

MODELO ECONOMÉTRICO BISECTORIAL INDUSTRIA SIDERÚRGICA Y SECTOR CONSTRUCCIÓN. CASO VENEZUELA

Laura Ysabel Sarabia de Ortega

Dra. Ciencias Económicas y Administrativas de la
Universidad Santa María (U.S.M.)
Mgs. Ingeniería Industrial mención Gerencia de
la Universidad Nacional Experimental Politécnica
(UNEXPO). Ingeniero en Informática en la Universidad
Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA)
Docente adscrito al Departamento de Técnicas
Cuantitativas del Decanato de Administración y
Contaduría de la UCLA.
E-mail: lsarabia@ucla.edu.ve

La presente investigación está fundamentada en la realización de un modelo que determine los factores en la relación bisectorial de industrias siderúrgica y de la construcción, en términos económicos, matemáticos y econométricos en Venezuela, que genere crecimiento económico. Siendo una investigación enmarcada en el campo de las ciencias fácticas, como un proyecto factible. Procedimentalmente, el trabajo se realizó a partir de la aplicación de la metodología aceptada para la elaboración de modelos econométricos lo que permitió la realización de una función de producción inspirada en la forma funcional de Cobb-Douglas, involucrando aquellas variables que según sus coeficientes, signos estadísticamente significativos y cumpliendo con las propiedades de dicha función pudieran formar parte del modelo. En el desarrollo del trabajo se logró diseñar un modelo restringido inspirado en la función de producción de Cobb-Douglas que explica en un 93% la producción siderúrgica en función de los factores capital y trabajo de la construcción. Se plantean conclusiones y recomendaciones con aplicaciones teórico-prácticas para orientar decisiones de políticas públicas y privadas en virtud de la existencia de rendimientos decrecientes a escala en Venezuela entre los sectores en estudio. Finalmente se realizan simulaciones basadas en dos métodos de predicción.

Palabras Claves: Crecimiento Económico, Siderurgia, Construcción, Econometría, Función de Producción.

Recibido: 20-10-2011

Aceptado: 27-10-2011

Abstract

This research is based on the realization of a model to determine the factors in the two-sector related industries and construction steel, in economic terms, mathematical and econometric Venezuela to generate economic growth. Being a framed research in the field of factual sciences, as a feasible project. Procedurally, the work was done from the application of accepted methodology for the econometric modeling allowed the realization of a production function is inspired by the Cobb-Douglas functional, involving those variables as their coefficients, signs statistically meaningful and fulfilling the properties of this function could be part of the model. In developing the design work resulted in a restricted model inspired the production function of Cobb-Douglas explains 93% of steel production in terms of capital and labor in construction. Conclusions and recommendations are proposed with theoretical and practical applications to guide policy decisions in public and private virtue of the existence of diminishing returns to scale in Venezuela among the sectors under study. Finally simulations are conducted based on two methods of prediction.

Keywords: Economic Growth, Steel Construction, Econometrics, Production Function.

TWO-SECTOR ECONOMETRIC MODEL AND STEEL INDUSTRY CONSTRUCTION SECTOR. VENEZUELA CASE

Sarabia Ysabel Laura Ortega

Doctorate in Economics and Administrative Sciences at
the Universidad Santa María (USM)
Master in Industrial Engineering, major in Management
at the Universidad Nacional Experimental Politecnica
(UNEXPO). Computer Engineering at the Universidad
Centrooccidental Lisandro Alvarado (UCLA)
Teacher within the Department of Quantitative
Techniques at the Deanery of Administration and
Accounting from UCLA.
E-mail: lsarabia@ucla.edu.ve

1. INTRODUCCION

La economía venezolana, dada su condición de país monoprodutor, dependiente del comercio exterior en exportaciones petroleras, las cuales son muy vulnerable a las fluctuaciones de los precios de tales productos en el mercado internacional, pues en esos escenarios, se registran periódicas crisis, por la recurrencia de los ciclos económicos, hace que las consecuencias de tales crisis se reflejan sobre desarrollo de la economía venezolana, agregándose a los enormes desajustes internos provocados por la constante inestabilidad política y las desacertadas políticas económicas, hace pensar que debe alternarse los porcentajes de PIB, a otros sectores económicos, dentro del sector secundario, que permitan sostener los ingresos, y lograr mejores condiciones de vida a los que habitamos este país.

Considerando que en un mundo globalizado, la calidad de la educación de la población aunada a la posibilidad de emprender, serán los principales determinantes para lograr el bienestar. La capacidad de generar y adaptar nuevas tecnologías será el motor del progreso en el siglo XXI. Venezuela debe establecerse un entorno apropiado para el emprendimiento y la innovación en diversos sectores.

En tal sentido, se plantea el diseñar modelos que conjuguen sectores industriales no petroleros, con demostrado desenvolvimiento individual y darle estructura bisectorial dentro de los parámetros establecidos en los modelos de crecimiento económico, y así generar escenarios que vinculen aspectos dentro de las dimensiones sociales, tecnológica y económicas que permiten visualizar el crecimiento económica bajo otras perspectivas de ingreso distintas al generado por el sector petrolero.

2. OBJETIVOS

Distinguir los factores que generen la combinación óptima, según las teorías neoclásicas de crecimiento

económico, en el sector construcción, que establezcan tipos de rendimientos a escala con elasticidad de sustitución que conlleven a una eficiente producción siderúrgica la cual origine crecimiento económico.

Determinar los componentes básicos para diseñar un modelo econométrico de crecimiento económico bisectorial no petrolero basado en los sectores siderurgia y construcción

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El modelo a proponer se formula a partir de los supuestos en la teoría de crecimiento económica del modelo de Solow expresado a través de la función de producción Cobb – Douglas, la cual tiene la siguiente forma:

$$Y = A * K^{\alpha} * L^{\alpha-1}$$

Donde $A > 0$ es el efecto del progreso técnico no incorporado al trabajo ni al capital y α es una constante con $0 < \alpha < 1$. Wooldridge (2001).

La función de producción de Cobb-Douglas, en su forma estocástica, puede expresarse:

$$Y_i = \beta_0 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{u_i} \quad (I)$$

donde: Y = producción, X_2 = Insumo trabajo, X_3 = Insumo capital, u = término de perturbación estocástica y e = base de logaritmo natural.

De la ecuación (I) se observa que la relación entre producción y los dos insumos es no lineal, sin embargo si se transforma este modelo mediante la función logaritmo, se obtiene:

$$\ln Y_i = \ln \beta_0 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i = \beta_0 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i$$

$$(II), \text{ donde } \beta_0 = \ln \beta_0$$

Escrito de esta forma el modelo es lineal en los parámetros β_0, β_2 y β_3 y por consiguiente es un modelo de regresión lineal.

Adicionalmente la función de Cobb-Douglas, como función de producción cumple con las siguientes propiedades:

1. β_2 es la elasticidad parcial del producto (producción) con respecto al insumo trabajo, es decir, mide el cambio porcentual en la producción debido, a una variación del 1% en el insumo trabajo, manteniendo el insumo capital constante.
2. De igual forma, β_3 es la elasticidad parcial del producto (producción) con respecto al insumo capital, manteniendo constante el insumo trabajo.
3. La suma ($\beta_2 + \beta_3$) da información, sobre los rendimientos a escala, es decir, la respuesta del producto (producción) a un cambio proporcional en los insumos. Si esta suma es uno, entonces existen rendimientos constantes a escala, es decir, la duplicación de los insumos duplicará el producto, la triplicación triplicará el producto, y así sucesivamente. Si la suma es menor que uno, existe rendimientos decrecientes a escala, duplicando los insumos; el producto crecerá en menos del doble. Finalmente, si la suma es mayor que uno, habrá rendimientos crecientes a escala, la duplicación de los insumos, aumentará el producto en más del doble.

Sugún Gujarati (1997), siempre que se tenga un modelo de regresión log-lineal, equivalente en la regresión múltiple al modelo log-lineal con dos variables, con cualquier número de variables, el coeficiente de cada una de las variables X mide la elasticidad parcial de la variable dependiente Y con respecto a esa variable, así, si se tiene un modelo log-lineal con k variables:

$$\ln Y_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i = \beta_0 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i \quad (III)$$

cada uno de los coeficientes de regresión (parcial), β_2 hasta β_k , es la elasticidad parcial de Y con respecto a las variables X_2 hasta X_k , para ver esto, dérivese parcialmente (III) con respecto al log de cada variable X,

por consiguiente, $\partial \ln Y / \partial \ln X_2 = (\partial Y / \partial X_2)(X_2 / Y) = \beta_2$, que por definición es la elasticidad Y con respecto a X_2 y $\partial \ln Y / \partial \ln X_3 = (\partial Y / \partial X_3)(X_3 / Y) = \beta_3$ que es la elasticidad de X_3 y así sucesivamente.

Los supuestos de la función de producción de la forma Cobb-Douglas han sido aplicados a empresas de un sector en particular y en su mayoría en modelos macroeconómicos, en tal sentido uno de los aportes de esta investigación es expresar en términos macroeconómicos la función de producción fundamentada en la producción de la industria siderúrgica según el estímulo del sector construcción que este imprima sobre ella, considerando los elementos fundamentales de la teoría de crecimiento del modelo neoclásico.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se enmarca dentro de la vertiente cuantitativa permitiendo la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable que atienda a las necesidades de los sectores involucrados, que se ha evidenciado a través de la investigación de tipo documental o de campo, mediante la propuesta de un modelo económico bisectorial que permita medir el crecimiento económico a través del desarrollo del sector siderúrgico según como se comporte el sector de la construcción. En cuanto al diseño de la investigación se clasifica dentro de los no experimentales y según la temporalidad se enmarca dentro de las expos-facto.

4.2 POBLACIÓN

En la presente investigación las unidades de análisis objeto de estudio serán las empresas pertenecientes a los sectores económicos del sector secundario. Empresas del sector siderúrgico enmarcado dentro del grupo de Industria Metálica Básica en Venezuela, el cual incluye las Industrias básicas de hierro y acero, en el renglón de fabricación, transformación y fundición de hierro y

acero, cuya producción es expresada en cantidad de toneladas métricas de productos siderúrgicos elaborados clasificados como planos, no planos y tubulares; los productos planos las chapas gruesas, bobinas, láminas en caliente y frío, hojalata y hoja cromada y otros; los no planos las barras y cabilla, alambón entre otros y los tubulares los tubos de acero o tubos sin costura.

Empresas del sector construcción en Venezuela, conformadas por contratistas generales y especializados dedicados principalmente a la construcción por contrato, también abarca las dependencias de empresas que se dedican principalmente al trabajo de construcción de: Vivienda, Infraestructura Vial (Carreteras y autopistas, Vialidad urbana, Vialidad agrícola Metro (obras civiles), Ferroviaria (obras civiles), Cloacas y Acueductos, Instalaciones Deportivas, Instalaciones de Sistemas de Comunicaciones, entre otras.

4.3 SISTEMA DE VARIABLES

4.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Serie históricas de datos comprendidas en los periodos 1987-2008, que según los indicadores considerados en la variables, fueron extraídos de anuarios e informes económicos de los sectores económicos involucrados, tanto de índole gubernamental como privada, entre los cuales se encuentran: el Instituto Nacional de Estadística (INE), Banco Central de Venezuela (BCV), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Hidrológicas de Venezuela (HIDROVEN), Corporación Venezolana de Guayana (CVG), Superintendencia de Inversiones Extranjeras (SIEX), Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI), Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), Banco Nacional de Ahorro y Préstamo (BANAP), entre otros.

**TABLA N° 1
DEFINICIÓN OPERACIONAL**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INDICADORES
Distinguir los factores que generen la combinación óptima, según las teorías neoclásicas de crecimiento económico, en el sector construcción, que establezcan tipos de rendimientos a escala con elasticidad de sustitución que conlleven a una eficiente producción siderúrgica la cual origine crecimiento económico..	Factores de Combinación óptima en la construcción Rendimientos a escala con elasticidad de sustitución Producción Siderúrgica Eficiente Crecimiento Económico	Factores de Correlación Función de producción Niveles óptimo de producción PIB
Determinar los componentes básicos para diseñar un modelo econométrico de crecimiento económico bisectorial no petrolero basado en los sectores siderurgia y construcción	Modelo econométrico de crecimiento económico bisectorial no petrolero basados en los sectores siderurgia y construcción.	Evaluación Estadística Evaluación Econométrica Evaluación Económica Predicciones del Modelo

Fuente: Sarabia (2011)

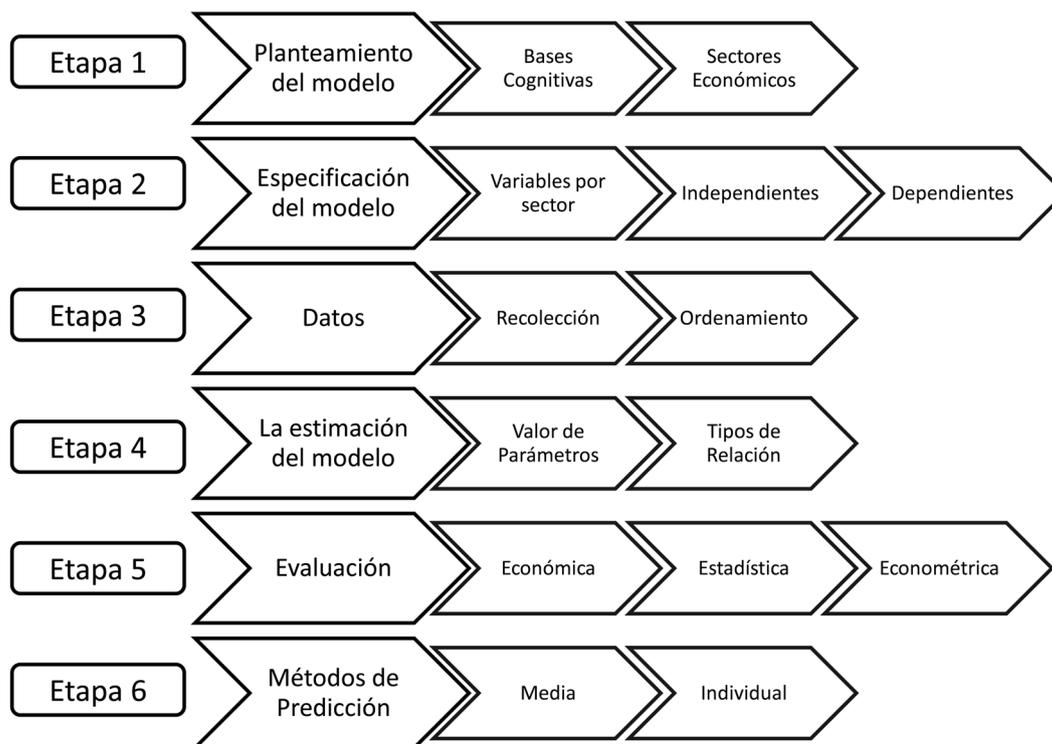
4.5 PROCEDIMIENTOS

El procedimiento para la realización de la propuesta están basados en la metodología para construcción de modelos difundida por Macías (2004), en el seminario de Modelos Económicos, el cual consta de seis etapas, las cuales se ilustran en el gráfico 1.

La primera etapa de esta segunda fase es el planteamiento del modelo, donde se realiza una exposición teórica de la problemática a estudiar, haciendo abstracciones de la realidad existente y detectando

los factores que intervienen en el comportamiento del fenómeno. La especificación del modelo conforma la segunda etapa, en esta se selecciona el modelo que se desea estimar. La tercera etapa consiste en recoger y ordenar los datos que conformarán la base necesaria para el cálculo de los parámetros, así la estandarización de los datos por dimensiones, indicadores y unidades que permitan su operacionalización. Logrando la siguiente etapa, la estimación del modelo, la cual consiste en un análisis de los valores de los parámetros que acompañan a las variables exógenas, con la finalidad de conocer, que tipo de relación a existido en un lapso entre las variables

GRÁFICO 1
ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ECONÓMICOS



Fuente: Macías (2004)

en estudio. Los datos recolectados fueron ordenados de manera matricial, colocando para cada variable los valores a escala real o propia y sus valores en escala de logaritmo natural, siguiendo la teoría de la función de producción de Cobb-Douglas para buscar la linealidad de la serie. La quinta etapa, se caracteriza primero en constatar que los resultados obtenidos estén de acuerdo con las hipótesis establecidas, denominándose evaluación económica; en segundo lugar, por determinar si los resultados obtenidos en la estimación cumplen con el conjunto de propiedades estadísticas para conocer la confiabilidad de los resultados, consistiendo esto en una evaluación estadística; finalmente, por verificar que el modelo y los estimadores cumplan con las propiedades del modelo clásico lineal donde no debe existir: multicolinealidad, autocorrelación, errores de especificación y heteroscedasticidad. Y como última etapa, se demostró la utilidad del modelo para predicciones, donde los datos de las variables seleccionadas puedan constituir diversos escenarios que deben ser lógicos; esta etapa se denomina predicción.

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El modelo se desarrolló en función a la metodología planteada para el diseño de modelos económicos, presentando a este nivel la realización de los procesos correspondientes a la estimación del modelo, evaluación y predicción.

Se inicia la elaboración del modelo con el estudio correlacional de todas las variables involucradas en el modelo preliminar, las cuales se procesarán para este estudio en escala real de los valores según la naturaleza de cada una.

En forma explícita se expresa de la siguiente forma:

$$PSTM = f(VIV, POC, CAPDU, PBZ, IBCONT, IOA, IOC, IECONT, PMCONT, IPCCONT, CCTRABC, CRHCONT, IMCONT)$$

Donde:

Variable Dependiente: PSTM: Producción Siderúrgica en toneladas métricas

Variables Independientes:

DIMENSIÓN SOCIAL: VIV: Viviendas Ocupadas, POC: Población Ocupada en la Construcción, CAPDU: Cargos en la Administración Pública en Desarrollo Urbano y PBZ: Pobreza

DIMENSIÓN ECONÓMICA: PIBCONT: Productor Interno Bruto de la Construcción, IOA: Inversiones en Obras de Acueductos, IOC: Inversiones en Obras de Cloacas u Desagües, IECONT: Inversión Extrajera en la Construcción, PMCONT: Producción de Materiales Metálicos para la Construcción, IPCCONT: IPC de la Construcción

DIMENSION DE SERVICIOS: CCTRABC: Contrataciones Colectivas en el Sector Construcción, CRHCONT: Créditos Hipotecarios para la construcción y adquisición de viviendas

DIMENSIÓN TECNOLÓGICA: IMCONT: Importación de Equipos y Materiales para la construcción.

Al realizar el estudio correlacional las variables que entran en el modelo constituyen la función de la siguiente forma:

$$PSTM_i = f(POC_i, PIBCONT_i, IMCONT_i)$$

Donde:

PSTM_i: Comportamiento de la producción siderúrgica
 POC_i: Población ocupada en la construcción
 PIBCONT_i: Producto Interno Bruto (P.I.B.) de la Construcción
 IMCONT: Importación de Equipos y Materiales para la construcción.

i: Serie temporal 1985 – 2008, con i=1,2,...,23.

Las tres variables que conforman el modelo posterior al estudio de correlación son las expuestas anteriormente, consolidando los elementos presentes en la función de producción de Cobb-Douglas, que presenta la forma, $Q=A.T^{\alpha}.K^{\beta}$, donde, Q es producción total, T es trabajo insumo, K es capital insumo, A es factor total de productividad y α and β son las elasticidades producto del trabajo y el capital, respectivamente. Estos valores son constantes determinadas por la tecnología disponible. Considerando la elasticidad del producto mide la respuesta del producto a un cambio en los niveles del trabajo o del capital usados en la producción, si permanecen constantes los demás factores.

Analizando a cada una en particular, se tiene al elemento producción, representado en el modelo por la serie temporal observada durante 23 períodos (1985-2008), de la producción siderúrgica, expresada no en unidades monetarias como usualmente se representa, sino a través de toneladas métrica (T.M.), diversificada en sus productos y subproductos en los siguientes grupos, productos planos entre los cuales se encuentran chapas gruesas, bobinas y láminas en caliente y en frío, hojalata y hoja cromada entre otros; mientras que los productos no planos lo conforman las barras y cabillas, alambrón y otros; por último, los tubos de acero o tubos sin costura, denominados productos tubulares.

La producción siderúrgica está destinada a cubrir necesidades de mercado internacional e igualmente al consumo interno, este a sectores productivos (secundario) como la industria metalmeccánica, petrolera, así como a la construcción. Utilizando la nomenclatura siguiente para representar esta variable: PSTMi (Comportamiento de la producción siderúrgica).

Por su parte, el factor T , trabajo, está representado en el modelo a través de la serie temporal correspondiente al sector independiente, el de la construcción, con la variable "población ocupada en la construcción", expresada con la nomenclatura: POCi y es la considerada en el modelo de función de producción como insumo de

trabajo, y constituye un indicador significativo para medir el comportamiento del sector de la construcción.

Otro factor que permite conocer y evidenciar el comportamiento del sector de la construcción además del empleo es el aporte que se genera a través del producto interno bruto (PIB), desde el punto de vista de la demanda final, como la suma de las utilidades finales de bienes y servicios medidas a precio comprador, menos las importaciones de bienes y servicios; expresado a través de la siguiente fórmula:

$$\text{PIB} = \text{Exportaciones} + \text{Consumo final} + \text{Formación bruta de capital} - \text{Importaciones}$$

Luego, siguiendo los principios teóricos de la función de producción se considera el PIB de la construcción como el insumo capital de inversión del modelo o factor K , expresado en la fórmula teórica, explicado el mismo por el componente de formación bruta de capital del PIB de la fórmula antes expuesta.

Finalmente, para completar la existencia de todos los factores, se presenta el total de productividad, que lo constituye entre otros elementos, la tecnología, la organización y gestión de las empresas y el marco institucional de la economía, indicando la variación este factor, el ritmo al que se producen las mejoras tecnológicas, la mejor organización y gestión de las empresas y los cambios en el marco institucional de la economía. Antiguamente se denominaba residuo, es decir, la parte de crecimiento de la producción que no es imputable al aumento en la utilización de factores productivos, al aumento del empleo y al grado de capitalización de la economía.

Para el caso particular de este modelo la variable que representa este factor es la tecnología introducida en el sector independiente, a través de las importaciones de maquinarias y materiales para la construcción, los cuales llevan consigo, nuevas formas de innovar el sector, nuevas maquinarias, nuevos conocimientos aplicables a

la realidad técnica del sector en cuestión.

Una vez expuesto los factores que conforman el modelo, se ilustra la función de producción en su forma estocástica, la cual se presenta de la siguiente forma:

$$PSTM_i = IMCont_i \cdot \beta_1 \cdot POC^{\beta_2} \cdot PIBCont_i^{\beta_3} \cdot e^{u_i}$$

Del mismo modo se ilustra a continuación los datos de los años observados de las variables que representan los factores.

Para la estimación del modelo por el método de los mínimos cuadrados (M.C.O.) hay que partir de la función lineal en los parámetros. Dado que la función de Cobb-Douglas no cumple esta condición es necesario realizar un proceso de linealización, que consiste en tomar

TABLA 2
SERIES TEMPORALES DE LOS FACTORES EN LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

	Producción Q	Trabajo T	Capital K	Tecnología A
Años	PSTM	POC	PIBCONT	IMCONT
1.985	1.969	702.429	25.400	134.742
1.986	2.130	841.025	26.977	170.200
1.987	2.430	942.358	27.822	188.792
1.988	2.379	1.012.052	30.019	269.098
1.989	2.211	936.664	21.884	130.743
1.990	2.078	964.099	23.576	256.283
1.991	1.907	1.085.836	30.925	611.822
1.992	1.996	1.195.034	41.601	458.761
1.993	2.451	1.274.855	39.318	343.720
1.994	2.114	1.178.067	32.495	414.846
1.995	2.082	1.251.361	30.874	392.481
1.996	2.706	1.202.266	31.212	411.114
1.997	2.515	1.390.787	36.569	766.440
1.998	2.210	1.530.243	30.597	766.990
1.999	2.280	1.359.483	25.277	497.916
2.000	2.200	1.416.965	26.287	684.215
2.001	1.735	1.550.573	29.833	700.762
2.002	1.636	1.565.788	27.332	846.753
2.003	1.857	1.599.009	16.541	769.772
2.004	2.080	1.666.818	20.690	909.888
2.005	2.240	1.717.437	24.830	890.000
2.006	2.136	1.778.708	33.678	1.044.030
2.007	1.927	1.840.619	38.153	1.107.985
2.008	1.526	1.835.135	39.752	645.090

Fuente: Sarabia (2011)

logaritmos en la función.

Luego, transformada mediante la función logaritmo puede expresarse alternativamente como:

$$\ln PSTM_i = \ln(IMCont_i) + \ln \beta_1 + \ln \beta_2 POC_i + \ln \beta_3 PIBCont_i + u_i$$

$$\ln PSTM_i = \beta_0 + \ln IMCont_i + \ln \beta_2 POC_i + \ln \beta_3 PIBCont_i + u_i$$

Donde $\beta_0 = \ln \beta_1$; y u_i es el término de la perturbación aleatoria.

El modelo es lineal en los parámetros β_0 , β_2 y β_3 y

por consiguiente es un modelo de regresión lineal. Sin embargo, se observa que es no lineal en las variables aunque sí lo es en los logaritmos de estas. Igualmente el término de perturbación aleatoria u_i la cual se asume se distribuye normalmente según la hipótesis correspondiente al modelo clásico de regresión lineal múltiple.

Los datos correspondientes a los factores implicados en el modelo luego del procedimiento de linealización se presentan en la tabla 3.

TABLA N° 3
SERIE TEMPORAL DE LOS FACTORES LINEALIZADOS (ESCALA LOGARÍTMICA)

	Producción Q	Trabajo T	Capital K	Tecnología A
Años	PSTM	POC	PIBCONT	IMCONT
1.985	14,415	13,462	10,143	11,811
1.986	14,522	13,642	10,203	12,045
1.987	14,704	13,756	10,234	12,148
1.988	14,683	13,827	10,310	12,503
1.989	14,610	13,750	9,994	11,781
1.990	14,548	13,779	10,068	12,454
1.991	14,462	13,898	10,339	13,324
1.992	14,565	13,994	10,636	13,036
1.993	14,509	14,058	10,579	12,748
1.994	14,538	13,979	10,389	12,936
1.995	14,584	14,040	10,338	12,880
1.996	14,812	14,000	10,349	12,927
1.997	14,739	14,145	10,507	13,550
1.998	14,624	14,241	10,504	13,550
1.999	14,690	14,123	10,323	13,118
2.000	14,730	14,164	10,296	13,436
2.001	14,860	14,220	10,140	13,460
2.002	14,831	14,248	10,420	13,722
2.003	14,861	14,276	10,432	13,823
2.004	14,891	14,305	10,444	13,925
2.005	14,921	14,333	10,455	14,027
2.006	14,950	14,361	10,467	14,128
2.007	14,980	14,390	10,479	14,230
2.008	15,010	14,418	10,490	14,332

Fuente: Sarabia (2011)

De los valores generados en esta estimación resulta el siguiente modelo:

$$\text{Modelo 1 } (\ln \text{ PSTMi})_{\text{Calc}} = 11,766 + 0,461 \ln \text{POCi} + 0,004 \ln \text{PIBConti} + u_i$$

Evaluación Estadístico – Econométrico del Modelo 1

Con R² que representa que el 61,6% de la variación de la producción siderúrgica está explicado por el modelo a través de las variables empleo, el PIB de la construcción y el factor tecnológico representado por las importaciones de maquinarias y materiales.

Las siguientes pruebas efectuadas consisten en demostrar el cumplimiento de los supuestos en la regresión múltiple o del modelo clásico lineal.

Autocorrelación

Según Gujarati (1999), la prueba más conocida para detectar correlación serial es la desarrollada por los estadísticos Durbin y Watson, conocida como el estadístico d de Durbin-Watson, el cual se define como la razón de la suma de las diferencias al cuadrado de residuales sucesivos sobre la serie de residuales al cuadrado.

Se demuestra la ubicación del estadístico d en el área de no rechazo de la hipótesis nula: no existe autocorrelación, en la que según la teoría, cualquier valor de d estimado debe caer dentro de los límites: $0 \leq d \leq 4$.

El valor obtenido de la prueba Durbin-Watson fue 1,500, sugiriendo que no existe una correlación serial. Esta decisión de no rechazar la hipótesis se genera a partir de la aplicación de las tablas Estadístico d de Durbin-Watson¹, obteniendo los puntos de significancia de dl y du al nivel de significancia de 0,01: dl=0,772, du=1,255.

Observándose que el valor d estimado, se encuentra en el intervalo:

$$d_l < d < d_u \Rightarrow 0,772 < 1,500 < 1,255$$

Normalidad

Se aplicaron diferentes evaluaciones de índole gráfica a través del gráfico de probabilidad normal de los residuos y formalmente aplicando el Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S)² sobre los residuos estandarizados. Los residuos tipificados o estandarizados se muestran en el histograma de u tipificado, donde se apreció que la curva es moderadamente asimétrica y se aproxima a una normal. Para reforzar la verificación del supuesto de normalidad se realizó el Gráfico Normal Q-Q, y se pudo demostrar que los puntos se concentran en torno a una línea recta. Y el valor que calculado en la prueba K-S es en el nivel de significancia asintótica bilateral de la prueba 0,841, luego se concluye que se cumple el supuesto de normalidad.

Linealidad

Para tal fin se realiza un examen visual de los residuos y un gráfico de regresión parcial. El gráfico de dispersión se realizó con los valores estandarizados de la predicción, en el cual se aprecia que no hay patrón sistemático definido en los datos y los residuos fluctúan aleatoriamente alrededor de la recta y la media de los mismos de valor cero. Se puede concluir, que se cumple el supuesto de linealidad.

Heteroscedasticidad

De la regresión lineal realizada a los datos de la serie, se obtuvo un nivel de significancia del modelo de 0,629. Según la prueba de koenker-basset (K-B) La hipótesis nula es que el coeficiente de PSTM calculado al cuadrado es igual a cero; como no se rechaza debido al valor de la significancia (0,629), se concluye que no existe heteroscedasticidad.

Evaluación Económica del Modelo 1

Desde el punto de vista económico el modelo obtenido, se fundamentó en los principios básicos de la función de producción. Además de considerar los componentes o factores que conforman dicho modelo como son producto o producción, capital, trabajo y factor tecnológico:

$$(\ln \text{PSTMi})_{\text{Calc}} = 11,766 + 0,461 \ln \text{POCi} + 0,004 \ln \text{PIBConti} + u_i$$

Del modelo se observa que el sector siderúrgico durante el período analizado, por una parte el intercepto que representa el punto de partida de la función en cuanto a los indicadores de tecnología, que permiten para este caso, elevar los valores de la función en cuanto a incidir positivamente en la producción siderúrgica; por otra parte, las elasticidades de la producción con respecto al empleo y al PIB fueron de 0,461 y 0,004, respectivamente. En otras palabras, durante el período en estudio, manteniendo constante el PIB, un incremento del 1% del empleo condujo en promedio a un incremento de cerca del 0,5% en la producción siderúrgica. En forma similar, manteniendo constante el empleo, un incremento del 1% en el PIB condujo en promedio a un aumento del 0,004% en la producción.

Optimización del Modelo 1

Existen autores que basados en la teoría económica sugieren que los coeficientes de un modelo de regresión satisfagan lo que se denomina restricciones, que poseen como características una igualdad lineal.

En el modelo presentado anteriormente expresado bajo la función de producción de Cobb-Douglas, se asumirá el supuesto de la existencia de rendimientos constantes a escala, es decir, que un cambio proporcional en la producción siderúrgica es consecuencia de un cambio proporcional en los insumos, ya sea trabajo (empleo en la construcción) o capital (PIB), expresado matemáticamente, a través de los coeficientes que acompañan a las variables con el siguiente

enunciado:

$\beta_2 + \beta_3 = 1$, el mismo, representa una restricción de tipo lineal.

El método utilizado para reconocer la existencia de rendimientos a escala es el que se conoce como el de los mínimos cuadrados restringidos, donde se incorpora la restricción en el procedimiento de estimación desde el comienzo, por consiguiente colocando uno de los coeficientes en función del otro, se puede eliminar uno de ellos y estimar la ecuación resultante, obteniendo una nueva función de producción Cobb-Douglas de la siguiente forma: Modelo Restringido $\rightarrow y = \beta_0 \cdot x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{(1-\beta_1)} \cdot e^u$

Donde, x_1 : Empleo de la construcción (números de empleados), x_2 : PIB de la construcción, Intercepto (que incluye el elemento tecnológico), e : base de logaritmo neperiano, u : error o perturbación

Al tomar el logaritmo natural la función queda:

$$\ln y = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + (1 - \beta_1) \ln x_2 + u$$

$$\ln y = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \ln x_2 - \beta_1 \ln x_2 + u$$

$$\ln y - \ln x_2 = \ln \beta_0 + \beta_1 (\ln x_1 - \ln x_2) + u$$

Siendo el nuevo modelo el siguiente:

Modelo 2: $\ln y - \ln x_2 = \ln \beta_0 + \beta_1 (\ln x_1 - \ln x_2) + u$

Evaluación de la segunda propuesta (Modelo 2)

Se generan las nuevas series restringidas, que según la función anteriormente planteada, es decir, la primera restringiendo la producción siderúrgica ($\ln y$) con respecto al PIB ($\ln x_2$) y una segunda, de la misma manera el empleo ($\ln x_1$) con respecto al PIB ($\ln x_2$).

El valor obtenido de la prueba Durbin-Watson sugiere que existe una correlación serial. Esta decisión de rechazar la hipótesis, se genera a partir de la aplicación de las tablas Estadístico d Durbin-Watson³, obteniendo los puntos d_l y d_u al nivel de significancia de 0,05:

$dl=1,333$, $du=1,381$ con $d < dl$, para lo cual $0,719 < 1,333$ entonces se rechaza la hipótesis.

Como se puede observar a través del estadístico d , existe autocorrelación, lo cual conlleva a la corrección de este supuesto, para tal fin, se aplicará el Modelo autoregresivo de orden 1⁴. El mismo está basado en el estadístico de Durbin-Watson que permite obtener una estimación de ρ (coeficiente de autocorrelación para muestras pequeñas).

Puesto que las perturbaciones de u_t no son observables, la naturaleza de la correlación serial es frecuentemente un asunto de especulación o de exigencias prácticas, usualmente se supone que las u_t siguen el esquema autoregresivo de primer orden, como se muestra a continuación: $u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$, donde $-1 < \rho < 1$, las ε_t siguen los supuestos de los mínimos cuadrados ordinarios de valor esperado cero, varianza constante y no autocorrelación, si $u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$, cumple con los supuestos, el problema de correlación serial puede ser resuelto en forma satisfactoria si se conoce ρ .

Considerando el modelo restringido en estudio, se muestran las siguientes ecuaciones: $y_t = \alpha + \beta x_t + u_t$ por lo tanto $u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$, con y_t : producción siderúrgica restringida al PIB construcción y x_t : empleo en la construcción restringido al PIB construcción.

Si los supuestos son ciertos en el tiempo t , también son ciertos en el tiempo $t-1$, entonces retardando un período y multiplicando por ρ , se obtiene:

$$\rho y_{t-1} = \alpha \rho + \beta \rho x_{t-1} + \rho u_{t-1}$$

Luego restando y_t menos ρy_{t-1} se obtiene: $y_t - \rho y_{t-1} = \alpha(\rho - 1) + \beta(x_t - \rho x_{t-1}) + \varepsilon_t$

Como ε_t son independientes serialmente con una varianza constante σ^2 , se puede estimar los parámetros en esta ecuación por un procedimiento MCO. La Ecuación a menudo se conoce como una transformación en quasi-primer diferencia de la ecuación: $y_{1985} - \rho y_{1985} = \alpha(\rho - 1) + \beta(x_{1985} - \rho x_{1985}) + \varepsilon_t$

put. Lo que sigue es transformar las variables y_t y x_t en: $y_t^* = y_t - \rho y_{t-1}$, $x_t^* = x_t - \rho x_{t-1}$ con $t = 2, 3, \dots, T$ y llevar a cabo una regresión de y^* sobre x^* , con o sin un término constante, dependiendo de si la ecuación original lo tiene o no.

La observación perdida en la serie de las diferencia se recuperó mediante la transformación de Prais-Winsten, tanto para y como para x , las primeras observaciones son transformadas de la siguiente forma: $y_{1985} \sqrt{1 - \rho^2}$ y $x_{1985} \sqrt{1 - \rho^2}$

Como ρ no es conocido se estimará a través del procedimiento para muestras pequeñas denominado estimación del ρ de Theil-Nagar basado en el estadístico d , el cual sugiere que en muestras pequeñas, se estima ρ , de la siguiente forma:

$$y_{1985} \sqrt{1 - \rho^2} \quad x_{1985} \sqrt{1 - \rho^2}$$

Donde, n : número total de observaciones, d : estadístico Durbin-Watson y k : número de coeficientes a estimar incluyendo el intercepto.

Aplicando esta ecuación a los estadísticos del modelo analizado, se obtiene el siguiente cálculo:

$$\hat{\rho} = \frac{(23)^2(0,6405) + 2^2}{(23)^2 - 2^2} \rightarrow \hat{\rho} = 0,65299905$$

Una vez estimado ρ se calculan las observaciones perdidas en el retardo de la serie original y aplicándose el método de los mínimos cuadrados a las nuevas series se obtuvo la ecuación en diferencia generalizada, la cual constituye el modelo 3.

Modelo 3 $\hat{y}_i^* = -0,236 + 1,362 x_i^*$

Evaluación de la tercera propuesta (Modelo 3)

El coeficiente de determinación R^2 fue de 0,927 y el coeficiente de correlación R obtuvo un valor de 0,963.

El valor obtenido de la prueba Durbin-Watson fue 2,380, sugiriendo que no existe una correlación serial, obteniendo los puntos de significancia de d_l y d_u al nivel de significancia de 0,05: $d_l=1,133$, $d_u=1,381$. Observándose que el valor d estimado, se encuentra en el intervalo: $d_u < d < 4-d_u \rightarrow 1,381 < 2,380 < 2,619$.

La aplicación del Test K-S el nivel de significancia de la prueba es del 0,999, aproximadamente uno, luego se concluye que se cumple el supuesto de normalidad.

La linealidad se verificó mediante el diagrama de dispersión donde no hay patrón sistemático definido en los datos y los residuos fluctúan aleatoriamente alrededor de la recta y la media de los mismos de valor cero. Se puede concluir, que se cumple el supuesto de linealidad.

El supuesto de heteroscedasticidad cuya evaluación se realiza a través del Test de Koenket-Basset (K-B), demostró que la regresión lineal realizada a los datos de la serie, obtuvo un nivel de significancia del modelo de 0,529.

Adicionalmente se realizó una prueba la cual permite realizar una comparación o contraste entre los modelos o bien entre las regresiones tanto no restringidas como restringidas, la cual se denomina Prueba F. Esta prueba permite verificar si la restricción aplicada en el modelo es válida.

El valor que presentó F para el caso de la comparación del modelo 1 y el modelo 3, fue de 13,3709, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, la cual supone que la suma

de los coeficientes es igual a uno, luego no se rechaza la hipótesis alterna, que indica que la suma de los coeficientes es diferente de uno al nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Demostrados todos los supuestos econométricos y estadísticos, económicamente se puede inferir que existen rendimientos decrecientes a escala, es decir si se aumenta al doble los factores independientes (Empleo y PIB) la producción siderúrgica crecerá en menos del doble.

Simulación por predicción media del modelo 3.

En este caso la predicción es el valor de la media condicional de y (razón de producción siderúrgica con respecto al PIB construcción) correspondiente a un valor escogido de x (razón del empleo con respecto al PIB), llamado por ejemplo $X_{puntual}$, que es el punto sobre la línea de regresión poblacional misma; este predictor puntual es el mejor estimador lineal insesgado.

Si se obtienen intervalos de confianza a un porcentaje determinado para cada uno de los valores de x se logran intervalos (bandas) de confianza para valores de promedios de la variable de razón de producción siderúrgica.

Luego los valores de PSTM, se ubicarían en los intervalos proporcionados por las columnas 1 y 2, anteriormente ilustradas con una probabilidad de 98%.

TABLA 4
MODELO 3

Años	1			2
	<u>Población ocupada</u>	<u>PIB de la Construcción</u>	<u>Importación de Materiales</u>	<u>Producción Siderúrgica</u>
	<u>Cantidad de Personas</u>	<u>Millones de Bs.</u>	<u>Toneladas</u>	<u>Toneladas Métricas</u>
	<u>POC</u>	<u>PIBCONT</u>	<u>IMCONT</u>	<u>PSTM</u>
2.010	1.390.787	36.569	766.440	2513
2.011	1.530.243	30.597	766.990	2208
2.012	1.359.483	25.277	497.916	2277
2.013	1.416.965	26.287	684.215	2198
2.014	1.550.573	29.833	700.762	1733
2.015	1.565.788	27.332	846.753	1634
2.016	1.599.009	16.541	769.772	1855
2.017	1.666.818	20.690	909.888	2078
2.018	1.717.437	24.830	890.000	2238
2.019	1.778.708	33.678	1.044.030	2134
2.020	1.835.135	39.752	645.090	1523

$$\hat{y}_t^* = -0,236 + 1,362 x_t^*$$



Fuente: Sarabia (2011)

6. CONCLUSIONES.

Los modelos económicos son siempre simplificaciones de la de la realidad, pero que tienen operatividad en las explicaciones y predicciones que realizan. Suponen que el comportamiento de los elementos considerados en el mismo llevará a los sectores involucrados a tener un carácter racional. En el sentido de que se toman aquellas decisiones que son más efectivas para ayudar con cierto grado de confiabilidad a alcanzar sus propios objetivos, y más aún el fin principal del modelo que es lograr crecimiento económico.

En tal sentido, la operatividad del modelo se encuentra expresada a través de los objetivos planteados en el desarrollo del mismo, sirviendo de herramienta de apoyo para la toma de decisiones en los procesos de planificación de la producción siderúrgica, basados en el comportamiento del sector de la construcción, fundando

indicadores para el crecimiento económico explicado a través de dos sectores industriales importantes para la economía venezolana, distintos al sector petrolero.

Para llevar a cabo el modelo, hay que tomar en cuenta elementos de ambos sectores, que permitirán dinamizar el uso del modelo. Por una parte grupos o Instituciones, relacionadas con: Empleo de la construcción, PIB de la construcción, Adquisición de nuevas tecnologías, a través de maquinaria y materiales importados. Los cuales deben tener como meta un trabajo interdisciplinario, para lo cual se debe concientizar a los entes involucrados, en cuanto a la transferencia de la información, capacitar al personal encargado de realizar el enlace en función de lograr un objetivo común entre las instituciones y sectores que participan en el modelo económico.

Los objetivos de planificación en los sectores construcción y siderúrgico en la medida que hagan uso del

modelo lograrán una comprensión a fondo de la situación social, económica y técnica que tienen y que inciden en el crecimiento económico, y que en la medida que permita que el mismo incentive a tomar acciones individuales en cada sector que incidirán indiscutiblemente en el desarrollo del sector vinculado, y que a su vez generará crecimiento macroeconómico en el país.

Por lo tanto los procedimientos fundamentales están basados en estimular los mecanismos de vinculación entre los entes participantes, específicamente en procesos de:

- Planificación y revisión: a través de diagnósticos conjunto de problemas
- Establecer prioridades, en cuanto a los niveles y tipos de producción.
- Incentivar los comités interinstitucionales para la programación y revisión de los elementos que inciden en el modelo.
- Colaboración o responsabilidad oficial para el levantamiento de información.
- Toma de decisiones conjuntas, para la ejecución de acciones.
- Procedimientos para la asignación de recursos, con orientación formal para la asignación de tiempo, recurso humano y financiero en las actividades que se confieran a la operación del modelo.
- Determinar los medios de distribución de la información, en cuanto a divulgación de los indicadores se refiere, incorporando material audiovisual, informes, archivos compartidos a través de sitios web, propuestas de participación tipo seminario a empresas y grupos interesados en participar en las mejoras al modelo.

- La asignación de responsabilidades de coordinación, con carácter oficial de manera de indicar puntualmente quién, cómo y cuándo debe ser el responsable de la ejecución del modelo.

7. NOTAS

1. Tabla D.5b Estadístico d de Durbin-Watson. Paq 802 Apéndice D. Gujarati (1999)
2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra. Prueba empleada para verificar la hipótesis de que una muestra procede de una distribución particular (uniforme, normal o de Poisson). El valor de la Z de Kolmogorov-Smirnov se basa en la diferencia absoluta máxima entre las distribuciones acumuladas observada y teórica.
3. Tabla D.5b Estadístico d de Durbin-Watson. Apéndice D. Gujarati (1999)
4. Maddala. Principios de la Econometría

8. REFERENCIAS

- Barro, Robert ; Sala I Martin, Xavier. (1995). **Economic Growth, Mac. Graw Hill, Inc.** México D.F. México
- Guisán, Maria del Carmen. (1997). **Econometría, Madrid. Mc. Graw Hill.** España.
- Gujarati, Damodar. (1997). **Econometría Básica. 3ed. Mc Graw Hill.** Bogotá. Colombia.
- Hywell, Jones. (2005). **Introducción a Las Teorías Modernas Del Crecimiento Económico. 2ª**, Edición. Publicado por Antoni Bosch editor ISBN 847162785X, 9788471627858
- Maddala, G. (1996). **Introducción a la Econometría.** Segunda Edición. Prentice Hall. Mexico D.F. México.

- Martínez Coll, Juan Carlos (2001). **Teorías, leyes y modelos económicos en La Economía de Mercado, virtudes e inconvenientes**. Mc Graw Hill. Mexico.
- Novales, Alfonso. (1993), **Econometría**. Segunda Edición, McGraw-Hill. España.
- Sachs, Jeffrey y Larraín, Felipe (2004). **Macroeconomía en la economía mundial**, Prentice Hall, Mexico.
- Wookdridge, Jefferey (2001). **Introducción a la Econometría**. Un Enfoque Moderno. Editorial Thomson Learning. México
- Leslie, P. Y White, J., (1980). **The productivity of hours in UK Manufacturing and Production Industries**, **Economic Journal**, 90.
- Ramsay, J. (1998). **Problems with empiricism and the philosophy of science: implications for purchasing research**. European journal of Purchasing & Supply Management.
- Ponsot, Ernesto Y Márquez, V (2001). **Modelo de programación de la producción**. Universidad de Los Andes Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. Revista 16. 2001.
- Anzil Federico (2002). **El progreso tecnológico y el crecimiento económico**. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba. Fuente: <http://www.econlink.com.ar/trabajos/creci-anzil.shtml>. (Consultada: 2007)
- Destinobles, Gerald. (2007) **Introducción a los modelos de crecimiento económico exógeno y endógeno**. Edición electrónica gratuita. Fuente: www.eumed.net/libros/2007a/243/. (Consultado: 2008)
- Glomark-Governan (2009). **Over 300 Corporations use the EVC™ Methodology. Copyright Material 2009**
- Glomark-Governan LLC**. Fuente: www.glomark-governan.com/evcmethodology.html. (Consultado: 2008)
- Macías, Arsenio (2004). **Seminario de Modelos Económicos. Material para la creación de modelos económicos basado en la perfectibilidad de los mismos**. Dirección de Estudios Doctorales en Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad Santa María.