

MINISTERIO DE INDUSTRIA

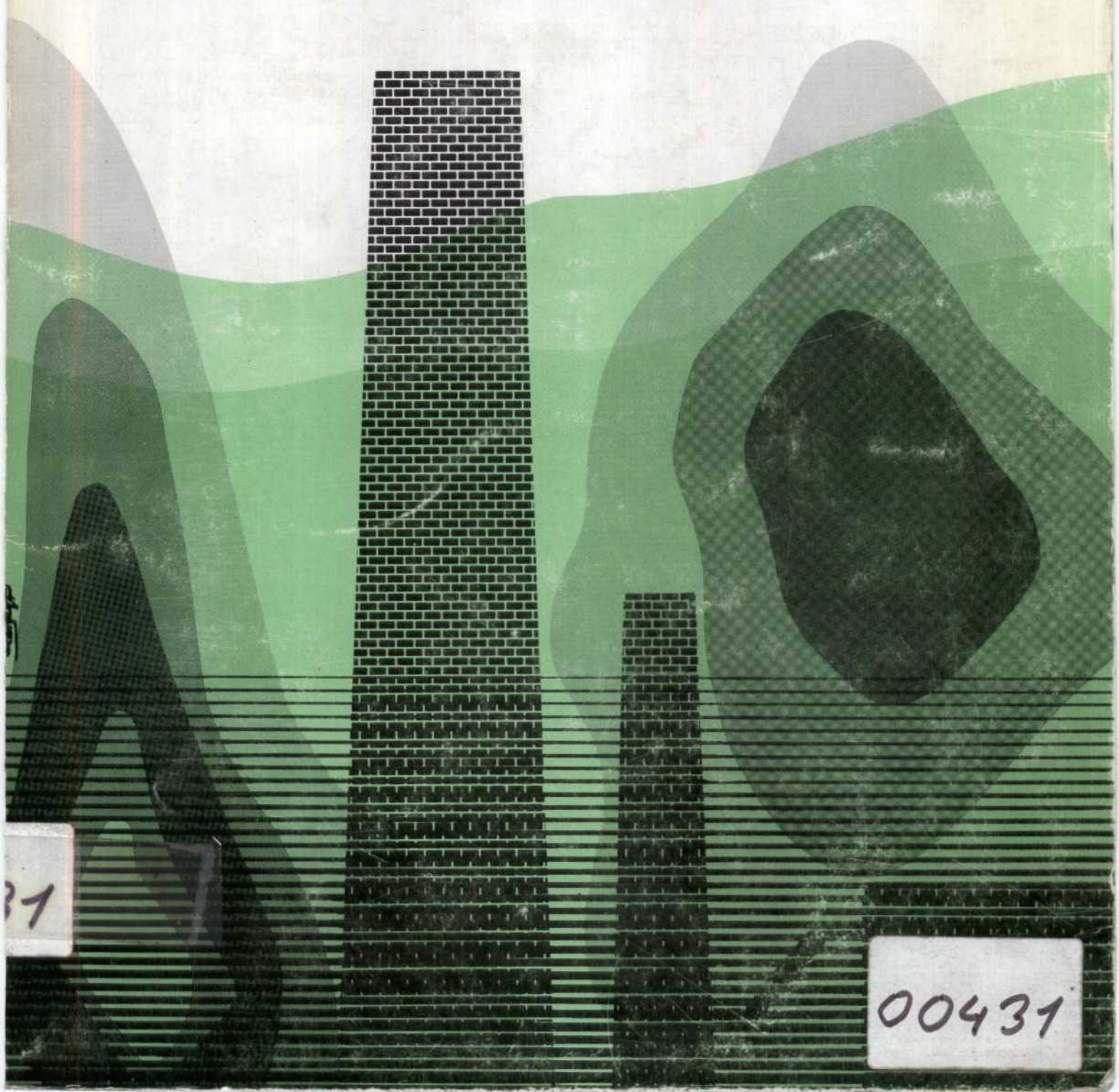
DIRECCION GENERAL DE MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PLAN NACIONAL DE LA MINERIA

PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA

ANALISIS Y CONCLUSIONES SOBRE EL DIRECTORIO DE CONSUMIDORES DE ROCAS INDUSTRIALES EN EL SECTOR SIDERURGICO



21

00431

00431

ANALISIS Y CONCLUSIONES SOBRE EL DIRECTORIO DE CONSUMIDORES DE ROCAS INDUSTRIALES EN EL SECTOR SIDERURGICO

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. <u>INTRODUCCION</u>	1.
2. <u>ANALISIS DEL SECTOR SIDERURGICO COMO CONSUMIDOR DE ROCAS INDUSTRIALES</u>	5.
2.1. <u>Subsector integral</u>	5.
2.1.1. Consumo de rocas industriales	6.
2.1.2. El mercado de las rocas industriales en el subsector integral.	7.
2.2. <u>Subsector no integral</u>	8.
2.2.1. Consumo de cal y caliza	9.
2.2.2. Consumo de dolomía	11.
2.2.3. El mercado de rocas industriales en el subsector no integral.	13.
2.3. <u>Subsector de moldería</u>	18.
2.3.1. Consumo de arenas silíceas y bentonitas	20.
2.3.2. Consumo de cal y caliza	22.
2.3.3. Consumo de dolomía	23.
2.3.4. El mercado de las rocas industriales en el subsector de moldería	24.
3. <u>CONCLUSIONES</u>	29.
3.1. <u>Caliza</u>	29.

	<u>Pág.</u>
3.2. <u>Cal</u>	31.
3.3. <u>Dolomía</u>	32.
3.4. <u>Dunita</u>	33.
3.5. <u>Arenas silíceas</u>	34.
3.6. <u>Bentonita</u>	35.
4. <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	37.

Anexo: Fichas de Consumidores de Rocas Industriales en el Sector Siderúrgico.

1. INTRODUCCION

El Instituto Geológico y Minero -División de Geotecnia- encargó a FRASER ESPAÑOLA, S.A. la elaboración de un estudio que permitiera el establecimiento de un Directorio de Consumidores de Rocas Industriales por el sector siderúrgico, con la finalidad de conocer de una forma concreta qué empresas consumen estas sustancias, en qué cantidad, de qué calidad y en qué forma se requieren, dónde y en qué momento se consumen.

El presente estudio es el resultado de 5 meses de trabajo. Gran parte de este tiempo se ha dedicado a recoger datos necesarios de todas las empresas del sector, en un contacto directo que ha sido verdaderamente esclarecedor para determinar las conclusiones que aquí se reflejan. Con estos datos recogidos se han elaborado unas cifras para cada una de las empresas visitadas, donde constan todos aquellos aspectos -localización, producción proveedores, consumos, precios, calidades- que eran necesarios para la elaboración del trabajo. Siempre que ha sido posible se ha intentado determinar en cada empresa la persona o el departamento que permitiesen establecer un canal de comunicación relativo a las rocas industriales, y en las fichas se ha consignado en el apartado denominado: Servicio de recepción. Con esto se pretendía romper los canales burocráticos habituales que, en la mayoría de los casos, no conducían a ningún fin práctico. Las visitas realizadas han revelado también un interés de las empresas por conocer los resultados

del trabajo y un deseo de tener acceso tanto a éste como a otros estudios que le facilitasen datos y conocimientos de gran utilidad.

Para efectuar el trabajo, y en función de los procesos tecnológicos consumidores de rocas, el sector siderúrgico se ha dividido en tres grandes subsectores:

- a) subsector integral
- b) " no integral
- c) " de moldería

El subsector integral agrupa aquellas empresas que, partiendo del mineral de hierro y del coque para producir arrabio, terminan el proceso productivo fabricando laminados.

El no integral está formado por empresas que se dedican a la fabricación de acero o bien sólo se dedican a la laminación, aunque éstas últimas, debido a que en su proceso productivo no utilizan rocas industriales, no han sido consideradas.

Por último, el subsector de moldería engloba aquellas empresas que, tanto a partir del hierro como de acero, producen piezas - moldeadas de cualquier tipo.

Como se ha señalado, la causa fundamental de la división presente ha sido la diferenciación de los procesos tecnológicos de pro

ducción que, como era natural, implicaban consumo de rocas muy distintas pues, aunque algunas empresas presenten características comunes a los tres apartados, la generalidad no es ésta.

Los tres primeros apartados de este trabajo están dedicados al análisis de cada uno de los subsectores mencionados desde el punto de vista de consumidores de rocas. En cada uno de ellos se explica el proceso de recogida de datos y, a continuación, se determinan las conclusiones pertinentes, dada la finalidad del estudio.

El cuarto apartado intenta sintetizar las conclusiones obtenidas del análisis pormenorizado de los apartados anteriores.

Antes de comenzar con los apartados es necesario especificar una serie de conclusiones generales.

- a) Salvo la dolomía, el resto de los refractarios se utilizan en forma manufacturada, siendo por consiguiente imposible determinar su consumo al no conocer su composición porcentual.
- b) Los costes de transportes han presentado una dificultad casi total a la hora de evaluarlos, ya que se pretendía determinar el coste en $\frac{\text{pts. t}}{\text{Km}}$ y esto ha sido imposible, ya que en la mayoría de los casos el transporte se efectúa por medio de contrata; esto implica viajes de ida con una carga y vuelta con las rocas o viceversa, de tal forma que no se puede determinar el kilometraje. Por consiguiente, y siempre que ha sido posible

se han intentado obtener los precios en las fábricas de productos siderúrgicos.

2. ANALISIS DEL SECTOR SIDERURGICO COMO CONSUMIDOR DE ROCAS INDUSTRIALES.

2.1. Subsector integral

Cinco son las empresas que forman este subsector:

ENSIDESA

UNINSA

ALTOS HORNOS DE VIZCAYA, S.A.

NUEVA MONTAÑA QUIJANO, S.A.

S.A. ECHEVARRIA

Posteriormente, la fusión de Ensidesa y Uninsa redujo este número a cuatro, pero como los datos que se están analizando son los correspondientes a 1973, se consideran las cinco empresas primeras, ya que por otra parte la fusión mencionada no ha alterado los procesos tecnológicos existentes y por consiguiente el consumo de rocas industriales.

De este grupo de empresas, las cuatro primeras producen mineral de hierro sinterizado y todo el grupo produce arrabio, acero común y laminados.

Para conocer el consumo de rocas industriales se han visitado cada una de las cinco empresas mencionadas. Tanto las rocas utilizadas, como las cantidades empleadas han sido perfectamente determinadas y quedan reflejadas en las fichas correspondientes.

2.1.1. Consumo de rocas industriales

El consumo total de rocas industriales queda de manifiesto en el cuadro nº 1.

CUADRO Nº 1.

CONSUMO DE ROCAS INDUSTRIALES POR EL SUBSECTOR INTEGRAL. Año 1973.

Roca	Toneladas
Caliza	725.900
Cal	112.900
Dolomía	699.000
Dunita	151.073
Cuarcita	5.800
Arena Silíceea	197.220

Se observa la preponderancia de la caliza y la dolomía, sobre las restantes rocas.

Las empresas del subsector emplean primordialmente estas rocas en la preparación del mineral de hierro sinterizado y como fundentes en el horno alto. Esto implica que su consumo esté íntimamente ligado al desarrollo de la producción siderúrgica; aunque en determinados momentos y por consideraciones técnicas, ciertas rocas sustituyan parcialmente a otras (caso de la dunita-dolomía, caliza), su consumo es hoy por hoy insustituible en todos los procesos en que intervienen.

2.1.2. El mercado de las rocas industriales en el subsector integral.

En este subsector encontramos la única empresa siderúrgica que se abastece a sí mismo de una roca industrial. Es el caso de Ensides que posee una cantera de caliza ubicada en el Naranco-Oviedo, con una dimensión que la sitúa entre las primeras de Europa.

En general, las empresas se abastecen de rocas por una serie de proveedores ubicados en zonas geográficas próximas a los centros de consumo, cosa lógica si se tiene en cuenta la influencia del factor transporte en los costes de estas materias.

Todas las empresas tienen establecidas unas normas muy especificadas sobre las calidades exigidas de cada una de las rocas que utilizan, normas a las que se obliga el proveedor y que las empresas contrastan continuamente mediante procedimiento muestrales de los suministros. En algunos casos, el no cumplimiento por parte del proveedor de las características exigidas a las rocas, implican penalizaciones que redundan en una disminución del precio fijado según la desviación observada de las normas propuestas.

2.2. Subsector no integral

Este subsector encuadra a todas las empresas siderúrgicas que se dedican a la fabricación de acero, con exclusión de las integrales que han sido consideradas en el apartado anterior.

De este grupo de empresas se han seleccionado 32 para ser visitadas y obtener los datos buscados.

Los factores que han determinado la selección han sido los siguientes:

- Localización geográfica. En cada zona industrial se ha elegido un nº de empresas que reflejase el potencial productor de acero de dicha zona.
- Capacidad de producción. Se han elegido dentro de cada zona, empresas de las más distintas capacidades con el fin de comprobar la incidencia de este factor en el consumo de rocas industriales.
- Proceso técnico empleado. Se atendía fundamentalmente al tipo de horno empleado para la fabricación de acero.

En función de estos puntos, las empresas visitadas cubren toda la geografía nacional. Su producción, que asciende a 2.800×10^3 t de acero, representa el 75% de la producción total de las empresas -

del subsector en 1973. Se ha comprobado, igualmente, que, el proceso técnico más empleado es el del horno eléctrico básico, salvo dos empresas (Esteban Orbegozo, S.A. y Aceros de Llodio, S.A.) que, junto a los hornos eléctricos, tienen hornos Siemens; de esta manera la producción de acero eléctrico cotejada representa más del 80% de la producción total de aceros eléctricos del subsector en 1973.

Atendiendo ya a los datos obtenidos, con respecto al consumo de rocas industriales se observa en primer lugar que tres son las sustancias más usualmente consumidas: CAL, CALIZA y DOLOMIA.

La cal y la caliza se emplean esencialmente como fundente en el horno, tanto eléctrico como Siemens.

La dolomía se utiliza como refractario en la mayoría de los casos. Esto implica que se emplea calcinada (o fritada) y frecuentemente, -mezclada con alquitrán, para evitar la rápida hidratación de la dolomía calcinada y servir de agente aglomerante.

2.2.1. Consumo de cal y caliza

Para determinar el consumo total de cal y caliza por las industrias del subsector, se ha considerado en primer lugar que el consumo de cal implica un consumo de caliza; por ello se ha transformado aquella en esta última, utilizando la relación de 2 toneladas de caliza para obtener 1 tonelada de cal. Una vez transformado todo en caliza, para cada empresa consultada se ha determinado un índice, consis

tente en:

$$X_i = \frac{\text{kg de caliza}}{\text{t de acero eléctrico}}$$

De esta manera se ha formado una serie de índices de distintos valores que se han considerado como una muestra obtenida de una población finita (empresas productoras de acero eléctrico). Se ha ajustado esta muestra a una distribución normal, resultando una media $\bar{X} = 92,391 \frac{\text{kg de caliza}}{\text{t de acero}}$ y una desviación típica del orden de $s = 22,777 \frac{\text{kg de caliza}}{\text{t de acero}}$. Obtenidos estos valores, se ha determinado el intervalo de confianza con un coeficiente de confianza del 95% (este coeficiente determina que si se obtuviera un gran número de muestras en las mismas condiciones, en el 95% de los casos sus valores estarían en el intervalo calculado y el 5% no estaría)- utilizando la "t" de "Student", resultando un valor:

$$\bar{X} \pm t_{0,975} \left(\frac{s}{\sqrt{N-1}} \right) = 92,391 \pm 9,831$$

Por último, se ha comprobado la bondad del ajuste aplicando la prueba χ^2 , obteniéndose:

$$\chi^2_{0,95}(\text{calculada}) = 9,449$$

$$\chi^2_{0,95}(\text{teórica}) = 14,1$$

Como $\chi^2_{\text{teórica}} > \chi^2_{\text{calculada}}$ el ajuste es aceptable

De esta manera, si las empresas no integrales tuvieron una producción de acero en 1973 del orden de 3.795.466 t, consumieron : 350.666,90 \pm 37.313,23 t de caliza.

En función de las visitas realizadas se ha comprobado que el 88% de la caliza consumida era en forma de cal; por consiguiente, se puede determinar el siguiente consumo de cal y caliza por las siderúrgicas no integrales.

Producción de acero en 1973 <u>(t)</u>	Consumo de caliza en 1973. <u>(t)</u>	Consumo de cal en 1973 <u>(t)</u>
3.795.466	42.080,03+4.477,6	154.293,44+16.417,8

Los resultados obtenidos parecen indicar que la relación consumo de cal y caliza es de 4 a 1 respectivamente, haciendo notar que esta relación está obtenida a partir de unos valores medios y, por consiguiente, es sólo un resultado teórico que no siempre se ha de ajustar a los resultados prácticos, como se puede apreciar en las fichas de las empresas.

2.2.2. Consumo de dolomía

Como ya se ha dicho, las empresas de este subsector utilizan la dolomía esencialmente como refractario.

Los hornos eléctricos están constituidos por un piso y revestimiento lateral de ladrillos de magnesita y, luego, un recubrimiento de dolomía, que en los laterales se consigue fundiendo grandes bloques de dolomía aglomerada con alquitrán.

Para todas estas operaciones de revestimiento o parcheo del horno se utiliza la dolomía, que se emplea calcinada, aglomerada con otras sustancias, sintetizada, prensada...

Con los datos obtenidos se ha determinado un consumo medio de dolomía en general, que ha resultado ser de 14,66 kg/t de acero; de esta manera se puede estimar un consumo de esta roca por el subsector, del orden de 56.000 t.

Dicha cifra está sujeta a las siguientes puntualizaciones:

- a) La dolomía utilizada se emplea en alguna de las formas indicadas y nunca en estado natural.
- b) La cifra de consumo engloba las diferentes clases de dolomía
- c) La cifra obtenida de 14,65 kg/t es un cálculo medio, que en ningún momento tiende a representar el consumo específico de las empresas del subsector. Consumo que, por otra parte, está muy influido por el estado y las condiciones tecnológicas del horno y las consideraciones particulares de cada fabricante de acero.

En algunas empresas se emplea magnesita en lugar de/o con dolomía, pero su alto precio no justifica la pequeña mejora de calidad que presenta frente a ésta. La magnesita sí es altamente empleada en forma de ladrillos, que son adquiridos por los aceristas direc

tamente a los fabricantes de refractarios.

Hay que mencionar que esta dolomía no es sólo empleada en el horno, sino también como revestimiento de las cucharas, pero en muy escasa proporción.

2.2.3. El mercado de rocas industriales en el subsector no integral.

El contacto directo mantenido con las empresas del subsector ha permitido comprobar que en todos los casos y desde un punto de vista cuantitativo la demanda de rocas industriales ha estado siempre cubierta sin plantear problema alguno respecto a su abastecimiento.

Los precios pagados en cantera por las distintas rocas no presentan, salvo raras excepciones, grandes diferencias y se puede afirmar que en un 95% de los casos el coste del transporte va a determinar el punto de aprovisionamiento de rocas más adecuado para cada acería.

Analizando este aspecto más detenidamente para cada una de las rocas en cuestión se puede concluir lo siguiente:

- a) Para el caso de la caliza y la cal, dada la gran abundancia de esta roca, los centros abastecedores están geográficamente muy próximos a los centros consumidores, permitiendo, de esta

manera, que el coste de transporte sea mínimo, pero fomentando un minifundismo de proveedores de caliza. Es significativo el caso de la región Norte, de gran tradición siderúrgica, donde el número de canteras abastecedoras de caliza a estas empresas es casi tan alto como el número de ellas, es decir que en una zona de gran densidad de empresas siderúrgicas sólo dos canteras (Fidel Azcabide y Canteras de Liscar) abastecen a más de tres empresas de cal y caliza siendo predominante las canteras abastecedoras de una sola empresa.

Un aspecto muy importante en la distribución y la comercialización de la caliza es la calidad exigida para su consumo.

Ya se ha dicho que la utilización primordial de estas rocas es como fundentes en la fabricación de acero. Esto determina que la mayor o menor cantidad consumida está en función del tipo de chatarra empleada (mayor o menor contenido en P y posteriormente contenido en S), y cualitativamente sólo es necesario una granulometría y un contenido en CaO que sea máximo. Por consiguiente el consumo no implica unas exigencias cualitativas muy rígidas, si no que, por el contrario, hay gran flexibilidad en este aspecto, de modo que cualquier proveedor pueda satisfacer las demandas exigidas. Es más, se ha comprobado que en la mayoría de los casos es el proveedor el que determina las especificaciones de calidad salvo la granulometría y sólo en un número de empresas pequeño pero de

mayor producción es donde el consumidor facilita al proveedor las especificaciones de calidad que le son necesarias.

En las fichas se puede observar que estas empresas que exigen unas especificaciones de calidad no constituyen tampoco ninguna dificultad, ya que sus especificaciones están dentro de las especificaciones medias exigibles a cualquier caliza o cal. Pero existe un proceso de control por parte de los consumidores que tiende a garantizar una homogeneidad en las características de las rocas que se están utilizando. Punto común en todas las especificaciones es la exigencia de un bajo contenido en S (menor de 1%) que es quizás el aspecto más nocivo para el empleo de estas rocas como fundentes. La granulometría, por el contrario, no tiene unas cotas comunes y en cada caso está determinada por la práctica de la empresa. Como es natural, todos coinciden en pedir un alto contenido en CaO, que en el caso de la cal se sitúa en un 90% más o menos.

Por consiguiente, las exigencias cualitativas no implican en ningún momento un proceso tecnológico elevado en la preparación de la cal y la caliza para su uso y, así, las empresas proveedoras pueden satisfacer la demanda aunque su nivel tecnológico no sea altamente cualificado.

- b) El mercado de la dolomía presenta características muy distintas. Su utilización como refractario implica una preparación previa (calcinado, fritado, aglomerado, sintetizado) que hace

su precio alto en comparación con las otras rocas estudiadas. El transporte aumenta su coste pero no es factor determinante del aprovisionamiento.

Se ha comprobado a lo largo del estudio que tres son las empresas que cubren el mercado de esta roca en el subsector:

- Productos Dolomíticos
- Dolomitas del Norte
- Dolomías del Palleja

Las dos primeras, situadas en la zona norte, abastecen a todas las empresas, no sólo de esta zona, sino de puntos mucho más distantes. La tercer, situada en Cataluña, provee a toda la zona Catalano-levantina. Parece, aunque no está confirmado, que esta empresa está vinculada a una de las otras dos. De esta manera el mercado de dolomía queda controlado en su mayor parte por estas dos empresas.

Desde el punto de vista cualitativo, la dolomía empleada está perfectamente caracterizada para su uso por alguno de los procesos de fabricación. Es decir, la dolomía facilitada por los proveedores ha sufrido un proceso de preparación muy determinado y, de esta manera, sus características satisfacen a todas las empresas consumidoras, no sólo cuando estas empresas no exigen unas especificaciones de calidad determinadas, sino también cuando las exigen, que es el caso menos frecuente.

Las características más frecuentemente exigidas en el consumo de dolomía son la granulometría, que tiende a ser baja, y el contenido en MgO y CaO.

Los precios suelen variar poco en cantera, para cada uno de los tipos de preparados de dolomía, cosa natural si se tiene en cuenta el pequeño número de proveedores.

2.3. Subsector de Moldería

Agrupamos este subsector a todas las empresas siderúrgicas dedicadas a la elaboración de piezas moldeadas tanto en acero como en hierro.

Los procesos técnicos empleados por estas industrias implican un consumo de rocas industriales fundamentalmente para dos usos. Una serie de rocas se utilizan como fundentes en el horno -horno que suele ser del tipo eléctrico y normalmente de carácter ácido, aunque también se usan los del tipo básico-, que, cuando es ácido este fundente, es sílice (arena) y, cuando es básico, cal o caliza. Posteriormente, para elaborar los moldes que han de formar las piezas se usan esencialmente arenas silíceas, aglomeradas con bentonita o con otro tipo de arcilla y, en gran número de casos, por resinas fenólicas, producto que está sustituyendo en gran medida a los aglomerantes naturales. Más adelante se incidirá sobre este aspecto.

Para determinar qué empresas consumen estas rocas, en qué cantidad, de qué calidad y, en general, para conocer los principales problemas que se le presentan sobre estos aspectos a las industrias consumidoras se ha realizado una encuesta entre dichas empresas empleando la siguiente metodología.

Se ha considerado como población estadística a todas las empresas siderúrgicas incluidas en el "Directorio de Fundiciones" editado por la "Asociación Técnica de Fundidores", que son aproximadamente 400. De esta población finita y utilizando el método de Monte Carlo,

se ha obtenido una muestra de extensión 100 (1)

La razón de utilizar este método es que permite disponer de una muestra completamente aleatoria y que los resultados obtenidos de ella se ajustarán fácilmente a los resultados de la población total. El número de 100 para la extensión de la muestra se ha determinado en función de escoger una muestra lo más amplia posible que garantizase una fiabilidad alta y, por otro lado, se mantuviese dentro de los márgenes de tiempo y coste económico, contando con un porcentaje de elementos de la muestra que resultarían negativos por distintas razones.

Realizada la muestra, se obtuvieron 65 resultados positivos y 35 negativos por baja de las industrias, cambio a otras actividades o no consumo de rocas industriales. Con los resultados positivos se han elaborado unos coeficientes que relacionan el consumo de

(1) El método de Monte Carlo es un procedimiento muestral que permite obtener, de una población dada, una muestra completamente aleatoria. El proceso consiste en asignar a cada elemento de la población un número desde 1 hasta la totalidad de la población; en este caso 400, luego, en una tabla de números aleatorios, se van sacando números hasta cubrir la extensión de la muestra; cada uno de estos números permite obtener un miembro de la población que pasará a formar parte de la muestra. Cada elemento de la población presenta la misma probabilidad de ser elegido.

cada una de las rocas por tonelada de pieza fundida y para cada una de las empresas consumidoras.

Antes de pasar a examinar el consumo de cada una de estas rocas es preciso tener en cuenta que la producción de pieza fundida recoge tanto la de fundición de hierro como de acero común o especial.

2.3.1. Consumo de arenas silíceas y bentonitas:

El motivo de analizar conjuntamente el consumo de arenas silíceas y bentonitas radica en que la cantidad de bentonita utilizada es función de la arena consumida, sin olvidar que la utilización de resinas fenólicas como aglomerante sustitutivo de la bentonita es cada día más amplia, dado que presenta mayor facilidad para su uso que la bentonita, sobre todo a nivel profesional. Teniendo estos factores en cuenta y a partir de los datos obtenidos se ha hallado un coeficiente de consumo de arena silícea para cada una de las empresas consultadas del siguiente tipo:

$$X_i = \frac{\text{toneladas de arenas silíceas}}{\text{toneladas de piezas fundidas}}$$

La familia de coeficientes obtenidos ha permitido calcular un coeficiente medio \bar{X} y una desviación típica s de los siguientes valores:

$$\bar{X} = 1,045$$

$$s = 0,653$$

Con estos valores, admitiendo que la media tiene una distribución aproximadamente normal, que la población está formada por $N = 400$ elementos y que el muestreo se ha efectuado sin reemplazamiento siendo su extensión $n = 65$, se ha determinado el intervalo de confianza de dicha media con un coeficiente de confianza del 95%, a partir de:

$$\bar{X} \pm \lambda_p s \sqrt{\frac{1}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)}$$

resultando dicho intervalo:

$$(1,045 - 0,143; 1,045 + 0,143) \frac{\text{t. de arenas silíceas}}{\text{t. de piezas fundidas}}$$

A partir de los datos de la "Asociación Técnica de Fundidores", la producción de piezas fundidas (moldeadas) tanto en hierro como en acero, para 1973, se cifra en 1.098.000 t., por consiguiente el consumo de arenas se puede evaluar en : 1.147.410 ± 157.014 t

El coeficiente correspondiente a la bentonita se ha evaluado teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, con los cuales se ha calculado una media ponderada de valor

$$X_m = 87 \frac{\text{Kg. de bentonita}}{\text{t de arenas silíceas}}$$

A la hora de determinar el consumo total de bentonita por el subsector y para 1973, ha sido necesario tener en cuenta qué porcentaje de empresas emplean bentonita, ya que otros utilizan como aglomerantes otros productos. De la muestra considerada sólo el 85,6% de las arenas consumen bentonitas y, suponiendo que el porcentaje de la muestra tiene el mismo valor para la población total,

se puede estimar una utilización de la bentonita en 1973 del orden de 85.450 t \pm 11.693 t. La gran amplitud del intervalo de confianza es una causa directa de la disparidad del consumo específico Kg de bentonita existente entre las distintas empresas del subsector y fácilmente apreciable en las fichas.

2.3.2. Consumo de cal y caliza

Ya se ha mencionado que la cal y la caliza son utilizadas por las empresas del subsector como fundentes. La existencia de gran número de hornos de tipo ácido en estas industrias, que utilizan sílice como fundente, implica que el consumo de cal y caliza no alcance los valores que en otros subsectores analizados. No hay, por consiguiente, una uniformidad en los datos obtenidos y, si se analizan sólo los consumos de caliza por aquellas empresas que se les supone horno de tipo básico, ya que utilizan dolomía como refractario, el coeficiente específico de consumo de caliza es muy aproximadamente el calculado para el sector no integral; sin embargo como hay empresas que presentan un consumo de caliza muy bajo dado que su proceso técnico según puede preverse, es tipo ácido, el coeficiente desciende de valor.

En función de estas características y pasando todo el consumo de cal a caliza por medio de la relación 1 t. de cal = 2 t. de caliza, se ha estimado un coeficiente teórico del orden de 74 $\frac{\text{Kg de caliza}}{\text{t. de pieza fundida}}$. Para calcular el consumo total de caliza por el subsector se ha tenido en cuenta que sólo el 50% de la producción cotejada en la muestra asocia un consumo de caliza; este porcentaje se ha extendido a la producción total del subsector en 1973 y de esta manera se ha determinado un consumo de caliza del orden de 40.000 t. La re

lación entre el consumo de caliza y el consumo de cal por las industrias de la muestra es del orden de 3 a 1; por consiguiente se puede concluir que el subsector de moltería consumió en 1973, 30.000 t. de caliza y 5.000 t de cal.

2.3.3. Consumo de dolomía

La dolomía consumida por el subsector es poca, debido a que al ser el tipo más frecuente de horno el ácido, el refractario empleado es sílice y la dolomía sólo se emplea en los básicos.

Por medio de la muestra se ha determinado un coeficiente medio, como en casos anteriores, que ha tomado el valor de

$$44 \frac{\text{Kg de dolomía}}{\text{t de pieza fundida}}$$

De la producción cotejada en la muestra, sólo un 16% implica consumo de dolomía. Aplicando este porcentaje a la producción total se ha determinado un consumo de dolomía por el subsector, en 1973, que asciende a 7.730 t.

Como es natural, esta dolomía es calcinada o aglomerada, es decir preparada de antemano para poder ser empleada como revestimiento o para la solera de los hornos.

2.3.4. El mercado de las rocas industriales en el subsector de moldería.

Las empresas que demandan rocas industriales en el subsector suelen ser, en su gran mayoría, empresas de pequeño tamaño; este aspecto va a influir notablemente en el mercado de rocas industriales.

Las rocas que presentan una mayor importancia dentro de la industria de fundición son las arenas de moldeo, no sólo por ser las de mayor consumo sino por tener una influencia decisiva en la calidad y propiedades de los productos finales. Dentro del grupo de estas arenas de moldeo destacan sobremanera las arenas silíceas, que representan un 99% de las arenas consumidas. A estas arenas silíceas, en teoría, se les exigen una serie de características para garantizar el buen funcionamiento de los moldes que presentan una amplia gama, desde un análisis químico hasta una serie de características físicas o de tipo general, tal como se detallan a continuación:

a) Según el contenido de materias impalpables

	<u>Contenido de materias impalpables</u>
- Arenas silíceas superlavadas	- Hasta el 0,5%
- Arenas silíceas lavadas	- Entre el 0,5 y el 1%
- Arenas silíceas no lavadas	- Entre el 1 y el 2%

b) Según el índice de finura A. F. A. - Estos intervalos de finura son de lo más variado, pudiendo oscilar entre 20/30 a 200/270. El índice AFA es un índice de finura, que no refleja la distribución

granulométrica. Por eso, este dato debe ir acompañado del número de tamices en que se distribuye o de una curva acumulativa o de Gans de distribución de la granulometría.

c) Según la forma de los granos

- Arena de grano angular
- Arena de grano semiangular
- Arena de grano redondo

d) Según la humedad

- Arenas secas - 0,5% de humedad
- Arenas húmedas - 5% de humedad

e) Análisis químico

Se pide un análisis químico que el contenido de los siguientes compuestos en la arena: SiO_2 total; Al_2O_3 ; MgO ; CaO ; Fe_2O_3 y también las pérdidas por calcinación.

Como se puede apreciar, todas estas características implicarían un nivel del servicio de recepción de materias primas en las empresas consumidoras, que normalmente no alcanzan dado su pequeño tamaño. La causa primera de este problema es que los demandantes de arena, con la finalidad de garantizar en cierta medida la homogeneidad en su consumo y la aproximación a las características indicadas, centren su demanda sobre empresas proveedoras que presentan unas características técnicas e industriales que se

las satisfacen; aunque la existencia de pequeñas empresas proveedoras sigan teniendo gran fuerza dado el coste de los transportes que para estas rocas, como se sabe, es fundamental. Así, se puede citar que en la muestra cotejada dos empresas proveedoras :

- Arenas de Arija - Burgos
- Eusebio Echave - Vitoria

suministran más del 60 % de la demanda de arena de las empresas de la muestra, siendo 22 el número de empresas que suministran el resto.

Se analiza a continuación el mercado de la bentonita dada su estrecha relación con las arenas, ya que, como se ha dicho, su empleo es para aglomerante de éstas en la confección de los moldes. El principal problema con que tropieza la bentonita española es que no es sódica que es la exigida por estas industrias. La bentonita ha sufrido en las industrias del subsector cierto desprestigio por razones muy diferentes. Se cifran algunas de estas razones en que los proveedores no han sabido satisfacer una homogeneidad en la calidad, sufriendo grandes altibajos que han predispuesto a los consumidores en contra de ellas, hasta el caso de llegar a importar bentonita cuando querían gozar de esta homogeneidad; el perfeccionamiento en la calidad suministrada últimamente y el paso, por medios químicos, de las bentonitas cálcicas o sódicas, están superando el problema de las calidades y disminuyendo el orden -

de las importaciones.

Sin embargo, el fundamental problema de la bentonita es que está siendo sustituida en gran medida por las resinas sintéticas (fenólicas). Las causas de esta sustituibilidad radica en los aspectos técnicos y económicos. La preparación de moldes aglomerados con resinas presentan como ventaja primordial que no es necesario un alto grado de profesionalidad para su elaboración y, además, que el tiempo que implica su fabricación es mucho más pequeño que en el caso de la bentonita, con lo que esto supone de disminución en los costes. No hay que olvidar que el precio de las resinas es muy superior al de la bentonita, factor que, unido al aumento de calidad experimentado por las bentonitas españolas, puede ser decisivo en un futuro. Hoy día grupos de fundidores más especializados prefieren la bentonita a las resinas para un determinado tamaño de pieza. Por otra parte, el grado de recuperación de las arenas aglomeradas con bentonitas es mucho más alto que cuando se aglomeran con resinas.

En general, el número de proveedores de bentonitas a este subsector no es muy alto, cosa natural si se tiene en cuenta la preparación previa exigida para su utilización. Las características exigidas, teóricamente, a la bentonita es amplio y como puntos más importantes se pueden citar :

- Índice de finura.
- Punto de sinterización.
- $\frac{H}{p}$
- Pérdida por calcinación.
- Límite líquido.
- Análisis químico.
- Porcentaje de humedad.

Las fichas muestran que son muy pocas las empresas que pueden contrastar en su laboratorio estas características y esto trae como consecuencia que gran número de consumidores de bentonitas estén a merced de las características reales ofrecidas por el proveedor, características que sólo podrá comprobar en la práctica. Son fácilmente imaginables las consecuencias que acarrearán a estas pequeñas industrias fundidoras la comprobación de que son falsas las características atribuidas a las bentonitas que han adquirido.

Con respecto a los mercados de cal, caliza y dolomía, dado que su utilización es similar a la especificada en el apartado anterior, su comercialización reúne los mismos caracteres, siendo las calidades exigidas aún menos importantes, dado el tamaño empresarial y su escasa influencia en el producto final.

3. CONCLUSIONES

En función del análisis efectuado en los anteriores apartados se pueden determinar las siguientes conclusiones para cada tipo de roca:

3.1. Caliza

En el año 1973, el sector siderúrgico consumió 797.980 + 4.477,6 t de caliza. De esta cantidad, el 91% fue consumido por el subsector integral, seguido por el no integral y, por último, el de moldería.

La utilización de esta caliza es esencialmente para fundente en el horno alto y para la elaboración de mineral de hierro sinterizado. También se emplea como fundente en los hornos eléctricos de las acerías, pero en una proporción mucho más pequeña que los dos anteriores.

Para la utilización de la caliza en horno alto y sinterización, las empresas consumidoras-grandes empresas siderúrgicas integrales exigen a los proveedores unas especificaciones de calidad muy matizadas y ejercen un control de recepción muy alto. Estas especificaciones consisten en una granulometría, que, cuando la caliza se utiliza en el horno alto, es del orden de 10 a 60 mm, estando el mayor porcentaje entre 20 y 50 mm, y que, cuando se utiliza para sinterización, es de 0 a 3 mm. Además de la granulometría se comprueba el análisis químico que ha de mostrar esencialmente que el porcentaje de CaO en la caliza suministrada ha de ser del orden de un --

54% como mínimo, junto a 0,5 - 0,6% de MgO, 1 - 1,5% de SiO₂ y 0,06% de S como máximo. La pérdida por calcinación se pide que sea del orden un 45% como máximo.

Cuando la caliza se utiliza como fundente en los hornos de acería, las exigencias sobre las especificaciones no son tan rígidas -el tamaño de las empresas está en relación directa con la calidad del control de recepción establecido-; fundamentalmente se exige una granulometría del orden de 10 - 80 mm, estando el mayor porcentaje entre 25 y 60 mm. En algunos casos (pocos) se comprueba el análisis químico con unas características similares al anterior.

3.2. Cal

El consumo de cal en 1973 por el sector siderúrgico ascendió a - 272.193 + 16.417,8 t. Su utilización está dirigida hacia los hornos de acerías (L-D y eléctrico), donde se emplea como fundente. Para los hornos L-D se pide que tenga una granulometría del orden de 10 - 30 mm, mientras que para los eléctricos esta granulometría tiene una banda mucho más amplia de 50 - 150 mm. El análisis químico exigido pide que el porcentaje de CaO esté comprendido entre un 92 - 95% como mínimo y, además, que el MgO esté presente en 1,2 - 1,8% como máximo, y S entre 0,08 - 0,01% como máximo. Algunas empresas piden también contenido en SiO₂ (1-3% max.) y en Fe₂O₃ + Al₂O₃. Cuando el servicio de recepción es completo (grandes empresas) se controla la humedad y la reactividad; sin embargo, hay que hacer constar que, en gran número de empresas siderúrgicas, especialmente de las comprendidas en el subsector no integral, solamente se controla la granulometría y la reactividad, dejando la composición a cargo del proveedor.

Se puede determinar que la cantidad de caliza con un contenido medio en CaO de un 53%, necesaria para obtener la cantidad de cal consumida, se puede estimar en 487.900 t. (valores medios)

3.3. Dolomía

La dolomía consumida en 1973 por el sector alcanzó la cifra de 762.730 t. Hay que destacar que un 86% de esta cantidad fue consumida en forma cruda o calcinada para ser utilizada como fundente (cruda en horno alto, calcinada en hornos de acerías) y el resto se empleó como refractario, adquiriéndose adicionada a otras sustancias (alquitranada, aceitada, ...) o simplemente calcinada.

Cuando se emplea como fundente en el horno alto la granulometría exigida es del orden de 10- 60 mm, mientras que la utilizada en sinterización tiene una granulometría de 0 - 3 mm. Cuando se utiliza en hornos de acería, la granulometría es del orden de 50 - 90 mm.

Los análisis químicos exigen unos contenidos mínimos en MgO y CaO del orden de un 20% y un 31% respectivamente y unos máximos de 0,1 - 0,5% de S. (Según se utilice en acerías o altos hornos), de 0,6 - 3% SiO₂ y de 0,8 - 1,5% de Al₂O₃ + Fe₂O₃. La pérdida a la calcinación exigida está normalmente comprendida entre un 45 - 48%.

3.4. Dunita

El empleo de dunita ha estado esencialmente dirigido para fundente en el horno alto, y solamente ENSIDESA la ha empleado. Su consumo en 1973 ascendió a 151.073 t. La granulometría era del orden de 10 - 30 mm y la composición química exigida es de un 37% de SiO_2 , 36% de MgO , 7% de Fe , 2% de CaO , 2% de Al_2O_3 y 0,07% de S. Igualmente, se exige que la humedad que presente sea del orden de un 2% y tenga una pérdida a la calcinación de un 12%.

Son bastante controvertidos los criterios sobre la continuidad creciente o el abandono de la dunita como fundente en el horno alto. Un factor importante es que el precio de la dunita es casi tres veces el de la dolomía o la caliza.

3.5. Arenas silíceas

Las arenas silíceas son las rocas más utilizada por las industrias siderúrgicas. Su consumo en 1973 se elevó a 1.344.630 ± 157.014 t. De esta cifra de consumo, el 85,3% se empleó en el subsector de moldería, esencialmente en la fabricación de moldes para fundición, y el resto como aditivo en hornos tanto altos como de acerías. Las especificaciones de calidad que se especificarán serán las exigidas por las industrias de fundición que como se ha dicho son los principales consumidores. El control más exhaustivo se centra en la granulometría reflejada mediante los índices de finura A.F.A. Los índices A.F.A. más demandados son los 50 - 60, pero hay que tener en cuenta que la granulometría pedida está en función del tipo de pieza que se va a fundir (moldear) y de la exigencia de precisión o exactitud en las medidas y la perfección del acabado. Es fundamental que la arena esté lavada, seca (en algunos casos se solicita que esté húmeda) y exenta de carbonatos. El análisis químico exige un contenido de SiO_2 que, según los casos, oscila entre un 95 y un 99%. La forma de los granos subangular y su superficie lisa, el punto de sinterización del orden de 1.450 - 9C.

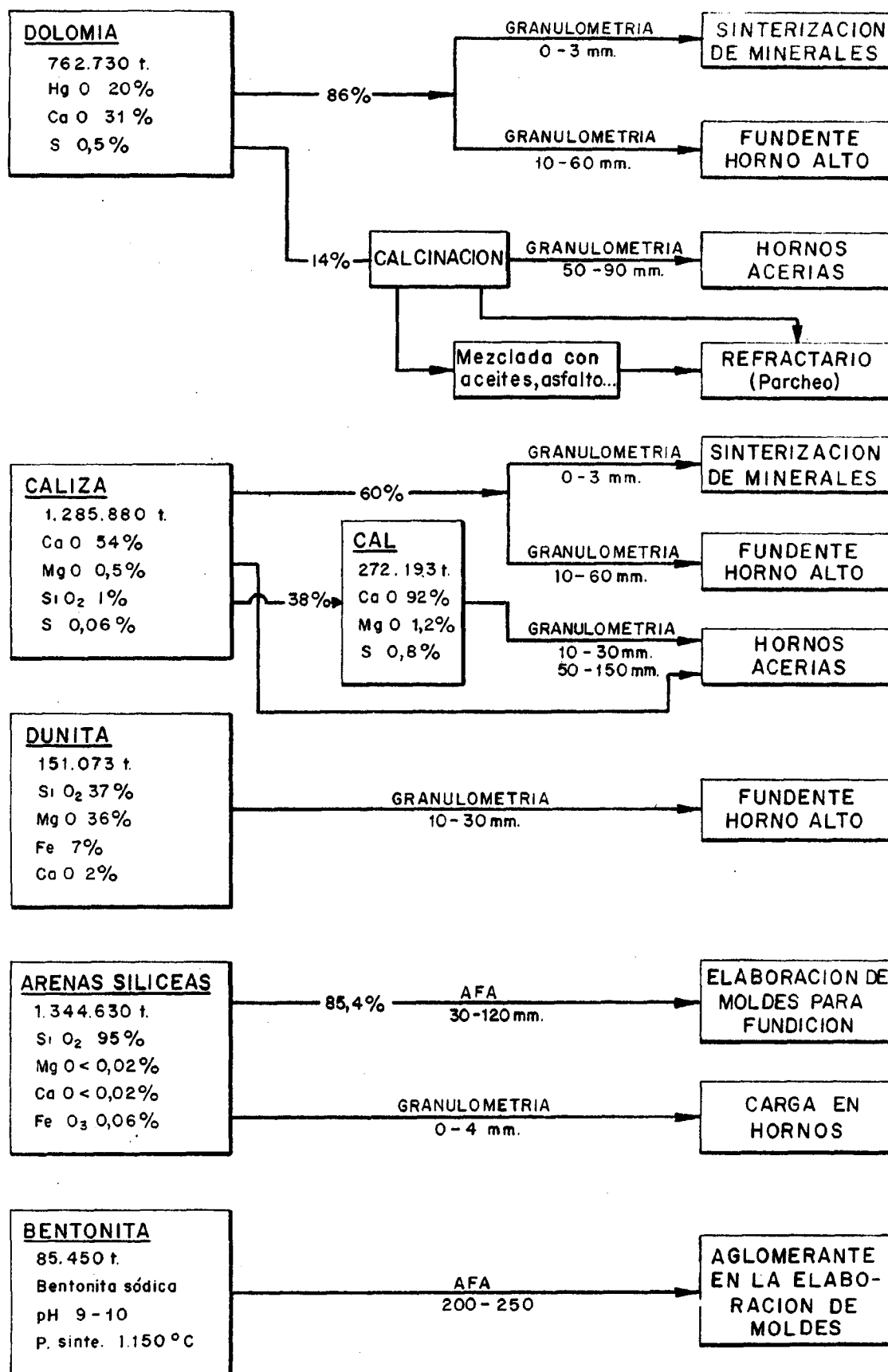
Estas características son las más comunes pero es necesario tener en cuenta la gran cantidad de proveedores existentes, lo que implica un número muy extenso de canteras de arena, esto acarrea el que algunos de los puntos citados varíen de unos proveedores a otros.

3.6. Bentonita

La bentonita, utilizada esencialmente como aglomerante de las arenas en la preparación de moldes para fundición, alcanzó un consumo en 1973 del orden de 85.450 t.

La bentonita debe ser del tipo bentonitas sódicas (activadas con carbonato sódico al 1%), su granulometría representada también por el índice de finura A. F. A. oscila entre 200 y 250 A. F. A. La hinchabilidad o absorción de agua debe ser del orden de 10 - 30 cm³/gr y su límite líquido puede alcanzar valores de 300 - 500% de agua sobre bentonita. Dos puntos importantes son el pH del producto, cuyo valor exigido oscila entre 9 y 10, y el punto de sinterización, que alcanza valores de 1.150°C. También se controla la pérdida a la calcinación que suele situarse entre un 5 y un 8%. La competencia establecida entre la bentonita y las resinas fenólicas ha obligado a los proveedores de la primera a efectuar un control de calidad sobre sus suministros, muy fuerte, con la finalidad de garantizar una homogeneidad en el producto servido, al mismo tiempo que facilita información detallada de las características y propiedades de la bentonita en cuestión.

ESQUEMA DE CONSUMO Y DISTRIBUCION POR USOS DE LAS ROCAS INDUSTRIALES EN EL SECTOR SIDERURGICO (Año 1973)



4. CONSIDERACIONES FINALES

Las fichas de las empresas muestran que hay otras rocas, además de las consideradas en el apartado 3., pero es una cantidad muy pequeña y normalmente se trata de una empresa que por causas especiales incorpora esta roca a su proceso de producción

En la actualidad, las rocas incluídas en el citado apartado, son insustituibles en los procesos siderúrgicos a que se incorporán, lo cual implica que el crecimiento de su consumo está íntimamente ligado al crecimiento del sector siderúrgico. Como dato estimativo baste saber que, con relación a 1972, la producción de arrabio experimentó en 1973 un crecimiento del 5,9% y que la producción de acero en el mismo período creció en un 13,5%. Caso especial es el de la dunita: es previsible que deje de usarse en gran escala en los hornos altos, aunque no es seguro; de todas formas esto redundaría en beneficio de un mayor consumo de caliza y dolomía. Por otra parte se tiene conocimiento de que se están realizando estudios sobre la aplicación de dicha roca a la elaboración del sinterizado.

El programa Siderúrgico Nacional para el período 1973-1982 prevé una producción de acero que pasará de 11.405×10^3 t en 1974 a 20.065×10^3 t en 1982 y, sobre todo, fomentará los consumos de mineral de hierro prerreducido, lo cual implica un mayor consumo de las rocas utilizadas como aglomerante en los procesos de producción (normalmente, suele ser bentonita). Es decir, supone un aumento extra de consumo de esta roca, además del normal correspondiente a sus usos habituales.

Por lo que respecta al subsector de moldería, hay claros indicios de su crecimiento, fruto del desplazamiento de este tipo de industria de muchos países hacia España, en especial las fundiciones dedicadas al sector del automóvil. Se estima para 1980 que la cifra de producción puede llegar a alcanzar los dos millones de toneladas (conferencia del presidente de la Asociación Técnica y de Investigación de la fundición).

El aspecto cualitativo de las rocas industriales, salvo en el subsector integral y en algunas empresas de gran tamaño de los otros subsectores, no plantea una preocupación primordial a las industrias siderúrgicas y, como se ha dicho, donde lo plantea no supone un grado de dificultad en cuanto a las especificaciones exigidas. Esto ha permitido que, hasta ahora, los proveedores de estas rocas hayan podido disfrutar de una gran tranquilidad a este respecto.

El crecimiento previsto de la industria siderúrgica, la incorporación de procesos más controlados por la exigencia de una más alta calidad, el intento de obtener productos competitivos frente a los mercados exteriores y la utilización cada vez mayor de productos que incorporan rocas industriales de una forma más controlada (peletización) van a redundar en un plazo más o menos corto en un control y una exigencia más exhaustiva del aspecto cualitativo de las rocas industriales consumidas por el sector siderúrgico, sin descartar que esta aquilatación cualitativa suponga en algunos casos la sustitución de una roca por otra que satisfaga mejor las condiciones exigidas. En resumen, el aumento de control sobre los productos siderúrgicos para obtener

una mejor calidad, implica un mayor control sobre las rocas industriales consumidas. Los proveedores tendrán que estar preparados para satisfacer en todo momento ese aumento de las exigencias cualitativas.

A todo lo largo del estudio se ha comprobado, por las entrevistas efectuadas, cómo los consumidores siderúrgicos de rocas echaban en falta una mayor información y documentación sobre estas sustancias; al mismo tiempo, exteriorizaban la falta de homogeneidad cualitativa que observaban en el servicio de recepción ó, en la práctica, en su consumo de rocas industriales.

Se impone, por consiguiente, una mayor coordinación entre proveedores y consumidores y un control más determinado sobre las calidades que se van a suministrar a los consumidores, si se quiere, por parte de la oferta, satisfacer en todo momento a la industria siderúrgica.

Aspecto importante sería facilitar a los consumidores datos y calidades de ciertas rocas que pueden proporcionarles facetas técnicas no cubiertas por las usadas actualmente y que fomentaría el consumo de las primeras; tal puede ser el caso del olivino utilizado como arena de moldeo para piezas de acero aleado, en sustitución de las arenas silíceas. En resumen, el sector siderúrgico y, en especial, la mediana y pequeña empresa adolecen de una falta de información clara, tanto técnica como de reservas y localización, sobre las rocas industriales.