

# EXPLANATORY MODEL OF SPOT PRICE OF IRON ORE

## MODELO EXPLICATIVO DEL PRECIO SPOT DEL MINERAL DE HIERRO



Juan Enrique Villalva A.<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue construir un modelo explicativo del precio Spot del mineral de hierro en el mercado internacional. Para ello se utilizó el método de regresión lineal múltiple. Como variable dependiente, se tomó el precio Spot del mineral de hierro (62% Fe) puerto Tianjin China, entre los años 2010 y 2013. Como variables independientes fueron tomadas 7 variables del mercado internacional de mineral de hierro. El modelo resultante incluye a las variables: Inventario de mineral en puertos de China, "Baltic Dry Index" (BDI), Exportaciones de mineral de Australia + Brasil y el Precio del "Rebar" de China, como las variables explicativas del comportamiento del precio spot del mineral de hierro en el mercado internacional. El modelo tiene un coeficiente de determinación ajustado  $R^2$  de 0.90, y fue validado mediante la comparación de sus pronósticos vs. valores conocidos de 2014.

**PALABRAS CLAVE:** Precio spot, Mineral de hierro, Modelo, Variable Dependiente, Variable Independiente.

### ABSTRACT

The objective of this study was to construct an explanatory model of the spot price of iron ore in the international market. For this, the method of multiple linear regressions was used. As a dependent variable, the spot price of iron ore (62% Fe) China Tianjin port was taken, between 2010 and 2013. As independents variables were taken seven variables of international iron ore market. The resulting model includes variables: Iron ore inventory in Chinese ports, Baltic Dry Index (BDI), Iron ore exports from Brazil & Australia and Chinese Rebar Steel Price, as explanatory variables of the behavior of the spot price of iron ore in the international market. The model has an adjusted coefficient of determination  $R^2$  of 0.90, and was validated by comparing its predictions vs. known values of 2014.

**Keywords:** Spot price, Iron Ore, Model, Dependent variable, Independent variable.

---

<sup>1</sup> Ing. Electricista, Especialista en Operaciones y Producción, Especialista en Automatización, Msc en Ing. Electrónica, Doctorando en Ciencias de la Ingeniería, UNEXPO. Labora como Especialista en CVG Ferrominera Orinoco. juanev99@gmail.com, Telef.: 0416-6867860

REVISTA arbitrada indizada, incorporada o reconocida por instituciones como:  
LATINDEX / REDALyC / REVENCYT / CLASE / DIALNET / SERBILUZ / IBT-CCG UNAM / EBSCO  
Directorio de Revistas especializadas en Comunicación del Portal de la Comunicación InCom-UAB / [www.cvtisr.sk](http://www.cvtisr.sk) / Directory of Open Access Journals (DOAJ) / [www.journalfinder.uncc.edu](http://www.journalfinder.uncc.edu) / [Yokohama National University Library jp](http://Yokohama.National.University.Library.jp) / [Stanford.edu](http://Stanford.edu) / [www.nsd.org](http://www.nsd.org) / [University of Rochester Libraries](http://University.of.Rochester.Libraries) / [Korea Foundation Advanced Library.kfas.or.kr](http://Korea.Foundation.Advanced.Library.kfas.or.kr) / [www.worldcatlibraries.org](http://www.worldcatlibraries.org) / [www.science.oas.org/infocyt](http://www.science.oas.org/infocyt) / [www.redhucyt.oas.org/fr.dokupedia.org/index](http://www.redhucyt.oas.org/fr.dokupedia.org/index) / [www.lib.ynu.ac.jp](http://www.lib.ynu.ac.jp) / [www.jinfo.lub.lu.se](http://www.jinfo.lub.lu.se) / [Université de Caen Basse-Normandie SICD-Réseau des Bibliothèques de L'Université](http://Université.de.Caen.Basse-Normandie.SICD-Réseau.des.Bibliothèques.de.L'Université) / [Base d'Information Mutualiste sur les Périodiques Electroniques Joseph Fourier et de L'Institut National Polytechnique de Grenoble](http://Base.d'Information.Mutualiste.sur.les.Périodiques.Electroniques.Joseph.Fourier.et.de.L'Institut.National.Polytechnique.de.Grenoble) / [Biblioteca OEI](http://Biblioteca.OEI) / [www.sid.uncu.edu.ar](http://www.sid.uncu.edu.ar) / [www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr) / [www.unicaen.fr](http://www.unicaen.fr) / [www.science.oas.org](http://www.science.oas.org) / [www.biblioteca.ibt.unam.mx](http://www.biblioteca.ibt.unam.mx) / [Cit.chile](http://Cit.chile) / [Journals in Electronic Format-UNC-Chapel Hill Libraries](http://Journals.in.Electronic.Format-UNC-Chapel.Hill.Libraries) / [www.biblioteca.ibt.unam.mx](http://www.biblioteca.ibt.unam.mx) / [www.ohiolink.edu](http://www.ohiolink.edu) / [www.library.georgetown.edu](http://www.library.georgetown.edu) / [www.google.com/www.google.scholar](http://www.google.com/www.google.scholar) / [www.altavista.com](http://www.altavista.com) / [www.dowling.edu](http://www.dowling.edu) / [www.uce.resourcelinker.com](http://www.uce.resourcelinker.com) / [www.biblio.vub.ac](http://www.biblio.vub.ac) / [www.library.yorku.ca](http://www.library.yorku.ca) / [www.rzbx1.uni-regensburg.de](http://www.rzbx1.uni-regensburg.de) / EBSCO / [www.opac.sub.uni-goettingen.de](http://www.opac.sub.uni-goettingen.de) / [www.scu.edu.au](http://www.scu.edu.au) / [www.docelec.scd.univ-paris-diderot.fr](http://www.docelec.scd.univ-paris-diderot.fr) / [www.lettres.univ-lemans.fr](http://www.lettres.univ-lemans.fr) / [www.bu.uni.wroc.pl](http://www.bu.uni.wroc.pl) / [www.cvtisr.sk](http://www.cvtisr.sk) / [www.library.acadiau.ca](http://www.library.acadiau.ca) / [www.mylibrary.library.nd.edu](http://www.mylibrary.library.nd.edu) / [www.brny.uonbi.ac.ke](http://www.brny.uonbi.ac.ke) / [www.bordeaux1.fr](http://www.bordeaux1.fr) / [www.ucab.edu.ve](http://www.ucab.edu.ve) / [www.phoenicis.dgsca.unam.mx](http://www.phoenicis.dgsca.unam.mx) / [www.ebscokorea.co.kr](http://www.ebscokorea.co.kr) / [www.serbi.luz.edu.ve/scielo/](http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo/) / [www.rzbx3.uni-regensburg.de](http://www.rzbx3.uni-regensburg.de) / [www.phoenicis.dgsca.unam.mx](http://www.phoenicis.dgsca.unam.mx) / [www.liber-accion.org](http://www.liber-accion.org) / [www.mediacioneducativa.com.ar](http://www.mediacioneducativa.com.ar) / [www.psicopedagogia.com](http://www.psicopedagogia.com) / [www.sid.uncu.edu.ar](http://www.sid.uncu.edu.ar) / [www.bib.umontreal.ca](http://www.bib.umontreal.ca) / [www.fundacionunamuno.org.ve/revistas](http://www.fundacionunamuno.org.ve/revistas) / [www.aladin.wrlc.org](http://www.aladin.wrlc.org) / [www.blackboard.ccn.ac.uk](http://www.blackboard.ccn.ac.uk) / [www.celat.ulaval.ca](http://www.celat.ulaval.ca) / / +++ /

No bureaucracy / not destroy trees / guaranteed issues / Partial scholarships / Solidarity /  
/ Electronic coverage guaranteed in over 150 countries / Free Full text / Open Access  
[www.revistaonegotium.org.ve](http://www.revistaonegotium.org.ve) / [revistanegotium@gmail.com](mailto:revistanegotium@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La minería de hierro, actividad económica que involucra la extracción, procesamiento y transporte de mineral de hierro, desde las minas o yacimientos hasta los mercados.

El mercado internacional de mineral de hierro, al igual que en el mercado de la mayoría de las otras materias primas, está sujeto a una serie de factores, entre los cuales podemos mencionar la demanda, la oferta, el precio, el transporte, los inventarios, estado de las economías de los países compradores, y mercados de los productos finales, entre otros.

Las empresas que dependen de la industria del mineral de hierro, tales como los productores de acero y las propias mineras, prestan mucha atención a las variables del mercado, principalmente las variaciones de los precios, ya que de ellos depende el nivel de rentabilidad de sus negocios.

En este artículo, se presenta un modelo explicativo del precio Spot del mineral de hierro en el mercado internacional. Éste se realizó a través de una investigación no experimental longitudinal de tipo explicativa, a objeto de determinar los factores significativos que explican mejor el comportamiento del precio, su tendencia y las relaciones con las variables del mercado internacional de mineral de hierro para el periodo estudiado.

Como método de análisis se utilizó la regresión lineal múltiple. Como variable dependiente se usó el precio spot mensual del mineral de hierro, publicado por el Fondo Monetario Internacional (IMF) y se seleccionaron siete (7) variables independientes relacionadas con el mercado internacional de mineral de hierro. La data de las variables independientes, fue tomada de organismos económicos de gobiernos, organizaciones internacionales especializadas, empresas proveedoras de datos y empresas involucradas en el mercado, para el periodo bajo estudio.

Para el modelo, solo se incluyeron las variables que tenían nivel de significancia estadística menor a 0.05 y para medir la bondad de ajuste del modelo, utilizo el coeficiente de determinación, también llamado R al cuadrado corregido ( $R^2$ ).

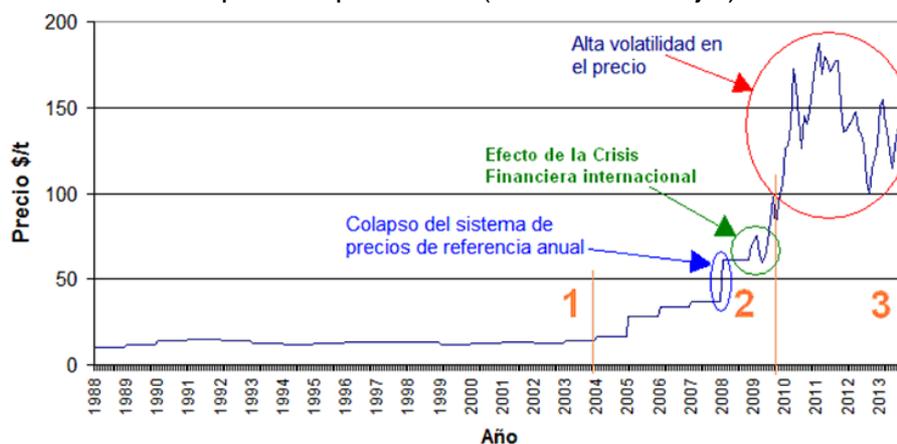
El modelo de regresión lineal múltiple, obtenido incluye al Inventario de mineral Fe en puertos de China, “Baltic Dry Index” (BDI), Exportaciones de mineral Fe de Australia + Brasil y Precio de la barra de Acero de Refuerzo (“Rebar”), como las principales variables explicativas del comportamiento del precio spot del mineral de hierro en el mercado internacional en el periodo analizado.

Finalmente se validó el modelo, mediante el pronóstico del precio para nuevos casos, con datos conocidos de diez (10) meses del 2014, y comparando los valores pronosticados con los valores reales observados.

### 1.- ANTECEDENTES

El precio internacional del mineral de hierro, ha estado signada por cambios significativos en los últimos 10 años.

**Figura 1.** Histórico del Precio Spot del Mineral de Hierro (62% Fe), importado por China (Puerto de Tianjin).



Fuente: Elaborada en base a datos de IMF

En la figura 1, se presenta la curva histórica de precios del mineral de hierro de los últimos 25 años. A objeto de su análisis, se ha dividido la curva histórica del precio de mineral de hierro en tres periodos, el primero (1) hasta el año 2004, el segundo (2) periodo 2005 – 2009 y el tercer periodo (3) entre el 2010 – 2013. En el periodo 1, caracterizado por un mercado en equilibrio y con bastante estabilidad en los precios.

En el periodo 2, la demanda de la materia prima comenzó a aumentar principalmente por los países con economías emergentes, principalmente China y

el precio comenzó a subir de manera abrupta, incluso a pesar de la crisis financiera internacional. En este periodo se desencadenaron una serie de eventos preludio del cambio de sistema de precios en el mercado. Se produjo el colapso del sistema de precios de referencia anual, que ya no respondía a la dinámica en que había entrado el mercado y los precios del mercado spot se introdujeron a gran escala a finales de 2008, el cual comenzó a coexistir con el sistema de precios en base a tres meses, en junio de ese año Platts comenzó a publicar evaluaciones diarias (índice de precio Platts), lo que fue seguido por “Metal Bulletin” y “The Steel Index”, y el mineral 62% de Fe fue tomado como referencia estándar de las evaluaciones.

El periodo 3, a principios de 2010, Vale, la gran minera de Brasil abandono el sistema de precios con base en tres meses, con lo que el sistema de precios spot quedó instaurado definitivamente en la mayor parte del mercado. La característica principal de este periodo es que la demanda ha sido superior a la oferta, que ha sido compensada por la entrada de los productores marginales de alto costo de China, y los precios han sido relativamente altos e inestables y con alta volatilidad.

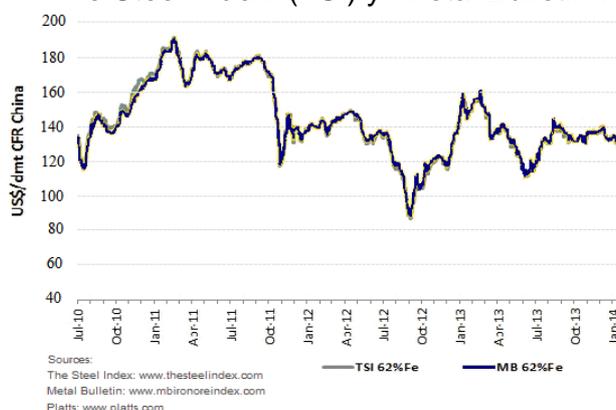
El diccionario de economía, define al mercado spot, al “mercado en el cual se comercian bienes o valores para entrega inmediata, en ese contexto, spot significa efectivo en forma inmediata, por lo que precio spot es precio de entrega inmediata” (Bannock, Baxter & Rees 2007, p. 271).

El mercado de mineral de hierro históricamente ha sido muy difuso y con muy poca información, debido a que las negociaciones anuales de precios eran celebradas a puerta cerrada entre las grandes empresas proveedoras y los grandes consumidores hasta que se lograba un ajuste en el precio, pero el surgimiento de China, como el principal consumidor y su preferencia por los precios spot cambió esta dinámica.

Actualmente, los precios spot del mineral de hierro son publicados mediante índices por diversos proveedores de datos del sector privado, siendo los principales índices de precios Platts, The Steel Index (TSI), Metal Bulletin.

Estos índices de precios, se basan en información de las transacciones reales y las ofertas presentadas por los participantes del mercado, como las empresas mineras, los productores de acero, corredores e intermediarios. Aunque estos índices de precios son independientes, sus valores desde julio de 2010 a enero de 2014, han tenido la misma tendencia, tal como se puede ver en la figura 2.

**Figura 2.** Índices del Precio Spot del Mineral de Hierro (62% Fe), “The Steel Index” (TSI) y “Metal Bulletin”.



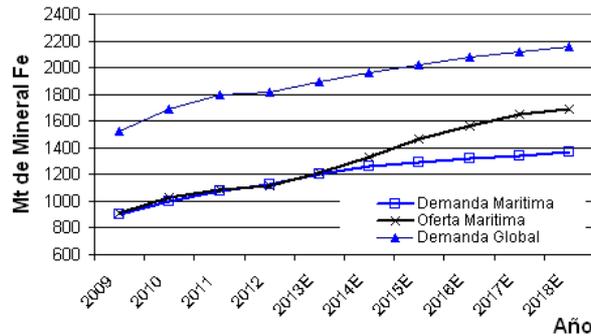
Fuente: Vale

En el mercado de mineral de hierro, participan aparte de las mineras de hierro y los fabricantes de acero, otras empresas como los intermediarios (“traders”), transportistas (las navieras marítimas), proveedoras de datos y banca de inversión, todas como parte interesada en un mercado, que en los últimos años ha generado altos márgenes de ganancia.

Producto del cambio al sistema de precios spot, el mercado marítimo de mineral de hierro se hizo más transparente, y los bancos internacionales de inversiones y los “traders” se involucraron aún más en el comercio de mineral de hierro. La necesaria participación de los bancos internacionales como Morgan Stanley, Citigroup, Bank of America, Deutsche Bank, HSBC, Credit Suisse, Goldman Sachs, entre otros, ha sido principalmente ayudando a las empresas a obtener financiamiento y a veces vendiendo mineral de hierro, obtenido como forma de pago en las transacciones. De tal forma que el mercado de mineral de hierro, se ha constituido en un área de interés para los bancos internacionales de inversión, quienes periódicamente emiten reportes sobre este mercado.

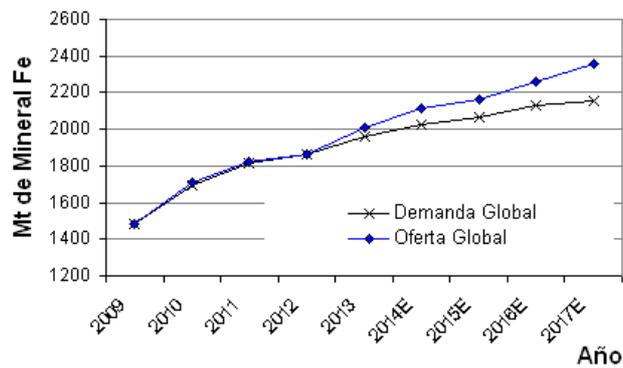
Según datos y pronósticos de la banca de inversión, el mercado internacional de mineral de hierro, actualmente está en estado de transición a una nueva etapa, donde la oferta claramente superará a la demanda, tal como se puede observar en la figura 3, donde se presentan los pronósticos a futuro del mercado marítimo de Golman Sachs y la figura 4 los pronósticos de la oferta y demanda global de mineral de hierro de Deutsche Bank.

**Figura 3.** Pronostico del crecimiento de la oferta y la demanda en el Mercado marítimo de mineral de hierro de Golman Sachs.



Fuente: Elaborada en base a datos de Goldman Sachs (2014)

**Figura 4.** Pronostico del crecimiento de la oferta y la demanda global de mineral de hierro de Deutsche Bank.



Fuente: Elaborada en base a datos de Deutsche Bank (2014)

Por otro lado, los “traders” también se han convertido en otro participante importante en el mercado marítimo de mineral de hierro, ya que aparte de ser compradores manejan los inventarios en los puertos de China. Tal como se afirma en CIGC – FMO (2011, p. 10): “Los inventarios en los puertos de China están principalmente en manos de “traders”, quienes no están dispuestos a perder dinero vendiendo a precios por debajo del que ellos compraron”.

El precio es una variable importante en el mercado de mineral de hierro, y conocer su comportamiento, la variables que le afectan y pronosticar su tendencia futura ha sido una necesidad de los involucrados en este mercado, debido a ello disponer de un modelo explicativo de esta variable, sería de gran valor y ayuda a los intereses de compradores (fábricas de acero), vendedores (las mineras), banca de inversión o gobiernos de países. Por otro lado, la importancia del tema ha sido manifestada por instituciones importantes en el ámbito económico mundial.

Por ejemplo, en el trabajo publicado por la “Federal Reserve Bank of USA” y titulado “Cuestiones pendientes en el análisis de la inflación”, su presidente, Ben Bernanke (junio 2008), “subraya la importancia de pronosticar los cambios de precios de las materias primas y de entender los factores que impulsan esos cambios”.

Entre las investigaciones relacionadas con el tema se puede mencionar el modelo para el precio del mineral de hierro planteado en la tesis de Lingxiao Ou (2012, *passim*) de la Universidad de Berkeley California, el cual estima el impacto del cambio de producción sobre el precio y aplicado a una muestra de datos anuales entre 1980 y 2006, periodo en el cual el mecanismo de fijación de precios del mercado era el anual, y aun no se había producido la transición al sistema de precios del mercado spot.

Otro estudio similar, es el publicado por el banco de la Reserva Federal del gobierno de Australia de Caputo, Robinson y Wang (2014), que confirma la estrecha relación entre las fluctuaciones en los precios del acero Chino y los precios del mineral de hierro.

En este contexto, Venezuela como un mediano productor y exportador de mineral de Hierro a nivel mundial, es también parte interesada en el tema del precio del mineral de hierro, las variables que le afectan.

Venezuela, realiza sus operaciones producción y participa en el mercado internacional de mineral, a través de la empresa CVG Ferrominera Orinoco C.A. (CVG FMO), que tiene una capacidad instalada de 0,9 % de la producción mundial (23 Mt), y según cifras de USGS (2012), cuenta con el 3 % de las reservas mundiales de hierro. CVG FMO exporta al mercado internacional aproximadamente el 40% de su producción, y por tanto conocer el comportamiento y tendencia del precio spot del mineral de hierro es importante para la toma de sus decisiones operativas, tácticas y estratégicas, de allí la importancia de la presente investigación sobre el modelo explicativo del precio spot del mineral de hierro.

## **2. MARCO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1.1 Mercado del Mineral de hierro.**

El mineral de hierro, es un producto de bajo valor agregado que requiere de grandes volúmenes en su comercialización para lograr niveles aceptables de rentabilidad. A diferencia de otras industrias, las dificultades creadas por las ubicaciones geográficas de las minas, algunas veces en áreas muy remotas, hacen que los aspectos referidos a la logística de insumos y transporte del producto sean actividades que deban ser manejados eficientemente por la industria minera de hierro, para que conjugada con el nivel de precio en el mercado, obtener márgenes aceptables de rentabilidad y lograr ser competitivos.

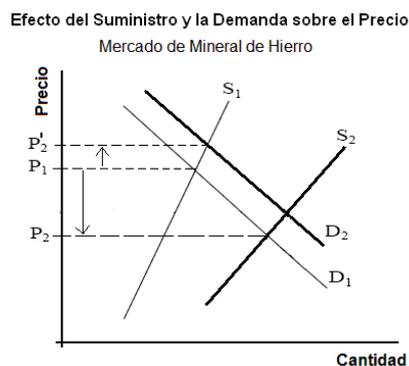
“La mayoría de los principales exportadores mundiales de productos minerales básicos en bruto son tomadores de precios en vez de formadores de precios” Rudenno V. (2012, p. 215). En otras palabras, se basan en los precios internacionales de las materias primas, en mercados muy competitivos, que a su vez dependen en gran medida de la actividad económica mundial y los niveles generales de la oferta, la demanda y los inventarios.

Según el diccionario de economía, “el mercado se define en términos de las fuerzas de la oferta y la demanda y no se refiere de manera necesaria a una localización geográfica determinada” Bannock, Baxter & Rees (2007, p. 266). De la misma forma Arellano S., Ibarra K. y Pizano J. (2007), dicen que “un sistema de mercado, para desarrollar sus funciones debe descansar sobre el libre juego de la oferta y la demanda” (p.122).

La demanda es una variable clave, que afecta el precio del mineral de hierro. Hay varios factores generalmente relacionados con los países consumidores, que pueden aumentar o disminuir la demanda, entre ellos están principalmente, el estado de sus economías, los inventarios de mineral de hierro y los niveles de producción de los productos elaborados con el mineral de hierro.

La oferta otra variable fundamental en la determinación del precio del mineral de hierro. Cuando el suministro es inferior a la demanda, los compradores están dispuestos a pagar más por la materia prima con el fin de asegurar suficiente producto para mantener sus operaciones. En caso contrario, cuando el suministro es muy superior a la demanda, es muy probable que los productores de mineral tiendan a bajar el precio para mantener la participación del mercado, ante un escenario de sobreoferta.

**Figura 5.** Efecto de aumento del suministro y la demanda sobre el precio en el mercado de mineral de hierro.



Fuente: Adaptada desde Lingxiao Ou (2012, p. 13) y Méndez J. (2007, pp. 284-288).

De manera general, se espera que el precio del mineral de hierro caiga a medida que aumenta la oferta, tal como se representa en la figura 5. Para una demanda D1 constante, el aumento del suministro de S1 a S2, producirá una caída del precio P1 a P2, donde  $S_2 > S_1$  y  $P_2 < P_1$ . De la misma forma, si aumenta la demanda de D1 a D2, para un suministro S1 constante, se espera que el precio aumente (Méndez J., 2007, pp. 284-288), De tal forma que pudiese haber varias posibles combinaciones entre las variables demanda y suministro.

La tabla 1, resume las posibles combinaciones y su efecto esperado sobre el precio en el mercado de mineral de hierro. En caso que tanto la demanda como el suministro, tengan la misma tenencia de cambio, el efecto total sobre el precio dependerá de qué cambio es más grande.

**Tabla 1.** Efecto de los cambios en la demanda y el suministro sobre los precios en el mercado de mineral de hierro.

Cambio en el Mercado	Efecto sobre el Precio
Suministro ↑, Demanda ↓	Precio ↓
Suministro ↓, Demanda ↑	Precio ↑
Suministro ↑, Demanda ↑	Precio =?
Suministro ↓, Demanda ↓	Precio = ?

Fuente: Elaboración propia en base a aspectos teóricos de Méndez J. (2007).

### 2.1.2 Modelo de Regresión Lineal Múltiple (RLM)

“Un modelo es una abstracción y una representación simplificada de la realidad. Su objetivo es ayudar a comprender la realidad y predecir los resultados de las diferentes situaciones sobre problemas reales” (Roboam M., 1993, p. 53).

La regresión lineal múltiple (RLM), tiene como objetivo estudiar la relación entre variables y “permite estimar relaciones en las cuales dos o más variables independientes afectan a una variable dependiente” (Schmidt S., 2005, p. 138).

La finalidad de la RLM, es determinar la función que relaciona las variables y comprender las interrelaciones entre las variables que intervienen en el análisis. La ecuación 1, es el modelo matemático de la regresión lineal múltiple.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:

**Y** es la variable de respuesta (dependiente, endógena, explicada)

**X1, X2, ..., Xk** variables explicativas (independientes, exógenos, regresores)

$\beta_0$  = constante (promedio de **Y** cuando las variables explicativas valen 0)

$\beta_k$  = magnitud del efecto que **Xk** tienen sobre **Y**

$\varepsilon$  = residuos (perturbaciones aleatorias, error del modelo)

Si se trabaja con valores tipificados (estandarizados), la ecuación será:

$$\hat{Z} = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \dots + \beta_k Z_k + \varepsilon \quad (2)$$

Donde:

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

$\bar{X}$  : Promedio de la muestra

$\sigma$  : Desviación típica

Para ajustar el modelo, es necesario hallar (estimar) el valor de los coeficientes  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ . La linealidad en parámetros posibilita la interpretación correcta de los parámetros del modelo. Los parámetros miden la intensidad media de los efectos de las variables explicativas sobre la variable a explicar y se obtienen al tomar las derivadas parciales de la variable a explicar respecto a cada una de las variables explicativas:

$$\beta_j = \frac{\partial Y}{\partial X_j}; \quad j = 1, \dots, k \quad (3)$$

El objetivo es asignar valores numéricos a los parámetros  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ . Es decir, estimar el modelo de manera que los valores ajustados de la variable dependiente  $Y$  resulten tan próximos a los valores realmente observados como sea posible.

El modelo de regresión lineal múltiple, se deben cumplir los supuestos estadísticos de linealidad entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, no-colinealidad de las variables independientes, normalidad de los residuos tipificados y homocedasticidad de los residuos, los cuales pueden ser verificados mediante pruebas de hipótesis e interpretaciones graficas.

## 2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACION

Con el desarrollo de la investigación sobre el modelo de análisis del precio spot del mineral de hierro, se obtuvo respuesta a la pregunta de investigación:

- 1) ¿Cuál es el modelo explicativo del precio spot del mineral de hierro?

La respuesta a esta pregunta, es el objetivo principal de esta investigación.

## 2.3 SISTEMA DE VARIABLES

En la Tabla 2, se presenta el sistema de variables que fueron tomadas en cuenta para la elaboración y ajuste del modelo explicativo del precio spot del mineral de hierro.

**Tabla 2.** Sistema de Variables del mercado de mineral de hierro.

1. VARIABLE	2. TIPO DE VARIABLE	3. INDICADOR	4. UNIDAD DE MEDIDA
Precio Spot de Mineral de Hierro 62% Fe	Dependiente	Precio CIF puerto en China de Fe 62% del IMF	US\$/Tm
Mineral Fe Importado por China /mes	Independiente	Tm mes de mineral Fe Importado por China	Mt/mes
Invent. Mineral Fe en Puertos de China/mes	Independiente	Mes de consumo	Mes
Transporte Marítimo del Mineral Fe	Independiente	Baltic Dry Index	BDI
Export mineral Fe de Australia y Brasil/mes	Independiente	Millones de toneladas por mes	Mt/mes
Crecimiento PIB de China	Independiente	PIB de China	PIB de China
Producción de Acero de China	Independiente	Millones de toneladas por mes	Mt/mes
Precio Barra de Refuerzo de Acero China	Independiente	M\$ año por Empresa	US\$/Tm

Fuente: elaboración propia.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para cumplir con el objetivo de construir un modelo explicativo del precio Spot del mineral de hierro en el mercado internacional, se realizó una investigación no experimental, longitudinal de tipo explicativa.

De acuerdo con la Universidad Nacional de Colombia, una investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes y se basa en valores de variables que ya ocurrieron o se dieron en la realidad, sin la intervención directa del investigador, y los estudios longitudinales, se realizan sobre observaciones en dos o más puntos en el tiempo. Y también de acuerdo con Méndez C. (1988), "el estudio explicativo se orienta a la identificación y análisis de las causales (variables independientes) y sus resultados, los que se expresan en hechos verificables (variables dependientes)" (p. 127).

#### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

La población es un conjunto finito e infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación y la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible (Arias F., 2012, p. 81-83).

Para este estudio la población fue el total de las observaciones mensuales del precio spot y las variables de mercado consideradas significativas para el periodo entre 2010 y 2013, ya que fue en este periodo cuando el precio spot se estableció definitivamente en el mercado internacional de mineral de hierro. A efecto de este

estudio, se tomó como muestra el total de la población, ósea las 48 observaciones mensuales del periodo bajo estudio.

### **3.3 PROCEDIMIENTO**

La investigación se realizó en tres fases: En la primera fase, se realizó la selección y búsqueda de los datos e información sobre las variables. En la segunda fase, se analizaron los datos mediante regresión lineal múltiple y se obtuvo el modelo. En la tercera fase, se validó el modelo.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 DATOS SOBRE LAS VARIABLES**

Una de las principales limitantes que tienen los investigadores de los mercados globales, es la dificultad en la obtención de los datos de las variables bajo estudio, actividad que puede consumir importante parte del tiempo destinado a un determinado estudio. La necesidad de información oportuna por parte de los involucrados en el mercados de mineral de hierro, ha sido un área de negocios que han aprovechado las empresas proveedoras de datos e información sobre los mercados globales de materias primas, siendo sus principales usuarios las propias mineras, las acerías, banca de inversión, gobiernos y departamentos de investigaciones de universidades de países mineros.

A efecto del presente estudio, la data fue tomada principalmente de fuentes secundarias. Los secundarios son hechos, cifras e información que alguien ha compilado para otros fines y sus ventajas son: La facilidad y rapidez con que se consiguen, el muy bajo costo para obtenerlos y que hay información que solo existe como datos secundarios (Jany J., 2000, p. 78).

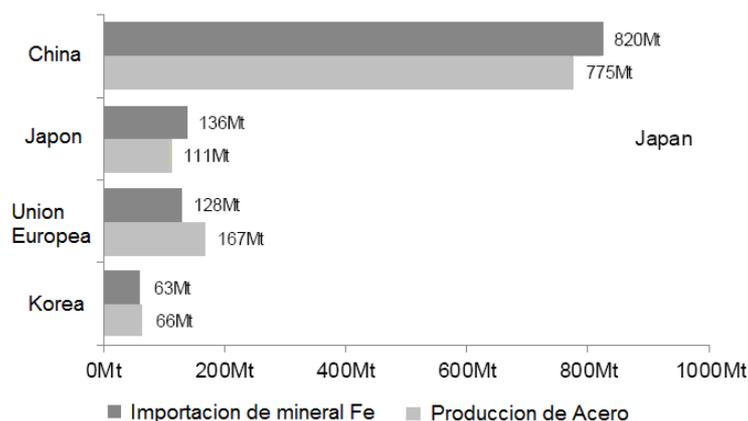
El precio spot del mineral de Hierro, objeto bajo estudio de la presente investigación, es una de las principales variables de interés del mercado de mineral de hierro, ella es el reflejo de todos los comportamientos y circunstancias que afectan a las demás variables.

Las variables oferta y la demanda son las principales variables, que generalmente son tomadas en cuenta para el análisis del precio en cualquier mercado. En un mercado complejo como el del mineral de hierro, es difícil determinar las variables reales de la demanda y la oferta, sin embargo, se dispone de la data de las importaciones y exportaciones de los países que mayor influencia tienen en el mercado internacional de mineral de hierro.

China, Australia y Brasil son considerados los países con mayor influencia en el mercado mundial de mineral de hierro. China, el país que con sus importaciones más incide en el crecimiento de la demanda. Según el Gobierno del Oeste de

Australia (Government of Western Australia, Sept. 2014, p. 2), China totalizo el 67% (820 Mt) del mineral de hierro importado en el mundo en 2013, ver figura 6.

**Figura 6.** Importación de mineral de hierro por países

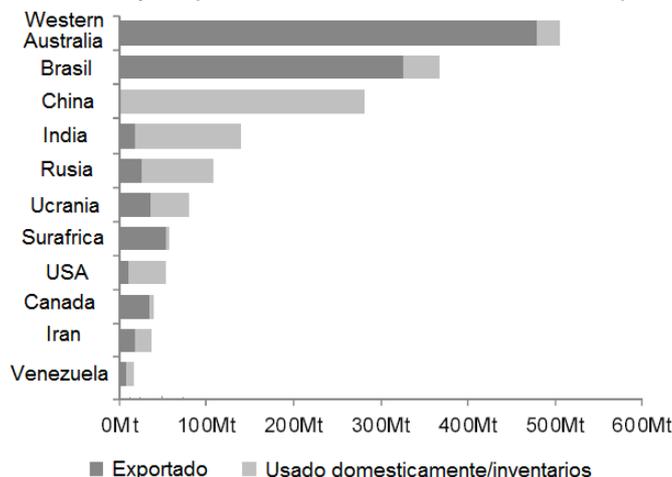


Source: United Nations Conference On Trade and Investment, The Iron Ore Market; and Bureau of Resources and Energy Economics, Resources and Energy Annual and Quarterly.

Fuente: Government of Western Australia, (Sept. 2014, p. 2)

Por otro lado, como se puede observar en la figura 7, Australia y Brasil, son los dos países grandes productores, que con sus exportaciones tienen mayor influencia sobre la oferta en el mercado de mineral de hierro.

**Figura 7.** Producción y exportación de mineral de hierro por países 2012.



Source: United Nations Conference On Trade and Investment, The Iron Ore Market;

Fuente: Adaptada de “Government of Western Australia” (Marzo 2014, p 3) y datos de Worldsteel (2012).

El principal factor que impulsa al crecimiento o disminución de la demanda de materias primas, es el crecimiento de la economía de los países compradores. Siendo China el principal país importador, el crecimiento del producto interno bruto (PIB) de la economía China, es una variable de gran importancia a tomar en cuenta en el análisis.

Al igual que otras materias primas, los niveles de inventarios de los consumidores es una variable importante, que afecta a los niveles de precios. En el caso del mineral de hierro, el inventario en los puertos chinos, es una variable que afecta a la demanda y las tasas de transporte, y puede reflejar los desequilibrios entre la oferta y la demanda de mineral de hierro.

El transporte marítimo, es una variable importante a tomar en cuenta en un análisis del mercado internacional de mineral de hierro, ya que tiene mucha influencia sobre los costos y el precio final del producto, debido a que el mercado internacional de mineral de hierro se caracteriza por el hecho de que los productores y los consumidores están espacialmente dispersos en el mundo, y que el mineral de hierro es costoso de transportar en relación con su valor.

La industria del acero es el principal destino del mineral de hierro. Según cifras obtenidas de WorldSteel (2013), de las ~ 779 millones de toneladas de acero producidas por China en 2013, el 90,5 % fue por alto horno, y solo el 9,55 fue producido vía horno eléctrico. En la tecnología de alto horno mayormente utilizada por las acerías Chinas, por cada tonelada de acero producida es requerida ~1.4 toneladas de mineral de hierro. Por lo que hay una muy estrecha relación entre el mercado de mineral de hierro y la industria del acero. Los precios del mineral de hierro son muy sensibles a los cambios de precios y producción en la industria de acero.

En resumen y con base a los aspectos teóricos y empíricos, se seleccionaron las siguientes siete (7) variables predictoras, a objeto de analizar la variable precio spot del mineral de hierro (US\$) en el mercado, para el periodo entre los años 2010 - 2013:

- 1 Mineral de Hierro Importado por China Mes
- 2 Inventario de Mineral de Hierro en Puertos de China\_Mes
- 3 Transporte Marítimo del Mineral de Hierro (Baltic Dry Index)
- 4 Exportación de mineral de Hierro de Australia y Brasil
- 5 Crecimiento PIB de China
- 6 Producción de Acero de China
- 7 Precio de la Barra de Refuerzo de Acero China

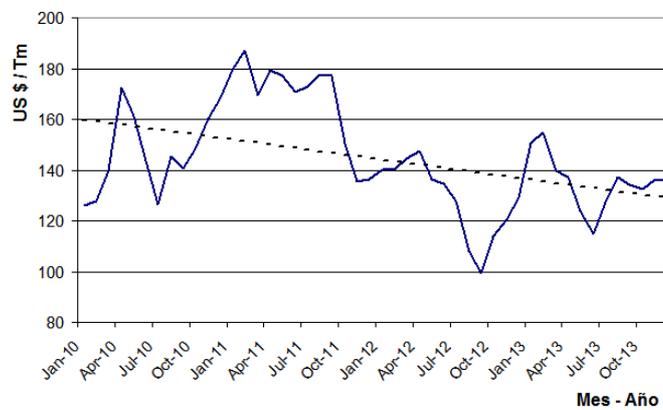
Además de estos, hay otros factores que pueden influir en la actividad del mercado y los precios del mineral de hierro, tales como los pronunciamientos políticos en

China, las restricciones de crédito, regulaciones ambientales, cambios en el clima (ejemplo las tormentas y huracanes) y la especulación, entre otros. Estos factores tienen como principal características ser aleatorios y de difícil cuantificación.

### 4.1.1 Precio del Mineral de Hierro

En la figura 8, se presenta la curva del precio spot del mineral de hierro (62% Fe – puerto Tianjin China), el cual ha presentado tendencia a la baja, durante los últimos 4 años. La caída de precios ha afectado los resultados de todas las empresas mineras de todos los países y entre ellos a Venezuela.

**Figura 8.** Precio Spot del Mineral de Hierro 62% Fe (Puerto Tianjin China) 2010 – 2014.

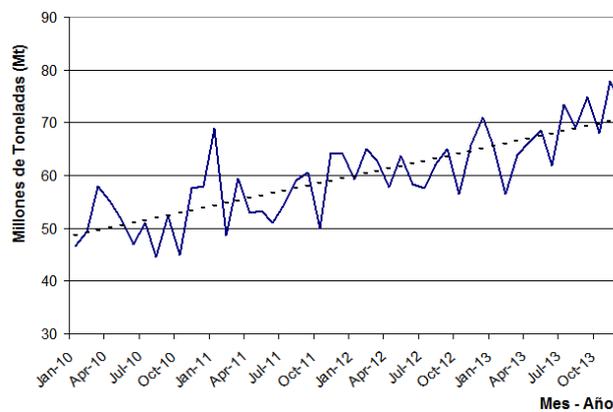


Fuente: Elaborada en base a datos de IMF.

### 4.1.2 Importación de Mineral de Hierro

En los últimos cuatro años, las importaciones de mineral de hierro de China han presentado una tendencia positiva, tal como se observa en la curva de la figura 9.

**Figura 9.** Mineral de Hierro Importado por China 2010 – 2013.

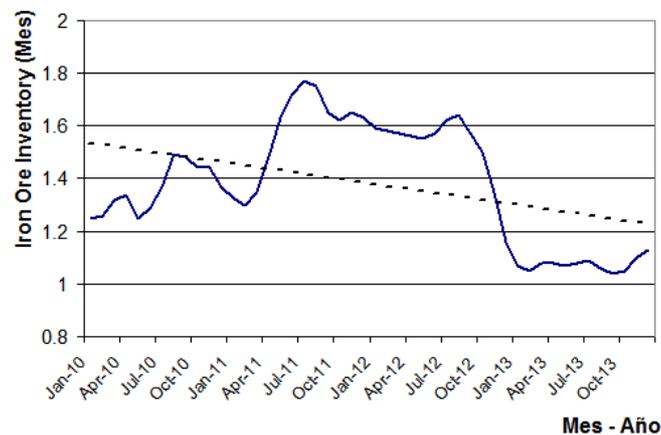


Fuente: Elaboración en base a datos de Mysteel.

### 4.1.3 Inventarios de mineral de hierro en los Puertos en China

Inventario de mineral de hierro en los puertos chinos es una variable que afecta a la demanda y las tasas de transporte, y puede reflejar desequilibrios entre la oferta y la demanda. Cuando los niveles de inventario son altos, reflejan posible exceso de compras por parte de los importadores, ello puede llevar a reducir las compras con el fin de disminuir el inventario. Por otro lado, cuando los niveles de inventario son bajos, los importadores pueden reponerlo incrementando las compras. Los inventarios están muy interrelacionados con el precio, cuando el precio está bajo, los compradores se ven incentivados a aumentar sus inventarios, con la intención de aumentar el margen de ganancia en el periodo de precios están altos.

**Figura 10.** Inventario Mineral de Hierro Puertos en China 2010 – 2013.  
(En base a mes de cobertura).



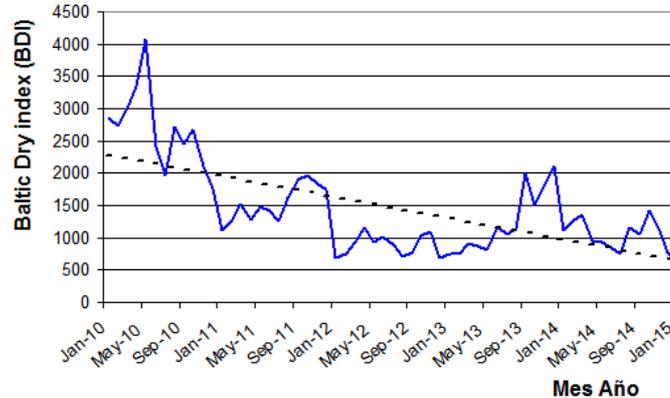
Fuente: Cálculos propios en base a datos de Mysteel.

En la figura 10, se presenta la evolución del inventario en los puertos Chinos en mes de cobertura, caracterizado por una tendencia negativa.

### 4.1.4 Transporte Marítimo del Mineral de Hierro (Baltic Dry Index)

La evaluación del transporte marítimo del mineral de hierro, así como de otras materias primas (carbón, cemento y granos), es realizado mediante el Baltic Dry Index (BDI), el cual es un índice que evalúa el precio medio para el transporte en una serie de rutas de envío (unas 50) y por el tamaño de los buques. Por tanto, es un indicador del costo pagado para enviar las materias primas en los mercados mundiales y un componente importante de los costos de insumos. Un índice BDI alto, es una indicación de una escasez de la oferta de los buques debido a la alta demanda de materia prima transportada. En la figura 11, se presenta la curva del índice BDI entre los años 2010 – 2013. La grafica pone de relieve que el BDI ha sido muy volátil y con tendencia a la baja en los últimos años.

**Figura 11. Baltic Dry Index (BDI) 2010 – 2013.**

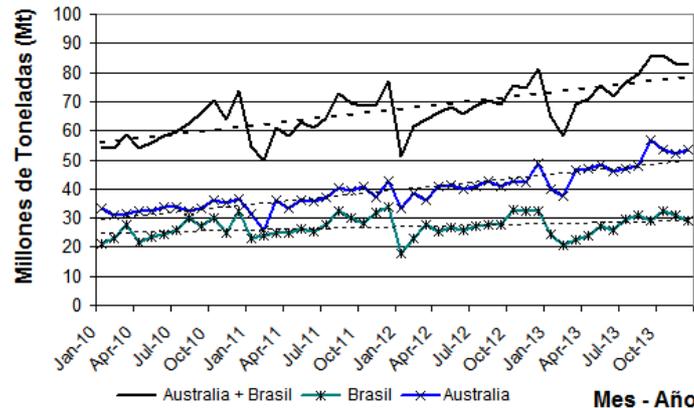


Fuente: Elaboración en base a datos de Bloomberg y Lloyd's.

#### 4.1.5 Exportaciones de Australia + Brasil

Las exportaciones de mineral de hierro de Australia y Brasil han incrementado en los últimos años, tal como se observa en la figura 12.

**Figura 12. Mineral de Hierro Exportado por Australia y Brasil 2010 – 2013.**



Fuente: Elaborada en base a datos de Pilbara Ports Authority, y Ministerio do Desenvolvimento do Brazil.

#### 4.1.6 Tasa de Crecimiento de PIB de China

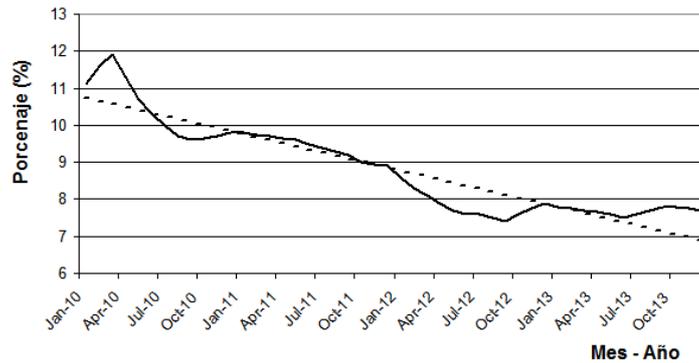
El Producto Interno Bruto (PIB) se refiere a los productos finales a precios de mercado producidos por todas las unidades residentes en un país (o región) durante un cierto período de tiempo. El PIB es el indicador básico de las cuentas nacionales, y también un indicador importante para medir las condiciones económicas y el nivel de desarrollo de un país o región. (National Bureau of Statistics of China)

Se ha elegido el crecimiento del PIB en China, como variable del mercado de mineral de hierro, en lugar de crecimiento del PIB mundial, ya que el mercado chino

es el que ha impulsado, a través del crecimiento de su demanda, el desarrollo del mercado internacional de mineral de hierro durante el período bajo estudio.

En los últimos cuatro años el crecimiento de China se ha desacelerado, tal como se puede observar en la figura 13. La tasa de crecimiento anual del PIB en China es reportada por la oficina nacional de Estadísticas de China.

**Figura 13.** Crecimiento PIB de China (PIB) 2010 – 2013.

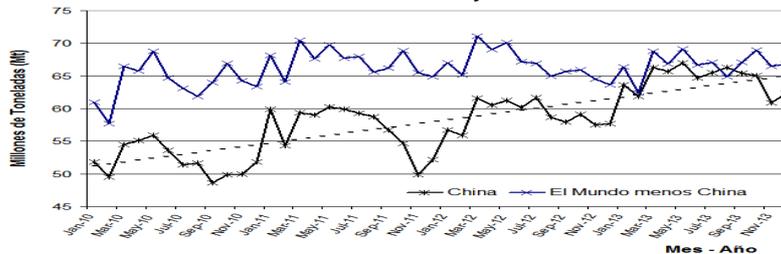


Fuente: Elaborada en base a datos de: National Bureau of Statistics of China y World Bank.

#### 4.1.7 Producción de Acero en China

La producción de acero de China, es el gran determinante de la demanda global de mineral de hierro. En la figura 14, se presenta la producción de acero de China y del resto del mundo, es importante resaltar que si bien ambas tendencias son crecientes, el crecimiento de producción de acero de China ha sido superior al del resto del mundo, en el periodo bajo estudio, a tal punto que ya para el 2014, la producción de acero de China será aproximadamente igual a la del resto del mundo. Lo que posiciona a China como el gran consumidor de mineral de hierro del mundo. Este año se estima que China producirá casi el 50 por ciento de acero de la producción mundial, y consumirá la mayor parte del mineral de hierro transportado por vía marítima.

**Figura 14.** Producción de Acero de China y Resto del Mundo 2010 – 2013.

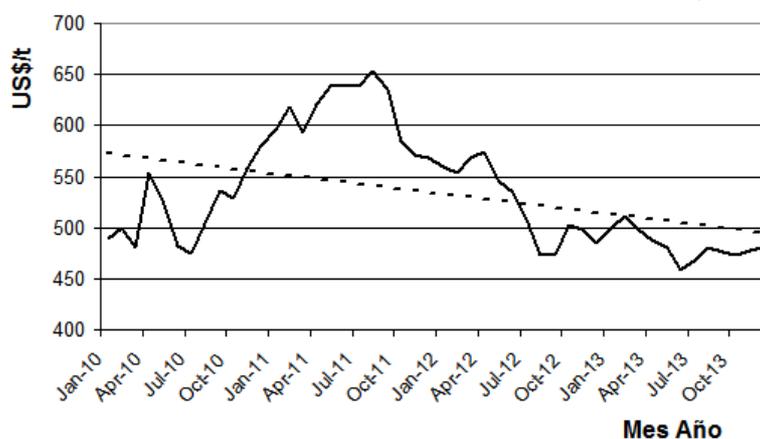


Fuente: Elaborada en base a datos de Worldsteel y BREE

### 4.1.8 Precio de la Barra de Refuerzo de Acero en China

De acuerdo con datos Steelbenmarker y Steelhome, el precio de la Barra de Refuerzo de Acero, principal material de acero utilizado en el proceso de urbanización en China, ha presentado tendencia negativa en el periodo bajo estudio. (Ver figura 15).

**Figura 15.** Precio de la barra de refuerzo de Acero China (2010 – 2013).



Fuente: Cálculos propios en base a datos de Steelbenmarker (August, 2011), Steelbenmarker (January, 2013), Steelbenmarker (January, 2014).

### 4.2 ANÁLISIS Y MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

En la elaboración del modelo, para los cálculos estadísticos, se utilizó la ayuda del software SPSS, versión 19.0.0, de IBM.

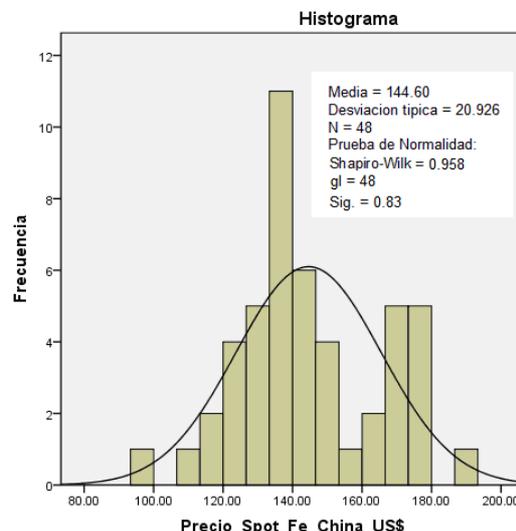
En la tabla 3, se presenta el resumen de las variables con su símbolo, su nemónico y los estadísticos descriptivos.

**Tabla 3.** Lista de variables del mercado de mineral de hierro.

	Variable	Nemónico	Estadísticos descriptivos		
			N	Media	Desv. típ.
1	Y	Precio_Fe_China_US\$/t	48	144.6002	20.92572
2	X1	China_Fe_Import_Mt/Mes	48	59.7208	8.26320
3	X2	China_Fe_Invent_Mes	48	84.5542	10.90340
4	X3	BDI	48	1583.4792	796.21463
5	X4	Aust_Bras_Fe_Export	48	67.0790	9.17943
6	X5	Crecimiento_PIB_China	48	8.8417	1.24633
7	X6	China_Acero_Prod	48	58.1562	5.16081
8	X7	Precio_Barra_Acero_China	48	534.2917	56.90902

Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

**Figura 16:** Histograma de frecuencias de la variable “Precio\_Fe\_China\_US\$”.



Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

Para la comprobación de la normalidad de los datos de la variable dependiente “Precio\_Fe\_China\_US\$”, se utilizó el estadístico de Shapiro-Wilk. El resultado fue Shapiro-Wilk = 0.958, resultado con una significancia estadística de 0.083 > 0.05. Por tanto, la hipótesis de distribución normal de la variable “Precio\_Fe\_China\_US\$”, fue aceptada. En la figura 16, se presenta el histograma de frecuencias de la variable “Precio\_Fe\_China\_US\$”.

En la tabla 4, se presentan los valores de las correlaciones de orden cero entre la variable dependiente y las variables independientes. La correlación de orden cero expresa el grado de relación entre cada variable independiente y la variable dependiente, sin tomar en cuenta la presencia de terceras variables.

**Tabla 4.** Correlaciones de Orden Cero entre Variable dependiente vs. Variable Independiente (Mercado de Mineral de Hierro)

<b>VARIABLES</b>	<b>CORRELACIONES DE ORDEN CERO</b>
China_IO_Import	-.318*
China_IO_Inventory	.239
BDI	.210
Aust_Bras_IO_Export	-.422**
China_PIB	.480**
China_Steel_Prod	-.141
Precio_Barra_Acero_China	.822**

Nota: Variable dependiente = Precio\_Fe\_China\_US\$.

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral);

\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

La existencia de correlaciones significativas entre las variable dependiente con respecto a las variables independientes, fue un primer indicador que estas variables son válidas y pueden ser tomadas en cuenta para la ecuación de regresión lineal múltiple.

Para el ajuste del modelo de regresión lineal múltiple, se partió inicialmente con un modelo que incluye todas las variables del mercado, ver ecuación 5.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \varepsilon \quad (5)$$

Para seleccionar las variables independientes que serán incluidas en el modelo, se utilizó el método “hacia atrás” del modulo de regresión lineal del software SPSS, mediante el cual se desincorporan sucesivamente las variables que no cumplan con el criterio de significancia estadística de valor < 0.05, y luego de cinco pruebas, el modelo resultante fue el modelo de la ecuación 6 y 7:

$$Y = \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_7 X_7 + \varepsilon \quad (6)$$

$$\text{Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$} = \beta_2 (\text{China\_Fe\_Invent\_Mes}) + \beta_3 (\text{BDI}) + \beta_4 (\text{Aust\_Bras\_Fe\_Export}) + \beta_7 (\text{Precio\_Barra\_Acero\_China}) + \varepsilon \quad (7)$$

En la tabla 5, se presentan los valores obtenidos para los coeficientes “Beta” (β) para cada variable del modelo final, en todos casos el valor de significancia es < 0.05, por tanto la regresión múltiple es significativa. En dicha tabla se observa que la tolerancia correspondiente a los estadísticos de colinealidad tiene valores superiores a 0.4, por tanto se asume la no existencia de multicolinealidad, al menos en un sentido importante, que altere la estimación del modelo.

**Tabla 5. Coeficientes de Regresión del modelo**

Modelo	Coefic. no estandarizados.		Coefic. Tipific.	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad		
	β	Error típ.	β			Tolerancia	FIV	
4	China_Fe_Invent_Mes	-52.649	5.776	-.570	-9.116	.000	.545	1.833
	BDI	.005	.001	.183	3.804	.000	.922	1.085
	Aust_Bras_Fe_Export	-.231	.118	-.101	-1.960	.057	.798	1.253
	Precio_Barra_Acero_China	.431	.024	1.172	18.108	.000	.509	1.965

Nota: Variable dependiente: Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$.

Fuente: Cálculos propios, , mediante SPSS.

Se reemplazan los valores de los coeficientes “Beta” (β) no estandarizados (no tipificados) en la ecuación 7, y el modelo toma la forma de la ecuación 8:

$$\text{Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$} = -52.649 (\text{China\_Fe\_Invent\_Mes}) + 0.005 (\text{BDI}) - 0.231 (\text{Aust\_Bras\_Fe\_Export}) + 0.431 (\text{Precio\_Barra\_Acero\_China}) + \varepsilon \quad (8)$$

El modelo para el precio spot del mineral de hierro, planteado en la ecuación 8, cumple con los supuestos estadísticos de linealidad entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, no-colinealidad de las variables independientes, normalidad de los residuos tipificados y homocedasticidad de los residuos. En la tabla 6, se presenta un resumen del ajuste y comprobaciones del modelo de regresión lineal del precio spot del mineral de hierro.

**Tabla 6.** Resumen del Ajuste y Comprobaciones de Supuestos estadísticos: Modelo RLM del Precio Spot del Mineral de Hierro

	Suma de cuadrados	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corregida	Estadístico F	Sig.
<b>Regresión</b>	18693.854	.953	.908	.900	106.609	.000
<b>Residual</b>	1885.003					
<b>Total</b>	20578.857					

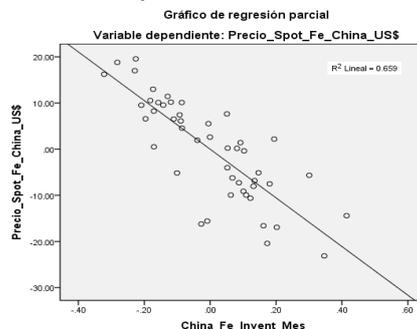
Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

El coeficiente de correlación (R) entre las variables dependiente e independientes obtenido R = 0.953, es un valor de correlación alto y positivo, lo que indica una alta dependencia de la variable dependiente en función de las variables independientes.

El coeficiente de determinación R<sup>2</sup> corregida = 0.900, indica que la proporción de varianza de la variable dependiente (Y) que está explicada por las variables independientes es de 90% en el modelo lineal considerado.

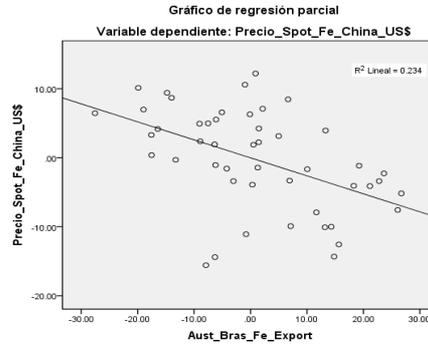
El valor del estadístico F = 106.609, tiene una significancia = 0.000, que es menor a 0.05, esto implica que las variables explicativas influyen de forma conjunta y lineal sobre la variable Y (**Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$**).

**Figura 17.** Regresión Parcial Variable dependiente Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$ y la variable independiente China\_Fe\_Import.



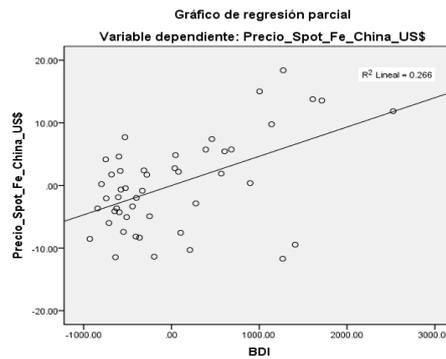
Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

**Figura 18.** Regresión Parcial Variable dependiente Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$ y la variable independiente Aust\_Bras\_Fe\_Export.



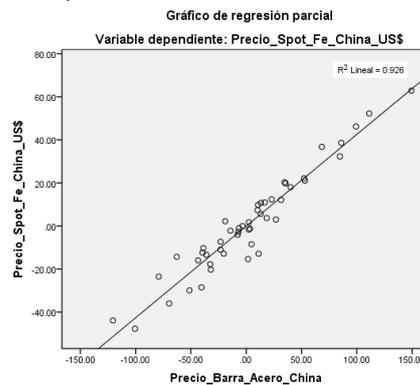
Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

**Figura 19.** Regresión Parcial Variable dependiente Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$ y la variable independiente BDI.



Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

**Figura 20.** Regresión Parcial Variable dependiente Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$ y la variable independiente Precio\_Barra\_Acero\_China.



Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

El supuesto de linealidad entre las variables dependiente **Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$** y las variables independientes, se verifica mediante las graficas de regresión parcial de las figuras 17, 18, 19 y 20:

**Tabla 7.** Prueba de normalidad de los residuos tipificados

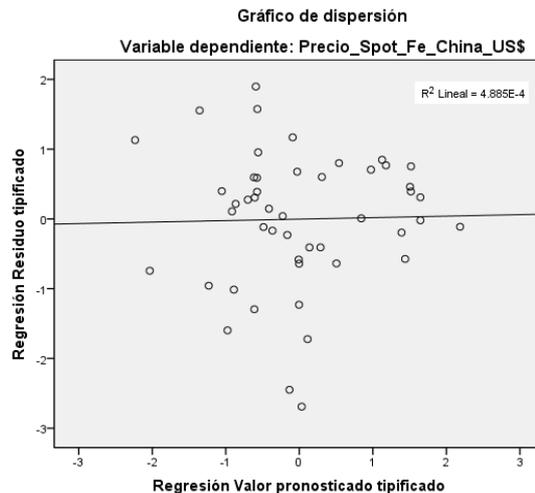
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Grados de Libertad (gl)	Sig.
Standardized Residual	.970	48	.263

Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

En la tabla 7, se presenta la prueba de normalidad de los residuos tipificados (estandarizados), mediante el estadístico de Shapiro-Wilk, el cual tiene un grado de significancia de  $0.263 > 0.05$ . Lo que indica el cumplimiento del supuesto de normalidad de los residuos tipificados.

En la figura 21, esta el grafico de dispersión de los valores de los pronósticos tipificados y residuos tipificados, se observa que los residuos se distribuyen de manera aleatoria alrededor de cero, sin ningún patrón o comportamiento obvio. Lo que comprueba el supuesto de homocedasticidad o igualdad de varianzas de los residuos y los pronósticos.

**Figura 21.** Grafica de dispersión pronósticos tipificados y residuos tipificados.



Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

Por último en la tabla 8, están las variables excluidas después del ajuste del modelo. Estas variables presentan significancia estadística con valores  $> 0.05$ , y no cumplen con la prueba de hipótesis para ser incluidas en el modelo.

**Tabla 8.** Variables excluidas después del ajuste del modelo

	<b>Modelo</b>	<b>Beta</b>	<b>t</b>	<b>Sig.</b>
4	China_PIB	-.041	-.344	.733
	China_IO_Import	-.009	-.120	.905
	China_Steel_Prod	.081	1.121	.269

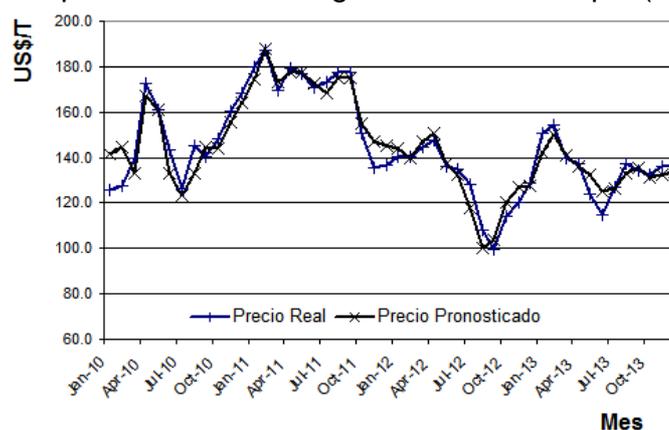
Nota: Variable dependiente: Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$.

Fuente: Cálculos propios, mediante SPSS.

### 4.3 VALIDACION DEL MODELO

En la figura 22, se presenta la grafica con las curvas precio spot real observado del mineral de hierro vs precio pronosticado por el modelo de regresión lineal múltiple (RLM), para el periodo bajo estudio (2010 -2013)

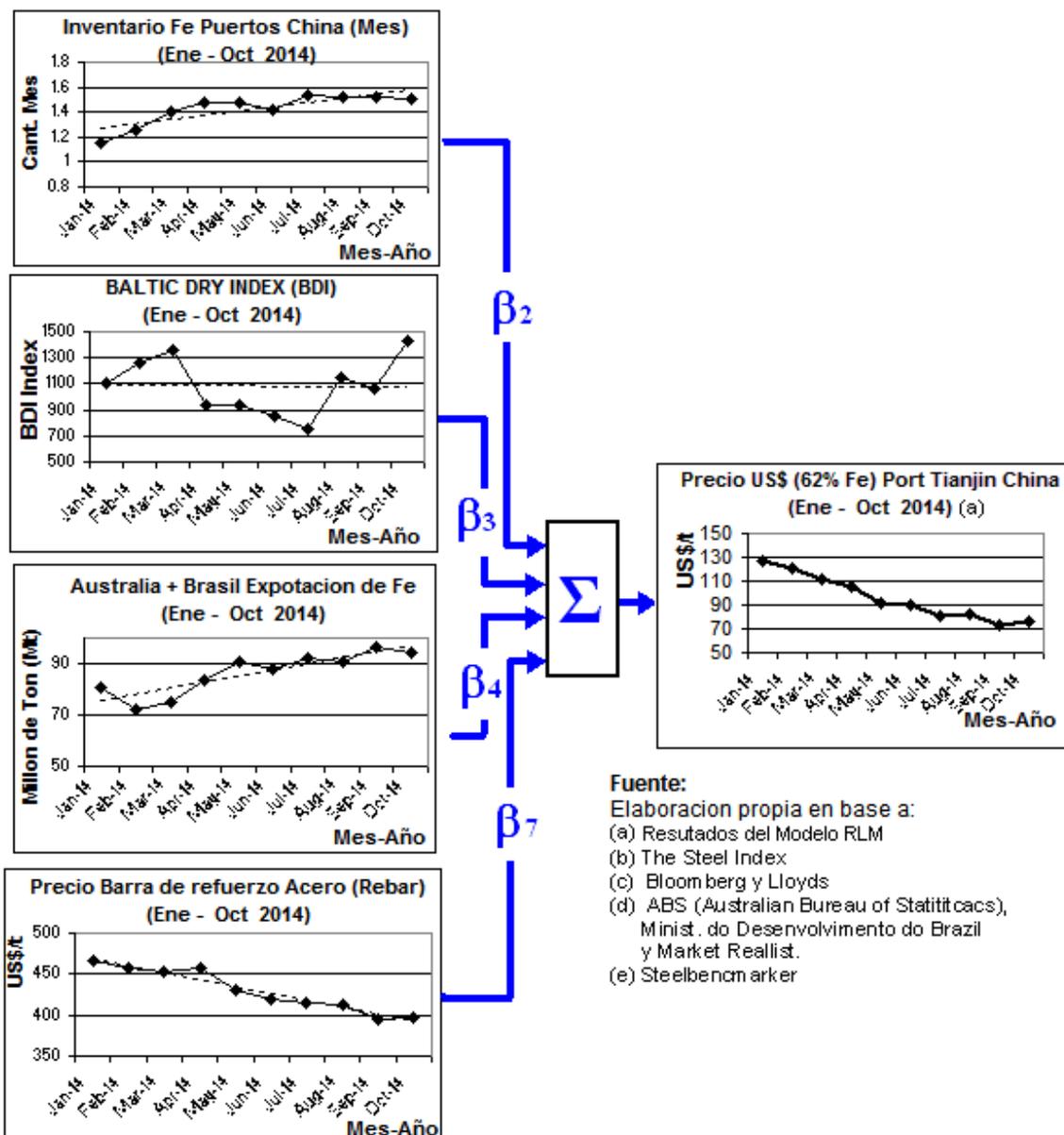
**Figura 22.** Comparación del precio Spot real observado del Mineral de Hierro vs. Precio pronosticado por el modelo de regresión lineal múltiple (RLM) 2010 – 2013.



Fuente: Cálculos propios.

El procedimiento utilizado para validar el modelo, fue el realizar pruebas con nuevos casos y analizar su respuesta, comparándola con los resultados conocidos. Para ello luego de obtener los pronósticos para los casos nuevos, se calculó el coeficiente de correlación entre los valores reales observados en la variable dependiente y los valores pronosticados para esos casos nuevos, un modelo fiable debe tener una correlación similar entre ambos valores.

**Figura 23.** Diagrama de resultados de prueba del modelo (RLM) del precio spot del mineral de hierro.



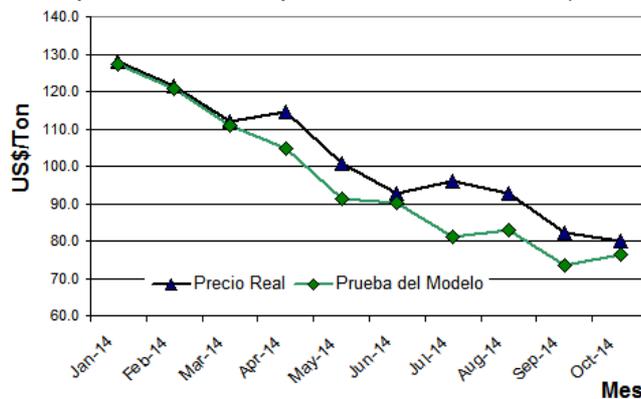
**Fuente:**  
 Elaboracion propia en base a:  
 (a) Resultados del Modelo RLM  
 (b) The Steel Index  
 (c) Bloomberg y Lloyds  
 (d) ABS (Australian Bureau of Statittcacs),  
 Minist. do Desenvolvimento do Brazil  
 y Market Realist.  
 (e) Steelbenon arker

En la validación del modelo, se utilizaron los datos de los primeros 10 meses de 2014 de las variables predictoras (**China\_Fe\_Invent\_Mes**, **BDI**, **Aust\_Bras\_Fe\_Export**, y **Precio\_Barra\_Acero\_China**) para el pronóstico del precio y los datos del precio spot mineral de hierro del Fondo Monetario Internacional (IMF) como valor real observado. En la figura 23, se presenta un

diagrama que resume la estructura del modelo con los resultados de la prueba de validación.

La comparación entre los valores reales y los resultados de la prueba del modelo RLM, se presentan en la curva de la figura 24. El coeficiente de correlación entre las dos series de datos fue de R=0.970, similar al obtenido en el ajuste del modelo.

**Figura 24.** Prueba de validación del modelo. Comparación de los valores reales observados vs valores pronosticados por el modelo RLM (Ene/2014 - Oct/2014).



Fuente: Cálculos propios.

## 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El modelo RLM, obtenido dado por la ecuación:

$$Y = -52.649 X_2 + 0.005 X_3 - 0.231 X_4 + 0.431 X_7$$

Tal como está expresada la ecuación anterior parecería que la variable “China\_Fe\_Invent\_Mes”, es la de mayor importancia, pero ello se debe a que la magnitud de su escala es mucho más baja que las restantes variables y su peso específico por unidad es mayor.

No obstante, la ecuación de regresión en valores tipificados, nos muestra todas las variables en la misma dimensión. Así:

$$Z = -0.570 Z_2 + 0.183 Z_3 - 0.101 Z_4 + 1.172 Z_7$$

Se observa que el peso específico de la variable “Precio\_Barra\_Acero\_China” es superior a las restantes, seguida en segundo lugar de “China\_Fe\_Invent\_Mes”, en tercer lugar de “BDI” y en último lugar de. “Aust\_Bras\_Fe\_Export”

Es importante mencionar, que el resto de la variables descartadas en la construcción del modelo, también influyen en el precio del mineral de hierro, solo

que por el efecto de la colinealidad no todas las variables explicativas pueden entrar en el modelo, y el conjunto de variables seleccionadas son las que matemáticamente mejor explican el comportamiento de la variable dependiente en el periodo analizado.

Como se puede ver en la curva de la figura 19, comparación de los valores reales observados vs valores pronosticados por el modelo RLM (Ene/2014 - Oct/2014), el valor pronosticado sigue la misma tendencia que el valor real observado, en los tres primeros meses los valores presentan muy poca variación y a partir del cuarto mes ambas curvas presentan cierta divergencia en algunos meses, ello podría ser indicio que el modelo requiere de nuevo ajuste a partir del cuarto mes.

## **6. CONCLUSIONES**

En este estudio se aplicó el método de regresión lineal múltiple para construir un modelo explicativo del precio spot del mineral de hierro en el mercado internacional y su ajuste fue realizado tomando en cuenta las variables relacionadas con el mercado del mineral de hierro en el periodo entre los años 2010 y 2013, que en nivel de importancia fueron: Precio de la barra de Acero de Refuerzo (“Rebar”), Inventario de mineral Fe en puertos de China, las exportaciones de mineral de hierro de Australia + brasil y el “Baltic Dry Index” (BDI).

El modelo obtenido esta dado por la ecuación,  $Y = -52.649 X_2 + 0.005 X_3 - 0.231 X_4 + 0.431 X_7 + \varepsilon$ , que incluye, (Y) Precio\_Spot\_Fe\_China\_US\$, (X2) Inventario de mineral Fe en puertos de China, (X3) “Baltic Dry Index” (BDI), (X4) Exportaciones de mineral Fe de Australia + brasil y (X7), y el Precio de la barra de Acero de Refuerzo (“Rebar”), como las principales variables explicativas del comportamiento del precio spot del mineral de hierro en el mercado internacional en el periodo analizado. El modelo tiene un coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado de 0.900, lo cual indica que la variable precio spot del mineral de hierro es explicada en un 90% por las variables independientes.

El modelo obtenido en esta investigación puede ser utilizado como modelo predictivo, pero debido a lo dinámico y alta volatilidad del mercado spot del mineral de hierro, es muy probable que las variables independientes del modelo cambien de peso o entren otras variables después del corto plazo, por lo que es recomendable su continua revisión y ajustes periódicos. No obstante, conocer la tendencia del precio internacional del mineral de hierro y sus valores aproximados a corto plazo, variable que presenta actualmente alta volatilidad e incertidumbre, es una información valiosa para los involucrados en el mercado spot de mineral de hierro, entre ellos CVG Ferrominera Orinoco, la única empresa minera de hierro de Venezuela.

## REFERENCIAS

- Arellano S., Ibarra K. y Pizano J. (2007). *Economía de la empresa*. México. Editorial Trillas
- Arias F. (2012). El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. Caracas. Episteme.
- Bannock et al. (2007). *Diccionario de Economía*. México. Editorial Trillas.
- Bannock, Baxter & Rees (2007). *Diccionario de Economía*. Editorial Trillas. México 2007.
- Bernanke Ben. (June 2008). Outstanding Issues in the Analysis of Inflation. 53rd Annual Economic Conference, Chatham, Massachusetts, Boston. Federal Reserve Bank of USA. Recuperado de <http://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/bernanke20080609a.htm>
- Bloomberg, S/F. Baltic Dry Index Data. Recuperado de <http://www.bloomberg.com/quote/BDIY:IND>
- BREE (S.F.). Bureau of Resources and Energy Economics (BREE), Government\_of\_Australia. Recuperado de <http://industry.gov.au>
- Caputo, Robinson y Wang (2014). The Relationship between Bulk Commodity and Chinese Steel Prices. Reserve bank of Australia. Recuperado de <http://www.rba.gov.au/publications/bulletin/2013/sep/pdf/bu-0913-2.pdf>
- CIGC – FMO (2011). Informe de Mercado de Mineral de Hierro. Mercado Spot. Centro de Investigaciones y Gestión del Conocimiento. CVG Ferrominera Orinoco C.A. Año 1, Nro 3. Junio 2011. Recuperado de [http://correo.ferrominera.com/cigc/Biblioteca/Publicaciones/ARP\\_FMO\\_MFS\\_11003\\_06.pdf](http://correo.ferrominera.com/cigc/Biblioteca/Publicaciones/ARP_FMO_MFS_11003_06.pdf)
- Deutsche Bank (2014). Steel-Making Materials: Waiting for the cyclical recovery. Global Commodities, Bulk Materials and Industrial Metals. Special Report. Deutsche Bank AG/London. Recuperado de <http://etf.deutscheawm.com/DEU/DEU/Download/Research-Commodities/6b19f7f8-a24a-495b-b85c-c9519a77e5e8/Special-Report.pdf>
- Goldman Sachs (2014) Base, Bulks and Bullion. Base metals ex-copper to continue to outperform. Commodities Research. The Goldman Sachs Group, Inc. Recuperado de: <http://www.tianpoh.com/sites/tianpoh.com/files/2014-07-24-GS-Base-Bulks-Bullion.pdf>
- Government of Western Australia, (Mar. 2014). *Western Australia Iron Ore Profile – Mar. 2014*. Recuperado de [http://www.dsd.wa.gov.au/docs/default-source/default-document-library/wa\\_iron\\_ore\\_profile\\_0314.pdf?sfvrsn=5](http://www.dsd.wa.gov.au/docs/default-source/default-document-library/wa_iron_ore_profile_0314.pdf?sfvrsn=5)
- Government of Western Australia, (Sept. 2014). *Western Australia Iron Ore Profile –Sept. 2014*. Recuperado de [http://www.dsd.wa.gov.au/docs/default-source/default-document-library/wa\\_iron\\_ore\\_profile\\_0914.pdf?sfvrsn=5](http://www.dsd.wa.gov.au/docs/default-source/default-document-library/wa_iron_ore_profile_0914.pdf?sfvrsn=5)
- IMF (S.F.). Primary Commodity Prices. *Intenational Monetary Fund*. [Archivo de datos] Washington DC. Recuperado de [http://www.imf.org/external/np/res/commod/External\\_Data.xls](http://www.imf.org/external/np/res/commod/External_Data.xls)
- Jany J. (2000). *Investigation Integral de Mercados*. Santa Fe de Bogota. Colombia. McGraw Hill.

- Lingxiao Ou (2012). China's Influence on the World's Iron Ore Market. A Supply-Side Perspective. Department of Economics. University of California, Berkeley. USA. [Documento en línea]. Recuperado de [https://www.econ.berkeley.edu/sites/default/files/Thesis%20Paper\\_Lingxiao%20Ou.pdf](https://www.econ.berkeley.edu/sites/default/files/Thesis%20Paper_Lingxiao%20Ou.pdf).
- Lloyd's, S/F. Recuperado de <http://www.lloydslistintelligence.com/lint/dry-bulk/baltic-dry-index.htm>
- Méndez C. (1988). Metodología. Guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas. Caracas. McGraw Hill.
- Méndez J. (2007). La Economía de la Empresa. México. Mc Graw Hill.
- Ministerio do Desenvolvimento do Brazil (S.F.). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil. Recuperado de <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1955&refr=608>
- Mysteel, (S.F.). Recuperado de <http://www.mysteel.net/ll/iron.html>
- National Bureau of Statistics of China, (S/F). Recuperado de [http://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/201501/t20150122\\_672565.html](http://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/201501/t20150122_672565.html)
- Pilbara Ports Authority (S.F.). Port statistics. Pilbara Australia. Recuperado de <http://www.abs.gov.au/>
- Roboam Michael (1993). La methode GRAI. Principes, Outils, Demarche et Practique. Toulouse, Francia. Editorial Teknea.
- Rudenko V. (2012). The Mining Valuation Handbook: Mining and Energy Valuation for Investors and Management. Australia. Wiley Publishing.
- Schmidt S. (2005). Econometria. México. McGraw Hill.
- Steelbenchmarker (August, 2011). Report #129. SteelBenchmarker, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, EE. UU. Recuperado de <http://steelbenchmarker.com/files/history.pdf>
- Steelbenchmarker (January, 2013). Report #163. ibídem
- Steelbenchmarker (January, 2014). Report #187. ibídem
- Universidad Nacional de Colombia (S.F.). Diseño Experimental. ¿Qué es una investigación no experimental? Dirección Nacional de Innovación Académica. Bogota, Colombia. Recuperado de [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/html/un1/cont\\_102-02.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/html/un1/cont_102-02.html)
- USGS (2012). Iron Ore. Commodity Summaries. U.S. Geological Survey. EEUU. Recuperado de [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron\\_ore/mcs-2012-feore.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/mcs-2012-feore.pdf)
- Vale (S/F). Iron Ore Indices. Recuperado de <http://www.vale.com/EN/business/mining/iron-ore-pellets/Pages/Iron-Ore-Indices.aspx>
- World Bank, (S.F.). Recuperado de <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/countries/cn?display=graph>

Worldsteel Association, (2012). Steel Statistical Yearbook 2012. worldsteel Committee on Economic Studies – Brussels, 2012. Recuperado de <http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/statistics-archive/production-archive/steel-archive/Crude-steel-production-December-2013/document/Crude%20steel%20production%20December%202012.pdf>

Worldsteel Association, (2013). Steel Statistical Yearbook 2013. worldsteel Committee on Economic Studies – Brussels, 2013. Recuperado de <http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/steel-stats/2013/Crude-steel-pdf/document/Crude%20steel%20December%202013.pdf>

Worldsteel, (S.F.). Monthly crude steel production archive. Worldsteel Committee on Economic Studies – Brussels. Recuperado de <http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/yearbook-archive.html>