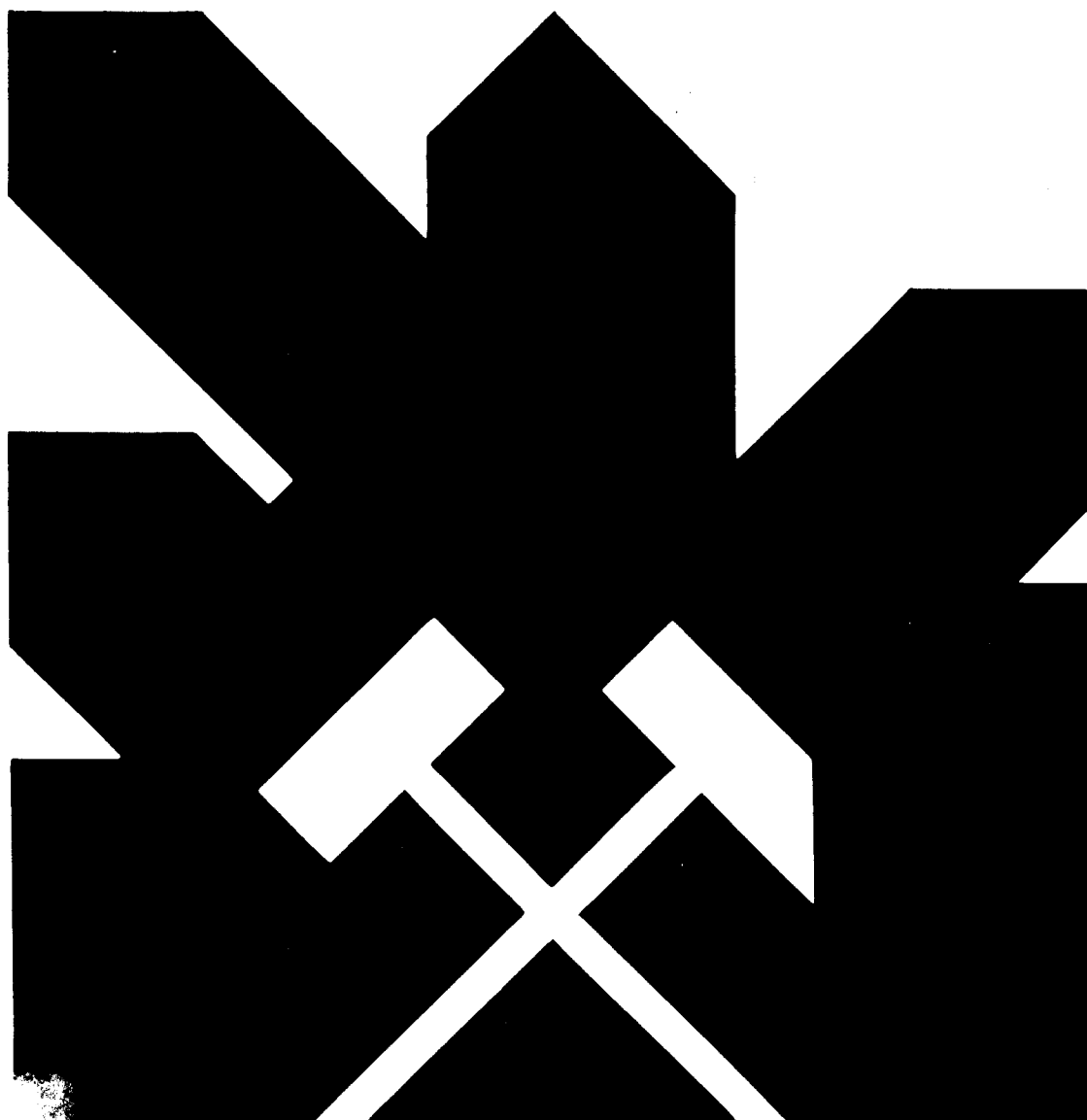


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

**Estudio Prospectivo sobre Características,  
Exigencias y Demanda de Futuro de Aridos en  
España.**

**Memoria**

Madrid, Septiembre, 1.988



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

11212

**Estudio Prospectivo sobre Características,  
Exigencias y Demanda de Futuro de Aridos en  
España.**

**Madrid, Septiembre, 1.988**

*Este Proyecto ha sido realizado por  
FRASER ESPAÑOLA, S.A. en régimen  
de contratación con el INSTITUTO  
GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.*

## INDICE

1.- INTRODUCCION .....	4.
2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	6.
3.- METODOLOGIA DE TRABAJO .....	8.
4.- MERCADO ACTUAL Y TENDENCIAS DE FUTURO .....	10.
4.1. Oferta de áridos en España .....	11.
4.1.1. Modelo de estimación de la oferta en función del consumo de cemento. ....	11.
4.2. Demanda de áridos en España .....	20.
4.3. Mercado de áridos en España .....	20.
4.4. Tendencias de futuro .....	25.
5.- DEFINICIONES, USOS Y ESPECIFICACIONES .....	29.
5.1. Definiciones .....	29.
5.2. Tipos de áridos .....	29.
5.2.1. Aridos naturales .....	30.
5.2.1.1. Aridos naturales propiamente dichos .....	30.
5.2.1.2. Aridos de machaqueo .....	30.
5.2.2. Aridos artificiales .....	30.
5.2.3. Clasificación por tamaños de los áridos .....	31.
5.3. Usos de los áridos .....	33.
5.4. Especificaciones de los áridos .....	33.
5.4.1. Especificaciones de áridos para hormigón .....	33.
5.4.1.1. Los áridos en el hormigón en masa y armado. ....	35.
5.4.1.2. Los áridos en el hormigón pretensado .....	39.
5.4.2. Especificaciones de áridos para carreteras .....	41.
5.4.3. Especificaciones de áridos para RENFE .....	41.
5.4.4. Especificaciones de áridos para otros usos .....	49.
6.- PLANTA DE TRATAMIENTO DE ARIDOS .....	60.
6.1. Breve reseña sobre la evolución de las plantas de tratamiento de áridos .....	60.
6.2. Principales fases que componen una planta de tratamiento de áridos .....	61.
6.2.1. La trituración de áridos .....	61.
6.2.2. La clasificación de áridos .....	62.
6.2.3. Otros elementos componentes de las plantas de tratamiento de áridos .....	63.
6.3. Esquema básico de una planta de tratamiento de áridos .....	64.
6.4. Estimación del costo de primera instalación de una planta de tratamiento de áridos .....	65.

6.4.1. Estimación del costo de primera instalación por el procedimiento de Willians .....	65.
6.4.2. Estimación del costo de primera instalación por el procedimiento de Lang .....	66.
6.4.3. Estimación del costo de primera instalación por el método de índices de costos de equipos .....	67.
6.4.4. Estimación del costo de primera instalación por el procedimiento de los tantos por ciento .....	70.
6.4.5. Estimación del costo de primera instalación de una planta de áridos. Ejemplo práctico. ....	70.
7.- MATERIALES SUSCEPTIBLES DE SER APROVECHADOS COMO ARIDOS .....	73.
8.- SELECCION DE AREAS DE INTERES PREFERENTE EN FUNCION DE LA DEMANDA PREVISIBLE .....	75.
9.- ESTUDIO Y CARACTERIZACION PREVIA DE LAS AREAS DE INTERES PREFERENTE .....	79.
10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81.
10.1.Provincia de Barcelona .....	83.
10.1.1.Conclusiones .....	84.
10.1.2.Recomendaciones .....	86.
10.2.Provincia de Málaga .....	86.
10.2.1.Conclusiones .....	87.
10.2.2.Recomendaciones .....	88.
10.3.Provincia de Sevilla .....	89.
10.3.1.Conclusiones .....	90.
10.3.2.Recomendaciones .....	91.
10.4.Provincia de Valencia .....	91.
10.4.1.Conclusiones .....	92.
10.4.2.Recomendaciones .....	93.
11.- BIBLIOGRAFIA .....	96.
12.- FOTOGRAFIAS .....	105.

**ANEXO I FICHAS DE LOS ANALISIS Y ENSAYOS.**

## 1. INTRODUCCION

## 1. INTRODUCCION

El presente estudio, realizado por Fraser Española, S.A., en régimen de contratación con el Instituto Geológico y Minero de España, se dedica a investigar las características, exigencias y demanda de futuro de áridos en España.

El progresivo aumento del consumo de áridos, en las zonas de influencia de grandes núcleos urbanos, unido a las estrictas limitaciones de explotación debidas a las consideraciones medioambientales están dando lugar a una progresiva disminución de las reservas disponibles de este tipo de materiales.

Según los datos de la Estadística Minera del Ministerio de Industria y Energía de 1.986, la producción de áridos naturales, arenas y gravas, fue de 26,6 millones de toneladas, de las que aproximadamente un 70-75 % se destinan a fabricación de hormigón, destinándose el resto a la construcción, fabricación de morteros, rellenos, bases de carreteras, agregados de hormigones asfálticos, etc.

Dada la relevancia que el problema tiene, digamos que de los recursos conocidos en la Cuenca del Jarama, principal abastecedor de Madrid capital y su zona de influencia, evaluados en 1.400 Mt más de un 50% resultan inexplotables si se tienen en cuenta las medidas restrictivas impuestas por las condiciones de protección del medio ambiente de cauces y terrazas fluviales, lo que da una idea de la disminución de recursos disponibles por este concepto.

Según cálculos realizados, para el año 2.000, a un ritmo de crecimiento del consumo de un 1 % anual, se producirá una escasez de áridos naturales y graves alteraciones ecológicas derivadas del mantenimiento de los necesarios ritmos de explotación.

Esta situación referida a una cuenca que representa aproximadamente las tres cuartas partes del abastecimiento de áridos naturales en el mercado consumidor de Madrid, puede ser trasladada a otras zonas de demanda creciente, alguna de las cuales, como es el caso de Barcelona y Sevilla tienen planes de desarrollo urbanístico, de infraestructura y de construcción, de gran envergadura, con horizontes tan significativos como el año 1.992, sin olvidar las zonas industriales y polígonos de futura construcción a lo largo del País. Se trata, pues, de que con este estudio se prospecten las necesidades del futuro; se especifiquen exigencias tecnológicas de los productos de acuerdo con Normas Regularizadas y, sobre todo, se definan las zonas de mayor urgencia en cuanto a investigación, que sirvan al mercado unos nuevos productos sustitutivos, a los que hasta ahora se han venido utilizando, y que están muchos de ellos en fase de agotamiento.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO



## **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

El objetivo fundamental de este Proyecto es estudiar las posibilidades de abastecimiento de áridos al Sector de la Construcción y Obras Públicas, con materiales de machaqueo y otros materiales que sustituyan y complementen a la actual oferta de áridos.

Para el logro de este objetivo global, han de cubrirse las etapas siguientes:

- a) Determinación de la evolución de la demanda actual y previsiones en el futuro de dicha demanda.
- b) Establecimiento de las zonas con mayores necesidades de abastecimiento.
- c) Definición de especificaciones exigibles en los diversos usos.
- d) Definición de los ensayos que caracterizan esas exigencias.
- e) Caracterización de ciertos tipos de materiales en algunas zonas de interés preferencial.

### 3. METODOLOGIA DEL TRABAJO

### 3. METODOLOGIA DEL TRABAJO

Para cubrir los objetivos anteriormente indicados, la metodología seguida ha consistido fundamentalmente en:

- **Recopilación Bibliográfica.** En principio, y dado lo usual de este tipo de materiales, se pensó que existiría una gran cantidad de documentación sobre el tema en cuestión, cosa que no ocurrió, bien porque la documentación existente entraba en unos detalles que se escapaban de los objetivos de este proyecto, de carácter general, o bien porque la documentación de carácter general era demasiado redundante y repetitiva.
- **Estudio de Mercado.** Teniendo como base la información recopilada y “filtrada” procedente de la etapa anterior, se confeccionó un modelo de estimación del consumo de áridos en función del consumo de cemento, estadísticas éstas más fiables que la Estadística Minera. Con este estudio se pretendió determinar los principales centros consumidores, así como la demanda previsible de estos materiales hasta el horizonte del año 2.000.
- **Definiciones, Usos y Especificaciones.** Esta fase del estudio se ha creído conveniente introducirla debido, fundamentalmente, a la gran variedad de nomenclaturas existentes para denominar a los distintos tamaños de áridos empleados comercialmente, nomenclatura que incluso llega a tener un carácter localista con lo cual existe una gran cantidad de términos en la bibliografía. También se ha realizado un estudio de los distintos usos a que el material va destinado, así como, las especificaciones que dichos materiales deben cumplir para poder ser aceptados en cada aplicación particular. Cuando una misma especificación, para usos distintos, estaba caracterizada por ensayos distintos, han sido analizados estos métodos de ensayo tratando de determinar cual de ellos es más riguroso, tanto en cuanto al sistema operativo como a las exigencias del ensayo en sí.
- **Análisis y Características de los Métodos de Estimación de Costos de Primera Instalación de una Planta de Tratamiento.** Dentro de este apartado se recogen algunos de los métodos de estimación de costos existentes explicándose sus características, procedimiento operativo y grado de precisión alcanzado con cada uno de ellos. También se recoge dentro de este estudio un modelo simplificado de uno de los procedimientos descritos, que resulta aplicable en un amplio margen de valores continuo y de gran amplitud.
- **Materiales Empleados como Áridos.** En base a los usos y especificaciones exigidos a los áridos han sido caracterizados una serie de materiales para su aplica-

ción en distintos usos en función de sus propiedades y de las especificaciones exigidas en cada caso.

- **Selección de Areas de Interés.** En base al estudio de mercado realizado fueron seleccionadas "a priori" una serie de zonas en las cuales el consumo era elevado o bien se preveía que la demanda de estos materiales aumentara a corto o medio plazo. Estas zonas de interés preferente fueron visitadas para conocer "in situ" la problemática que cada una de ellas presentaba, al tiempo que se tomaron muestras de los distintos tipos de materiales que en cada una de ellas se utilizan, al objeto de poder clasificarlos, en función de sus posibles utilizaciones como áridos. Con los resultados obtenidos se elaboró la cartografía a escala 1:200.000 de las zonas seleccionadas, indicándose la distribución geográfica de los distintos tipos de materiales susceptibles de aprovechamiento como áridos. En función del estudio realizado en las zonas seleccionadas, se dan las recomendaciones pertinentes para cada una de ellas y se seleccionan, donde el estudio de necesidad así lo ha aconsejado, una serie de zonas de urgente necesidad.

#### 4. MERCADO ACTUAL Y TENDENCIAS DE FUTURO

#### 4. MERCADO ACTUAL Y TENDENCIAS DE FUTURO

Para realizar el estudio de mercado de los áridos en España, nos hemos basado en la estadística del consumo de cemento, publicada por el Ministerio de Industria y Energía en la memoria anual de "Industrias del Cemento, de la Cal y del Yeso", a la hora de confeccionar la parte del estudio correspondiente a la oferta de áridos.

La parte correspondiente a la demanda de áridos ha sido cubierta en base a los grandes planes existentes en construcción y en obra pública, entre los que destaca el Plan General de Carreteras del MOPU que abarca el período comprendido entre los años 1984-91 ambos inclusive.

##### 4.1. Oferta de áridos en España.

El estudio de la oferta de áridos en España va a ser realizado de una forma indirecta basándonos en las estadísticas del consumo de cemento, dado que las estadísticas existentes sobre producciones de áridos son menos fiables que las mencionadas del cemento.

Para determinar la oferta de áridos en base al consumo de cemento, lo que hemos hecho es confeccionar un modelo de consumo de áridos el cual a continuación pasamos a exponer.

##### 4.1.1. Modelo de Estimación de la Oferta de Aridos en Función del Consumo de Cemento.

El modelo de estimación de la oferta de áridos está basada en los distintos destinos que el consumo de cemento tiene, y que según datos obtenidos de la "Documentación Básica del IV Plan Nacional de Desarrollo", su distribución porcentual queda reflejada en la Tabla nº 1.

Hormigones Hidráulicos .....	65 %
Productos Derivados del Cemento ..	16 %
Morteros y Otros Usos .....	16 %
Fibrocementos .....	3 %

Tabla nº 1 Distribución Porcentual de los Distintos Destinos del Consumo Nacional de Cemento.

Otro dato importante a la hora de realizar la estimación de la oferta de áridos es la distribución porcentual de cemento ensacado y a granel, que según datos proporcionados por el SEOPAN en su "Informe Anual del Año 1986", en dicho año, la distribución porcentual viene dada por los valores que figuran en la Tabla n° 2.

Cemento Ensacado .. 44 %
Cemento a Granel .... 56 %

Tabla n° 2 Distribución Porcentual del Consumo Nacional de Cemento.

Este dato de la distribución porcentual del consumo de cemento nos determina los distintos destinos de aplicación del mismo, siendo éstos los reflejados en el Cuadro n° 1

Forma de suministro.	Destinos de consumo
Ensacado	Hormigón a pié de obra. Mortero
Granel	Hormigón preparado Productos derivados del cemento Fibro cemento

Cuadro 1. Distintos destinos del consumo de cemento en función de la forma de suministro.  
Fuente: Elaboración propia.

De lo dicho hasta ahora, la oferta de áridos en función de los distintos destinos del cemento viene dada por las consideraciones siguientes:

a) Aridos para Hormigones Hidráulicos.

Dentro de los hormigones hidráulicos podemos diferenciar, debido a la dosificación media de cemento utilizada, entre los hormigones preparados y los hormigones realizados a pie de obra. Las dosificaciones medias de cemento en estos hormigones son de 238 y 210 kg de cemento / m<sup>3</sup> de hormigón respectivamente.

Por otra parte, la relación existente entre el hormigón preparado y el hormigón realizado a pie de obra, según datos del SEOPAN, en función de los distintos destinos del consumo de cemento viene dada por:

$$\frac{\text{Hormigón Preparado}}{\text{Hormigón Pie de Obra}} = \frac{34}{25}$$

Con lo cual, la dosificación media ponderada de cemento en los hormigones hidráulicos es de 226 Kg de cemento / m<sup>3</sup> de hormigón.

Asumiendo que la producción de 1 m<sup>3</sup> de hormigón comporta el consumo de 1,3 m<sup>3</sup> de árido, con los datos hasta aquí dados se puede determinar el consumo de áridos para hormigones hidráulicos.

b) Aridos para Productos Derivados del Cemento

En este tipo de aplicación, la dosificación media tiene por expresión:

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Arido}} = 0,69$$

Los áridos utilizados fundamentalmente para la producción de derivados del cemento son los siguientes:

- Arenas Naturales ..... 50 %

- Aridos de Pequeño Tamaño (Gravilla) ..... 50 %

y dentro de las gravillas el consumo de áridos se distribuye de la manera siguiente:



- Arenas y Gravas (Naturales) ..... 50 %
- Aridos Calizos ..... 50 %

c) Aridos para Morteros

En este caso la dosificación media viene dada por :

$$\frac{\text{cemento}}{\text{árido}} = \frac{1}{3}$$

Los áridos utilizados, fundamentalmente, para la producción de mortero son:

- Arenas de Río
- Zahorras de Río Lavadas
- Terrazas Naturales Lavadas

d) Fabricación de Fibrocemento

La fabricación de este tipo de productos no consume áridos, por tanto, para el estudio que estamos llevando a cabo no tiene mayor interés que el poder deducir del consumo total de cemento el destinado a este tipo de aplicaciones.

Aparte del consumo de áridos con el cemento, existen otras aplicaciones de los áridos que no son función del consumo de cemento, como son los utilizados en firmes de carreteras y en balasto para ferrocarril. El consumo de áridos para estos usos, según datos de la “Documentación Básica del IV Plan Nacional de Desarrollo”, es del 17 % sobre el total del consumo, siendo las proporciones de áridos utilizados para este fin:

$$\frac{\text{áridos ígneos y metamórficos}}{\text{áridos calizos}} = \frac{1}{3}$$

dato obtenido de la Documentación Básica del citado Plan Nacional de Desarrollo.

Un esquema del modelo de consumo de áridos, en función de los distintos destinos del cemento y con los principales productos utilizados como áridos aparece reflejado en el Cuadro nº 2.

Las densidades aparentes de los materiales utilizados como áridos, según la fuente anteriormente reseñada, son las siguientes:

- Arenas Naturales ..... 1,5
- Gravillas Naturales ..... 1,6
- Áridos calizos ..... 1,4

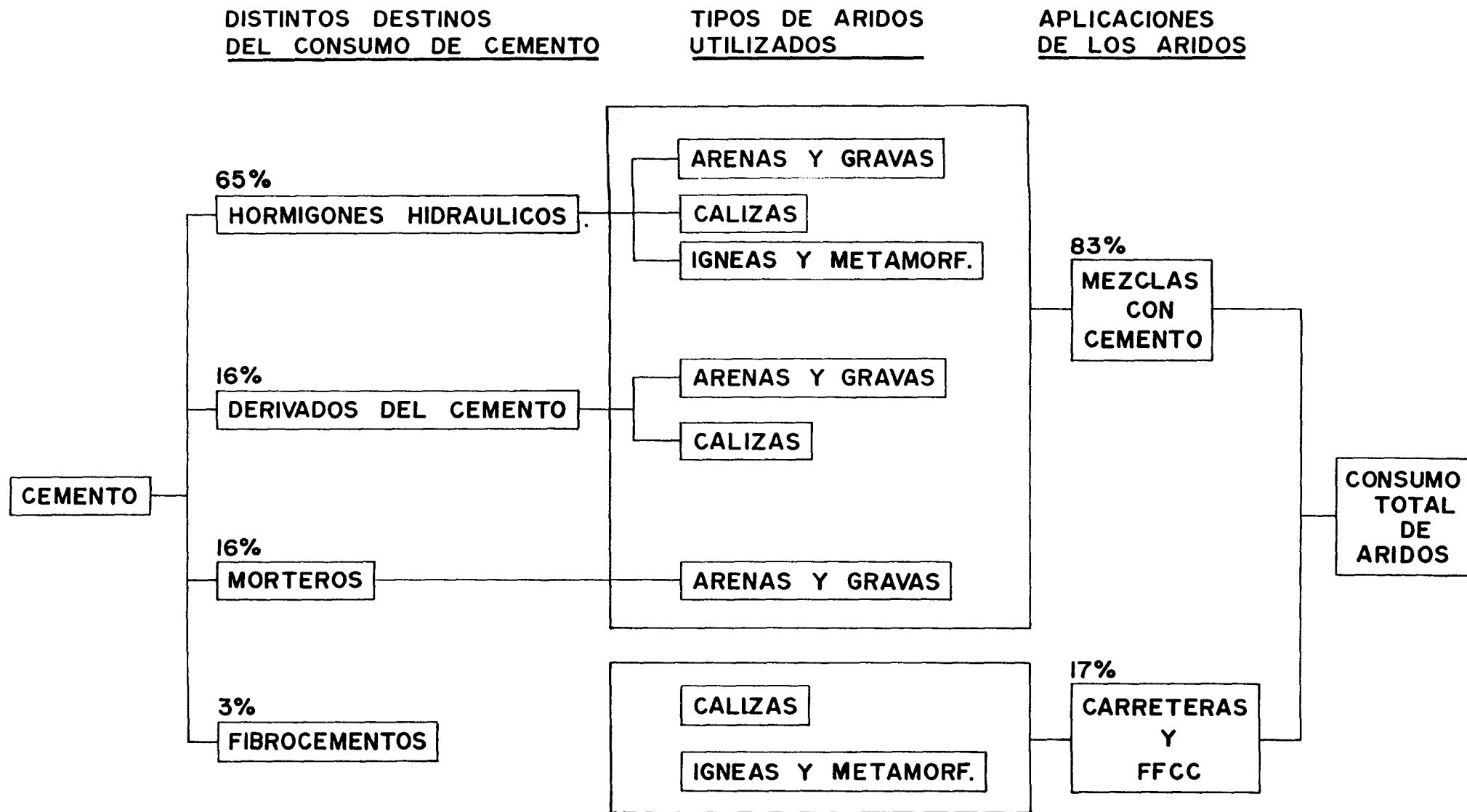
Para determinar la oferta de áridos en función de este modelo de estimación, se parte también de la distribución porcentual de los distintos tipos de materiales utilizados como áridos en cada una de las provincias, estos datos han sido obtenidos de los “Planes de Labores del Año 1.987” y su distribución aparece reflejada en la Tabla nº 3.

Según lo hasta aquí expuesto, hace que podamos establecer la oferta de áridos en base al consumo de cemento, dada la gran dependencia existente entre el consumo de cemento y el consumo de áridos.

La evolución del consumo de cemento en el período 1970-1986 en las distintas provincias, queda reflejado en la Tabla nº 4.

Tal como en esta tabla se recoge y cuya variación a nivel nacional se representa en la Fig. nº 1, existió un fuerte desarrollo del consumo de cemento en el primer cuatrienio de la década de los 70, para pasar en el año 1.975 a sufrir una brusca disminución, probablemente debido a la Crisis Mundial de la Energía. Esta disminución momentáneamente tuvo una pequeña repercusión, dado que en el trienio siguiente el consumo volvió a elevarse hasta llegar a alcanzar prácticamente los 22 millones de toneladas en el año 1978, consumo solamente superado y muy ligeramente por el que se produjo en el año 1.974, máximo histórico que superó ligeramente los 22 millones de toneladas.

A partir de dicho año, 1978, la inflación creciente hizo disminuir el consumo de cemento de una manera continua, salvo el ligero incremento experimentado en el año 1982, hasta el año 1985 en que prácticamente dicha disminución quedó estabilizada con respecto al consumo del año 1.984. Con posterioridad, en el año 1986, último año del que se dispone de estadísticas, se observa un fuerte aumento del consumo, llegando a incrementarse el consumo a nivel nacional, respecto al



Cuadro nº 2. Esquema del Modelo de Consumo de áridos en función de los distintos destinos de la producción.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N. 3. DISTRIBUCION POR PROVINCIAS DEL CONSUMO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ARIDOS

PROVINCIA	GRAVA Y ARENA	CALIZA	ISERNES, GRANITOS Y OTROS	TOTAL
(t)	(%)	(t)	(%)	(t)
ALAVA	0	970,000	100,00	0
ALBACETE	257,376	1,407,345	80,21	89,940
ALICANTE	177,962	3,333,684	82,73	524,018
ALMERIA	210,994	541,462	71,96	0
ASTURIAS	847,737	3,570,915	71,70	569,600
AVILA	0	0	0,00	787,387
BADAJOS	187,523	324,431	64,07	0
BALBUENAS	342,723	3,003,702	84,59	221,065
BARCELONA	1,670,457	3,346,269	61,57	418,180
BATOS	637,646	507,144	43,99	8,150
BATOS	351,280	142,050	58,91	77,760
BATOS	494,500	1,950,758	59,81	753,094
BATOS	221,750	2,384,316	95,48	90,000
BATOS	7,044	1,714,557	99,48	0
BATOS	225,301	543,066	70,68	0
BATOS	280,695	511,735	64,91	30,000
BATOS	420,600	0	0,00	6,150,454
BATOS	77,752	471,938	85,86	0,00
BATOS	1,090,536	1,082,074	46,95	110,572
BATOS	891,680	1,462,207	62,12	0
BATOS	782,211	177,350	29,92	33,102
BATOS	0	2,471,066	95,07	128,145
BATOS	0	0	0,00	0
BATOS	457,405	13,000	3,79	0
BATOS	443,744	2,082,248	81,45	30,864
BATOS	166,620	951,322	76,45	127,016
BATOS	727,797	287,719	28,05	0,00
BATOS	201,525	1,200,746	44,20	1,314,098
BATOS	5108,307	724,744	11,67	177,442
BATOS	122,367	1,432,158	84,46	141,750
BATOS	1,103,452	1,841,035	61,68	41,416
BATOS	141,750	4,441,951	91,15	309,208
BATOS	778,806	145,507	9,46	1,013,986
BATOS	419,932	255,700	39,13	0
BATOS	648,662	0	0,00	1,176,366
BATOS	237,600	0	0,00	1,875,975
BATOS	450,238	207,500	21,28	318,750
BATOS	0	0	0,00	0
BATOS	122,227	113,580	46,74	31,720
BATOS	119,640	1,342,357	90,36	15,030
BATOS	62,400	1,800	2,80	0
BATOS	235,900	2,309,730	90,73	0
BATOS	733,443	0	0,00	1,551,736
BATOS	0	409,285	100,00	0
BATOS	163,240	97,020	37,28	0
BATOS	799,790	4,385,146	89,24	130,000
BATOS	0	0	0,00	0
BATOS	15,370	4,855,152	93,78	285,000
BATOS	0	0	0,00	0
BATOS	344,480	495,755	48,45	132,952
TOTAL	21,533,329	57,901,472	59,83	17,339,826
			17,92	36,774,527
			100,00	

FUENTE: ELABORACION PROPIA. DATOS OBTENIDOS DE LOS PLANES DE LABORES DEL AÑO 1987  
 (\*) NO EXISTEN PLANES DE LABORES PARA ARIDOS EN ESTA PROVINCIA

TABLA N. 4. CONSUMO ANUAL DE CEMENTO, DESGLOSADO POR PROVINCIAS, DADO EN T'000.

PROVINCIA	1.970	1.971	1.972	1.973	1.974	1.975	1.976	1.977	1.978	1.979	1.980	1.981	1.982	1.983	1.984	1.985	1.986
ALAVA	88	109	139	156	153	177	249	240	247	192	159	139	138	129	100	107	119
BARCELONA	106	118	149	136	128	157	179	216	241	216	201	187	194	224	203	217	228
BILBAO	503	519	598	690	712	743	735	719	814	769	722	653	686	684	662	664	732
ALMERIA	141	173	214	244	259	262	275	353	425	432	381	383	412	419	315	297	297
ASTURIAS	515	426	423	377	341	396	503	416	481	435	420	446	420	401	359	376	425
VILA	64	52	55	61	66	73	98	103	104	111	117	83	106	96	101	109	120
LEON	182	176	177	211	215	181	186	241	269	308	282	346	381	349	259	290	337
PALMERIA	499	550	630	673	589	402	385	347	373	414	455	454	465	480	479	472	522
ARAGONA	1.974	2.138	2.463	2.850	2.780	2.454	2.295	2.343	2.133	1.773	1.395	1.159	1.089	1.072	1.056	988	1.230
VALENCIA	162	139	128	132	153	164	204	230	239	230	211	215	193	178	179	182	194
CANARIAS	205	117	143	260	156	210	194	191	221	249	302	237	194	183	178	220	214
CASTILLA	376	417	407	470	552	438	451	388	444	435	421	407	439	423	367	355	390
ANTWERP	164	169	188	214	214	247	254	256	260	285	252	239	244	229	204	207	209
BRUSSELS	137	206	208	324	311	256	357	355	385	314	280	224	230	247	206	207	214
LUXEMBOURG	150	174	202	204	187	208	289	311	307	286	315	274	273	271	247	217	239
PARIS	292	235	331	343	354	325	309	315	339	342	333	294	284	274	256	272	278
BRUXELLES	768	374	382	474	472	466	521	606	685	673	619	573	529	479	416	413	447
GENEVE	93	112	115	112	81	98	107	105	93	112	132	154	150	136	131	132	113
BERNO	254	309	333	405	425	372	399	398	440	426	334	292	299	286	303	264	335
LAUSANNE	253	270	313	351	358	357	368	389	413	438	465	490	483	456	402	423	419
BRUXELLES	69	93	158	158	100	133	114	109	122	106	106	128	122	119	116	106	100
BRUXELLES	359	363	377	450	455	446	412	374	318	217	195	152	151	177	172	198	207
BRUXELLES	224	156	147	210	199	181	181	185	218	230	205	173	203	182	157	172	175
BRUXELLES	136	169	193	232	249	262	322	273	240	250	267	265	280	282	218	180	169
BRUXELLES	159	143	179	188	212	259	231	258	285	257	265	234	260	250	216	242	277
BRUXELLES	203	207	215	231	234	250	235	268	286	302	315	334	385	344	287	283	283
BRUXELLES	186	179	213	232	225	283	301	272	318	312	261	218	221	250	218	229	258
BRUXELLES	104	102	118	139	146	133	178	237	390	312	244	227	249	224	213	227	212
BRUXELLES	2.178	2.375	2.562	2.947	3.178	2.644	2.788	2.539	2.316	1.932	1.880	1.909	1.948	1.726	1.375	1.482	1.788
ALBA	543	542	708	777	768	519	480	486	536	563	552	551	576	592	615	554	672
MURCIA	370	370	427	487	579	649	554	575	639	705	708	621	595	574	501	52	565
NAVARRA	245	211	227	248	295	312	309	363	365	341	314	298	279	259	239	268	295
SENE	186	231	280	273	238	206	156	196	241	226	229	226	226	208	197	209	199
VALENCIA	95	81	90	111	141	128	97	151	139	141	185	151	155	148	120	163	172
PALMERIA	542	512	617	687	589	534	518	529	584	641	694	637	474	472	483	536	657
ANTWERP	255	267	303	405	457	512	534	582	579	590	591	530	542	517	465	489	488
BRUXELLES	94	98	119	144	170	185	188	190	213	198	190	152	141	155	137	135	148
BARCELONA	150	104	114	126	132	136	159	196	174	187	214	225	228	197	173	135	197
SENE	64	63	79	85	86	102	105	97	94	100	117	115	128	127	104	117	128
BRUXELLES	621	532	702	757	819	740	731	802	873	800	709	598	594	574	547	549	635
BRUXELLES	72	36	40	47	43	42	50	55	59	62	59	61	66	55	47	46	58
BRUXELLES	237	233	261	383	595	468	530	470	435	413	344	303	301	276	271	261	310
BRUXELLES	764	420	527	587	451	430	429	453	500	570	526	483	539	553	512	548	639
BRUXELLES	51	50	66	78	67	84	109	122	116	107	114	106	131	137	123	111	108
BRUXELLES	247	214	256	283	327	352	422	421	464	490	529	532	467	420	361	377	396
VALENCIA	894	874	1.012	1.227	1.381	1.300	1.290	1.365	1.207	1.117	990	825	820	905	857	815	926
BRUXELLES	208	210	222	265	289	284	302	333	316	323	308	284	320	273	223	229	235
BRUXELLES	495	501	499	557	614	662	675	647	475	304	213	243	338	391	388	345	335
BRUXELLES	73	58	64	81	93	111	143	139	129	137	141	143	140	133	119	122	155
BRUXELLES	392	303	327	377	419	405	499	512	443	399	434	469	423	374	312	322	353
TOTAL	15.558	16.554	19.849	21.457	22.077	20.766	21.272	21.724	21.993	20.738	19.581	18.452	18.511	17.919	16.209	16.045	18.206

FUENTE: ELABORACION PROPIA. DATOS OBTENIDOS DE 'INDUSTRIAS DEL CEMENTO, DE LA CAL Y DEL YESO' DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

# EVOLUCION DEL CONSUMO DE CEMENTO

PERIODO 1.970-1.986



Figura nº 1.

experimentado el año anterior, en aproximadamente 2 millones de toneladas.

Con estas consideraciones y según el modelo de estimación de consumo de áridos descrito anteriormente, el consumo estimado de áridos en el año 1.986, último del que se disponen estadísticas del consumo de cemento, queda reflejado en la Tabla nº 5.

En dicha tabla aparece desglosado el consumo que en dicho año se produjo en las distintas provincias, así como las cantidades estimadas de los diversos tipos de materiales que en cada una de ellas fueron consumidos.

En la Figura nº 2 aparecen ordenadas las principales provincias productoras y los diversos tipos de materiales en cada una de ellas empleados, siendo la distribución media de dichos materiales la indicada en la Figura nº 3.

#### **4.2. Demanda de áridos en España.**

El estudio de la demanda de áridos en España va a ser realizado basándonos en los grandes planes existentes sobre edificación y obra pública y más concretamente en el "Plan General de Carreteras" del MOPU cuyo período de vigencia discurre entre los años 1984 y 1991.

Según el Plan General de Carreteras la inversión total a realizar a lo largo de la vida efectiva del mismo es de 814.479,5 millones de pesetas, de los cuales tal como muestra la Figura nº 4 hasta el momento el 18,8 % de la obra se encuentra realizado, el 17,8 % se encuentra en realización y el 63,4 % restante (516.758 millones de pesetas) no ha sido aún adjudicado.

La distribución por provincias de las inversiones realizadas en dicho plan aparecen reflejadas en la Figura nº 5. Así mismo aparece en la citada figura un detalle con las provincias principalmente afectadas por el citado plan así como el estado actual de las obras en cada una de ellas.

Si la ordenación de provincias se efectúa por la cantidad de obra pendiente de contratar la distribución aparece reflejada en la Figura nº 6.

#### **4.3. Mercado de áridos en España.**

En el mercado de los áridos en España, dado el poco valor añadido que este tipo de producto tiene, existe un acoplamiento inmediato de la oferta a la demanda, hecho este que produce la existencia de instalaciones con un funcionamiento intermitente y la apertura de explotaciones temporales, que cubren la demanda de un determinado punto y que cuando dicha demanda puntual desaparece implica

TABLA N. 5. CONSUMO ESTIMADO DE ARIDOS EN EL AÑO 1.986

PROVINCIA	CONSUMOS ESTIMADOS								
	CONSUMO DE CEMENTO	GRAVAS Y ARENAS		CALIZAS		IGNEAS: GRANITOS Y OTRAS		TOTAL	
	TONELAJE (t)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)	VOLUMEN (m3)	TONELAJE (t)
ALAVA	118.819	0	0	564.600	790.441	0	0	564.600	790.441
ALBACETE	227.644	139.139	222.622	890.344	1.246.481	113.385	181.415	1.142.867	1.650.519
ALICANTE	732.297	133.623	213.797	2.942.466	4.119.452	601.878	963.005	3.677.967	5.296.254
ALMERIA	297.259	346.852	554.964	1.059.057	1.482.680	0	0	1.405.909	2.037.644
ASTURIAS	425.019	299.365	478.983	1.509.567	2.113.393	321.892	515.027	2.130.823	3.107.407
AVILA	120.356	0	0	0	0	529.401	847.042	529.401	847.042
BADAJOZ	336.598	502.601	804.162	1.087.366	1.522.313	0	0	1.589.968	2.326.475
BALEARES	522.264	204.071	326.514	2.139.491	2.995.288	280.318	448.508	2.623.881	3.770.311
BARCELONA	1.230.141	1.570.786	2.513.257	3.844.443	5.382.221	742.146	1.187.434	6.157.376	9.082.912
BURGOS	193.982	444.512	711.219	463.293	648.597	60.555	96.887	968.350	1.456.707
CANARIAS	213.804	113.870	182.191	644.269	901.976	311.596	498.554	1.069.735	1.582.722
CANIZ	389.948	257.989	412.783	1.199.852	1.665.793	503.477	805.563	1.951.318	2.584.159
CANTABRIA	209.406	7.970	12.753	954.774	1.336.683	91.258	146.013	1.054.002	1.495.449
CANTILLAN	214.488	4.705	7.528	1.014.400	1.420.150	0	0	1.019.105	1.427.688
CIUDAD REAL	228.676	291.172	465.874	837.432	1.172.406	0	0	1.128.604	1.638.260
CORDOBA	278.460	344.724	551.559	909.399	1.273.145	140.430	224.687	1.394.543	2.049.391
CORUÑA	447.168	117.853	188.565	0	0	1.249.073	2.958.517	1.966.926	3.147.082
CUENCA	113.107	66.729	106.767	469.438	657.214	0	0	535.167	767.680
GERONA	324.560	667.922	1.068.676	840.466	1.176.652	162.465	259.944	1.670.653	2.505.272
GRANADA	418.941	659.375	1.055.000	1.318.943	1.846.521	0	0	1.978.318	2.901.521
GUADALAJARA	99.660	265.745	425.192	179.575	251.405	51.149	81.838	494.469	758.435
GUIPUZCOA	307.468	0	0	942.276	1.319.187	101.898	167.036	1.044.174	1.482.227
HUELVA	175.240	444.969	711.951	742.928	480.100	85.556	136.889	873.453	1.328.941
HUESCA	169.377	671.192	1.073.907	121.658	170.336	0	0	792.860	1.244.242
JAEN	276.569	199.900	319.840	1.096.262	1.534.767	92.614	148.182	1.588.775	2.002.788
LEON	183.330	157.670	252.272	1.063.237	1.488.531	200.754	321.207	1.421.661	2.062.017
LEONIA	257.735	766.553	1.226.484	444.303	622.024	0	0	1.210.655	1.848.505
LUGO	211.837	65.118	104.189	507.851	710.992	484.546	775.274	1.057.515	1.590.454
MADRID	2.788.429	6.304.182	10.086.692	1.867.824	2.614.954	714.288	1.142.861	8.886.295	13.844.507
MALAGA	672.445	202.323	323.716	2.751.141	3.851.598	424.863	679.781	3.378.327	4.855.095
MURCIA	564.762	866.521	1.386.433	1.767.686	2.474.761	192.716	308.345	2.826.928	4.169.539
NAVARRA	295.374	34.555	55.288	1.292.263	1.809.168	158.791	254.065	1.485.608	2.118.520
ORISSA	199.165	202.201	323.521	189.791	265.707	597.312	955.699	989.303	1.544.927
VALENCIA	171.610	439.203	702.725	368.223	515.513	0	0	907.427	1.218.235
ZARAGOZA	656.959	961.650	1.538.640	0	0	1.928.069	3.084.910	2.889.719	4.623.558
PONTEVEDRA	489.219	411.830	658.928	0	0	1.735.664	2.777.062	2.147.494	3.435.991
LA RIOJA	148.235	282.137	451.419	213.866	299.412	241.535	386.456	737.538	1.137.298
SALAMANCA	196.939	672.955	1.076.728	0	0	195.307	309.291	866.262	1.395.015
SEGOVIA	127.550	225.831	361.329	317.155	444.017	93.964	150.342	636.949	955.687
SEVILLA	635.392	212.921	340.674	2.772.158	3.881.022	210.479	336.766	3.195.558	4.558.451
SORIA	57.903	231.820	370.911	79.254	54.956	0	0	271.074	425.667
TARRAGONA	310.401	120.970	192.112	1.352.547	1.393.556	0	0	1.472.617	2.085.678
TENERIFE	639.243	2.171.092	3.473.747	0	0	640.701	1.025.122	2.811.793	4.498.365
TERUEL	107.817	0	0	512.321	717.250	0	0	512.321	717.250
TOLEDO	396.278	1.028.810	1.646.095	835.435	1.169.609	0	0	1.864.245	2.815.704
VALENCIA	926.456	313.769	502.030	3.978.170	5.569.438	365.248	585.997	4.658.187	6.637.465
VALLADOLID	276.354	862.100	1.379.361	239.553	335.375	0	0	1.101.654	1.714.736
VIZCAYA	375.116	9.934	15.974	1.503.662	2.105.127	172.602	276.163	1.685.243	2.397.264
ZARAGOZA	155.100	425.364	1.000.615	0	0	56.975	91.160	682.359	1.091.775
ZARAGOZA	353.326	492.202	739.122	909.815	1.273.743	361.952	579.124	1.764.970	2.641.939
TOTAL	19.205.926	25.416.944	40.667.111	48.288.549	67.603.968	14.813.854	23.792.167	58.519.347	131.973.246

FUENTE: ELABORACION PROPIA. DATOS DEL CONSUMO DE CEMENTO OBTENIDOS DE LAS INDUSTRIAS DEL CEMENTO, DE LA CAL Y DEL YESO.



# PRINCIPALES PROVINCIAS PRODUCTORAS

SEGUN DATOS DE CONSUMO DE CEMENTO 1988

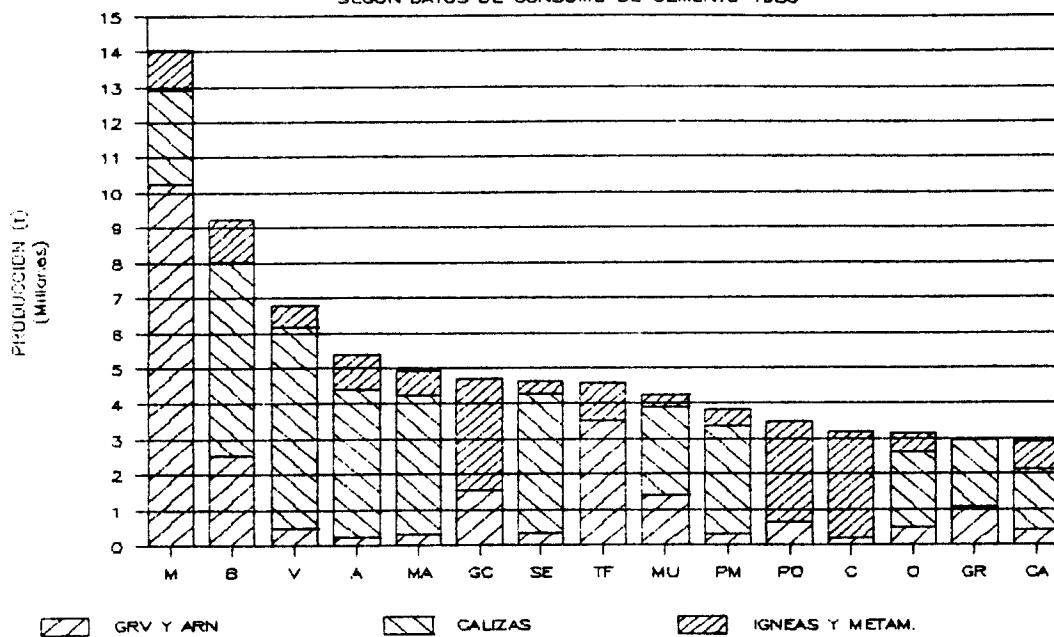


Figura 2.

## DISTINTOS TIPOS DE ARIDOS UTILIZADOS

DISTRIBUCION PORCENTUAL

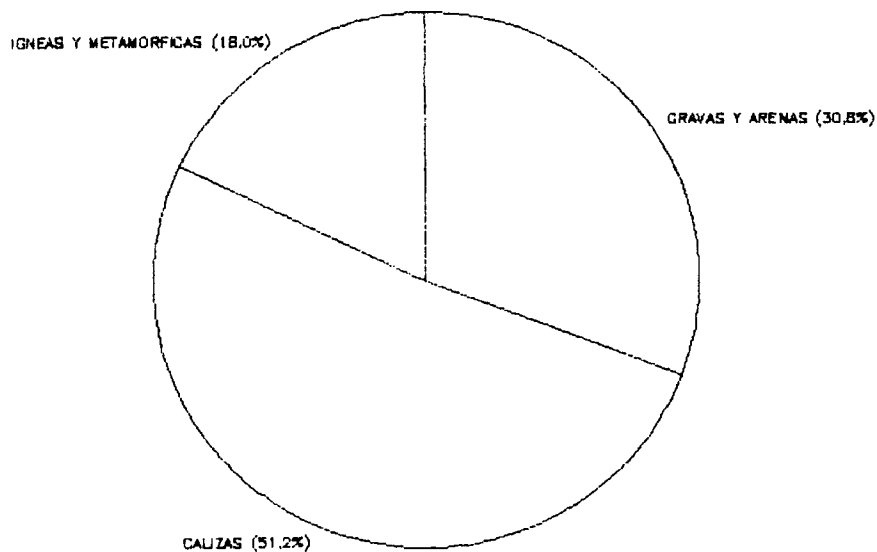


Figura 3.

PLAN GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.U.)  
ESTADO ACTUAL (ABRIL 1.987)

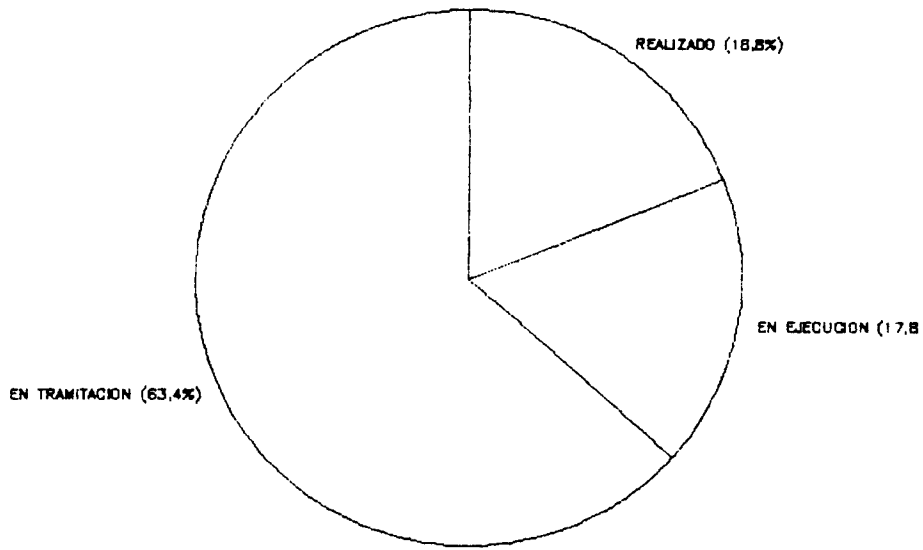


Figura 4.

INVERSIONES DEL P.G.C. (M.O.P.U.)  
ESTADO ACTUAL (ABRIL 1.987)

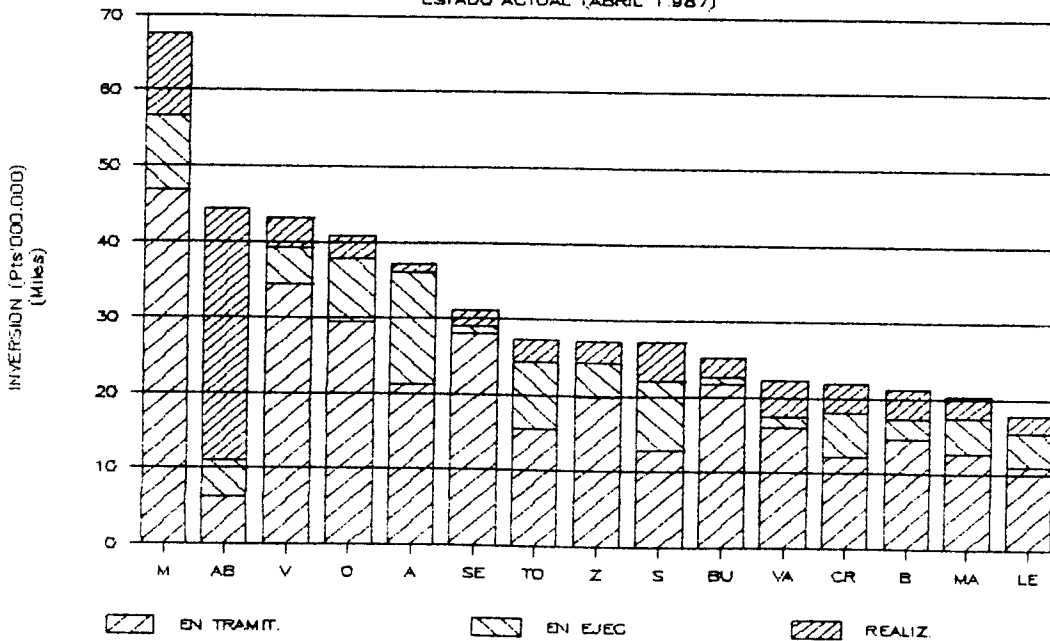


Figura 5.

# MAYORES OBRAS POR CONTRATAR (P.G.C.)

ESTADO ACTUAL (ABRIL 1.987)

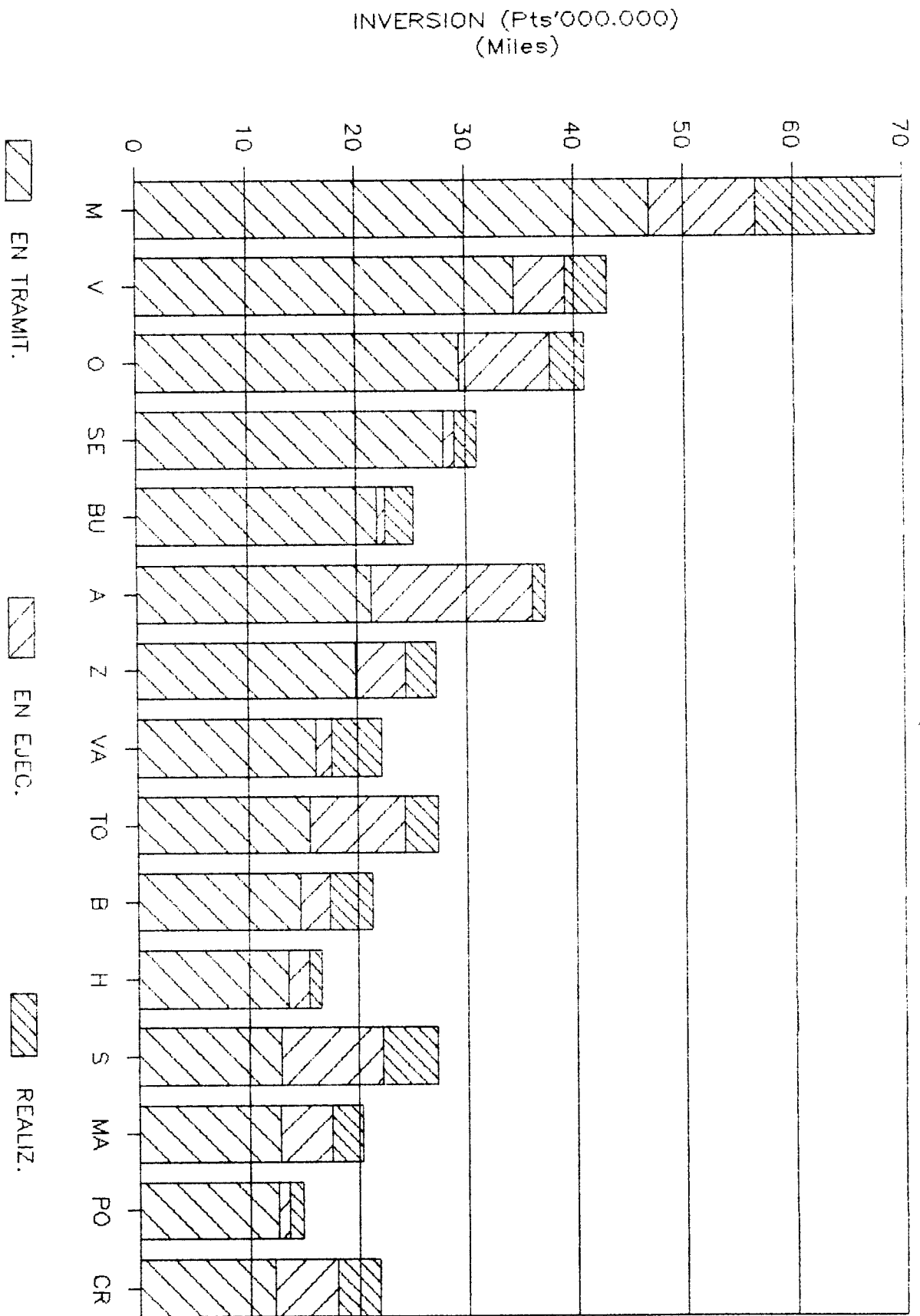


Figura nº 6.

a su vez el abandono de la explotación en cuestión. Esta estructura del mercado se presenta como anteriormente se ha indicado en zonas con unas demandas pequeñas y fluctuantes, por el contrario, en las zonas densamente pobladas o muy industrializadas, esta estructura del mercado cambia, dado que las explotaciones son por término general de gran tamaño, bien mecanizadas y con un funcionamiento continuado.

En ambos casos, dado el escaso valor unitario de este tipo de productos, lo que si es un hecho fundamental es la proximidad de la explotación al centro de consumo, dado que el transporte encarece sobre manera el precio del producto puesto en obra, llegando en muchos casos a duplicarse el valor de dicho producto, respecto al precio que tiene en la explotación puesto sobre camión. Por este motivo, los radios máximos de comercialización de estos productos no superan, generalmente, los 50 o 60 Km. En el caso de grandes centros consumidores pudiera parecer que dichos radios de comercialización debieran de disminuirse debido, fundamentalmente a la menor velocidad media horaria en el transporte pero dado que el abastecimiento es el tema prioritario, dichas distancias se mantienen.

#### **4.4. Tendencias de futuro.**

A pesar de que las últimas estadísticas disponibles del consumo nacional de cemento corresponden al año 1.986, el alza observada en dicho año tiene visos de continuar produciéndose en los sucesivos años debido fundamentalmente a los grandes retos que el país debe de afrontar en los próximos años, teniendo como meta final la EXPO'92 y los Juegos Olímpicos de Barcelona.

Estimando que dicho aumento del consumo sea del 1% anual, en el año 2.000 el consumo estimado sería de 154 millones de toneladas, lo cual nos da para el período de tiempo comprendido entre 1.988 y el año 2.000 un total de 1.888 millones de toneladas.

Si los crecimientos anuales se suponen de un 6 %, tal como tiene previsto el SEOPAN que ocurra en 1.987, al menos hasta el año 1.992, en dicho año el consumo estimado de áridos sería de 190 millones de toneladas, 27 millones de toneladas superior al máximo histórico registrado en el año 1974 que fue de aproximadamente 163 millones de toneladas y el consumo global del período 1988-1992 sería, según estas mismas hipótesis de 850 millones de toneladas. Si a partir de dicho año y hasta el año 2.000 se supone un aumento en el consumo de tan solo un 1%, el consumo global en el período 1988-2000, según esta hipótesis sería de aproximadamente 2.440 millones de toneladas.

En la Figura nº 7 aparecen reflejados los niveles de producción anuales para las distintas tasas de crecimiento en ella indicadas. En dicha figura se observa que

# DISTINTOS NIVELES DE PRODUCCION

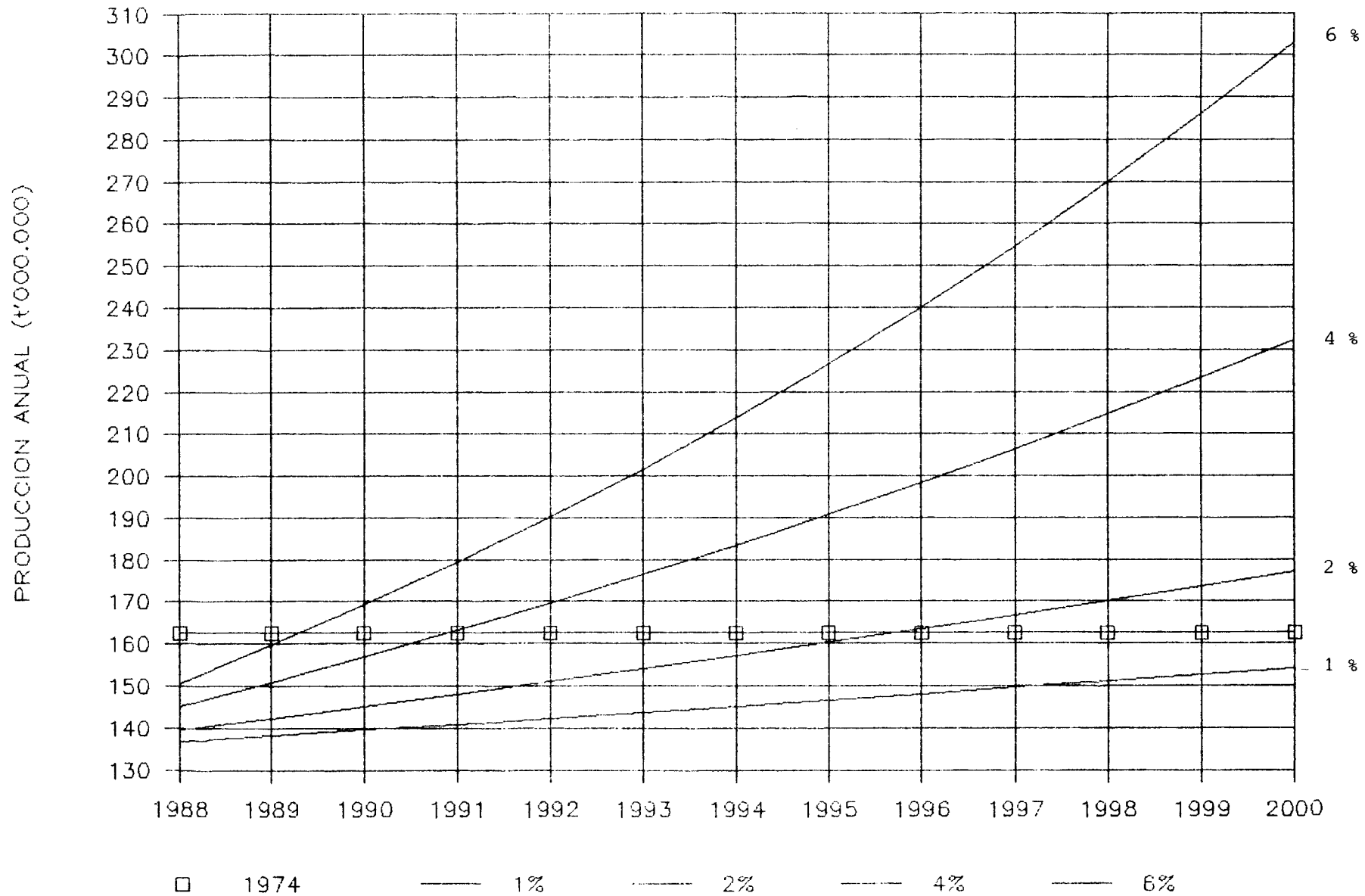


Figura nº 7.

para el máximo histórico de consumo de cemento alcanzado en el año 1974, cuyo equivalente en consumo de áridos correspondería según el modelo de estimación a algo menos de 163 millones de toneladas, dicho máximo histórico no sería superado por la tasa de crecimiento del 1% en todo el ámbito del gráfico, la curva cuya tasa de crecimiento anual es del 2% corta a la del máximo histórico a mediados del año 1.995, la del 4 % rebasaría a la del máximo histórico en el año 1.991 y la del 6% lo haría en el año 1.989.

Para dar una visión global de la cantidad de materiales necesarios para cubrir la demanda previsible digamos que las producciones acumuladas en el período comprendido entre los años 1.988 y 2.000 para una tasa de crecimiento de un 1% sería del orden de los 1.900 millones de toneladas, mientras que dicha producción acumulada para una tasa del 6 % en ese mismo período de tiempo sería de unos 2.850 millones de toneladas, tal y como se aprecia en la Figura nº 8.

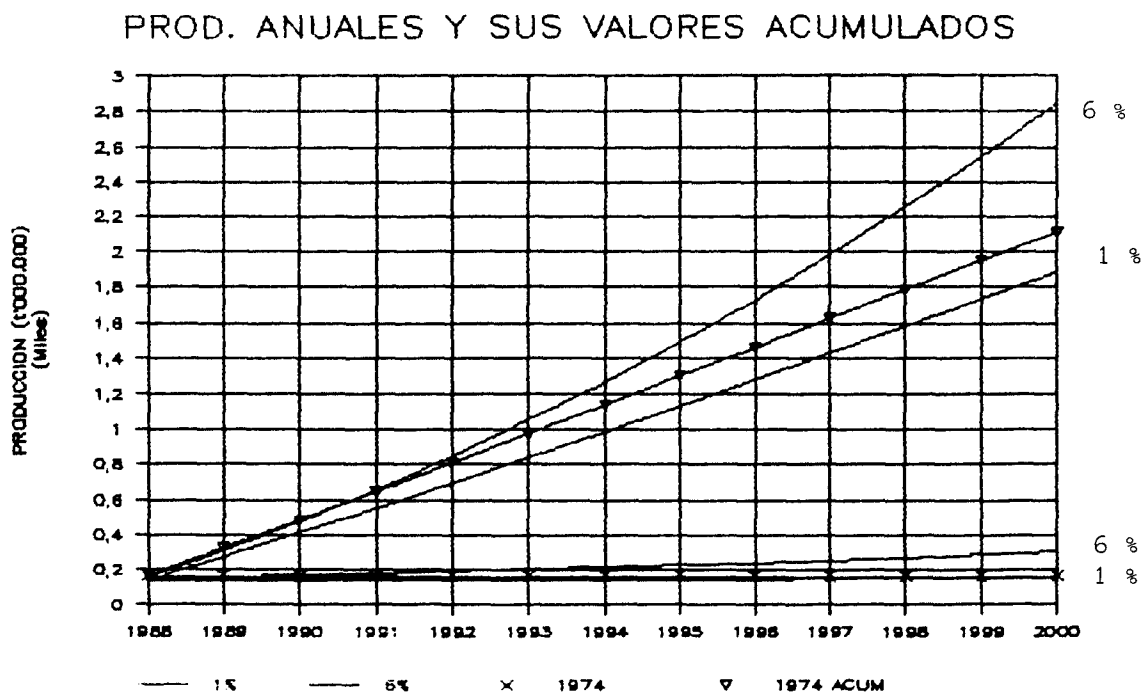


Figura nº 8.

## 5. DEFINICIONES, USOS Y ESPECIFICACIONES.

## **5. DEFINICIONES, USOS Y ESPECIFICACIONES.**

Debido a la gran variedad de acepciones y definiciones de la palabra árido, así como a causa de la gran cantidad de denominaciones locales que los distintos productos o fracciones utilizados como áridos tienen, en este capítulo vamos a hacer una recapitulación de las mismas y también vamos a fijar la nomenclatura que en lo que resta del estudio va a ser utilizada.

### **5.1. Definiciones.**

De las distintas acepciones que la palabra árido tiene vamos a dar a continuación las más usuales para el tipo de materiales que dentro de este estudio se contemplan, los áridos minerales, que a partir de este instante denominaremos simplemente áridos.

La primera de ellas define el árido como “conjunto de partículas minerales de distintos tamaños que proceden de la fragmentación natural o artificial de las rocas o subproductos de procesos industriales” (I. Morilla Abad, 1979).

También se define el árido como “conjunto de granos que por su origen, naturaleza o tamaño son de diferentes tipos y están destinados a ser aglomerados por un cemento” (los Aridos en el Hormigón).

Otra es la dada por la American Society for Testing Materials, que define el árido como “aquella materia inerte que aglomerada por una matriz conglomerática forma hormigón, mortero, argamasa, mastique, etc.”

De todas las definiciones de árido existentes, hemos considerado que la más adecuada al tema que estamos tratando es la dada por el Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (CEOTMA) en su publicación “Geología y Medio Ambiente”, que define el árido como “fragmentos y partículas minerales inertes, obtenidos directamente o por un proceso de machaqueo o trituración a partir de rocas o escorias.

### **5.2. Tipos de áridos.**

Los áridos de una manera general los podemos clasificar en dos tipos fundamentales:

- Aridos Naturales: son los extraídos de graveras y/o canteras
- Aridos Artificiales: son los procedentes de los desechos industriales.



los áridos naturales, a su vez, los podemos clasificar de la manera siguiente:

- Aridos Naturales Propiamente Dichos: son aquellos que se utilizan tal y como se encuentran en la Naturaleza.
- Aridos de Machaqueo: son aquellos que necesitan machacarse para obtener la granulometría requerida.

### **5.2.1. Aridos naturales.**

#### **5.2.1.1. Aridos naturales propiamente dichos.**

Los áridos naturales propiamente dichos son los procedentes de depósitos detríticos, gravas y arenas, poco cementadas, que reciben el nombre de graveras.

Los ambientes sedimentarios en que aparecen estos depósitos son de diversos tipos entre los que destacan:

- Depósitos Aluviales.
- Abanicos Aluviales.
- Depósitos Glaciares.
- Depósitos de Playa.

#### **5.2.1.2. Aridos de Machaqueo**

Este tipo de áridos se obtiene a partir de masas rocosas empleando, generalmente, para su obtención perforación, voladura con explosivos, trituración y clasificación del material hasta alcanzar los distintos tamaños requeridos.

Los materiales más comúnmente utilizados como áridos son las calizas y dolomías, así como los materiales ígneos y metamórficos.

### **5.2.2. Aridos artificiales**

Los áridos artificiales son aquellos que proceden de desechos industriales tales como escorias de altos hornos, arenas de mina, cenizas volantes, etc.

Una de las principales condiciones restrictivas que se imponen a los materiales tanto naturales como artificiales, para su utilización como áridos es la no reactividad de los mismos con los álcalis del cemento.

### 5.2.3. Clasificación por tamaños de los áridos

Dada la gran cantidad de nomenclaturas existentes para determinar los distintos tamaños de los productos utilizados como áridos, tales como las dadas por J.L. Escario en su clasificación de áridos, representada en el Cuadro nº 3, y la dada por Jean Franquin en el libro *Los áridos en el hormigón*, mostrada en el Cuadro 4.

Como en ellas se observa, y es un hecho generalizado, con un mismo nombre se

Denominación.	Intervalo de tamaños.
Grava	> 20 mm.
Gravilla	2-20 mm.
Arena	0,05-2 mm.

Cuadro 3. Nomenclatura de J.L. Escario en la Clasificación del Arido.

están designando productos con granulometrías distintas, tal como ocurre con la denominación de "arena" que para J.L. Escario este producto presenta una granulometría comprendida entre 0,05-2 mm y para Jean Frankin ese mismo término designa un rango granulométrico comprendido entre 0,1-5 mm; si bien es cierto que este mismo autor afirma que en los países anglosajones y germánicos se designa por arena el material de diámetro inferior a 2 mm, al igual que propugna J.L. Escario en su clasificación granulométrica de los áridos.

Denominación.	Intervalo de tamaños.
Morro	> 10 cm.
Grava	3-10 cm.
Gravilla	6-25 mm.
Arenas	0,1-5 mm.
Harinas o fillers.	< 0,1 mm.

Cuadro 4. Nomenclatura de Jean Frankin en Los Aridos en el Hormigón.

Vistas estas diferencias de criterios a la hora de denominar las granulometrías de los distintos productos, en este estudio, y para paliar este fenómeno, vamos a adoptar la clasificación granulométrica dada por F. Orús en su obra “Materiales de Construcción”, cuya reproducción aparece reflejada en el Cuadro nº 5.

Denominación.	Intervalo de tamaños.
. Morro	> 100 mm.
. Grava Gruesa	50-100 mm.
Media	40-60 mm.
Menuda	30-50 mm.
. Gravilla Gruesa	20-40 mm.
Media	15-30 mm.
Menuda	15-25 mm.
. Garbancillo o Almendrilla	7-15 mm'
. Ripio.	7-25 mm.
. Arena Gruesa	2-5 mm.
Media	0,5-2 mm.
Fina	0,1-0,5 mm.
. Filler o polvo	0,005-0,08 mm.
. Limo	0,002-0,02 mm.
. Arcilla	< 0,002 mm.

Cuadro 5. Clasificación Granulométrica adoptada por F. Orus en su Obra *Materiales de Construcción*.

En esta clasificación se pueden apreciar también numerosos solapes en las granulometrías, pero a nuestro juicio creemos que es la más completa de las encontradas.

En la Figura nº 9 se representan las tres clasificaciones mencionadas pudiéndose observar claramente cuales son los rangos de aplicación y los solapes de cada uno de los términos en ellas utilizados.

### **5.3. Usos de los áridos.**

La utilización de los áridos se centra fundamentalmente en la fabricación de hormigón, existiendo dentro de los hormigones una gran variedad de tipos en función, entre otros, del tamaño y del peso específico del árido utilizado.

Aparte de la fabricación de hormigón los áridos se utilizan también para la fabricación de mortero, que es un tipo particular de hormigón en cuya composición no existe el árido grueso.

Además de su amplio uso en la construcción, como material unido por un aglomerante, los áridos se utilizan también, bien sin ligazón, bien unidos por un material natural, arcilla más agua, en un gran número de aplicaciones como pueden ser los balastos para el tendido de vías de ferrocarril, bases de carreteras, filtros, macadam, rellenos, pedraplenes y terraplenes, obras de escollera, etc.

Los aglomerantes asfálticos son otro importante producto en el cual van incluidos los áridos.

### **5.4. Especificaciones de los áridos.**

Las especificaciones exigidas a los áridos, según los distintos usos a que se destinan, son las calidades mínimas que los materiales deben cumplir para poder ser utilizados en cada aplicación particular. Por tanto, estas especificaciones son función del tipo de aplicación a la cual se destine el producto.

#### **5.4.1. Especificaciones de áridos para el hormigón**

En este apartado podemos diferenciar entre las distintas aplicaciones que el hormigón puede tener, tales como son el hormigón en masa o armado, el hormigón pretensado, etc., siendo por tanto, distintas las especificaciones requeridas en los áridos utilizados para los distintos usos.

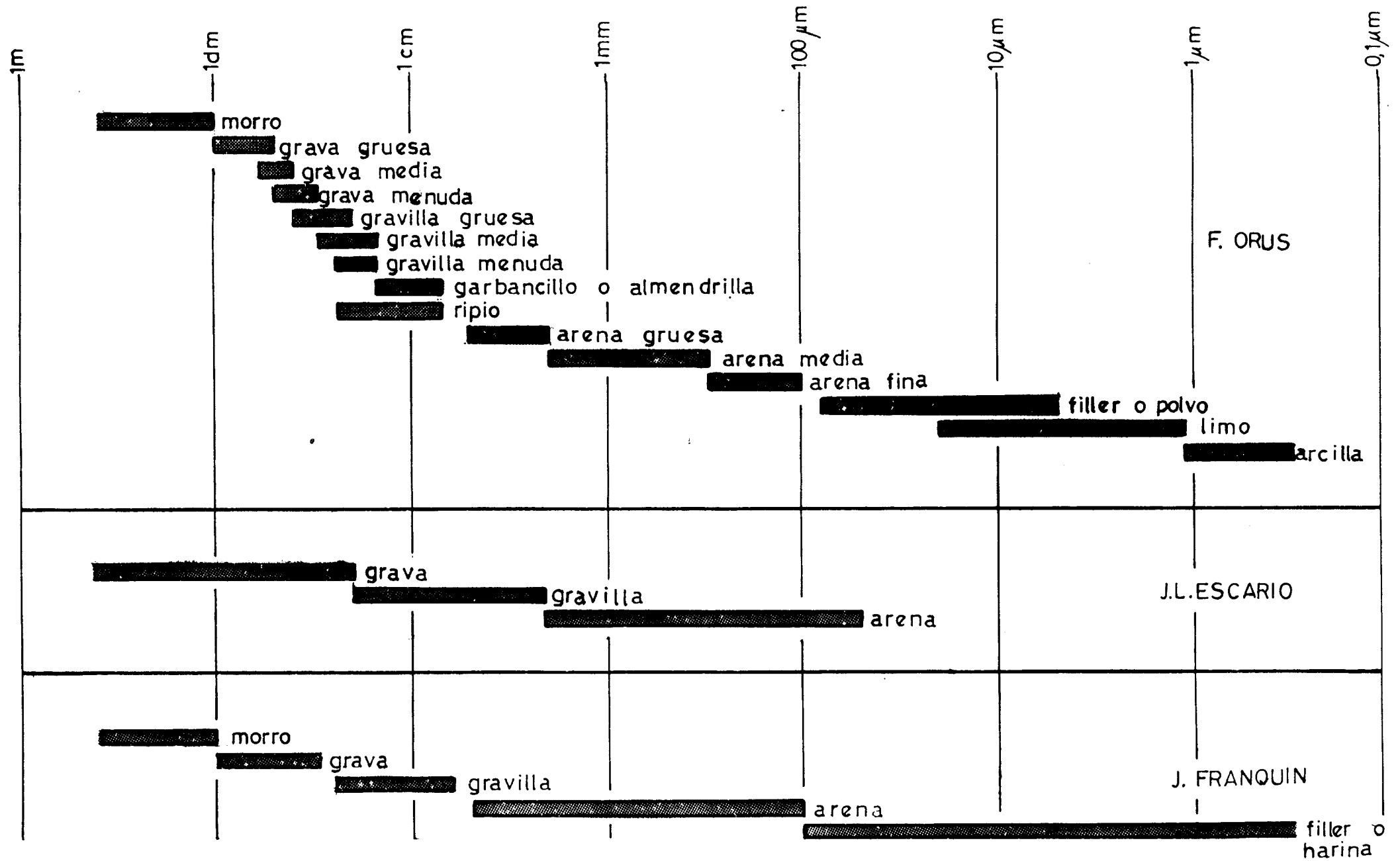


Figura nº 9.

#### **5.4.1.1. Los áridos en el hormigón en masa y armado.**

En España todas las obras de hormigón se deben ajustar obligatoriamente a la “Instrucción EH-82, para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”, elaborada por la Comisión Permanente del Hormigón, en el año 1982.

Dicha instrucción, en su redacción, distingue entre “comentarios” y “articulado”, siendo este último el de obligado cumplimiento en todas las obras.

Esta Instrucción en su Artículo 7º, recoge las distintas características que deben reunir los áridos para su utilización en la fabricación de hormigón en masa o armado. Dado el innegable interés que dicho artículo tiene, hemos creído conveniente realizar una transcripción del texto íntegro del mismo y que queda recogido a continuación:

*Generalidades: La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.*

*Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas, escorias siderúrgicas apropiadas u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio.*

*Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o en caso de duda, deberá comprobarse que cumplen las condiciones del apartado Prescripciones y ensayos.*

*Se prohíbe el empleo de áridos que contengan o puedan contener piritas o cualquier otro tipo de sulfuros. Las escorias siderúrgicas, no obstante, podrán utilizarse siempre que cumplan las prescripciones del apartado Prescripciones y ensayos.*

*Se entiende por “arena” o “árido fino”, el árido o fracción del mismo que pasa un tamiz en 5 mm. de luz malla (tamiz 5 UNE 7.050); por “grava” o “árido grueso”, el que resulta retenido por dicho tamiz; y por “árido total” (o simplemente “árido” cuando no haya lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.*

*Limitación de tamaño: Al menos el 90 por 100, en peso, del árido grueso será de tamaño inferior a la menor de las dimensiones siguientes:*

- a) Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre armaduras independientes o entre éstas y el borde de la pieza, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón.
- b) Cuatro tercios entre una armadura y el paramento más próximo.
- c) La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona.
- d) Un tercio de la anchura libre de los nervios de los forjados.
- e) Un medio del espesor mínimo de la losa superior en los forjados. En ciertos elementos de pequeño espesor, y previa justificación, el límite c) podrá elevarse al tercio de la mencionada dimensión mínima. La totalidad de árido será de tamaño inferior al doble del menor de los límites aplicables en cada caso.

*Prescripciones y ensayos: La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos no excederá de los límites que se indican a continuación:*

	<i>Cantidad máxima en % del peso total de la muestra</i>	
	<u><i>Arido fino</i></u>	<u><i>Arido grueso</i></u>
<i>Terrones de arcilla. Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.133 .....</i>	<i>1,00</i>	<i>0,25</i>
<i>Partículas blandas. Determinadas con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.134 .....</i>	<i>--</i>	<i>5,00</i>
<i>Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7.050 Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.135 .....</i>	<i>5,00</i>	<i>1,00</i>
<i>Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7.050, y que flota en un líquido de peso específico 2,0 Determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.244 .....</i>	<i>0,50</i>	<i>1,00</i>
<i>Compuestos de azufre expresados en SO<sub>4</sub><sup>=</sup> y referidos al árido seco. Determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.245: .....</i>	<i>1,20</i>	<i>1,20</i>

*No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.082, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón.*

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento. Realizado el análisis químico de la concentración de  $\text{SiO}_2$  y determinada la reducción de la alcalinidad  $R$ , de acuerdo con el método de ensayo indicado en la UNE 7.137, el árido será considerado como potencialmente reactivo si:

- Para  $R > 70$ , la concentración de  $\text{SiO}_2$  resulta  $> R$ .
- Para  $R < 70$ , la concentración de  $\text{SiO}_2$  resulta  $> 35 + 0,5 R$ .

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7.243.

La pérdida de peso máxima experimentada por los áridos al ser sometidos a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico (método de ensayo UNE 7.136) no será superior a la que se indica en el cuadro siguiente:

Aridos	Pérdida de peso	
	Con sulfato sódico	Con sulfato magnésico
Finos	10 %	15 %
Gruesos	12 %	18 %

Este doble ensayo sólo se realizará cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El coeficiente de forma del árido grueso, determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7.238, no debe ser inferior a 0,15. En caso contrario, el empleo de ese árido vendrá supeditado a la realización de ensayos previos en laboratorio. Se entiende por coeficiente de forma de un árido el obtenido a partir de un conjunto de  $n$  granos representativos de dicho árido, mediante la expresión:

$$\alpha = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{(\pi/6)(d_1^3 + d_2^3 + \dots + d_n^3)}$$



en la que:

$\alpha$  = *coeficiente de forma*

$v_i$  = *volúmen de cada grano.*

$d_i$  = *la mayor dimensión de cada grano, es decir, la distancia entre los dos planos- paralelos y tangentes a ese grano que estén más alejados entre sí, de entre todos los que sea posible trazar.*

*Almacenamiento: Los áridos deberán almacenarse de tal forma que queden protegidos de una posible contaminación por el ambiente, y especialmente, por el terreno, no debiendo mezclarse de forma incontrolada los distintos tamaños.*

*Deberán también adoptarse las necesarias precauciones para eliminar en lo posible la segregación, tanto durante el almacenamiento como durante su transporte.*

En el Cuadro nº 6 se recoge un resumen de los ensayos fundamentales a realizar

ENSAYO	Contenido Máximo (%en peso)		METODO DE ENSAYO
	ARIDO FINO	ARIDO GRUESO	
Terrones de Arcilla	1.00	0,25	UNE 7.133
Partículas blandas	-----	5,00	UNE 7.134
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7.050	5.00	1,00	UNE 7.135
Material retenido por el Tamiz 0,063 UNE 7.050 y que flota en un líquido de peso, específico 2,00	0.50	1,00	UNE 7.244
Compuesto de Azufre expresado en $SO_4^{=}$ y referido al árido seco	1.20	1,20	UNE 7.245
Pérdida en peso . Con Sulfato Sódico	10.00	12,00	UNE 7.136
. Con Sulfato Magnésico	15.00	18,00	UNE 7.136
Materia orgánica			UNE 7.082
Reactividads conn los Alcalis			UNE 7.137
Coeficiente de forma			UNE 7.238

Cuadro 6. Resumen de los Ensayos Fundamentales a realizar a los áridos

en los áridos utilizados en el hormigón así como el método de ensayo indicado para su realización.

Esta misma Instrucción en su Artículo 63.3 establece los criterios de aceptación o rechazo (control de calidad) exigidos a los áridos utilizados en el hormigón, cuyo texto íntegro es el que a continuación se indica:

*Aridos: Especificaciones. Las del Artículo 7º, más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.*

*Ensayos:*

*a) Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes de los mismos; si varían las condiciones de suministro y siempre que lo indique el Director de la Obra, se realizarán los ensayos del 7.3. además de los previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.*

*b) Durante la obra:*

*Se prestará gran atención al cumplimiento de lo especificado en 7.2. En caso de dudas se realizarán los correspondientes ensayos de comprobación.*

*Criterios de aceptación o rechazo. El no cumplimiento del 7.3. y de las especificaciones es condición suficiente para calificar el árido como no apto para fabricar hormigón.*

*El no cumplimiento de la limitación del 7.2. hace que el árido no sea apto para las piezas en cuestión. Si se hubiera hormigonado algún elemento con hormigón fabricado con áridos en tal circunstancia, deberá adoptarse las providencias que considere oportuno el Director de la Obra, a fin de garantizar que, en tales elementos, no se han formado oquedades o coqueas de importancia que puedan hacer peligrar la sección correspondiente.*

#### **5.4.1.2. Los áridos en el hormigón pretensado.**

Las características que deben reunir los áridos utilizados en el hormigón pretensado vienen prescritas por la "Instrucción EP-80 para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado", cuya última edición, hasta la fecha, es del año 1.986.

Esta instrucción, al igual que la "EH-82 para el proyecto y la ejecución de obras

de hormigón en masa o armado”, distinguen también en su redacción entre “comentarios” y “articulado”.

Dado que las características prescritas para los áridos en la Instrucción EP-80 son sustancialmente iguales a las de la Instrucción EH-82, en lo que sigue solo haremos hincapié en las pequeñas diferencias que existen entre ambas instrucciones.

- a) La EP-80, en uno de sus comentarios, excluye las escorias siderúrgicas para ser utilizadas como áridos en hormigón pretensado, porque pueden contener sulfuros, mientras que la EH-82 sí permite su aplicación (si cumplen todas las prescripciones y ensayos aplicables a los áridos).
- b) La limitación de tamaños es similar en ambas instrucciones. La EP-80 indica que el 90 % en peso, del árido grueso deberá ser inferior a la menor de las dos dimensiones siguientes:
  - Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre armaduras independientes o entre estas y el borde de la pieza, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón.
  - La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona (en ciertos elementos de pequeño espesor podrá elevarse este límite al tercio de la mencionada dimensión mínima). La totalidad del árido será de tamaño inferior al doble del menor de los dos límites mencionados.
- c) Las prescripciones indicadas para las cantidades de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos utilizados en el hormigón pretensado (EP-80) son más rigurosas que las indicadas en la EH-82 para el hormigón en masa o armado. La cantidad máxima en % del peso total de la muestra es la misma en ambas instrucciones para los siguientes ensayos:
  - Terrones de arcilla.
  - Partículas blandas.
  - Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7.050.
  - Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7.050 y que flota en un líquido de peso específico 2,0.

También es igual en ambas Instrucciones las prescripciones para:

- Proporción de materia orgánica.

- Concentración de  $\text{SiO}_2$  (reactividad potencial con álcalis del cemento).

Pero para la cantidad máxima de compuestos de azufre expresados en  $\text{SO}_4^{=}$  (y referidos al árido seco), **en el árido fino**, la EP-80 solo admite un 0,5 % del peso total de la muestra. (la EH-82 admite hasta un 1,2 %), **en el árido grueso** las cantidades de compuestos de azufre permitidas son las mismas (1,2 %). Los métodos de ensayo UNE referentes a las determinaciones anteriores son, como es lógico, los mismos en ambas Instrucciones.

Pero además la EP-80 prescribe un ensayo, relativo a sustancias perjudiciales que no lo prescribe la EH-82. Esta prescripción es la siguiente:

La cantidad máxima en % del peso total de la muestra, tanto en árido fino como en grueso, de Cloruros expresados en Cl, y referidos al árido seco, será de 0,03 (%).

La determinación de los cloruros no sigue norma UNE pero se indica en un anejo de la EP-80, al que remitimos al lector interesado.

- d) Las prescripciones para los ensayos de heladicidad (pérdida de peso experimentada por los áridos al ser sometidos a los sulfatos sódico o magnésico) son idénticas en ambas Instrucciones.
- e) El coeficiente de forma del árido grueso en la EP-80 (definido igual que en la EH-82) no debe ser inferior a 0,2 (determinado con la norma UNE 7.238) mientras que dicho coeficiente es 0,15 en la EH-82, por lo que en este aspecto también la instrucción EP-80 es más restrictiva que la EH-82.

#### **5.4.2. Especificaciones de Aridos para Carreteras**

Estas especificaciones se encuentran recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3) del MOPU teniendo como resumen, en todo lo referente a especificaciones sobre áridos, lo indicado en los Cuadros nº 7 y 8.

#### **5.4.3. Especificaciones de Aridos para RENFE**

Las especificaciones de los áridos utilizados por RENFE están regulados por los pliegos N.R.V. 3-4-0.0 (Balasto. Características Determinativas de la Calidad) y P.R.V. 3-4-0.0 (Suministro y Utilización del Balasto y de la Gravilla), siendo los

Unidad de obra	Pasa Tamiz 0,080 UNE % máximo	Plasticidad (MáxLL-máx IP)	Equivalente en arena. (mínimo)	Observaciones
Tratamientos superficiales	0-5(A) 0-2 (AE)			
Trat. sup. con lechada bituminosa	4-8(AL 1) 5-15 (AL 2 y AL 3) 10-20 (AL 4) 15-15 (AL 5) 75-100 (FILLER)	----- -----	35 lechada aniónica (1) 50 lechada catiónica (1)	(1) sobremezcla de áridos y filler
Mezclas bituminosas	en frío cal densas 3-8 4-8 semiden 2-7 3-7 gruesas 1-5 2-5 Abiertas 0-4 2-4 75100 (Filler)		40 (B) (2) 45 (I y R) (2)	(2) sobremezcla de áridos y filler
Grava-cemento	1-7	p.y t.m.-Np t.l. 25-6	30	
Grava-emulsión.	3-12	Em. catión-NP Em. anión-IP < 10	Em. catiónica 45 Em.aniónica 25	
Grava-escoria	0-4	NP	30	
Bases zahorra artificial	1/2 (pasa tamiz 0,40) 5-15 (Z1,Z2,Z3)	NP	30	
Macadam bituminoso	0-5 0-5			
Macadam recebado	0 10-25	NP	30	(3) Pasa tamiz 5 > 85%
Pavimentos de hormigón	0-1 0-5 (4)			(4) Puede haber excepciones.
hormigón estructuras	0-1 0-5 (4)			(4) Puede haber excepciones.
Subbase granular	2/3 pasa tamiz 0,40 2-8 (S1) 5-15 (S2 y S3) 10-25 (S4) 6-20 (S5) 8-25 (S6)	t.p. y t.m. NP t.l.25-6	30 25	(5) CBR > 20
Material drenante	5	NP	30	

(A) árido de granulometría normal; (AE) árido de granulometría especial; t.p. Tráfico pesado;t.m. Tráfico medio;  
t.l. Tráfico ligero; S Subbase; B Capa de base; I Capa intermedia; R Capa de rodadura;

Cuadro 7. (Continuación) Resumen de las especificaciones para áridos. (PG-3-75)

Empleo del árido	Coef. de desgaste de Los Angeles. (máx.) NLT-149/72	Pérdida por acción del sulfato sódico magnésico. (máx)	Coef. de pulimento acelerado (máx.)	Adhesividad ligante (mín.) E = envuelta RW = Riedel Weber IC = Inmersión-compresión
Tratamientos superficiales . (Fracción única)	20 (AE);30(A)(1)	10-15	0,40	90% (E)
Lechadas bituminosas	25 (Calzada) 30 (arcenes)	12-18	0,40	4 (RW)
Mezclas bituminosas en frío o en caliente. Capa de rodadura (árido grueso y fino)	25	12-18	0,45 (Tráf. pesado) 0,40 (resto tráfico)	95 % (E) 4 (RW) Res. cons. 75 % (IC)
Mezclas bituminosas en frío o en caliente. Capa intermedia y base (áridos grueso y fino)	30	12-18		95 % (E) 4 (RW) Res. cons. 75 % (IC)
Bases estabilizadas con cemento, emulsión o escorias (todo uno)	30 (Táf pesado) 35 (resto tráfico)	16-24		
Bases de zahorra artificial (Todo uno)	35	16-24		
Macadam recebado y bituminoso (árido grueso y fino excluido recebo)	35	16-24		75/85 % (E) en macadam bituminoso
Pavimentos de hormigón (árido grueso)	35	12-18 (2)		
Pavimentos de hormigón (árido fino)	35	12-15 (2)		
Hormigón en estructuras (árido, grueso)		12-18 (2)		
Hormigón en estructuras (árido fino)		10 -15 (2)		
Material drenante (Todo uno)	40			
Subbase granular (Todo uno)	50			

Cuadro 8. Especificaciones para áridos (PGC-3-75)

puntos más importantes en ellos tratados, en lo tocante al tema de áridos los que se recogen en los párrafos siguientes.

El balasto se clasifica en los tipos A y B. El balasto tipo A se utilizará en las líneas con tráfico ficticio diario superior o igual a 7.000 t. El balasto tipo B se empleará en las líneas de tráfico ficticio diario menor al indicado, con traviesa de madera y en las operaciones de mantenimiento -que no impliquen la sustitución total de la banqueta- en las vías de cualquier tipo y armamento, que tengan banqueta de balasto calizo.

Según estas normas, queda proscrito el balasto procedente de canto rodado.

La gravilla también se clasifica en dos tipos: el primero, tipo A, para nivelación por recalce de la vía; el segundo, tipo B, para su utilización en entrevías de estaciones, paseos, etc.

El balasto y la gravilla tipos A serán fundamentalmente silíceos; el balasto tipo B de naturaleza calcárea y la gravilla tipo B de naturaleza silícea o calcárea.

Los elementos pétreos que forman ambos tipos de balasto y de gravilla tendrán formas poliédricas con aristas vivas.

Cuando se trate de elementos aciculares la dimensión mayor no será superior a 3 veces la dimensión menor. Se admite que no cumplan esta condición los siguientes tantos por ciento del peso total de la muestra ensayada:

- En el balasto y gravilla tipos A el 6 %
- En el balasto y gravilla tipos B el 8 %

Los ensayos que debe realizar obligatoriamente el contratista (contratado por RENFE para el suministro del balasto o gravilla) cuando pretenda abrir una cantera o frente nuevo serán, con testigos de roca extraídos al menos en cuatro lugares distanciados, los siguientes:

a) Ensayo directo de la roca a compresión simple

- Método de ensayo: según N.R.V. 3-4-0.0.
- . El límite de rotura de la roca sometida a compresión simple será:
- . En balasto y gravilla tipos A: min. 1.200 Kgf/cm<sup>2</sup>.

. En balasto y gravilla tipos B: min. 1.000 Kgf/cm<sup>2</sup>

b) Ensayo de carga diametral puntual Franklin

El método de ensayo y la forma de cálculo de la carga de rotura están descritos en la norma N.R.V. 3-4-0.0. A este respecto dicha norma no hace referencia alguna a norma UNE o similar extranjera. Ni el pliego P.R.V. 3-4-0.0. ni la norma N.R.V. 3-4-0.0. explicitan los límites de rotura de la roca sometida a este ensayo

c) Determinación del coeficiente de Los Angeles

- Método de ensayo: norma N.L.T. 149/72.

Los valores máximos del coeficiente serán:

. Balasto y gravilla tipos A: 19 %

. Balasto tipo B: 22 %

. Gravilla tipo B: 26 %

d) Estabilidad de la roca frente a una solución saturada de sulfato magnésico

- Método de ensayo: N.L.T. 158/72, sometiendo la roca a 5 ciclos de tratamiento.

. La pérdida máxima en peso será del 8 %.

El contratista deberá también realizar durante el tiempo de explotación de una cantera (con una frecuencia preceptuada en el P.R.V. 3-4-0.0. y con un método de toma de muestras también detallado en dicho pliego) los siguientes ensayos:

a) Curva granulométrica del balasto

El balasto estará integrado por elementos de piedra partida de tamaño comprendido entre 31,5 mm y 63 mm, en su mayor parte.

Su curva granulométrica queda definida mediante cribas especificadas en la norma N.R.V. 3-4-0.0. (agujeros correspondientes a la serie I.S.O.-R20) y estará contenida dentro de los husos correspondientes (uno para balasto tipo A y



otro para el B) y que se adjuntan en las Figuras nº 10 y 11.

En ambos husos se admitirán las tolerancias que indican las figuras respectivas.

b) Curva granulométrica de la gravilla

La gravilla tipo A y B estará formada por elementos de piedra partida de tamaño comprendido entre 16 y 25 mm. La curva granulométrica viene determinada por tamices de la serie UNE y está contenida dentro de un huso que figura en el pliego P.R.V. 3-4-0.0.

c) Limpieza de la piedra partida

El porcentaje de limpieza se determinará por peso del material que pasa por el tamiz de 0,063 mm. UNE, a partir del residuo recogido en la criba ciega de la serie utilizada para la granulometría. Dicho peso será como máximo, tanto para el balasto como para la gravilla, del 0,5 % del peso de la muestra.

d) Porcentaje de elementos con espesor mínimo admisible

La determinación en el balasto se comprobará mediante unos tamices de barras, cuya forma y dimensiones se especifican en el pliego P.R.V. 3-4-0.0. La determinación en la gravilla también se realiza mediante tamices de barras, diferentes a las utilizadas para el balasto, cuya forma y dimensiones se especifican en el citado pliego.

Los espesores mínimos admisibles dependen del coeficiente de Los Angeles, y dado su interés transcribimos a continuación las especificaciones completas que al respecto existen.

*Espesor mínimo de los elementos granulares en el balasto.*

*El espesor mínimo será de veinticinco (25) milímetros para ambos tipos de balasto. Se admite un tanto por ciento del peso total de la muestra ensayada, comprendido entre esta medida y dieciséis (16) milímetros, en función del coeficiente de los Angeles, según la fórmula:*

$$c = 39,5 - CLA$$

*donde*

*c = tanto por ciento admisible de elementos con espesor comprendido entre veinticinco (25) y dieciséis (16) milímetros.*

## BALASTO TIPO A

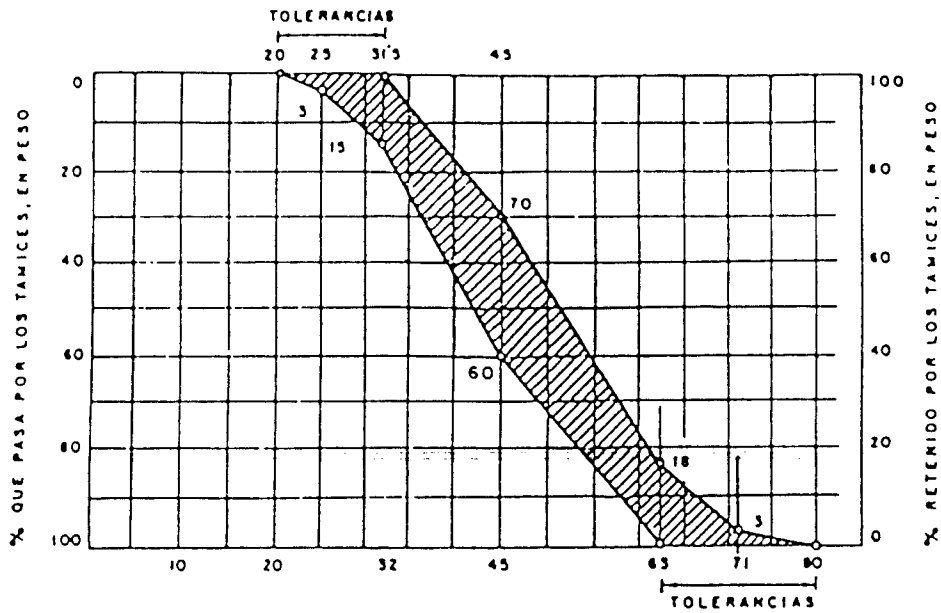


Figura nº 10 DIAMETROS DE LOS AGUJEROS DE LOS TAMICES, EN MILIMETROS

## BALASTO TIPO B

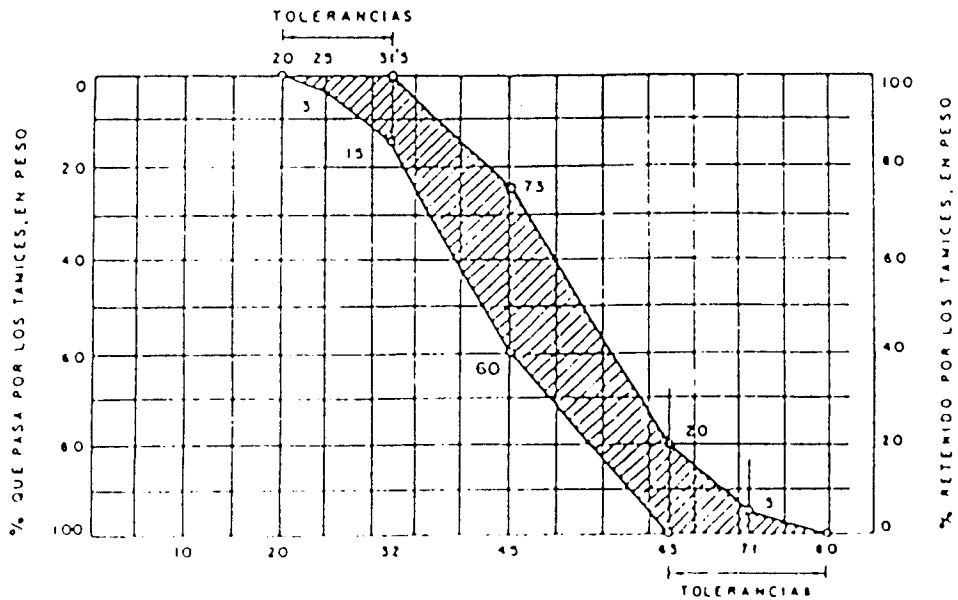


Figura nº 11 DIAMETROS DE LOS AGUJEROS DE LOS TAMICES, EN MILIMETROS

*CLA = coeficiente de Los Angeles, en tanto por ciento.*

*El máximo valor admisible de "c" no excederá del veintisiete (27) por ciento. Solamente se admitirá un porcentaje de cinco décimas (0,50) de elementos menores de dieciséis (16) milímetros, sobre el peso total de la muestra ensayada".*

*Espesor mínimo de los elementos granulares en la gravilla.*

*El espesor mínimo será de doce y medio (12,5) milímetros. Se admite un tanto por ciento del peso total de la muestra ensayada, comprendido entre esta medida y ocho (8) milímetros en función del coeficiente de Los Angeles según la fórmula:*

$$c = 40,6 - 0,95 CLA$$

*donde*

*c = tanto por ciento admisible de elementos con espesor comprendido entre doce y medio (12,5) y ocho (8) milímetros.*

*CLA = coeficiente de Los Angeles, en tanto por ciento.*

*El máximo valor admisible de "c" no excederá del veintisiete (27) por ciento. Solamente se admitirá un porcentaje de cinco décimas (0,50) de elementos menores de (8) milímetros, sobre el peso total de la muestra ensayada".*

#### **5.4.4. Especificaciones de áridos para otros usos.**

Aparte de las especificaciones hasta ahora mencionadas existen otros Organismos que también han creado sus propios Pliegos de Condiciones referentes a los áridos a emplear en los distintos tipos de aplicaciones; entre otros cabe mencionar el "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras Hidráulicas", aún en borrador y de próxima publicación, que está elaborando la Dirección General de Obras Públicas del MOPU.

Tan sólo decir que en lo que a continuación se indica tiene carácter de "borrador" y por este motivo las prescripciones que a continuación se recogen de una manera resumida, no tienen validez en tanto dicho Pliego de Prescripciones Técnicas Generales no se apruebe por el MOPU, aunque es improbable que sean sustancialmente modificadas en lo que a propiedades de los áridos y ensayos a realizar en ellos se refiere. A continuación se indican las características y métodos de ensayo para cada propiedad que deben reunir los áridos y que por lo dicho anteriormente deben entenderse con las debidas precauciones.

### 1. Densidad y absorción de agua.

Característica	Límite	Método de ensayo
Densidad del árido fino	min.2,4kg/dm <sup>3</sup>	UNE 7.140
Densidad del árido grueso (saturado y superficialmente seco).	min. 2,5 kg/dm <sup>3</sup>	UNE 7.083
Absorción de agua:		
- Arido fino	max. 3,5 %	UNE 7.140
- Arido grueso.	max. 3,0 %	UNE 7.083

2. Estabilidad (pérdida en peso por acción cíclica del Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ó MgSO<sub>4</sub>). Los áridos empleados deben cumplir las mismas pérdidas en peso indicadas en la Instrucción EH-82 y los ensayos se realizarán por el método definido en la norma UNE 7.136 (la misma norma que sigue la Instrucción EH-82) pero se consideran ensayos no determinantes.

Según el borrador: "El criterio definitivo de aceptación o rechazo deberá establecerse, sobre probetas de hormigón o mortero por determinación de la disminución porcentual del valor del módulo elástico dinámico, en ensayos no destructivos, o de la resistencia mecánica en ensayos destructivos, en probetas sometidas a un número determinado de ciclos de hielo-deshielo".

3. Los áridos de superficie excesivamente lisa podrán ser rechazados cuando al hormigón se le exija una resistencia a tracción igual o superior a la décima parte de la resistencia a compresión.
4. Coeficiente de forma de árido grueso. Se prescribe exactamente lo mismo que la Instrucción EH-82.
5. Tamaño máximo del árido. Se prescribe exactamente lo mismo que la Instrucción EH-82.

## 6. Características mecánicas.

<u>Característica</u>	<u>Límite</u>	<u>Método de ensayo</u>
Resistencia a compresión	no dice	ASTM-D2938-79
Resistencia a la abrasión (Los Angeles)	max 40 %	NLT-149/72
Friabilidad.	no dice	NLT-351/74
Dureza.	no dice	Escala Mohs
Tenacidad (Resistencia al impacto)	no dice	no dice

7. Contenido en sustancias perjudiciales. Como el borrador se aparta de lo prescrito por la Instrucción EH-82 transcribimos a continuación el texto íntegro que dicho borrador de Prescripciones Técnicas Generales para Obras Hidráulicas presenta al respecto:

### **(Apartado 2.3.)**

01. *Los áridos no contendrán sustancias perjudiciales para los hormigones o morteros tales como arcilla, mica, materia orgánica, sulfatos solubles y otras impurezas que, juntas o separadas, interfieren al desarrollo de las características de endurecimiento y resistencia de los hormigones y morteros.*
02. *En las Tablas nº 6 y 7 se indican los límites máximos tolerables de contenido de impurezas, considerando los casos siguientes:*
  - *Caso A. Hormigones de presas y otras obras sometidas a más de 15 m de carga hidrostática.*
  - *Caso B. Obras de hormigón en masa o armado no incluidas en el caso A.*
  - *Caso C. Hormigones y morteros de resistencia característica mínima exigida no superior a 16 MPa (163 kp/cm<sup>2</sup>) y que no estén incluidos en los casos A y B.*
03. *El PTP fijará, en cada caso particular, los límites de impurezas. Se considerará que deberán ser menores para los hormigones dispuestos en superficies sometidas a variaciones de nivel de agua y para el hormigón de las presas bóvedas delgadas.*
04. *El PTP y, en su caso, el Director podrán admitir contenidos de material que pasa*

por el tamiz de ochenta (80) micras superiores a los indicados en las Tablas anteriormente citadas cuando se trate de polvo calizo procedente de la trituración de rocas calcáreas, siempre que se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones;

- a) Que el equivalente de arena sea igual o superior a noventa ( $EA > 90$ ).
- b) Que la suma de contenido de cemento, productos de adición y contenido de material inferior a ochenta (80) micras no supere los trescientos cincuenta kilogramos por metro cúbico ( $350 \text{ kg/m}^3$ ) de hormigón ejecutado.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES	Límite en %			METODO DE ENSAYO
	Caso A	Caso B	Caso C	
Terrones de Arcilla	1,00	0,25	1,50	UNE 7.133
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7.050	3,00	5,00	6,00	UNE 7.135
Arcilla coloidal. Equivalente de arena mínimo	80	80	7	NLT-113-72
Material ligero, que pasa por el Tamiz 0,32 UNE 7.050 y que flota en un líquido de peso, específico 2,00	0,50	0,50	1	UNE 7.244
Compuesto de Azufre expresado en $\text{SO}_4^{=}$ y referido al árido seco	1,20	1,20	1,20	UNE 7.245
Otras sustancias nocivas, tales como mica, granos con otros materiales adheridos, partículas lameliformes y limos.	2,00	2,00	2,50	-----
Materia orgánica: No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten un contenido de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método indicado en la UNE 7.082, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón.				

Tabla 6. Cantidad máxima de sustancias perjudiciales en el árido fino, en % del peso total de la muestra.

8. Compuestos Minerales Nocivos. Deberá comprobarse que los áridos no contienen minerales capaces de reaccionar con alguno de los componentes del hormigón. La potencial reactividad de los áridos se determinará mediante los ensayos y análisis indicados en la Tabla nº 8.
9. Granulometría del árido fino. La fracción del árido fino (menor de 5 mm) deberá tener una granulometría comprendida entre los límites indicados en la Tabla nº 9.

Limit. granulometrico del árido fino	% en peso que pasa por cada tamiz					
Abertura del tamiz en mm.	5.00	2.50	1.25	0.63	0.32	0.16
Límite superior (lím. fino)	100	95	85	62	30	15
Límite inferior (lím. grueso)	95	75	55	30	12	4

Tabla nº 9. Granulometría del árido fino.

10. Granulometría del árido grueso. De entre las diversas recomendaciones que realiza el borrador sobre las características que debe reunir el árido grueso destaca la siguiente:

“El tamaño máximo del árido grueso no será superior a 150 mm en gravas naturales y a 120 mm en áridos de machaqueo”.

Pero, además, en el apartado 2.7. del borrador se dan una serie de recomendaciones que se considera de interés reproducir íntegramente por lo que se transcriben a continuación.

#### *Clasificación de los áridos.*

#### *Generalidades.*

01. Se define como clase de árido, la fracción limitada entre dos tamices de abertura determinada. El tamiz inferior deberá retener la totalidad de la fracción y el superior retendrá únicamente las partículas superiores al límite superior de la clase.
02. El PTP fijará, para cada tipo de hormigón, los datos que a continuación se indican, en una de las dos modalidades siguientes:

SUSTANCIAS	Límite en %			METODO DE ENSAYO
	Caso A	Caso B	Caso C	
PERJUDICIALES				
Terrones de Arcilla	0,75	0,25	0,70	UNE 7.133
Partículas blandas	---	5,00	6,00	UNE 7.134
Material que pasa por el Tamiz 0,080 UNE 7.050 (80 micras)	0,50	1,00	1,50	UNE 7.135
Partículas ligeras que flotan en un líquido de peso específico 2,00	1,00	1,00	2,00	UNE 7.244
Compuesto de Azufre expresado en SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> y referido al árido seco	0,50	1,20	1,30	UNE 7.245
Otras sustancias nocivas, tales como mica, granos con otros materiales adheridos, partículas lameliformes y limos.	2,00	2,00	----	-----

Tabla 7. Cantidad máxima de sustancias perjudiciales en el árido grueso en % en peso total de la muestra.

- Modalidad A

. El número de clases de árido.

. El número de arenas límite con tamaño inferior a 7 mm, teniendo como límite superior del árido más fino 1,2 mm, 3 mm o 5 mm.

. El tamaño máximo del árido grueso; no será superior a 150 mm en gravas naturales, y 120 mm en árido de machaqueo.

. El número de clases de árido grueso, indicando los límites entre clases con un margen determinado de, aproximadamente,  $\pm 5$  mm. Ninguna de las clases supondrá en el conjunto de los áridos una cantidad inferior al 5 %.

- Modalidad B



Tipo de reacción	Factible en:	Método de Ensayo
Alcali-Sílice	Rocas silíceas: Opalos, calcedonias, tridimitas, zeolitas, filitas, etc.	UNE 7.137
Alcali-Magnesio	Dolomitas y rocas magnesianas	ASTM C 586
Sulfuros y sulfatos, cal	Pirritas, pirrotitas y marcasitas yesos	Petrografía, rayos X
Alteraciones de meteorización (Caolinización y meteorización)	Principalmente rocas graníticas e intrusivas	Petrografía

Tabla 8. Compuestos Minerales nocivos.

*. El TPT fija el número de clases de áridos y sus correspondientes de tamaño. Esta modalidad solamente es recomendable cuando en la fase de proyecto se han realizado estudios de las canteras, depósitos, así como el tipo y características de las instalaciones para la producción de áridos*

#### *Aridos clasificados*

- 01. Se denominan áridos clasificados las clases de áridos acopiadas o ensiladas independientemente y dispuestas para ser introducidas en las hormigoneras en proporciones determinadas.*
- 02. En cada uno de los áridos clasificados se permitirán ciertas tolerancias de partículas de tamaño superior (supratamaño) e inferior (infratamaño) a los límites de clase. Las partículas de supratamaño provienen generalmente del desgaste o rotura de los paños de las cribas. El infratamaño se debe a la fracturación de ciertas partículas durante la manipulación y ensilado del árido o bien a una insuficiente capacidad de las cribas.*
- 03. Se define como infratamaño significativo los cinco sextos (5/6) del límite inferior nominal o teórico de la clase correspondiente.*
- 04. El PTP podrá fijar las tolerancias de los contenidos de partículas menores que el infratamaño significativo y de las superiores al supratamaño significativo, para*

*cada clase de árido grueso. Si el TPT no especificase estas tolerancias, se aplicarán, según los casos establecidos en el apartado 2.4. de este artículo, los siguientes valores:*

% máximo admisible en peso de material	caso A	caso B	caso C
Inferior al infratamaño significativo	2 %	4 %	8 %
Superior al tamaño significativo	0 %	2 %	4 %

05. En la Tabla nº 10 se indican los supratamaños e infratamaños significativos de diferentes clases de árido grueso. También figuran los valores del tamaño medio de cada clase, así como el porcentaje mínimo recomendado de material retenido por el tamiz de tamaño medio.

**11. Secado de los áridos.** En los casos de producción de áridos por vía húmeda o si proceden de depósitos naturales con agua, se eliminará ésta antes del transporte de los áridos clasificados a la planta de fabricación del hormigón. Los áridos no deben contener una humedad superior a la establecida por el PTP.

Si este documento no los especificara, los límites máximos serán los indicados en la Tabla nº 11.

Los casos A, B y C son los definidos en el apartado 2.4.

En el Cuadro nº 9 se muestra la relación de las distintas normas utilizadas en la realización de los distintos ensayos.

Clase de árido grueso	1	2	3	4	5
Límites nominales	5-10	10-20	20-40	40-80	80-150
Supratamaño significativo	11	22	47	94	175
Infratamaño significativo	4	8	17	34	67
Tamaño medio (mm.)	7,5	15	30	60	120
Porcentaje mínimo retenido en el tamiz medio	--	--	25%	25%	variable

Tabla 10. Supratamaños e infratamaños significativos.

	Caso A	Caso B	Caso C
Arido grueso (Mayor de 5 mm.)	3 %	5 %	7 %
Arido fino (de 0 a 5 mm.)	6 %	8 %	10 %
Aena gruesa ( de 2 a 7-10 mm.)	4 %	6 %	8 %
Arena fina ( menor de 2 mm.)	8 %	10 %	12 %
Fluctuación máxima durante una jornada en % del mayor cont. en agua registrada en ella	25 %	33 %	40 %\$

Tabla 11. Contenido máximo admisible de agua en % del peso del árido saturado y superficialmente seco.

	EH-82	EP-80	P.G.-3		RENFE	D.G.D.H.	
			FINO	GRUESO		FINO	GRUESO
Terrones de arcilla	UNE 7.133	UNE 7.133	UNE 7.133	UNE 7.133		UNE 7.133	UNE 7.133
Partículas blandas	UNE 7.134	UNE 7.134					UNE 7.134
Finos que pasan el Tamiz 0.080 UNE 7.050	UNE 7.135	UNE 7.135	NLT 76/74	NLT 76/74		UNE 7.135	UNE 7.135
Materiales ligeros	UNE 7.244	UNE 7.244				UNE 7.244	UNE 7.244
Contenido en sulfatos	UNE 7.245	UNE 7.245	NLT 120/72	NLT 120/72		UNE 7.245	UNE 7.245
Contenido en materia orgánica	UNE 7.082	UNE 7.082	UNE 7.082	UNE 7.082			
Reactividad con los álcalis: -álcali-sílice -álcalis-magnesio -Sulfuros y sulfatos-cal	UNE 7.137	UNE 7.137					UNE 7.137 ASTM G586 Petrograf/Rayos X
Alteraciones por meteorización							Petrografía
Pérdida en peso(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y MgSO <sub>4</sub> )	UNE 7.136	UNE 7.136			NLT 158/72	UNE 7.136	UNE 7.136
Coef. forma	UNE 7.238	UNE 7.238				UNE 7.238	UNE 7.238
Contenido en fluoruros		EP80 A-3					
Equivalente en arena			NLT 113/72	NLT 113/72		NLT 113/72	
Desgaste de L. Angeles			NLT 149/72	NLT 149/72	NLT 149/72	NLT 149/72	NLT 149/72
Coef. de pulimento acelerado			NLT 174/72	NLT 175/73			
Adhesividad			NLT 166/75	NLT 355/74			
Resistencia a la compresión						ASTM-D 2938	ASTM-d 2938
Densidad del árido						UNE 7.140	UNE 7.083
Absorción de agua						UNE 7.140	UNE 7.083
Friabilidad						NLT 351/74	NLT 351/74
Dureza							Escala de Mohs
Indice de lajas			NLT 354/74	NLT 354/74			
Coef. emulsibilidad			NLT 180/74	NLT 180/74			
Inmersión/compresión			NLT 162/75	NLT 162/75			

Cuadro 9. Relación de Normas utilizadas en los ensayos de áridos.

## 6.PLANTA DE TRATAMIENTO DE ARIDOS

## **6.PLANTA DE TRATAMIENTO DE ARIDOS**

### **6.1. Breve reseña sobre la evolución de las plantas de tratamiento de áridos.**

En un principio y dada la frecuencia, tipos y necesidad que de estos productos existía, se improvisaban pequeñas explotaciones en las proximidades del centro consumidor con lo cual el grado de tecnificación de la explotación era prácticamente nulo.

Por otra parte, los primeros yacimientos en ser explotados fueron los depósitos aluviales y las terrazas de los ríos, con lo cual el empleo de estos materiales se generalizó, no solamente por sus buenas propiedades para el empleo en la construcción, sino, porque debido, por una parte al escaso valor añadido producido por un bajo precio final del producto, Tabla nº 12, y por otra a la proximidad de las ciudades a los cauces de los ríos hizo que este tipo de materiales se explotara de una forma indiscriminada, teniendo como principales efectos perturbadores la contaminación de acuíferos, la alteración de los ecosistemas y el impacto visual que el abandono de las explotaciones producía.

En este primer estadio del desarrollo de la tecnología, las plantas de tratamiento consistían básicamente en unas "zarandas" utilizadas para la clasificación granulométrica del material.

Con el paso del tiempo y el agotamiento de los yacimientos más cercanos a las grandes urbes, hicieron que las explotaciones se distanciaran más de los centros consumidores, lo cual suponía un incremento en los transportes, y dado el reducido valor final del producto, esto llevó a tener que aumentar la productividad, lo cual se consiguió por medio de la tecnificación de las explotaciones, acarreado esto a su vez la consiguiente mejora en la recuperación de los yacimientos. En esta etapa inicial de desarrollo tecnológico también aparecen las explotaciones itinerantes cuya localización geográfica es función del centro consumidor.

En esta fase del desarrollo continúan produciéndose problemas medio ambientales debido, tanto a la falta de una ordenación territorial y medio ambiental como a la existencia de explotaciones "piratas" no controladas por ningún organismo oficial.

El tercer estadio en el desarrollo de este tipo de plantas de tratamiento lo constituye la época actual, caracterizada por un elevado costo de la mano de obra, por una reglamentación medioambiental y por una ordenación del territorio, conjunto de factores éste que ha conducido a una mayor tecnificación y agigantamiento de las plantas de tratamiento para aumentar de esta forma la productividad de

	PRODUCCION (t)	VALORES CORRIENTES		COEF. CORREC.	VALORES CONSTANTES	
		PRODUCCION (Pts'000)	UNITARIO (Pts/t)		PRODUCCION (Pts'000)	UNITARIO (Pts/t)
1970	7.755.874	258.161	33.37	1.00	258.161	33.37
1971	9.429.161	382.179	40.53	1.00	382.179	40.53
1972	11.022.094	455.408	41.32	.87	396.205	35.95
1973	14.454.315	649.570	44.91	.85	552.135	38.20
1974	13.626.091	1.188.634	87.23	.89	1.057.884	77.64
1975	15.848.654	1.048.003	62.20	.82	859.362	51.00
1976	13.225.868	1.603.797	69.05	.79	1.267.000	54.55
1977	18.879.103	2.378.754	83.23	.76	1.807.853	63.26
1978	22.685.301	2.222.227	97.96	.77	1.711.115	75.43
1979	29.854.785	3.215.452	107.70	.78	2.508.053	84.01
1980	29.890.056	3.592.586	120.19	.78	2.802.217	93.75
1981	26.819.471	4.322.936	161.19	.70	3.026.055	112.83
1982	25.308.778	4.780.009	188.87	.81	3.871.807	152.98
1983	23.658.604	5.029.212	212.57	.81	4.073.662	172.19
1984	23.054.572	5.295.462	229.69	.74	3.918.642	169.97
1985	25.343.575	6.108.329	241.02	.79	4.825.580	190.41
1986	26.659.983	7.420.794	278.35	.79	5.862.427	219.90

TABLA N. 12. EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE ARIDOS NATURALES Y DE SU VALOR

las citadas plantas, no sólo debido al encarecimiento de la mano de obra, sino también debido al mayor gasto que supone el tener que reconstituir los terrenos explotados.

Debido tanto a las reglamentaciones medioambientales como a las nuevas y cada vez mayores exigencias que se piden a los productos utilizados como áridos se llegan a explotar los productos más diversos como pueden ser las ofitas, calizas y materiales granulares, entre otros, dando de esta forma un mayor desarrollo a la tecnología de la voladura con explosivos, al ser cada vez más empleados estos tipos de materiales duros, competentes y masivos.

Con el desarrollo de esta nueva tecnología se ha llegado a la construcción de plantas de tratamiento fijas de hasta 500 t/h de capacidad de producción y plantas de tratamiento itinerantes con unas capacidades de producción de unas 200 t/h.

A pesar de estos desarrollos, no se ha logrado eliminar la existencia de las pequeñas explotaciones poco o nada productivas, explotadas en régimen familiar y que prácticamente se utilizan para cubrir las puntas de demanda de otras plantas de mayor tamaño.

También es de destacar el efecto perjudicial que sobre las instalaciones legalizadas tienen las explotaciones “piratas”, dado que, estas últimas al no tener que pagar aranceles compiten deslealmente en el mercado abaratando sus precios, lo cual, a la larga, redundará en una falta de interés, por parte de las empresas legalmente constituídas que sin duda conducirá a un desarrollo del sector muy inferior al esperado.

## **6.2. Principales fases que componen una planta de tratamiento de áridos.**

Los principales objetivos a cubrir por una planta de tratamiento para áridos son a grandes rasgos los siguientes:

- TRITURACION

- CLASIFICACION

### **6.2.1. La Trituración de Aridos**

El proceso de trituración de los áridos se realiza para dar a éstos el tamaño requerido para las distintas aplicaciones a que se destinen y conseguir de esta manera un aprovechamiento integral del yacimiento.



La trituración, dentro del campo de los áridos, suele tener las dos o tres etapas fundamentales siguientes:

- TRITURACION PRIMARIA TRITURACION SECUNDARIA

- MOLIENDA

La primera de estas etapas trata el todo-uno proveniente de la cantera y lo reduce hasta unos tamaños de aproximadamente 100 mm, correspondiente al máximo admitido en el caso de "grava gruesa".

La segunda de las etapas de trituración trata los materiales procedentes de la anterior etapa de conminución y los fragmenta hasta unos tamaños que oscilan alrededor de los 10 mm, tamaño que está en correspondencia directa con un valor medio de la fracción denominada "garbancillo".

La tercera fase de trituración indicada corresponde a la de una molienda gruesa y esta etapa se utiliza caso de que sea necesaria la producción de arenas. El material tratado en esta fase provendría de la salida de la trituración secundaria. El tamaño conseguido en esta fase de trituración sería del orden de 1 mm y estaría en correspondencia con una "arena media".

El proceso de trituración en las plantas de tratamiento de áridos, generalmente, no suelen realizar conminuciones a tamaños inferiores de los aquí indicados; incluso la tercera de las fases de conminución indicadas tan solo se utiliza en casos muy concretos (producción de dos arenas).

### **6.2.2. La Clasificación de Aridos**

El proceso de clasificación de los áridos se realiza por un aspecto fundamental en el mercado de estos materiales, como es el de dar unas fracciones granulométricas lo más acordes posibles con la demanda existente de las mismas en cada momento.

La clasificación de los áridos comienza con el precibado, etapa simple, pero no menos importante, que se realiza al todo-uno proveniente de la cantera al objeto de proteger a la trituradora primaria de los grandes bloques que podrían obstruirla o dañarla con el consiguiente perjuicio económico que esto supondría.

La siguiente etapa de cribado se realiza sobre el material procedente de la trituración primaria y se efectúa generalmente con una criba multipaño al objeto de obtener dos o tres cortes de material que suelen ser a 20, 40 y 60 mm.

La segunda etapa de cribado se realiza sobre el material procedente de alguna de las fracciones granulométricas de la etapa anterior, esta clasificación también se suele efectuar sobre cribas multipaño obteniéndose cortes granulométricos a 5 y 10 mm.

La siguiente etapa de clasificación se realiza sobre alguno de los cortes obtenidos en la segunda etapa de cribado. Aquí volvemos a realizar al menos un par de cortes, en este caso los cortes se realizan bien mediante cribas o mediante hidrociclones y/o clasificadores en función del tamaño de los cortes a realizar, los cortes más frecuentes realizados son a 2 y 5 mm.

### **6.2.3. Otros Elementos Componentes de las Plantas de Tratamiento de Aridos**

Aparte de las funciones cubiertas por los dispositivos de trituración y clasificación, hasta ahora mencionados, existen en toda planta de tratamiento, por simple que esta sea, otra serie de equipos que podríamos denominar auxiliares, pero no por ellos menos importantes. Entre estos equipos auxiliares podemos destacar:

- CINTAS TRANSPORTADORAS.
- BY-PASS.
- TOLVAS DE RECEPCION.
- EQUIPOS DE CONTROL.
- ETC.

Estos y otros equipos complementan los procesos anteriormente descritos y son los que permiten los altos grados de automatización hoy en día conseguidos.

Las **cintas transportadoras** son los elementos que enlazan las distintas etapas de que consta la planta de tratamiento y son las encargadas de transportar el material de unas máquinas a otras o bien a las tolvas intermedias de recepción.

Los **by-pass** son los dispositivos encargados de desviar el flujo de material a distintos puntos, previamente fijados en función de la demanda que exista de las distintas fracciones granulométricas.

Las **tolvas de recepción** son unos depósitos que permiten realizar acopios de material. Su misión fundamental es la de servir de dispositivo regulador de la alimentación de las máquinas de trituración. Estas tolvas permiten cubrir las puntas de demanda de material.

Los **equipos de control** son los encargados de automatizar los distintos procesos existentes en la planta de tratamiento.

### **6.3. Esquema básico de una planta de tratamiento de áridos.**

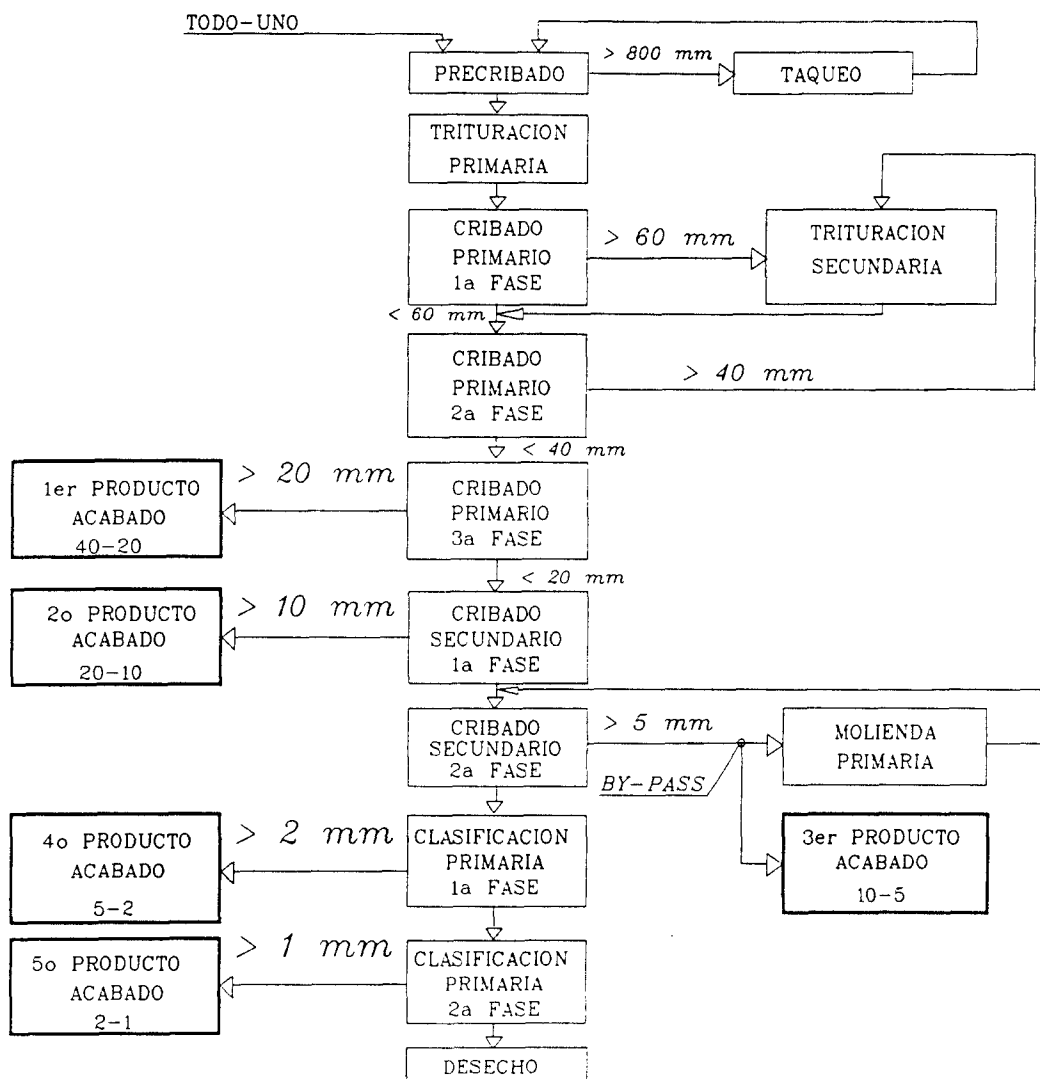
Aunque no es posible encasillar a todas las plantas de tratamiento de áridos en base a un "flowsheet" único, dado que existen plantas tan sencillas como es el caso de la típica "zaranda" que exclusivamente clasifica material frente a otras tan complejas y sofisticadas como son las destinadas a la producción de distintos cortes granulométricos incluyendo la producción de "dos arenas", hemos creído conveniente a pesar de todo realizar un diagrama único pero que cubra el mayor número de casos posibles y aquellos que no queden cubiertos sean fácilmente adaptables al "flowsheet" dado, bien mediante adición de pequeñas "ramas", o bien mediante la supresión de ciertas "ramas" o incluso de parte del "tronco" dentro del esquema propuesto, con el fin de poder adaptar este, en todo momento, a las necesidades que cada uno de los usuarios tenga.

Un flowsheet para una planta de tratamiento de áridos que obtenga cinco productos finales a partir de un todo-uno proveniente de cantera sería el representado en el Figura nº 12. Como en dicha figura se observa, no existe complicación alguna para seguir la marcha del producto a lo largo del recorrido que este realiza durante todo el proceso, a excepción hecha del producto obtenido como rechazo de la segunda fase del cribado secundario, es decir, el producto mayor de 5 mm, en el caso del ejemplo, este producto puede seguir dos caminos bien distintos, el primero de ellos sería dejarlo como un producto acabado (10-5 mm en el caso del ejemplo) y el segundo camino que consistiría en realizar sobre este producto una molienda primaria y retornarlo a la alimentación de la segunda fase del cribado secundario para de esta forma incrementar la producción de las fracciones menores de los productos acabados (como son la de 5-2 mm y la de 2-1 mm en el caso del ejemplo).

Los dos caminos seguidos por este único producto son de utilización alternativa, en función de la demanda que exista de los distintos tipos de productos terminados, consiguiéndose ésta mediante un by-pass que nos dirige el producto a uno u otro destino.

Uno de los factores fundamentales en el diseño de una planta de tratamiento de áridos es el de la no producción de finos perjudiciales, a lo largo de las distintas etapas de trituración y sus consecuentes cribados, de ahí que en el esquema dado se haya procurado evitar la producción de este fenómeno mediante la utilización de un cribado previo a cualquier etapa de trituración.

Figura N 12 Flowsheet Presentando una Planta de Tratamiento de Aridos para la Obtencion de Cinco Productos Acabados



#### 6.4. Estimación del costo de primera instalación de una planta de tratamiento de áridos.

Para realizar la estimación del costo de primera instalación de una planta de tratamiento de áridos podemos utilizar distintos procedimientos entre los que destacan el método de Williams, el método de Lang, el método de los Índices de Costos y el método de los %.

Cada uno de los métodos indicados está basado en el conocimiento de una determinada característica de la planta de tratamiento, siendo la fiabilidad del método función del grado de precisión alcanzado en la estimación. Con los métodos anteriormente descritos los fundamentos de la estimación y las precisiones alcanzadas son las indicadas en el Cuadro nº 10

METODO	FUNDAMENTO	FIABILIDAD
Williams	Valor de una planta conocida	25 %
Lang	Costo del equipo principal x Factor	20 %
Índice de costos	Costo del equipo unitario x Factor	20 %
Método de los %		15 %

Cuadro nº 10. Fundamentos y Precisiones de los Distintos Métodos de Estimación de Costos.

A continuación va a ser realizada una descripción de cada uno de los métodos citados para la determinación del costo de primera instalación de una planta de tratamiento.

##### 6.4.1. Estimación del Costo de Primera Instalación por el Procedimiento de Williams.

El método de Williams está basado en que el costo de dos instalaciones con el mismo proceso es una función directa de orden n de sus capacidades. Este método tiene por expresión:

$$\frac{\text{Inversión}_1}{\text{Inversión}_2} = \frac{\text{Capacidad}_1}{\text{Capacidad}_2}$$

donde n toma valores comprendidos entre 0,65 y 0,95.

El valor  $n = 0,65$  es factible darlo cuando en la aplicación de la regla de Willians varía la capacidad de la instalación, pero sin variar el número de unidades que la componen.

El valor  $n = 0,95$  se utiliza cuando al aplicar la regla de Willians varían tanto la capacidad de la instalación como el número de unidades de que dicha instalación consta.

Si presentamos gráficamente sobre el plano cartesiano tomando como abscisa la capacidad de la instalación y como ordenada la inversión correspondiente, la regla de Willians tomará la forma indicada en la Figura nº 13

Las discontinuidades que en la figura anterior se observan corresponden a los saltos que se producen en los costos debidos al incremento en el número de unidades de una planta respecto al de otra de un tamaño inferior.

#### 6.4.2. Estimación del Costo de Primera Instalación por el Procedimiento de Lang.

Para poder aplicar el Procedimiento de Lang para la estimación del costo de primera instalación de una planta de tratamiento es preciso conocer el importe de los equipos principales.

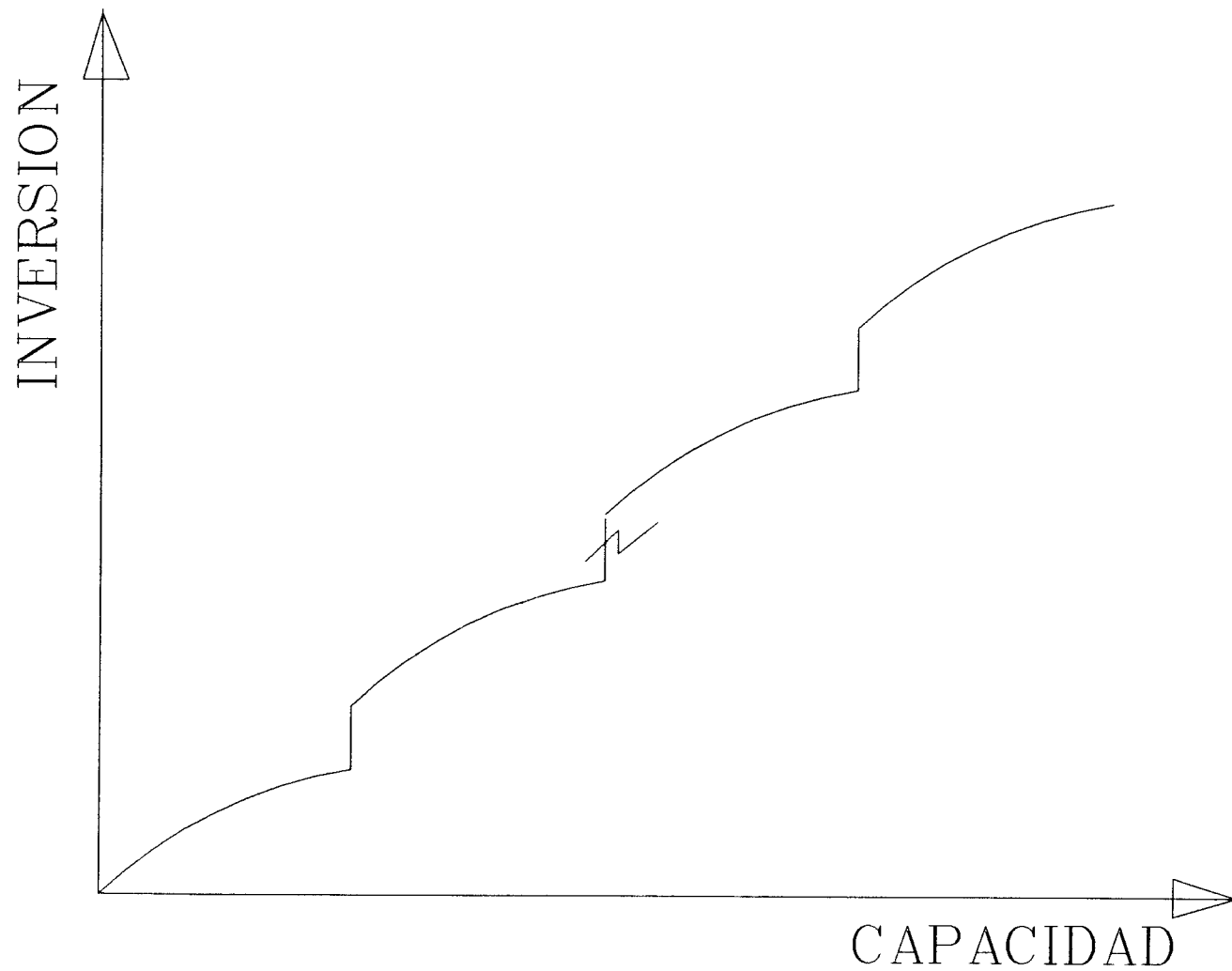
Supuesto conocido el valor de dichos equipos, Lang propone unos factores a aplicar a dicho valor que son función del tipo de proceso. Según esto, el costo de primera instalación de una planta de tratamiento viene dado por la Tabla nº 13

TIPO DE PROCESO	COSTO
Sólido	$3,10xn^*$
Sólido-fluido	$3,63xn^*$
Fluido	$4,74xn^*$

\*  $n$  es el importe de los equipos principales.

Tabla nº 13 Costo de Primera Instalación de Una Planta de Tratamiento según Lang

Figura N 13. *Representacion Grafica de la Regla de Williams*



Como se observa según la Regla de Lang los costos de primera instalación son directamente proporcionales al valor de los equipos principales y además son función del tipo de proceso que la planta vaya a realizar.

Si se realiza una representación en el plano cartesiano utilizando como abcisas el costo de los equipos principales y en ordenadas el coste de primera instalación valor de la planta de tratamiento obtendríamos el ábaco de la Figura nº 14.

En la figura anterior cada una de las curvas nos da el costo de la planta en función del tipo de proceso que en ella se realice.

El costo de los equipos principales puede obtenerse mediante la expresión siguiente:

$$\text{COSTO} = a(x)^b$$

donde a y b son unas constantes propias de cada tipo de equipo y x es el parámetro fundamental que caracteriza el equipo en cuestión.

Los parámetros y constantes de los equipos principales en este tipo de plantas son los indicados en la Tabla 14.

Los costos obtenidos al aplicar los parámetros dados para esta tabla vienen dados en dólares USA del año 1.977.

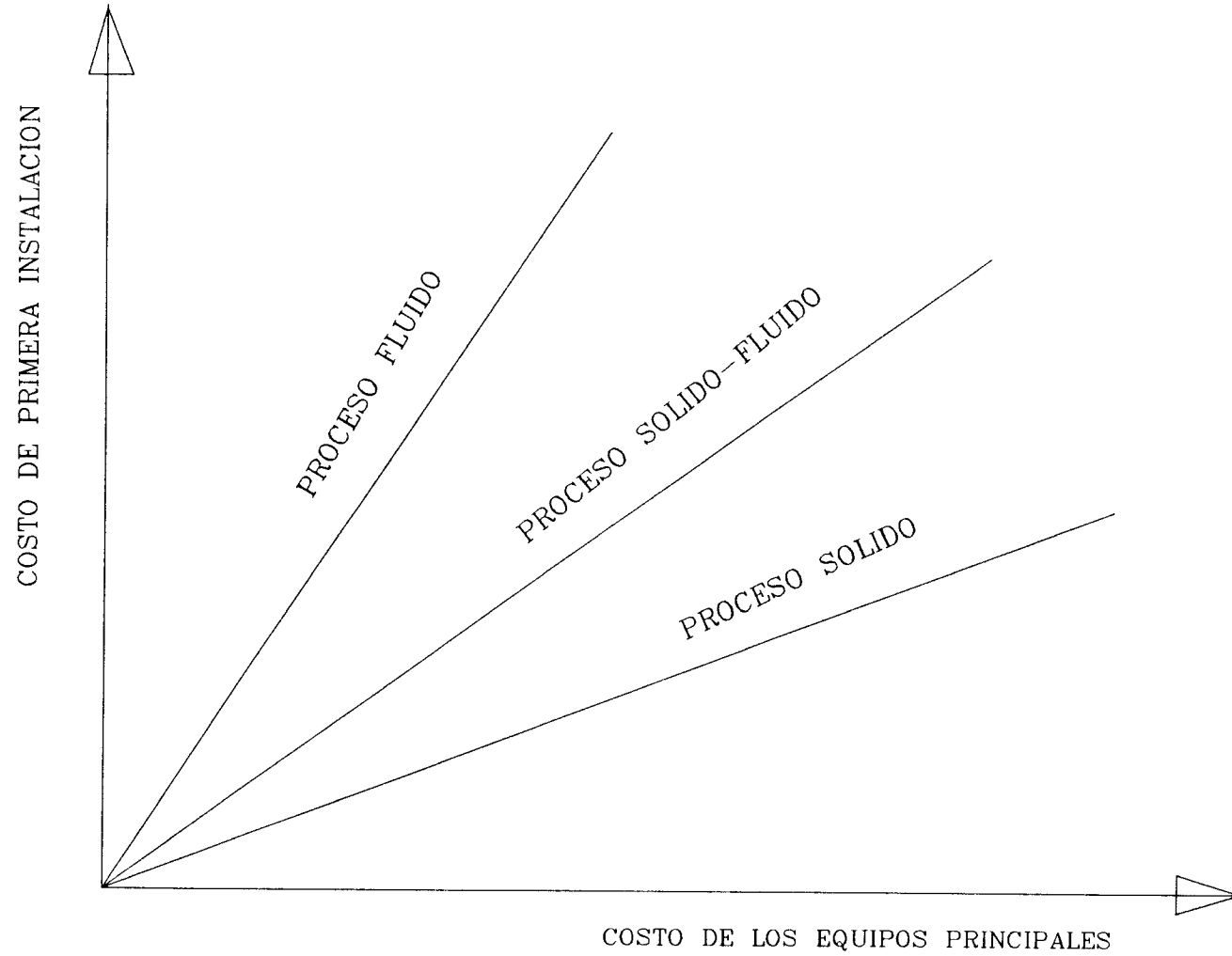
Para efectuar el cambio de unidad monetaria y de valor--fecha de la unidad monetaria existen una serie de índices que realizan esta corrección, tales como el índice MS (Marshall & Swift). Este índice para el segundo cuatrimestre del año 1985 era de 788,7.

#### **6.4.3. Estimación del Costo de Primera Instalación por el Método de Índices de Costos de Equipos.**

El Método de los Índices o Ratios de Costos de Equipos parte para realizar la estimación del valor de cada categoría de equipos y este valor se multiplica por un factor apropiado.



Figura N 14. Representacion Grafica de la Ley de Lang



Partida	Parámetro (x)	Unidades	Rango de x	Constantes	
Giratorio Primario	Boca de entrada diámetro del manto	Pulgadas cuadradas	30x55 60x109	3,58	1,41
Triturador de mandíbulas	Area de la boca de alimentación	Pulgadas cuadradas	15x24 60x48	6,0	1,28
Molino de martillos	Area de la boca de alimentación	Pulgadas cuadradas	6x4 46x60	2,7	0,67
Molino de barras	Potencia del motor	H.P.	50-1.500	2955	0,57
Criba vibrante de dos bandejas	Area de cribado	Piés cuadrados	6x16 8x20	376	0,76
Clasificador de espiral	Diámetro de la espiral	Pulgadas	24-78	30	1,53
Cielones	Diámetro	Pulgadas	6-30	132	0,91
Alimentador vibrante	Area del alimentador	Pulgadas cuadradas	2880- 13824	1,28	0,99
Transportador de banda 36"	Longitud entre centros	Piés	200-1000	34	1,13
Motor 1.800 r.p.m.	Caballos de vapor	H.P.	250-600	15,3	1,11

Tabla 14. Parámetros y constantes de los grupos principales.

Según este método, el costo de la planta de tratamiento vendrá dado por:

$$\text{Costo} = c_i \cdot F_i$$

donde:

$c_i$  = costo del equipo

$F_i$  = factor de corrección del equipo.

Los principales factores de corrección disponibles para equipos implicados en este tipo de plantas de tratamiento son los indicados en la Tabla nº 15

TIPO DE EQUIPO	FACTOR $F_i$
Elevador de cangilones	2,0
Transportador	2,3
Molinos	3,0
Captador de polvo seco	3,5
Tanque almacenador	3,5
Triturador	3,5
Instrumentación	4,1
Captador de polvo húmedo	6,0
Motor eléctrico	8,5

Tabla nº 15. Factores de Corrección para Equipos Normalmente Utilizados en Plantas de Tratamiento de Aridos.

#### 6.4.4. Estimación del Costo de Primera Instalación por el Procedimiento de los Tantos por Ciento.

Este método se utiliza a nivel de anteproyecto y está basado en el costo de los equipos, tanto principales como auxiliares. La Tabla nº 16. recoge los valores máximos y mínimos de los porcentajes a aplicar en cada una de las partidas que en ella se recogen.

PARTIDA	% MÁXIMO	% MINIMO
Equipos	1	1
Instalación de equipos	0,17	0,25
Tubería y enlaces	0,07	0,25
Instalación eléctrica	0,13	0,25
Instrumentación	0,03	0,12
Naves de proceso	0,33	0,50
Naves auxiliares	0,07	0,15
Servicios	0,07	0,15
Preparación de terrenos	0,03	0,18
Contingencias en obra	0,10	0,12
Dirección del proyecto (ingeniería y construcción)	0,30	0,33

Tabla nº 16 Porcentajes Máximos y Mínimos a Aplicar en la Corrección del Costo de una Planta de Tratamiento por el Procedimiento de los Tantos por Ciento.

#### 6.4.5. Estimación del Costo de Primera Instalación de Una Planta de Tratamiento de Aridos. Ejemplo de Aplicación Práctica.

A continuación va a ser desarrollado un ejemplo de aplicación práctica para la obtención del costo de primera instalación por el Método de Willians, pero realizando sobre éste una serie de simplificaciones, la más importante de las introducidas es la de considerar que en la expresión.

$$\frac{\text{Inversión}_1}{\text{Inversión}_2} = \frac{\text{Capacidad}_1^n}{\text{Capacidad}_2^n}$$

El valor de n permanece constante e igual a 0,65, independientemente de la capacidad de la instalación, lo cual, como en su momento se indicó, no es cierto.

Al considerar esta simplificación la ecuación anterior se nos quedará reducida a:

$$\text{Inversión}_1 = \frac{\text{Capacidad}_1^{0,65}}{\text{Capacidad}_2^{0,65}} \times \text{Inversión}_2$$

Ecuación que podremos aplicar a una planta de tratamiento de capacidad y costo de primera instalación conocidas y obtendremos los costos de primera instalación correspondientes a un rango de capacidades de tratamiento comprendido, por ejemplo, entre las 100 y las 500 t/h (valores muy usuales en las plantas de tratamiento existentes hoy en día).

Además la ecuación anterior permite determinar los costos de primera instalación de la planta desglosados en las partidas siguientes:

- Planta de Tratamiento
- Movimiento de Tierras, Obra Civil y Acometidas
- Medios Auxiliares (Carga y Transporte)

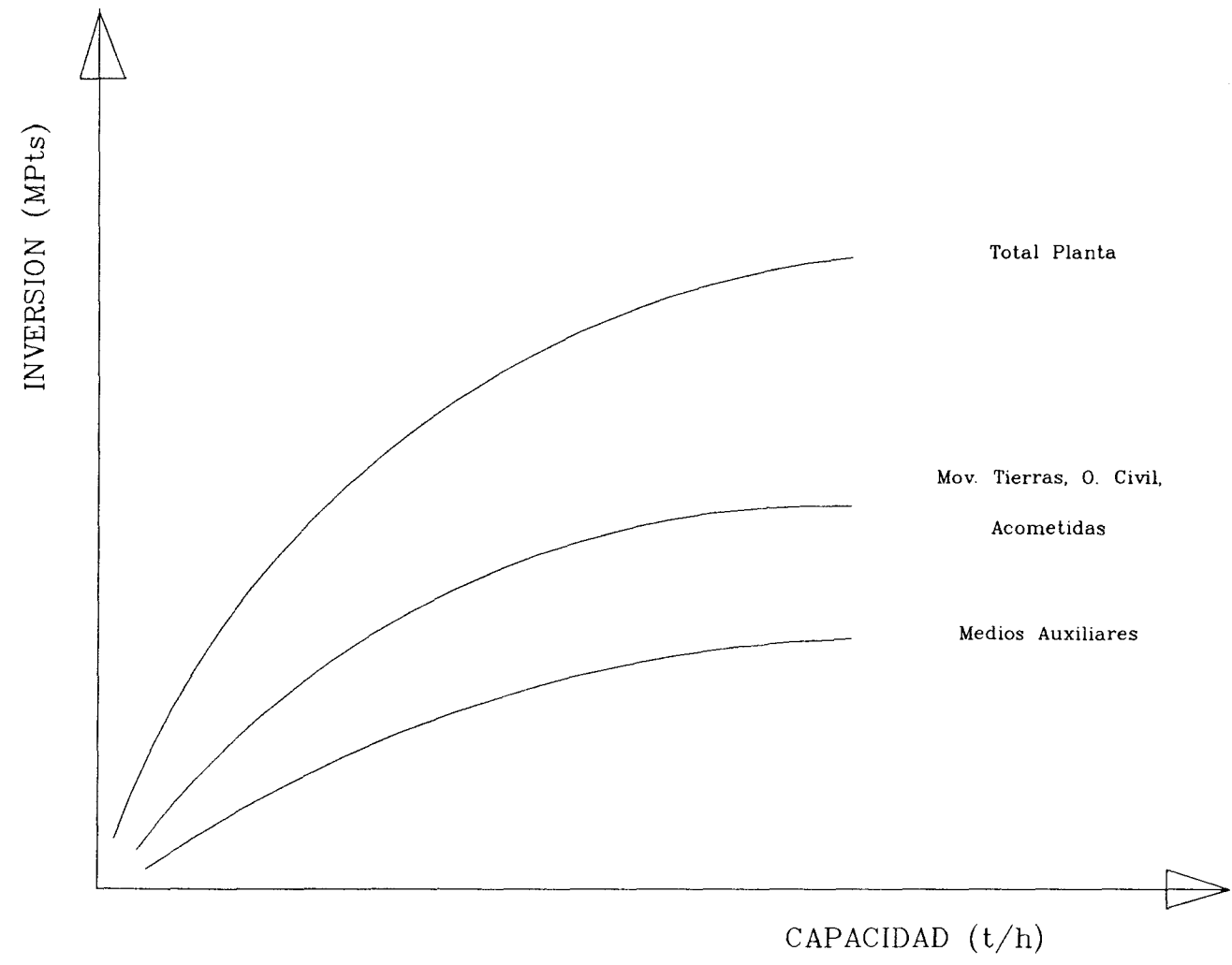
siempre y cuando estos valores sean conocidos para una planta de una capacidad de tratamiento determinada.

La Figura nº 15 recoge los valores que con los condicionantes anteriores se obtienen al aplicar la ecuación dada a las partidas anteriormente consideradas.

En este ábaco basta entrar en el eje de abscisas con el valor de la capacidad de tratamiento, por ejemplo 200 t/h, para que de una forma inmediata nos de el costo de primera instalación estimado, que para dicho valor nos da para cada una de las partidas indicadas los valores siguientes:

- Planta de Tratamiento:	140 M pts
- Mov. Tierras, O. Civil y Acometidas:	60 M pts
- Medios Auxiliares:	<u>200</u> M pts
TOTAL.....	400 M pts

Figura N 15. Representacion Grafica de las Distintas Partidas



7. MATERIALES SUSCEPTIBLES DE SER APROVECHADOS COMO  
ARIDOS

## 7. MATERIALES SUSCEPTIBLES DE SER APROVECHADOS COMO ÁRIDOS

La tendencia natural existente hacia una gran demanda de arenas y gravas naturales se ha visto truncada bien por el agotamiento de este tipo de yacimientos, bien por las reglamentaciones medioambientales que hacen que gran parte de las reservas existentes en un momento dado se hayan convertido nuevamente en recursos, bien por unas exigencias mínimas, para ciertas aplicaciones, que estos materiales no cumplen, o bien porque la realización de estudios serios sobre los costos de mantenimiento de los parques de material de transporte están haciendo que lo que en principio parecía una utopía, esté tomando visos de convertirse en una realidad, esto es, que se prefiera económicamente un material procedente de un machaqueo, cuyo yacimiento se encuentre más alejado que otro de arenas y gravas naturales, situado en las proximidades del centro consumidor, simplemente por razones de abrasión, tal y como está comenzando a suceder en la zona de Madrid, donde los típicos yacimientos de arenas y gravas silíceas de la "Zona del Jarama" están empezando a verse afectados por la competencia surgida en el Sector del Hormigón Preparado, por parte de los yacimientos calizos de la "Zona de Morata de Tajuña", competencia debida, fundamentalmente, a la inferior abrasión que éstos últimos materiales tienen sobre las cubas de transporte y que llega incluso a hacer que ya no sea solamente la distancia al punto de consumo el principal factor a tener en cuenta, sino que deban de estudiarse, en conjunción con esta otra serie de factores entre los que, como es natural, destaca la abrasión.

Debido a esta serie de razones, los productos utilizados como áridos son de lo más diverso que nos podamos imaginar, yendo desde los tradicionales materiales detríticos (gravas y arenas naturales), pasando por los materiales calizos, areniscos, metamórficos e igneos ácidos y básicos de, prácticamente, todo tipo.

Aparte de esta serie de materiales, que de una manera natural se encuentran en la corteza terrestre, y debido a la cada vez mayor demanda que de estos productos existe se ha introducido el uso, siendo su aceptación mayor cada día, de una serie de productos artificiales con grandes perspectivas de desarrollo, aunque no en un plazo muy próximo, como son las escorias siderúrgicas, las cenizas volantes, etc, siendo en la línea de estos nuevos productos donde debiera de realizarse un gran esfuerzo de investigación y desarrollo.



**8. SELECCION DE AREAS DE INTERES PREFERENTE EN FUNCION  
DE LA DEMANDA PREVISIBLE**

## **8. SELECCION DE AREAS DE INTERES PREFERENTE EN FUNCION DE LA DEMANDA PREVISIBLE**

En este estudio denominaremos “áreas de interés preferente” a aquellas que bien por sus condicionantes socio-económicos actuales, o bien por los previsible a corto y/o medio plazo, las hacen susceptibles de ser consumidoras de los materiales que en este estudio se tratan, tal cual son los áridos en sus diversas aplicaciones.

Según esta descripción y dado el amplio ámbito de actuación del estudio, la totalidad del estado español, para realizar la selección de áreas de interés preferente se ha tomado como unidad elemental la división administrativa del mismo en provincias, teniéndose en cuenta los siguientes criterios a la hora de realizar la selección.

- . Provincias que estadísticamente han sido y son en la actualidad las mayores consumidoras.
- . Provincias que presentan unos planes infraestructurales, urbanísticos, etc que a corto y/o medio plazo sean de gran envergadura.

Según estos criterios y tal como se vio en las Tablas nº 3, 4 y 5 y en la Figura nº 2 las principales provincias consumidoras de áridos son por orden de importancia:

- Madrid (14 Mt)
- Barcelona (9,25 Mt)
- Valencia (6,75 Mt)
- Alicante (5,25 Mt)
- Málaga (5 Mt)
- Las Palmas (4,75 Mt)
- Sevilla (4,5 Mt)
- Tenerife (4,5 Mt)

Estas ocho provincias presentan un consumo sobre el total nacional de algo más del 40 %, lo cual da idea de la potencialidad consumidora de las mismas.

Si aparte del consumo de áridos introducimos como criterio de selección las inversiones en infraestructura, planes urbanísticos, etc., caracterizados, en este estudio, por medio del Plan General de Carreteras (PGC) del MOPU, tenemos que la selección de áreas de interés preferente en orden de importancia serían las siguientes:

- Madrid (67.569 M pts)
- Albacete (44.392 M pts)
- Valencia (43.051 M pts)
- Asturias (40.900 M pts)
- Alicante (37.182 M pts)
- Sevilla (31.047 Mpts)

con lo cual estas 6 provincias acumulan algo más del 32 % de la inversión total que la Dirección General de Carreteras del MOPU va realizar en el período 1984-1991. Si, y según la misma fuente, a las cantidades indicadas en las distintas provincias les restamos las cantidades que conlleva la obra hasta ahora realizada y en ejecución, la relación anterior se nos queda reducida a:

- Madrid (46.874 M pts)
- Valencia (34.531 M pts)
- Asturias (29.499 M pts)
- Sevilla (28.062 M pts)
- Alicante (21.274 M pts)
- Albacete (6.237 M pts)

Si ahora conjuntamos estas dos relaciones obtendremos una serie de áreas de interés preferente como son:

Madrid, Valencia, Sevilla, Alicante

estas serían “a priori” las áreas de interés preferente en función de la demanda previsible. Como en esta relación se observa, han quedado descolgadas de la

misma provincias tan importantes como pueden ser Barcelona, provincia en la cual el PGC del MOPU contempla una inversión de 21.321 M pts de los cuales quedan pendientes de adjudicar 14.761, cantidades inferiores a las de la provincia de Alicante, y que sin duda la demanda de áridos en ella será muy superior a lo que el PGC evidencia, debido, fundamentalmente, a la celebración de la Olimpiada de 1.992. Otra provincia que ha quedado descolgada ha sido Málaga, provincia esta que será sin duda alguna el principal centro de atracción del turismo que visite la EXPO'92 con lo cual el desarrollo en instalaciones turísticas debe ser importante y si cabe aún mayor de lo que actualmente es.

Provincias que salen de la lista de áreas de interés preferente son las de Alicante y Madrid, la primera de ellas porque a pesar de que las previsiones apuntan hacia una fuerte demanda, esta demanda se va a ver superada en otra serie de provincias como pueden ser las de Sevilla y Málaga debido al gran acontecimiento que en su día supondrá la celebración de la EXPO'92. La provincia de Madrid queda fuera de este estudio dado que existen estudios recientes sobre el tema que hacen prolijo un nuevo estudio de la zona. Por tanto, las provincias seleccionadas como áreas de interés preferente dentro de este estudio son las siguientes:

Barcelona, Málaga, Sevilla, Valencia

**9. ESTUDIO Y CARACTERIZACION PREVIA DE LAS AREAS DE INTERES PREFERENTE**

## **9. ESTUDIO Y CARACTERIZACION PREVIA DE LAS AREAS DE INTERES PREFERENTE**

Para comprobar "in situ" la posible problemática existente en las áreas de interés preferente seleccionadas se realizaron una serie de recorridos de campo en cada una de ellas.

Los recorridos de campo han consistido en la visita a las instalaciones de áridos más importantes de cada una de las zonas seleccionadas, al objeto de poder detectar los posibles problemas existentes bajo el punto de vista del productor. La selección de las instalaciones a visitar se realizó teniendo en cuenta los datos aportados por los planes de labores. También ha sido estudiada la problemática desde el punto de vista del consumidor, para lo cual se realizaron visitas a las entidades públicas provinciales que mayor demanda tienen de estos materiales. Asimismo y de cada una de las áreas de interés preferente seleccionadas han sido tomadas una serie de muestras que permitirán clasificar, al menos de una manera muy genérica, los materiales más característicos existentes en cada una de ellas. Los resultados de los análisis efectuados a las distintas muestras tomadas, así como su clasificación en función del tipo de uso para el cual es apto se recoge en el Anexo nº 1.

Los resultados del análisis del sector obtenidos tras las visitas figuran en el siguiente capítulo.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **10. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El presente estudio se dedica a investigar las características, exigencias y demanda de futuro de áridos en España.

Los objetivos a cubrir por el mismo pueden resumirse en los siguientes:

- Determinación de la evolución de la demanda actual y previsiones en el futuro de dicha demanda.
- Establecimiento de las zonas con mayores necesidades de abastecimiento.
- Definición de las especificaciones exigibles en los distintos usos.
- Definición de los ensayos que caracterizan dichas exigencias.
- Caracterización de los distintos tipos de materiales en algunas de las zonas de interés preferencial.

Para cubrir los objetivos anteriormente indicados, la metodología seguida ha consistido, fundamentalmente, en la realización de los trabajos siguientes:

- Recopilación bibliográfica.
- Estudio de mercado de los áridos.
- Definiciones, usos y especificaciones de los áridos.
- Análisis y características de los métodos de estimación de los costos de primera instalación de una planta de tratamiento de áridos.
- Distintos materiales empleados como áridos.
- Selección de áreas de interés.

Para realizar el estudio de la oferta del mercado de los áridos nos hemos basado en la estadística del consumo de cemento, publicada por el Ministerio de Industria y Energía en la memoria anual de "Industrias del Cemento, de la Cal y del Yeso".

En la realización del estudio de la demanda del mercado de los áridos nos hemos basado en el Plan General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.



En los usos fundamentales de los áridos, estos pueden ser utilizados, bien mezclados con un aglomerante, como es el caso de los hormigones y morteros, o bien sin ligazón o unidos por un material natural, como es el caso del balasto para el tendido de vías de ferrocarril, bases de carreteras, filtros, macadam, rellenos, pedraplenes, terraplenes, obras de escollera, etc.

Las especificaciones exigidas a los áridos, según los distintos usos a que se destinan, son las calidades mínimas que los materiales deben cumplir para poder ser utilizados en cada aplicación particular, dichas especificaciones quedan recogidas en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales que cada tipo de aplicación tiene confeccionado, o bien mediante los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares y que complementan a los ya citados Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales.

En cuanto al proceso de tratamiento de los áridos, en su fase más compleja, consta de las etapas siguientes:

- Trituración
- Clasificación
- Lavado.

Las plantas de tratamiento utilizadas en la actualidad pueden ser fijas o móviles y las capacidades de tratamiento alcanzan e incluso llegan a superar las 500 t/h en las plantas fijas, mientras que las plantas móviles no superan las 200 t/h.

En cuanto a los materiales susceptibles de ser utilizados como áridos son de lo más diverso que nos podemos imaginar, yendo desde los tradicionales materiales detríticos (gravas y arenas naturales), pasando por los materiales calizos, areniscos, metamórficos e ígneos ácidos y básicos de, prácticamente, todo tipo. Aparte de esta serie de materiales que de una manera natural se encuentran en la corteza terrestre, y debido a la cada vez mayor demanda que de estos productos existe se ha introducido el uso, siendo su aceptación mayor cada día, de una serie de productos artificiales con grandes perspectivas de desarrollo, aunque no en un plazo muy próximo, como son las escorias siderúrgicas, las cenizas volantes, etc, siendo en la línea de estos nuevos productos donde debiera de realizarse un gran esfuerzo de investigación y desarrollo.

La selección de áreas de interés preferente en función de la demanda previsible ha sido realizada en función de:

- Provincias que estadísticamente han sido y son en la actualidad las mayores consumidoras.
- Provincias que presentan unos planes infraestructurales, urbanísticos, etc que a corto y/o medio plazo sean de gran envergadura.

Según estos criterios y dado lo expuesto en el punto 4 (MERCADO ACTUAL Y TENDENCIAS DE FUTURO), las provincias seleccionadas han sido:

- Barcelona
- Málaga
- Sevilla
- Valencia

El estudio y caracterización previa de las áreas de interés preferente ha sido realizado bajo dos puntos de vista, el primero de ellos considera el área de estudio bajo el punto de vista de área productora y el segundo considera el área de estudio bajo el punto de vista de área consumidora.

Para cubrir el primer punto de vista fueron realizados recorridos de campo visitando las principales instalaciones de la zona y realizando un muestreo y posterior análisis de los materiales existentes, cuyos resultados quedan recogidos en el Anexo nº 1.

Para cubrir el segundo de los puntos de vista citados se realizaron visitas a las entidades públicas provinciales y/o autonómicas que mayor demanda tienen de estos productos.

#### **10.1. Provincia de Barcelona.**

La provincia de Barcelona figura como la segunda provincia productora nacional de áridos, con una producción estimada para el año 1.986 en algo más de 9 Mt lo que supone el 6,88 % del total nacional, de los cuales y como partida más importante destaca la producción de caliza destinada a su consumo como árido que representa un 59,26 % (5.382.221 t) con respecto al total provincial de la producción de áridos, seguido a gran distancia por las producciones de gravas y arenas naturales que representan un 27,67 % (2.513.257 t) y por los materiales ígneos y metamórficos que representan el 13,07 % (1.184.434 t) restante.

Bajo el punto de vista de la futura demanda de áridos, caracterizada en este estudio mediante el PGC del MOPU, la provincia de Barcelona ocupa el decimotercer lugar en cuanto a la inversión total prevista, ascendiendo dicho total a 21.320,8 Mts. Si ahora consideramos solamente la cantidad pendiente de contratar por el citado plan, resulta que la provincia de Barcelona ocupa el décimo lugar como una cantidad de 14.760,6 Mpts, lo cual representa el 69,23 % del total de la inversión prevista por el citado plan.

Si hacemos una comparación entre las posiciones que la provincia ocupa como productora y como consumidora, vemos que se produce un desajuste debido fundamentalmente a la infraestructura viaria que la provincia tiene y que en la actualidad le permite una buena comunicación entre las principales localidades de la provincia así como con las provincias limítrofes.

Para compensar este decimotercer puesto en las inversiones a realizar por el PGC en la provincia, es de tener en cuenta la infraestructura que la provincia necesita realizar para un evento tan importante como es la celebración en el año 1.992 de los XXV Juegos Olímpicos.

En esta provincia y dadas las dificultades encontradas, tanto por parte de los Organismos Públicos consultados, como por parte de las entidades privadas visitadas, a la hora de desarrollar el trabajo en ella previsto, fueron tomadas tres muestras, figurando los resultados de los análisis en ellas realizados en el Anexo nº 1.

Las muestras tomadas corresponden a distintos tipos de materiales empleados como áridos y que sin pretender con estos análisis realizar una clasificación definitiva, ni mucho menos exhaustiva de los materiales analizados, si nos permite decir, como resultado de los análisis realizados, que en esta provincia existe una carencia de suministro de balasto. En cuanto a los materiales utilizables como capas de rodadura tan solo el material representado por la muestra 65 cumple las normas del PGC-3 del MOPU y de una manera muy ajustada. En cuanto a su empleo en hormigones y morteros, las muestras 64 y 65 cumplen satisfactoriamente, mientras que la muestra 66 presenta un cierto contenido en materia orgánica y abundantes finos que la hacen menos adecuada.

#### **10.1.1. Conclusiones**

- a) Dentro de esta provincia la demanda de áridos se concentra en la capital y sus zonas de influencia como son: Badalona, Santa Coloma de Gramanet, San Adrián del Besós, Esplugas, Hospitalet y Prat de Llobregat, aparte de éstas, son zonas de consumo importante las correspondientes a Tarrasa, Sabadell,

Manresa, Vich, Igualada y Mataró, también presentan cierto interés las localidades turísticas de la costa como pueden ser Arenys de Mar, Calella, Sitges y Villanueva y la Geltrú. A pesar de esta prolija enumeración de puntos consumidores debemos decir que el principal núcleo consumidor se centra en Barcelona capital y en su zona de influencia

- b) En esta provincia la oferta presenta dos tipos de estructuras netamente diferenciadas. Por un lado se encuentran las explotaciones de áridos calizos y graníticos con explotaciones de gran tamaño, entendiendo como tal aquel que supera las 350.000 t/año, y bien mecanizadas, presentando dichas explotaciones un funcionamiento continuado a lo largo de todo el año; por otro lado nos encontramos con las explotaciones de áridos detríticos (arenas y gravas, lenn graníticos, etc), explotaciones estas de menor tamaño, que en el mejor de los casos apenas sobrepasan las 100.000 t/año, estas explotaciones se encuentran con un menor grado de mecanización y una gran parte de ellas presentan un funcionamiento intermitente.

Dado que la distribución geográfica de los distintos tipos de materiales coincide sensiblemente con la disposición geológica de los mismos, en el Plano nº 1 podemos observar la localización de los distintos tipos de afloramientos.

- c) En los últimos años, debido, por un lado, a las normativas vigentes sobre restauración del medio natural y por otro lado a la creciente presión de los ecologistas; se ha producido una disminución del número de explotaciones, fundamentalmente de las dedicadas a la extracción de arenas y gravas naturales, apareciendo y/o regenerándose, en cambio, las explotaciones “piratas”, que al carecer de toda licencia de explotación logran vender sus productos más baratos con el consiguiente perjuicio de las explotaciones que se encuentran legalizadas.
- d) De los distintos tipos de materiales analizados se desprende que ninguno de ellos cumple las normativas actualmente en vigor en RENFE, por otro lado, las normativas establecidas en el PG3 del MOPU en lo concerniente a capas de rodadura, tan solo lo cumplen los granitos y esto de una manera muy ajustada a los mínimos exigidos. En lo tocante a hormigones, bases, subbases, etc, por término general todos los productos ensayados cumplen la normativa existente.
- e) Según se desprende de las consultas realizadas, el grado de conocimiento geológico de la provincia al nivel a que este estudio se está llevando a cabo es lo suficientemente completo.

f) También se desprende de las consultas realizadas que las distancias de comercialización oscilan alrededor de 30-40 km, siendo estas distancias función del tiempo de transporte, elemento éste que consume la mitad del valor de venta del producto.

### **10.1.2. Recomendaciones**

a) Dentro de esta provincia y en función de las conclusiones obtenidas en el apartado anterior sería recomendable dirigir una investigación tendente a la localización de posibles yacimientos capaces de poder suministrar materiales con bajo coeficiente de desgaste los Angeles. Estos materiales podrían ser localizados en los afloramientos metamórficos e ígneos básicos existentes en la provincia, dentro de estos materiales la zona recomendada queda reflejada en el Plano nº 1 como "Z-1"

b) En cuanto a los materiales detríticos fundamentalmente de gravas y arenas sería conveniente realizar una investigación en zonas nuevas o insuficientemente desarrolladas. En el Plano nº 1 aparece representada la zona que estratégicamente presentaría mejores condiciones "a priori" no sólo por el tipo de materiales sino por sus condiciones de comunicación a los grandes centros consumidores, dicha zona está representada como "Z-2".

c) En cuanto a las características de las explotaciones de materiales detríticos, decir que sería conveniente el aumentar sus capacidades de producción mejorando las tecnologías empleadas, al tiempo, esto conllevaría a una disminución del minifundismo de este tipo de explotaciones.

### **10.2. Provincia de Málaga**

La provincia de Málaga figura como la quinta provincia productora nacional de áridos, con una producción estimada para el año 1986 en cerca de 5 Mt lo que supone el 3,68 % del total nacional, de los cuales y como partida más importante destaca la producción de caliza y dolomía para su consumo como árido que representa un 79,33 % (3.851.598 t) y por las arenas y gravas naturales que representan el 6,67 % (323.716 t) restante.

Bajo el punto de vista de la futura demanda de áridos, caracterizada en este estudio mediante el PGC del MOPU, la provincia de Málaga ocupa el decimocuarto lugar en cuanto a la inversión total prevista, ascendiendo dicho total a 20.323, 8 Mpts. Si ahora consideramos solamente la cantidad pendiente de contratar por el citado plan, resulta que la provincia de Málaga ocupa el decimotercer lugar con una cantidad de 12.811,3 Mptas, lo cual representa el 63,04 % del total de la inversión prevista por el citado plan.

Si hacemos una comparación entre las posiciones que la provincia ocupa como productora y como consumidora, vemos que se produce un desajuste debido fundamentalmente a no haber considerado las inversiones que la autonomía tiene previsto realizar, así como al hecho de no haber considerado la innegable influencia que sobre la provincia tendrá, tanto bajo el punto de vista turístico como cultural, la celebración de la EXPO'92.

En esta provincia han sido tomadas veinte muestras, figurando los resultados de los análisis en ellas realizados en el Anexo nº 1.

Las muestras tomadas corresponden a diversos tipos de materiales utilizados como áridos en esta provincia y sin pretender con esto hacer una clasificación definitiva ni exhaustiva de los materiales existentes en cuanto a sus posibles aplicaciones, los resultados obtenidos en los ensayos reflejan que, en general, las especificaciones de los distintos tipos de usos quedan bien cubiertas con las calidades de los materiales existentes.

Así tenemos como materiales adecuados para balasto los representados por las fichas 46, 50 y 51. Como materiales adecuados para capas de rodadura, además de los citados anteriormente los representados por las fichas 36 y 52. Por último, como materiales adecuados para su empleo en hormigones y morteros se encuentran todos los citados anteriormente, así como los representados por las fichas 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48 y 49.

### **10.2.1. Conclusiones**

- a) Dentro de esta provincia la mayor demanda de áridos se concentra en las localidades turísticas costeras tales como Marbella, Torremolinos, Fuengirola, Estepona, Nerja y la propia Málaga, que a pesar de ser la capital de la provincia, en cambio, no es la zona donde se desarrolla la mayor demanda de estos materiales. La estructura de la demanda está muy condicionada por la propia orografía de la zona que hace que la mayor parte de la población resida en la zona de la costa, así como por el gran desarrollo turístico que en esta zona se produjo y aún se está produciendo.
- b) En esta provincia la estructura de la oferta presenta dos tipos netamente diferenciados, el primero de éstos, compuesto fundamentalmente por las explotaciones de materiales calcáreos (dolomías de muy buena calidad, en su mayor parte), presenta un gran desarrollo tecnológico con explotaciones que generalmente son grandes y bien mecanizadas; el segundo tipo es el constituido por las explotaciones de gravas y arenas naturales caracterizadas por pequeñas explotaciones que, por término general, prácticamente se encuentran

poco o nada tecnificadas, tal como se desprende del estudio comparativo de las Fotos nº 1 y 2 respectivamente.

- c) Como materiales característicos de la zona, aparte de los ya citados, se encuentran las ofitas, material este que posee unas propiedades de resistencia, dureza y abrasividad muy apreciadas para su utilización como balasto o bien para capas de rodadura.
- d) La red vial en la provincia está dispuesta de forma tal que la principal arteria de comunicación se encuentra en la costa, aparte de ésta, otra importante vía lo constituye la comunicación con las provincias de Sevilla y Granada.
- e) Dada la tipología de las redes de comunicación descrita, hace que cada centro consumidor, situado en la costa, tenga asociado un centro productor asociado situado en sus proximidades y en el interior. Excepción a esto son las canteras de dolomía situadas en la zona de Alhaurín de la Torre, capaces por sí mismas de cubrir la demanda de toda la provincia con las instalaciones existentes en la actualidad, inclusive alguna de las explotaciones de la zona está incrementando la capacidad de tratamiento de sus instalaciones en previsión de un previsible aumento de la demanda.
- f) Dentro de la provincia está previsto a corto plazo un gran desarrollo de la infraestructura viaria encontrándose afectada la provincia, entre otras por la construcción de las autovías Málaga-Algeciras y Sevilla-Antequera-Granada-Baza así como el enlace de Málaga capital con Antequera, dando paso así a una mejor comunicación viaria de la costa con el interior.
- g) Dada la orografía de la zona, la estructura viaria existente y la localización de la demanda, hace que el radio óptimo de comercialización de los áridos dentro de la provincia, no exceda de los 30 km salvo en muy contadas ocasiones y excepción hecha de las "ofitas," que dado que el único punto de explotación, actualmente activo, se encuentra en las proximidades de la localidad de Archidona, las distancias de distribución de este producto alcanzan los 70 km hasta llegar a Málaga capital y en algunos casos supere los 100 km de distancia.

### **10.2.2. Recomendaciones**

- a) Dentro de esta provincia y dadas las conclusiones obtenidas en el apartado anterior, sería conveniente realizar una investigación para la determinación de masas de materiales detríticos susceptibles de aprovechamiento industrial, en las zonas Z-1 y Z-2, que aparecen reflejadas en el Plano nº 2, así como en los distintos afloramientos que de este tipo de materiales figuran en el citado plano.

b) En cuanto a los materiales ofíticos e ígneos básicos que tan necesarios son para su utilización como balasto y en capas de rodadura, sería conveniente realizar una investigación en las zonas Z-3 y Z-4 reflejadas en el ya citado Plano nº 2, asimismo sería necesaria una investigación geofísica de los materiales del Keuper incluidos dentro de la zona Z-5, así mismo reflejada en el citado plano, y en el resto de los afloramientos de estos materiales que en el citado plano aparecen.

El hecho de realizar la investigación de materiales ofíticos en los materiales del keuper, es debido al carácter intrusivo que suelen presentar los primeros y que generalmente se suelen presentar asociados a esta última formación (Keuper).

### **10.3. Provincia de Sevilla**

La provincia de Sevilla figura como la séptima provincia productora nacional de áridos, con una producción estimada para el año 1.986 en algo más de 4,5 Mt lo que supone un 3,45 % del total nacional, de los cuales y como partida más importante destaca la producción de caliza destinada a su consumo como árido que representa un 85,14 % (3.881.022 t) con respecto al total provincial de la producción de áridos, seguido a gran distancia por las producciones de gravas y arenas naturales que representan un 7,47 % (340.674 t) y por los materiales ígneos y metamórficos que representan el 7,39 % (336.766 t) restante.

Bajo el punto de vista de la futura demanda de áridos, caracterizada en este estudio mediante el PGC del MOPU, la provincia de Sevilla ocupa el sexto lugar en cuanto a la inversión total prevista, ascendiendo dicho total a 31.047,4 Mpts. Si ahora consideramos solamente la cantidad pendiente de contratar por el citado plan, resulta que la provincia de Sevilla ocupa el cuarto lugar con una cantidad de 28.062,3 Mpts, lo cual representa el 90,39 % del total de la inversión prevista por el citado plan.

Si a estas cifras añadimos que Sevilla será la sede de la EXPO'92, resulta que en los próximos años esta será una de las provincias con mayor demanda de áridos dentro del contexto de la nación.

En esta provincia han sido tomadas once muestras, figurando los resultados de los análisis en ellas realizados en el Anexo n 1.

Las muestras tomadas corresponden a diversos tipos de materiales utilizados como áridos en esta provincia y que sin pretender con esto hacer una clasificación definitiva ni exhaustiva de los materiales existentes en cuanto a sus posibles aplicaciones, los resultados obtenidos en los ensayos reflejan que, en general, las



especificaciones de los distintos tipos de usos quedan bien cubiertas con las calidades de los materiales existentes.

Así tenemos como materiales adecuados para balasto y capas de rodadura los representados por las fichas 62 y 63. Por último, como materiales adecuados para su empleo en hormigones y morteros se encuentran los citados anteriormente así como los representados por las fichas 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 y 61.

### **10.3.1. Conclusiones**

- a) Dentro de esta provincia la mayor demanda se concentra en la capital, Sevilla, y en su zona de influencia.
- b) En la provincia en estudio la estructura de la oferta se presenta en forma de grandes y bien tecnificadas explotaciones de materiales calizos y de explotaciones de materiales granulares naturales, que a pesar de que oficialmente son prácticamente inexistentes, presentan una gran proliferación y con una tecnología adecuada.
- c) La red vial de la provincia está basada, en líneas fundamentales, en vías que atraviesan a la capital de norte a sur y de este a oeste, haciendo, por tanto, de esta la encrucijada de caminos donde se concentra la mayor parte de la población y de la industria de la provincia.
- d) Dentro de esta provincia está previsto a corto plazo un gran desarrollo infraestructural, como lo es el contemplado en los planes del MOPU, que comunicará mediante autovías la provincia de Sevilla con Madrid, Granada y Baza y Huelva, teniendo como centro de gravedad la ciudad de Sevilla; tampoco son de desdeñar en este aspecto los planes infraestructurales de RENFE, que dotará en los próximos años a Sevilla de un enlace con Madrid mediante el Ferrocarril de Alta Velocidad.

Aparte de estas labores de infraestructura viaria previstas, merece especial atención en cuanto al significado que tendrá para Sevilla capital y su provincia la celebración de la EXPO'92, así como la infraestructura urbana que esto conllevará.

- e) Dada la estructura viaria existente, así como la localización de la demanda, hace que el radio óptimo de comercialización sea de 30 a 35 km para los materiales detríticos, aumentando dicha distancia hasta aproximadamente los 60 o 65 km para el caso de los materiales calizos.

### 10.3.2. Recomendaciones

- a) En esta provincia, según las estadísticas oficiales y previa confrontación de estos datos con los obtenidos de los planes de labores del año 1987 se desprende que a pesar de que el consumo global de áridos en la provincia se incrementó en el año 1.987 en un 53 % respecto al experimentado en 1985, en ese mismo año se produjo una disminución en el consumo de áridos naturales cercano al 61 %, lo cual hace que sea urgente la realización de un estudio encaminado a la investigación de este tipo de materiales, tendente a localizar posibles yacimientos económicamente explotables que puedan paliar el déficit que se produjo en el año 1.987 y que fue debido no tanto a la escasez de este tipo de materiales como a la falta de cumplimiento de la normativa vigente (planes de restauración) por parte de las explotaciones lo que obligó y está obligando al cierre de muchas de ellas. Otro factor que afectó de manera importante sobre la recesión de la producción de este tipo de materiales ha sido la limitación por parte de las Confederaciones Hidrográficas, en este caso la del Guadalquivir, dependientes del MOPU del número de concesiones de extracción de áridos. En el Plano nº 3 aparecen reflejadas las zonas seleccionadas "a priori" (zonas Z-1 a Z-3) como susceptibles de ser investigadas.
- b) En cuanto a los materiales de tipo ofítico e ígneos básicos, utilizados, fundamentalmente, para balasto y capas de rodadura, sería conveniente llevar a cabo una investigación para la localización de posibles masas canterales capaces de abastecer la previsible demanda y hacerlo con las calidades necesarias para cada aplicación determinada. Las zonas que en principio parecen más favorables para desarrollar la investigación son: Z-4, Z-5 y Z-6, cuya situación aparece reflejada en el Plano nº 3.

### 10.4. Provincia de valencia

La provincia de Valencia figura como la tercera provincia productora nacional de áridos, con una producción estimada para el año 1.986 en algo más de 6,5 Mt lo que supone el 5,04 % del total nacional, de los cuales y como partida más importante destaca la producción de caliza destinada a su consumo como árido que representa un 83,66 % (5.569.438 t) con respecto al total provincial de la producción de áridos, seguido a gran distancia por las producciones de materiales ígneos que representan un 8,80 % (585.997 t) y por las arenas y gravas naturales que representan el 7,54 % (502.030 t) restante.

Bajo el punto de vista de la futura demanda de áridos, caracterizada en este estudio mediante el PGC del MOPU, la provincia de Valencia ocupa el tercer lugar en cuanto a la inversión total prevista, ascendiendo dicho total a 43.051,1 Mpts.

Si ahora consideramos solamente la cantidad pendiente de contratar por el citado plan, resulta que la provincia de Valencia ocupa el segundo lugar con una cantidad de 34.530,6 Mpts, lo cual representa el 80,21 % del total de la inversión prevista por el citado plan.

Se hacemos una comparación entre las posiciones que la provincia ocupa como productora y como consumidora, vemos que apenas si se produce desajuste, lo cual hace que dentro de esta provincia y en los próximos años se desarrolle una fuerte demanda de áridos.

En esta provincia han sido tomadas treinta y dos muestras, figurando los resultados de los análisis en ellas realizados en el Anexo nº 1.

Las muestras tomadas corresponden a diversos tipos de materiales utilizados como áridos en esta provincia y que sin pretender con esto hacer una clasificación definitiva ni exhaustiva de los materiales existentes en cuanto a sus posibles aplicaciones, los resultados obtenidos en los ensayos reflejan que, en general, las especificaciones de los distintos tipos de usos quedan bien cubiertas con las calidades de los materiales existentes.

Así tenemos como materiales adecuados para balasto los representados por las fichas 31 y 32. Como materiales adecuados para capas de rodadura, además de los citados anteriormente, los representados por la ficha 28. Por último, como materiales adecuados para su empleo en hormigones y morteros se encuentran todos los citados anteriormente, así como los representados por las fichas 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18,, 22, 23, 27, 29 y 30.

#### **10.4.1. Conclusiones**

- a) Dentro de esta provincia, la mayor demanda se concentra en la capital y en las localidades de su área de influencia.
- b) La estructura de la oferta presenta, por término general, un solo indicativo, explotaciones bien mecanizadas, siendo su tamaño función del tipo de material que explotan, presentándose las mayores explotaciones en los materiales calizos. En la actualidad y dado el fuerte aumento en la demanda que se prevé, gran parte de las instalaciones existentes o bien están modernizando sus instalaciones o bien están ampliando la capacidad de tratamiento de las mismas, tal y como se aprecia en las Fotos nº 3 y 4.
- c) Aparte de los materiales calizos, anteriormente citados, merecen especial atención los materiales de tipo ofítico, de los cuales la provincia es altamente

deficitaria, dado que en el momento actual en toda la provincia solo existe una explotación en activo, que extrae el material por debajo del nivel freático y cuyas reservas se prevee queden agotadas en un plazo de tiempo no superior a dos o tres meses.

- d) En cuanto a los materiales detríticos decir que las Confederaciones Hidrográficas en la actualidad tienen muy restringida la extracción de estos materiales por lo cual el funcionamiento de este subsector en la provincia es tal y como las mismas personas consultadas dicen ser "los agricultores de la minería" dado que para poder explotar los materiales detríticos, previamente necesitan comprar terrenos, generalmente agrícolas, los cuales una vez explotados los restauran y los vuelven a dar su utilización primitiva.
- e) En cuanto a la red viaria, se prevee un fuerte incremento en cuanto a la mejora de la calidad y cantidad de las comunicaciones en la propia provincia, tal y como se desprende de los datos recogidos en el PGC del MOPU, según el cual está prevista la ejecución de las autovías Valencia-Requena-Utiel y de la autovía Valencia-Cilla-Almansa.
- f) Dada la ubicación del principal foco de demanda de áridos y de la orografía de la provincia hace que el radio óptimo de comercialización de estos materiales sea de aproximadamente 30 o 35 km, a excepción de los materiales ofíticos cuyo transporte desde el centro de producción a Valencia capital supone una distancia de unos 65-70 km.

#### **10.4.2. Recomendaciones**

- a) Dado el previsible aumento de la demanda de áridos en esta provincia y en función de las conclusiones expuestas en el apartado anterior, sería recomendable la localización de yacimientos detríticos susceptibles de poder ser explotados económicamente, siendo las zonas que "a priori" resultan más indicadas para efectuar la investigación las que en el Plano nº 4 figuran con las referencias comprendidas entre Z-1 y Z-3 ambas inclusive.
- b) Dada la carencia que en la actualidad existe, en la provincia, de materiales de tipo ofítico, sería de urgente necesidad realizar, en una primera fase, una investigación geofísica por el método gravimétrico en la totalidad de los afloramientos de Keuper que en la provincia aparecen y que en el Plano nº 4, ya citado, quedan recogidos como las zonas comprendidas entre la Z-4 y la Z-16 ambas inclusive; la segunda fase de la investigación se debería realizar en las anomalías detectadas en la primera fase y consistiría en una confirmación de las hipótesis de profundidad del sustrato, etc. obtenidas en la primera fase, lle-

gando a realizar incluso sondeos mecánicos que confirmen dichas hipótesis y en función de estos datos proseguir la investigación tendente a localizar yacimientos económicamente explotables.

## 11. BIBLIOGRAFIA

## 11. BIBLIOGRAFIA

- AENOR: <<UNE 7050 (1). Tamices de Ensayo. Definiciones de los Términos Utilizados en Tamices y Análisis Granulométricos por Tamizado>>. Madrid. 1985.
- AENOR: <<UNE 7050 (2). Tamices de Ensayo. Telas Metálicas, Chapas Perforadas y Láminas Electroformadas. Medidas nominales de las Aberturas>>. Madrid. 1985.
- AENOR: <<UNE 7050 (3). Tamices de Ensayo. Exigencias Técnicas y Verificación de Tamices de Tela Metálica>>. Madrid. 1985.
- AENOR: <<UNE 7050 (4). Tamices de Ensayo. Exigencias Técnicas y Verificación de Tamices de Chapa Perforada>>. Madrid. 1985.
- AENOR: <<UNE 7073. Determinación de Impurezas Ligeras en las Arenas Empleadas en los Materiales de Construcción>>. Madrid. 1954.
- AENOR: <<UNE 7082. Determinación Aproximada de la Materia Orgánica en Arenas para Hormigones o Morteros>>. Madrid 1954.
- AENOR: <<UNE7083. Determinación del Peso Específico y de la Absorción en Gravas y Arenas>>. Madrid. 1954.
- AENOR: <<UNE 7084. Determinación de la Humedad Superficial de Gravas y Arenas>>. Madrid. 1954.
- AENOR: <<UNE 7088. Determinación de la Compacidad en los Aridos para Morteros y Hormigones>>. Madrid. 1955.
- AENOR: <<UNE 7133. Determinación de Terrones de Arcilla en Aridos para la Fabricación de Morteros y Hormigones>>. Madrid. 1958.
- AENOR: <<UNE 7134. Determinación de Partículas Blandas en Aridos Gruesos para Hormigones>>. Madrid. 1958.
- AENOR: <<UNE 7135. Determinación de Finos en Aridos Utilizados para la Fabricación de Hormigones>>. Madrid. 1958.
- AENOR: <<UNE 7136. Estabilidad de Aridos Frente a Disoluciones de Sulfato Sódico o Sulfato Magnésico>>. Madrid. 1958.

- AENOR: <<UNE 7137. Ensayo Químico para Determinar la Reactividad de los Aridos Utilizados en la Fabricación de Hormigones, con los Alcalis del Cemento>>. Madrid. 1.958.
- AENOR: <<UNE 7139. Análisis Granulométrico de Aridos>>. Madrid. 1958.
- AENOR: <<UNE 7140. Determinación de los Pesos Específicos y Absorción de Agua en Aridos Finos>>. Madrid. 1958.
- AENOR: <<UNE 7238. Determinación del Coeficiente de Forma del Arido Grueso Empleado en la Fabricación de Hormigones>>. Madrid. 1971.
- AENOR: <<UNE 7244. Determinación de Partículas de Bajo Peso Específico que Puede Contener el Arido Utilizado en Hormigones>>. Madrid. 1971.
- AENOR: <<UNE 7245. Determinación de los Compuestos de Azufre Contenidos en los Aridos>>. Madrid. 1971.
- AENOR: <<UNE 7295. Determinación del Contenido, Tamaño Máximo Característico y Módulo Granulométrico del Arido Grueso en el Hormigón Fresco>>. Madrid. 1976.
- AENOR: <<UNE 7324. Determinación del Equivalente de Arena>>. Madrid. 1976.
- AENOR: <<UNE 41062. Aridos para Morteros de Fábricas>>. Madrid. 1955.
- AENOR: <<UNE 41111. Aridos Finos para Hormigones>>. Madrid. 1.958.
- AENOR: <<UNE 41112. Aridos Gruesos para Hormigones>>. Madrid. 1958.
- AENOR: <<UNE 83100. Aridos para Hormigones. Clasificación en Fracciones Granulométricas para su Empleo en Hormigones Normales>>. Madrid. 1984.
- AENOR: <<UNE 83109. Aridos para Hormigones. Toma de Muestras>>. Madrid. 1985.
- AFNOR: <<NF P 15-401. Liants Hydrauliques. Technique des Essais. Prescriptions Générales>>. 1963.



- AFNOR: <<NF P 18-573. Granulats. Essai Los Angeles>>. 1978.
- AFNOR: <<NF P 18-593. Granulats. Sensibilité au Gel>>. 1978.
- AFNOR: <<NF P 18-598. Granulats. Equivalent de Sable.>> 1979.
- AFNOR: <<NF P 18-582. Granulats. Détermination de la Teneur en Soufre Total>>. 1981.
- AFNOR <<P 18-585. Granulats. Essai de Stabilité Dimensionnelle en Milieu Alcalin>>. 1981
- AFNOR: <<NF P 18-582. Granulats. Mesure de la Teneur en Chlore. Méthode par Dissolution>>. 1982.
- AFNOR: <<P 18-584. Granulats, Réactivité Potentielle de Type Alkali-Silice>>. 1982.
- ASTM: <<Annual Book of ASTM Standards. Section 4. Construction. Volume 04.02. Concrete and Aggregates>>. Philadelphia. 1987.
- BERTON, Y. et LE BERRE, P.: <<Guide de Prospection des Matériaux de Carrière>>. Bureau des Recherches Géologiques et Minières.
- BOE: <<Ley 29/1985 de 2 de Agosto de Aguas>>. BOE nº 189, 8 de Agosto de 1985.
- BOE: <<Real Decreto 849/1986 de 11 de Abril por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos: Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985 de 2 de Agosto de Aguas>>. BOE nº 103 de 30 de Abril de 1986.
- BSI: <<BS 63. Single-Sized. Roadstone and Chippings>>. London 1951.
- BSI: <<BS 1984. Gravel Aggregates for Surface Treatment (Including Surface Dressings) on Roads>>. London. 1967.
- BSI: <<BS 63 Part 2. Single-Sized. Roadstone and Chippings Metric Units>>. London. 1971.
- BSI: <<BS 1198, 1199 and 1200. Building Sands from Natural Sources>>. London. 1976.

- BSI: <<BS 3797: Part 2. Lightweight Aggregates for Concrete>>. London. 1976.
- BSI: <<BS 882. Aggregates from Natural Sources for Concrete>>. London. 1983.
- BSI: <<BS 6100: Section 6.3. Building and Civil. Engineering Terms>>. London. 1984.
- CEDEX: <<NLT 104: Granulometría de Suelos por Tamizado>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 113: Equivalente de Arena>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 117: Contenido de Materia Orgánica en los Suelos con Agua Oxigenada>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 119: Reconocimiento de Sulfatos Solubles en los Suelos>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 120: Contenido de Sulfatos Solubles en los Suelos>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 148: Toma de Muestras de Roca, Escorias, Grava, Arena, Filler y Bloques de Piedra Empleados como Materiales de Construcción de Carreteras>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 149: Resistencia al Desgaste de los Aridos por Medio de La Máquina de Los Angeles>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 150: Análisis Granulométrico de Aridos Gruesos y Finos>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 151: Análisis Granulométrico del Filler Mineral>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 152: Material que Pasa el Tamiz 0.080 UNE en los Aridos>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 153: Densidad Relativa y Absorción de Aridos Gruesos>>. Madrid. 1976.

- CEDEX: <<NLT 154: Densidad Relativa y Absorción de Aridos Finos>>. Madrid. 1976.
- CEDEX: <<NLT 156: Densidad Aparente de los Aridos>>. Madrid. 1976.
- CEDEX: <<NLT 157: Densidad Aparente del Filler>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 158: Estabilidad de los Aridos Frente a la Acción de las Soluciones de Sulfato Sódico o Magnésico>>. Madrid. 1972.
- CEDEX: <<NLT 166: Adhesividad a los Aridos de los Ligantes Bituminosos en Presencia de Agua>>. Madrid.
- CEDEX: <<NLT 351: Coeficiente de Friabilidad>>. Madrid. 1974.
- CEDEX: <<NLT 354: Indice de Lajas y de Agujas de los Aridos para Carreteras>>. Madrid. 1974.
- CEOTMA: <<Geología y Medio Ambiente>>. Serie Monografías 11. Madrid. 1981.
- CONSEJERIA DE ECONOMIA Y FOMENTO: <<La minería Analuza. Libro Blanco. Tomos I y II>>. Madrid
- DIPUTACION PROVINCIAL DE VALENCIA, UNIVERSIDAD DE VALENCIA, INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA: <<Mapa Geológico de la Provincia de Valencia. Escala 1:200.000>>. Madrid. 1984.
- IGME: <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 24 (Berga)>>. Madrid. 1972.
- IGME: <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 25 (Figueras)>>. Madrid. 1972.
- IGME: <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 34 (Hospitalet)>>. Madrid 1972.
- IGME: <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 35 (Barcelona)>>. Madrid. 1972.
- IGME: <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 42 (Tarragona)>>. Madrid. 1972.

- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 68 (Villafranca de los Barros)>>. Madrid. 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 69 (Pozoblanco)>>. Madrid. 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 75 (Sevilla)>>. Madrid. 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 76 (Córdoba)>>. Madrid. 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 81. (Huelva)>>. Madrid. 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 82 (Morón de la Frontera)>>. Madrid. 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 83 (Granada-Málaga)>>. Madrid 1972.
- IGME: << Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja nº 87 (Algeciras)>>. Madrid 1972.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 24 (Berga)>> Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 25 (Figueras)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 34 (Hospitalet)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 35 (Barcelona)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 42 (Tarragona)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 47 (Teruel)>>. Madrid. 1974.

- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 55 (Liria)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 56 (Valencia)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 63 (Onteniente)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 64 (Alcoy)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 68 (Villafranca de los Barros)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 69 (Pozoblanco)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 75 (Sevilla)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 76 (Córdoba)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 81 (Huelva)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 82 (Morón de la Frontera)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 83 (Granada-Málaga)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja nº 87 (Algeciras)>>. Madrid. 1974.
- IGME: << Actualización y Mejora del Inventario de Rocas Industriales en la Provincia de Madrid>>. 1982.
- IGME: << Criterios Geoambientales para la Restauración de Canteras, Graveras y Explotaciones a Cielo Abierto en la Comunidad de Madrid>>. 1987.

- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA: <<Industrias del Cemento, de la Cal y del Yeso. Memoria 1986>>. Madrid. 1987.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA: <<Planes de Labores del Año 1.987>>. No Publicado.
- MOPU: <<Rocas Ofíticas en España>>. Madrid. 1980.
- MOPU: <<EH-82. Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado>>. Madrid. 1984.
- MOPU: <<Plan General de Carreteras 1984-91. Memoria Resumen>>. Madrid. 1986.
- MOPU: <<Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado. EP-80>>. Madrid 1986.
- MOPU: <<Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PGC 3)>>. Madrid 1987.
- MOPU: <<Plan General de Carreteras 1984-91. Seguimiento del Plan. Abril 1987>>. Madrid. 1987.
- MOPU: <<Las Obras Públicas en 1986>>. Madrid. 1987.
- MULAR, A.L. and BHAPU, R.B.: <<Mineral Processing Plant Design>>. Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York. 1980.
- ORUS, F.: <<Materiales de Construcción>>. Ed. Dossat, S.A. Madrid. 1985.
- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO: <<Documentación Básica del Plan Nacional de Desarrollo (Construcción y sus Materiales)>>.
- RENFE: <<Balasto. Características Determinativas de la Calidad. N.R.V. 3-4-0.0.>>. 1985.
- RENFE: <<Suministro y Utilización del Balasto y de la Gravilla. P.R.V. 3-4-0.0.>>. 1985.
- RILEM TECHNICAL COMMITTEE: <<Final report on "Aggregates">>.

- SARTI GONZALEZ, A.: <<Un Modelo de Estimación Preliminar de Costos en Proyectos de Explotación por Minería Selectiva por Subniveles. Ejemplo de Aplicación Práctica a un Yacimiento Real>>. Proyecto Fin de Carrera. E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid. 1987.
- SEOPAN: <<Informe sobre la Construcción. Año 1986>>.
- SEOPAN: <<Indices y Precios de Mano de Obra y Materiales de la Construcción. Nº 103.>>. Confederación Nacional de la Construcción.
- SEOPAN: <<Circular Informativa sobre la Construcción. Nº 147>>. Noviembre y Diciembre 1987.
- VADILLO FERNANDEZ, L. y AYALA CARCEDO, F.J.: <<La Protección del Medio Ambiente en Climas Mediterráneos como Factor Limitador de Recursos de Aridos Naturales en Grandes Ciudades: El Caso de Madrid>>.

## 12. FOTOGRAFIAS





Foto nº 1. Explotación de dolomía en la zona de Alhaurín de la Torre.



Foto nº 2. Explotación de Asperón (Arenas arcillosas) en las cercanías de Málaga.



Foto nº 3. Detalle de una planta de áridos mostrando un molino para la producción de arena.

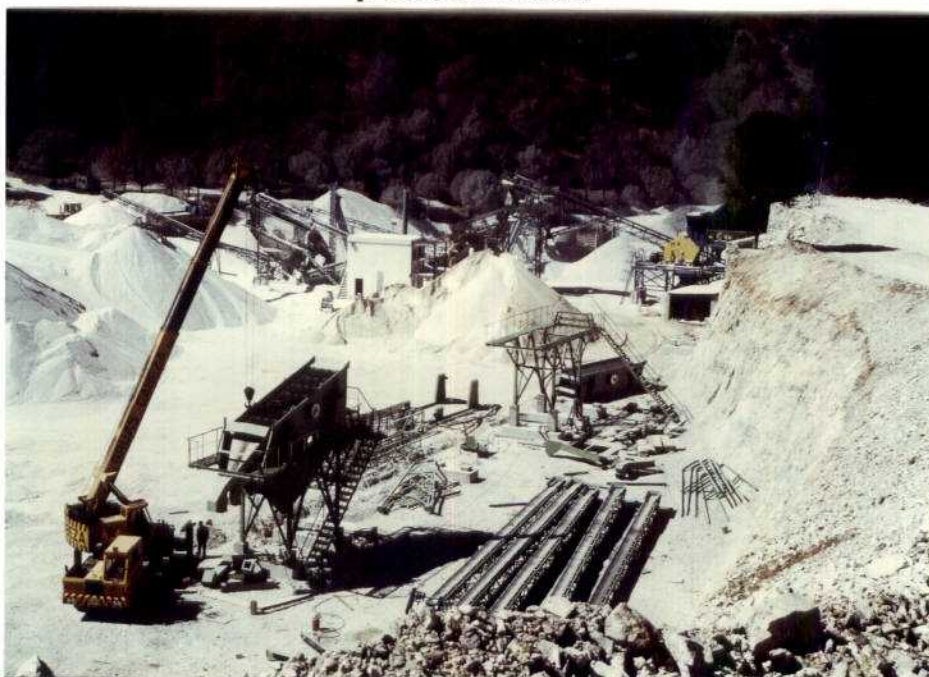


Foto nº 4. Infraestructura previa a la instalación de la ampliación de la planta de tratamiento.