

# RECICLADO DE POLVO DE DECAPADO COMO COMPONENTE DE LA PREMEZCLA PARA SINTER<sup>1</sup>

Ramos Silvina<sup>2</sup>  
Martin Domínguez<sup>2</sup>  
Pedro Etchevarne<sup>3</sup>  
Armando Pettorossi<sup>4</sup>  
Cecilia Dalmasso<sup>5</sup>

## Resumen

El polvo de decapado es un subproducto obtenido en la recuperación del ácido clorhídrico que se utiliza en dicha etapa del proceso siderúrgico para eliminar el óxido de las bobinas del acero laminado en caliente. El objetivo de este trabajo es encontrar una vía de reutilización del polvo considerando que presenta en su composición química un alto porcentaje de óxido férrico, lo cual permitirá reemplazar parte de la materia prima ferrosa incluida en la premezcla para sinterizar. El contenido de cloro y su granulometría muy fina limitan su empleo, por lo que se requiere un proceso previo para evitar excesiva generación de polvo durante su manipuleo y formación de la premezcla. Varios ensayos, tales como aglomeración en frío en forma de micropellets, fueron realizados a escala laboratorio y a escala industrial para lograr aglomerarlo y así mejorar las condiciones de manipuleo y posterior carga.

**Palabras clave:** Reutilización; Reciclado; Polvo de decapado; Sinter; Premezcla.

## USE OF PICKLING DUST AS COMPONENT OF PREMIX TO SINTER PROCESS

### Abstract

Pickling dust is a by product obtained from hydrochloric acid regeneration from ferric chloride generated in the pickling process to removal of iron oxides formed during hot rolling steel. This work aimed the recycling of pickling dust considering that the dust presents high percent of ferric oxide which can be reused in order to replace some of the ferrous raw materials included in the premix for sintering. The chlorine content and fine grain size limit its use, so a prior process to avoid excessive dust generation during handling and making of the premix is require. Several tests, such as cold agglomeration in the form of micropellets, were carried out in laboratory and industrial scales to get agglomerate it and to improve its handling and later charge.

**Key words:** Reuse; Recycling; Pickling dust; Sinter; Pre mixture.

<sup>1</sup> Contribución técnica al 43° Seminario de Reducción de Mineral de Hierro y Materias Primas, 14° Simposio Brasileño de Mineral de Hierro y 1° Simposio Brasileño de Aglomeración de Mineral de Hierro, 1al 4 de setiembre de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Ingeniera y Técnico, Laboratorio de Materias primas y Reducción, Instituto Argentino de Siderurgia, San Nicolás, Argentina.

<sup>3</sup> Tecnólogo, Lab. Reducción, Ternium Siderar, San Nicolás, Argentina.

<sup>4</sup> Especialista en Ingeniería Industrial, Lab. Reducción, Ternium Siderar, San Nicolás, Argentina.

<sup>5</sup> Jefa Lab. Reducción, Ternium Siderar, San Nicolás, Argentina.

## **1 INTRODUCCION**

Se inicia un trabajo en conjunto Ternium Siderar-IAS que contempla ensayos a escala laboratorio y pruebas a escala industrial con el objetivo de encontrar aplicaciones alternativas para diferentes subproductos (polvo de decapado, barro fino de LD, polvos de alto horno, finos de coque, etc.) que aún no son reutilizados debido a características particulares tales como, granulometría o contenido de elementos químicos indeseables.

Es así que en primera instancia se selecciona al polvo de decapado para evaluar la viabilidad de reciclado interno. Este subproducto a pesar de presentar características particulares, tales como su alto contenido en cloro y granulometría extremadamente fina, que han limitado su uso directo, presenta la cualidad de su elevado contenido en óxido férrico.

Una de las posibles vías de utilización está dirigida a su adición, en bajas proporciones, en premezcla para sinter. Fue necesario entonces desarrollar una técnica para lograr su incorporación, ya que al ser un material muy fino genera excesiva polución.

La micropelletización fue aceptada para mejorar el manipuleo. Primero se utilizó humectación con agua y aglomeración dentro de un tambor giratorio, a escala industrial con resultados poco satisfactorios ya que, si bien se lograron aglomerados, al perder humedad se desintegraban.

Una opción para evitar desintegración de los micropellets fue incorporar un material aglomerante, cal hidratada, con buenos resultados a escala laboratorio, escala de planta piloto y posterior adición del polvo a escala industrial, limitado por su contenido de cloruros y polución.

Para evaluar la eliminación o disminución de los cloruro presentes en el polvo de decapado se llevó a cabo un tratamiento a alta temperatura en laboratorio que permitiría en un futuro un mayor reciclado del polvo.

## **2 MATERIAL Y MÉTODOS**

Para el reciclado de subproductos, iniciado con los posibles usos para el polvo de decapado se consideran varias etapas.

### **2.1 Micropelletizado en Tambor Giratorio (Prueba Semi-Industrial)**

Para dicha prueba realizada a escala semi-industrial en planta Ternium Siderar se emplearon diferentes porcentajes de humedad y las muestras fueron tomadas a diferentes tiempos para evaluar la formación de los micropellets.

En laboratorio se determinaron los porcentajes de humedad de cada muestra y los tamaños de las partículas obtenidas. En la Figura 1 se puede observar la carga del tambor giratorio y la descarga de material humectado y aglomerado.



Figura 1. (a) Carga de polvo en tambor giratorio; y (b) descarga de material aglomerado.

## 2.2 Micropelletizado en Laboratorio Empleando Cal Hidratada

Dado que el micropelletizado en tambor giratorio del polvo de decapado utilizando diferentes porcentajes de agua no dieron resultados satisfactorios, se definieron pruebas a escala laboratorio de aglomeración empleando cal hidratada. Para ello se empleó un dispositivo giratorio (rueda pelletizadora) que permite la formación de pellets (Figura 2).



Figura 2. (a) Dispositivo giratorio; y (b) pellets formados.

## 2.3 Uso de Polvo de Decapado en Planta Piloto de Sinterización (Ternium Siderar)

Esta prueba tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación del polvo de decapado sobre la productividad, consumo de combustible y la calidad del sinter. Se adicionó un 2% de este material en la mezcla a sinterizar en reemplazo del mineral de hierro importado.

Se realizaron ensayos de referencia con la composición actual de la mezcla para sinter y ensayos con 2% de polvo de decapado (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición porcentual de las mezclas a ensayar

Materias Primas	Sin polvo de decapado	Con 2% de polvo de decapado
Finos de retorno	28,0	28,0
Coque fino	4,1	4,1
Finos de calcinado	1,2	1,2
Premezclado	15	15
Finos de mineral	10	10
Serpentina	5,2	5,2
Arena	0,1	0,2
Caliza fina	15,9	15,7
Micropellet polvo de decapado	-	2,0
Finos mineral de hierro 1	21,1	20,3
Finos mineral de hierro 2	31,6	30,5

## 2.4 Tratamiento Térmico a Escala Laboratorio de Pellets de Polvo de Decapado

Considerando que el contenido de cloruros restringen el uso de polvo de decapado, se estudia su pelletización con adición de finos de carbón, coque y cemento refractario como ligante. Así se verifica la evolución en particular del cloro y del cinc, como así también el comportamiento del hierro, a una temperatura de 1200°C.

Pellets fabricados con polvo de decapado y diferentes porcentajes de reductor (Figura 3).



**Figura 3.** (a) Pellets verdes de polvo de decapado con 15%de reductor; y (b) 30% de reductor.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Micropelletizado en Tambor Giratorio (Prueba Semi-Industrial)

En las tablas 2, 3 y 4 se detallan los valores de agua adicionada, tiempo empleado en la aglomeración y los resultados obtenidos en las determinaciones de humedad y tamaño de partículas para las muestras correspondientes a cada prueba.

**Tabla 2.** Parámetros de prueba 1

Agua adicionada	Muestra (min mezclado)	Humedad (%)	Tamaño de partículas promedio (aprox.)
15%	M <sub>1</sub> (15 min)	11,7	Entre 6,5 y 32 mm (la mayor parte entre 14 - 15 mm)
	M <sub>2</sub> (52 min)	11,2	Entre 5,5 y 21 mm (la mayor parte entre 8 - 9 mm)

**Tabla 3.** Parámetros de prueba 2

Agua adicionada	Muestra (min mezclado)	Humedad (%)	Tamaños de partículas promedio (aprox.)
20%	M <sub>3</sub> (15 min)	18,0	Entre 7,0 y 25,5 mm (la mayor parte entre 16 - 17 mm)
	M <sub>4</sub> (30 min)	18,1	Entre 6,5 y 31,0 mm (la mayor parte entre 11 - 12 mm)

**Tabla 4.** Parámetros de prueba 3

Agua adicionada	Muestra (min mezclado)	Humedad (%)	Tamaños de partículas promedio (aprox.)
25%	M <sub>5</sub> (15 min)	18,8	Entre 7,0 y 32,0 mm (la mayor parte entre 20 - 21 mm)
	M <sub>6</sub> (30 min)	18,0	Entre 6,0 y 36,0 mm (la mayor parte entre 11 - 12 mm)

## 3.2 MICROPELLETIZADO EN LABORATORIO EMPLEANDO CAL HIDRATADA

### 3.2.1 Polvo de decapado + 10% cal hidratada

La formación de los pellets no presentó dificultad y a medida que iban aumentando de tamaño eran retirados del dispositivo giratorio. En la tTabla 5 se detallan los resultados de ensayos de humedad y resistencia realizados en los pellets obtenidos.

**Tabla 5.** Resultados de ensayos realizados sobre los pellets de prueba1

Ensayos	Valores
Compresión en húmedo (recién elaborado)	2 kg (promedio)
Compresión 1 día de elaborado	3,5 kg (promedio)
Compresión 2 días de elaborado	4 kg (promedio)
Compresión secado en estufa	3 kg (promedio)
Compresión luego de exponer a 500°C	4 kg (promedio)
Compresión luego de exponer a 900°C	12 kg (promedio)
Caída en húmedo desde 1 m de altura	Rompe a las 6 caídas
Humedad final de los pellets	31,6 %



### 3.2.2 Polvo de decapado + 25% cal hidratada

La obtención de los primeros gérmenes o núcleos que dan origen a los pellets finales fue muy dificultosa con el aumento del contenido de cal hidratada. En la tabla 6 se detallan los resultados de ensayos de humedad y resistencia realizados en los pellets obtenidos.

**Tabla 6.** Resultados de los ensayos realizados sobre los pellets de prueba 2

Ensayos	Valores
Compresión en húmedo (recién elaborado)	2 kg (promedio)
Compresión secado en estufa	4 kg (promedio)
Compresión 1 día de elaborado	3 kg (promedio)
Caída en húmedo desde 1 m de altura	Rompe a las 3 caídas
Humedad final de los pellets	25%



### 3.3 Uso de Polvo de Decapado en Planta Piloto de Sinterización (Ternium Siderar)

En la Tabla 7 se detallan los parámetros de proceso y calidad de sinter obtenido. No se observan diferencias significativas en productividad y calidad del sinter. Se observa una mejora en el valor de la degradación a baja temperatura RDI.

**Tabla 7.** Resultados de las pruebas

Variables	Sin polvo de decapado	Con 2% de polvo de decapado
Densidad de carga (kg/dm <sup>3</sup> )	1,80	1,79
Humedad (%)	6,70	6,71
Productividad (t/día.m <sup>2</sup> )	42,9	43,1
Consumo de coque fino (kg/t)	61,7	62,1
Tamaño medio del sinter (mm)	17,0	17,6
Índice de caída (%)	75,9	75,5
Índice de tambor (%)	77,9	76,9
RDI (%)	15,5	12,3
Reducibilidad (%)	69,1	67,0
Fe total	53,8	54,1
CaO/SiO <sub>2</sub>	2,47	2,48

### 3.4 Uso Industrial en Planta de Sinter

Una premezcla del polvo de decapado con cal hidratada fue realizada para su consumo en la planta de sinter a través de la premezcla.

Esta premezcla se adicionó a la mezcla a sinterizar entre Setiembre de 2008 a Enero de 2012 en muy bajas proporciones para minimizar el efecto del contenido de cloro y la polución.

Se incorporó a razón de 1,1 kg de polvo de decapado/tn de sinter (0,1% en la mezcla) sin detectar variaciones significativas en la producción ni calidad del sinter.



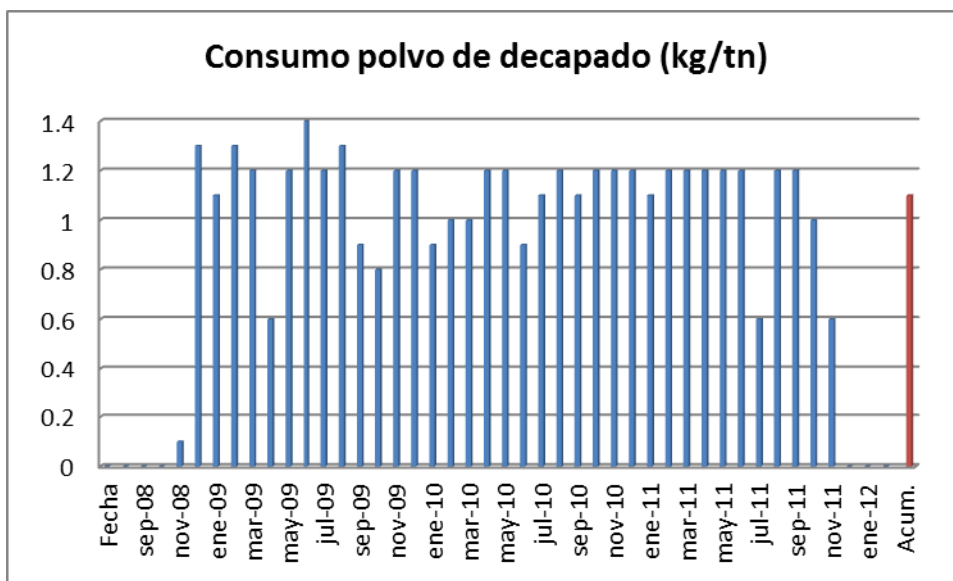


Figura 4. Consumo del polvo de decapado en planta de sinter.

### 3.5 Tratamiento Térmico a Escala Laboratorio de Pellets de Polvo de Decapado

#### 3.5.1 Pellets fabricados con polvo de decapado y diferentes porcentajes de reductor

En la Tabla 8 se presenta la evolución del cloro, cinc y hierro en la composición química de las muestras antes y después de calcinadas. En la Tabla 9 se detallan los resultados de resistencia.

Tabla 8. Análisis químico de los pellets verdes y de los calcinados a 1.200°C

Pellets polvo de decapado 15 % reductor			Pellets polvo de decapado 30 % reductor		
Elementos	Crudos	Calcinados	Elementos	Crudos	Calcinados
% Fe total	51,5	62,9	% Fe total	44,4	67,2
% Fe <sup>0</sup>	2,0	9,4	% Fe <sup>0</sup>	1,1	14,3
% FeO	0,6	47,1	% FeO	0,95	52,3
ppm Cl-	479	257	ppm Cl-	425	89
% C	12,5	0,06	% C	25,6	3,0
% S	0,094	0,027	% S	0,2	---

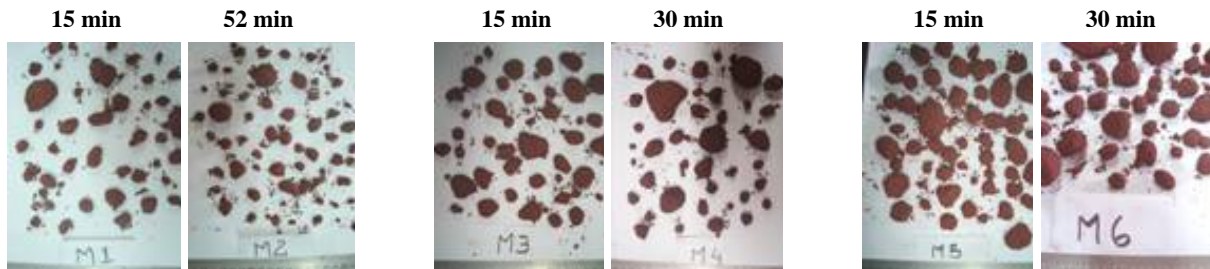
Tabla 9. Resultados de ensayo de compresión en pellets calcinados a 1.200°C

Valores de ensayo	Pellets polvo de decapado 15 % reductor	Pellets polvo de decapado 30 % reductor
Carga máxima (kg)	80	75
Carga mínima (kg)	13	1
Carga media (kg)	45	22

## 4 DISCUSIÓN

La microaglomeración del polvo de decapado empleando como ligante diferentes porcentajes de agua y diferentes tiempos de permanencia dentro del tambor, permiten la obtención de pellets de forma irregular y tamaños variables (Figura 5).

En los primeros 15 minutos de giro del tambor el tamaño de los pellets se mantiene o aumenta luego de 30 minutos.

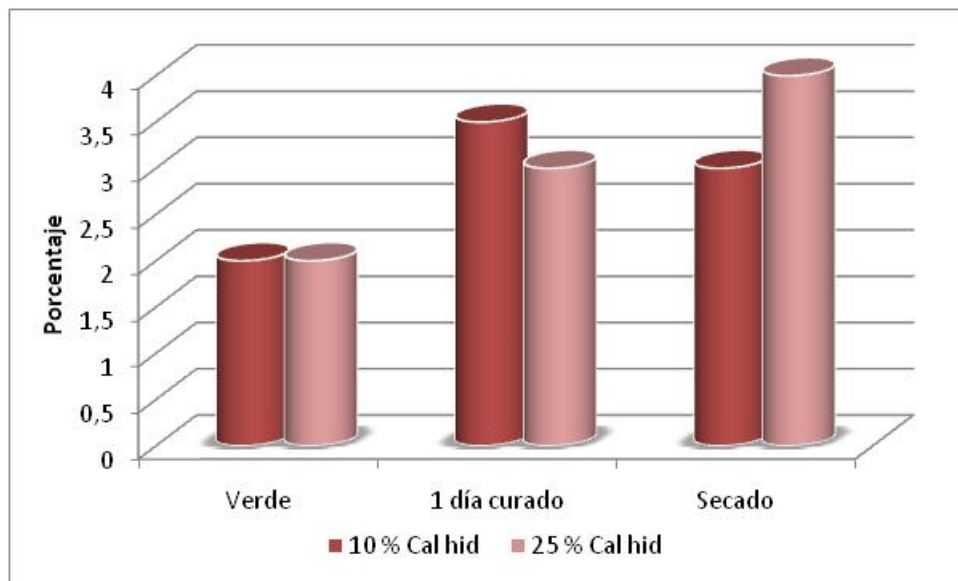


**Figura 5.** Aglomerados obtenidos con adición de agua 15% (a), 20%(b) y 25% (c).

Además se observa que a medida que aumenta el porcentaje de agua los pellets se mantienen formados por más tiempo.

Este método cuenta con la desventaja que al transcurrir el tiempo y mantenerlos apilados en espera se pierde la capacidad aglomerante del agua.

La adición de cal hidratada mejora significativamente la estabilidad de los micropellets. Los resultados de resistencia, comparando diferentes porcentajes de cal hidratada muestran que los valores en la condición recién elaborado no muestran diferencia apreciable con el aumento de cal hidratada (Figura 6).



**Figura 6.** Aglomerados obtenidos con adición de agua 15% (verde), 20%(1 día curado) y 25% (secado).

Los pellets con 10% de cal hidratada presentan mayor resistencia a la compresión y mayor resistencia a la caída luego de un día de curado. Sin embargo secando los pellets en estufa se observa que los que presentan mayor porcentaje de cal hidratada (25%) poseen los valores más altos (Figura 6).

Se establece el porcentaje de 10% de cal hidratada como óptimo para la elaboración a escala industrial.

El contenido de cloruros de los pellets de polvo de decapado disminuye con el tratamiento a 1.200°C, con un consiguiente aumento del contenido de hierro metálico (Figuras 7 y 8). Esto representa un beneficio importante para el proceso e instalaciones de sinterización considerando la nocividad de estos elementos.



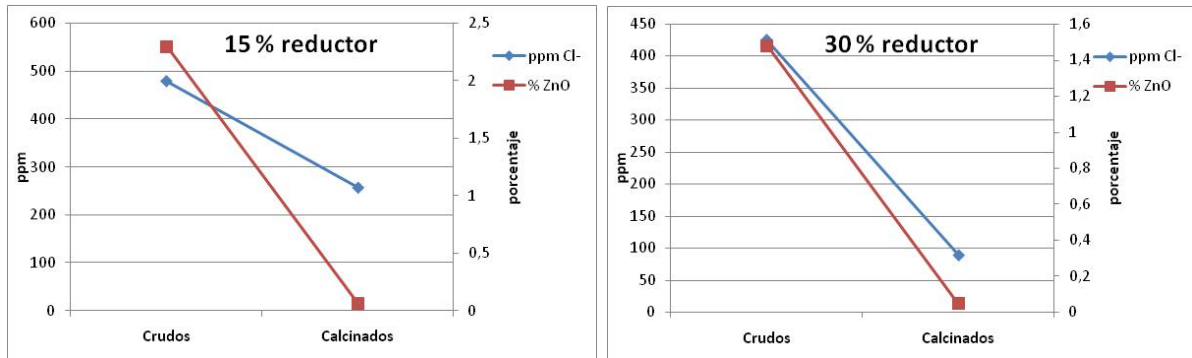


Figura 7. Evolución de % de Zn y ppm de cloruros en las muestras crudas y calcinadas.

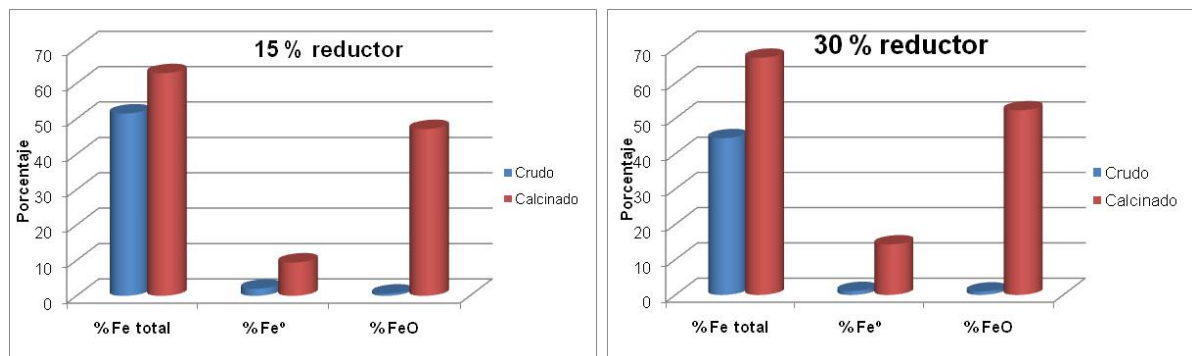


Figura 8. Porcentaje de hierro en pellets de polvo de decapado con diferentes porcentajes de reducción.

El aumento del contenido de agente reductor del 15 al 30% se manifestó en una mayor generación de hierro metálico y mayor disminución del contenido de cloruros en los pellets, sin embargo la resistencia media a la rotura es mayor con menor porcentaje de reductor.

## 5 CONCLUSION

El estudio de viabilidad de reutilización de subproductos mediante un proceso de micropeletizado en primera instancia con el polvo de decapado permiten concluir que:

- estudios de laboratorio y a escala semindustrial demostraron la factibilidad de producir una micropeletización del polvo de decapado que resulta más efectivo con el empleo de un 10% de cal hidratada;
- estudios en planta piloto demostraron la viabilidad de incorporar este material en la mezcla a sinterizar sin producir cambios significativos en la productividad ni calidad del sinter;
- su incorporación directa a escala industrial con la adición de 10% de cal hidratada a la mezcla a sinterizar, en muy bajas proporciones para limitar la influencia negativa de los cloruros y la polución, no produjo cambios significativos en la producción ni calidad del sinter. Para aumentar el reciclado de este subproducto en mayor proporción en la planta de sinter se sugiere la incorporación de un proceso adecuado de pelletizado lo que implica incorporación de equipamientos adecuados para dicho proceso;
- la disminución del contenido de cloruros por medio de un tratamiento a 1200°C de pellets formados por polvo de decapado y adición de reductor es

una metodología que favorecería también el reciclado requiriendo para tal fin la incorporación de un horno adecuado;

- estos resultados que forman parte de un estudio global de reciclado de diferentes subproductos es una herramienta que permite determinar de qué forma podría reutilizarse el subproducto y cuál o cuáles tecnologías son necesarias para lograr el objetivo.