiones: 231 (77%)
- Estaciones medidas 1 vez: 128 (43%)
- Estaciones medidas 2 veces: 118 (39%)
- Estaciones medidas 3 veces: 49 (16%)
- Estaciones medidas 4 veces: 5 (2%)

Diferencia de medidas observadas: 373

- Entre 0 - 5 microg. = 157 (42%)
- Entre 6 -10 microg. = 99 (27%)
- Entre 11-15 microg. = 47 (13%)
- Más de 15 microg. = 24 (6%)
- Medidas eliminadas = 51 (12%)

Los vértices del sector reconocido tienen las siguientes coordenadas UTM:

- Perfil 1, estación 1
- X: 725131

- Y: 4369721,4
- Z: 451,28

- Perfil 1, estación 15
 - X: 725199,6
 - Y: 4369735,3
 - Z: 449,73

- Perfil 20, estación 1
 - X: 725170,3
 - Y: 4369807,9
 - Z: 447,78

- Perfil 20, estación 15
 - X: 725238,9
 - Y: 4369821,8
 - Z: 447,85

Los resultados obtenidos han quedado reflejados en los planos nº A-5-73 y A-5-78 del Apéndice planos de geofísica.

Esta zona presenta gran parte de su borde oriental con anomalías negativas, que no han podido cerrarse por falta de extensión del estudio.

En el resto se define una serie de ejes negativos, más o menos paralelos según directrices N60-70E, N30-40E y N120E, que están separados entre sí por zonas positivas débiles. Estos ejes negativos se pueden considerar como conductos kársticos, si bien por la intensidad y anchura de las anomalías se puede indicar que no deben ser de grandes proporciones.

A este respecto cabe indicar que un sondeo mecánico realizado en el P11-4 (S-6), ha determinado un hueco de 0.5 metros de altura situado a 3 metros de profundidad.

2.4.8.- Mina Abundancia

Esta zona se localiza en el Noroeste de la barriada de Aldea Moret, y en ella se sitúan las labores subterráneas de Mina Abundancia, que son las responsables de los colapsos registrados de mayor entidad.

El objetivo de esta investigación ha sido la localización de labores mineras y otras anomalías subterráneas, así como comprobar la validez de los planos de indicios mineros existentes en el sector, los cuales datan de principios de siglo (planos II-5, 6 y 7).

Para ello se han realizado cerca de 3.000 m de calicatas eléctricas trielectródicas, distribuidas en siete perfiles, identificados con las siglas AM, y numerados del I al VI.

Cuatro de los perfiles se han situado transversalmente al filón de Mina Abundancia, otros dos en la falda del Cerro Cabeza Rubia orientados a detectar las labores del Pozo Moctezuma, y otro para reconocer un solar donde se van a contruir próximamente viviendas sociales de promoción pública.

Los primeros perfiles se encuentran separados entre sí 52 m mientras que los de Moctezuma se distancian 100 m.

En el plano nº II-4-3 se encuentra la situación de las anomalías resistivas determinadas en las calicatas eléctricas, así como las alineaciones que de ellas se deducen.

Entre estas alineaciones destaca la correspondiente a Mina Abundancia, la cual se sigue a lo largo de los cuatro perfiles realizados. La amplitud de la anomalía es algo superior a la anchura de las labores superficiales registradas

en los planos de la Mina, lo cual se debe a la influencia que tiene el hueco de la Mina sobre las medidas de resistividad realizadas en su entorno y a que, ciertamente, los planos disponibles son muy antiguos y las labores han podido modificarse sustancialmente en los últimos años de explotación.

Las otras anomalías detectadas en estos perfiles se disponen paralelas a la producida por Mina Abundancia. La más próxima a ella podría interpretarse como una labor no registrada, pero el sondeo de investigación realizado (S-1) ha puesto de manifiesto la relación de la anomalía resistiva con una zona de fractura.

En el comienzo de las calicatas AM I, III y IV-1, se localiza otra importante anomalía que, en su prolongación hacia el Norte sigue en el terreno produciendo una ligera depresión, y que a su vez coincide aproximadamente con una labor minera antigua registrada en los planos de principio de siglo. El sondeo realizado entre las estaciones nº -40 y -41 del Perfil AM I (S-3), ha encontrado una zona karstificada entre los 4 y 6 metros de profundidad, con cerca de 1,25 metros de huecos.

En el otro extremo de esta anomalía, entre las estaciones -18 y -19 del perfil AM IV-1, se ha realizado otro sondeo (S-10), que ha atravesado una zona karstificada superficial con varios huecos superpuestos de hasta 1 m de altura.

En los perfiles realizados en el Cerro Cabeza Rubia, destaca una alineación de anomalías de dirección coincidente con la de Mina Abundancia, algunas de las cuales son de gran intensidad y en sus inmediaciones se localizan registros mineros.

No parece que ninguna de estas anomalías esté relacionada con las labores de Moctezuma ya que no se encuentran alineadas.

2.4.9.- Poblado Minero

Este sector se sitúa en las inmediaciones del Poblado Minero de Aldea Moret, y en él se encuentran varios pozos mineros como son San Eugenio y Malacate.

Los trabajos realizados han consistido en 12 calicatas eléctricas trielectródicas, separadas entre sí 50 m, que suman una longitud total próxima de 2.300 m y abarcan una superficie de 10,5 Has.

Los perfiles se identifican con las siglas SE (San Eugenio) y se han numerado del 1 al 12. Sus gráficos se encuentran en Apéndice, con las siglas A-5-57 al A-5-68.

El objetivo principal del trabajo en el sector es el de situar las labores subterráneas asociadas a los pozos mineros existentes, así como reconocer otras posibles anomalías.

En el plano nº II-4-3 se encuentran la situación de los perfiles, las anomalías observadas y las alineaciones que se pueden deducir de aquellas.

La mayoría de perfiles comienzan sobre pizarras y tobas volcánicas, y a ellas se asocian unos valores de resistividad comprendidos entre 100 y 300 Ω ,m,. El contacto con las dolomías viene marcado por un importante incremento en la resistividad, hasta alcanzar 1.500-3.000 Ω ,m, el cual afecta

primero a los dos electrodos que van por delante del dipolo emisor (directo).

Dentro de las dolomías se encuentran un buen número de anomalías. Su alineación a lo largo de varios perfiles nos muestra tres familias de direcciones N-S, N40E y N150-160°E.

Las dos primeras direcciones coinciden con las diaclasas y fracturas que afectan al macizo rocoso en este área, mientras que la dirección N150-160E, corresponde a la estratificación.

De entre las alineaciones de anomalías resistivas deducidas, una de ellas, de dirección N40°E, pasa por una roza a cielo abierto, pozo Malacate y pozo minero próximo al almacén de la compañía ERT, por lo que debe corresponder a las labores mineras asociadas a estos pozos.

Paralelamente a esta labor principal se han deducido otras anomalías, que deben corresponder a filones secundarios.

Para situar esta labor minera, se ha realizado un sondeo mecánico (S-5), que se ha ubicado en una anomalía existente entre las estaciones 33 y 34 del perfil SE P-7. A 10 metros de distancia entre las estaciones 31 y 32, se ha determinado otra anomalía de mayor intensidad, la cual no ha podido ser reconocida por situarse bajo un tendido eléctrico y presentar riesgo para los equipos de perforación.

En el sondeo se ha determinado la existencia de escombros hasta los 6,25 metros de profundidad y de un hueco de 1,25 metros de altura situado a 0,75 metros de profundidad, que debe ser el responsable de la anomalía determinada.

La labor minera debe situarse bajo la anomalía próxima que no ha podido ser reconocida.

Las labores asociadas al pozo San Eugenio sólo se han registrado en los dos perfiles más próximos.

2.4.10.- Valoración de Resultados

La metodología aplicada ha permitido realizar un reconocimiento general del área y determinar, en una primera etapa, un buen número de anomalías de resistividad, las cuales en su práctica integridad están relacionadas con planos de discontinuidad del macizo rocoso (diaclasas, fracturas y estratificación).

Estos planos son las vías principales de circulación hídrica subterránea, lo que conlleva que a su vez corresponden con los sectores de máxima probabilidad de karstificación y por consiguiente de formación de cavidades subterráneas. Los sondeos efectuados sobre anomalías resistivas, S-1, S-3, S-5, S-10 han atravesado zonas de intensa fracturación, o cavidades subterráneas.

Estas cavidades también se han podido verificar con el empleo de métodos microgravimétricos, los cuales se han utilizado en sectores de especial concentración de anomalías resistivas. En estos sectores se han determinado un buen número de ejes de anomalías negativas, que corresponden con conductos kársticos de desarrollo horizontal. Los sondeos efectuados S-4, S-6, S-7 y S-8, han localizado cavidades de diversos tamaños, destacando la encontrada en los prados del Espíritu Santo con una altura de 7,25 metros.

Para el caso de las minas el método eléctrico se ha mostrado igualmente útil, dando anomalías sobre todas las labores mineras conocidas, y situando con precisión otras labores registradas en planos antiguos cuya localización se hacía imposible, dadas las deformaciones de tales mapas y la gran transformación que ha sufrido la zona con su urbanización.

Además de las discontinuidades de los carbonatos, con los métodos aplicados se ha podido situar con precisión su contacto con las pizarras de techo y/o muro, así como la extensión de los recubrimientos que presentan en ciertos sectores.

La precisión del método de trabajo ha sido de ± 5 m, que corresponde con la distancia entre medidas.

3. - ESTUDIO GEOTECNICO

3. - ESTUDIO GEOTECNICO

3.1. - INTRODUCCION

En este apartado se indican las conclusiones del reconocimiento geotécnico general efectuado en Cáceres, en el extremo noroeste del área conocida como "El Calerizo".

La expansión de la ciudad de Cáceres se ha efectuado, en los últimos años, preferentemente por su zona Sur, según las carreteras que con esa dirección salen de la Plaza de la Cruz de los Caídos.

Toda esta expansión urbana se ha realizado a favor de un área de relieve muy favorable, sensiblemente llana, con desniveles en general reducidos, existente al Sur del casco antiguo de Cáceres. Este área tiene límites muy netos con zonas más elevadas: al Norte y Noroeste la Sierra de Portanchizo, al Este en el cerro denominado Cabeza Rubia, y al Sur lomas coronadas por las ruinas de antiguas explotaciones mineras.

Dentro del área indicada se han estudiado tres zonas, cuya situación y extensión se indica en el plano 0-1.

Estas tres zonas se han denominado, a título de identificación de las mismas, de Oeste a Este, Zona de Aldea Moret, Zona de la Estación de Autobuses, y Zona del Espíritu Santo.

3.2.- DESCRIPCION DE LOS HUNDIMIENTOS Y DAÑOS HABIDOS EN LA ZONA DE EL CALERIZO DE CACERES

En los terrenos conocidos en Cáceres con el nombre de "El Calerizo", se han producido hundimientos del terreno, o deformaciones del mismo, que, en unas ocasiones han originado daños a edificios o servicios de la ciudad y en otras alarmas en su población. El inventario de este tipo de fenómenos realizado en la zona de estudio es el siguiente

3.2.1.- Zona Cueva de Maltravieso

HUNDIMIENTOS:

En la Zona de Cueva de Maltravieso se han referenciado un total de 14 hundimientos, plano III-1-1. De ellos, 11 numerados de H-1 a H-11 y el H-14, están situados al Sur de "El Marco" en terrenos rústicos entre este manantial y el polígono industrial del Espíritu Santo, uno el H-12, en el polígono industrial del Espíritu Santo, y otro, el H-13, en un solar del polígono de Moctezuma en zona urbana.

Estos hundimientos tienen las siguientes dimensiones y características:

H-1: Circular en suelos del valle. Tiene un diámetro de 4.5 metros en su parte superior y 2.5 metros en su fondo y una profundidad de 0.6 metros.

H-2: Circular en suelos del valle. Diámetro de 3.5 metros en su parte superior, 1.5 metros en su fondo y 0.5 metros de profundidad.

Estos hundimientos parecen tener del orden de 10 o más años de antigüedad, tienen los bordes, como puede inferirse de sus dimensiones, bastante tendidos.

- H-3: Circular en suelos del valle, 3.5 metros de diámetro. Se encuentra tapado con escombros.
- H-4: Circular en suelos del valle, 5 metros de diámetro. Se encuentra tapado con escombros.
- H-5: Circular en suelos del valle, 2.6 metros de diámetro y 0.6 metros de profundidad. Hundimiento reciente de bordes casi verticales.
- H-6: Circular en suelos del valle, 2.4 metros de diámetro y 0.35 metros de profundidad. Hundimiento reciente.
- H-7: Elíptico en suelos del valle, 4.3 metros de largo por 3 metros de ancho. Tapado con escombros.
- H-8: Elíptico en suelos del valle, 6.5 metros de largo por 5 metros de ancho. Tapado con escombros.
- H-9: Circular en suelos del valle, 4.5 metros de diámetro por 0.7 metros de profundidad. Hundimiento reciente de bordes casi verticales.
- H-10: Alargado de forma irregular. En suelos del recubrimiento sobre la roca, dolomías. Tienen una longitud de 14 metros en sentido Este-Oeste y una anchura máxima de 8 metros. Su borde Norte está formado por un plano casi vertical en roca, dolomías. Su borde Sur, en suelos, es de pendiente irregular pero fuerte formado por la coalescencia de tres formas semicirculares de unos 5 metros de diámetro. La profundidad máxima del hundimiento es de 4 metros a lo largo de su borde Norte. En el fondo se encuentra el nivel freático; visible a favor de cavidades kársticas decimétricas en las dolomías.

- H-11: Circular en suelos del valle. Dimensiones del orden de 4 metros, se encuentra tapado con escombros en una zona de vertidos superficiales, por lo que sus dimensiones concretas no pueden precisarse.
- H-12: Hundimiento o subsidencia del terreno en el polígono industrial del Espíritu Santo. Tiene forma circular de más de 5 metros de diámetro, afecta a cerramientos de Industrias Inque. El terreno ha sufrido un asentamiento del orden de 20-50 centímetros. Se tienen referencias de otro hundimiento o subsidencia dentro de este polígono industrial, pero no se ha logrado obtener su situación concreta.
- H-13: Hundimiento circular, situado en un solar de la Dehesa de los Caballos, afecta a suelos; de dimensiones del orden de 4 metros de diámetro por 1.2 metros de profundidad, ver fotografía. Reciente, tapado mediante un relleno y hormigón en superficie.
- H-14: Hundimiento circular aparecido en los últimos meses de 1.989, inducido por las fuertes precipitaciones de ese otoño.

SUBSIDENCIAS O ASENTAMIENTOS DEL TERRENO

Se han observado las siguientes:

- S-1: Edificio de la Estrella. Aparecieron grietas en la fachada y balcones en relación con el asentamiento del pilar exterior de una esquina del edificio.
- S-2: Instituto de Formación Profesional. Todo él se encuentra construido sobre vertidos. Se han producido asentamientos del terreno en las instalaciones deportivas de la parte posterior del Instituto, que han desnivelado dos

campos de baloncesto, originando grietas en sus pistas. Han aparecido también grietas de una de las esquinas del edificio.

3.2.2.- Zona de la estación de Autobuses

SUBSIDENCIAS O SENTAMIENTOS DEL TERRENO

S-3: Edificio calle Caupolican nº 4. Farmacia Ortega. El terreno, bajo la farmacia y aceras del lado de la calle Caupolican, ha sufrido un asentamiento de varios centímetros apreciables a simple vista. Del lado del bloque nº 6, bajo la farmacia, el terreno se ha despegado de la base de la solera del edificio unos 10 centímetros.

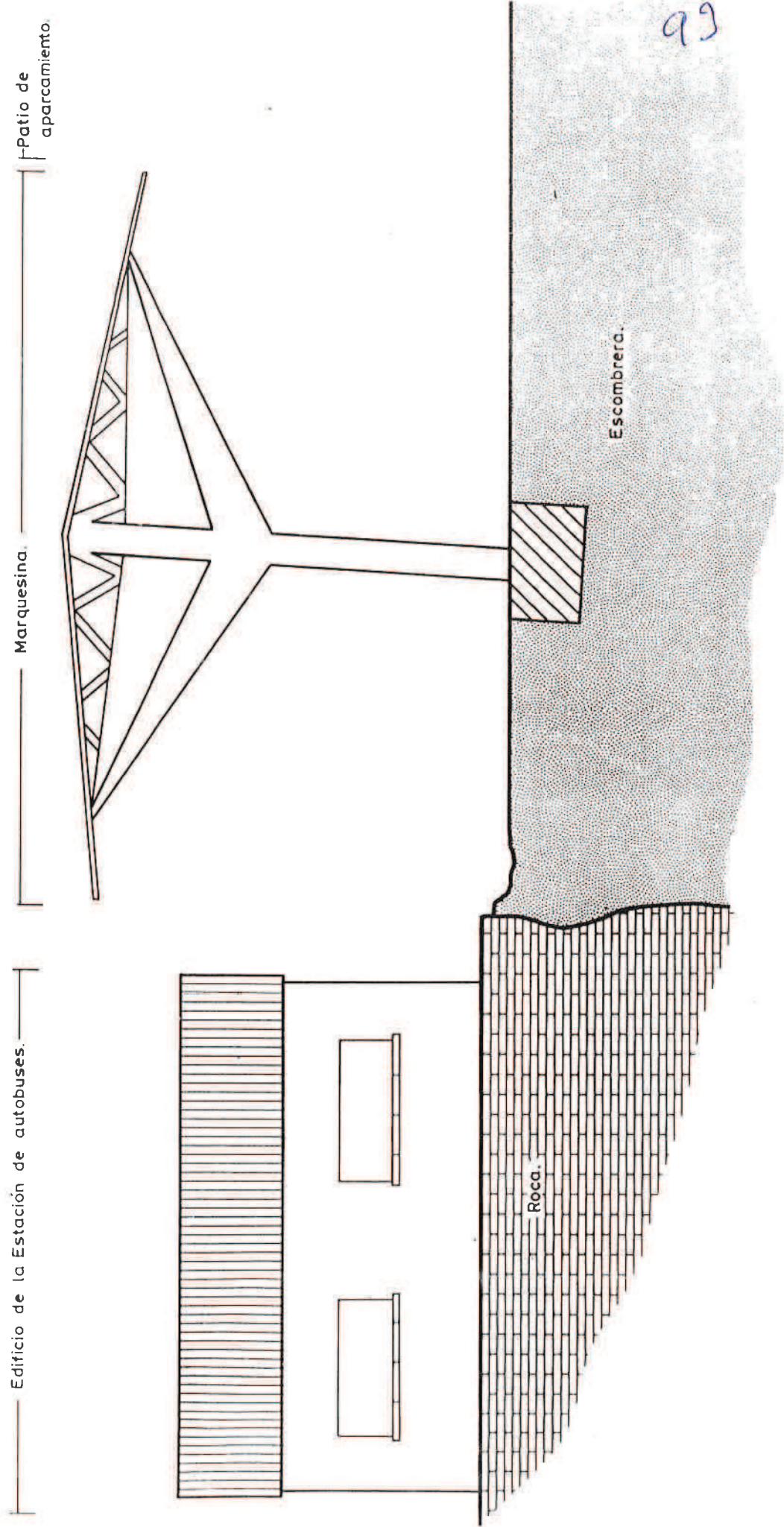
S-4: Estación de Autobuses. Se ha producido un asentamiento del terreno en el tercio Norte de la estación de autobuses, que ha producido deformaciones en la marquesina de la estación, pavimento de esta zona y cerramiento de la estación. Toda la zona que ha sufrido la subsidencia se encuentra sobre vertidos que rellenan una antigua calera, el asentamiento de dichos rellenos es el causante de los daños citados (fig. III-1). La reparación efectuada ha consistido en el apoyo en roca de los pilares que sustentan las marquesina, mediante pilotes excavados en los vertidos. Se niveló y recreció el firme de la estación y se realizó bajo él un drenaje en forma de espina de pez.

3.2.3.- Zona de Aldea Moret

HUNDIMIENTOS

En la zona de Aldea Moret se han producido en épocas recientes grandes hundimientos del terreno, todos ellos

ESQUEMA DE LOS ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN LA ESTACION DE AUTOBUSES.



localizados siempre en el borde Oeste de Aldea Moret, en la denominada Barriada de la Abundancia.

H-15: Situado en la zona ocupada en la actualidad por el bloque de viviendas B-3, ver figura III-1-3. Se encuentra relacionado con las labores de la minas ¿Moctezuma?.

H-16: Situado inmediatamente al Sur del bloque B-1. Se originó recientemente, 1.985, durante la construcción del B-1, con dimensiones de varias decenas de metros de anchura y profundidad. Está en relación con el pozo Nº D de la Mina Abundancia.

H-17: Situado al Suroeste del anterior en relación con el pozo Nº 7 de la Mina Abundancia. Es de fecha 1.989.

H-18: Situado al Oeste del Poblado minero de Aldea Moret. En relación con minados del pozo Malacate. Es de fecha 1.989.

H-19: Situado en el polígono de Aldea Moret, al Este del bloque B-3. Es de pequeñas dimensiones. En él se observan paramentos de un pozo minero de la explotación Moctezuma.

En todos los casos citados se han tratado del colapso o subsidencia de vertidos y rellenos realizados para tapar socavones y huecos mineros de las minas Abundancia, ¿Moctezuma? y Malacate. La primera de las cuales se ha explotado hasta épocas recientes.

El hundimiento S-16, al Sur del bloque B-1, se llenó en su fondo con hormigón y relleno posteriormente. No obstante en la actualidad se aprecian deformaciones en las

aceras de dicho bloque y grietas en los taludes existentes bajo él.

Se han producido, también en esta zona, asentamientos de rellenos de pozos mineros abandonados, que los vecinos periódicamente rellenan para evitar accidentes personales. En Enero de 1.990, estas subsidencias han sido de entidad y han dado lugar a tres hundimientos, H 20, 21 y 22, de unos m² de superficie y 3-4 de profundidad.

ACCIDENTES PERSONALES

En toda la zona existen numerosos pozos y socavones mineros de antiguas explotaciones. El acceso a muchos de estos huecos mineros se impide con cerramientos apropiados en el caso de las explotaciones más recientes, Mina Abundancia, pero existen otros más antiguos parcialmente rellenos o hundidos, sin ningún tipo de protección, o están en situación ruinoso que no impide el acceso a las mismas. Las referencias que existen en la zona de los pozos generalmente corresponden con los accidentes que en ellos se han producido. Accidentes que, en varios casos, han originado la muerte de niños o jóvenes de las barriadas cercanas que jugaban o sentían curiosidad por estos huecos.

3.3.- ZONA DE ALDEA MORET

3.3.1.- Introducción

Situada al Suroeste de la ciudad. Sus límites aproximados son, al Norte la ladera Sur del cerro Cabeza Rubia, al Oeste las antiguas instalaciones mineras del Río Tinto y poblado minero de Aldea Moret, al Sur la ladera alomada sobre la que se encuentran las antiguas minas de San Salvador y Esmeralda, y, finalmente, al Este la carretera a Mérida.

Se denomina en Cáceres "Aldea Moret" al conjunto urbano situado al Suroeste de la estación de ferrocarril. En este escrito denominaremos: "Poblado de Aldea Moret" al inicial poblado minero en las instalaciones del Río Tinto; "Polígono de Aldea Moret" al conjunto urbano, construido en gran parte recientemente, situado al Sur, y en parte en la falda, del cerro Cabeza Rubia, hasta el Instituto Proas; y "Barriada de la Abundancia" al conjunto de viviendas casi todas de una planta y unifamiliares, situadas inmediatamente al Oeste del anterior.

3.3.2.- Labores extractivas existentes

En la zona de Aldea Moret, se ha modificado el terreno, tanto en superficie como en el interior del mismo, por diferentes actividades industriales extractivas. Estas han sido de tres tipos. Las relacionadas con la fabricación de cal, que quizás sean las más antiguas y tradicionales, las relacionadas con la obtención de áridos para la construcción, y finalmente las relacionadas con la obtención de materiales para abonos.

3.3.2.1.- Canteras para la fabricación de cal

Se encuentran localizadas en tres zonas: Suroeste de Cabeza Rubia, Sur de Cabeza Rubia y extremo Sureste de Aldea Moret.

En el extremo Suroeste del Cerro de Cabeza Rubia - Oeste del campo de fútbol y piscinas de Aldea Moret, existen varios huecos, canteras, de formas muy irregulares. Estas explotaciones tienen su base casi a la misma cota, la del camino que rodea al Oeste el cerro. Su irregularidad de forma obedece a la existencia de varios hornos -varios propietarios-, al sistema de arranque, probablemente manual con palancas y barrenos realizados con martillo a mano, y a los reducidos volúmenes de piedra que se emplean en cada cocción de la cal. La altura máxima de los frentes actuales es de 9 metros y la altura más frecuente de 5-6 metros. En la actualidad estos huecos se encuentran tal cual quedaron al terminar la fabricación de cal, existen aún dos hornos, y los terrenos están ocupados completamente por pequeños corrales y barracas, en las que se crían animales y/o se almacenan chatarra o materiales de desechos de construcciones.

En el extremo Sur de Cabeza Rubia, inmediatamente al Norte del cerramiento del Instituto Proas y al Este del actual vial de acceso Sur a las nuevas barriadas de bloques del Polígono de Aldea Moret, existían varios hornos de cal y sus correspondientes canteras. Toda esta zona se ha terraplanado recientemente, rellenando estos huecos y construyendo varios bloques de viviendas sobre ellas; únicamente quedan reducidos vestigios de los mismos cerca del cerramiento citado del Instituto Proas. Las coronaciones de las canteras principales se indican, de forma aproximada en la planta geotécnica , plano nº II-1-3 que se han definido en base a fotografías aéreas anteriores a la construcción de la nueva barriada. Dada la morfología del cerro y el tipo de

explotación es probable que estas explotaciones no tengan alturas de taludes superiores a los 10 metros.

En el extremo Sureste de Aldea Moret cercano a la línea de ferrocarril existe otra calera, plano nº II-1-3, de la cual existen aún los hornos. La cantera es una explotación de poca profundidad, del orden de tres metros, alargada en sentido Norte-Sur. En la actualidad su extremo Sur, se encuentra libre, mientras su parte Norte esta ocupada por vertidos y rellenos; quizás el hueco de la explotación se extienda bajo los edificios industriales más cercanos al Polígono Industrial.

3.3.2.2.-Canteras para la obtención de aridos para la construcción

Existe una importante explotación, Cantera Labradora, actualmente en funcionamiento al Oeste del cerro de Cabeza Rubia. La cantera es un importante hueco excavado en la ladera del cerro, con dos bancos de arranque de taludes prácticamente verticales y de gran altura. Se encuentra situado fuera del área estudiada, pero muy cercana a ella. La explotación de esta cantera ha originado varias escombreras de vertidos de materiales de rechazo, el más importante de los cuales se encuentra entre la explotación y el límite norte del plano nº III-1-3. Estos vertidos son, con gran diferencia, la acumulación de residuos más importante de toda la zona.

3.3.2.3.- Labores mineras

En el plano nº III-2 se presenta la situación de las labores mineras inventariadas.

Las labores mineras de todo el borde Suroeste del macizo de El Calerizo de Cáceres están en relación con la explotación de materiales fosfatados, apatito, empleado en la

fabricación de abonos. Las explotaciones, tanto de interior como de exterior datan de finales del siglo pasado y las últimas fueron abandonadas hacia el año 1.962.

Todas las explotaciones tienen orígenes antiguos y únicamente la denominada Mina Abundancia se ha explotado con métodos y medios modernos hasta épocas recientes. Esto afecta a la profundidad de las explotaciones que estaban limitadas por los medios de agotamiento para su profundización que, a principio de siglo, eran bombas accionadas por máquinas de vapor.

La mineralización corresponde a filones según fracturas singulares o zonas de fracturación con pendientes fuertes, por lo que los huecos mineros tienen también esa disposición, figura III-2.

Se dispone de poca información sobre la situación y dimensiones de las diferentes minas. En el plano III-3-1, se ha reflejado la situación de los pozos que se han localizado en el reconocimiento de campo, bien por inspección directa de la zona, bien según indicaciones de antiguos mineros. Se han indicado con la sigla "P" los pozos principales de cada explotación, los restantes son pozos auxiliares, "Registros" en la terminología local, de labores de reconocimiento, ventilación, escape..., o para relleno de los tajos. Se indica también la situación de los principales socavones mineros o rozas superficiales existentes.

En la figura III-3 se señala la posición de los huecos mineros observados en la foto aérea de 1.957.

Solamente se han podido obtener tres planos, de las antiguas explotaciones, los cuales se encuentran en el Apéndice 7. El primero, Plano A-7-1, "Plano de situación de las minas de fosfatos de cal y sus labores en Aldea Moret", es

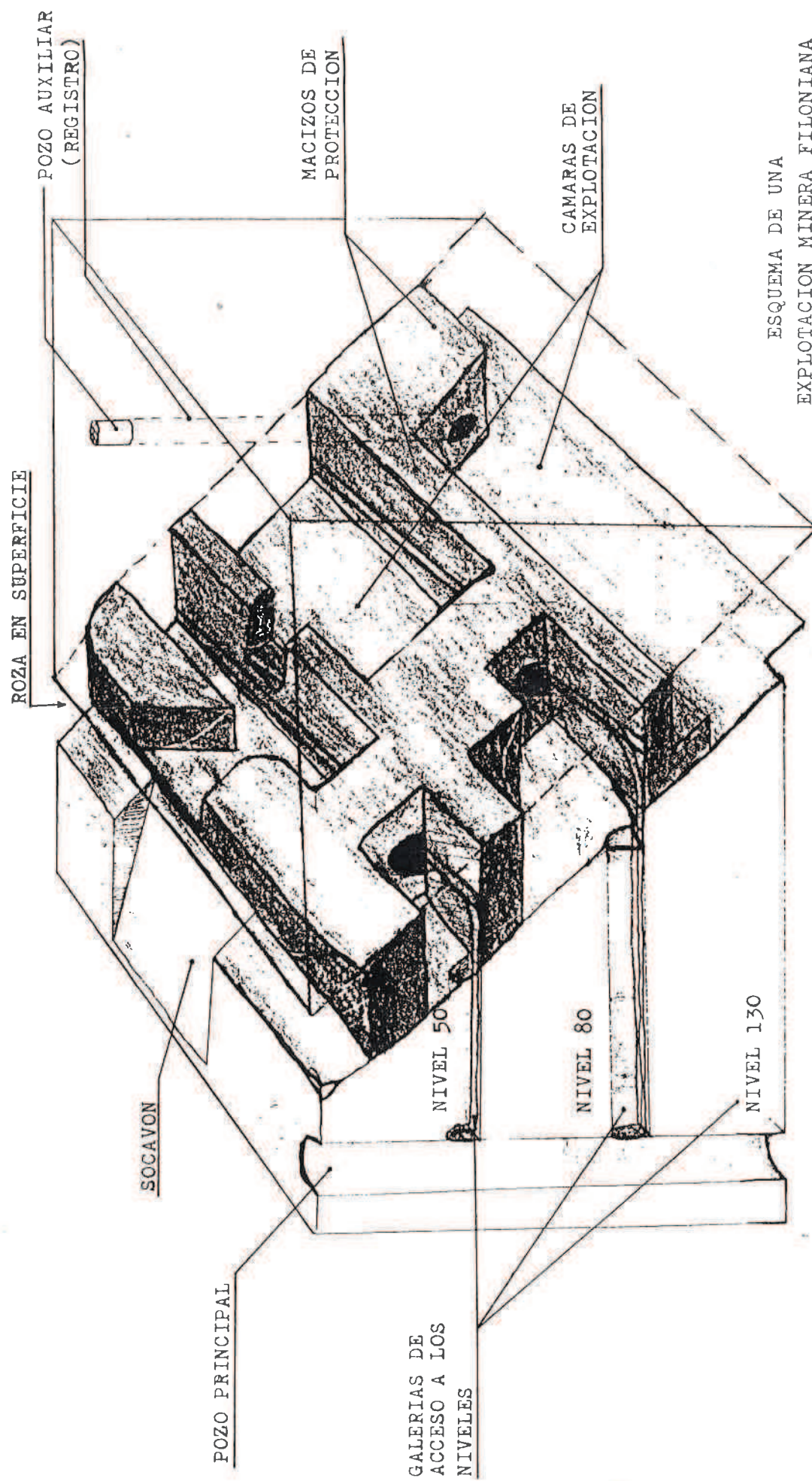


Fig. nº III-2

una planta a escala 1/5.000 de fecha 12-7-1907, en el que están situadas las cuadrículas mineras de las diferentes concesiones respecto a las líneas de comunicación y los pozos e instalaciones superficiales de las diferentes labores, sin especificar si se trata de labores superficiales o de interior.

El segundo (plano A-7-2), de fecha 26-6-1.954, se titula "Plano parcial de las propiedades de la U.E.E. comprendiendo instalaciones y poblado" y en el vienen reflejadas las labores mineras próximas al poblado de Aldea Moret.

También se han conseguido los planos de Mina Abundancia (A-7-3).

En el plano III-2, se han dibujado estas labores sobre la base topográfica usada en el Proyecto.

En la zona pueden diferenciarse lo que son grandes explotaciones en las que se han extraído volúmenes de cierta entidad que han originado huecos importantes, y labores que podríamos denominar menores, que han debido ser de muy poca importancia y limitadas casi a los pozos y rampas o planos de acceso y alguna galería. Al primer grupo pertenecen las siguientes minas: Esmeralda, San Salvador (al Sur de la zona estudiada), Pozo Malacate y Mina Abundancia. Hay también otras dos labores relacionadas con las anteriores que parecen haber tenido cierta entidad son: Antigua María Estuardo (en relación con Mina San Salvador) y San Eugenio. Todas las restantes explotaciones mineras consideramos son labores menores.

LABORES PRINCIPALES

Mina Esmeralda. - Situada al Suroeste de la Zona de Aldea Moret y al Sur de la carretera de Mérida. Parece seguir un filón de rumbo N10-20 O. Presenta en superficie un grán socavón que se abre al valle situado al Sur. En su borde Este existe un pozo de más de 30 metros de profundidad. El mineral se ha extraído en una gran cámara (con salida a la ladera) que tiene fuerte pendiente al Oeste, y parece tener pilares intermedios. Se encuentra hueca sin relleno, según se aprecia desde el exterior. La parte inferior de la explotación se encuentra inundada.

Mina San Salvador. - Situada en la misma loma que la anterior y al Oeste de ella. Explota al parecer un filón de características similares. Todas las labores son de interior y se desconoce su magnitud. El pozo principal se encuentra protegido por los cerramientos originales.

Antiguas labores de María Estuardo. - Situadas a 150 metros al Norte de la anterior y al parecer sobre el mismo filón. Consta en superficie de una trinchera que termina en un pozo y cámara de dimensiones y profundidad grandes. Este punto se emplea de forma habitual como vertedero de neumáticos de vehículos, que se queman y originan una columna de humos perceptibles con toda claridad desde cualquier punto de la zona. A una distancia de unos 50 metros al Norte de este pozo existe otro de parecidas dimensiones cerrado por los restos de su castillete original.

Pozo Malacate y Pozo Cacereña. - Situados inmediatamente al Oeste del Poblado de Aldea Moret. Parecen ser dos explotaciones independientes en sus inicios, pero cuyas labores pueden estar intercomunicadas. Son labores muy

antiguas e importantes quizás las que dieron origen al poblado. De estas minas se dispone de la planta de sus labores de interior, aunque se desconoce si son más extensas (Plano A-7-2). Al Sur del Pozo Malacate existe un socavón superficial de unos 100 m de longitud, que al parecer se rellenó de cenizas en una profundidad de unos 10 metros.

Pozo San Eugenio. - Explotación al Sur del Poblado de Aldea Moret. Consta de un pozo principal, y un plano inclinado. La excavación de acceso a este último se rellenó cuando se hizo la variante de la carretera a Badajoz. Esta Mina tiene cinco pozos menores "Registros" que, por su disposición paralela al contacto con los esquistos devónicos, parece indicar una explotación con esa tendencia. Se desconoce si estas labores enlazan con las del Pozo Malacate.

Mina Abundancia. - Situada al Noroeste de la zona. Es la explotación más importante de la zona. La principal información de esta Mina está contenida en el Plano A-7-3. Se trata de un filón con una orientación media N25°0 y con buzamiento al Este de 60°. Su anchura es de unos 5 metros en la parte superior, a 15 metros en los niveles más profundos. Al Norte (a la altura del bloque de viviendas B-1 del polígono de Aldea Moret), se bifurca en dos filones. En la actualidad de esta explotación quedan en superficie, al Sur de la línea del ferrocarril, las instalaciones en torno al pozo principal nº 2, y un gran socavón. Al Norte del ferrocarril existía un depósito de agua abandonado, demolido recientemente.

Esta Mina parece haberse explotado primero en superficie con socavones y rozas. Estas labores dieron lugar, al

actual hueco existente al Sur del pozo principal, Pozo nº 2; a un socavón entre la vía del ferrocarril y el depósito de agua; otro socavón entre el depósito de agua y el actual bloque de viviendas B-1; y finalmente a rozas y labores diversas existentes entre la actual Barriada de la Abundancia y los bloques de viviendas B-1 a B-3. Esta última roza, parece que no fué muy profunda (4-5 m), y en ella existían algunos pozos (que se han situado en los planos), terminaba en un socavón (Sur del bloque B-3) que parece corresponder a la explotación Moctezuma. De todas estas labores no quedan indicios superficiales, salvo de la situadas al Sur del pozo nº 2 que se encuentra abierta e inundada y es un buen punto de referencia para apreciar la magnitud de las restantes. Los socavones al Sur y Norte del depósito de agua probablemente se modificaron en épocas posteriores y se emplearon como "tolvas" de entrada de materiales para relleno de los huecos.

En una segunda fase parece se explotó hasta el nivel 130 por cámara excavada por "realce" que se rellenaron, más o menos sistemáticamente, empleando los socavones antes citados al Sur del depósito de agua y al Norte del mismo (pozos nº 7 y D).

Posteriormente tras efectuar las labores preparatorias de los niveles 155 y 185, parece se explotó esa zona más profunda de la Mina, ampliándose la explotación hacia el Norte. El extremo Norte de la explotación, está condicionado por el límite de la concesión minera, que se encuentra en el borde septentrional del bloque de B-2, del polígono de Aldea Moret. En esta zona más profunda el filón, según informaciones facilitadas por mineros que trabajaron en esta mina, el filón era más ancho que en las zonas altas, del orden de los 13 metros. De acuerdo también con estas informaciones, esta

zona no se rellenó, como sucedió sobre el nivel 135, y quedó tras el arranque del mineral hueca.

Bajo los bloques de viviendas B-1 y B-2, según los planos de que se dispone, no se explotó totalmente sobre el nivel 80, y sólo parte de una cámara sobre el nivel 130.

Durante la explotación parece fue necesario, en algún momento, reforzar el terreno bajo la línea de ferrocarril cruzada por la Mina, por haberse iniciado deformaciones superficiales en ese sector, cosa que se realizó mediante rellenos de hormigón. En los estadios finales de la explotación se rellenó y selló el socavón al Sur del depósito de agua, lo que requirió al parecer verter en él un volumen muy considerable de materiales. El socavón al Norte del depósito (que es en el que se han producido posteriormente varios asentamientos o hundimientos importantes), parece no se rellenó de forma sistemática y fué colmatándose con vertidos irregulares no controlados; posteriormente el último hundimiento se rellenó de forma más adecuada con un sellado de varias capas de hormigón y relleno.

Del Plano nº A-7-3 se deduce que en la zona explotada por cámaras se recuperó, de media, el 78.4% del mineral quedando el 21.6% en pilares y macizos de protección. En algunas zonas la recuperación fué algo superior, 81.1%.

Para confirmar los datos anteriores se han realizado dos sondeos S-2 y S-9. El primero efectuado en las cercanías del Pozo nº 4, cortó las labores mineras a 46 m de profundidad, que en ese punto estaban rellenas. El sondeo S-9 se realizó en el punto que se consideró más crítico para la seguridad del bloque de viviendas B-1, su esquina Suroeste. Este sondeo cortó el filón de

fosforita y no localizó ningún hueco o labor. Es decir confirma, que en ese punto, no se ha explotado el filón y existe continuidad en la roca sin huecos. Este dato verifica, en ese punto, las informaciones sobre la poca profundidad de la roza o labor superficial al Oeste de los bloques.

LABORES MENORES

Citaremos a continuación las labores mineras menores, de las cuales no se dispone de ningún tipo de información fuera de su situación aproximada y referencia en el plano nº A-7-1 y en la foto aérea de 1.957 (fig. III-3).

- Moctezuma, situada entre el campo de fútbol de Aldea Moret y las viviendas unifamiliares al Este del mismo y bajo el bloque B-3. Parece se trató de una explotación muy superficial con planos inclinados y galerías.
- Explotación al Sur del campo de fútbol entre éste y la Barriada de la Abundancia. Por el aspecto superficial de la zona parece tratarse de una roza o socavón superficial.
- Explotaciones La Casualidad, situadas en un filón o fractura cercana al contacto dolomías-esquistos al Oeste de la Barriada de la Abundancia. Consta de unos pequeños socavones superficiales, casi completamente rellenos, y varios pozos o registros de pequeño diámetro, uno de ellos al menos con un sellado muy deficiente.
- Pozo aislado en la ladera de Cabeza Rubia.
- Pequeño socavón, parcialmente relleno, al Noroeste del pozo nº 2 de Mina Abundancia. Parece una excavación superficial de escasa entidad.

- Pozos y pequeño socavón de la antigua Mina Productora. Es una explotación antigua de la que no hay referencias. Sus pozos o labores están parcialmente rellenos. Los tres puntos visibles en superficie se encuentran alineados entre si y con las labores de la Mina San Salvador. Parece tratarse de dos pozos, los más altos en la ladera, y un pozo o plano inclinado, el más cercano a la línea de ferrocarril. Se desconoce su extensión o profundidad y si están o no interconectados.

- Labores muy ruinosas. Se designan así en el Plano nº III-2 a las labores situadas al Suroeste de la Zona de Aldea Moret, cercana y bajo la línea de ferrocarril. Se trata de varias rozas superficiales y una excavación cercana al ferrocarril que en la actualidad se encuentra cubierta de árboles y maleza. De esta excavación parece se inician dos planos inclinados en dirección Nor-noroeste.

Malacate, es un término antiguo azteca y actual mejicano, con el que se denominan los cabrestantes mineros, que antiguamente eran accionados por caballerías. En otras zonas de la península, Almadén, se denominan a este tipo de cabrestantes antiguos "bariteles".

3.3.3.- Condiciones superficiales del terreno

En la zona de Aldea Moret existen dos tipos de recubrimientos en superficie, rellenos artificiales y suelos naturales de origen residual, en sentido amplio.

3.3.3.1.- Rellenos

Existen varios tipos de rellenos en la zona estudiada; denominaremos con el término "vertido" a rellenos

de materiales depositados sin ningún tipo de control, es decir sin compactar, y heterogéneos en su composición. Denominaremos "terraplenes" a rellenos cuya ejecución se ha debido realizar bajo algún tipo de control técnico y por tanto se supone son rellenos compactados y homogéneos en su composición. Esta división cualitativa debe entenderse con cierta prudencia, pues sólo se ha realizado "de visu"; no se ha investigado específicamente ningún relleno, tipo de ensayo, para verificar su densidad o capacidad de carga. Debe tenerse en cuenta también, si vierte en los bordes de terraplenes existentes, por lo que los límites de éstos no suelen coincidir con los iniciales y presentan frecuentes heterogeneidades laterales de inferior calidad.

En el Plano Geotécnico General nº III-1-3, se han diferenciado los siguientes tipos de rellenos artificiales.

- Vertidos de poco espesor: Son vertidos heterogéneos con espesor inferior a tres metros, vertidos urbanos, basuras y productos de derribos de edificios o materiales procedentes de pequeñas excavaciones.
- Vertidos de gran espesor: Son vertidos de materiales heterogéneos que pueden tener espesores superiores a los 3 metros. El relleno de este tipo de más espesor, unos 8 metros, es el situado a media ladera en el pie de la vertiente Este de Cabeza Rubia. Los restantes, si bien ocupan superficies de cierta amplitud, deben tener espesores entre tres y cinco metros, salvo los que están rellenando huecos de antiguas caleras al Sur y Norte de Aldea Moret.
- Rellenos en zonas mineras: Están localizados en la zona Oeste. Existen dos tipos de estos rellenos, los que cubren específicamente huecos mineros y los que ocupan zonas superficiales y son producto de las actividades

mineras. Por estar en la misma zona y ser de características superficiales similares no es factible hacer una diferenciación superficial de los mismos. Los rellenos de huecos mineros son, por su mayor espesor y posible conexión con cavidades minadas bajo ellos, los que pueden suponer un mayor riesgo para personas, viviendas o servicios.

Los pozos que se indican en el Plano nº III-1-3, se encuentran rellenos "en superficie". Los pozos principales de las explotaciones, indicados con la referencia "P", se encuentran en el interior de cerramientos no accesibles, en algún caso éste es muy deficiente. Los pozos menores están rellenos; en algunos casos, Oeste de Barriada de la Abundancia, precisan los vecinos del entorno recrecer el relleno periódicamente.

Las labores superficiales consisten en socavones de explotaciones superficiales, rozas según filones, o rampas de acceso a planos inclinados y galerías de las explotaciones de interior. Salvo el socavón al Sur del Pozo nº 2 de Mina Abundancia, todos se encuentran en la actualidad rellenas, no existiendo, en la mayor parte de las veces, indicios superficiales que las reflejen.

Las labores rellenas corresponden a las siguientes explotaciones:

- Moctezuma, situada entre el campo de fútbol de Aldea Moret y las viviendas unifamiliares al Este del mismo.
- Explotación al Sur del campo de fútbol, entre éste y la barriada de la Abundancia.
- Socavones y pozos de Mina Abundancia situados entre el bloque de viviendas B-3 y el pozo principal de la Mina,

pozo nº 2. Se encuentran según la calle entre los bloques B-3, B-2 y B-1 y la Barriada de la Abundancia, al Sur del bloque B-1 y entre el depósito de agua y la vía del ferrocarril.

- Socavones y pozos de la explotación y concesión Casualidad, del contacto al Oeste de la Barriada de la Abundancia. Parcialmente rellenos.
- Pequeño socavón, parcialmente relleno, al Noroeste del pozo nº 2 de Mina Abundancia.
- Labores de Pozo Malacate. Las posibles labores superficiales al Oeste del Poblado de Aldea Moret, se encuentran todas rellenas y no se aprecian. Se desconoce en absoluto su importancia. Unicamente al Sur del Pozo Malacate es visible un socavón de unos 100 metros de longitud que, según referencias, fué relleno con al menos 10 metros de cenizas.
- San Eugenio, al Sur del poblado de Aldea Moret. Un pequeño socavón parcialmente relleno y una zanja de acceso a un plano inclinado rellena y bajo el actual terraplen de la variante de la carretera de Badajoz.
- Pozos y pequeño socavón de la antigua Mina Productora. Parcialmente rellenos.

Los restantes rellenos en relación con la minería ocupan zonas superficiales y son producto de estas actividades, bien materiales estériles extraídos en las labores de preparación de los yacimientos, bien producto del tratamiento de minerales por parte de las empresas que han operado en esta zona. Los rellenos situados al Sur del Poblado de Aldea Moret son de poco espesor, residuos de tratamientos en su mayor parte. Entorno al pozo principal nº 2, de Mina Abundancia

111

existen rellenos y vertidos de estériles que estimamos no deben tener espesores superiores a los cuatro metros. Entre la carretera a Badajoz y el Poblado de Aldea Moret si existen rellenos que pueden tener espesores grandes y estar conectados con labores superficiales o de interior de los pozos Malacate y San Eugenio.

- Rellenos en zonas edificadas.- Corresponden a terraplenes contruidos para explanar y regularizar el terreno en zonas recientemente urbanizadas, de Aldea Moret, bien para creación de zonas deportivas, o bien entorno a los nuevos grupos de viviendas. Se encuentran todos ellos en la vertiente Sur del cerro Cabeza Rubia y pueden tener espesores superiores a los cinco metros. Los mayores rellenos se han producido sobre las antiguas canteras existentes al Norte del Instituto "PROAS".

- Rellenos de terraplenes de carreteras, viales y ferrocarril.- Corresponden con dicho tipo de obras, son terraplenes lineales cuyo mayor desarrollo se encuentra en el paso superior al ferrocarril en el acceso a Aldea Moret.

3.3.3.2.- Suelos residuales naturales

Existe sobre toda la zona un recubrimiento de suelos, en general de origen residual, de espesor variable.

Sobre las zonas con substrato de pizarras o esquistos, plano nº III-1-3, el recubrimiento de suelos es de espesor reducido, del orden de 0.5 a 1 metro. Se trata de arcillas de tonos marron claro, de baja plasticidad, CL, con algo de arena e indicios de grava. Esta suele estar constituida por cantos angulosos de cuarzo, sobre las pizarras carboníferas y cuarzo y cuarcita, sobre subtrato de pizarras devónicas.

Sobre las dolomías y calizas dolomíticas carboníferas del "El Calerizo" los suelos están formados por arcillas pardo rojizas o rojo oscuras, de alta plasticidad, CH, con indicios de algo de grava. Suelen ser de consistencia firme o muy firme. Se presentan frecuentemente fisuradas, textura poliédrica o prismática grosera, y con un contenido de humedad muy bajo. Dada la irregularidad de la superficie del substrato sobre el que descansan, su espesor es muy variable. En las zonas de pendientes más fuertes, suelen ocupar únicamente, cuando existen, las partes inferiores de los huecos del lenar superficial de las dolomías. Como recubrimiento continuo aparecen únicamente en la zona inferior de la "dolina de La Cañada". En esta zona las arcillas rojizas cubren, enrasándolos, los pináculos e irregularidades del lenar desarrollado en las dolomías, que, en ocasiones, emergen en algunos puntos aislados. En toda esta zona, no obstante la ausencia de afloramientos de dolomías, el espesor medio de suelos es reducido. En el estudio realizado en esta zona por el IGME, 1.974, se observaron profundidades de 1.5, 1, 1.2 y 0.7 metros en los cuatro sondeo mecánicos perforados. En los sondeos eléctricos realizados (AM-1 al AM-9), los espesores de suelos obtenidos no han superado los 2.5 metros. Localmente en algunos puntos al Este de la carretera a Mérida se aprecian en excavaciones, cortes en estos suelos de espesor superior a los dos metros. Puede considerarse con estos datos, que los espesores normales de suelos se encuentran entre 1 y 2.5 metros, si bien en puntos concretos y localmente pueden ser menores en cumbres de pináculos de dolomías, o mayores a 5 metros, a favor de surcos o hendiduras del substrato dolomítico infrayacente.

La situación de los sondeos mecánicos y eléctricos mencionados se encuentran en el plano III-3-1, y la interpretación de los sondeos eléctricos en el Apéndice 8.

3.3.4.- Características del Macizo Rocoso

Tal como se ha indicado en el apartado Geología, las rocas que constituyen el substrato regional son formaciones paleozóicas del Devónico y Carbonífero.

3.3.4.1.- Litología

Devónico

Las rocas de edad Devónico forman la parte Oeste de la zona y están formadas, de Sur a Norte, por pizarras y pizarras mosqueadas; al Oeste del Poblado de Aldea Moret, a esquistos de tonos oscuros y pizarras con intercalaciones de rocas volcánicas. Todas estas rocas presentan en general tonalidades oscuras verdosas y una esquistosidad bastante marcada. Afloran en general poco meteorizadas, grado de meteorización II o III, y son, en estado sano, de resistencia media, 3, a alta, 4 (ver clasificaciones del Apéndice 9).

Devónico Superior - Carbonífero Inferior. Dolomías y calizas dolomíticas

Las rocas carbonatadas que constituyen todo el substrato de "El Calerizo" corresponden a dolomías, calizas dolomíticas y calizas. Las calizas sólo se han observado en la cantera abandonada situadas al Este de la carretera a Mérida. En el resto de la zona predominan las dolomías.

Dado que estas rocas se presentan plegadas y cubiertas por suelos o la trama urbana de la ciudad, en detalle, la continuidad de la estructura no es identificable, por lo que no es factible establecer una secuencia vertical ni identificar las variaciones laterales que existen. En la mayor parte de los casos los procesos de dolomitización enmascaran o han borrado casi completamente las estructuras sedimentarias, incluidos los planos de estratificación. Pueden diferenciarse en ellas los siguientes grandes grupos:

- Dolomías de tonos claros, en ocasiones rosados, masivas. Su aspecto es masivo y homogéneo, son raros los planos de estratificación que aparecen como discontinuidades mecánicas grandes y continuas. Presentan, según lo que podría ser la estratificación, un tenue bandeado continuo gris, y en ocasiones, pequeñas uquedades lenticulares de dimensiones milimétricas, originadas probablemente por procesos de dolomitización. El aspecto que más destaca en estas rocas es la fracturación. Aparecen en toda la zona Oeste de Cabeza Rubia, Aldea Moret y Mina Abundancia.

- Dolomías de tonos gris a gris oscuro de fractura limpia y grano fino. Se presentan en estratos gruesos sin que los planos de estratificación sean demasiado potentes y continuos; no obstante se suele apreciar su tendencia en superficie de los afloramientos. En ocasiones se presentan cruzadas por numerosas venas blancas dolomíticas irregulares, o fracturas de tracción, de anchura milimétrica o centimétrica y trazado irregular. Afloran en la zona central de Aldea Moret y ladera de la loma de Mina Salvador y Esperanza.

Los dos tipos de dolomías descritos anteriormente presentan en afloramientos superficiales tonos marrones o marrón rojizo con superficie muy irregular tanto a escala milimétrica y centimétrica, con lenares y formas kársticas de absorción de agua y pequeños embudos de disolución irregulares de 2 a 5 metros de anchura por 2 o 3 metros de profundidad.

- Dolomías y calizas dolomíticas en estratos centimétricos a decimétricos. Se presentan bien estratificadas en capas de un centímetro a 1.5 metros de espesor, con planos de estratificación continuos y lisos. Los tonos de estas dolomías son gris oscuro o marrón claro, en

ocasiones rojizas. Pueden presentar un contenido de materiales terrígenos apreciables que, en ocasiones, las transforma en areniscas de grano fino. Presentan intercalaciones milimétricas o centimétricas de pizarra. Afloran en los taludes del trazado del ferrocarril en Cáceres y zona Sur de las instalaciones de Río Tinto y entorno a la carretera de Mérida, en el Polígono Industrial de La Cañada.

- Calizas grises masivas. Aparecen únicamente en la cantera abandonada al Sureste del Polígono Industrial de La Cañada; son calizas de tonos grisáceos en estado sano, se presentan karstificadas en superficie con abundantes rellenos de terra rosa y teñidas en las superficies naturales expuestas, por óxidos de hierro.

Los fenómenos de karstificación que se aprecian en las dolomías y calizas de El Calerizo son formas de disolución y absorción superficiales, lenares y dolinas, y cavidades y conductos en el interior del macizo.

Carbonífero. pizarras

Aparecen en el borde Nordeste de la zona, al Este de las dolomías anteriormente descritas en el núcleo del "Sinclinal de Cáceres". No afloran de forma natural en ningún punto por estar cubiertas por suelos residuales de reducido espesor. Los afloramientos corresponden a excavaciones o fondos de caminos rurales. Son pizarras de tonos grises, de aspecto bastante homogéneo, que en zonas localizadas presentan numerosas venas de cuarzo, en fracturas, o según la esquistosidad. Se presentan en superficie bastante sanas, grado de meteorización III, que en profundidad, se estima, debe pasar a los pocos metros a grado II, sanas. Presentan planos de esquistosidad bien marcados, lisos, y potentes como discontinuidades mecánicas. Son rocas de resistencia media, 3.

3.3.4.2. - Estructura

La Zona de Aldea Moret se encuentra situada en el flanco Sur de la terminación Noroeste del Sinclinal de Cáceres (ver plano I-4), planta geológica general. En las figuras A-10-2 a A-10-10 del Apéndice 10, se presentan representaciones estereográficas de las observaciones realizadas y en las figuras III-4 y III-5 diagramas de rumbos de la estratificación y fracturación.

La dirección de la estratificación oscila entre 300° y 350° siendo el rumbo predominante 310° , figura III-3. El buzamiento de las capas es al Nordeste con valores entre 25° y 90° , siendo los valores más comunes entre 30° y 50° .

El macizo rocoso se presenta plegado afectado por varias fases de deformación. Se han observado en afloramientos pliegues de tamaño decimétrico y métrico. Se deduce de las medidas realizadas la existencia de pliegues de tamaños decamétricos. Los pliegues observados presentan ángulos entre flancos menores de 90° ; estos son más cerrados, casi isoclinales, figuras A-10-9 y A-10-10 en la zona de Cabeza Rubia, mientras que en la ladera de la Mina Esmeralda y carretera a Mérida, figura A-10-6, presentan flancos más abiertos. La vergencia es al Sur y los ejes hunden al Oeste, figura III-4.

De las observaciones realizadas se deducen sistemas de juntas que se indican en el cuadro nº 10, con la denominación de J1 a J9, indicando su "dirección de buzamiento medio" y buzamiento. En la figura III-5 se presentan diagramas estereográficos de todas las medidas y en las A-10-6 a A-10-10 por sectores en la zona de Aldea Moret.

Cuadro nº 10

SISTEMAS PRINCIPALES	SISTEMAS IMPORTANTES	SISTEMAS SECUNDARIOS
J1 102/90	J4 176/76	J6 200/26
J2 123/86-296/85	J5 355/70	J7 245/46
J3 143/76-322/78		J8 208/54
		J9 244/85

Los sistemas principales, J1 a J3, corresponden a fracturas de rumbo entre 0° y 50° , figura III-5, con buzamiento fuerte, entre 65° y 90° . Los sistemas importantes, J4 y J5, a sistemas de rumbo Este-Oeste y buzamiento fuerte superior a 70° y los sistemas secundarios, J6 a J9, a fracturas con buzamientos inferiores, en general, a 60° con rumbo entre 280° y 360° .

Es de destacar la perfecta correspondencia que se aprecia entre las medidas de la fracturación, realizadas en afloramientos, figura III-5, y los rumbos de las alineaciones regionales definidas mediante fotografías de satélite figura I-3: J1 coincide con A1; J2 y J3 coinciden con A2; J4 coincide con A4; J6 y J7 coinciden con A6; y, finalmente, J7 y J9 coinciden con A7.

3.3.4.3.- Características geotécnicas del Macizo Rocoso

Se ha efectuado una caracterización del macizo rocoso con la finalidad de poder estimar las variaciones de sus características mecánicas y comportamiento de cara al

objeto de este estudio. Esta caracterización se ha efectuado de visu en los afloramientos naturales y/o excavaciones artificiales existentes en superficie.

Se ha clasificado el macizo rocoso de El Calerizo de acuerdo al sistema "NGI" o "Q-System", clasificación y criterios según Barton et al. (1.974), que se refleja en un índice denominado "Q" y dado por la expresión:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Donde RQD es el "rock quality designation"; J_n , es un índice de diaclasado, que tiene en cuenta la fracturación; J_r es el índice de rugosidad, en relación con la rugosidad de las discontinuidades, su continuidad y presencia de rellenos en las mismas; J_a es el índice de alteración de las discontinuidades; J_w , es un coeficiente reductor por la presencia de agua; SRF, "stress reduction factor", está en relación con el estado tensional del macizo rocoso.

Se ha calculado también el índice de Bieniawski (1.973), clasificación RMR, en relación al índice Q de Barton, Bieniawski (1.984), mediante la expresión:

$$RMR = 9 \times \ln Q + 44$$

Para el cálculo del índice Q se han seguido los siguientes criterios:

RQD. Dado que no se ha dispuesto de sondeos mecánicos en cada punto, se ha estimado este parámetro de la siguiente relación. Bieniawski (1.984).

$$RQD = 115 - 3.3 \times J_v$$

En la que J_v es el número total de discontinuidades mecánicas por m³ de roca. El valor de J_v se ha interpretado en el terreno y está reflejado en los cuadros de caracteres geomecánicos, Apéndice 10.

J_n . Se ha definido en el terreno de acuerdo al número de familias de discontinuidades.

J_r . Se ha obtenido en función de la rugosidad JRC de los cuadros de caracteres geomecánicos. La definición del JRC se presenta en la el Apéndice 9.

J_a . La alteración de las juntas se ha valorado como 0.8 en discontinuidades selladas, 1 en contactos limpios de roca sana o con pátinas de óxidos, 2 ligera alteración y pátinas de suelos, 3 para juntas con rellenos delgados de suelos.

J_w . Este parámetro se ha considerado siempre 1, lo que corresponde a unas condiciones húmedas con goteo ocasional en zonas locales. Toca claramente sobre el nivel freático que contiene, únicamente, el agua que circula o se infiltra ocasionalmente de niveles más altos.

SRF. A este parámetro se le ha asignado siempre el valor 1. Esto correspondería a un macizo rocoso resistente con tensiones medias.

Las clasificaciones geomecánicas se concibieron, en esencia, para poder estimar el comportamiento del terreno frente a excavaciones subterráneas y poder prever los elementos de soporte de dichas excavaciones. En nuestro caso el objetivo de la clasificación es disponer de un índice de calidad de la roca en superficie, en un contexto en el que las tensiones del macizo rocoso, inducidas por las posibles excavaciones, serán despreciables y sobre el nivel freático. Por esta razón el cociente J_w/SRF no debe influir en la elaboración del índice Q y se ha considerado en todos los casos igual a la unidad.

Los valores de la clasificación del macizo rocoso del El Calerizo Q , obtenidos en la Zona de Aldea Moret, son los que se indican en el Cuadro nº 11, donde se incluye también el índice de Bieniawski RMR.

En anteriores estudios geotécnicos en la zona realizados por el INCE, se obtuvieron sobre testigos de sondeos de profundidades de hasta 12 metros valores de RQD entre 75 y 85, con una frecuencia de fracturas de 5 a 2 por metros. Sobre 20 muestras de roca los valores de resistencia a compresión simple oscilaron entre 210 y 395 kg/cm^2 , con un valor medio de 298 Kg/cm^2 , y las densidades entre 2.35 y 2.78 Tm/m^3 con un valor medio de 2.6 Tm/m^3 . Corresponden estos valores a un macizo rocoso "Bueno", respecto al RQD, pero de resistencia "Baja", (entre 25 y 50 MPa), según la clasificación de Bieniawski.

Sobre muestras de roca sana tomadas en la Cantera Labradora, se han realizado seis ensayos de resistencia a la compresión simple. En una muestra, dolomía sin poros ni pequeñas coqueras, la resistencia a compresión ha sido de 1.089 Kg/cm². En las cinco muestras restantes, dolomías con poros y pequeñas coqueras, inferiores a 0,5 cm, la resistencia ha variado entre 286 y 814 Kg/cm² con un valor medio de 498 Kg/cm². El valor medio de la densidad es de 2,75 Tm/m³. Los resultados de estos ensayos se incluyen en el Apéndice 12. Los valores de resistencia obtenidos son algo más altos que los de otros estudios (INCE), probablemente por ser las muestras de rocas de niveles más profundos y menos alteradas. La dispersión que se observa en los valores de resistencia debe obedecer, en gran medida, a la irregular presencia de poros y pequeñas coqueras en las muestras. El macizo rocoso, de acuerdo a estos seis valores, es de resistencia entre "baja", (25 a 50 MPa) y "media", (50 a 100 MPa).

De los valores de Q obtenidos, se deduce que el macizo rocoso es en general de las categorías Bueno a Muy Bueno y únicamente sería un macizo rocoso Malo en zonas de planos con estratos delgados, o con más densidad de fracturas, y en zonas superficiales karstificadas con rellenos arcillosos.

De acuerdo la clasificación del macizo rocoso según Bieniawski, cabría esperar para el macizo rocoso de Categoría I, "Very Good Rock", una fricción superior a 45° y una cohesión superior a 400 KPa. Para el macizo de Categoría II, "Good Rock" una fricción entre 35°-45°, y una cohesión entre 300-400 KPa.

Cuadro nº 11.- CLASIFICACION NGI (Q BARTON AND LUDE) DEL
MACIZO ROCOSO (ZONA ALDEA MORET)

Nº ESTACION	Jv	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	RMR
Categoría; Macizo Rocoso Malo									
320	30	16	4	1	1	1	1	4,0	56,5
Categoría; Macizo Rocoso Medio									
134	4	100	6	1	3	1	1	5,6	59,5
136	6	95	9	2	3	1	1	7,0	61,5
155	4	100	6	1	2	1	1	8,3	63,1
330	25	32	4	1	1	1	1	8,1	62,9
Categoría; Macizo Rocoso Bueno									
103	2	100	6	1,5	2	1	1	12,5	66,7
105	3	100	4	1,5	2	1	1	18,5	70,4
137	4	100	6	1,5	2	1	1	12,5	66,7
139	6	95	9	2	2	1	1	10,5	65,2
154	2	100	4	2	2	1	1	25,0	73,0
157	4	100	6	1,5	2	1	1	12,5	66,7
158	2	100	4	1,5	1	1	1	37,5	76,6
159	2	100	4	1,5	1	1	1	37,5	76,6
218	2	100	4	1	1	1	1	25,0	73,0
220	2	100	8	1,5	1	1	1	18,8	70,4
224	4	100	4	1,5	1	1	1	37,5	76,6
293	10	82	3	1	1	1	1	27,3	73,7
311	6	95	4	1,5	1	1	1	35,6	72,2
312	2	100	4	1,5	1	1	1	37,5	76,6
317	10	82	3	1	1	1	1	27,3	73,8
331	8	88	4	1	1	1	1	22,2	71,9
333	15	65	4	1	1	1	1	16,4	69,1
Categoría; Macizo Rocoso Muy Bueno									
128	15	65	3	1	1	1	1	65,5	81,6
153	1	100	3	2	1	1	1	66,7	81,7
296	2	100	2	1	1	1	1	50,0	79,2
310	2	100	3	1,5	1	1	1	50,0	79,2

3.4.- ZONA DE LA ESTACION DE AUTOBUSES

3.4.1.- Introducción

Situada inmediatamente al Sur de la plaza de La Cruz de Los Caidos. Sus límites aproximados son, al Norte los primeros bloques de casas del Barrio del Perú, al Oeste los límites de la estación de ferrocarril de Cáceres, al Sur las primeras instalaciones industriales del Polígono de La Cañada y al Este las primeras calles de las nuevas barriadas de Cáceres situadas en la Dehesa de los Caballos.

Aproximadamente en la parte central de esta zona se encuentra la nueva Estación de Autobuses de Cáceres.

Toda esta zona se caracteriza por tener un relieve muy suave de escasa pendiente; condicionado por la existencia de un valle muy poco marcado, que desde la zona de La Cañada, inmediatamente al Suroeste, sigue el trazado del acceso, por el Sur, a la Estación de autobuses para seguir después al Este por la futura Avenida de la Hispanidad. El terreno, desde este valle, se eleva suavemente hacia la Cruz de los Caidos al Norte y al Sur en zonas no edificadas.

3.4.2.- Labores extractivas existentes

En ambas márgenes de la Avenida de la Hispanidad entre la actual Estación de Autobuses y, aproximadamente, el cruce de las calles Atauvalpa y Caupolican de la Dehesa, se encontraban situados numerosos hornos para la fabricación de cal y las correspondientes canteras que los abastecían de materiales. Algunos de estos hornos existen en la actualidad, como los situados al Sur de la Estación de Autobuses.

Las canteras más importante estaban situadas inmediatamente al Este de la Estación de Autobuses. Existe aquí un primer hueco de unos 250 metros de longitud por 130 metros de anchura y quizás más de 15 metros de desnivel. Ya en el límite

con la zona edificada de la Dehesa de los Caballos existe otra cantera a continuación de la anterior, y separada de ella por una "costilla" de roca, muy patente en el terreno; tiene, esta última cantera, unas dimensiones del orden de 150 por 80 metros con un desnivel de unos 9 metros. Estas dos explotaciones parecen ser las dos más importantes de la zona. La primera llegó a profundizar bajo el fondo del valle y alcanzó el nivel freático por lo que, su base, quedó inundada; existió por esta razón una "charca" en esa zona, que numerosas personas recuerdan en Cáceres.

En la parte Norte de la Avenida de la Hispanidad, han existido otras canteras menores para cal, de las que, en la actualidad, no se aprecian los límites.

Actualmente no hay ninguna evidencia de la existencia de los huecos citados, dado que se encuentran rellenos por vertidos que los colmatan completamente y no permiten su localización; salvo el límite Sur de las dos más grandes citadas, que es aún evidente en el terreno en la actualidad. Los sondeos eléctricos realizados sobre estas escombreras, cuya situación se observa en el plano III-3-2 y su interpretación en el Apéndice 8, indica un espesor de relleno de hasta 22 m.

3.4.3.- Condiciones superficiales del terreno

En la Zona de la Estación de Autobuses existen dos tipos de suelos en superficie, rellenos artificiales y suelos naturales de origen residual.

3.4.3.1.- Rellenos

Los tipos de rellenos son: vertidos, terraplenes y rellenos en zonas edificadas; con los mismos significados que los indicados en el apartado 3.3.3.1. Rellenos en la Zona de Aldea Moret.

En el Plano Geotécnico General, se han diferenciado los siguientes tipos de rellenos artificiales:

- Vertidos de poco espesor. - Son vertidos heterogéneos con espesor inferior a tres metros; vertidos urbanos; basuras y producto de derribos de edificios, o materiales procedentes de pequeñas excavaciones.

El vertido de este tipo que presenta más desarrollo superficial, es el situado en la zona elevada al Este de la Estación de Autobuses; formado por la coalescencia de cargas individuales de caminos que forman pequeños "conos" de 1 a 2 metros de altura, creando un relieve intransitable.

- Vertidos de gran espesor. - Son vertidos de materiales heterogéneos que pueden tener espesores superiores a los tres metros y en algunos superiores a los 20 metros. El relleno de este tipo de más espesor, según se deduce de los sondeos eléctricos realizados, es el que ocupa el hueco de la cantera situada al Este de la Estación de Autobuses con cerca de 22 m. En la actualidad, este vertido, se ha excavado en parte para realizar el trazado de la prolongación de la Avenida de la Hispanidad, quedando el resto bajo ella y en su margen Sur, cortado con un talud continuo de cierta altura y pendiente.

Al Norte de esta Avenida, existen varios vertidos importantes rellenoando huecos de canteras que llegan a alcanzar los 18 m al Noreste de la Estación de Autobuses. Una de las zonas de vertido más extensas se ubica inmediatamente al Sur de la Cruz de los Caídos, donde se situaba la antigua estación de ferrocarril de Cáceres. Este último vertido puede tener espesores superiores a los 5 metros en todo su borde Sureste.

- Rellenos en zonas edificadas. - Corresponden a terraplenes contruidos para explanar y regularizar el terreno en algunas zonas de la Dehesa de los Caballos y

barrio del Perú. Ocupan áreas muy limitadas y su espesor es reducido.

- Rellenos de terraplenes de carreteras, viales y ferrocarril..- Corresponden con dicho tipo de obras, son terraplenes lineales cuyo mayor desarrollo se encuentra a lo largo de la carretera de Mérida y actual estación de ferrocarril. En esta última la plataforma explanada para las diferentes líneas, al Sur del edificio de la estación, parece haberse ampliado progresivamente, por rellenos sucesivos hacia la carretera de Mérida, alcanzando finalmente los límites de los terrenos de RENFE. Toda esta "orla" de la plataforma inicialmente construida, probablemente no se ha realizado con materiales seleccionados ni homogéneos, por lo que, su calidad, la estimamos asimilable a un vertido.

3.4.3.2.- Suelos residuales naturales

Existen sobre toda la zona un recubrimiento de suelos, en general de origen residual, de espesor variable.

Sobre las zonas con substrato de esquistos, cuarcitas y volcanitas devónicas, plano III-1-2, el recubrimiento de suelos es prácticamente inexistente, de espesor inferior 0.5 metros, arcilla arenosa con algunos cantos de cuarcita.

Sobre las dolomías y calizas dolomíticas carboníferas del "El Calerizo", los suelos están formados por arcillas pardo rojizas o rojo oscuras, de alta plasticidad, CH, con indicios de algo de grava. Suelen ser de consistencia firme o muy firme. Se presentan frecuentemente fisuradas, textura poliédrica o prismática grosera, y el contenido de humedad muy bajo. Dada la irregularidad de la superficie del substrato sobre el que descansan, su espesor es muy variable.

En el plano III-1-2 se ha diferenciado específicamente una zona de suelos residuales, que ocupa las

partes, topográficamente más bajas del valle que cruza esta zona. Fuera de este área los espesores de suelos residuales son poco significativos y únicamente se estima podrán alcanzar espesores superiores a 3 metros en algunos puntos, a favor de hendiduras del lenar superficial de las dolomías. En la zona de suelos residuales indicada, su espesor se estima reducido en todo el área al Sur de la Estación de Autobuses, probablemente inferior a 2 metros, aumentando progresivamente hacia la Dehesa de los Caballos, donde puede alcanzar espesores del orden de 6 metros en algunas zonas de su extremo Este.

En base a los sondeos eléctricos realizados y a los datos por sondeos geotécnicos, se han trazado, en el mencionado plano, unas curvas de espesores de suelo para los sectores próximos a la Avenida de la Hispanidad.

3.4.4.- Características del Macizo Rocoso

3.4.4.1.- Litología

Devónico

Las rocas de edad Devónico ocupan todo el borde Norte de la zona en una anchura de unos 150 metros. Están formadas por pizarras con intercalaciones de volcanitas y cuarcitas. Todas estas rocas son de tonalidades oscuras verdosas o marrón rojizo. Presentan, en general, una esquistodidad bastante marcada, apreciándose con claridad la estratificación en el caso de las cuarcitas. Afloran con una meteorización baja, grado de meteorización II o III, y son, en estado sano, de resistencia media, 3, pizarras y volcanitas, a alta, 4, cuarcitas.

Carbonífero. Dolomías y calizas dolomíticas

Las rocas carbonatadas de edad Carbonífero son dolomías, calizas dolomíticas y en ocasiones calcoesquistos. Las calizas dolomíticas sólo se han observado en algunos niveles en desmontes de la estación de ferrocarril. En el resto de la zona se encuentran generalmente dolomías.

Las dolomías están plegadas y ocultas por suelos o zonas construidas, sólo son accesibles en afloramientos artificiales puntuales. En base a los escasos afloramientos la continuidad de la estructura no es identificable, ni factible establecer una secuencia vertical de la serie en estas rocas, tampoco pueden definirse las variaciones laterales que existen. Las diferencias de unas áreas a otras que pueden apreciarse se indican a continuación.

k Dolomías de tonos claros blanquecinas y en ocasiones rosadas, con estratos de espesor métrico. Su aspecto es homogéneo, los planos de estratificación si bien no son numerosos si se suelen apreciar y son patentes como discontinuidades mecánicas grandes y continuas. Presentan, según lo que podría ser la estratificación, un tenue bandeado discontinuo gris, y en ocasiones, pequeñas oquedades lenticulares de dimensiones milimétricas originadas probablemente por procesos de dolomitización. Se encuentran en la zona Nordeste, canteras de las caleras y zona Este de la Estación de Autobuses.

Dolomías de tonos gris a gris oscuro de fractura limpia y grano fino. Se presentan en estratos de 0.5 a 1 metros. Los planos de estratificación no son demasiado patentes, en la superficie del terreno, en afloramientos naturales mientras que en cortes artificiales se aprecian con claridad. Son planos definidos y continuos. Afloran en la zona Sur de la Estación de Autobuses, entre ésta y los terraplenes de la línea de ferrocarril.

Dolomías, calizas dolomíticas y calcoesquistos en estratos centimétricos a decimétricos. Se presentan bien estratificadas en capas de un centímetro a 1 metros de espesor, con planos de estratificación en general continuos y lisos. Los tonos de estas dolomías son gris oscuro o marrón claro, en ocasiones rojizas o blanquecinas. Pueden presentar un contenido de materiales terrígenos apreciable (desmontes al Sur de la estación de ferrocarril) que, en ocasiones, las transforma en areniscas de grano fino. Presentan intercalaciones milimétricas o centimétricas de pizarra. Afloran en los taludes del trazado del ferrocarril en Cáceres y techo de la serie en contacto con las pizarras carboníferas.

Los fenómenos de karstificación no se aprecian en superficie con claridad en esta zona, por la amplia superficie constituida y la abundancia de suelos. No obstante, se estima que dichos fenómenos son de la misma intensidad que en el resto de "El Calerizo".

Carbonífero, pizarras

Afloran en el borde Sureste de la zona, rodeando las rocas carbonatadas anteriormente descritas en el núcleo del "Sinclinal de Cáceres". El contacto con ellas es muy neto y se aprecia con bastante claridad en superficie, aún en ausencia de afloramientos. Los afloramientos son muy escasos y corresponden a excavaciones artificiales en la Dehesa de los Caballos o fondos de caminos rurales. Son pizarras de tonos grises a gris oscuro, de aspecto bastante homogéneo, que en ocasiones presentan numerosas venas de cuarzo de espesor milimétrico o centimétrico, en fracturas o según la esquistosidad. Se presentan en superficie bastante sanas, grado de meteorización III, que en profundidad, se estima, debe pasar a los pocos metros a grado II, sanas. Presentan planos de esquistosidad bien marcados, lisos y patentes como discontinuidades mecánicas. Son rocas de resistencia media, 3.

3.4.4.2.- Estructura

La zona de la Estación de Autobuses se encuentra situada en la terminación periclinal Noroeste del sinclinal de Cáceres (ver plano I-2 planta geológica general). Este aspecto a nivel cartográfico puede apreciarse, plano III-1-2, por la existencia de dos pliegues de tamaño hectométrico en la mitad Sur de la zona.

Al Norte, en barrio del Perú, se observan, en pizarras y cuarcitas devónicas, pliegues menores transversales a la estructura mayor y de ejes muy verticalizados.

En las dolomías, al Norte de la Avenida de la Hispanidad, se aprecia una gran continuidad en cuanto a rumbo Este-Oeste y buzamientos en general verticales. Al Sur de dicha avenida, pero aún en el mismo flanco de la estructura mayor, se modifica el rumbo de las capas algo al Oeste-Noroeste con buzamiento al Norte del orden de 60°.

En las figuras A-10-11 a A-10-15 del Apéndice 10 están las representaciones estereográficas de las observaciones realizadas en las rocas carbonatadas y en las figuras III-4 y III-5 diagramas de rumbos de la estratificación y fracturación.

La dirección de la estratificación, en las rocas carbonatadas, oscila entre 280° y 330°, siendo el rumbo predominante 280°, figura III-4. El buzamiento de las capas es en general, al Nor-Nordeste con valores entre 50° y 90°, siendo los valores más comunes del orden de 60° salvo en la zona al Norte de la Avenida de la Hispanidad donde es del orden de 90°.

El macizo rocoso se presenta plegado, afectado por varias fases de deformación. Se han observado en afloramientos pliegues de tamaño decimétrico y métrico. Se deduce, de las medidas realizadas y cartografía, la existencia de pliegues de tamaños hectométricos. La parte Oeste y tercio Sur de la zona

corresponde a la parte más deformada de la terminación periclinal de la estructura mayor. Los pliegues, aquí, son de tamaño de hectométricos a pliegues menores decimétricos. En general son de tendencia apretada, isoclinales con vergencia al Sur e inmersión al Este con valores entre 15° y 40°.

En cuanto a la fracturación no se aprecia la existencia de fracturas mayores que afecten a los contactos.

3.4.4.3.- Características geotécnicas del Macizo Rocosó

Con los mismos criterios expuestos en el apartado 3.3.4.3. en la Zona de Aldea Moret, se ha efectuado en las dolomías una caracterización del macizo rocoso mediante la clasificación "NGI" o "Q-System" de Barton et al. (1.974). En el Cuadro nº 12, se presenta esta información en los puntos donde se ha realizado, también se incluyen en ella el índice de Bieniawski RMR.

CUADRO Nº 12.- ZONA ESTACION DE AUTOBUSES

Nº ESTACION	Jv	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	RMR
Categoría: Macizo Rocosó Bueno									
200	7	92	9	1	1	1	1	10,2	64,9
201	7	92	6	1	1	1	1	15,3	68,6
203	12	75	4	1,5	1	1	1	18,8	70,4
216	5	98	3	1	1	1	1	32,8	75,5
217	6	95	6	1	1	1	1	15,8	68,9
229	7	92	3	2	2	1	1	30,7	74,8
230	4	100	3	2	2	1	1	33,3	75,6
239	12	75	3	1,5	2	1	1	18,9	70,4
240	10	82	3	1,5	2	1	1	20,5	71,2
244	5	98	3	1,5	3	1	1	16,4	69,2
246	10	82	4	1,5	1	1	1	30,7	74,8
Categoría: Macizo Rocosó Muy bueno									
213	5	98	2	1,5	1	1	1	73,9	82,7
236	5	98	3	1,5	1	1	1	49,3	79,0
Categoría: Macizo Rocosó Extremadamente Bueno									
245	1	100	4	4	0,8	1	1	125,0	87,5

En un estudio geotécnico anterior efectuado en dos solares de la zona, realizados por el INCE, sobre 10 muestras procedentes de 6 sondeos con profundidades de 10 metros, se obtuvieron valores de resistencia a compresión simple, entre 205 y 346 Kg/cm^2 , con un valor medio de 235 Kg/cm^2 , y densidades entre 2.48 y 2.70 Tm/m^3 , con un valor medio de 2.6 Tm/m^3 . En esta investigación sólo se apreciaron algunas coqueras en la roca en dos sondeos, describiéndose la roca como masiva.

De los valores de Q obtenidos se sigue que el macizo rocoso es en general de la categoría Bueno y en las zonas en que es más masivo, Muy Bueno. Sin embargo, en relación con los valcres de que se disponen de la resistencia a compresión simple de la roca, su resistencia según la clasificación de Bieniawski sería Baja, 25-50 MPa, o Muy baja, 10-25 MPa.

De acuerdo con la clasificación del macizo rocoso de Bieniawski, cabría esperar para un macizo rocoso de Categoría I, "Very Good Rock", una fricción superior a 45° y una cohesión superior a 400 kPa, y para el macizo de Categoría II, "Good Rock" una fricción entre 35° - 45° , y una cohesión entre 300-400 kPa.

3.5.- ZONA DE CUEVA DE MALTRAVIESO

3.5.1.- Introducción

En el plano III-1-3 se presenta su Planta Geotécnica a escala 1/2.000. Esta zona corresponde al extremo Sureste de Cáceres que se ha formado alrededor de la carretera a la estación de Medellín, principal salida de la ciudad con esa dirección. Comprende desde la zona situada al Norte de la Ciudad Deportiva conocida como El Rodeo, hasta la zona media del Polígono Industrial de Charca Musia al Sur. Al Oeste se inicia en la parte media de la barriada de Moctezuma y se extiende al Este hasta, aproximadamente el inicio de la ladera de la Sierra de Portanchito.

Casi toda esta zona se encuentra urbanizada con excepción de la zona entorno a la Ciudad Deportiva. La ciudad, considerando como tal la zona con calles y edificios de viviendas, termina al Sureste en esta zona, formando su borde la parte Sur de la Dehesa de los Caballo, el parque de la Cueva del Maltravieso, y la surgencia kárstica conocida como El Marco.

El relieve es muy suave con pendientes escasas, condicionadas por la existencia de dos valles muy poco marcados. El primero de ellos se encuentra según la Avenida de la Hispanidad, con dirección Este-Oeste desde la Estación de Autobuses a la zona conocida como La Huerta del Conde. El segundo valle de sentido Sur-Norte se encuentra en la parte Este, en la alineación Polígono del Espíritu Santo - El Marco - Huerta del Conde. Este último valle, arroyo del Concejo, es la línea de drenaje colectora de las aguas superficiales de todo el sector.

3.5.2.- Labores extractivas existentes

Al Sureste de esta zona se encuentra, a escasos kilómetros la cantera de Olleta, importante explotación que en la actualidad juntamente con la Cantera Labradora del Cerro de Cabeza Rubia, son las canteras que surten de materiales a las obras que se realizan en la ciudad. Esta cantera, que se explota desde época reciente, extrae dolomías en un sector de escaso relieve de la margen derecha del arroyo del Cancejo, por lo que se ha efectuado, excavando un hueco hacia abajo, que en la actualidad tiene dimensiones importantes.

Existieron en esta zona dos grupos de hornos para la fabricación de cal: los situados entre la actual Cueva del Maltravieso y el Instituto de Formación Profesional, y los existentes al Este del Polígono Industrial del Espíritu Santo. Los primeros parece fueron los más importantes; se surtían de materiales de una cantera que constituye el actual Parque de la Cueva de Maltravieso, y se extendía hasta el Centro Cultural cercano. Frentes menores de extracción parece, existieron en la parte Este del Instituto de Formación Profesional, inmediatamente antes de los primeros bloques de viviendas allí construidos. La parte Este de estos últimos huecos se rellenó, quizás inicialmente, con materiales no utilizables para la fabricación de cal y, posteriormente con vertidos de todo tipo. En la actualidad existen sobre ellos importantes vertederos, donde se ubica parte del recinto del Instituto de Formación Profesional.

Las caleras existentes frente al Polígono Industrial del Espíritu Santo han dejado como restos de su actividad excavaciones de volumen y alturas muy reducidas, que se encuentran en la actualidad abandonadas.

3.5.3.- Condiciones superficiales del terreno

En la zona de Cueva de Maltravieso existen en superficie rellenos artificiales y suelos naturales, de origen residual o aluvial.

3.5.3.1.- Rellenos

Los tipos de rellenos que existen son: vertidos, terraplenes y rellenos en zonas edificadas, con los mismos significados que los indicados en el apartado 3.3.1. Rellenos en la Zona de Aldea Mcret.

En el Plano Geotécnico General, plano III-1-3, se indican la situación y límites de los rellenos principales.

- Vertidos de poca espesor.- Son vertidos heterogéneos de muy poca importancia, con espesor inferior, en esta zona, a 1,5 metros, vertidos urbanos incontrolados, basuras y productos de derribos de edificios, o materiales procedentes de pequeñas excavaciones. Se localizan dentro de la ciudad en solares o terrenos al Sur y Sureste de la Ciudad Deportiva.

- Vertidos de gran espesor.- Son vertidos que pueden superar los tres metros de espesor. El más importante es, el ya citado anteriormente, situado entre la Cueva de Maltravieso, Instituto de Formación Profesional y Ermita del Espíritu Santo. Es un relleno que en superficie ocupa un área muy importante. Su espesor máximo se estima de 6 a 9 metros, y debe encontrarse en todo el borde Este y en aquellos puntos (desconocidos) donde se encontraban las antiguas canteras. En dos sondeos eléctricos efectuados en estos materiales, cuya situación se observa en el plano III-3-3 y su

interpretación en el Apéndice 8, se determina una potencia en los vertidos de hasta 4 m. Hacia su borde Oeste, y Norte, debe adelgazarse y tener los espesores menores. Muy probablemente este adelgazamiento será gradual en unas zonas y en otras (donde existen frentes de cantera cubiertos) muy bruscos.

La naturaleza de este relleno es muy variable desde materiales de buena calidad de rechazo de las canteras a basura.

El límite de este vertido en la zona ocupada en la actualidad por el Instituto de Formación Profesional no puede definirse, en un reconocimiento visual como el que se ha efectuado, por estar toda esa zona edificada. Se ha optado por incluir todo el recinto del edificio del Instituto dentro del vertedero sin hacer ninguna diferenciación. Esta zona sufrió una modificación al construir el Instituto, que implicaría la excavación de unas áreas (probablemente retirando todos los rellenos artificiales existentes) y el relleno de otras, para obtener la geometría final actual. Al menos, las instalaciones deportivas del Instituto se encuentran sobre rellenos; estos pueden haberse realizado al tiempo de construir el Instituto, ser anteriores, o una situación intermedia.

- Rellenos en zonas edificadas. - Corresponden a terraplenes contruidos para explanar y regularizar el terreno en algunas zonas muy localizadas de la Dehesa de los Caballos; su espesor se estima en reducido. Se han definido también de esta forma rellenos entorno a la Ciudad Deportiva. Corresponden a rellenos tras muros y cerramientos y a pequeños terraplenes para regularizar el terreno, creando plataformas horizontales, todos ellos son de escaso espesor e importancia.

- Rellenos de terraplenes de carreteras, viales y ferrocarril. - Los únicos dignos de mención corresponden a los estribos del paso superior de la Calle Hurtado sobre la Avenida de la Hispanidad, y el relleno, al Sur de la Cueva de Maltravieso, de la carretera C-520.

3.5.3.2.- Características de los suelos naturales

Existe sobre toda la zona un recubrimiento de suelos naturales, de diferentes orígenes, residual, suelos coluviales y suelos de origen intermedio entre aluvial y depósitos de ladera, que colmatan los fondos de los dos valles existentes.

Sobre las zonas con sustrato de pizarras, cuarcitas y volcanitas devónicas, plano III-1-3, el recubrimiento de suelos es prácticamente inexistente, de espesor inferior 0.5 metros, son arcillas arenosas con algunos cantos de cuarcita. Algo parecido sucede sobre las pizarras carboníferas del núcleo del Sinclinal de Cáceres; el espesor de suelos residuales sobre ellas es reducido, y corresponden a unas arcillas limosas marrones con algunos cantos de cuarzo.

Sobre sustrato de dolomías y calizas dolomíticas carboníferas de El Calerizo, existen los siguientes tipos de suelos:

- Suelos coluviales. - En el borde Sureste, ocupando el pie de la ladera, existe una acumulación de suelos procedentes en gran parte del relieve de rocas devónicas, pizarras, volcanitas y cuarcitas, de la parte alta de la ladera. Se trata de una arcilla pardo rojiza

con bastante grava (cantos de cuarzo y cuarcitas) y de consistencia, en la calicata C-13 excavada en estos materiales, dura. el espesor de esa formación supera los dos metros. Son arcillas de baja plasticidad, CL, con una humedad muy baja. Por su plasticidad son bastantes diferentes del resto de los suelos naturales sobre substratos calizo-dolomíticos; esto debe estar en relación directa con su diferente origen y procedencia.

- Suelos residuales.- Están formados por arcillas pardo rojizas o rojo oscuro. de alta plasticidad CH, con indicios de algo de grava. Suelen ser de consistencia firme o muy firme. Se presentan frecuentemente fisuras, textura poliédrica o prismática grosera, y con un contenido de humedad muy bajo. Dado que rellenan las irregularidades de la superficie del substrato su espesor es muy variable, de nulo a 2.5 metros; quizás en alguna hendidura más profunda puedan alcanzar los 5 metros.

- Suelos en el fondo de los valles.- Ocupan las zonas inferiores de los valles, escasamente marcados, citados en el apartado 3.5.1. Sus límites se han definido en el plano III-1-1. Estos suelos se han investigado mediante la excavación de 24 calicatas, 6 en un solar de la Avenida de la Hispanidad y 18 en los prados del Espíritu Santo, al Sur de El Marco. La situación de estas calicatas se presenta en el plano III-3-3, sus registros en el Apéndice 1, y los resultados de los ensayos realizados sobre muestras tomadas en ellas, en el Apéndice 10.

Las similitudes entre los suelos de estas dos zonas es muy grande. En ambas, bajo los 30-50 centímetros

superficiales, muy modificados por actividades antrópicas, se encuentran, en primer lugar, un nivel de gravas arcillosas de color pardo-rojizo, densas a muy densas. Son de espesor variable entre 0.5 y 3 metros y pueden faltar. En el caso de la Avenida de la Hispanidad, las gravas son angulosas, de cuarzo y proceden de las intercalaciones de diques o venas de cuarzo en pizarras carboníferas; su origen es coluvial. En el caso del valle de El Marco deben tener un origen fluvial, son subrodadas y se encuentran predominantemente en un nivel, que si bien se ha detectado en casi todas las calicatas, no es continuo.

Bajo los niveles anteriores existe una tercera unidad formada por arcilla pardo rojiza o rojo oscuro, con indicios de algo de arena y de consistencia firme a muy firme; el contenido de arcilla es superior al 80%. Se presentan fisuradas con estructura groseramente poliédrica y frecuentemente con un moteado oscuro de tamaño de 2 mm a 1 cm, dado por manchas de óxidos en fisuras o pequeñas concreciones. Hacia niveles más profundos cambia de forma gradual a amarillento o pardo amarillento, permaneciendo las restantes características. De los ensayos de identificación realizados en ellas, se deduce que son todas muy similares: arcillas de alta plasticidad, CH; su contenido de humedad, en la época en la que se tomaron las muestras, es inferior o cercano a su límite plástico.

En el valle del arroyo del Concejo existen algunas variaciones locales en el borde Oeste más cercano a las pizarras carboníferas, probablemente por aportes laterales de materiales de esa ladera, como sus intercalaciones de vetas de arcillas blanquecinas (calicatas C-7). Muy localmente y cerca de la

superficie, aparecen limos y niveles arenosos (calicatas C-14 y C-15).

El espesor de estos suelos es de cierta importancia, pues en el valle de la Avenida de la Hispanidad llegan a aproximarse a 6,5 metros, según los sondeos eléctricos realizados, y en la zona de El Marco, hay referencias de sondeos, IGME, donde se midieron espesores de 9 metros. La situación de estos puntos de observación se encuentra en el plano III-3-3.

Puede resumirse, en cuanto a las características generales de los suelos sobre substrato calizo que, tanto los suelos "residuales", en lenares o dolinas, como los de "fondo de valle", son: arcillas de alta plasticidad CH, con un contenido de arena o grava reducido (indicios a algo), de consistencia firme a muy firme, con un contenido de humedad bajo inferior o cercano a su límite plástico; se presentan, frecuentemente, fisurados con concreciones y manchas de óxidos. Todo parece indicar un origen antiguo y complejo.

Muy probablemente los suelos de los fondos de los valles son acumulaciones de origen fluvial, pliocenas o cuaternario antiguo, formadas por arrastre, con un transporte reducido, de suelos residuales formados sobre substrato calizo-dolomítico o pizarroso. Los suelos coluviales, si bien de tonos y coloraciones similares a los anteriores, son de plasticidad inferior CL, y mayor contenido de grava, de consistencia dura, y muy inferior contenido de humedad. Indicios de una procedencia y evolución diferente a los suelos residuales sobre substrato carbonatado.

3.5.4.- Características del Macizo Rocoso

3.5.4.1.- Litología

Devónico

Las rocas de edad Devónico afloran en todo el borde Nordeste de la Zona de Cueva de Maltravieso. Están formadas por pizarras con numerosas intercalaciones de volcanitas y algunas intercalaciones de cuarcitas, como las capas que dominan la ladera al Nordeste del Polígono Industrial. Todas estas rocas presentan en estado sano tonos oscuros en ocasiones verdosos; la esquistosidad que se aprecia en los afloramientos es bastante marcada a nivel mineralógico, pero algo más espaciada y discontinua como discontinuidades mecánicas. Son rocas de resistencia media, 3, en estado sano, salvo las cuarcitas que son de resistencia alta, 4. En los afloramientos "naturales", se encuentran relativamente sanas, grado III o II; puede que esto no sea siempre así y sólo afloran de forma natural los asomos de roca sana, pues, en escavaciones artificiales (desmontes tras la Residencia Sanitaria San Pedro de Alcántara), las rocas aparecen meteorizadas, grado IV, con tonalidades rojizas o gris claro, con signos de haber sufrido un fuerte lixiviado de parte de sus componentes.

Carbonífero. dolomías

En la Zona del Espíritu Santo la unidad de "El Calerizo" es eminentemente dolomítica. Los mejores afloramientos de toda el área son los de las antiguas canteras de la Cueva de Maltravieso. Las dolomías en ese punto son de grano medio, y tonos claros, gris blanquecino a rosado. Presentan un tenue bandeado discontinuo según la estratificación, de tonos grises algo más oscuro que el general de la roca, y según él, pequeñas oquedades aplastadas de 1 a 2 cm, formadas

probablemente por procesos de dolomitización. En esta antigua cantera, el aspecto general de la roca es, en cuanto a la estratificación, másivo; los planos de estratificación están ausentes casi por completo, como discontinuidades mecánicas. No se aprecian aquí, cerca del contacto con las pizarras de techo, la existencia de dolomías en capas delgadas con intercalaciones pizarrosas, situación que se ha observado en las otras zonas.

Se han observado dolomías en estratos delgados en el pequeño afloramiento situado en la calle, al Sur de la Bermita del Espíritu Santo. Podría corresponder este área a la zona de dolomías tableadas, en ocasiones algo arenosas, que afloran más al Oeste, en los desmontes de la estación de ferrocarril. La ausencia de afloramientos impide estimar si se trata de un aspecto local o de una intercalación de cierto espesor y continuidad, de dolomías tableadas en la serie general.

Al Este del arroyo del Concejo y todo el borde Norte (parte basal o de muro de esta unidad), parecen predominar las dolomías masivas, con ausencia de planos de estratificación, y tonos predominantemente oscuros.

En todos los afloramientos de la margen derecha del arroyo del Concejo, la karstificación superficial está bien desarrollada, lenares y pequeñas dolinas; existe también una cueva penetrable, la Cueva del Conejar, situada fuera de la zona estudiada, al Este del Polígono Industrial, en la finca de ese nombre. En la parte urbanizada de la ciudad sobre El Calerizo, no se aprecian formas de karstificación en superficie por estar todo construido; salvo en el Parque de la Cueva de Maltravieso, donde, además de esta cueva, existen en superficie las mismas formas kársticas que se han observado en otros lugares.

Carbonífero, pizarras

Afloran en el borde Sur de la Dehesa de los Caballos y Oeste del Polígono Industrial de Charca Musía. El contacto con el conjunto dolomítico, estratigráficamente infrayacente, es muy neto y se aprecia bien en el terreno, en las zonas donde el recubrimiento de suelos es reducido. Los afloramientos son escasos y corresponden siempre con excavaciones artificiales en calles o caminos. Únicamente afloran bien en el vaso de la Charca Musía.

Son pizarras de tonos grises a gris oscuro, de aspecto bastante homogéneo, que en ocasiones presentan venas de cuarzo de espesor milimétrico, en fracturas o según la esquistosidad, y cambios de color, por concentraciones de óxidos de hierro o alteraciones selectivas según algunas familias de fracturas. Se presentan en superficie bastante sanas, grado de meteorización III a II. Presentan planos de esquistosidad bien marcados, lisos, y patentes, como discontinuidades mecánicas, que definen lajas de rocas de espesor milimétrico a centimétrico. Son rocas de resistencia media, 3.

3.5.4.2.- Estructura

Esta zona se encuentra situada en el flanco Nordeste, invertido, de la estructura mayor de la región: Sinclinal de Cáceres, ver plano I-2 planta geológica general.

Las direcciones medias de la estratificación, en las dolomías, varían de N150E, inmediatamente al Sureste de la Zona, Cantera de Olleta, a N120E, en el área entre la Cueva de Maltravieso y El Marco. Más al Oeste, Dehesa de los Caballos, pasan a rumbos Este-Oeste. Los buzamientos de las capas son siempre al Nordeste o Norte con valores altos; en general superiores a 55°. En las figuras III-4 y III-5 se presentan respectivamente, representaciones estereográficas de los datos

tomados en esta zona, y diagramas de rumbo tanto de la estratificación como de la fracturación.

Dentro de la tendencia general, antes indicada, las rocas se presentan plegadas, si bien estos pliegues en las dolomías, por la ausencia de afloramientos y carácter masivo en las rocas, no suelen apreciarse. Se ha observado, no obstante, su existencia en la cantera de Olleta. El giro al Sur del contacto entre dolomías y pizarras en la zona de la Charca Musia (si bien ese contacto en gran medida debe ser mecánico), refleja la existencia de un pliegue de tamaño hectométrico en esa zona. Los pliegues son de tipo apretado, tendencia isoclinal (buzamiento de los dos flancos en el mismo sentido), vergentes al Sur y tamaño métrico a hectométrico.

En cuanto a la fracturación menor se han observado los sistemas de fracturas que se indican en el cuadro 14; se citan como dirección de buzamiento.

CUADRO Nº 14

SISTEMAS PRINCIPALES	SISTEMAS IMPORTANTES
J1 120/80	J4 225/25
J2 318/85	
J3 336/90	

Los sistemas J1 y J2 son los más importantes muy semejantes entre sí y coincidentes con el rumbo de la fracturación regional principal A2, figura I-3, Norte 30°-40° Oeste. el sistema J3 se ha medio al Sureste de la Zona, en la Cantera de Olleta, y corresponde a un sistema no detectado en otras zonas.

El sistema J4 de buzamientos bajos presenta una gran variación en rumbo, ver diagrama de la figura III-5,

producida, en gran parte, por ser un sistema discontinuo, de superficie muy irregular a escala centimétrica y "ondulado" a escala métrica. Es un sistema importante, desde el punto de vista de este estudio, por formar bloques prismáticos con la estratificación y los restantes sistemas de fracturas más verticalizadas en cuyo favor se han formado los principales conductos kársticos observados. Estas fracturas J4, forman la mayoría de los techos de las cavidades kársticas observadas.

No son evidentes fracturas mayores. Unicamente el giro que presenta el contacto dolomía-pizarra, entre Cueva de Maltravieso y Charca Musia, podría interpretarse asociado a una fractura antigua de dirección N10E; hacia el Norte coincidiría con la alineación de hundimientos H-3 a H-6 y con la sur-gencia de El Marco. En este último lugar, la fractura no produce, aparentemente, desplazamientos en el contacto dolomía y rocas devónicas

3.5.4.3.- Características geotécnicas del Macizo Rocosó

Existe información de dos reconocimientos anteriores, uno efectuado en el Centro de Cultura y otro específico dedicado a los hundimientos de la zona del El Calerizo, realizado por el IGME.

En la zona del Centro Cultural, se perforaron 12 sondeos con profundidades de 12 metros. En la roca se cortaron huecos de 0.2 a 0.5 metros en dos sondeos, cavidades rellenas de arcilla de espesor inferior a un metro en tres sondeos, una zona rellena de arcillas, con algunas zonas huecas, de 4 metros en un sondeo y finalmente, en seis sondeos no se apreciaron signos de huecos. El RQD, estimado mediante las fotografías de los testigos de los sondeos, varía entre el 17 a 95%, con un valor medio ponderado de 35%. Se aprecia en esta zona una karstificación, que se refleja en los pequeños huecos

146

detectados, en unos casos vacíos y en otros rellenos de arcilla, y en una "¿cavidad?" de 4 metros de altura rellena de arcilla. Los valores del RQD obtenidos, obedecen muy probablemente a la karstificación del Macizo.

En el trabajo realizado por el IGME, de los sondeos realizados, 7 se perforaron en dolomías, roca que se describe como, "calizas y dolomías oquerosas y fracturadas" en unos sondeos y "calizas y dolomías recristalizadas con filoncillos de cuarzo" en otros. Podría deducirse, que no se cortaron cavidades, o interrupciones en los terrenos perforados, que pudieran describirse, aisladamente, como huecos. Es decir, interpretamos, que se trataría de una roca con coqueras de tamaño, del orden, del diámetro de la perforación.

Con los mismos criterios expuestos en el apartado 3.3.4.3. en la Zona de Aldea Moret, se ha efectuado en las dolomías una caracterización del Macizo Rocosó mediante la clasificación "NGI" o "Q-System" de Barton et al. (1.974). En el cuadro nº 15, se presenta esta información en los puntos donde se ha realizado, también se incluye en ella el índice de Bieniawski RMR.

**CUADRO Nº 15.- CLASIFICACION NGI (Q BARTON AND LUNDE) DEL
MACIZO ROCOSO (ESPIRITU SANTO)**

Nº ESTACION	Jv	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	RMR
Categoría: Macizo Rocosó Bueno									
189	1	100	9	1,5	1	1	1	16,7	69,3
192	1	100	6	1,5	2	1	1	25,0	73,0
297	2	100	4	2	2	1	1	25,0	73,0
300	6	95	3	1	1	1	1	31,7	75,1
303	10	82	3	1	1	1	1	27,3	73,8
Categoría: Macizo Rocosó Muy bueno									
298	4	100	2	1,5	0,8	1	1	93,8	84,9
299	6	95	3	1,5	1	1	1	47,6	78,7
301	10	82	3	1,5	1	1	1	41,0	77,4

De los valores de Q obtenidos, que corresponden en realidad a las zonas de buena calidad de la roca, Cueva de Maltravieso y Cantera de Olleta, se sigue que el Macizo Rocoso en el general de la categorías Bueno y Muy bueno, situación que va a ser la más frecuente, cuando el Macizo no se presente karstificado.

Los sectores karstificados en el interior del Macizo Rocoso se emplazan, preferentemente, en zonas donde existe la posibilidad de circulación de agua, es decir, en las zonas con fracturas. La conjunción de fracturación y huecos haría descender los valores de los índices que se emplean para la estimación del índice de calidad "Q". En zonas karstificadas si el RQD desciende a valores del orden de 35, considerando valores de J_n de 4, J_r de 1.5, J_a de 6, por la existencia de rellenos arcillosos, y manteniendo los índices J_w y SRF con el valor 1, el índice Q valdría 2, lo que corresponde a un tipo de Macizo Rocoso "Malo".

Es necesario matizar que la karstificación no es un fenómeno homogéneo que afecte a toda la masa de roca. Esto puede darse, pero también puede darse la situación contraria, una zona con cavidades importantes (la Cueva de Maltravieso) inmediatamente al lado de un área de buena calidad (frentes de las canteras del Parque de Maltravieso). Estas situaciones, hacen difícil la caracterización global de una zona, pero por otra parte circunscribe exclusivamente la peor calidad a sectores muy concretos.

3.6.- ESTABILIDAD DE CAVIDADES EN LAS DOLOMIAS Y CALIZAS DE "EL CALERIZO".

3.6.1.- Tamaño máximo de cavidades

En el subsuelo de El Calerizo se ubica una serie de cavidades naturales y mineras, cuyo grado de estabilidad depende directamente de su geometría, y del grado de calidad del Macizo Rocoso, y de su profundidad.

Un resumen de la clasificación del Macizo Rocoso de El Calerizo se presenta en la figuras III-6. El Macizo Rocoso, en conjunto, es de la categoría "Bueno" a "Muy bueno". En un macizo de estas características puede estimarse el tamaño máximo de una galería excavada en él, que no requeriría de sostenimiento durante la excavación, ni posteriormente a ella.

Empleando la expresión de Barton et al., para el valor del ESR de 1 (Excavation Support Ratio que se emplearía en tuneles para uso civil), figuras III-7, el tamaño máximo de una excavación sin soporte, en nuestro caso de una cavidad, que podría realizarse, está dado por:

$$\text{Máximun span (unsupported)} = 2 (\text{ESR}) Q^{0.4}$$

Esta expresión se presenta, gráficamente en el cuadro de la figura III-8.

De acuerdo a lo anterior en macizos rocosos de calidad, Q, Bueno, podrían existir cavidades estables de tamaños entre 5 y 8,6 metros, para $Q=10$ y $Q=40$ respectivamente. En macizos rocosos Muy Buenos podrían existir cavidades entre 8.6 metros, $Q=40$, y 12.6 metros, $Q=100$.

Es decir, puede esperarse que existan cavidades estables en el interior del macizo dolomítico-calizo,

Figura.- III-6

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION NGI (Q BARTON AND LUNDE)

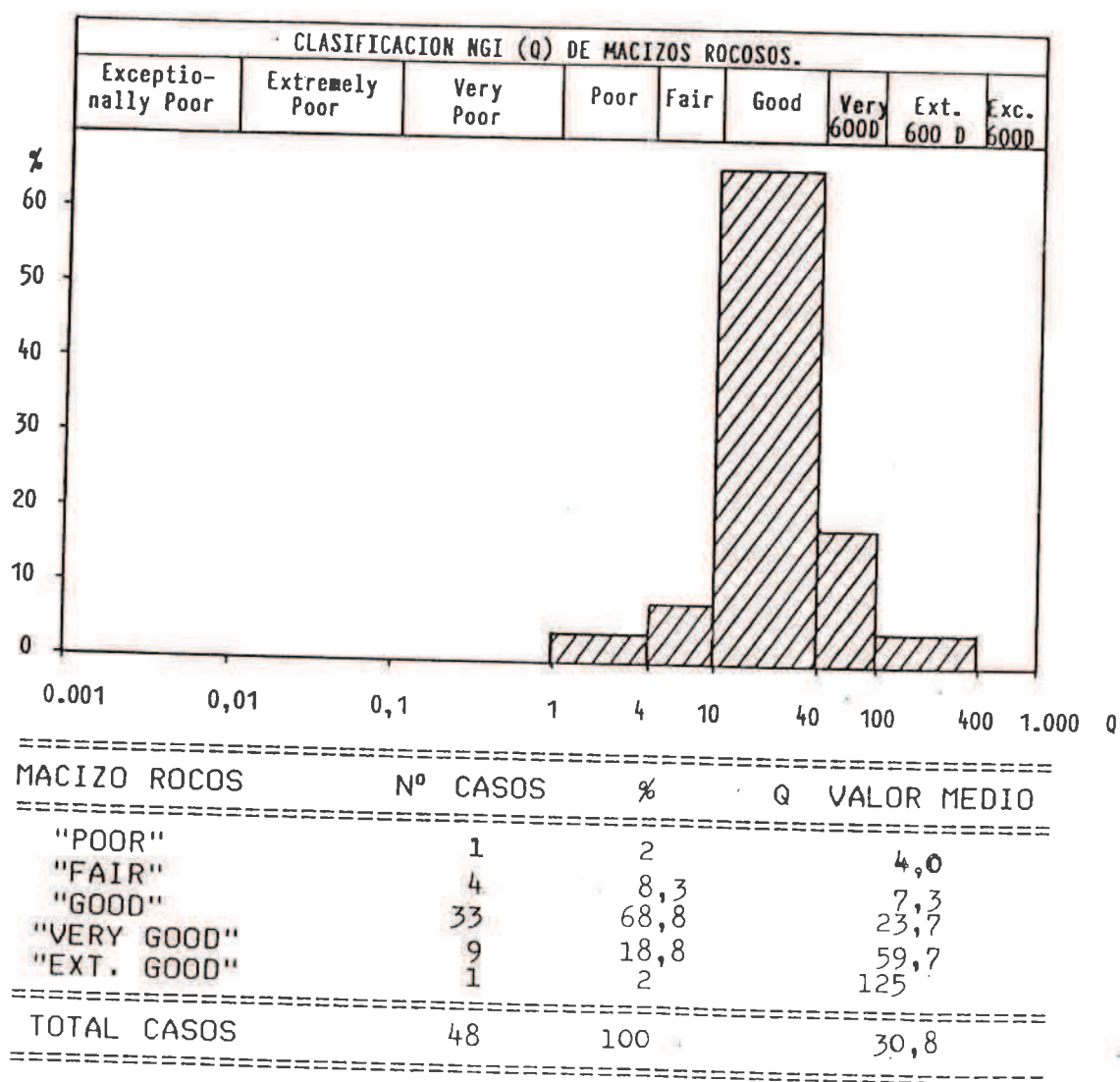


Fig. III-7 Máximos avances sin sostenimiento recomendados en excavaciones subterráneas, para diferentes calidades de macizos rocosos.

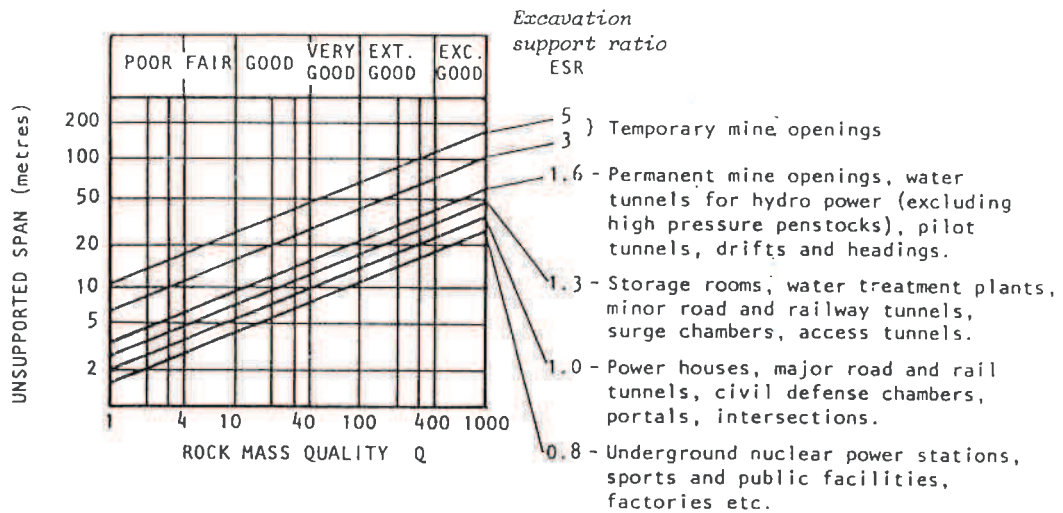
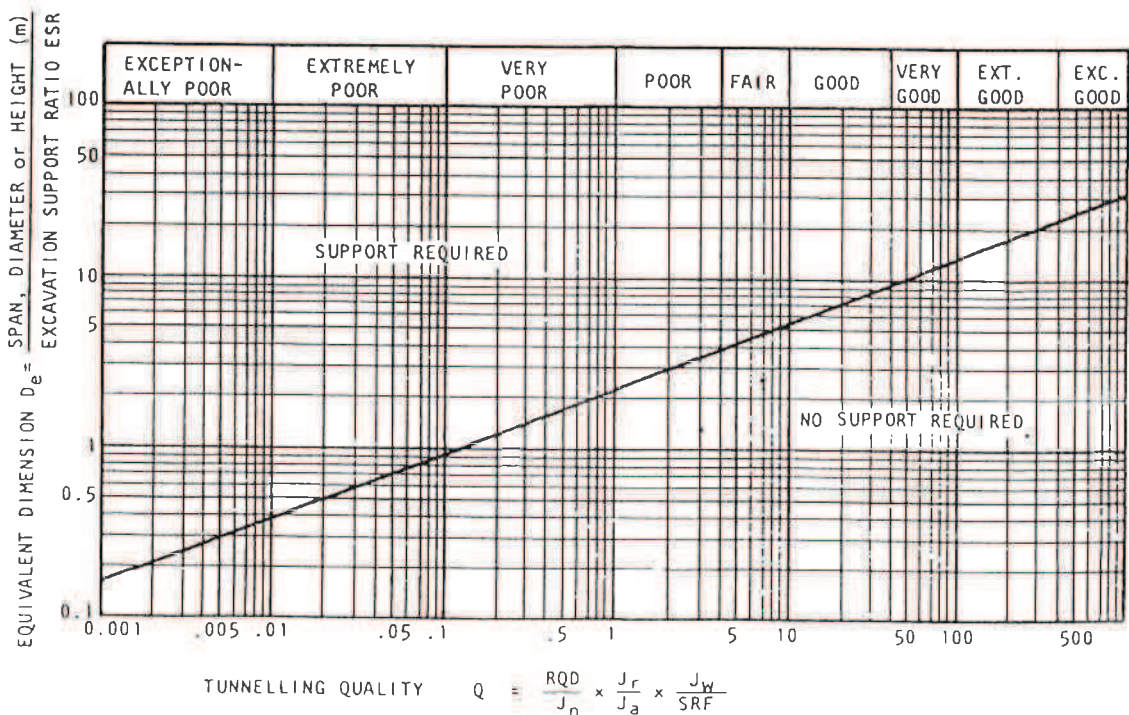


Fig. III-8 Relación entre la máxima dimensión equivalente de una excavación subterránea sin sostenimiento y el índice de calidad "Q" de Barton.



151

originadas por procesos de karstificación, con dimensiones máximas entre 5 y 13 metros. Estas dimensiones concuerdan, en gran medida, con las observadas en las galerías y salas de la Cueva de Maltravieso, plano II-1.

En las minas de Aldea Moret, según los planos de labores disponibles, existen pozos y cámaras de explotación que superan las dimensiones anteriormente citadas. La estabilidad a largo plazo de estos huecos depende del diseño, proceso de excavación y sostenimiento, utilizados en cada explotación; detalles de los que no se posee, en la actualidad, información

3.6.2.- Definición del perímetro de protección sobre cavidades subterráneas

Las técnicas de estudio y el conocimiento sobre las repercusiones, en superficie de colapsos de cavidades subterráneas, proceden de observaciones y mediciones efectuados sobre hundimientos en minas de carbón. Estos datos, que han permitido elaborar las actuales técnicas de estudio, proceden de labores mineras que se han explotado "dejando hundir el terreno" de forma controlada, y no se refiere a minas que se han hundido por sí solas, transcurridas decenas de años tras su explotación, o cavidades naturales.

El terreno que puede verse teóricamente afectado por las deformaciones o hundimiento de un hueco subterráneo, puede extenderse más allá del situado directamente sobre él. Se denomina "ángulo de influencia" al ángulo medido respecto a la vertical, que formaría la envolvente de la zona afectada por deformaciones respecto al borde exterior de los huecos. Dicho ángulo de influencia se ha estudiado en explotaciones de carbón profundas horizontales, con extracción total de la capa de carbón. El ángulo de influencia en estos casos, es bastante variable, oscilando entre 8° y 48°. Con capas fuertemente

152

inclinadas, o verticales, el conocimiento existente de fenómenos de afecciones en superficie es más limitado.

En el caso de las minas y cavidades kársticas de El Calerizo podría estimarse un "teórico ángulo de influencia", para definir un "perímetro de protección", dentro del cual estaría contenida la zona con riesgo de de ser afectada por deformaciones en caso de hundimiento de un hueco.

Para estimar este ángulo se ha considerado que los movimientos y deformaciones del terreno en superficie estarían originados por desprendimiento y/o deslizamiento de bloques en el techo y/o hastiales de los huecos, y que el límite de la rotura estaría definido o controlado por superficies de debilidad existentes, es decir, sería a favor de las discontinuidades mecánicas.

Con estos supuestos, para el desprendimiento de bloques, la anchura de la posible afección en superficie sería la vertical del hueco. Para deslizamientos de unidades de roca, de acuerdo a las clasificaciones del macizo rocoso establecidas, puede considerarse para, una fricción de 50° en todos los planos; se trataría de un deslizamiento de bloques en una situación de cierto confinamiento. Considerando los valores medios de los planos de discontinuidade detectados, no se producirían deslizamientos bajo un plano envolvente teórico de pendiente con la horizontal inferior a 60° . Es decir el "ángulo de influencia", según este criterio de rotura, sería de 30° con la vertical.

La estimación del ángulo se indica en las figuras A-9-21 y A-9-22 del Apéndice 9.

Dado que la profundidad de gran parte de las explotaciones y huecos no se conoce, se ha tenido que realizar una estimación, para con ella y el ángulo de influencia

153

anteriormente definido, y precisar el perímetro de protección. A falta de otros datos, se estima razonable considerar como profundidad de la Mina Abundancia la conocida de 185 metros; para las restantes explotaciones que se han denominado Labores Principales una, profundidad de 100 metros, para las Labores Menores 50 metros, y para los huecos kársticos 20 metros.

Con ángulo de influencia de 30° y las profundidades citadas, se define un perímetro de protección de límite situado a 110 m del borde inferior conocido en Mina Abundancia, 60 metros en las Labores Principales, 30 metros en las Labores Menores, y de 12 metros en las cavidades kársticas

Es evidente que los puntos que presentan un riesgo más alto de hundimiento, para cualquier tipo de uso del terreno, son los puntos de conexión de los huecos mineros con la superficie del terreno y su entorno inmediato. La mayor parte de estas zonas están ocultas por rellenos.

4. — RIESGOS DE EL CALERIZO

4. - RIESGOS DE EL CALERIZO

El concepto de RIESGO asociado a un PROCESO NATURAL, normalmente se entiende como la probabilidad de que dicho PROCESO NATURAL se produzca en el tiempo.

Para el caso de procesos de consecuencias socioeconómicas importantes, como son los terremotos, e inundaciones o cuando se quiere evaluar el impacto sobre áreas urbanas (como es el caso estudiado), el concepto de RIESGO también incluye el previsible nivel de daños que el proceso puede originar.

De la conjunción de la "probabilidad de suceso", y de los "daños" que puede causar, se han definido distintos grados de riesgo, que son los utilizados en el presente Proyecto.

4.1. - METODOLOGIA APLICADA

La metodología aplicada para la determinación de los riesgos geológico-naturales de El Calerizo, ha sido desarrollada por el Departamento de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio de INGEMISA.

Su validez se ha puesto de manifiesto en varios estudios de detalle efectuados en el País Vasco y ha sido la base para actuaciones puntuales de la Administración, encaminadas a minimizar los efectos de catástrofes naturales.

Esta metodología se basa en la realización de cuatro etapas de trabajo:

- Fase previa
- Recogida de datos
- Cálculo de los coeficientes de riesgos
- Índices de riesgo

En la fase previa se realiza un inventario de todos aquellos fenómenos y procesos naturales que conllevan riesgo para la vida humana y sus medios de desarrollo, así como de los parámetros que intervienen en cada uno de ellos.

En la fase de toma de datos se analizan todos y cada uno de los factores o rasgos básicos que intervienen en tales procesos, y sus interacciones. En ella se realizan los mapas de datos básicos necesarios (litología, situación de labores mineras, cuevas, etc.).

La evaluación del riesgo se realiza al interpretar los rasgos o factores observados y asignarles un grado de riesgo, el cual puede ser cualitativo o bien estar cuantificado.

En aquellos casos que exista un registro histórico de ocurrencia de un determinado proceso (por ejemplo, inundaciones), puede establecerse un coeficiente de riesgo, analizando los daños causados en función del periodo de retorno del suceso.

En el caso específico de El Calerizo no se ha podido calcular el coeficiente de riesgo, al no existir referencias históricas suficientes para ninguno de los procesos.

4.2.- RECOPIACION DE SUCESOS CON RIESGO

4.2.1.- Inventario

En el ejemplo 3.2 del capítulo de Geotecnia, se han descrito, para cada zona de trabajo, los principales sucesos y daños habidos en El Calerizo, los cuales se han situado en los planos III-1-1, III-1-2 y III-1-3.

En resumen estos corresponden a:

- Más de 20 colapsos de 2 a 4 m de diámetro y 0,5 a 2 m de profundidad localizados en los prados de Espíritu Santo, inmediaciones de Charca Musia, Dehesa de los Caballos, pozo Malacate y Polígono de Aldea Moret.
- Tres colapsos de grandes dimensiones en el Barrio de la Abundancia de Aldea Moret.
- Asentamientos diferenciales que han afectado a parte de la marquesina y final de la Estación de Autobuses.
- Asentamientos del acerado que rodea un edificio de la calle Caupolican, y de otro situado en las inmediaciones de los hundimientos de Aldea Moret, que ha producido su despegue de la fachada.
- Asentamiento que han afectado a las instalaciones deportivas y talleres del Instituto de Formación Profesional, de la Avda. Cervantes.

- Fisuración de la fachada del edificio La Estrella, situado en la esquina de Avda. Cervantes - Calle Atauualpa.
- Cavidades en el subsuelo. Cimentaciones especiales con losas o pilotes en varios edificios del Polígono Moctezuma, probablemente por encontrar cavidades en el subsuelo al realizar las excavaciones de los cimientos.
- Materiales de baja capacidad portante. Cimentación especial, con bóveda, en un edificio situado en la intersección de las Avenidas de la Hispanidad y Bondad, por localizarse sobre materiales de baja capacidad portante.
- Inundaciones de pequeña cuantía asociadas al desbordamiento del Arroyo del Concejo y encharcamientos de La Cañada.
- Varios heridos y muertos, fundamentalmente niños, por caídas en labores mineras y canteras no protegidas.

4.2.2.- Procesos naturales con riesgo en El Calerizo

Según el inventario anterior, los PROCESOS naturales causantes de daños en El Calerizo corresponden, fundamentalmente, a colapsos y asentamientos del terreno.

Otros procesos a considerar serían los de inundación, contaminación de acuíferos e inestabilidad de laderas. También se han teniendo en cuenta los riesgos de accidentes personales en labores mineras y canteras poco protegidas.

4.3.- RASGOS BASICOS DE LOS RIESGOS

4.3.1.- Hundimientos y Colapsos

Con gran diferencia este proceso es el que puede presentar una mayor incidencia en las edificaciones de los sectores estudiados.

A continuación se exponen los aspectos más relevantes de los colapsos, según las referencias bibliográficas consultadas.

Un colapso es la repercusión, en la superficie del terreno, del hundimiento de una cavidad o hueco existente en profundidad. Generalmente, los hundimientos originan una depresión cerrada, más o menos grande y profunda, con bordes escarpados y fondo plano o irregular que en numerosos casos queda llena de agua.

En los terrenos kársticos, dada la existencia de cavidades en el subsuelo, este tipo de fenómenos es uno de los factores principales de riesgo geológico.

Una clasificación de los tipos de hundimientos, puede hacerse en relación a los que tienen un origen "natural" y los que están inducidos por actividades humanas.

Los colapsos de origen natural, cavidades kársticas producen dolinas de hundimiento. Se denominan así a depresiones originadas por hundimientos, de dimensiones y profundidades de decenas a centenas de metros, generalmente con bordes o márgenes escarpados y fondo de tendencia relativamente plana. Son el resultado del colapso de techos de grandes cavidades en calizas o dolomías.

160

Los registros históricos de hundimientos de este tipo son raros, pero, sin embargo, son numerosos los ejemplos de "dolinas" a las que puede darse este origen en casi todos los macizos kársticos. La edad de su formación es antigua y generalmente hay que buscarla en el pasado geológico, casi siempre lejano a escala humana: centenares a miles de años.

Los hundimientos inducidos por actividades humanas pueden agruparse en dos conjuntos: los originados por descensos del nivel piezométrico y los que son el resultado de actividades de construcción; entendiendo por estas últimas las que resultan del levantamiento de estructuras, contención o modificación del curso de aguas superficiales o subterráneas, drenajes y modificaciones en la superficie del terreno.

Los hundimientos inducidos por el hombre son los más numerosos y, en ocasiones, los más peligrosos, por sus repercusiones sobre las construcciones. Ocurren casi en su totalidad, en los recubrimientos de suelos que soportan substratos de calizas y dolomías karstificadas. Las actividades humanas más frecuentes que los inducen son bombeos para abastecimiento o riego, drenajes de minas, voladuras, y obras hidráulicas (embalses y canalizaciones).

Los parámetros comunes que suelen describirse en relación con este tipo de hundimientos son:

- Existencia de un recubrimiento de suelos con espesores de 1 a 30-40 m.
- Substrato rocoso con zonas de preferente circulación de agua, como sucede en calizas o dolomías karstificadas.

- Nivel piezométrico, en condiciones naturales, cercano a la superficie del terreno, es decir, dentro del recubrimiento de suelos.

Casi todos los hundimientos asociables a actividades humanas, son el resultado del colapso del techo de CAVIDADES DESARROLLADAS EN LOS SUELOS, que recubren las rocas carbonatadas. Estas cavidades se forman por migración de suelos o materiales no consolidados que forman los recubrimientos, por las fisuras o conductos existentes en el substrato rocoso.

En muchos casos el mecanismo de formación de la cavidad, se asocia a la pérdida de soporte por flotación, que sufren los suelos sobre la fisura al **descender el nivel piezométrico**. Un descenso del nivel hace que la flotación pase a ser un incremento de peso, carga, que puede provocar la ruptura de la base del suelo, y su caída sobre la cavidad o conducto kárstico. El aumento posterior de la cavidad iniciada en el suelo, por rupturas sucesivas, hace que termine repercutiendo en superficie en un colapso.

Se han descrito también mecanismos de arrastre de suelos por recarga inducida, que se producen al **mantener el nivel piezométrico artificialmente** por debajo de la base de los suelos, en el macizo rocoso, y quedar un nivel freático colgado. A partir de este nivel se produciría una "recarga inducida" que, al canalizarse por puntos concretos, fisuras o conductos del karst, puede provocar arrastres sólidos de suelos. Arrastre o erosión interna que, en definitiva, origina las cavidades.

Otros mecanismos que se citan y pueden inducir el arrastre de materiales y colapso de cavidades, son el de "supción" y las "subpresiones". Al ser en la mayoría de los casos los suelos del recubrimiento de tipo arcillosos y estar

saturados, al descender rápidamente el nivel piezométrico se vacía el agua que rellena los conductos kársticos en la zona bajo los suelos; estos no ceden el agua con tanta rapidez y pueden actuar de "tapon" superior de los conductos que se están vaciando. Puede producirse entonces una succión en la zona superior de los conductos kársticos, que propicia el arrastre de los suelos al interior del macizo y la consiguiente formación de la cavidad en los suelos, sobre la roca. Se han citado casos del tipo contrario: un aumento brusco del nivel piezométrico se transmite instantáneamente, por las fisuras, a la base de los suelos y origina una subpresión instantánea o golpe que provoca su rotura y posterior colapso. Casos de este tipo se han descrito originados por voladuras, y construcción de embalses.

La causa más común desencadenante de los procesos anteriormente indicados son los **bombes de agua**, que originan un descenso del nivel piezométrico, con aumento del gradiente y velocidad de circulación del agua subterránea. Esta afirmación se apoya en numerosas observaciones y casos descritos en los que un aumento en los bombes, extracciones de agua, origina la aparición de nuevos hundimientos. Los colapsos suelen situarse en el entorno próximo (100-500 m) a los puntos de extracción y su distribución, en la superficie del terreno, puede y suele estar relacionada con las direcciones principales de circulación del agua subterránea, controladas en numerosos casos por la estructura geológica del área.

Las fluctuaciones del nivel piezométrico se dan también en condiciones naturales por lo que pueden originarse y de hecho también se producen, hundimientos sin intervención humana. Las fluctuaciones de niveles de agua por bombeo son, sin embargo, más rápidas, más intensas, y repetitivas en el tiempo, de ahí su muy superior incidencia en el fenómeno. En

muchos lugares no se conoce hasta que se inician las extracciones.

El tamaño de los hundimientos y su profundidad suele guardar relación con el espesor del recubrimiento de suelos: a mayor espesor se dan tamaños y profundidades mayores. En casi todos los casos los contornos son escarpados casi verticales y el hundimiento es súbito.

El momento en el que puede producirse un hundimiento es impredecible, pero su génesis suele ser lenta y en ella el mecanismo esencial es la erosión subterránea, por arrastre de materiales del recubrimiento al interior del macizo rocoso, a través de la red de conductos del mismo.

La construcción de estructuras o edificios, contención o modificación de cursos de agua, y modificaciones en la superficie del terreno pueden originar, también, hundimientos.

La construcción de estructuras o edificios sobre huecos no aflorantes existentes en el terreno, ya sean estos suelos del recubrimiento o cavidades en el macizo rocoso, puede originar esfuerzos suplementarios en el techo y/o hastiales de dichas cavidades y desencadenar su rotura y el consiguiente hundimiento. En función del tamaño y naturaleza de la cavidad así será su efecto: desde un leve asiento de la superficie, que puede originar ligeros daños a estructuras existentes, a un colapso de metros o decenas de metros, con daños muy serios o irreparables a las estructuras afectadas.

Modificaciones del drenaje superficial o subterráneo mediante construcción de presas, canales, drenajes, canalización subterránea de aguas, trincheras, etc., puede modificar el régimen natural de circulación de agua en puntos

concretos o descensos del nivel piezométrico y la consiguiente génesis de fenómenos de arrastre, erosión interna de los suelos, que a su vez generan las cavidades susceptibles de colapsar y originar hundimientos en superficie.

4.3.1.1.- Colapsos de cavidades naturales en El Calerizo

En toda el área cubierta por el estudio, no se ha observado ninguna forma superficial producida por desplomes de cavidades naturales.

El único indicio de que este proceso haya sucedido en el pasado, corresponde a un acúmulo de brechas de colapso observado en el frente Oeste de la cantera existente en las proximidades del nuevo recinto ferial de Cáceres.

Este enclave también ha podido producirse por el desplome parcial de una cavidad, por lo que no necesariamente ha tenido que repercutir, el proceso, en superficie.

De otra parte, la litología estructura y evolución geomorfológica del El Calerizo, ha favorecido una karstificación poco profunda, con desarrollo de cavidades lineales a favor de la intersección de las superficies de discontinuidad existentes; por lo que los conductos originados tienden a ser rectilíneos y sin cámaras de grandes dimensiones, salvo excepciones. A este respecto cabe indicar, que según las estimaciones realizadas en el apartado 3.6.1., el tamaño máximo de cavidades estables que pueden darse es del orden de 13 m.

4.3.1.2.- Colapsos de Aldea Moret

En este sector se han inventariado ocho hundimientos: cuatro situados en el extremo E del Barrio de la Abundancia, tres en el paraje Casualidad y otro más al Oeste del poblado minero de Aldea Moret.

Todos ellos se sitúan sobre la traza o en las inmediaciones de pozos, chimeneas y otras labores mineras superficiales, las cuales se encuentran rellenas de escombros. En particular, los hundimientos se asocian, a las antiguas labores de Moctezuma, uno bajo el bloque B-3, otro adyacente; dos a Mina Abundancia, al sur del bloque B-1, que son los de mayor entidad; tres sobre pozos o rozas de las labores Casualidad; y uno al Oeste del Pozo Malacate.

Los hundimientos asociados a Mina Abundancia, Sur del bloque B-1, han alcanzado grandes dimensiones, siendo el mayor de ellos, el ocurrido en Septiembre de 1.985, cuando súbitamente apareció un colapso de unos 20 metros de diámetro y 15 metros de profundidad. La zona donde se produjo el hundimiento fue definida como un cono de extracción de minerales en el informe del INCE de fecha 1.982. Posteriormente el hundimiento fué reconocido por el IGME en 1.985.

La aparición de estos hundimientos ha estado precedida, en todos los casos, de importantes precipitaciones. En el mes en que se registró el primer hundimiento (Noviembre de 1.983) se recogieron 242 mm de lluvia, en los meses anteriores a la aparición del segundo (Septiembre de 1.985) se recogieron cerca de 700 mm. Finalmente en los dos meses anteriores a la aparición del tercer y cuarto hundimiento (Enero de 1.990), se midieron cerca de 400 mm.

4.3.1.3.- Colapsos de Espíritu Santo, Charca Musia y Dehesa de los Caballos

Corresponden a más de una docena de hundimientos que presentan una morfología y encuadre geológico similar, y por tanto pueden asociarse al mismo fenómeno.

El tamaño de los colapsos suele estar comprendido entre 1 y 3 m de diámetro y su profundidad de 0,5 a 1,5 m. La forma es subcircular y las paredes son verticales.

Este tipo de hundimientos, sólo se han producido en sectores donde las dolomías se encuentran recubiertas por arcillas y gravas cuaternarias y terciarias con espesores superiores a 4 m, y más específicamente, donde estos recubrimientos alcanzan o se sitúan en la proximidad del nivel piezométrico.

La investigación efectuada, mediante calicatas, sobre los hundimientos, ha puesto de manifiesto que éstos sólo afectan a los materiales de recubrimiento. El substrato dolomítico no se encuentra colapsado, aunque sí intensamente karstificado.

En un caso particular, H-10 del plano III-1-1, el hundimiento se ha producido en una zona de poco espesor de relleno, a favor de una dispersión en el substrato rocoso (embudo de solución?), en la que se alcanza el nivel de agua (figura IV-1). En este caso el volumen de suelos evacuados al interior del macizo rocoso por conductos kársticos de secciones inferiores a $0,1 \text{ m}^2$ observables en el borde del hundimiento, es de 65 m^3 .

4.3.1.4 Origen de los colapsos

Los hundimientos de Aldea Moret están claramente ligados a las explotaciones mineras abandonadas.

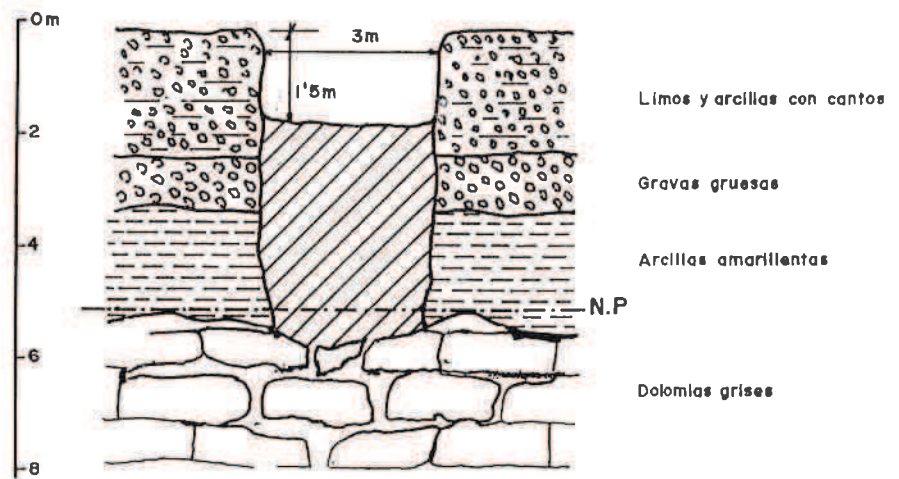
En todos los casos registrados, los colapsos sólo han afectado a los rellenos que tapan las labores superficiales y pozos, y no a la roca de los hastiales, por lo que el fenómeno debe estar asociado a procesos de compactación diferencial de los escombros que rellenan estas labores, o bien con su migración hacia cámaras huecas laterales o más profundas.

En ambos casos, en las cámaras, chimeneas o galerías rellenas, se produciría un hueco inicial, dentro de los vertidos previsiblemente a profundidades importantes; por derrumbe del techo del hueco, este progresa hacia la superficie, hasta que finalmente la alcanza mediante un colapso.

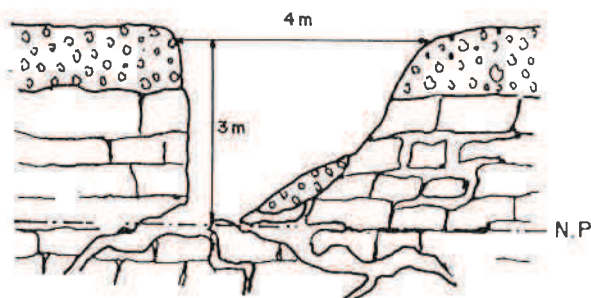
La aparición de los hundimientos tras intensas precipitaciones, puede guardar relación con fenómenos de arrastre de material por parte del agua que percola a través de los rellenos, y/o a bruscas oscilaciones del nivel piezométrico. Estas últimas pueden inestabilizar las bóvedas de los huecos iniciales, con mayor facilidad, y contribuir a que su progresión vertical sea más rápida (figura IV-2).

No se aprecian indicios, ni hay referencias de repercusiones en superficie, por deformaciones o movimientos del macizo rocoso, como consecuencia de colapsos de huecos mineros.

Figura.- IV-1 MORFOLOGIA DE LOS HUNDIMIENTOS DE LOS PRADOS DEL ESPIRITU SANTO Y SECTORES PROXIMOS

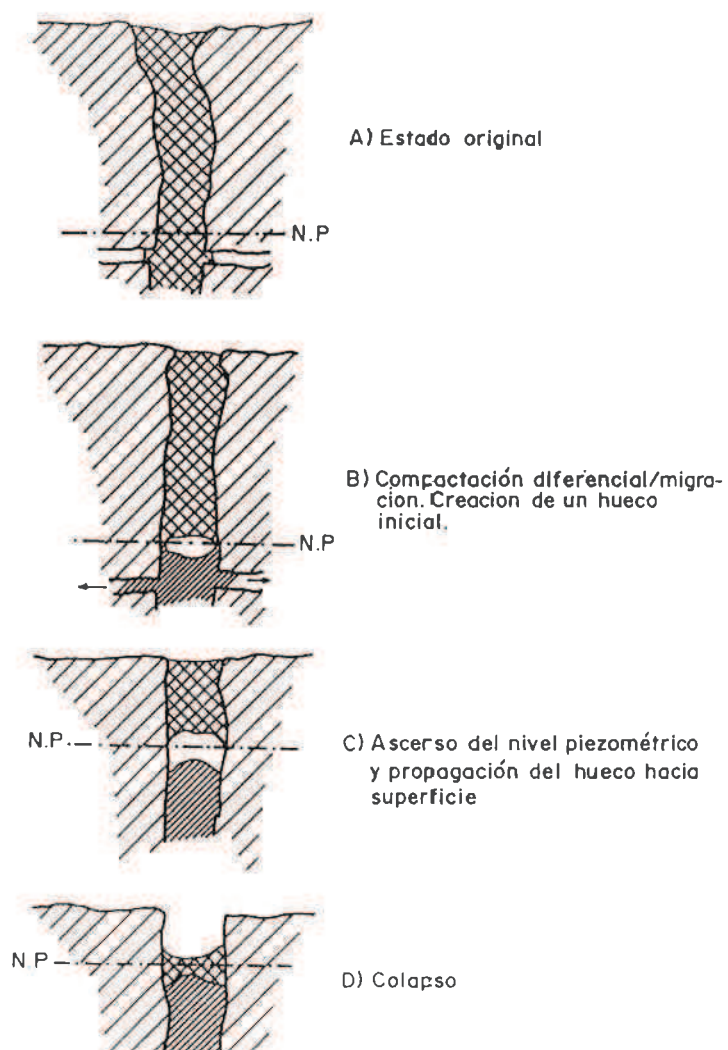


A.- MORFOLOGIA GENERICA



B.- MORFOLOGIA DEL HUNDIMIENTO H-10

Figura.- IV-2 HIPOTESIS DE GENESIS DE LOS
HUNDIMIENTOS DE ALDEA MORET



Los hundimientos de los prados del Espíritu Santo y sectores próximos, empezaron a producirse esporádicamente mientras se bombeaba, a gran caudal, desde los sondeos de El Marco; la mayor parte de ellos aparecieron al cesar las extracciones y volver a manar este manantial. El último hundimiento ha aparecido tras las intensas lluvias de Noviembre-Diciembre de 1.989 y el consiguiente ascenso del nivel piezométrico.

En esta cronología se evidencia, por tanto, la estrecha relación entre los colapsos y las fluctuaciones del nivel piezométrico en los carbonatos, debidos a bombeos o a intensas lluvias.

El hecho de que los hundimientos sólo afecten a los materiales que recubren las dolomías, indica que los huecos que se colapsan se encuentran en los depósitos superficiales, por lo que ha debido de existir una migración de materiales a través de los conductos kársticos.

El mecanismo generador de los huecos iniciales puede ser como se ha indicado en el apartado 4.3.1.1 por arrastre de sedimentos al aumentar el gradiente hidráulico y al comenzar los bombeos, o bien por desplome y arrastre, al descender el nivel piezométrico en las dolomías y quedar, momentáneamente, un nivel colgado que satura e inestabiliza los recubrimientos.

En ambos casos se crearía un hueco inicial, no necesariamente de grandes dimensiones, que con sucesivas fluctuaciones del nivel piezométrico, pudo ir inestabilizando las paredes y agrandándolo, hasta que, con la recuperación del estado inicial del nivel piezométrico, sobrevinieron los desplomes generalizados (figura IV-3).

Figura.- IV-3 HIPOTESIS GENETICA DE LOS HUNDIMIENTOS DE LOS PRADOS DEL ESPIRITU SANTO Y SECTORES PROXIMOS



A) Estado original

B) Formacion de huecos



B₁) Arrastre por aumento del gradiente hidráulico

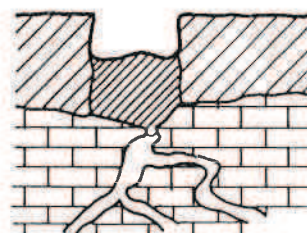


B₂) Arrastre por percolación

C) Formacion de colapso



C₁) Ascenso de nivel y calda de paredes del hueco



C₂) Colapso

La génesis descrita, deducida de la investigación realizada, está en concordancia con los aspectos conocidos y descritos, en la literatura técnica, sobre estos temas.

4.3.2, - Subsidencias y asentamientos

Estos procesos se asocian a terrenos no suficientemente consolidados y/o de baja capacidad portante. Dentro de las zonas reconocidas, estas características se dan en rellenos, escombreras, y arcillas que recubren los carbonatos en algunos sectores. También se pueden dar asentamientos por el colapso de pequeños conductos kársticos, o coqueras, muy superficiales.,

Los asentamientos, hasta la fecha, sólo han producido daños menores, como son grietas en fachadas de edificios y deformaciones en estructuras metálicas y solerías.

En la **Estación de Autobuses** (fig. III-1) los fenómenos de asentamiento sólo han afectado a un sector muy concreto del patio de aparcamiento y marquesina que recubre los muelles de embarque. Según se desprende de la cartografía geológico-geotécnica (plano III-1-2), este sector coincide con una gran escombrera que oculta una cantera antigua.

Caso parecido ocurre en el **Instituto de Formación Profesional**, el cual se sitúa parcialmente sobre otra escombrera. Las mayores deformaciones se dan en el campo de deportes, que se sitúa en las proximidades del borde del relleno, donde se encuentran los mayores espesores y, por consiguiente, los asientos pueden ser mayores.

Los dos casos de **asentamientos de Acerados** inventariados, han producido su despegue de la fachada y, en un caso, la rotura de un colector de aguas residuales. La

estructura de estos edificios no se ha visto afectada, por lo que el asentamiento debe estar localizado en rellenos laterales a la construcción, sobre los que se han realizado los Acerados.

Los daños de la fachada del edificio La Estrella se sitúan en uno de sus extremos y tienen un desarrollo vertical, lo que parece guardar relación con un pequeño asentamiento de un pilar. Este edificio se encuentra sobre dolomías, por lo que en principio, los daños, de tener relación con deformaciones del terreno, estarían probablemente asociados a asientos diferenciales, motivados por hundimientos de pequeños huecos kársticos bajo el pilar en cuestión, o a que éste se encuentra, parcial o totalmente, apoyado sobre arcillas de descalcificación.

En el informe del IGME de 1.985, ya se apuntaba como una de las posibles causas de desperfectos en edificios, las anteriores diferencias por condiciones de apoyo de pilares en terrenos de distintas características: uno o varios pilares en roca y otros en suelos residuales, o bien apoyos sobre rocas compartimentadas por karstificaciones.

A modo de resumen se puede indicar que, en el sector estudiado, las áreas donde se producen asentamientos coinciden con grandes vertederos o escombreras. En el resto de zonas con suelos de baja capacidad portante no se han registrado incidencias reseñables fuera de las citadas.

4.3.3.- Inundación

Las inundaciones pueden tener dos orígenes distintos: avenidas y encharcamientos.

Las avenidas se dan en cauces hídricos y se asocian a causas naturales (intensas precipitaciones, deshielos

súbitos, etc.) o a causas artificiales (roturas de embalses). Los encharcamientos en este caso se producen en relación con la precipitación directa, sobre zonas mal drenadas o endorreicas.

En el caso de los sectores estudiados, se han distinguido cinco zonas con alguna probabilidad de inundación. Una estaría ligada a la posible rotura del embalse de Charca Musia, dos a zonas inundables por avenidas de cauces naturales, y otras dos inundables por encharcamiento.

Las posibilidades de inundación por avenida se circunscriben solamente a los Arroyos del Concejo y Charca Musia, así como al cauce sobre el que se ha construido la Avenida de la Hispanidad.

Las áreas de posible encharcamiento se asocian a la zona endorreica de La Cañada (Aldea Moret) y a las proximidades de la Estación de Autobuses, donde una escombrera ha cortado un cauce natural.

De las zonas susceptibles de ser inundadas, sólo se ha constatado la existencia histórica de desbordamientos en el Arroyo del Concejo y de encharcamiento en La Cañada, registrándose un nivel de daños pequeño. Las últimas inundaciones se han producido en el invierno de 1.989.

Para los dos tipos de inundaciones "naturales" hay varios factores de los que dependen su probabilidad, como son la intensidad de lluvia, superficie y morfología de la cuenca superficial, permeabilidad de los materiales de la cuenca, pendiente media, cobertera vegetal y obstáculos en cauces.

El régimen de precipitaciones en la estación meteorológica de Cáceres es normalmente suave, dándose las

máximas intensidades anuales de lluvia entre 30 y 60 mm/día, con una media de 39,8 mm/día.

En un registro histórico de 59 años completos, sólo se han superado ligeramente los 100 mm/día en dos ocasiones.

El Calerizo se sitúa en la divisoria de aguas de los ríos Salor y Guadiloba, y en él se distinguen varias **pequeñas cuencas hidrográficas** entre las que destaca la del arroyo del Concejo, con cerca de 6 km² de superficie. El resto de las cuencas no superan individualmente los 2 km². Por tratarse de zonas de cabecera, estas superficies tienen formas alargadas y apenas si presentan cursos de orden inferior.

Estas cuencas receptoras están ocupadas mayoritariamente por **materiales de elevada permeabilidad**, como son dolomías, excepto en el arroyo del Concejo, el cual se desarrolla en gran parte sobre materiales poco permeables.

En todos los casos las **pendientes** de los cursos fluviales son muy suaves, con gradientes próximos al 1%, o incluso inferiores. Las laderas y márgenes suelen estar dedicadas a la agricultura y pastoreo, con lo que no tienen una **cobertura vegetal** de entidad, si bien los suelos si están desarrollados.

Los únicos **obstáculos** o punto de circulación restringida que presentan los cauces, se sitúan en el arroyo del Concejo, en el cual hay pequeños puentes los prados del Espíritu Santo. Las últimas inundaciones en parte han estado motivadas por la retención de agua producida por el reducido dimensionamiento de estas obras, que se han mostrado incapaces de evaluar el caudal de avenida.

Sobre los datos climáticos existentes (1.931-1.988) se ha realizado un cálculo estadístico y de avenidas, para conocer la representatividad de la serie pluviométrica estudiada y el caudal máximo de avenida que produciría esa precipitación.

Para el cálculo del caudal de avenida, se ha usado la formulación utilizada por el ITGE para cuencas de pequeña extensión, en el Mapa Previsor de Riesgos por Inundaciones en Núcleos Urbanos de Andalucía y Extremadura (1.986).

$$Q(m^3/seg) = \frac{C \cdot I (mm/h) \cdot S(km^2)}{3,6}$$

$$C = \frac{(Pd - Po) \cdot (Pd + 23 Po)}{(Pd + 11 Po)^2}$$

en la que Pd= Precipitación máxima diaria en mm.

Po= umbral de escorrentía (30 y 40 mm)

I = Intensidad de lluvia en mm/h

s = superficie de la cuenca

Aplicando esta formulación a las precipitaciones causantes de las últimas inundaciones, en las que tras varios días de lluvias continuadas se registró una fuerte descarga de 52.4 mm con una intensidad de 24 l/h, se obtiene:

Para un Po = 40 mm	Q= 2,1 m ³ /seg
Para un Po = 30 mm	Q= 4,6 m ³ /seg

En los 59 años revisados, la máxima intensidad de lluvia se dió en Noviembre de 1.951, con 107,1 mm en 24 horas.

El valor medio de los registros anuales de precipitación máxima diaria es de 39,8 mm/día, presentando esta secuencia una desviación típica de $Tr = 17,7$ mm/día.

La frecuencia de esta precipitación, deducida de la ley de Gumbel, es de 0.032%, lo que supone un periodo de retorno próximo a 310 años.

La fórmula de tal ley es:

$$f(x) = a \cdot e^{-a(x-x_0)}$$

donde $1/a = 0,78 Tr$

$$x_0 = 7 - \frac{0,577}{a}$$

$f(x)$: ley de frecuencias

x : valor de intensidad de lluvia

A partir de esta formulación se deduce que las máximas intensidades diarias de precipitación, para periodos de retorno de 50 y 100 años, son de 113 y 123 mm/día, respectivamente.

Para estimar los caudales máximos de avenidas asociados a estas lluvias, ha de calcularse previamente la precipitación máxima en 1 hora, la cual, en esta región, se sitúa próxima al 45% de la lluvia diaria.

Los caudales de avenida que se producirían son:

CUADRO Nº 15- CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS DE AVENIDA

PRECIPITACION DIARIA (mm)	PERIDO DE RETORNO (años)	UMBRAL DE ESCORRETIA	Q DE AVENIDA (m ³ /s)
107	31	30	25,7
		40	18,4
113	50	30	28,8
		40	20,9
123	100	30	33,7
		40	22,1

Como se observa en el cuadro adjunto, para un periodo de retorno de 100 años, las avenidas pueden tener de 7 a 10 veces más caudal que el causante de las últimas inundaciones, por lo que el nivel de daños que causaría sería obviamente mayor.

4.3.4.- Contaminación de acuíferos

Este proceso reviste una especial peligrosidad en los acuíferos de alta transmisividad y se acrecienta con la proximidad del nivel piezométrico a la superficie.

Otros factores que inciden en el riesgo corresponden a la toxicidad de las sustancias que, voluntaria o accidentalmente, pueden ser vertidos sobre el acuífero, y el uso que se realiza con su aguas.

Todo El Calerizo se puede considerar como un acuífero de **alta transmisividad** (hasta $1.920 \text{ m}^3/\text{día}$), dado que está constituido por dolomías fracturadas y karstificadas. El **nivel piezométrico** se sitúa a poca profundidad, oscilando en los sectores estudiados en detalle entre los 4 y 35-40 m.

Sobre este acuífero se ubica parte de la ciudad de Cáceres, así como algunos polígonos industriales, en los que se localizan fundamentalmente talleres de automóviles, almacenes de alimentos y fertilizantes y un centro distribuidor de combustibles líquidos (Campsa); también hay algunas explotaciones agropecuarias de mediano tamaño.

Las **posibles contaminaciones** que pueden darse tendrían su origen en fugas de la red de saneamiento y de depósitos de combustible, vertidos accidentales de productos petrolíferos provenientes de los talleres de automóviles, de fertilizantes, o bien infiltraciones de lixiviados de estercoleros.

Otro posible foco de contaminación corresponde a los lixiviados de vertederos de residuos sólidos, o de determinados pozos mineros, donde se suelen arrojar desechos industriales y animales.

En caso de producirse un vertido contaminante y de que éste alcance la zona saturada, su propagación subterránea está condicionada por la existencia de varias divisorias hidrogeológicas, de manera que el acuífero queda compartimentado en varias zonas de flujo subterráneo contrapuesto.

En el área estudiada a escala 1/2.000 se distinguen dos de estas zonas, presentándose la divisoria hidrogeológica en las proximidades del Cerro Cabeza Rubia, con una dirección N120E (figura IV-4). La situada al Norte tiene un sentido de flujo en dirección Noreste, hacia el manantial de El Marco, mientras que el sector situado al Suroeste de la divisoria tiene una dirección de flujo al Sur en sentido de Mina Esmeralda.

Desde estos dos puntos se capta agua para el consumo de barrios de Cáceres y poblaciones próximas.

4.3.5.- Inestabilidad de laderas

Las suaves pendientes del relieve cacereño y la naturaleza de su terreno, hace que no existan problemas de inestabilidad de laderas.

A pequeña escala este proceso se podría localizar en los terraplenes de las grandes escombreras existentes en las inmediaciones de la Estación de Autobuses ladera Este de Cabeza Rubia y Sur de cantera Labradora (fuera de zona cartografiada), o bien en algún talud de la prolongación de la Avda. de la Hispanidad, los cuales se han excavado con fuerte pendiente en materiales de relleno.

4.3.6.- Accidentes personales en huecos no protegidos

Dentro de los sectores estudiados en detalle el único hueco de entidad que puede conllevar algún riesgo de accidente es el gran socavón de Mina Abundancia, existente a espaldas del pozo minero, que en la actualidad se encuentra cercado.

En otros lugares de El Calerizo aún quedan labores mineras no lo suficientemente protegidas, siendo utilizadas ocasionalmente como vertedero de animales o de residuos sólidos.

Los hundimientos súbitos que ocasionalmente se producen en los rellenos mineros, también pueden ser causa de accidentes de este tipo.

4.4.- EVALUACION DE RIESGOS

Se han establecido tres niveles cualitativos de riesgo, bajo, medio y alto, los cuales se obtienen a partir de una tabla de doble entrada, en la que se considera la probabilidad de suceso y los daños que causaría en caso de producirse (figura nº IV-5).

En esta clasificación se evalúa el impacto de un proceso sobre las personas, sus bienes e infraestructuras.

En el cuadro adjunto (nº 16) se resume la evaluación de los riesgos de El Calerizo de Cáceres y en las páginas siguientes se desarrolla. En los planos IV-1-1, IV-1-2 y IV-1-3 se han diferenciado las capas susceptibles de verse afectadas.

4.4.1.- Riesgos de Colapso

En el capítulo anterior se describieron dos tipos de hundimientos, asociados a suelos y a labores mineras, y además se comentó la posibilidad de desplome de cavidades subterráneas naturales que existen en los macizos karstificados.

EVALUACION DE RIESGOS

		Probabilidad de suceso		
		ALTA	MEDIA	BAJA
		Se da con frecuencia	Hay casos históricos	No hay constancia
Daños materiales	BAJOS	GRADO MEDIO		GRADO BAJO
	ALTOS	GRADO ALTO		GRADO MEDIO

		Alto	Medio	Bajo
COLAPSO	Suelos			
	Labores mineras			
	Cavidades Karsticas			
SUBSIDENCIA	Escombreras			
	Recubrimientos de dolomias			
INUNDACION	Encharcamiento			
	Avenida			
VULNERABILIDAD DE ACUIFEROS A LA CONTAMINACION				
INESTABILIDAD DE LADERAS				
ACCIDENTES PERSONALES EN HUECOS				

EVALUACION DE LOS RIESGOS
Cuadro nº 16

De afectar este proceso a una edificación el nivel de daño, podría ser muy elevado, por lo que el grado de riesgo será medido en alto, en función de la probabilidad de suceso.

4.4.1.1.- Colapsos en los suelos de recubrimiento

Estos hundimientos se producen en zonas donde las dolomías presentan recubrimientos potentes y con su base por debajo del nivel de agua, o en sus proximidades. Tal coincidencia de factores se dan en los prados del Espíritu Santo y en determinados sectores de la Avenida de la Hispanidad - Barrio de Moctezuma.

En un régimen de bombeos intensivos del acuífero, o de súbitas variaciones del nivel piezométrico por causas naturales, estos hundimientos podrían reproducirse, por lo que el riesgo asociado al proceso se clasificaría como alto.

4.4.1.2.- Colapsos asociados a labores mineras

En relación con relleno de labores.- Los colapsos, hasta la fecha, sólo se han producido en Mina Moctezuma, Mina Abundancia, Mina Casualidad y pozo Malacate, pero la probabilidad de suceso debe extenderse a las demás minas de la zona, ya que se encuentran en similares condiciones, cuando no peores.

Los colapsos han afectado exclusivamente a los rellenos de las labores mineras y no a las propias explotaciones. En consecuencia, la zona de máximo riesgo se circunscribe a los sectores donde estos rellenos alcanzan la superficie, como ocurre en las rozas, pozos y tolvas actualmente tapadas.

485

Los colapsos de los rellenos mineros son un fenómeno que se ha repetido en el tiempo, en coincidencia con fuertes precipitaciones, y de afectar a una edificación puede producir graves daños. En consecuencia el riesgo del proceso se clasifica como alto.

En relación con las propias labores.- Las labores mineras, a pesar de encontrarse parcialmente rellenas, pueden presentar desplomes de diversa entidad de sus paredes y techos, y éstos pueden repercutir en superficie en un hundimiento o en fuertes deformaciones.

Los sectores que presentan alguna probabilidad de sufrir este proceso son los situados directamente sobre las minas, más los de su entorno cercano incluidos dentro de un teórico ángulo de influencia, calculado en base a las características geomecánicas de la roca, y establecido, en este caso, en 30°.

Dentro del sector estudiado a escala 1/2.000 no se han registrado hundimientos de minas, pero, en Mina Esmeralda, recientemente se ha desprendido una gran masa desde uno de los costeros del filón, lo que pone en evidencia la posibilidad de que este hecho se produzca en otras minas.

La probabilidad de hundimiento, con el estado de conocimiento sobre las labores, se reparte por igual por toda la labor minera, si bien a mayor profundidad al principio se estimó de que hay menor posibilidad de que su hundimiento repercuta en superficie.

En consecuencia el riesgo debe disminuir con la profundidad de la mina.

La definición del grado de riesgo de los sectores ubicados sobre las minas, debería realizarse tras el

reconocimiento de las cámaras de explotación y del estado del macizo rocoso por encima de las labores subterráneas, ya que pueden existir grandes cámaras vacías con los hastiales, pilares o macizos de protección, muy alterados, con lo que se evidencia su alta probabilidad de hundimiento, o bien encontrarse rellenos y con el macizo rocoso masivo, por lo que podría considerarse estable por tiempo indefinido.

A falta de estos estudios, y de forma preventiva, se establece un grado de riesgo alto para todos los sectores susceptibles de ser afectados por este proceso.

La ubicación exacta de estas zonas de riesgo se ha realizado en base a planos de indicios mineros, planos de labores, reconocimiento de fotografía aérea y por métodos geofísicos.

Los planos de indicios mineros utilizados como base son muy antiguos y de diferentes escalas, por lo que hay ciertas desviaciones y distorsiones y, en ocasiones, los indicios no coinciden con la situación deducida por geofísica o fotografía aérea.

A pesar de ello se ha preferido respetar distorsiones y no dar por errónea una situación, mientras que no se haya comprobado, específicamente en cada caso por medios mecánicos, la presencia o no de la labor minera.

4.4.1.3.- Colapsos asociados a cavidades kársticas

Toda la gran masa dolomítica que conforma "El Calerizo" es susceptible de disolverse por acción de las aguas subterráneas y formar cavidades, por lo que todo su afloramiento se puede considerar como zona de riesgo.

En el estudio geomorfológico realizado, no se han observado formas asociadas al desplome de cavidades kársticas, ni se han inventariado daños en edificaciones, por lo que, al carecer de antecedentes históricos, el riesgo asociado a este proceso se puede calificar de grado medio para la globalidad del afloramiento dolomítico.

No obstante, la construcción sobre cavidades puede afectarlas y ser causa de su hundimiento y, de producirse, el nivel de daños sería cuantioso. Por ello se ha estimado asignar un grado de riesgo alto a las superficies existentes sobre las cavidades conocidas, o deducidas por geofísica y comprobada por sondeos, más las incluidas en un perímetro de protección estimado a partir de las características geomecánicas de la roca.

Parte de las anomalías detectadas en las calicatas eléctricas van a estar asociadas a zonas de fracturas y de circulación preferente de agua, pero no necesariamente a grandes conductos kársticos que son los susceptibles de colapsarse. A pesar de ello, la forma preventiva se asigna un grado de riesgo alto a los sectores donde estas anomalías presentan una mayor densidad, hasta que con medios mecánicos se compruebe su naturaleza.

Los amplios periodos de tiempo que se necesitan para la formación de cavidades kársticas, a escala humana, fig. IV-6, aseguran la eliminación del riesgo de colapso, en las zonas no karstificadas, a largo plazo.

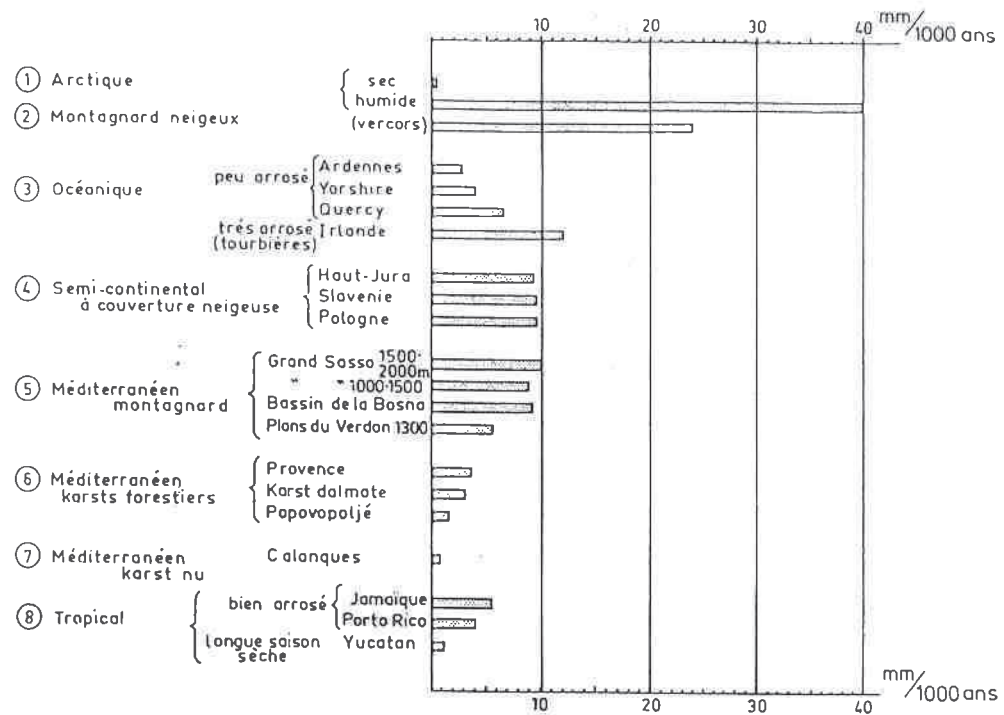


Fig. IV-6

VALORES MEDIOS DEL ESPESOR DE CALIZA ELIMINADA POR DISOLUCIONES, EN MILIMETROS POR MILENIO. DATOS DE VARIOS AUTORES (NICOD. 1972)

4.4.2.- Riesgos de asentamiento y subsidencia

En la evaluación del riesgo asociado a estos procesos, además de la probabilidad de suceso, también interviene la magnitud de la subsidencia.

En nuestro caso, los asentamientos se darían en las arcillas y gravas que tapizan las dolomías y en las escombreras, si bien la cuantía de los asentamientos es mucho mayor en estas últimas.

Los daños materiales que pueden producir estos fenómenos pueden ser altos, teniendo como caso extremo las escombreras en las que se pueden registrar grandes asentamientos aún con la aplicación de pequeñas cargas, o sin aplicarlas, por no haberse finalizado su asentamiento tras su vertido.

En las arcillas y gravas no se han registrado asentamientos de entidad, si bien es cierto que varios de los edificios construidos sobre ellas tienen cimentaciones especiales.

En consecuencia el riesgo de subsidencia y asentamiento se clasifica como alto en las escombreras y media en el resto de recubrimientos naturales de las dolomías.

4.4.3.- Riesgo de inundación

Con anterioridad se han descrito cinco zonas susceptibles de inundarse, bien por encharcamiento o por avenidas.

La posibilidad de pequeños desbordamientos y/o encharcamientos en determinados sectores es relativamente alta, como lo prueba las inundaciones del invierno de 1.989,

las cuales se han asociado a un periodo de lluvias prolongado, pero no excepcional.

El nivel de daños causado en esta ocasión ha sido bajo.

Para un periodo de retorno de 100 años, los caudales máximos de avenida calculados para el arroyo del Concejo superan en 7-10 veces a los que produjeron las últimas inundaciones, siendo de esperar que en esta ocasión, el nivel de daños sea mayor, aunque no de grandes proporciones.

En consecuencia el grado de riesgo asociado a inundaciones por avenida se estima como medio.

Las zonas endorréicas donde se pueden producir encharcamientos, se ligan a suaves depresiones o a zonas confinadas entre viales sin drenajes. La altura que pueden alcanzar las aguas en estas zonas no es grande, ya que los viales sobresalen poco sobre la cota del terreno, y a que estas zonas están rodeadas por materiales de elevada permeabilidad, por donde al agua se infiltra con gran rapidez. Por consiguiente este proceso se puede clasificar con riesgo bajo.

Caso parecido ocurre con el riesgo ligado a la posible rotura del muro de contención de la presa de Charca Musia. En su vaso se localiza un afloramiento dolomítico, por el que se infiltra el agua embalsada por encima de un determinado nivel, lo que impide que el nivel del agua supere la cota del muro de contención y este corra el riesgo de ser erosionado.

4.4.4.- Contaminación de acuíferos

La mayor parte de las zonas estudiadas en detalle se localizan sobre dolomías carboníferas, las cuales constituyen un acuífero de alta transmisividad y presentan un nivel piezométrico próximo a la superficie.

En estas condiciones el acuífero es altamente vulnerable a contaminaciones externas y, de hecho, los análisis químicos efectuados muestran altas concentraciones de nitratos e indicios de nitritos, lo que se relaciona con una contaminación de tipo orgánico por vertidos de aguas fecales, o lixiviados de materias orgánicas.

La zona de mayor riesgo corresponde con la subcuenca hidrogeológica que drena por Mina Esmeralda, ya que sobre ella se ubican industrias que manipulan productos altamente contaminantes, como son combustibles líquidos y fertilizantes.

En caso de producirse un vertido accidental de estos productos, la contaminación afectaría al abastecimiento de aguas de la instalación militar de Santa Ana y Valdesalor. No se cree que las captaciones de El Marco resultaran contaminadas (figura nº IV-4).

El riesgo asociado a la vulnerabilidad de acuíferos se considera alto para todo el acuífero, aunque hay sectores cuya probabilidad de suceso es mayor que en otros.

4.4.5.- Riesgo de deslizamiento

Este proceso se localizaría únicamente en los terraplenes frontales de grandes escombreras y en los taludes de la prolongación de la Avenida de la Hispanidad.

El riesgo asociado se considera bajo, ya que a la carencia de registros históricos, se le une un previsible bajo nivel de daños, dadas las pequeñas dimensiones que alcanzarían los deslizamientos de llegar a producirse.

4.4.6.- Riesgos de accidentes personales en huecos no protegidos

El único hueco de gran entidad localizado en los sectores reconocidos en detalle, corresponde a una labor minera de Mina Abundancia, situada al Sur del pozo principal.

Esta labor se encuentra cercada con una valla de 2 m de altura, por lo que se encuentra suficientemente protegida. No obstante se ha comprobado que con cierta asiduidad hay personas que penetran en ese recinto.

El riesgo asociado se clasifica como bajo.

Otros huecos menores corresponden a las labores superficiales del pozo Malacate, situado en las proximidades del poblado de Aldea Moret y labores de San Salvador.

**5. - ZONIFICACION DE
APTITUDES PARA LA
EDIFICACION**

5.- ZONIFICACION DE APTITUDES PARA LA EDIFICACION

5.1.- INCIDENCIA DE LOS RIESGOS EN LAS EDIFICACIONES

Los distintos procesos naturales que se dan sobre El Calerizo pueden afectar de diversas formas a las edificaciones o infraestructuras urbanas, pudiendo llegar al punto de grave deterioro o destrucción.

Afortunadamente sus efectos pueden, unos ser prevenidos y otros controlados, existiendo medidas correctoras, para evitar daños en las edificaciones, en la mayoría de los procesos. Por ello, sólo en casos excepcionales los terrenos pueden ser clasificados como no aptos para la construcción por causa de riesgos naturales. Otro caso distinto es que las medidas correctoras que se precise adoptar para corregir el posible impacto de estos procesos, hagan económicamente viable o no, la edificación.

De los seis tipos de procesos, o sucesos con riesgo contemplados, sólo cuatro afectan a la aptitud del terreno para la edificación: colapsos, subsidencia y asentamientos, inundaciones e inestabilidad de laderas. Las clasificaciones que se hacen más adelante están realizadas exclusivamente en base a estos procesos.

Los riesgos asociados a fenómenos de colapso y subsidencia se han clasificado de grado alto localmente, mientras que los riesgos de inundación e inestabilidad de laderas, se han estimado de grado medio a bajo.

Los colapsos, subsidencias y los fenómenos de inestabilidad de laderas afectan a las construcciones en su estructura, con lo que de producirse, pueden quedar gravemente deterioradas, mientras que las inundaciones inciden más directamente sobre las infraestructuras urbanas y enseres de la población.

En función del tipo de proceso, grado de riesgo asociado y su posible impacto sobre las construcciones en las zonas estudiadas, se han establecido tres niveles de aptitud del terreno para la edificación.

Nivel 1.- Sería propio de sectores en los que las edificaciones no estarían sujetas a los riesgos naturales citados.

Nivel 2.- Corresponderían a áreas susceptibles de presentar procesos con ciertos niveles de riesgos, que pueden ser minimizados, o controlados con la adopción de soluciones constructivas apropiadas.

Nivel 3.- Se incluirían en este grupo las áreas de riesgos altos, asociados a procesos de muy difícil prevención.

La distribución de estos niveles sobre las zonas estudiadas, o más concretamente la inclusión de una determinada parcela en un nivel, se realiza de acuerdo con el grado de conocimiento alcanzado tras la realización del presente Proyecto. Con lo anterior se quiere indicar que la zonificación establecida es susceptible de modificación, y si en un futuro se dedujeran más datos, bien por estudios geotécnicos de detalle en solares o por otros más amplios, aquí utilizados.

5.2.- ZONAS DE NIVEL 1 (EDIFICACION EN ZONAS SIN RIESGOS)

Corresponderían a sectores sin riesgos para la edificación.

En general se asocian a terrenos de naturaleza pizarrosa, que no se encuentran dentro de los sectores susceptibles de ser inundados y carecen de escombreras.

En el plano nº N-1-1 (Cueva de Maltravieso) esta zona quedaría al Norte de la línea Fuente El Marco - esquina Suroeste del Complejo Polideportivo, y al Sur de la línea quebrada Plaza de Abastos de Moctezuma-Cueva Maltravieso-Carretera de Medellín-Charca Musia.

En ambos sectores aún quedan grandes parcelas sin construir.

En el plano nº V-1-2 (Estación de Autobuses) las superficies incluidas en este nivel quedan en su extremo septentrional y en el cuadrante suroriental.

Las principales parcelas no construidas de este plano se encuentran en el Barrio del Perú y en los descampados situados al Oeste del Barrio "Las 300 viviendas".

En el plano nº V-1-3 (Aldea Moret) se ha clasificado con Nivel 1 todo su borde occidental, al Oeste del campo minero de Mina Abundancia, San Eugenio, Malacate, etc. Este sector no se encuentra construido.

5.3.- ZONAS DE NIVEL 2 (EDIFICACION EN ZONAS DE RIESGOS)

Incluirían los sectores que presentan distintos tipos de riesgos, en los que, sus efectos pueden ser prevenidos o corregidos de antemano, con la adopción de soluciones constructivas adecuadas.

Este conjunto de zonas es susceptible de dividirse en dos subniveles, los cuales se establecen en función del tipo y del grado de riesgo que presenten. El subnivel 2A se establece para los sectores con procesos de riesgo bajo o medio, mientras que el subnivel 2B queda reservado para donde se puedan registrar procesos de grado de riesgo alto.

La prevención de estos procesos requiere en cada caso específico de una investigación puntual, que complete la realizada en el presente proyecto, y suministre la información suficiente para prevenir el riesgo.

Obviamente, para cada subnivel, el grado de información que se requiere obtener para edificar, eliminando el riesgo es distinto.

5.3.1.- Subnivel 2 A

Incluye los terrenos en los que se han determinado riesgos de grado bajo a medio, y más concretamente, los susceptibles de ser inundados, los situados sobre suelos y recubrimientos de baja capacidad portante y los que presentan riesgo de colapso de cavidades kársticas en condiciones naturales. Estos últimos corresponden con los afloramientos dolomíticos no investigados o en los que no se han detectado anomalías geofísicas de entidad.

Los sectores con riesgos de inestabilidad de laderas también pertenecerían a este subnivel, pero al estar siempre asociados a grandes escombreras, se han incluido en el 2 B.

La mayor parte de los terrenos incluidos en el área de estudio en detalle, pertenecerían a este subgrupo.

Entre las mayores parcelas aún no construidas incluidas en él, destacan las ubicadas al Sur de El Marco, Barrio del Perú, Estación de Autobuses, parte del Polígono Los Frates, Cerro de Cabeza Rubia, La Cañada, y otros sectores próximos a las carreteras de Mérida y Badajoz.

5.3.2.- Subgrupo 2 B

Corresponde a sectores sobre los que se ha determinado un riesgo de grado alto, asociado a un proceso que puede ser prevenido, o minimizado.

En estas áreas se han definido riesgos de colapsos de suelos y grandes subsidencias. También incluiría las zonas situadas sobre anomalías de resistividad eléctrica, las cuales tienen altas posibilidades de corresponder a cavidades subterráneas o zonas muy fisuradas.

Las superficies más extensas incluidas en este subgrupo se localizan en los prados del Espíritu Santo (entre El Marco y el Polígono Industrial de Charca Musia), proximidades de la Avenida de la Hispanidad, alrededores de la Estación de Autobuses y varias áreas de la Cañada.

En estos sectores, las infraestructuras urbanas, viales, conducciones de agua, saneamientos, eléctricas y comunicaciones, también deben diseñarse teniendo en cuenta los riesgos citados, de forma que se eviten o prevean.

5.4.- ZONAS DE NIVEL 3 (NO APTAS "EN PRINCIPIO" PARA LA EDIFICACION)

Se asignan a sectores de riesgos de grado alto, cuyos efectos son de muy difícil prevención.

Afectarían a las áreas situadas sobre labores mineras subterráneas y cavidades kársticas conocidas o detectadas por gravimetría.

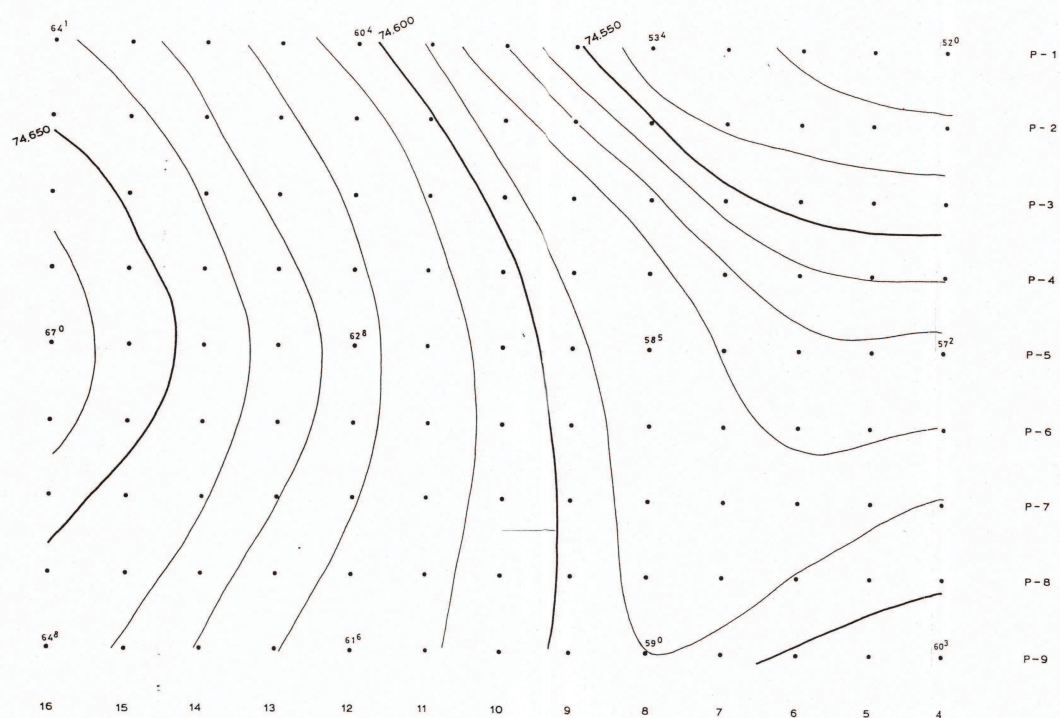
La construcción en estas zonas sólo podría realizarse tras un reconocimiento detallado de las zonas, incluidos los huecos subterráneos, que definan suficientemente su geometría y estabilidad y proponga soluciones, técnicas realizables para estabilizar, de forma permanente, las cavidades kársticas, los rellenos de las labores mineras, y los hastiales y terrenos de los huecos mineros.

Estos trabajos son de difícil y costosa realización, en particular en el caso de las minas, y es probable que, aunque se realicen, no sea posible determinar la estabilidad del terreno con total garantía. Por lo que, de forma preventiva, las parcelas susceptibles de ser afectadas por estos fenómenos se clasifican como no aptas en principio para la edificación.

Estas áreas se localizan fundamentalmente en la zona minera de Aldea Moret, sobre la Cueva de Maltravieso y sobre las grandes anomalías microgravimétricas detectadas en los prados del Espíritu Santo.

TEST MICROGRAVIMETRICO

(Dehesa de los Caballos)



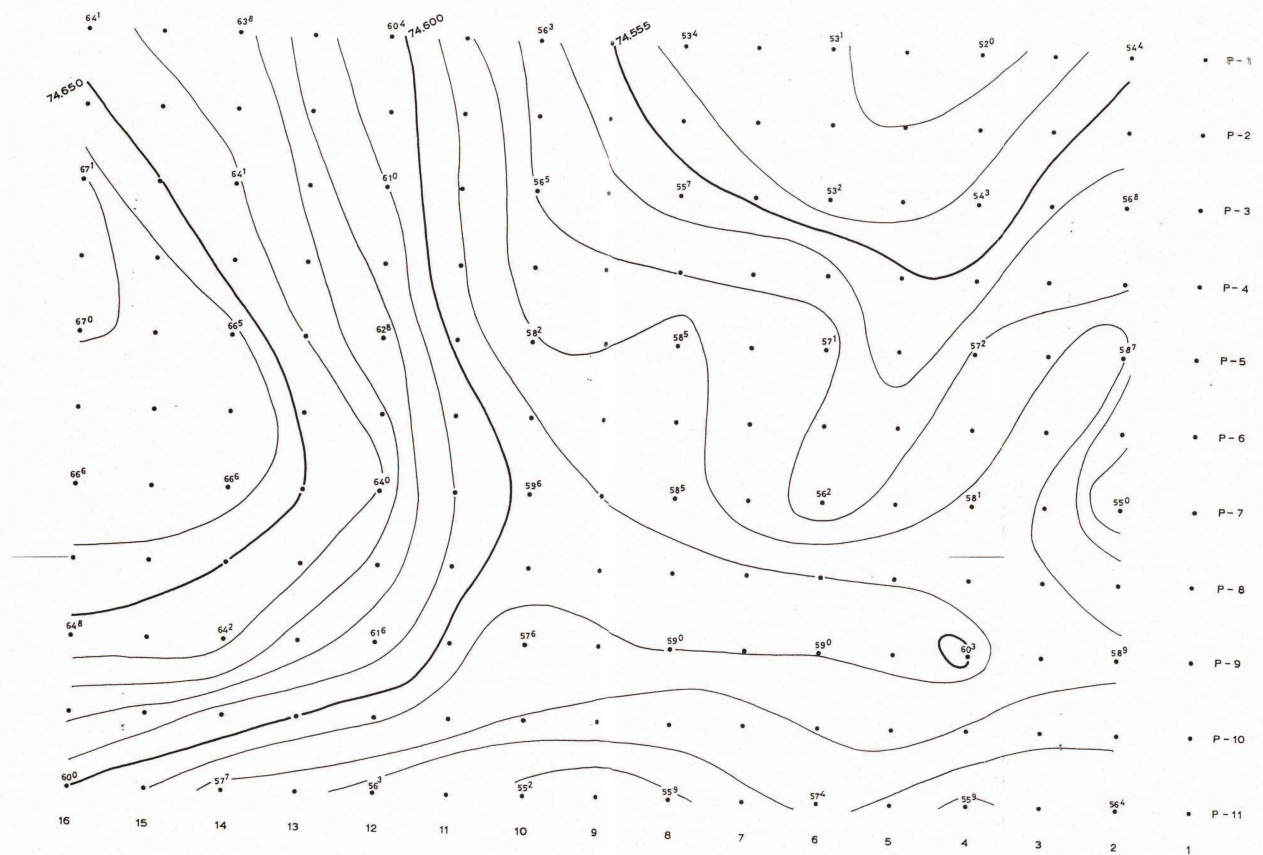
ANOMALIAS DE BOUGUER (malla 20x20)

Fig. II - 8

0 5 10 m

TEST MICROGRAMETRICO

(Dehesa de los Caballos)

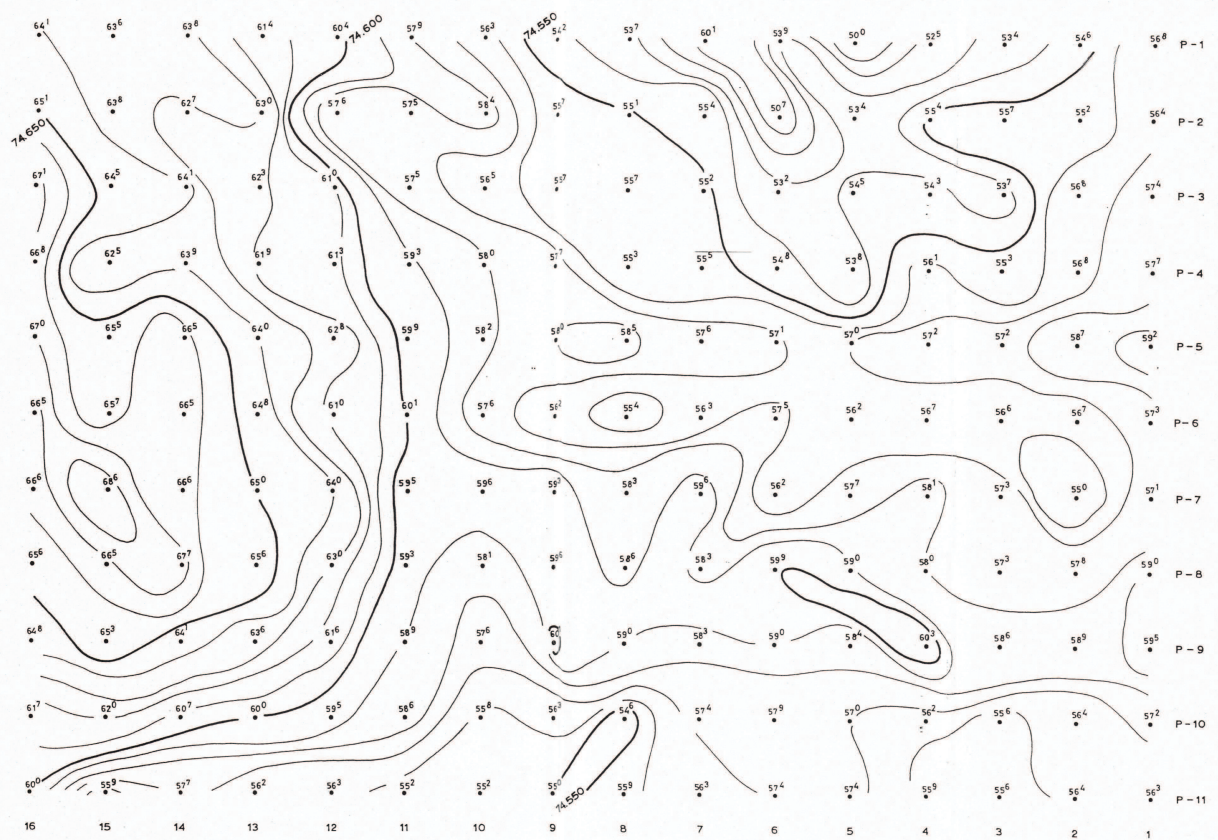


ANOMALIAS DE BOUGUER (malla 10x10)

Fig. II-9

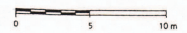
TEST MICROGRAVIMETRICO

(Dehesa de los Caballos)



ANOMALIAS DE BOUGUER (malla 5x5)

Fig. II - 10



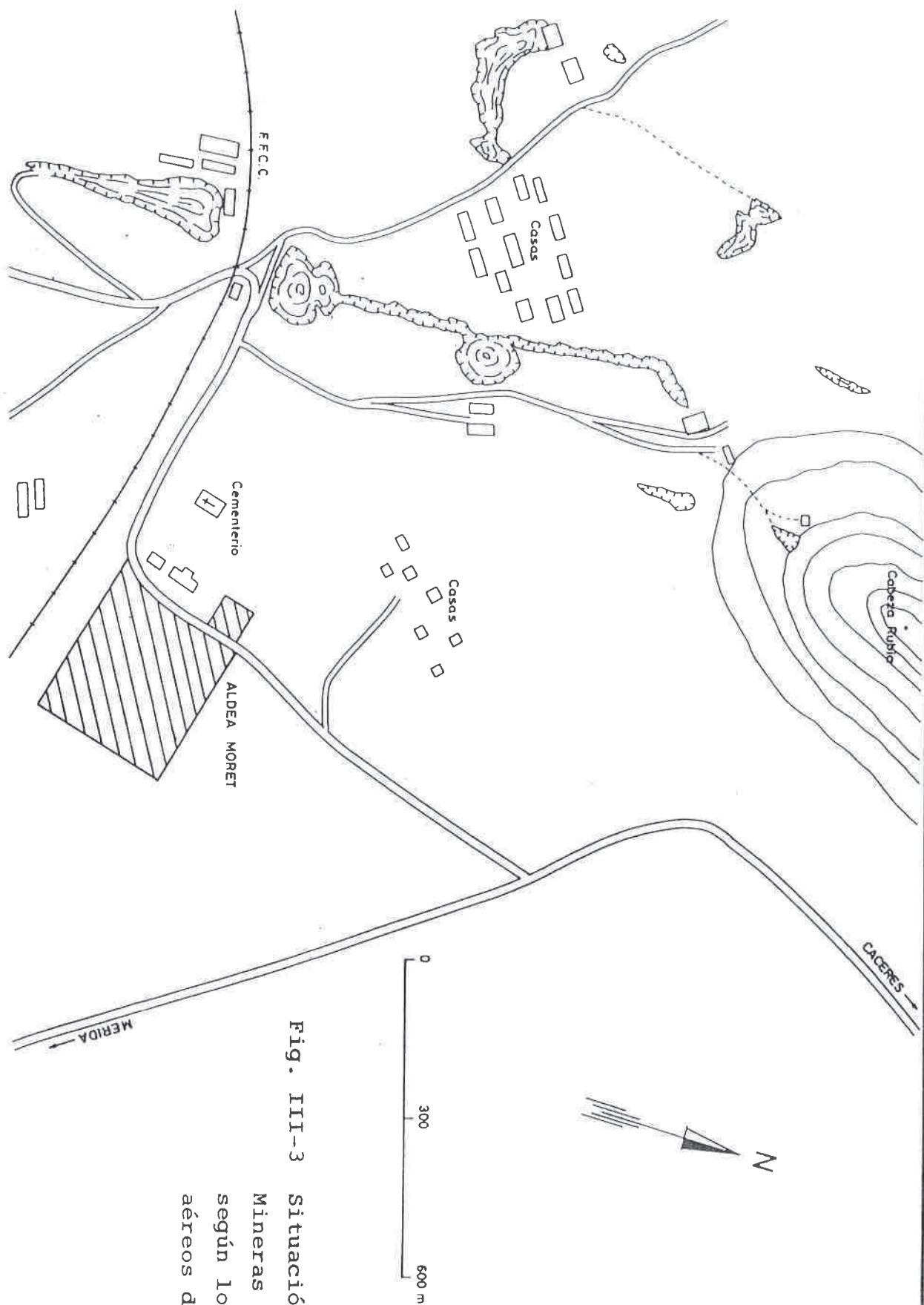
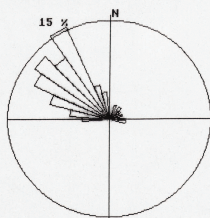


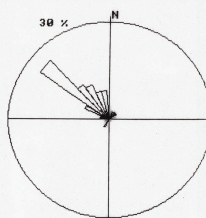
Fig. III-3 Situación de labores
Mineras de Aldea Moret,
según los fotogramas
aéreos de 1.957.

FICHERO 1-3-8-1
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES A DERECHA.



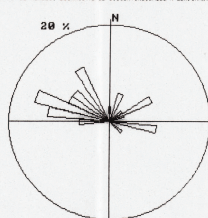
ZONA.....TODOS LOS DATOS
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

FICHERO 1-3-8-2
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES A DERECHA.



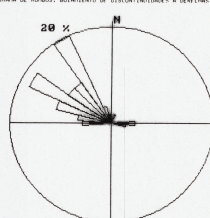
ZONA.....ALDEA NOBEL
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

FICHERO 1-3-8-3
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES A DERECHA.



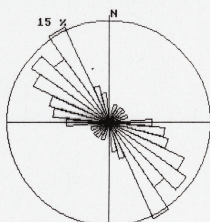
ZONA.....ESTACION DE AUTOMOVILES
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

FICHERO 1-3-8-4
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES A DERECHA.



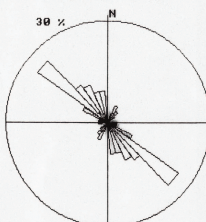
ZONA.....ESPIRITU SANTO
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

FICHERO 1-3-8-5
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES INDEPENDIENTE.



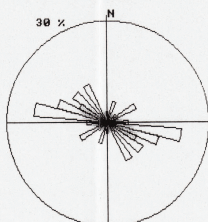
ZONA.....TODOS LOS DATOS
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION
RUMBO EN DATOS.....252

FICHERO 1-3-8-6
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES INDEPENDIENTE.



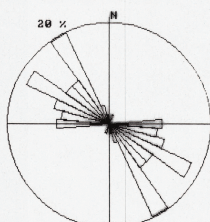
ZONA.....ALDEA NOBEL
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

FICHERO 1-3-8-7
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES INDEPENDIENTE.



ZONA.....ESTACION DE AUTOMOVILES
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

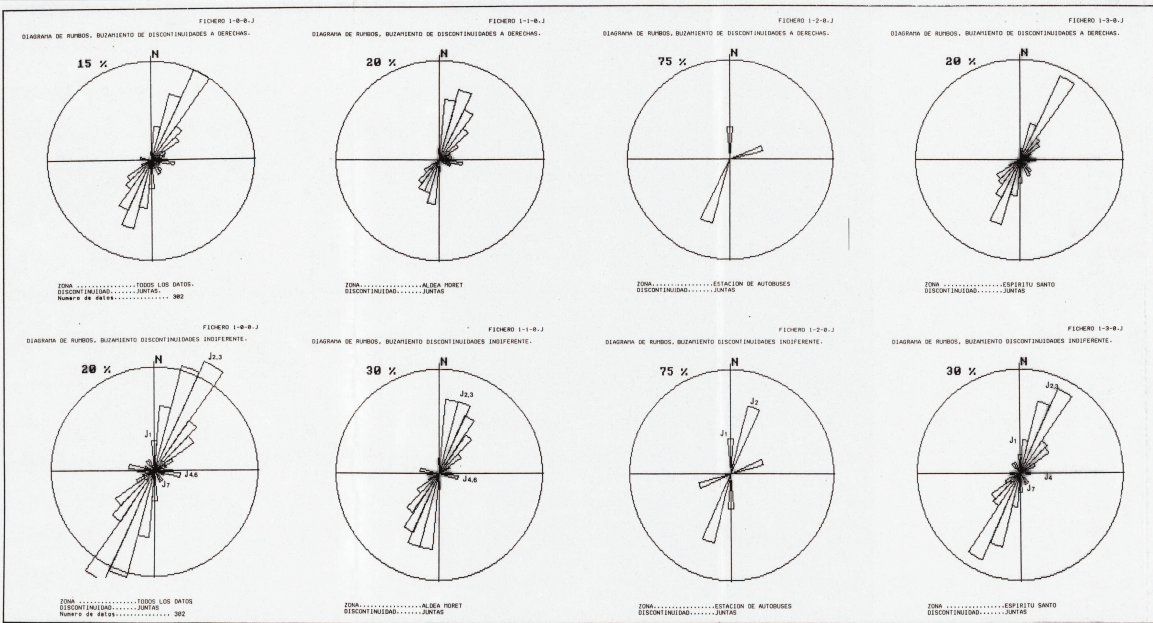
FICHERO 1-3-8-8
DIAGRAMA DE RUMBOS, BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES INDEPENDIENTE.



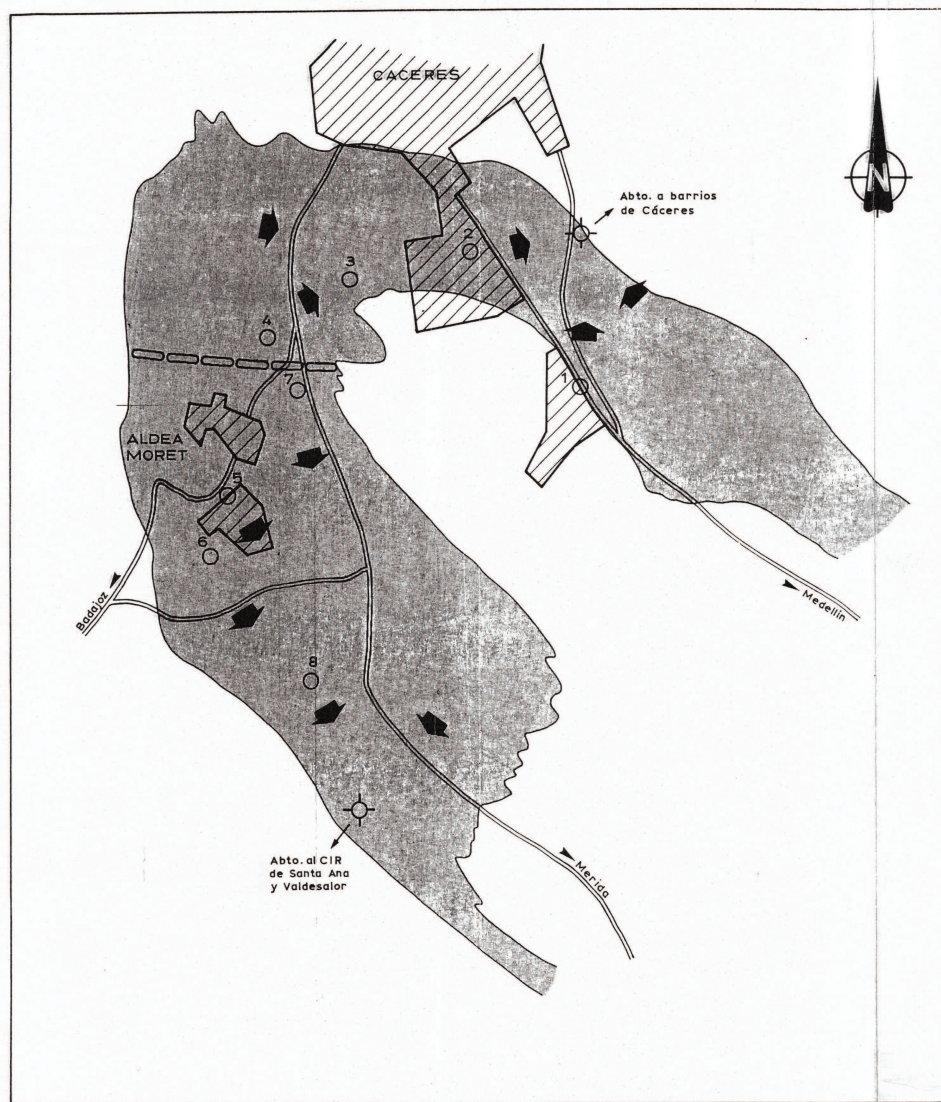
ZONA.....ESPIRITU SANTO
DISCONTINUIDAD.....ESTRATIFICACION

DIAGRAMAS DE RUMBO DE LA ESTRATIFICACION

Fig. n° III-4



DIAGRAMAS DE RUMBO
DE LA
FRACTURACION, JUNTAS Y FALLAS



LEYENDA

- Formación permeable.
- Punto de extracción de aguas destinado al abastecimiento público.
- Divisoria hidrogeológica.
- Punto de posible vertido contaminante y nº de identificación.
- Dirección de flujo subterráneo.

PUNTOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

- 1 Vertidos accidentales en el Polígono Industrial de Charca Musía.
- 2 Fugas de la red de saneamiento de Cáceres.
- 3 Lixiviado de escombreras situadas cerca de la Estación de Autobuses.
- 4 Vertidos de alpechines y otros residuos en la extractora de aceites.
- 5 Fugas en la red de saneamiento de Aldea Moret.
- 6 Lixiviado de abonos y fertilizantes.
- 7 Fugas en los tanques de almacenamiento de combustibles líquidos.
- 8 Vertidos en el pozo minero María Estuardo.

 JUNTA DE EXTREMADURA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO DIRECCION GENERAL DE INDUSTRIAS NO AGRARIAS, ENERGIA Y MINAS			
AUTOR	INGEMISA	PROYECTO:	Clave
FECHA	ENERO - 1990	INVESTIGACION GEOLOGICO-GEOTECNICA Y DE RIESGOS EN EL CALERIZO DE CACERES	
ESCALA	1:20.000	SITUACION DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACION Y DIRECCION DEL FLUJO SUBTERRANEO.	FIGURA 14-4
DIRECTOR DEL PROYECTO	P. GARCIA ISIDRO		
SUPERV. DEL PROYECTO	A. LLANDERAS LOPEZ		