

PUESTA EN MARCHA DEL ALTO HORNO N°1 DE TERNIUM SIDERAR Y EXPERIENCIA A BAJA PRODUCTIVIDAD¹

Roberto Musante²
Gabriel Puertas³
Gustavo Cegna⁴
Claudio Partemio⁵
Walter Martínez⁶

Resumen

El Alto Horno 1 de Ternium Siderar en San Nicolás Argentina inició su séptima campaña de operación a mediados de 2010 luego de un *relining* completo. Se describen las características del Alto Horno, la puesta en marcha y los meses iniciales de operación a niveles productivos acotados. Durante este período se experimentaron dificultades en la marcha que comprometieron la estabilidad de la unidad operativa. Se analizan las variables operativas incluyendo la eficiencia y se propone el desarrollo de un criterio de mínima producción asociado con el volumen específico de gases a procesar por el alto horno.

Palabras clave: Alto horno; Baja productividad.

START UP OF TERNIUM SIDERAR BLAST FURNACE 1 AND EXPERIENCE AT LOW PRODUCTIVITY

Abstract

Ternium Siderar Blast Furnace 1 started its 7th campaign at San Nicolás Argentina in middle 2010 after complete reline. Furnace main features are described together with start up and first months of operation at low productivity levels. During this period the furnace experienced disturbances in the operation that affected its stability. Operational features are analyzed including efficiency and it is proposed to develop a criterion of minimum productivity based on specific volume of gases to be processed.

Key words: Blast furnace; Low productivity.

¹ Contribución técnica al 41° Seminário de Reducción de Mineral de Hierro y Matérias Primas y 12° Seminário Brasileiro de Mineral de Hierro, 12 al 16 de setiembre de 2011, Vila Velha, ES.

² Jefe Procesos Alto Horno – Gerencia de Reducción - Ternium Siderar.

³ Ingeniero de Procesos Alto Horno 1 – Gerencia de Reducción - Ternium Siderar.

⁴ Ingeniero de Procesos Alto Horno 2 – Gerencia de Reducción - Ternium Siderar.

⁵ Tecnólogo de Procesos Alto Horno – Gerencia de Reducción - Ternium Siderar.

⁶ Jefe Operación Alto Horno 1 – Gerencia de Reducción - Ternium Siderar.

1 INTRODUCCIÓN

En julio de 2010 se puso en marcha la séptima campaña del Alto Horno 1 (AH1) de Ternium Siderar en San Nicolás, Argentina. La planta cuenta además con el Alto Horno 2 (AH2), de mayor capacidad, estando el nivel productivo de ambas unidades determinado por la capacidad de procesar arrabio líquido en la Acería.

El nivel de arrabio líquido máximo que puede ser procesado es tal que ambos altos hornos deben ser operados a niveles productivos relativamente bajos, del orden de 2.0 tHM/m³wv/24h. Distintas consideraciones determinan la productividad real a la cual se opera cada horno para alcanzar el objetivo de arrabio por día.

Por razones de preservación de vida útil, se determinó que el AH2 no puede operar a productividades inferiores a 2.15 tHM/m³wv/24h. Debido a esto el nivel productivo del AH1 se vio determinado a valores de productividad por debajo de 2.0 tHM/m³wv/24h como condición con el antecedente de haber operado a niveles productivos del orden de 1.7 tHM/m³wv/ 24h en la campaña previa.

Durante los primeros meses de marcha se experimentaron dificultades asociadas al bajo nivel productivo que comprometieron la marcha del AH1.

La consulta bibliográfica sobre antecedentes de marcha a baja productividad no arroja referencias significativas. Las publicaciones que se refieren a límites de productividad que están asociadas a los niveles superiores.⁽¹⁾ La fuente de información más importante es la comunicación con otros operadores de alto horno para compartir experiencias principalmente del período comprendido entre octubre de 2008 y diciembre de 2009 correspondiente a la crisis global.

El presente trabajo analiza las condiciones límite de operación del Alto Horno 1 con inyección de gas natural y establece una discusión sobre el límite práctico de mínima producción asociado al volumen de gases que procesa un alto horno. No forma parte del análisis la marcha a todo coque.

2 CARACTERÍSTICAS ALTO HORNO 1

El AH1 fue construido en 1960 por la compañía Arthur McKee de acuerdo a un diseño convencional para aquellos tiempos.

Desde la construcción del AH2 en 1974 y hasta el año 2004 en el cual se produce un incremento significativo en la demanda de acero, el AH1 operó en forma intermitente como respaldo en caso de reparación del AH2.

La Tabla 1 resume las seis campañas previas del AH1.⁽²⁾

Tabla 1. Resumen de campañas AH1

Campaña		Blow-in	Blow-down	Producción MMtHM
1°		20/06/1960	15/03/1966	2.50
2°		12/05/1966	17/06/1969	1.58
3°		12/08/1969	30/05/1975	4.00
4°		18/11/1975	27/12/1978	2.28
5°		30/07/1982	03/02/1988	4.00
6°	Etapa 1	25/07/1988	17/10/1991	7.87
	Etapa 2	31/01/1992	07/07/1992	
	Etapa 3	25/07/1994	28/09/1995	
	Etapa 4	08/09/2004	01/10/2008	

Durante la última reparación mayor se realizaron importantes cambios:

- nueva sala de coladas, se modificó la posición de la Sala 2 llevando el ángulo entre piqueras de 55° a 90°;
- modificación del diseño de pared y refrigeración pasando de placas de cobre y pared cerámica a placas de cobre y bloques de grafito en etalaje, vientre y cuba baja;
- instalación de un granulador de escoria INBA;
- reparación integral de crisol;
- construcción de nuevo anillo de viento;
- instalación de nuevos conjuntos de viento.

La Figura 1 indica las principales características del AH1.

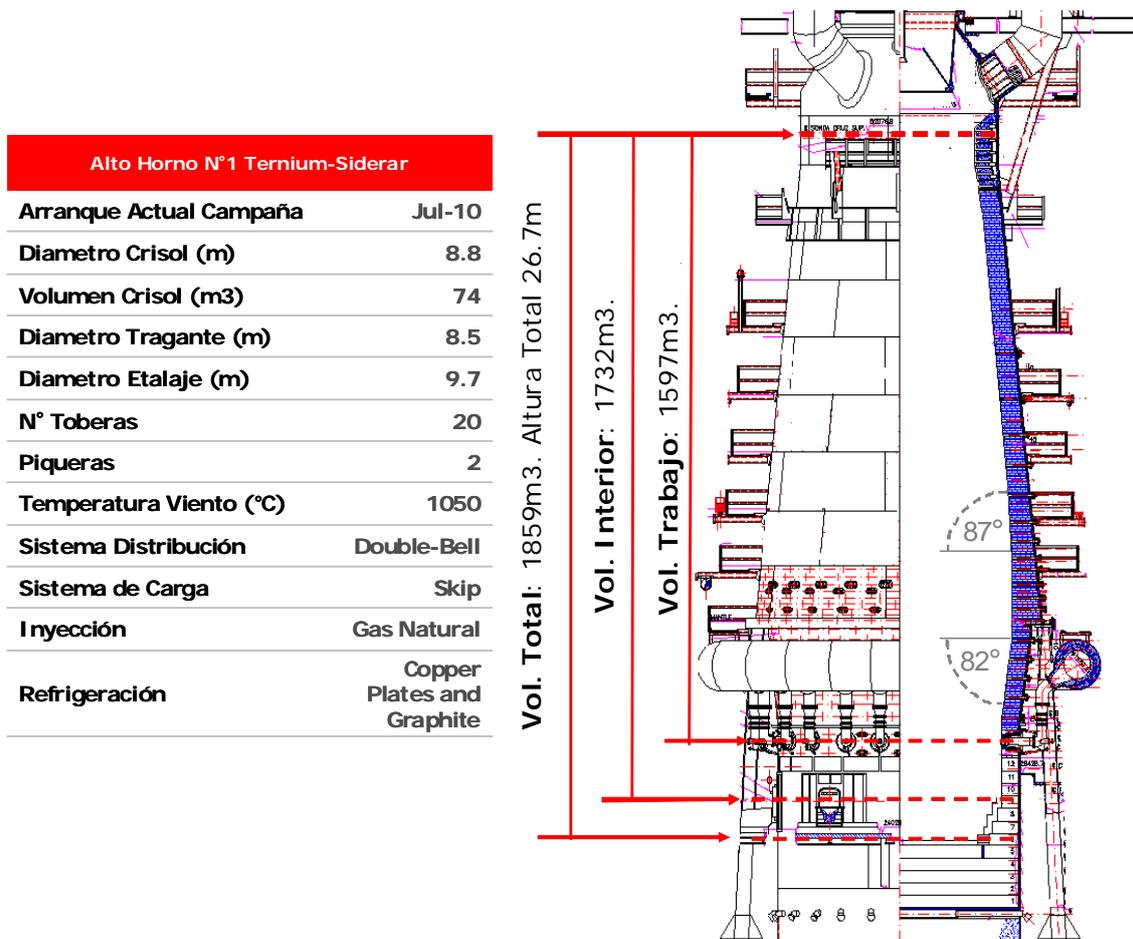


Figura 1. Características Alto Horno 1.

2.1 Blow In

La operación de puesta en marcha se inició el día 22/07/2010 con una primer colada a las 20 hs de iniciado el soplo. El primer torpedo dentro de especificación de arrabio fue enviado a la acería después de 66 hs de iniciado el soplo.

Para la carga de llenado se utilizó carga metálica con el objeto de reducir la cantidad de escoria generada durante el arranque y maximizar la transferencia de calor al crisol en esta etapa. Este concepto fue introducido en la asistencia técnica de puesta en marcha por parte de Daniel Corus.

2.2 Operación a Baja Productividad

La operación del AH1 se caracteriza por la inyección de gas natural como combustible auxiliar y la carga equilibrada de mineral calibrado, sinter y pellets autofundentes.

La carga de sinter está limitada por la capacidad de la planta a un 30% de la carga por lo cual este material debe formularse con valores elevados de basicidad binaria. El mineral calibrado está limitado por la permeabilidad y la estabilidad de la marcha a valores del orden del 40%. El resto de la carga se complementa con pellets de basicidad 1.0.

El coque utilizado es de producción propia de elevada calidad con contenido de cenizas de 8% y CSR>68%.

Durante los primeros meses de operación se mantuvieron condiciones de marcha para cumplir el objetivo inicial de producción con el antecedente de las condiciones de la campaña previa donde estos eran valores habituales de operación.

En la Tabla 2 se indican las condiciones de operación.

Tabla 2. Características Operación

Condiciones de Operación Oct-2010			
		Producción (THM/d)	2520
Combustible	Full Rate	(Kg/THM)	483
	Coque Rate	(Kg/THM)	402
	Small Rate	(Kg/THM)	10
	Gas Rate	(Kg/THM)	71
	Flujos Térmicos	(GJ/h)	15
	Rendimiento CO	(%)	49.6
Condiciones Tobera	Enriq. O2	(%)	3.4
	Vol. Viento	(Nm ³ /min)	1700
	Temp Vto	(°C)	1020
	Humedad	(g/Nm ³)	19
Carga	Pellet	(%)	32
	Sinter	(%)	32
	Mineral	(%)	36
	Fundentes	(Kg/THM)	46

Estos niveles productivos representan productividades del orden de 1.65 tHM/m³wv/24h. En la Figura 2 se muestra la evolución de productividad mensual desde la puesta en marcha.

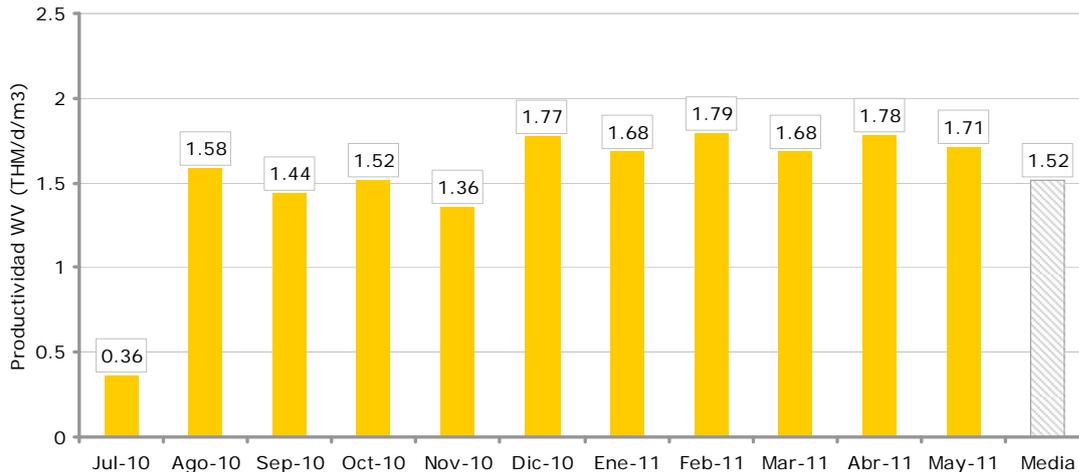


Figura 2. Productividad mensual Alto Horno 1.

La necesidad de inyectar gas natural a tasas moderadas por razones de costo impone valores mínimos de enriquecimiento de oxígeno acordes con las tasas objetivo, resultando un caudal de viento determinado para lograr la producción objetivo.

A partir del tercer mes de operación el AH1 comenzó a experimentar disturbios en la marcha principalmente en el descenso de la carga con ocurrencia de deslizamientos. Hacia fines del tercer mes estos disturbios se vieron agravados con colgaduras de carga cuya frecuencia creciente obligó a llevar la operación a todo coque.

En la Figura 3 se detalla la evolución de deslizamientos mayores a 1 m y colgaduras desde la puesta en marcha.

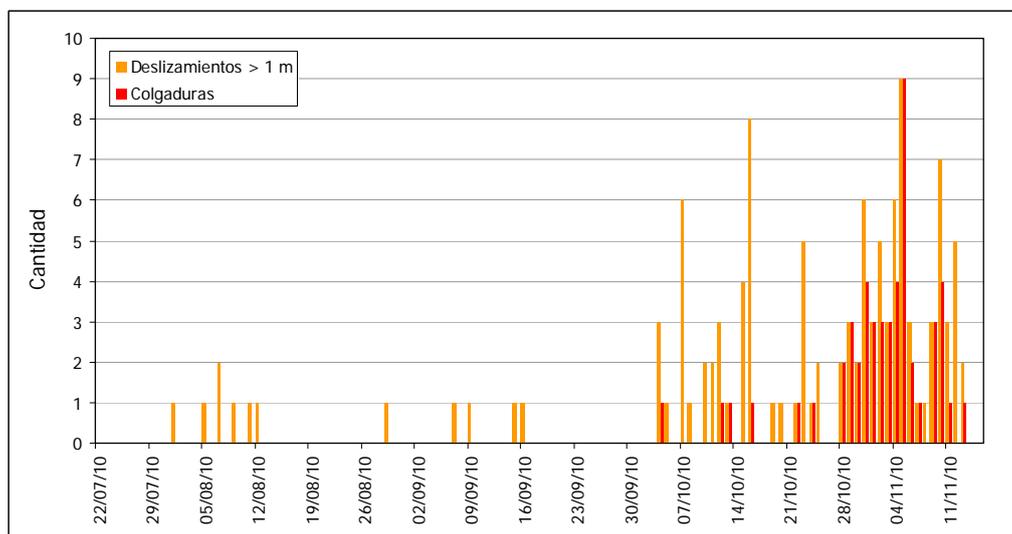


Figura 3. Deslizamientos y Colgaduras de carga.

Como origen de esta problemática surgen dos causas principales. En primer lugar la ocurrencia de una parada prolongada, no programada, durante el segundo mes de operación. Esta parada de 55 hs debida a un problema en la línea de BFG del propio alto horno dio origen a una inactivación de la parte baja del mismo con formación de adherencias. En segundo lugar la condición de marcha con bajos niveles productivos contribuyó a que dicha inactividad no se revierta y por el contrario las adherencias

producidas generaron alteración en el flujo gaseoso, asimetría y disturbios en el descenso de carga.

El principal indicio de formación de adherencias se observa en las temperaturas de pared medidas en los diferentes niveles como se muestra en la Figura 4. Por otra parte durante la etapa de mayor inestabilidad de marcha se evidenció fuerte asimetría en la actividad observada a través de las mirillas de conjuntos de viento así como en la sala de coladas.

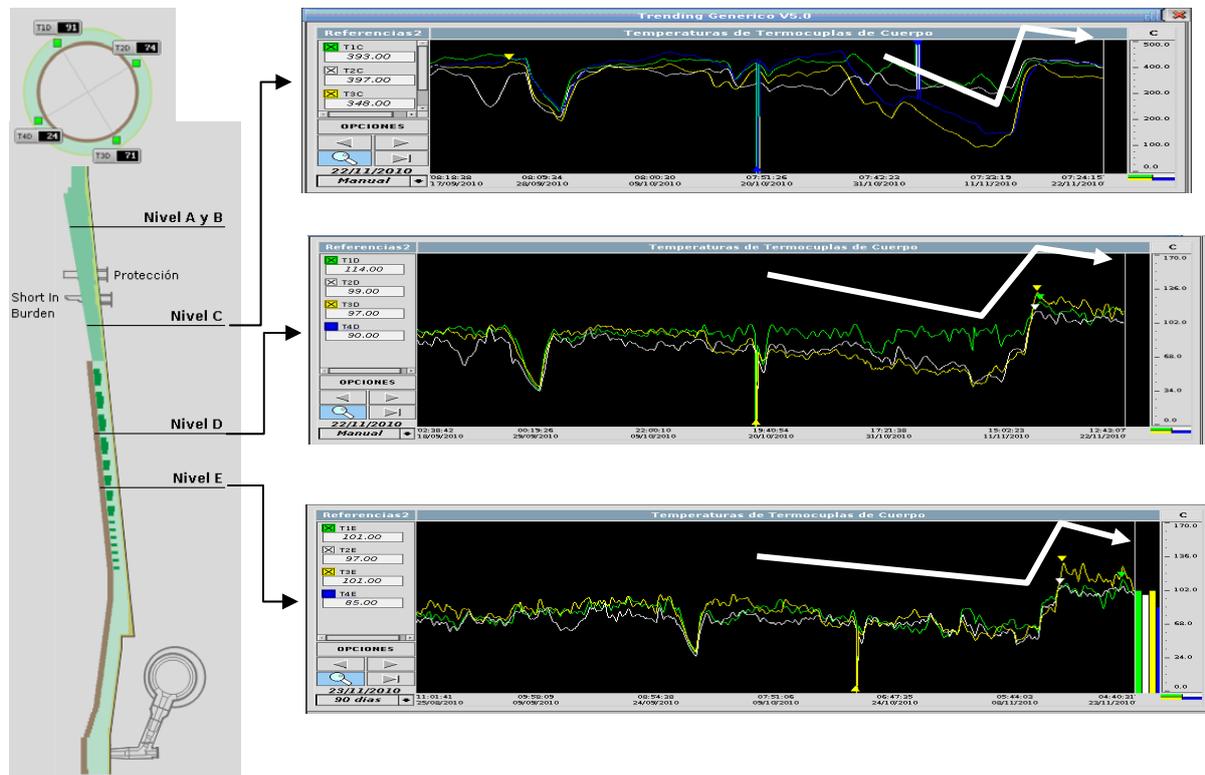


Figura 4. Evolución de temperaturas de pared.

Las cargas térmicas mostraron cierta tendencia similar a la observada en las temperaturas de pared aunque esta información fue de escasa utilidad a la hora de realizar el diagnóstico debido a que el valor absoluto de las cargas térmicas totales se mantuvo en esta época en el orden de 15 GJ/h a 20 GJ/h, es decir muy por debajo del valor esperado. Esto se asume que es debido a la permanencia de ladrillos cerámicos montados como *blow in lining* que hacen las veces de aislante no permitiendo que las cargas térmicas tengan una dinámica que permita seguir los cambios del flujo de gases.

La recuperación de esta etapa se realizó inicialmente cargando *blanks* de coque de 40 tn y trabajando a todo coque durante 7 días. En este período y a partir del mismo se buscó operar al mayor caudal de viento posible de manera de mantener la actividad en paredes. La inyección de gas natural se realizó gradualmente manteniendo bajas tasas de manera de acotar el oxígeno de enriquecimiento.

Como diseño final luego de normalizada la marcha se mantuvo un nivel productivo mínimo de 2.750 tHM/d y una tasa objetivo de inyección de gas natural de 80 kg/tHM. Una diferencia fundamental de las condiciones de marcha entre la campaña anterior y la actual es el consumo total de combustible. Debido a una mayor eficiencia de gases evidenciada en un mayor rendimiento de CO y las bajas cargas térmicas, el consumo de combustible total no superó los 480 kg/tHM mientras que anteriormente

este valor oscilaba entre 510 kg/tHM y 520 kg/tHM. Esta diferencia en el consumo de combustible se traduce en un menor volumen total de gases a procesar para un mismo objetivo de producción.

2.3 Criterio de Mínima Productividad

Debido a lo ocurrido en el Alto Horno 1 surgió la necesidad de desarrollar un criterio de mínima producción a partir del volumen de gases a procesar en el horno. Este concepto busca tener en cuenta no solo el nivel productivo en sí mismo sino las condiciones globales de operación teniendo en cuenta la tasa de inyectante y el consumo total de combustible.

La formación de adherencias debida a los bajos niveles productivos se experimentó también en altos hornos europeos durante la crisis global de 2008 y 2009. Otras experiencias de formación de adherencias están principalmente asociadas a la carga de materiales con elevado contenido de álcalis⁽³⁾ o la acción de finos en la carga combinada con la acción de lluvieros en el tope del alto horno.

Debido a que el AH1 cuenta con tope de doble campana sin armadura móvil ni *central feeder* el análisis del mínimo volumen de gases a procesar es relativamente simple ya que las condiciones de marcha tanto en la campaña previa como en la actual están influenciadas por un número mínimo de variables en cuanto a la distribución de carga. Para el análisis se recurrió a valores de ambas campañas.

Las condiciones de operación en promedios mensuales se tradujeron en una variable denominada *caudal de gases en el etalaje*, la cual se define como el caudal de gases de salida del *raceway* N₂, H₂ y CO dividido por el área de flujo asociada al diámetro del crisol o anillo de toberas.

Los valores correspondientes a la sexta y séptima campañas del AH1 son indicados en la Figura 5. En esta figura es evidente la diferencia en el caudal de gases necesario en una campaña con respecto a la otra debido a la diferencia en el consumo de combustible como se mencionó anteriormente.

En la campaña actual, los valores de gas en el etalaje por debajo de 50 Nm³/min/m² corresponden a los primeros meses de operación que dieron lugar a las condiciones adversas anteriormente descritas. En la campaña previa se observan solo 2 meses donde el gas en el etalaje no alcanzó los 48 Nm³/min/m² en promedio que corresponden al último cuatrimestre de 2005. Las condiciones de operación de este período deben ser analizadas en forma particular debido a que no existe información sobre disturbios en la marcha. Esto parece constituir una excepción y por lo breve del período no puede extenderse como conclusión de condiciones de operación aceptables.

De acuerdo a lo observado puede concluirse que la operación con 50 Nm³/min/m² de gases en el etalaje o más no representa un compromiso para la operación. Por otra parte existen antecedentes de operación desfavorable en valores por debajo de 48 Nm³/min/m² lo cual parece constituir un límite donde la estabilidad de marcha puede verse comprometida. No existe un sustento teórico para esta observación aunque la experiencia es suficiente para establecer un límite práctico de operación.

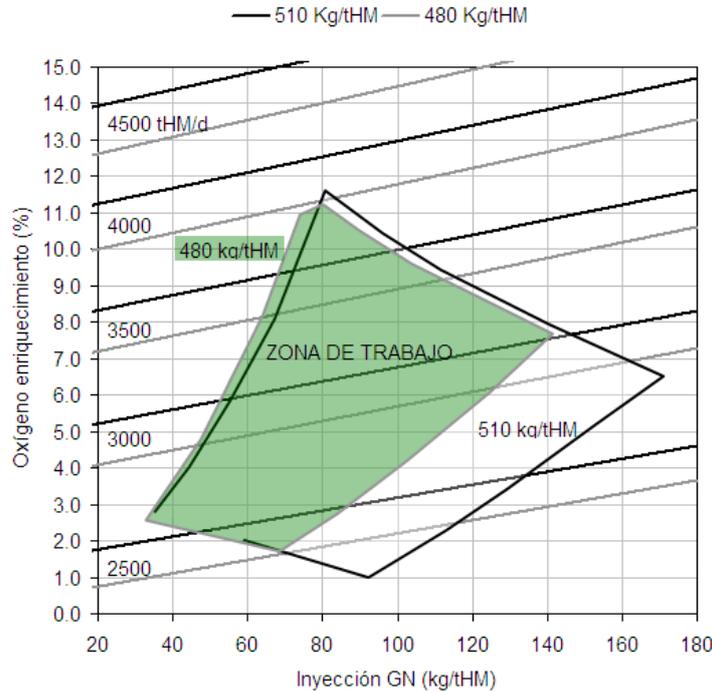


Figura 6. Ventana de procesos para diferentes *full rate*.

4 CONCLUSIONES

Se presentan las condiciones de operación de los primeros meses de marcha del Alto Horno 1 de Ternium Siderar. A partir de la experiencia obtenida durante este período se desarrolla un criterio de mínima productividad asociado al caudal de gases por unidad de área a procesar en el Alto Horno. Como límite práctico se considera que operar a $50 \text{ Nm}^3/\text{min}/\text{m}^2$ o más no constituye un compromiso para la estabilidad de marcha. Por el contrario la operación con un caudal total de gases por debajo de este valor puede ser considerada menos robusta al ser contribuyente para la formación de zonas inactivas de la cuba del horno o hacerlo propenso a esta condición ante la existencia de otras fuentes de disturbio.

REFERENCIAS

- 1 W. Hartig, K. Langner, H.B. Lungen, K. Stricker; Measures for Increasing the Productivity of Blast Furnace; Ironmaking Conference Proceedings p. 3-16, 2000
- 2 O. Lingardi, J.C. Barca, R. Ametrano, E. Velo, O. Gómez, F. De Vincenti, C. Partemio; Blow in do Alto Forno N°1 de Siderar; 35º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-Primas; 2005
- 3 F. Liceaga Martínez, V. Sepúlveda, M. Ballesteros, Improvements in BF 5, The AHMSA Experience; AISTech 2008
- 4 J.C. Agarwal, F.C. Brown, D.L. Chin, A.P. Lingras, S.J. Sikirica; The Use of Total Thermal-Plus-Chemical Energy Above 2700°F as a Parameter to Describe Blast Furnace Operations; Ironmaking Conference Proceedings, p. 473-479; 1991