

# Capítulo 4

## Materiales

---

### Contenido

<b>4.1</b>	<b>POLVO DE HIERRO</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>POLVO DE NÍQUEL</b>	<b>37</b>
4.2.1	NÍQUEL T210	37
4.2.2	NÍQUEL 4SP	38
<b>4.3</b>	<b>POLVO DE TITANIO</b>	<b>40</b>
<b>4.4</b>	<b>POLVO DE ALUMINIO</b>	<b>42</b>

Para la realización del presente proyecto, se han utilizado cinco tipos diferentes de polvos metálicos que describiremos en el presente capítulo. Para todos los tipos de polvos se ha realizado un análisis granulométrico mediante el equipo *Mastersizer 2000* disponible en el Laboratorio.

Dado que para caracterizar posteriormente los compactos sinterizados es conveniente que las muestras de polvo tomadas sean lo más parecidas posible a su distribución granulométrica, por ello han de tomarse siempre *muestras representativas* de polvo. La forma de tomar esta muestra representativa está perfectamente descrita en el *Manual de Laboratorio*<sup>[28]</sup>.

## 4.1 Polvo de Hierro

Se trata del polvo fabricado por la casa alemana *QMP Metal Powders GMBH* de referencia *WPL200* cuyas principales impurezas son el carbono (0.01 %) y oxígeno (0.12 %) y que tiene la siguiente composición según su fabricante:

<b>Fe</b>	99.4 %
<b>Mn</b>	0.2 %
<b>O</b>	0.15 %
<b>C</b>	0.01 %
<b>S</b>	0.009 %

**Tabla 4.1** Composición del polvo WPL200.

Y las siguientes densidades características:

<b>Densidad absoluta</b>	7.87 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de golpeo</b>	4.167 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad aparente</b>	2.720 g/cm <sup>3</sup>

**Tabla 4.2** Densidades del polvo WPL200.

El análisis granulométrico mostró:

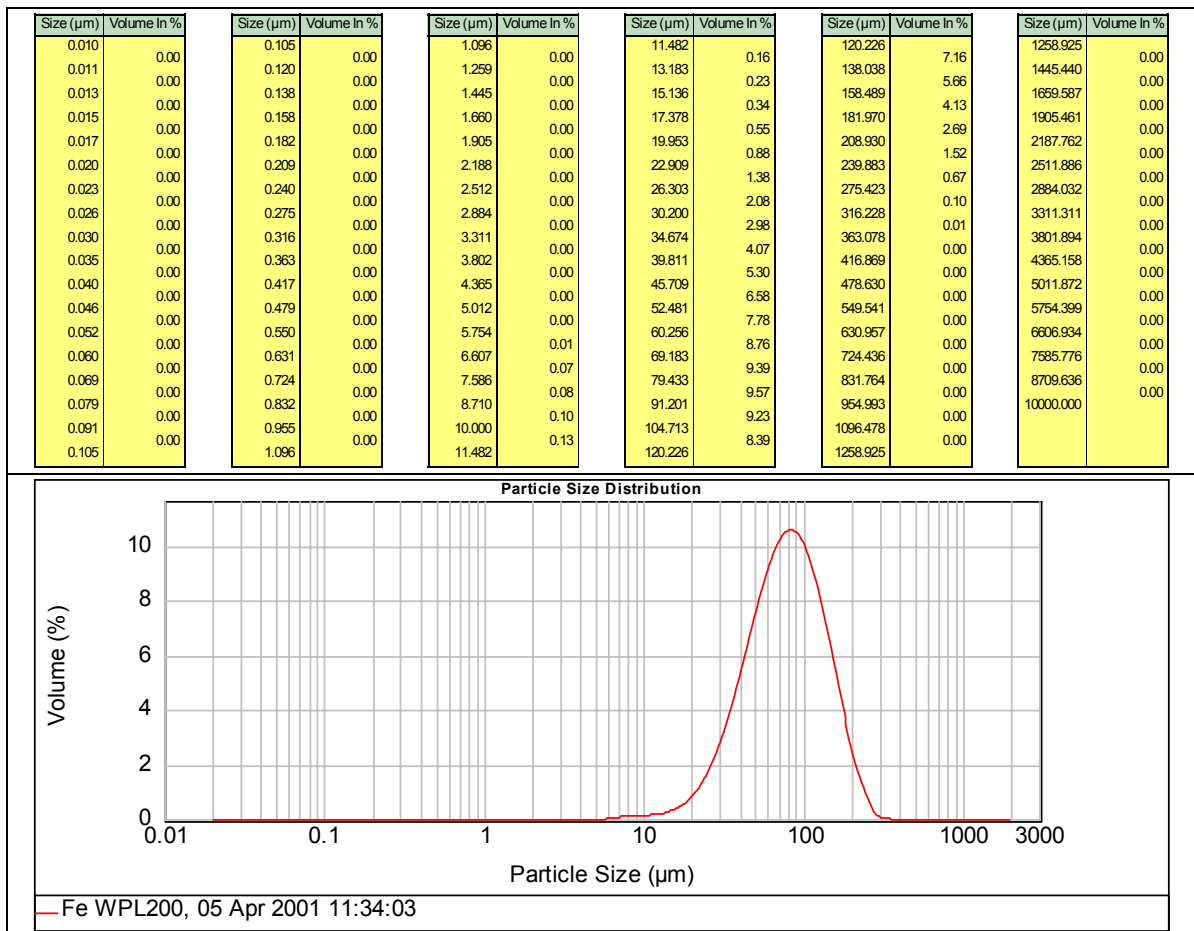


Figura 4.1 Análisis granulométrico del polvo WPL200.

Se trata de un polvo fabricado mediante atomizado acuoso. Tiene una buena resistencia en verde con una excelente compresibilidad. En la figuras 4.1 y 4.2 se muestran unas fotografías realizadas con el microscopio electrónico de barrido.

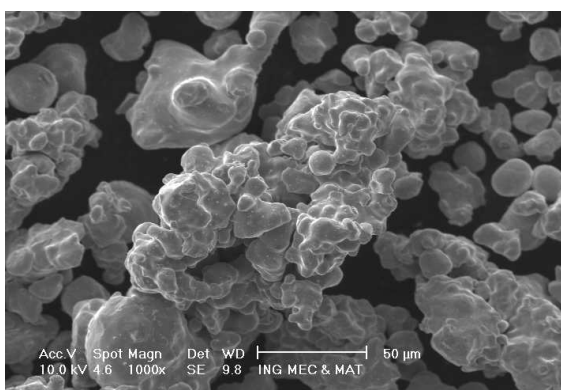


Figura 4.2 Polvo de hierro WPL200 x 1000.

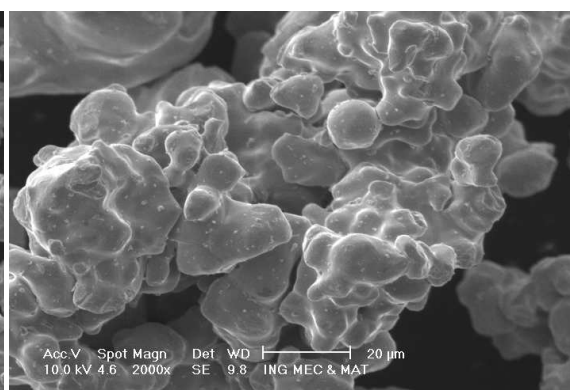


Figura 4.3 Polvo de hierro WPL200 x 2000.

Como referencia final indicaremos algunos valores de magnitudes que resultarán útiles en el análisis de resultados y que se refieren al hierro puro:

<b>Temperatura solidificación</b>	1811 K
<b>Temperatura evaporación</b>	3073 K
<b>Calor específico medio a 873 K</b>	$7 \cdot 10^{-4}$ kJ/(g·K)

Tabla 4.3 Algunas propiedades físicas del hierro puro.

## 4.2 Polvo de Níquel

Se han realizado experiencias con dos clases diferentes de polvo de níquel cuya principal diferencia es su muy diferente morfología y como consecuencia sus densidades aparentes.

Las propiedades físicas del níquel puro son las siguientes:

<b>Temperatura solidificación</b>	1728 K
<b>Temperatura evaporación</b>	3073 K
<b>Calor específico medio a 873 K</b>	$5.35 \cdot 10^{-4}$ kJ/(g·K)

Tabla 4.4 Propiedades físicas del Níquel puro.

### 4.2.1 Níquel T210

Se trata de un polvo suministrado por la casa *INCO* de referencia *T210*, con la siguiente composición:

<b>Impurezas</b>	<b>Balance</b>
<b>O</b>	<1.0 %
<b>C</b>	<0.5 %
<b>Fe</b>	<0.01 %
<b>S</b>	0.001 %

Tabla 4.5 Composición del polvo de níquel T210.

Las densidades características del polvo son:

<b>Densidad absoluta</b>	8.91 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de golpeo</b>	0.407 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad aparente</b>	0.248 g/cm <sup>3</sup>

Tabla 4.6 Densidades del polvo T210.

El análisis granulométrico mostró la siguiente distribución:

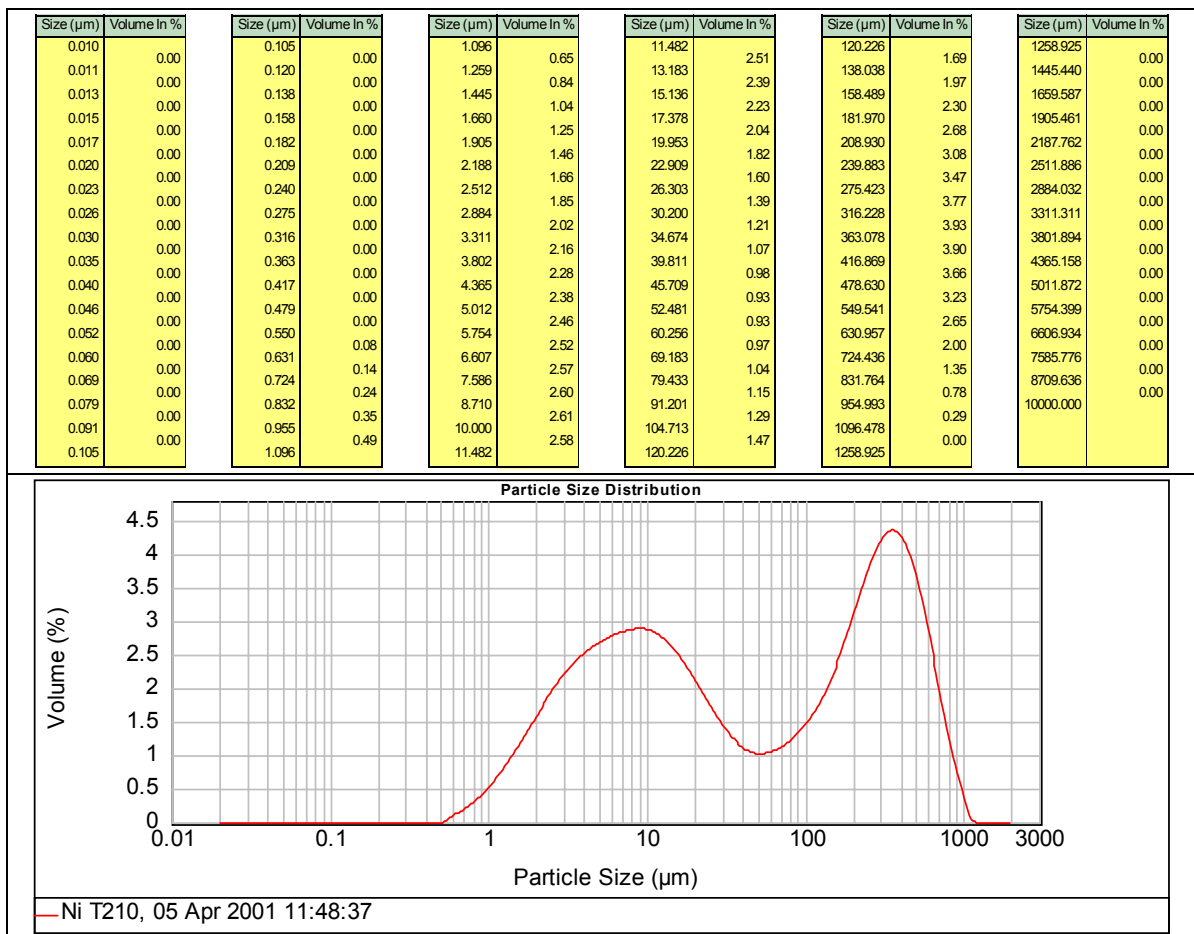


Figura 4. 4 Análisis granulométrico del níquel T210.

Este polvo de níquel presenta una morfología filamentososa que hace que se agrupe formando conglomerados esponjosos, como se muestran en las figuras 4.5 y 4.6.

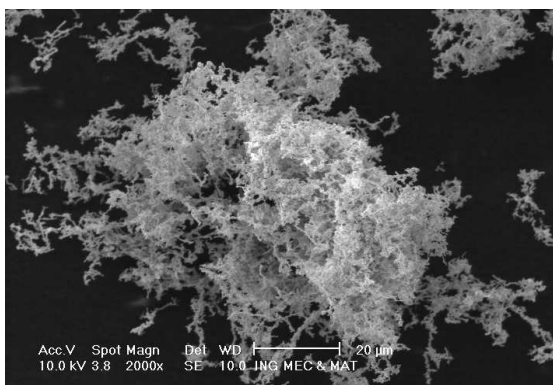


Figura 4.5 Polvo de níquel T210 x 2000.

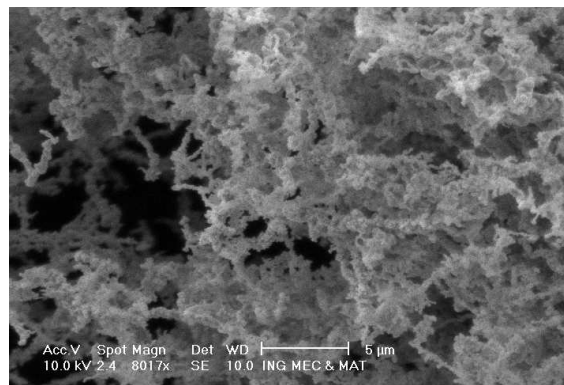


Figura 4.6 Polvo de níquel T210 x 8000.

### 4.2.2 Níquel 4SP

Se trata de un polvo suministrado por la casa *NOVAMET* de referencia *4SP*, con la siguiente composición según su fabricante:

Ni	99.9%
C	500 ppm
O	50 ppm
Fe	<20 ppm
S	2 ppm

Tabla 4.7 Composición del polvo de níquel 4SP.

y densidades características:

Densidad absoluta	8.91 g/cm <sup>3</sup>
Densidad de golpeo	5.20 g/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente	3.20 g/cm <sup>3</sup>

Tabla 4.8 Densidades del polvo de níquel 4SP.

El análisis granulométrico mostró:

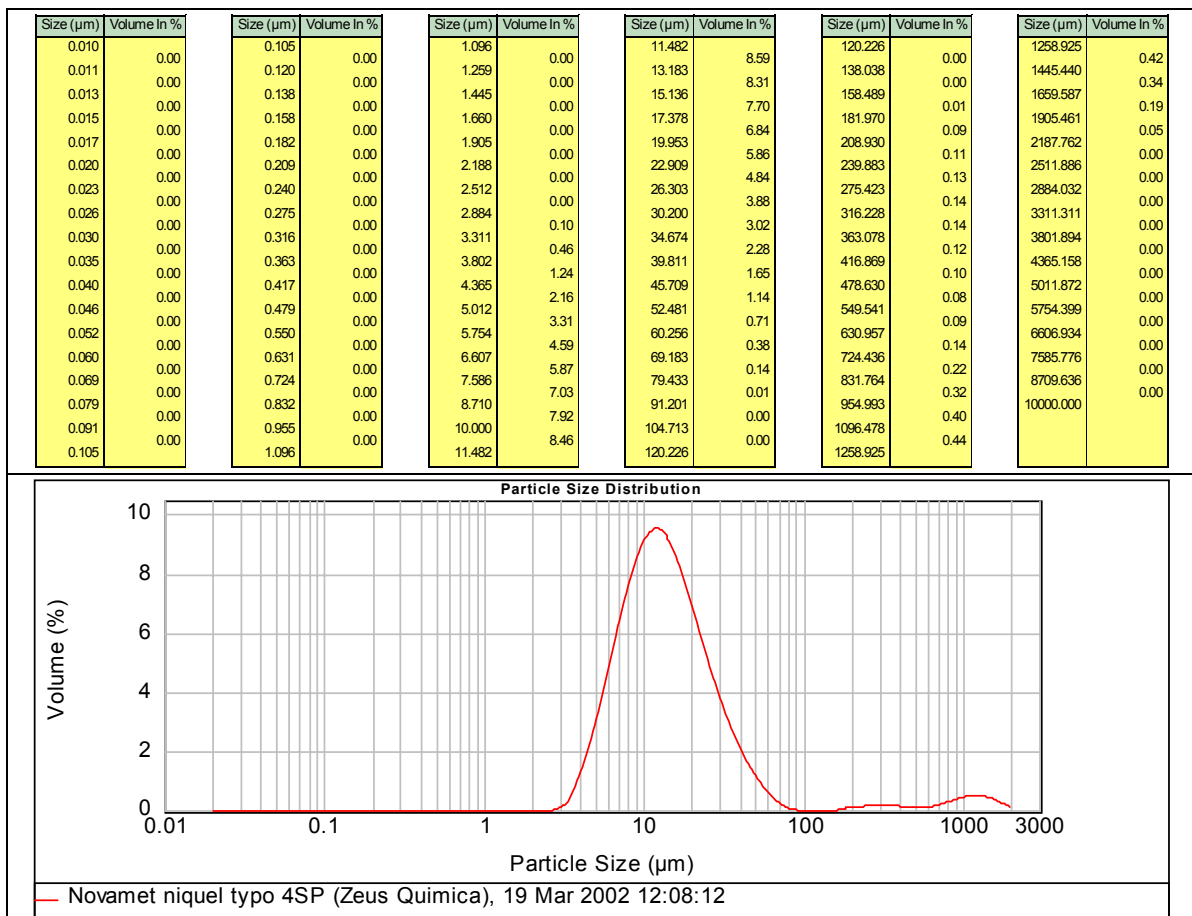


Figura 4.7 Análisis granulométrico del polvo de níquel 4SP.

Este polvo de níquel presenta una estructura esférica como muestra la figura 4.8, lo que lo diferencia claramente del anterior.

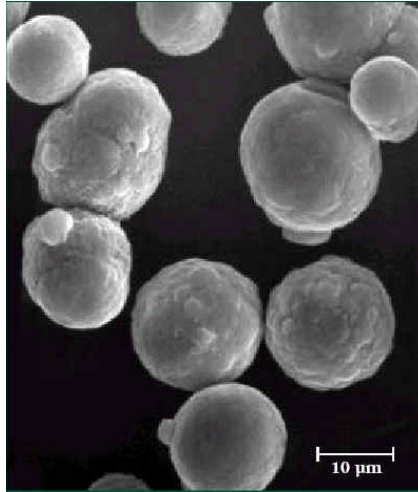


Figura 4.8 Estructura del polvo de níquel 4SP.

### 4.3 Polvo de Titanio

Se trata del polvo fabricado por la casa *DEESIDE* de referencia *TITANIUM POWDER GRADE P150*, elaborado mediante el proceso Hunter, que consiste en la reducción del titanio-tetracloruro ( $\text{TiCl}_4$ ) con sodio para producir el metal titanio y sal común. Tiene la siguiente composición según su fabricante:

<b>Ti</b>	99.4 %
<b>Cl</b>	0.15 %
<b>Na</b>	0.15 %
<b>O</b>	0.10 %
<b>Fe</b>	0.060 %
<b>Si</b>	0.030 %
<b>C</b>	0.020 %
<b>N</b>	0.015 %
<b>H</b>	0.010 %
<b>Cr</b>	0.002 %
<b>Ni</b>	0.001 %

Tabla 4.9 Composición del polvo de titanio P150.

y densidades características:

<b>Densidad absoluta</b>	4.51 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de golpeo</b>	1.33 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad aparente</b>	1.04 g/cm <sup>3</sup>

Tabla 4.10 Densidades del polvo de titanio P150.

Del análisis granulométrico se obtuvieron los siguientes datos:

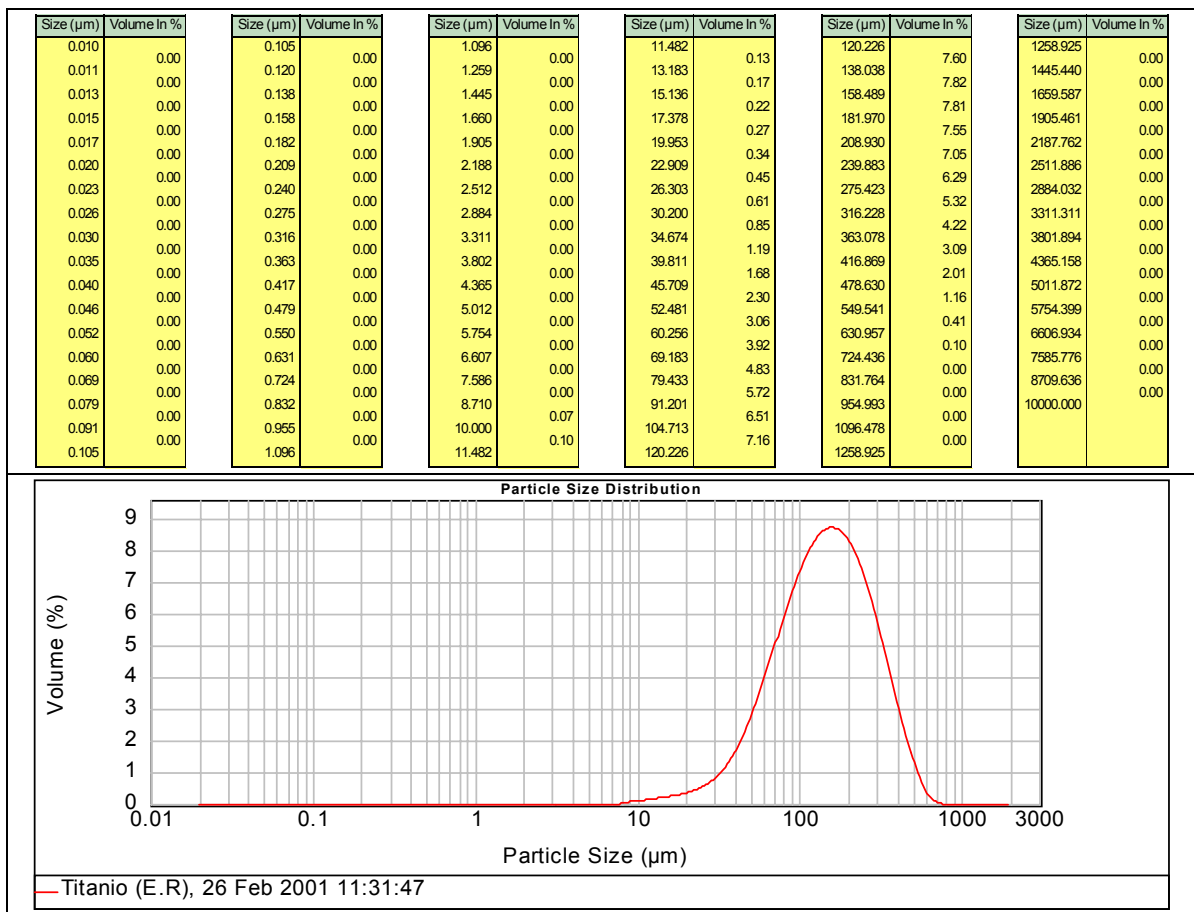


Figura 4.9 Análisis granulométrico del polvo de titanio P150.

En la figuras 4.10 se muestra una fotografía del microscopio electrónico de barrido.

La masa del polvo, es de color gris metálico. La figura 4.10 muestra el polvo formado por partículas de tres formas distintas. La mayoría del polvo consta de partículas esponjosas, además de partículas en forma de palos y también de partículas en forma de rosquillas. Con el análisis químico, que se puede hacer mediante microscopía S.E.M., para cada partícula, se ha comprobado que todas las formas de partículas consisten de las mismas composiciones.

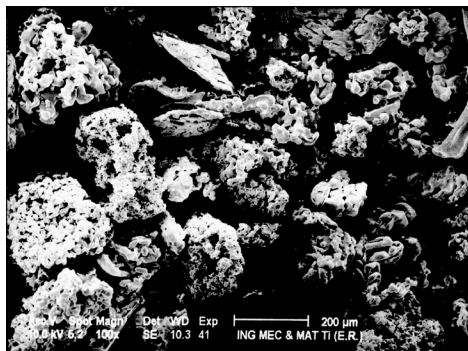


Figura 4.10 Polvo de titanio P150 x 100.

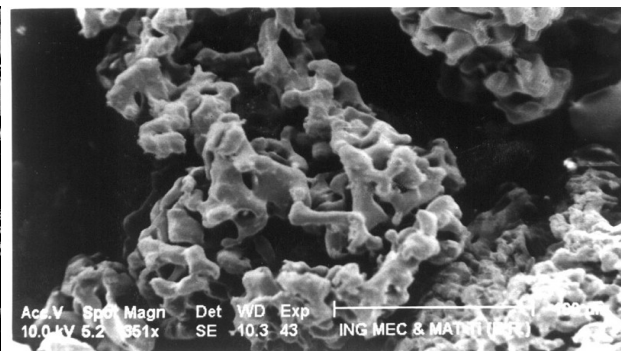


Figura 4.11 Polvo de titanio P150 x 351.

La forma esponjosa se debe a que son polvos fabricados por el procesado Hunter. Y en la tabla siguiente se muestran algunas propiedades relevantes del titanio puro:



<b>Temperatura solidificación</b>	1946 K
<b>Temperatura evaporación</b>	3573 K
<b>Calor específico medio a 800 K</b>	$6.33 \cdot 10^{-4}$ kJ/(g·K)

Tabla 4.11 Propiedades físicas del titanio puro.

## 4.4 Polvo de Aluminio

Se trata del polvo fabricado por la casa *ECKART-WERKE* de referencia *ECKA-AS61*. Según un análisis realizado por el Instituto de Técnica Aeroespacial de Madrid, la principal impureza es el hierro, presente en un 0.15 %.

Sus densidades características se muestran en la siguiente tabla:

<b>Densidad absoluta</b>	2.70 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de golpeo</b>	1.50 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad aparente</b>	0.97 g/cm <sup>3</sup>

Tabla 4.12 Densidades del polvo de aluminio ECKA AS61.

Del análisis granulométrico se obtuvieron los siguientes datos:

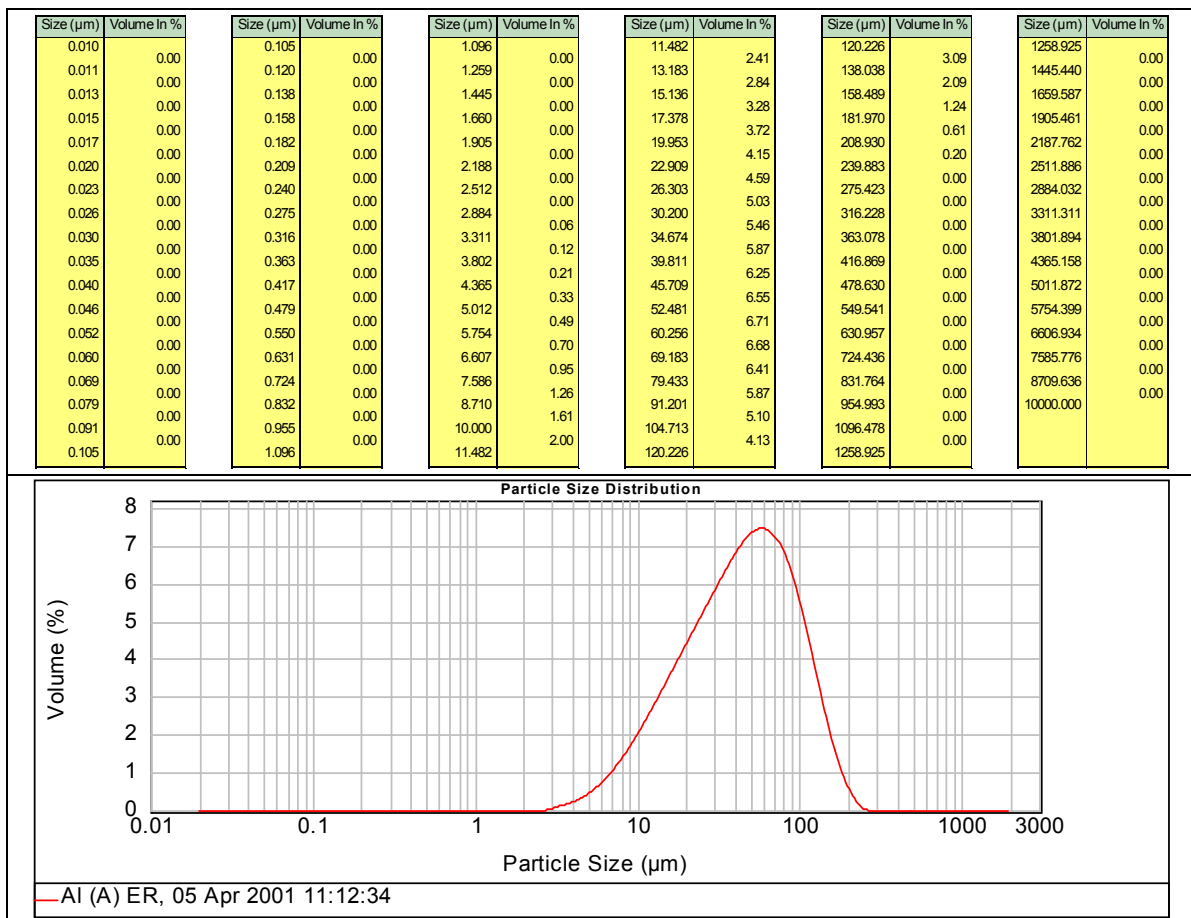
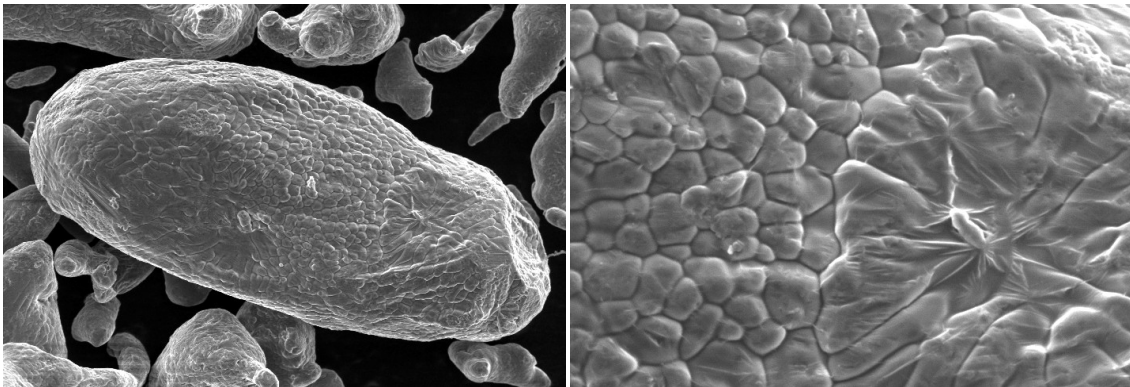


Figura 4.12 Análisis granulométrico del polvo de aluminio ECKA AS61.

En las figuras 4.13 y 4.14 se muestra una fotografía del microscopio electrónico de barrido. El método de obtención de este material fue la atomización de aluminio fundido usando aire comprimido.



**Figura 4.13** Polvo de aluminio AS61 x 1000.

**Figura 4.14** Polvo de aluminio AS16 x 4000.

Sus propiedades físicas son las siguientes:

<b>Temperatura solidificación</b>	933.5 K
<b>Temperatura evaporación</b>	2673 K
<b>Calor específico medio a 600 K</b>	$1.042 \cdot 10^{-3}$ kJ/(g·K)

**Tabla 4.13** Propiedades físicas del aluminio puro.