



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

RELACIÓN PRECIO DEL COBRE Y COSTOS DE EXTRACCIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL DE MINAS

CHEREZADE KARINE SAUD SOTO

PROFESOR GUÍA:  
EMILIO CASTILLO DINTRANS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ARTURO PRIETO MATTE  
PABLO ABALOS AGUIRRE

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por NCL

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniera Civil de  
Minas  
POR: Cherezade Karine Saud Soto  
FECHA: 25/01/2017  
PROFESOR GUÍA: Emilio Castillo Dintrans

## RELACIÓN PRECIO DEL COBRE Y COSTOS DE EXTRACCIÓN

El presente trabajo muestra la implementación de metodología econométrica para el análisis de la relación del precio del cobre con los costos de extracción y poder determinar si los costos tienen relación con el precio de venta del metal y si son una medida de escasez del mismo.

Al realizar el análisis precio-costos se pudo determinar que existe relación positiva entre ellos, en otras palabras, a medida que el precio suba, también tenderán al alza los costos de extracción. En el caso de los costos globales, puede observar que existe un mayor grado de ajuste de la regresión, que en el caso de la regresión de los costos mina. Una de las causales de este resultado es que, en el costo total, además de tener las componentes del costo mina, tiene los costos de tratamiento, flete, fundición y refinación y gastos de administración. Estos otros factores tienden a estabilizar los costos. Al analizar los componentes del costo mina, se puede observar que el combustible, las remuneraciones y los contratistas tienen el mayor grado de ajuste de la regresión lineal.

Al realizar el análisis costo-escasez, se puede observar un grado de ajuste de la regresión prácticamente nulo. Uno de los factores que puede afectar a este bajo grado de ajuste de la regresión lineal es que existen variables omitidas en el modelo de regresión lineal. Además que los datos de las muestras utilizadas (faenas solo chilenas) puede que sean sesgados, por lo tanto, dar resultados no concluyentes o erróneos.

Existen otros factores importantes para la determinación de los costos y la determinación de los stocks, los cuales no fueron aplicados en los modelos de regresión lineal, estos son: los volúmenes de producción, crisis mundiales, situación social y económica, políticas de los bancos centrales, valor del dólar, especulación, problemas internos de las empresas mineras, grado de sustitución de los minerales, nuevas tecnologías, acción gubernamental y el reciclaje (Camara Minera del Perú, 2014).

# Agradecimientos

En esta ocasión me gustaría agradecerles a todos los que me han acompañado en este largo camino. En primer, a mi familia, María Angélica, Juan, Chafic, Rodrigo, Jaidar, Ximena, Santiago, Pedro y Mirta, los cuales me han apoyado siempre han sido mi pilar y fuente de innumerables alegrías.

También me gustaría agradecerle a Giovanni, por ser un increíble hombre, que ha estado a mi lado los últimos 4 años de mi vida, los mejores, sin duda. Gracias por ser el mejor compañero de vida que uno puede encontrar. Te amo.

A mis amigos, por aguantarme, en las buenas y en las malas, por todos los buenos momentos y ser incondicionales en los malos. María Camila, Valentina, Carola, Vicente, Nicolás y Matías.

Además, un afectuoso agradecimiento a la fundación SONAMI, por apoyarme en los últimos tres años de carrera.

De igual manera, agradecer a NCL ingeniería y construcción por darme un espacio para poder expresarme y poder integrar mi área de interés, la economía de minerales, con su área de trabajo, la minería.

Y por último a mi profesor guía Emilio Castillo por ayudarme en esta memoria, y por hacerme ver que mi área de interés en este rubro es la Economía de Minerales.

Un afectuoso saludo a todos,

Gracias totales

# Tabla de Contenido

Índice de tablas .....	iv
Índice de ilustraciones .....	viii
1 Introducción .....	1
1.1 Objetivos .....	1
1.1.1 Objetivos específicos .....	2
1.2 Alcances .....	2
1.3 Motivación .....	2
2 Antecedentes .....	3
2.1 Escasez .....	3
2.1.1 Definición de escasez .....	3
2.1.2 Relación precio escasez .....	6
2.2 Variación de costos con respecto a la variación de precios .....	7
2.2.1 Distribución de costos en minería .....	7
2.2.2 Variación costos con respecto a variación de los precios .....	8
3 Metodología .....	14
4 Modelo Econométrico Precio - Costos .....	19
4.1 Minas globales .....	19
4.1.1 Planteamiento teórico de modelo .....	19
4.1.2 Construcción de la forma matemática del modelo teórico .....	20
4.1.3 Especificación del modelo matemático .....	20
4.1.4 Datos .....	20
4.1.5 Estimación del modelo econométrico .....	23
4.1.6 Pruebas de hipótesis .....	24
4.1.7 Estudio desfase temporal .....	25
4.2 Empresas mineras .....	25
4.2.1 Planteamiento teórico del modelo .....	25
4.2.2 Construcción de la forma matemática del modelo teórico .....	25
4.2.3 Especificación del modelo matemático .....	25
4.2.4 Datos .....	26
4.2.5 Estimación del modelo econométrico .....	28
4.2.6 Pruebas de Hipótesis .....	32
4.2.7 Estudio desfase temporal .....	37

5	Modelo econométrico Costo- Escasez .....	41
5.1	Planteamiento del modelo teórico.....	41
5.2	Construcción de la forma matemática del modelo.....	41
5.3	Datos .....	41
5.4	Estimación del modelo econométrico .....	42
5.5	Pruebas de hipótesis.....	43
6	Análisis de resultados.....	44
6.1	Análisis precio-costos .....	44
6.1.1	Costo mina global.....	44
6.1.2	Costo mina por empresas.....	44
6.2	Análisis costo-escasez.....	53
7	Conclusiones .....	55
8	Bibliografía.....	57
9	Anexos.....	64
9.1	Datos .....	64
9.1.1	Transformación de datos nominales a datos reales .....	64
9.1.2	Análisis Precio-Costos.....	65
9.2	Resultados .....	67
9.2.1	Análisis Precio-Costos.....	67
9.2.2	Análisis Costo - Escasez.....	136

## Índice de tablas

Tabla 1:	Desglose de costos, Fuente: COCHILCO.....	9
Tabla 2:	Costos de operación. COCHILCO 2015 .....	9
Tabla 3:	Esquema de validación del modelo: Contraste de especificación incorrecta y contrastes de especificación .....	17
Tabla 4:	Datos globales .....	21
Tabla 5:	Logaritmo de los datos globales .....	22
Tabla 6:	Estadísticas de los datos globales.....	22
Tabla 7:	Covarianza entre logaritmo costo total de producción de cobre y logaritmo precio.....	23
Tabla 8:	Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, minas globales.....	24
Tabla 9:	Cuadro resumen datos 6 empresas mineras.....	26
Tabla 10:	Correlación entre logaritmo del precio y logaritmo de los costos minas. ....	27

Tabla 11: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, costos totales.....	29
Tabla 12: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, remuneraciones.....	29
Tabla 13: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, contratistas.....	30
Tabla 14: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, servicios.....	30
Tabla 15: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, combustible.....	30
Tabla 16: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, energía.....	31
Tabla 17: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, ácido.....	31
Tabla 18: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, insumos.....	32
Tabla 19: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, costo total mina.....	32
Tabla 20: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, costos totales.....	33
Tabla 21: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, remuneraciones.....	33
Tabla 22: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, remuneraciones.....	34
Tabla 23: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, contratistas.....	34
Tabla 24: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, contratistas.....	35
Tabla 25: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, servicios.....	35
Tabla 26: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, combustible.....	36
Tabla 27: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, combustible.....	36
Tabla 28: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, insumos.....	36
Tabla 29: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, insumos.....	37
Tabla 30: Covarianza entre logaritmo costo y logaritmo stock.....	42
Tabla 31: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis costo-escasez.....	43
Tabla 32: Datos empresas mineras.....	65
Tabla 33: Tabla ANOVA datos globales.....	68
Tabla 34: Ajuste del modelo. Datos globales.....	68
Tabla 35: Estimación de parámetros. Datos logaritmo globales. 95[%] intervalo de confianza....	69

Tabla 36: Residuales de la regresión lineal, minas globales .....	69
Tabla 37: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. costos totales mina.....	72
Tabla 38: Parámetros datos empresas reales. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos .....	74
Tabla 39: Residuales, regresión lineal efectos fijos con dummies. Análisis precio-costo. costos totales mina.....	74
Tabla 40: Residuales. Datos empresas, regresión efectos fijos. Costos totales mina.....	75
Tabla 41: Residuales. Datos empresas, regresión efectos aleatorios. Costos totales mina .....	76
Tabla 42: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Costo total mina. ....	78
Tabla 43: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, costos totales .....	80
Tabla 44: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Remuneraciones .....	81
Tabla 45: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Remuneraciones.....	83
Tabla 46: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Remuneraciones.....	83
Tabla 47: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Remuneraciones.....	84
Tabla 48: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Remuneraciones .....	85
Tabla 49: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Remuneraciones.....	87
Tabla 50: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, remuneraciones.....	87
Tabla 51: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Contratistas .....	89
Tabla 52: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Contratistas .....	90
Tabla 53: Residuales. Regresión efectos fijos. análisis precio mina. Contratistas.....	90
Tabla 54: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Contratistas .....	92
Tabla 55: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Contratistas.....	93
Tabla 56: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Contratistas .....	95
Tabla 57: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, contratistas.....	95
Tabla 58: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión agrupada. Servicios .....	97
Tabla 59: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Servicios. ....	97
Tabla 60: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Servicios.....	98
Tabla 61: Residuales. Regresión efectos fijos. análisis precio mina. Servicios. ....	99
Tabla 62: Residuales. Regresión efectos fijos. análisis precio mina. Servicios. ....	100
Tabla 63: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, servicios.....	101
Tabla 64: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Servicios.....	103

Tabla 65: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Diésel.....	104
Tabla 66: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos Diésel .....	105
Tabla 67: Residuales. regresión efecto fijo. análisis precio mina. Diésel. ....	106
Tabla 68: Residuales. regresión efecto fijo. análisis precio mina. Diésel. ....	107
Tabla 69: Residuales. regresión efecto aleatorio análisis precio mina. Diésel.....	108
Tabla 70: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Diésel. ....	110
Tabla 71: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, diésel.....	111
Tabla 72: Tabla ANOVA datos empresas, regresión agrupada. Energía .....	112
Tabla 73: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Energía.....	112
Tabla 74: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Energía. ....	114
Tabla 75: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Energía. ....	114
Tabla 76: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Energía. ....	115
Tabla 77: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Energía. ....	116
Tabla 78: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Energía .....	118
Tabla 79: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, energía. ....	119
Tabla 80: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Ácido .....	120
Tabla 81: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Ácido.....	122
Tabla 82: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Ácido.....	123
Tabla 83: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Ácido .....	124
Tabla 84: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Ácido.....	126
Tabla 85: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, ácido. ....	127
Tabla 86: Residuales, regresión agrupada. Análisis precio-costos. Insumos .....	128
Tabla 87: coeficientes regresión efectos fijos con dummies. Análisis precio-costos. Insumos ...	130
Tabla 88: Residuales, regresión lineal efectos fijos con dummies, análisis precio-costos. Insumos .....	130
Tabla 89: Residuales, regresión con efectos fijos, análisis precio-costo. Insumos .....	131
Tabla 90: Residuales, regresión con efectos aleatorios, análisis precio-costo. Insumos.....	132
Tabla 91: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Insumos .....	134
Tabla 92: Residuales luego de la corrección .....	135
Tabla 93: Tabla ANOVA. Análisis costo-escasez.....	136
Tabla 94: Ajuste del modelo. Análisis costo-escasez.....	136
Tabla 95: Estimación de parámetros. Análisis costo-escasez. 95[%] intervalo de confianza .....	137

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Oferta por almacenamiento .....	6
Ilustración 2: Desglose costos C1. Cielo Abierto. Fuente: COCHILCO .....	7
Ilustración 3: Producción versus trabajo mensual y producción por trabajados versus trabajo mensual.....	11
Ilustración 4: Costos totales, fijos variables, marginales y medios.....	12
Ilustración 5: Relación de costos a corto y a largo plazo .....	13
Ilustración 6: Variación precio del cobre y costos de producción en términos reales (sección de anexos).....	13
Ilustración 7: Gráfico logaritmo costos de producción totales y logaritmo precio cobre .....	23
Ilustración 8: Gráfico Logaritmo costos producción totales versus logaritmo precio, con la línea de tendencia. Precio-costos .....	24
Ilustración 9: Logaritmo costos mina promedio, 6 minas, 2000-2015.....	28
Ilustración 10: Gráfico Logaritmo costos versus logaritmo stock globales .....	42
Ilustración 11: Log costo versus log stock con línea de regresión lineal. ....	43
Ilustración 12: Costos mina C1. Elaboración propia.....	45
Ilustración 13: Variación del logaritmo del costo mina a través de los años, datos reales.....	45
Ilustración 14: Variación del logaritmo de las remuneraciones, a través de los años, datos reales	47
Ilustración 15: Variación del logaritmo de los contratistas, a través de los años, datos reales .....	48
Ilustración 16: Shock de demanda de trabajadores .....	49
Ilustración 17: Variación del logaritmo del diésel, a través de los años, datos reales.....	50
Ilustración 18: Variación del logaritmo de los insumos, a través de los años, datos reales .....	51
Ilustración 19: Variación del logaritmo de los servicios, a través de los años, datos reales .....	52
Ilustración 20: Gráfico residuales versus valores ajustados .....	71
Ilustración 21: Histograma valores residuales.....	71
Ilustración 22: Gráfico de dispersión logaritmo del costo mina versus logaritmo del precio, datos empresas, regresión agrupada.....	72
Ilustración 23: Regresión lineal datos agrupados, remuneraciones.....	81
Ilustración 24: Regresión lineal agrupada contratistas .....	89
Ilustración 25: Regresión lineal agrupada servicios .....	97
Ilustración 26: : Regresión lineal agrupada diésel.....	104
Ilustración 27: : Regresión lineal agrupada ácido .....	120

Ilustración 28: Regresión lineal agrupada insumos.....	128
Ilustración 29: Gráfico residuales versus valores ajustados .....	138
Ilustración 30: Histograma valores residuales.....	138

# 1 Introducción

En la actualidad, se ha visto una caída en los precios de algunos commodities, debido principalmente a la desaceleración económica que atraviesa China, pasando de un 9,5% de tasa de crecimiento del PIB el año 2011 a un 7,3% el año 2014 (DIRECON, 2015) menores consumos de gas y petróleo en Europa (World Energy Council, 2016), nuevas tecnologías para la extracción de petróleo (Energías Renovables, 2016), el bloqueo de Arabia Saudita hacia los esfuerzos de la OPEP para disminuir la producción de petróleo (New York Times, 2016), entre otros factores.

Si se habla específicamente del caso del cobre, en el 2015 el precio promedio del metal aumentó de 2,65 dólares la libra en Enero a 2,89 dólares la libra de cobre en Mayo (COCHILCO, 2016). Sin embargo, en agosto del mismo año, el precio cayó a 2,33 dólares la libra, el precio promedio mensual más bajo desde junio de 2009 (Portal Minero, 2016). La disminución en el precio del cobre se debió en gran parte a la reducción de la demanda por parte de China y esto causado por su menor crecimiento económico. El Grupo Internacional de Estudio del Cobre (GIEC) proyecta que, en el año 2016, la producción mundial de cobre refinado excedería el consumo de alrededor de 40.000 toneladas. Se prevé que la producción mundial de cobre refinado aumentará un 1,0% y que el consumo disminuirá en un 1,2% (USGS: Copper, 2016)

Además de existir una disminución de los precios en el último periodo, los costos de extracción han ido en aumento, debido a diversos factores, como: menores leyes, yacimientos más profundos, costos de energía en aumento (entre un 40-50 % en los últimos 10 años (Comisión Nacional de Energía CNE, 2015)), aumento en los requerimientos de agua (COCHILCO, 2014), entre otros factores.

El estudio de los costos en la industria minera del cobre resulta interesante, debido a que los productores del metal rojo son tomadores de precio, es decir, no pueden influir sobre el precio de venta del producto, pero si pueden marcar una gran diferencia y una ventaja competitiva si centran la atención en los costos. Es un parámetro relevante sobre el cual tienen cierto nivel de control.

Por lo cual es relevante determinar las causas de la variación de los costos. ¿Por qué a medida que los precios varían también lo han hecho los costos? ¿Existen otros factores relevantes en la determinación de los costos? A medida que existe una mayor escasez de mineral, ¿los costos tienden a subir o a bajar? ¿Los costos son una medida de escasez del mineral?

Otra de las líneas a estudiar en esta memoria, consiste en identificar si la escasez del mineral de cobre tiene relación con sus costos de extracción y los precios de venta. Por lo tanto, poder determinar si los costos, en este caso de extracción, son una medida de la existencia limitada e insuficiente de cobre, ver la relación entre estos y como se refleja en los precios de venta.

## 1.1 Objetivos

Estudiar el potencial de los costos en minería del cobre como medida de la escasez del recurso.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Estudiar las distintas medidas de escasez de recursos minerales, junto a la importancia de su determinación.
- Determinar la composición del costo de operación en 6 empresas mineras y la relación con el precio del metal que producen
- Analizar los principales elementos que afectan los costos de operación en minería
- Fundamentar si la escasez del mineral tiene o no relación a los costos de operación y al precio del mineral.

## 1.2 Alcances

Los alcances de esta memoria es el estudio de la variación de los costos de extracción en minería cielo abierto en relación a la variación de los precios, en la gran minería del cobre chilena. Además de analizar la existencia del precio y los costos en relación a la escasez del mineral de cobre.

Los precios del cobre son un insumo para los análisis realizados, y se obtuvieron desde la base de datos pública de COCHILCO, abarcando el periodo desde el año 1995 al año 2015.

Para realizar el estudio de escasez del mineral de cobre se utilizarán los datos de inventarios de cobre mundiales, por lo que se considerará inventario como sinónimo de stocks y contrario u opuesto a escasez. Estos datos fueron obtenidos desde la base de datos pública de COCHILCO. Se cuenta con los datos desde el año 1995 al año 2015.

Para realizar el estudio de los costos de producción mina, se utilizará una base de datos entregada por la empresa NCL. La base utilizada consta de 6 minas a cielo abierto en la gran minería del cobre chileno, es decir, 50.000 toneladas métricas de cobre fino al año (SONAMI, 2014), entre los años 2000 y 2015. El costo de producción mina se dividen en 7 componentes, las cuales son: remuneraciones, contratistas, servicios, combustible, energía, ácido e insumos. Cuando se habla de insumos se refiere a los insumos que no se encuentran definidos dentro de las categorías nombradas con anterioridad.

Además, se cuenta con los datos de costos totales de producción a nivel global, los cuales fueron entregados por NCL, entre los años 1995 y 2015.

## 1.3 Motivación

Desarrollar un nexo entre las variaciones del precio del metal con la variación de los costos en la producción se hace relevante para el cálculo, estimación de los costos y beneficios totales para un proyecto minero. Además de poder ver en qué momento el proyecto se vuelve o no rentable. Además de ver que oportunidades de mejora existen en los costos.

NCL a lo largo de los años de trayectoria, ha debido realizar estudios, donde constantemente ha surgido la interrogante de cómo varía el precio de los insumos y los costos de producción en relación a las fluctuaciones del precio del cobre y cuál es el desfase de tiempo entre la variación del precio y la variación de los costos.

## 2 Antecedentes

La recopilación de antecedentes se basará en 2 partes:

- Escasez
- Variación de costos con respecto a la variación de precios

El propósito es poder determinar si existe una relación entre la medida de escasez del mineral de cobre, los costos de producción y los precios de venta. Para esto es necesario determinar que es la escasez, las distintas formas para medirla y los distintos parámetros que la afectan. Además de determinar los factores claves de la variación de los precios del metal rojo y los costos de producción. Así poder determinar si existen factores en común que permitan relacionar estos tres conceptos.

### 2.1 Escasez

#### 2.1.1 Definición de escasez

Escasez se define como la existencia limitada e insuficiente de algo, especialmente si se considera necesario (RAE, 2016). Para entender la definición de escasez en torno a los recursos minerales, primero se deben entender algunos conceptos:

- Recursos naturales: se entiende como todo componente de la naturaleza, que es susceptible de ser aprovechado en su estado natural por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades. Al mismo tiempo, los recursos naturales no pueden ser producidos por el hombre (Educativo, 2016)
- Recursos renovables: Los recursos naturales renovables son aquellos cuya cantidad puede mantenerse o aumentar en el tiempo (Krautkraemer, 1998).
- Recursos no renovables: Son aquellos recursos en los que su utilización (o consumo) implica su destrucción, abarcando su regeneración en periodos muy largos de tiempo (Costanza, 1997)

Por lo tanto, escasez en recursos minerales será: la falta o insuficiencia de un recurso natural no renovable. En este caso será el cobre el recurso en cuestión. Entonces, ¿Por qué es relevante el estudio de la escasez? Y ¿Cómo se ve reflejado en el mercado?

Este es uno de los puntos fundamentales de este trabajo, ¿Los costos de extracción son una medida de la escasez del mineral? Para entender esto, se debe entender cómo se define la escasez y cuáles son los parámetros relevantes para su determinación.

Para entender un poco más a fondo la relevancia del término escasez, se explicará el concepto de renta y renta de escasez.

En términos económicos, la renta es un pago por sobre los costos de oportunidad de un recurso, originados por algún atributo especial (Cáceres, 2008). En este caso, el atributo especial es el carácter finito o agotable que tiene el mineral.

Por lo tanto, al extraer un recurso mineral, el precio de mercado tiene dos componentes de costos: el costo de extracción y la renta de escasez, debido a que extraer hoy una cantidad de recurso, se le impone un costo, porque esta cantidad extraída no estará disponible en el futuro (Paulo Rodríguez y Alexander Cubillos, 2012).

En otras palabras, renta de escasez es el precio del recurso no extraído. Cada unidad extraída hoy del recurso impone un costo de oportunidad a la extracción futura; y este costo de oportunidad es el que se retribuye mediante la renta de escasez (Cáceres, 2008). Cuando varían los precios de mercado de los recursos naturales, el monto que fluctúa no son los costos de extracción, sino que es la renta de escasez. Por lo tanto, cuanto más bajo sea el precio de mercado, relativamente menos escaso es el recurso, y en consecuencia la renta de escasez será menor y mientras más alto sea el precio del recurso, éste será más escaso y, por lo tanto, su renta de escasez será mayor.

Existen 2 formas de analizar el caso del agotamiento o escasez de los minerales (Tilton, 2002) (M. Henckens, E. Van Ierland, P. Driessen y E. Worrell, 2016):

En primer lugar, desde el punto de vista de los stocks fijos. La tierra es finita, por lo tanto, los recursos son finitos. Bajo esta mirada existen algunas deficiencias: muchos de los commodities no son destruidos cuando son consumidos, por lo tanto, se pueden reciclar. Para commodities como los energéticos, los cuales son consumidos, existen materiales para su sustitución. El stock fijo de minerales es enorme, porque existe consumo para billones de años. El miedo no es al agotamiento físico, si no al agotamiento económico, esto quiere decir que al momento de extraer el mineral es tan costoso, que no se puede realizar la extracción.

En segundo lugar, desde el punto de vista de los costos de oportunidad: se evalúa la disponibilidad de materias primas minerales, considerando lo que la sociedad tiene que renunciar con el fin de obtener otra tonelada de cobre, en lugar de las estimaciones del stock fijo restante. Existen varias formas para estimar los costos de oportunidad, entre las cuales están los costos de producción y el valor de las reservas de minerales en el suelo. Esto se traduce que cuando el precio de un mineral está en aumento a largo plazo, implica que el mineral se está volviendo más escaso o que existirá menos disponibilidad de este.

El paradigma costo de oportunidad tiene algunas implicancias importantes. En primer lugar, incluso en ausencia de agotamiento físico, el agotamiento económico puede ocurrir. Sin embargo, se producirá gradualmente con el tiempo. En segundo lugar, el agotamiento, económico o físico, no es inevitable. Mientras que la necesidad de explotar conlleva a yacimientos con menores leyes, más difíciles de encontrar (más profundos, más remotos) y por lo tanto más difíciles de procesar, tiende a traducirse en costos más altos y precios más altos de las materias primas a lo largo del tiempo, la nueva tecnología puede compensar esta presión al alza. En tercer lugar, si bien el crecimiento de la población tiende a acelerar el consumo de recursos minerales, que empuja hacia arriba los costos y precios, también aumenta los recursos humanos necesarios para generar las nuevas tecnologías que empujan los costos y los precios a la baja con el tiempo. Esto plantea la posibilidad de que el crecimiento de la población en realidad aumenta la disponibilidad a largo plazo de materias primas minerales. En cuarto lugar, los países desarrollados, que cuentan con aproximadamente el 20% de la población mundial, consumen el 80% de los recursos extraídos. El alto nivel de consumo de minerales por parte del mundo desarrollado no implica necesariamente el

aumento de la escasez de recursos para el resto del mundo. Si bien este consumo tiende a acelerar el agotamiento de minerales, la riqueza en tecnología que se generan estos países ayuda a la disminución de los costos.

Otro de los puntos de vista es el que los precios y los costos pueden dar señales falsas de la disminución de la escasez (Reynolds, 2015). En donde se plantea que en un comienzo existe poca información sobre donde se encuentran los recursos minerales, por lo tanto, se deben incurrir en costos de exploración para obtener nueva y mayor información. Entonces, como se encuentra más información, existe más exploración y explotación minera, para aumentar la probabilidad de éxito de encontrar nuevos yacimientos, hasta que finalmente la escasez pone fin a cualquier posibilidad de encontrar nuevos recursos. Por lo tanto, una economía dependiente de recursos actuará en el tiempo y en la tecnología para disminuir la escasez.

A pesar de los distintos puntos de vista del agotamiento del mineral, existe la interrogante de cómo determinar una extracción óptima del mineral, para poder asegurar recursos en un futuro.

Una de las formas de determinar esto es mediante la regla de Hotelling, donde su análisis formal sobre el agotamiento de recursos naturales genera algunas implicaciones básicas de como la disposición de recursos no renovables afectan el precio del recurso y la extracción (Hotelling, 1931).

Para entender la regla de Hotelling, se debe ver la extracción de mineral como un activo que genera retornos a través del tiempo. Un importante costo de oportunidad de la extracción es que el consumo de una unidad del recurso implica que existirá menos recurso en el futuro.

El valor de la extracción del recurso (precio del recurso – costo marginal del recurso) debe ser igual al valor de no extraerlo (costo de oportunidad del agotamiento). Este costo de oportunidad tiene distintos nombres: costo del usuario, costo del decrecimiento del recurso en el futuro, valor in-situ, otros.

Existen implicancias básicas en el planteamiento de Hotelling:

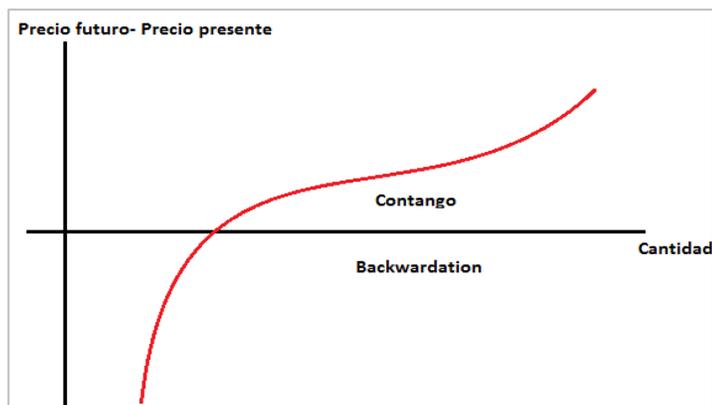
- Recurso homogéneo
- Cantidad finita de recurso
- El costo de extracción es independiente del stock remanente.
- Curva de demanda estacionaria
- La tecnología de extracción no cambia en el tiempo

El retorno de un recurso no renovable consiste completamente en la apreciación de su valor in-situ, y el equilibrio de mercado requiere que el valor in-situ crezca a la tasa de interés (regla de Hotelling). Esto implica que a costos de extracción positivos lo que lleva a que el precio del recurso al menos incrementará en su tasa de interés. La extracción decrece a medida que crece el precio del recurso en el tiempo. Un aumento en la tasa de interés, implica un aumento del valor in-situ del recurso no renovable, lo que implica en un valor inicial del recurso menor, por lo tanto, un mayor agotamiento del recurso inicial.

## 2.1.2 Relación precio escasez

Además de todos los puntos anteriores de vista, existe otra forma de determinar escasez, y es en cuanto a los stocks disponibles. Esta forma se llama la teoría de inventario, la cual plantea una ganancia por conveniencia, puesto que con los stocks disponibles (inventarios) pueden hacer frente a las variaciones inesperadas de la oferta y la demanda. En pocas palabras, cuando precio del metal sea lo suficientemente alto para vender (aumento de la demanda), los productores decidirán vender sus inventarios obteniendo así mejores rendimientos o rendimientos por conveniencia (retorno o beneficio que surge por los inventarios), y a la medida que los precios bajan, optarán por guardar los stocks disponibles. (Hélyette Geman; Steve Ohana , 2009) (Pinduck, 1990) (Ulloa, 2001). Por lo tanto, a mayores precios de venta del commodity, mayor será el rendimiento por conveniencia y a menor precio, menor será el rendimiento por conveniencia (E. Pérez, C. López, J. Gregoire, 2008).

La oferta de almacenamiento (inventario) dependerá de la relación existente entre el precio spot y el precio esperado. Cuando existe una alta cantidad de inventarios disponibles, la oferta reflejará el costo de almacenamiento del producto (almacenaje, costo financieros y seguros involucrados), presentando un valor positivo entre el precio futuro y el precio presente, denominado contango, es decir, el precio de hoy es menor que el precio futuro. Cuando los inventarios son bajos, puede que esta relación cambie a backwardation (precio de hoy es mayor que el precio futuro), generando un retorno extra a los dueños del recurso físico y pueden venderlo, el cual se conoce como retorno por conveniencia (Ciudad, 2005).



**Ilustración 1: Oferta por almacenamiento**

Los inventarios o stocks tienden a suavizar la producción cuando el precio del commodity es bajo o normal. Pero cuando se está en un periodo de altos precios, el inventario cumple una función más importante, la cual es facilitar la producción, la entrega programada y evitar el desabastecimiento (Pinduck, 1990).

En un mercado competitivo de un commodity que se puede inventariar, los productores y consumidores reaccionan a las fluctuaciones de precios balanceando los costos de ajuste del consumo y la producción con los costos de crecer o disminuir los inventarios (Lord, 1991).

Los inventarios de bolsas de metales continúan siendo el mejor indicador disponible a corto plazo de la escasez que existe en un momento indicado en el mercado (Ciudad, 2005).

## 2.2 Variación de costos con respecto a la variación de precios

Primero se observará la distribución de los costos en minería, para luego recopilar antecedentes de la variación de los costos con respecto a la variación de los precios.  
T

### 2.2.1 Distribución de costos en minería

En minería, los materiales deben ser quebrados desde la roca, para su transporte hacia los distintos sitios de transformación o de desecho. Por lo tanto, es necesario realizar dos actividades importantes en la extracción de la mina, que son: la rotura de la roca y la manipulación de materiales. Los ciclos de producción incluyen: perforación, tronadura, carguío y transporte (los cuales pueden ser modificados de acuerdo a las condiciones) (W. Hustrulid, M. Kuchta & R. Martin. , 2013).

Las actividades auxiliares sirven para apoyar a las actividades principales (operaciones unitarias), pero generalmente no es una parte de las operaciones de producción, a menos que sea necesario para la seguridad del trabajador o la salida del mismo.

La distribución de los costos C1 del año 2015 son los siguientes (COCHILCO, 2015), ver REF\_Ref466995438 \h \\* MERGEF ORMAT Ilustración 2.

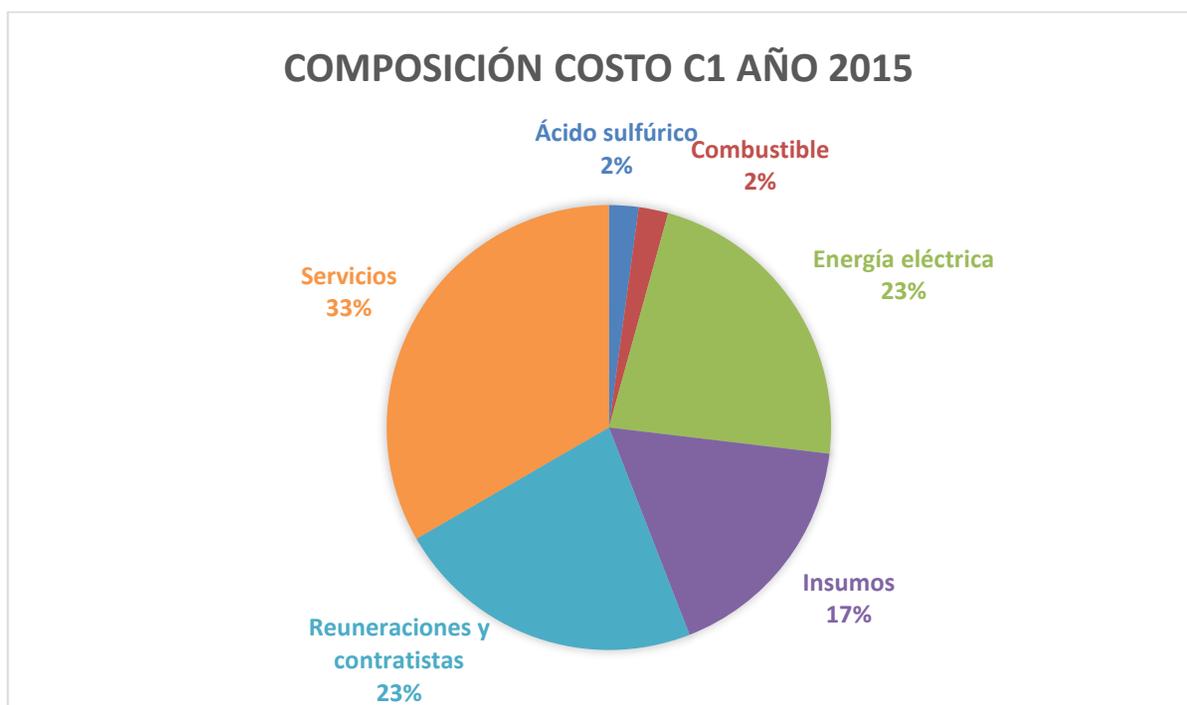


Ilustración 2: Desglose costos C1. Cielo Abierto. Fuente: COCHILCO

## 2.2.2 Variación costos con respecto a variación de los precios

El precio de mercado, en un mercado competitivo (donde los compradores y vendedores son muchos, por lo tanto, no influyen sobre el precio, la información es equitativa para todos, no existen barreras de entrada y de salida., existe perfecta movilidad de los factores, no existen costos de transacción, las empresas tienen como objetivo la maximización de beneficios, los productos son homogéneos y existen rendimientos constantes a escala (Enciclopedia Financiera, 2016)) se determina mediante el equilibrio entre la oferta y la demanda, es decir, cuando la curva de oferta y la curva de demanda se tocan.

Cuando ocurre un shock de demanda, o, en otras palabras, ocurre un aumento inesperado de la demanda por parte de los consumidores, se genera un nuevo equilibrio, aumentando el precio del bien, a una curva de oferta dada. Si en caso contrario, ocurre un shock de oferta, el precio del producto bajará de precio.

El precio del recurso mineral, visto desde el lado de la demanda, está relacionado con el ingreso de los consumidores, y por el lado de la oferta, está relacionado con el comportamiento de la tasa de interés (Consejo Minero, 2016).

En el corto plazo, la oferta de un recurso no renovable es más bien inelástica, y cambios en la demanda, incurrirá a cambios en el precio más en cambios de la cantidad ofertada (Ulloa, 2001). Esto puede generar volatilidad en corto y mediano plazo, y ciclos de precio en torno a las tendencias de largo plazo. La producción a corto plazo es relativamente fija, y depende de los factores productivos, los cuales, en caso simplificado, son capital (K) y trabajo (L) (Robert S. Pindyck y Daniel L. Rubinfeld, 2009).

El corto plazo es un período de tiempo donde al menos un factor de producción es fijo y el otro es variable (Wilkison, 2005). La forma de catalogar estos costos es de acuerdo a su variabilidad.

- a. Costos fijos: son los relativos a los factores fijos y no varían con la producción a corto plazo.
- b. Costos variables: están relacionados con los factores variables y directamente con la producción.

El largo plazo es donde todos los factores de producción son variables y ninguno es fijo (Wilkison, 2005). Recordando que el costo total se diferencia del costo variable por el costo fijo.

El costo total medio es el coste total de la empresa dividido por su nivel de producción.

$$CMe = \frac{\text{Costo total (CT)}}{\text{Producción (q)}} = \frac{\text{Costo variable (CV)}}{\text{Producción (q)}} + \frac{\text{Costo fijo (CF)}}{\text{Producción (q)}} = CVMe + CFMe$$

**Ecuación 1: Costos medios**

Para completar el análisis de los distintos tipos de costos, se encuentran los costos marginales (CM) y los costos medios (CMe). Costos marginales (CM) o costos incrementales son los costos de producir una unidad más de producto.

$$CM = \frac{\Delta \text{Costo variable (CV)}}{\Delta \text{Producción (q)}} = \frac{\Delta \text{Costo total (CT)}}{\Delta \text{Producción (q)}}$$

**Ecuación 2: Costos marginales**

Suponiendo que el capital es fijo, todo lo que se puede hacer para realizar cambios en la producción es mover el factor productivo de trabajo. De esta suposición se realizarán los análisis posteriores.

Para realizar comparaciones de costos entre distintas faenas mineras es utilizado el denominado net direct cost<sup>4</sup> o C1, el cual agrupa los distintos costos incurridos y necesarios desde la mina hasta el material refinado, menos los créditos de los subproductos. (Informe de la comisión investigadora encargada de analizar el proceso de producción del cobre y sus derivados, 18 de octubre de 2007). En el caso de C2 o production cost, corresponde al C1 más los montos incurridos por la depreciación, amortización y/o agotamiento del recurso, en los casos que corresponda. El costo C3 o fully allocated cost, son los costos del C2 más costos indirectos (costos de exploración), gastos cargos financieros netos. A continuación, se muestra una tabla con el desglose de los distintos costos:

**Tabla 1: Desglose de costos, Fuente: COCHILCO.**

C3	C2	C1	Costos de extracción
			Costos de tratamiento
			Flete, fundición y refinación (TC/RC) <sup>5</sup>
			Gastos de administración
			(-) subproductos
		Depreciación y amortización	
		Costos indirectos	
		Costos financieros netos	

A su vez, los costos de extracción o explotación se dividen de la siguiente manera:

**Tabla 2: Costos de operación. COCHILCO 2015**

Total costos de operación	Costos de explotación	Remuneraciones
		Materiales e insumos
		Energía
		Combustibles
		Depreciación
	Servicios	
	Costos de distribución, administración y venta	

Para entender la variación de los costos debido a la variación del precio, se deben tener en consideración las siguientes definiciones. Producto medio del trabajo (PMeL) es el nivel de

<sup>4</sup> Terminología utilizada por consultora Brook Hunt, parte del grupo Wood Mackenzie.

<sup>5</sup> Según corresponda al tipo de producto de la operación

producción por unidad de trabajo, el cual mide la productividad de la empresa por medio de la cantidad de producción que genera cada trabajador en promedio.

$$PM_eL = \frac{\text{Producción (q)}}{\text{Trabajo total (L)}}$$

**Ecuación 3: Producto medio del trabajo**

Producto marginal del trabajo (PML) es la producción adicional que se obtiene cuando se utiliza 1 unidad más de trabajo.

$$PML = \frac{\Delta \text{Producción (q)}}{\Delta \text{Trabajo total (L)}}$$

**Ecuación 4: Producto marginal del trabajo**

Cuando se incrementa el trabajo la producción aumenta hasta que alcanza un máximo; a partir de entonces disminuye (ver Ilustración 3). Lo anterior explicado de otra forma, es mediante las curvas de producto medio y de producto marginal. Cuando el producto marginal es mayor que el producto medio, el producto medio es creciente. Si la producción de un trabajador más es mayor que el producto medio de cada trabajador existente, la contratación de ese trabajador adicional aumenta la producción media. Cuando el producto marginal es menor que el producto medio, el producto medio es decreciente. (Robert S. Pindyck, Daniel L. Rubinfeld, 2009).

El producto marginal del trabajo (y de otros factores) es decreciente en la mayoría de los procesos de producción. La ley de los rendimientos marginales decrecientes establece que a medida que se van añadiendo más cantidades iguales de un cierto factor, dejando los demás factores constantes, se llegará a un cierto nivel donde se obtienen cantidades de producto sucesivamente menores (Econlink, 2007) (Robert S. Pindyck, Daniel L. Rubinfeld, 2009).

Para determinar la relación entre la producción y los costos, primero se supondrá que la empresa puede contratar todo el personal que desee, con un salario fijo  $w$  (costo unitario) y la cantidad de trabajo para producir una unidad adicional es  $\Delta L$ , por lo tanto, el costo marginal de producir una unidad más es:

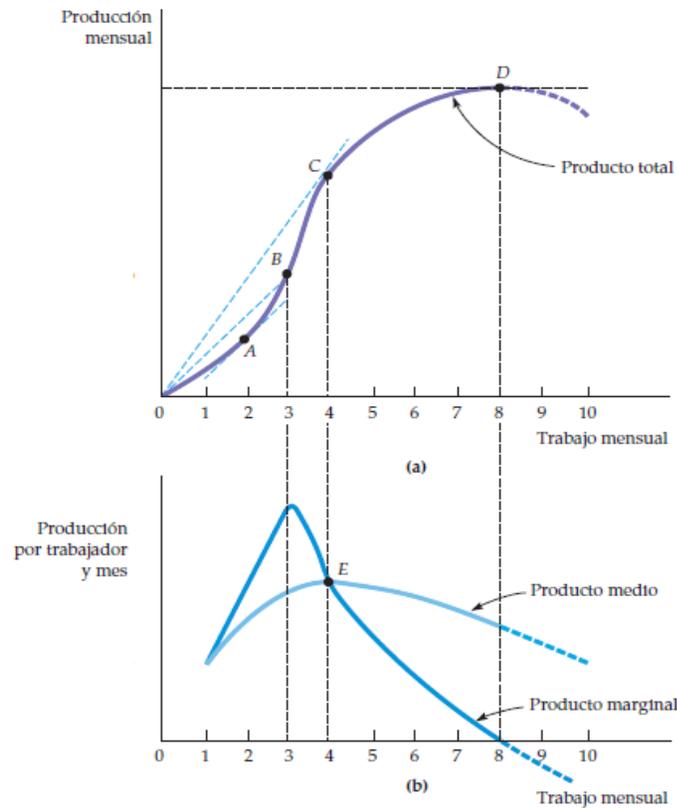
$$CM = \frac{\Delta \text{Costo variable (CV)}}{\Delta \text{Produccion (q)}} = \frac{w * \Delta L}{\Delta q}$$

**Ecuación 5: Costo marginal**

Lo anterior asociado a la producción marginal, se obtiene:

$$CM = \frac{w}{PML}$$

**Ecuación 6: Relación costo marginal y producción marginal**

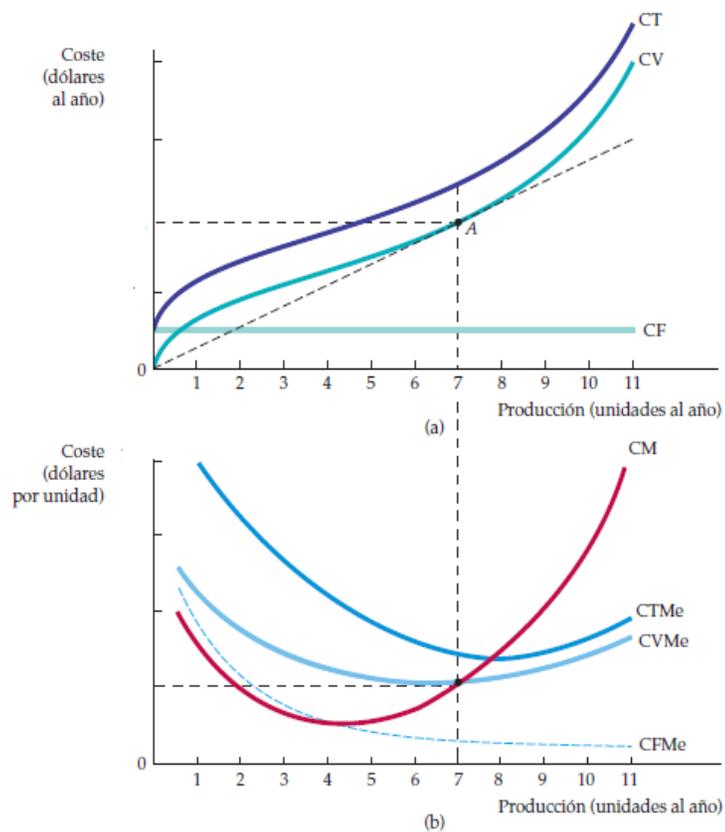


**Ilustración 3: Producción versus trabajo mensual y producción por trabajadores versus trabajo mensual**

En relación a los costos, los costos variables y los costos totales aumentan cuando aumenta la producción a corto plazo. La tasa de este aumento depende del proceso de producción y en los factores productivos.

Si el producto marginal disminuye cuando se incrementa la cantidad contratada de trabajo, debido a los rendimientos decrecientes, deben realizarse gastos cada vez mayores para aumentar el nivel de producción.

Viendo lo anterior gráficamente:



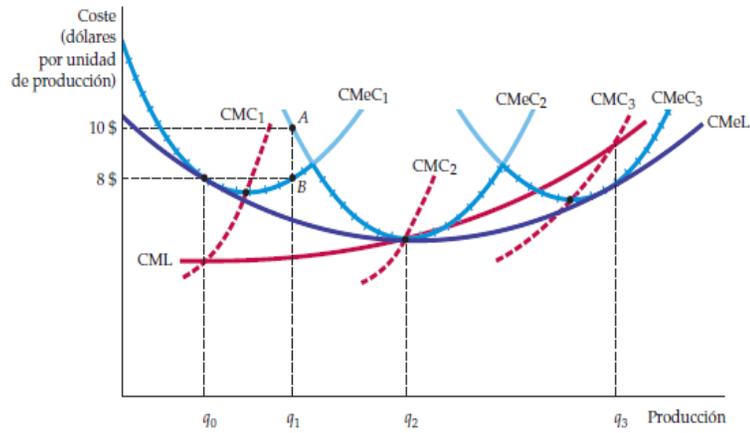
**Ilustración 4: Costos totales, fijos variables, marginales y medios.**

Cuando la curva de costos marginales está por debajo de la curva de costos medios, ésta última será decreciente. Cuando la curva de costos marginales se encuentre por encima, la curva de costo medio es ascendente. El costo medio es mínimo, cuando el costo medio se iguala al costo marginal (Anzil, 2008)

La relación de corto plazo y largo plazo de los costos de producción se ve en la 7037 \h \\* MERGEFORMAT Ilustración 5. Esto es importante porque la empresa deberá decidir el tamaño de producción, el cual una vez construido, no se puede cambiar. La empresa siempre escogerá el tamaño de producción que minimice los medios de producción.

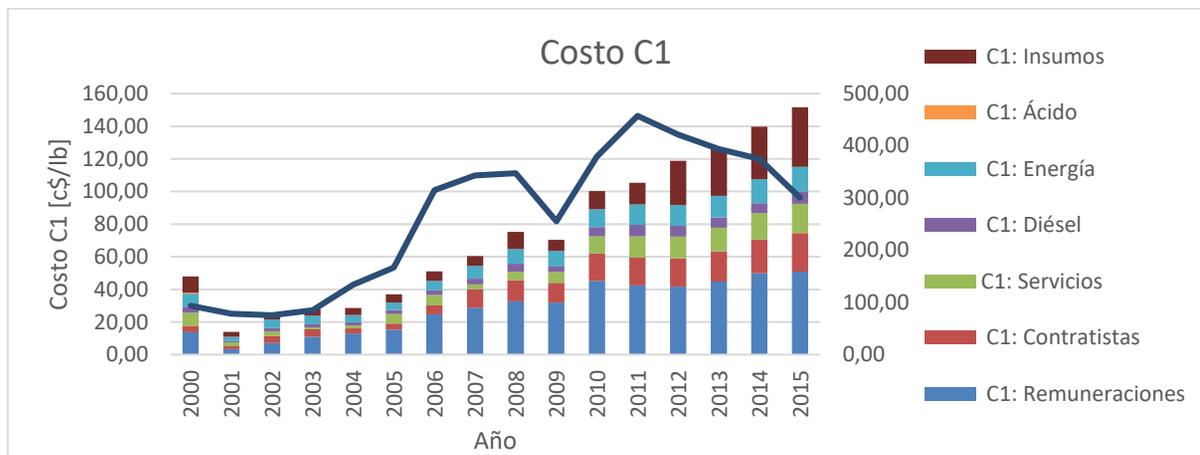
La curva de costos medios a largo plazo es la envolvente de las curvas de costo medio a corto plazo. La curva de costo medio a largo plazo muestra en el primer tramo economías de escala y en el último tramo muestra deseconomías de escala (Salvador, 2005)

Resumiendo, la empresa querrá operar en donde tenga mayores utilidades, recordando que, en el rubro de la minería del cobre, los productores no pueden influir sobre los precios, solo sobre los costos. Por lo tanto, optarán por ubicarse en la zona de producción con menores costos (costo medio mínimo). Si llega a existir un shock de demanda (aumento repentino de la demanda), los productores para producir más incurrirán a mayores costos. (Paul Krugman, Robin Wells, Martha L. Olney, 2007)



**Ilustración 5: Relación de costos a corto y a largo plazo**

Para corroborar la teoría previamente presentada, se realizó un gráfico comparativo entre la variación de los costos de producción y la variación de los precios del metal entre los años 2000 y 2015, en términos reales, año base 2005.



**Ilustración 6: Variación precio del cobre y costos de producción en términos reales (sección de anexos)**

Se puede observar que existe una tendencia de los costos a moverse en correlación con precios del cobre, es decir, cuando baja el precio del cobre, también lo hacen los costos de extracción y cuando sube el precio, también lo hacen los costos, pero si se observa después del año 2010, el precio del cobre tiende a la baja, pero los costos tienden al alza.

Es por lo anterior que se estudiará también las distintas componentes del costo mina, para poder observar si existen componentes que tengan mayor relación con la variación del precio del cobre.

### 3 Metodología

Para lograr los objetivos de este trabajo de título se realizará un análisis estadístico de cada área de interés de esta memoria:

- Análisis estadístico de precios-costos. Para poder analizar si existe o no relación entre los precios de venta del metal de cobre y los costos de extracción.
- Análisis estadístico de escasez-costos. Para poder determinar si la escasez del mineral está relacionada con sus costos de extracción.

La metodología para este trabajo de título será el siguiente:

- Revisión bibliográfica
- Análisis estadístico: este tipo de análisis consta de varios pasos a seguir.
  - Planteamiento de la teoría (hipótesis): Esta es la primera parte del análisis econométrico. Lo primero que se debe tener en cuenta es el conocimiento de la teoría y formular un marco teórico. Con recopilación de antecedentes, se busca dar un sustento teórico al estudio a realizar.
  - Planteamiento del modelo matemático: Es la primera forma matemática del modelo a realizar. En este punto se definen los objetivos e hipótesis de investigación. Se obtiene una función lineal (en el caso de esta memoria), donde se relaciona la variable dependiente con la variable independiente, para poder llegar a un modelo matemático de la siguiente forma:

$$Y = a + b * X$$

**Ecuación 7: Planteamiento del modelo econométrico**

Donde a y b son el intercepto y pendiente respectivamente, el termino Y es la variable dependiente y el termino X es la variable independiente.

En el caso del análisis precio costo, donde se tienen datos solo de una muestra y no de la población en su totalidad:

$$\hat{Y}_t = \hat{a} + \hat{b} * \text{Log}(\text{precio}_t)$$

**Ecuación 8: Función de regresión lineal muestral. Precio – costos**

Lo anterior es una regresión lineal muestral, donde  $\hat{a}$  y  $\hat{b}$  son los estimadores de a y b respectivamente.  $\hat{Y}_t$  es el estimador de  $Y_t$  (ver metodología).

Para simplificar la notación:

$$\text{Log}(\widehat{\text{costos}}_t) = \widehat{Y}_t$$

**Ecuación 9: Cambio de variable. Regresión muestral. Precio-costos.**

$$\text{Log}(\widehat{\text{costos}}_t) = \widehat{a} + \widehat{b} * \text{Log}(\text{precio}_t)$$

Para el caso de costo-escasez, queda de la siguiente forma:

**Ecuación 10: Modelo matemático base, regresión muestral. Precio-costos.**

$$\text{Log}(\widehat{\text{costos}}_t) = \widehat{a} - \widehat{b} * \text{Log}(\text{stock}_t)$$

**Ecuación 11: Modelo matemático base**

- Especificación del modelo matemático: La relación entre las variables econométricas suelen ser inexactas (Gujarati, 2009). Por lo tanto, se debe agregar el término de perturbación o de error en el modelo anterior. El término perturbación representa todas las variables que afectan a la variable dependiente pero que no fueron consideradas en el modelo.

$$Y = a + b * X + \varepsilon$$

**Ecuación 12: Planteamiento del modelo econométrico especificado**

Donde  $\varepsilon$  es el termino perturbación.

Caso de análisis de precio-costo:

Pero en este caso se tiene solo una muestra

$$Y_t = \widehat{Y}_t + \widehat{\varepsilon}_t$$

**Ecuación 13: Regresión lineal especificada. Caso muestral.**

$$Y_t = \widehat{a} + \widehat{b} * \text{Log}(\text{precio}_t) + \widehat{\varepsilon}_t$$

**Ecuación 14: Regresión lineal especificada. Modelo matemático. Precio-costo.**

$\widehat{\varepsilon}_t$  se denota al termino residual y es análogo al termino  $\varepsilon_t$ .

Caso costo-escasez:

$$Y_t = \widehat{a} - \widehat{b} * \text{Log}(\text{stock}_t) + \widehat{\varepsilon}_t$$

**Ecuación 15: Regresión lineal especificada. Modelo matemático**

$\hat{\varepsilon}_t$  se denota al termino residual y es análogo al termino  $\varepsilon_t$ .

- Obtención de información: Para poder estimar el modelo anterior, se deben tener datos. En esta memoria los datos fueron obtenidos de distintas fuentes, las cuales se irán indicando a medida que se utilicen. Para realizar la estimación del modelo econométrico se utilizará el programa computacional Stata, versión 12. Stata es un software de estadística completo e integrado que provee todo lo que se necesita para el análisis de datos, gestión de datos y gráficos.  
En la estimación del modelo, primero se transformarán los datos a logaritmo, y luego se realizará un análisis estadístico para ver como varían, como son sus máximos y mínimos, además de ver la desviación estándar de los datos.  
Se tienen dos sets de datos, unos globales y otros de 6 empresas mineras.

Para el análisis de los datos de las 6 minas se contarán con los distintos componentes de costos mina, es decir, costo de remuneraciones, contratistas, servicios, diésel, electricidad, ácidos e insumos.

Los datos obtenidos son de carácter confidencial, por lo que las distintas minas se diferenciarán por la sigla  $M_i$  donde cada  $i$  representará una faena. Se expondrán solo los datos transformados a logaritmo, los cuales se encontrarán en la sección de anexos.

Las características de estas minas son:

- Pertenecen a la gran minería del cobre chileno. La gran minería se define como la categoría que agrupa a todas las empresas que producen más de 75.000 toneladas de cobre en barra anualmente (Fundación Chile, 2011)
- La explotación estas minas se realiza a través de minería a cielo abierto.
- Estimación del modelo econométrico: luego de determinar el modelo matemático especificado, y tener los datos a utilizar en el modelo, se analizará la matriz de correlación entre la variable dependiente con la variable independiente, esto para poder observar si existe cierta correlación entre las variables.

Luego se debe estimar la función de regresión poblacional con base en la función de regresión muestral en la forma más precisa posible. El método a utilizar para esto es el de mínimos cuadrados ordinarios, el cual presenta propiedades estadísticas muy atractivas que lo han convertido en uno de los más eficaces y populares del análisis de regresión. Estas propiedades son:

- Estimadores de mínimos cuadrados ordinarios se expresan únicamente en términos de las cantidades observables y se calculan con facilidad.
- Son estimadores puntuales, es decir, cada estimador proporciona un solo valor del parámetro poblacional pertinente.

Una vez obtenidos los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios de los datos de la muestra, se obtiene sin problema la regresión muestral.

Este método elige un  $a$  y  $b$  de manera que, para una muestra, la sumatoria de  $\hat{u}_t$  sea la más pequeña posible. En la sección de anexos se explica el método de mínimos cuadrados. Dados los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los estimadores de mínimos cuadrados, dentro de la clase de estimadores lineales insesgados, tienen varianza mínima.

Uno de los principales objetivos de los modelos de regresión es explicar el comportamiento de uno o más fenómenos (variables dependientes) a partir de un conjunto de regresores (o variables independientes) que, en la mayoría de los casos, han sido identificados por la teoría como los factores que explican el fenómeno que se está estudiando (ROJAS, 2016).

- Pruebas de hipótesis: Después de haber estimado los parámetros, se deben realizar un conjunto de pruebas de validación de los resultados obtenidos. Las pruebas consisten en comprobar la calidad de la información muestral utilizada, del ajuste de la información al modelo teórico y la estabilidad de los datos frente a la estructura que debió generarlos en relación al modelo especificado. Pruebas de especificación errónea del modelo. A continuación, se muestra una tabla con las distintas pruebas:

**Tabla 3: Esquema de validación del modelo: Contraste de especificación incorrecta y contrastes de especificación**

Esquema de validación del modelo: Contraste de especificación incorrecta y contrastes de especificación		
Contrastes de especificación incorrecta y calidad de los datos	Significado de los parámetros	¿Concuerdan el signo y el valor con lo esperado, según la teoría?
	Significación estadística de la ecuación y de los parámetros	Contrastes de significación individual (t)
		Contrastes de significación de subconjuntos de parámetros (F)
		Contrastes de restricciones lineales sobre los parámetros (F)
		Contraste de significación global del ajuste (F)
		Gráficos de los residuos
		Otros
	¿Correlación entre los errores?	Gráficos de los residuos
		Contraste Durbin-Watson (DW)
		Otros
	¿Heteroscedasticidad?	Gráficos de los residuos
		Contraste de Breusch y Pagan (BP)
		Otros
	¿Errores normales?	Histograma de los residuos
		Contraste Jarque y Bera (JB)
		Otros
	Pruebas de linealidad de la relación	Gráficos de los residuos
		Contraste RESET de Ramsey

- Estudió del desfase temporal: Al realizar los análisis surge la interrogante del desfase temporal que existe entre la variación del precio del cobre y la variación del costo. Para analizar esto, se realizaron regresiones temporales con un desfase de 1, 2, 3 y 4 años entre la variación de la variable independiente y la variación de la variable dependiente. Para poder analizar el desfase, se planteó el siguiente modelo:

$$\text{Log}(\text{costos}_t) = \hat{a} + \hat{b} * \text{Log}(\text{precio}_{t-i}) + \hat{\epsilon}_t$$

Donde  $i$  es el desfase temporal en años. Se estudiará el desfase temporal de 0, 1, 2, 3 y 4 años de los costos.

- Análisis de resultados: Luego de obtener todos los resultados de los análisis econométricos, se analizan los resultados para obtener información relevante del estudio. Ver si se comportan con respecto a la teoría o no, y estudiar posibles causalidades.

Se realizará también un análisis de desfase temporal, para esto se estudiarán los casos de desfase de 1, 2, 3 y 4 años, desde la variación del precio a la variación del costo. Para esto se planteará el siguiente modelo y se observa el grado de ajuste:

$$\text{Log}(\text{costo}) = a + b * \text{Log}(\text{precio}_{t-i}) + e_t$$

Donde  $i$  es el desfase temporal.

- Conclusiones y recomendaciones: Resumen de los principales hallazgos en la investigación realizada y ver posibles estudios futuros.

## 4 Modelo Econométrico Precio - Costos

Primero se realizará un análisis para determinar la dependencia de la variación de los costos ante la variación de los precios. Para esto, se realizarán análisis con dos bases de datos:

- La primera será con datos globales de precio de venta del cobre y costos de producción totales del mismo.
- La segunda parte se analizarán los costos de producción mina de 6 empresas mineras. A su vez se estudiarán las distintas componentes de este costo de producción mina, las cuales son: remuneraciones, contratistas, servicios, diésel, energía, ácido y resto de los insumos.

Para realizar todos estos análisis se utilizarán los valores reales en año base 2005. Cuando se habla de valor nominal es en torno a un precio de referencia que se utiliza en la emisión de títulos o valores y es asignado por la entidad o persona que lo emite. En cambio, el valor real reconoce los efectos de la inflación y, por consiguiente, altera el importe de la partida (Sánchez, 2016).

Para realizar el paso de valores nominales a reales se utilizó el siguiente criterio (COCHILCO, 2015):

- Remuneraciones y contratistas: inflación y tipo de cambio
- Energía y combustible: inflación
- Insumos: inflación y tipo de cambio
- Ácido: inflación
- Servicios: inflación y tipo de cambio

Para la transformación de datos nominales a reales se tomó en consideración que las distintas componentes del costo se ven afectadas por la inflación propia del país (en este caso Chile) y el tipo de cambio, recordando que mucho de los insumos son proporcionados desde otros países. Para el caso de los insumos se consideró un 70% de ajuste con moneda extranjera y en el caso de servicios y remuneraciones se consideró un 70% con moneda local, el detalle de la metodología se encuentra en la sección de anexos, pero es la misma utilizada por COCHILCO (COCHILCO, 2015).

Las bases de datos obtenidas se transformaron a datos logarítmicos para poder reducir la heteroscedasticidad y poder reducir la distancia entre valores extremos y no extremos (reducir la dispersión original de los datos) (Rafael de Arce y Ramón Mahía, 2012).

### 4.1 Minas globales

Se realizará un análisis econométrico de los datos globales, es decir, precios de venta y costos de producción en forma genérica, no en forma individual.

#### 4.1.1 Planteamiento teórico de modelo

Para realizar un modelo econométrico se parte por la base de realizar un planteamiento teórico del modelo. En este caso se utilizará la teoría microeconómica, más específicamente la parte de precios y costos en competencia perfecta. Con la suposición que el mercado del cobre se comporta como en competencia perfecta.

Los precios son determinados de acuerdo a la oferta y la demanda del producto o servicio, en este caso, el cobre. La teoría microeconómica plantea que a medida que aumenta la demanda de un bien, para una oferta dada, el precio aumentará hasta llegar a un nuevo equilibrio (y el precio disminuirá si es que disminuye la demanda para una oferta dada). La teoría también plantea que, para una demanda dada, el aumento de la oferta significará una disminución de los precios (por lo tanto, para una demanda dada la disminución de la oferta, hará que el precio aumente hasta alcanzar su nuevo equilibrio).

Los productores son tomadores de precio, por lo tanto, su única influencia para ser más rentables es disminuir lo máximo posible sus costos, por lo tanto, los productores querrán trabajar en la zona de la curva de costos de producción más baja (economías de escala). A medida que aumenta la demanda, los productores para poder suplirla deben moverse de su posición en la curva de costos, es decir, producir más también les costará más, en otras palabras, los costos de producción se vuelven mayores. Por lo tanto, si aumenta la oferta de un producto, también lo harán sus costos de producción (salvo que existan economías de escala).

Entonces, al aumentar la demanda de un producto, aumentarán los precios de venta, además se requerirá más producción de éste (para suplir la demanda), por lo tanto, los costos de producción aumentarán.

#### 4.1.2 Construcción de la forma matemática del modelo teórico

La segunda parte de la construcción de un modelo econométrico es la construcción de la forma matemática del modelo teórico. Aquí se identificarán las principales variables, las cuales son la variable independiente o precio del cobre y variable dependiente o costo de producción total.

Luego se deben determinar la relación entre ellas. Esto está explicado en la sección de Metodología.

#### 4.1.3 Especificación del modelo matemático

Después de tener determinado el modelo base, se debe especificar el modelo matemático, para esto se deben agregar las perturbaciones aleatorias que pueden existir, es decir, se expresa la desviación de un  $Y_i$  en particular alrededor de su valor esperado. Esto se encuentra en la sección de metodología.

Hay que tener en consideración que debido a las fluctuaciones muestrales, la estimación de la función de regresión poblacional basada en la función de regresión muestral es, en el mejor de los casos, una aproximación.

#### 4.1.4 Datos

Para el análisis de los datos en forma global (datos de precios y costos totales de producción), se tienen datos desde el año 1995 hasta el año 2015, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 4: Datos globales**

Año	Precio LME REAL [c\$/lb] <sup>6</sup>	Costo Total de Producción de Cobre Real base 2005 [cUS\$/lb]	STOCKS mundiales Totales [kt]
1995	169,98	93,81	698,9
1996	128,97	87,77	522,3
1997	124,41	88,57	897,4
1998	88,33	81,28	1273,8
1999	82,77	69,92	1359,5
2000	93,37	74,09	971
2001	78,53	67,7	1636,1
2002	75,41	70,02	1711,6
2003	84,82	77,22	1211,6
2004	133,62	83,5	531,1
2005	167,09	97,8	558,9
2006	315,06	119,3	715,2
2007	342,93	150,97	680,5
2008	347,23	196,02	842,5
2009	255,6	172,21	1132,9
2010	379,17	219,09	994
2011	457,3	235,26	981,3
2012	421,27	309,01	1061,1
2013	393,83	274,51	915,9
2014	374,99	277,82	756,7
2015	300,56	244,81	931,3

Los datos mostrados anteriormente son de bases de datos públicas obtenidas desde COCHILCO. Para el cálculo del deflactor, los datos fueron obtenidos desde The Federal Reserve -Banco central de los Estados Unidos.

Luego los datos deben ser transformados a logaritmo.

---

<sup>6</sup> Deflactor: Índice de Precios al por Mayor de Estados Unidos (PPI, all commodities), base Promedio 2005=100. / Deflactor: U.S. Producer Price Index (PPI, all Commodities). Promedio 2005 = 100.

**Tabla 5: Logaritmo de los datos globales**

Año	Log Precio LME REAL [c\$/lb] [2005]	Log Costo Total de Producción de Cobre Real base 2005 [cUS\$/lb]	Log STOCKS MUNDIALES Totales [kt]
1995	2,23	1,97	2,84
1996	2,11	1,94	2,72
1997	2,09	1,95	2,95
1998	1,95	1,91	3,11
1999	1,92	1,84	3,13
2000	1,97	1,87	2,99
2001	1,90	1,83	3,21
2002	1,88	1,85	3,23
2003	1,93	1,89	3,08
2004	2,13	1,92	2,73
2005	2,22	1,99	2,75
2006	2,50	2,08	2,85
2007	2,54	2,18	2,83
2008	2,54	2,29	2,93
2009	2,41	2,24	3,05
2010	2,58	2,34	3,00
2011	2,66	2,37	2,99
2012	2,62	2,49	3,03
2013	2,6	2,44	2,96
2014	2,57	2,44	2,88
2015	2,48	2,39	2,97

**Tabla 6: Estadísticas de los datos globales**

Variable	Obs.	Promedio	Desviación estándar	Min	Max
Año	21	2005	6,2	1995	2015
Log precio LME real [c\$/lb]	21	2,28	0,29	1,88	2,66

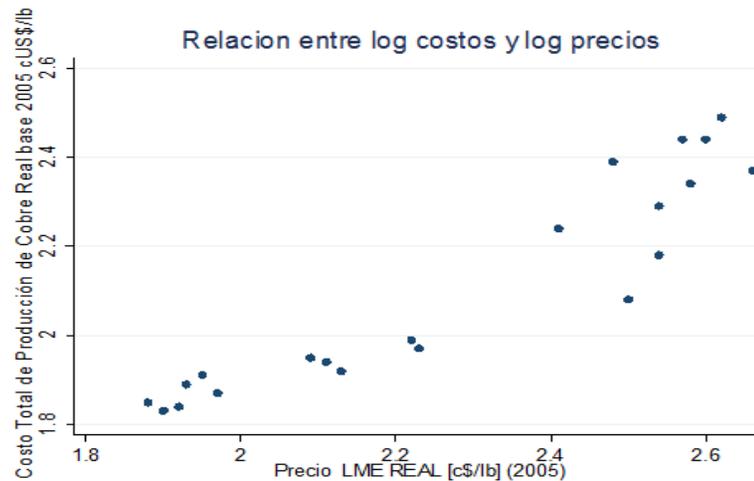
Log costo de producción de cobre real [c\$/lb]	21	2,11	0,24	1,83	2,49
Log stock [kT]	21	2,96	0,15	2,72	3,23

#### 4.1.5 Estimación del modelo econométrico

Con el fin de analizar la relación lineal entre las variables independientes, se calcula la matriz de correlaciones.

**Tabla 7: Covarianza entre logaritmo costo total de producción de cobre y logaritmo precio**

	Log precio LME real [c\$/lb]	Log costo total de producción de cobre real [c\$/lb]
Log precio LME real [c\$/lb]	1	0,94
Log costo total de producción de cobre real [c\$/lb]	0,94	1



**Ilustración 7: Gráfico logaritmo costos de producción totales y logaritmo precio cobre**

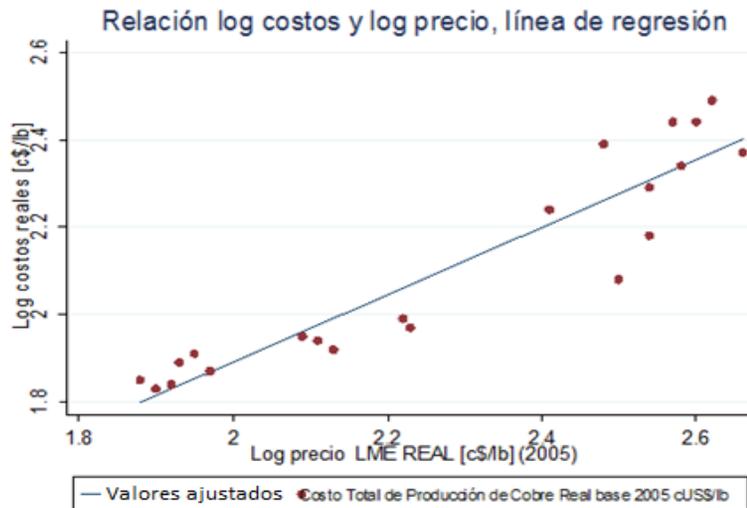
La regresión lineal queda definida de la siguiente forma:

$$\text{Log}(\text{costo}) = 0,35 + 0,77 * \text{Log}(\text{precio}) + e_t$$

**Ecuación 16: Ecuación lineal resultante. Datos globales. Precio-costos.**

Con un  $r^2$  de 0,88 y un  $r^2$  ajustado de 0,87.

A continuación, se mostrará gráficamente el procedimiento anterior, en base a un diagrama de dispersión de la variable Y que en este caso es el logaritmo de costo total de producción y la variable X que es el logaritmo del precio, y la predicción de los mismos X e Y descritos anteriormente.



**Ilustración 8: Gráfico Logaritmo costos producción totales versus logaritmo precio, con la línea de tendencia. Precio-costos**

Luego se calculan los residuales de la regresión lineal, los cuales son la distancia entre la línea y cada uno de los puntos, los cuales se encuentran en la sección de anexos.

#### 4.1.6 Pruebas de hipótesis

En esta sección y en el resto del informe, se adjuntará una tabla resumen con los resultados más relevantes de las pruebas de hipótesis, el desarrollo de dichas pruebas se encontrará en la sección de anexos.

**Tabla 8: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, minas globales**

Pruebas de hipótesis				
			Si	No
Significado congruente de parámetros	Pendiente		X	
	Intercepto		X	
Significancia, valores distintos de 0	Individual	Pendiente	X	
		Intercepto	X	
	Global		X	
Problemas de heteroscedasticidad				X
Errores normales			X	
Problemas de linealidad				X
Correlación de errores				X

### 4.1.7 Estudio desfase temporal

Se realizó un estudio del desfase temporal entre la variable independiente y la variable dependiente, para poder determinar si la variación es inmediata o no. Ver metodología.

$$\text{Log}(\text{costos}_t) = 0,35 + 0,77 * \text{Log}(\text{precio}_t) + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,88$$

$$\text{Log}(\text{costos}_t) = 0,35 + 0,77 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,87$$

$$\text{Log}(\text{costos}_t) = 0,42 + 0,74 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,76$$

$$\text{Log}(\text{costos}_t) = 0,68 + 0,63 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,53$$

$$\text{Log}(\text{costos}_t) = 1,04 + 0,47 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,29$$

## 4.2 Empresas mineras

Para el análisis de precio costos en las 6 empresas mineras se utilizarán datos de panel, es decir, se combinan datos de varios individuos en un momento dado (Montero, 2011), para entender mejor los datos panel ver la sección de anexos.

### 4.2.1 Planteamiento teórico del modelo

Se utilizará el mismo planteamiento teórico que la sección de minas globales (REF\_Ref466562262 \r \h \\* MERGEFORMAT 4.1.1).

### 4.2.2 Construcción de la forma matemática del modelo teórico

La forma matemática del modelo teórico se basa de igual forma que la utilizada en minas globales ( \h \\* MERGEFORMAT 4.1.2).

### 4.2.3 Especificación del modelo matemático

Desde este punto en adelante comienzan a existir diferencias en el planteamiento del modelo matemático, debido a que los datos a utilizar son datos panel, y no se disponen de todas las variables de influencia para realizar el modelo.

$$\text{Log}(\widehat{\text{costos}}_t) = \hat{a} + \hat{b} * \text{Log}(\text{precio}_t) + \varepsilon_{it}$$

**Ecuación 17: Especificación modelo matemático, datos empresas mineras. Precio-costos**

Donde  $\varepsilon_{it} = u_i + e_{it}$  es igual al error, es decir, el error se divide en dos partes, en un elemento fijo de cada individuo ( $u_i$ ), en este caso de cada empresa minera, y una parte aleatoria ( $e_{it}$ ). El término de cada empresa minera nace de la regresión tipo panel a realizar y se expondrá como termino Mi.

Este término intenta captar las particularidades de cada faena, las cuales no son consideradas en el modelo, es decir, variables omitidas y particulares de cada faena.

#### 4.2.4 Datos

Antes de realizar cualquier tipo de regresión lineal, se debe realizar un análisis de los datos, ver

RE

F\_

Ref

467

429

174

\h

\

\* M

ERG

EFO

RMA

T

**Tabla 9: Cuadro resumen datos 6 empresas mineras**

Variable		promedio	desviación estándar	Min	Max	Observaciones
Log Remuneraciones [c\$/lb]	Global	1,12	0,41	0,47	1,87	N = 96
	Entre		0,28	0,7	1,41	n = 6
	Dentro		0,32	0,58	1,58	T = 16
Log Contratistas [c\$/lb]	Global	0,35	0,54	-0,83	1,37	N = 86
	Entre		0,45	-0,45	0,95	n = 6
	Dentro		0,31	-0,57	1,02	T = 16
Log Servicios [c\$/lb]	Global	1,08	0,35	0,38	1,82	N = 96
	Entre		0,21	0,84	1,42	n = 6
	Dentro		0,3	0,53	1,6	T = 16
Log Diésel [c\$/lb]	Global	0,68	0,23	0,25	1,14	N = 96
	Entre		0,09	0,56	0,79	n = 6
	Dentro		0,22	0,26	1,05	T = 16
Log Energía [c\$/lb]	Global	0,92	0,35	0,35	1,5	N = 96
	Entre		0,09	0,82	1,02	n = 6
	Dentro		0,34	0,39	1,43	T = 16
Log Ácido [cc\$/lb]	Global	-0,04	0,51	-0,99	0,8	N = 64
	Entre		0,47	-0,72	0,25	n = 4
	Dentro		0,3	-0,6	0,59	T = 16
Log Insumos [c\$/lb]	Global	1,21	0,28	0,72	1,78	N = 96

	Entre		0,1	1,04	1,31,	n = 6
	Dentro		0,27	0,71	1,68	T = 16
Log costo total [c\$/lb]	Global	1,78	0,31	1,22	2,29	N = 96
	Entre		0,12	1,54	1,87	n = 6
	Dentro		0,29	1,31	2,24	T = 16
Log Precio LME [c\$/lb]	Global	2,35	0,28	1,88	2,66	N = 96
	Entre		0	2,35	2,35	n = 6
	Dentro		0,28	1,88	2,66	T = 16

Global hace referencia a todo el conjunto de datos, es decir, a los 96 datos como un todo, sin separar por las empresas mineras. Entre hace referencia a los valores entre las empresas. Y el tercer término, dentro, hace referencia a los valores al interior de las empresas a través del tiempo.

N es el número total de observaciones, n es el número de individuos, que en este caso es 6, y T es el periodo total de análisis, que en este caso son 16 años, desde el 2000 a 2015.

Otro punto a analizar antes de realizar la regresión lineal, es la correlación entre las variables logaritmo del precio y logaritmo del costo total.

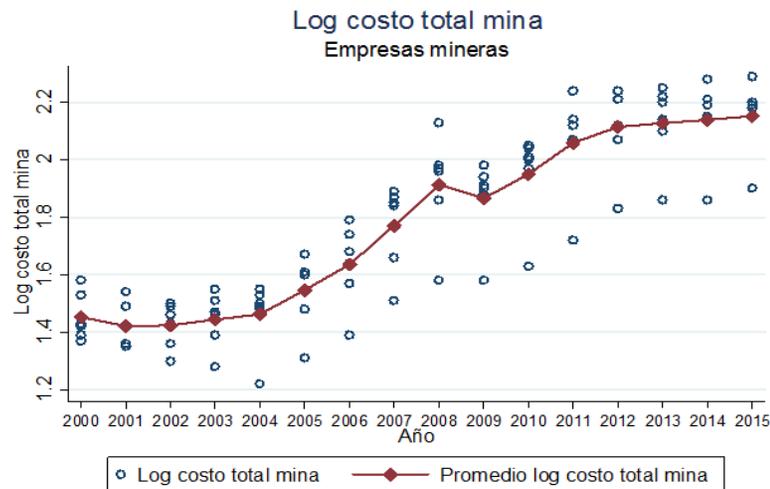
**Tabla 10: Correlación entre logaritmo del precio y logaritmo de los costos minas.**

	Log Open Pit: Total [c\$/lb]	Log Precio LME [c\$/lb]
Log Open Pit: Total [c\$/lb]	1	0,82
Log Precio LME [c\$/lb]	0,82	1

El cuadro anterior muestra que el logaritmo del precio y el logaritmo de los costos están fuertemente relacionados (en torno al 82%), de forma positiva.

También se analizará las componentes del costo. La correlación entre el logaritmo del precio y el logaritmo de:

- Remuneraciones es 0,66
- Contratistas es 0,41
- Servicios es 0,64
- Diésel es 0,85
- Energía es 0,80
- Ácido es 0,33
- Insumos es 0,76



**Ilustración 9: Logaritmo costos mina promedio, 6 minas, 2000-2015.**

Observando la , se puede determinar que, los costos minas promedio reales, han ido aumentando a través de los años. Y que en el año 2009 existió un retroceso en esta alza sostenida. Una de las principales causales de este retroceso es que a finales del 2008 y todo el 2009, fue debido a la gran recesión mundial (De Gregorio, 2009).

#### 4.2.5 Estimación del modelo econométrico

Para realizar la estimación del modelo econométrico se evaluarán 3 formas:

- Regresión agrupada: es cuando se omiten las dimensiones del espacio y el tiempo de los datos agrupados y sólo se calcula la regresión con mínimos cuadrados usual. En este caso se supone el intercepto de la regresión es el mismo para todas las entidades (J. Aparacio, J.Márquez, 2005), en este caso para todas las empresas mineras.
- Regresión de efectos fijos: es una forma de modelar el carácter individual de cada entidad. Este tipo de modelo supone que las diferencias entre entidades son constantes (fijas). Por lo anterior, se debe estimar cada intercepto.
- Regresión de efectos aleatorios: este modelo permite suponer que cada entidad tiene un intercepto diferente, pero las diferencias entre las entidades son aleatorias, con un valor medio y una desviación aleatoria.

El resultado expuesto en esta parte será el de la regresión con mayor  $r^2$ , en otras palabras, la regresión que mejor se ajuste a los datos.

##### 4.2.5.1 Costos totales mina

Al realizar las regresiones lineales, se pudo observar que la regresión agrupada es donde se obtiene un menor grado de ajuste,  $r^2$  de 0.67. Y al considerar los datos panel de efectos fijos se obtiene un mayor grado de ajuste,  $r^2$  de 0,79:

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = -0,28 + M_i + 0,90 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 18: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Costos totales**

En este caso  $M_i$  es igual que a  $u_i$  (ver especificación del modelo matemático).

Con un. Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 11: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, costos totales**

M2	M3	M4	M5	M6
0,04	0,00	-0,03	-0,29	-0,03

El  $M_1$  no se encuentra porque el programa computacional STATA lo toma como base para realizar el resto de los cálculos,

La regresión lineal anterior, se puede observar en forma gráfica de la siguiente forma:

#### **4.2.5.2 Componentes de los costos**

Se analizará de igual forma las distintas componentes de los costos, para poder determinar si existen componentes que tienen mayor relación con el precio de venta del cobre.

##### **4.2.5.2.1 Remuneraciones**

De igual forma que el caso de costo total mina, se realizará la regresión lineal en forma agrupada, regresión panel para efectos fijos, con y sin dummies y regresión tipo panel con efectos aleatorios, pero solo se expondrá el resultado con el mayor  $r^2$ , los demás resultados se encontrarán en la sección de anexos.

En este caso, al igual que el anterior, el  $r^2$  mayor es al realizar la regresión con los datos panel de efectos fijos con dummies, donde se obtiene un  $r^2$  de 0,83. La regresión con menor grado de ajuste fue la regresión de datos agrupados, con un  $r^2$  de 0,44.

$$\text{Log}(\text{remuneraciones}) = -0,87 + M_i + 0,95 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 19: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Remuneraciones.**

Con un Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 12: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, remuneraciones**

M2	M3	M4	M5	M6
0,05	-0,2	-0,13	-0,66	-0,48

#### 4.2.5.2.2 Contratistas

La regresión con el menor grado de ajuste fue la regresión agrupada, con un  $r^2$  de 0,49. La regresión con mayor  $r^2$  es la realizada con efectos fijos con dummies, con un  $r^2$  de 0,83:

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -0,91 + M_i + 0,79 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 20: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Contratistas.**

Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 13: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, contratistas**

M2	M3	M4	M5	M6
-0,57	-0,56	-0,49	-1,4	-0,52

#### 4.2.5.2.3 Servicios

En el caso de los servicios, la regresión con menor grado de ajuste fue la regresión lineal agrupada,  $r^2$  de 0,42. La regresión con mayor grado de ajuste fue la regresión con efectos fijos con dummies, con un  $r^2$  de 0,70:

$$\text{Log}(\text{servicios}) = -0,96 + M_i + 0,81 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 21: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Servicios.**

Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 14: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, servicios**

M2	M3	M4	M5	M6
0,18	0,25	0,06	-0,1	0,48

#### 4.2.5.2.4 Diésel

En el caso del combustible, la regresión con mayor  $r^2$  es la realizada con efectos fijos con dummies, con un  $r^2$  de 0,84. La regresión con menor grado de ajuste fue la regresión agrupada, con un  $r^2$  de 0,72.

$$\text{Log}(\text{diésel}) = -1,07 + M_i + 0,70 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 22: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Combustible**

Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 15: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, combustible**

M2	M3	M4	M5	M6
----	----	----	----	----

0,23	0,08	0,21	0,1	0,11
------	------	------	-----	------

#### 4.2.5.2.5 Energía

En el caso de la energía, la regresión como mayor  $r^2$  es la realizada con efectos fijos con dummies, con un  $r^2$  de 0,69 y la de menor grado de ajuste fue la regresión agrupada con  $r^2$  de 0,63.

$$\text{Log}(\text{energía}) = -1,40 + M_i + 0,98 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 23: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Energía.**

Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 16: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, energía**

M2	M3	M4	M5	M6
0,04	0,12	0,12	-0,06	-0,08

#### 4.2.5.2.6 Ácido

En el caso del ácido, la regresión como mayor  $r^2$  es la realizada con efectos fijos con dummies, con un  $r^2$  de 0,75. En el caso de la regresión con menor grado de ajuste, fue la regresión agrupada con un  $r^2$  de 0,11.

$$\text{Log}(\text{ácido}) = -2,12 + M_i + 0,59 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 24: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Ácido.**

Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 17: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, ácido**

M2	M3	M4	M5	M6
0,97	0,81	0,97	0	0

#### 4.2.5.2.7 Insumos

La regresión como mayor  $r^2$  es la realizada con efectos fijos con dummies, con un  $r^2$  de 0,67. La regresión con menor grado de ajuste fue la regresión agrupada, con un  $r^2$  de 0,57.

$$\text{Log}(\text{insumos}) = -0,58 + M_i + 0,76 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 25: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Insumos.**

Los  $M_i$  son los siguientes:

**Tabla 18: Parámetros individuales, análisis precio-costo, empresas mineras, insumos**

M2	M3	M4	M5	M6
0,05	0,12	0,1	-0,15	-0,01

#### 4.2.6 Pruebas de Hipótesis

Se mostrarán solos los resultados de los componentes del costo mina que tengan mayor  $r^2$ , los cuales son remuneraciones, contratistas y diésel. Y se mostrarán los resultados de insumo y servicios, por su relevancia en el porcentaje de participación de la componente de costo total mina.

##### 4.2.6.1 Pruebas de hipótesis costo total mina

Las distintas pruebas de hipótesis realizadas se encuentran en la sección de anexos, aquí solo se mostrará una tabla resumen con los resultados más relevantes de las pruebas realizadas, en el caso de que existan problemas de autocorrelación, heteroscedasticidad y/o problemas de correlación seccional, estos serán corregidos con el programa computacional STATA. Los resultados de esta corrección se encontrarán a continuación de la tabla de pruebas de hipótesis.

**Tabla 19: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, costo total mina.**

Pruebas de hipótesis			
		Si	No
Tipo de regresión a utilizar	Agrupada		X
	Fijo	X	
	Aleatorio		X
Significado congruente de parámetros	Pendiente	X	
	intercepto	X	
Afectan los Efectos temporales		X	
Problemas de Autocorrelación		X	
Problemas de heteroscedasticidad		X	
Problemas de correlación seccional		X	

##### 4.2.6.1.1 Solución de los problemas de heteroscedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

El modelo estudiado presenta autocorrelación, correlación contemporánea, y heteroscedasticidad, por lo que se deben corregir estos problemas. El programa computacional STATA da la opción de corregir estos problemas con el comando xtglm. Este comando se ajusta a los modelos de datos de panel lineales usando mínimos cuadrados generalizados factibles. Este comando permite la

estimación en presencia de autocorrelación, correlación de los paneles de la sección transversal y heteroscedasticidad en todos los paneles.

**Tabla 20: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, costos totales**

logaritmo de costo mina	log precio	M2	M3	M4	M5	M6	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>
Coficiente	1,38	-1,19	-1,23	-0,13	-1,5	-1,27	0,07	0,1	0,05	-0,21	-0,25
logaritmo de costo mina	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.
Coficiente	0,56	-0,46	-0,33	-0,19	-0,35	-0,35	-0,22	-0,18	-0,13	0	0

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = M_i + P_t + 1,38 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 26: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies, post corrección de problemas. Precio-Costo. Empresas mineras. Costos totales mina.**

#### 4.2.6.2 Pruebas de hipótesis remuneraciones

**Tabla 21: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, remuneraciones**

Pruebas de hipótesis			
		Si	No
Tipo de regresión a utilizar	Agrupada		X
	Fijo	X	
	Aleatorio		X
Significado congruente de parámetros	Pendiente	X	
	Intercepto	X	
Afectan los Efectos temporales		X	
Problemas de Autocorrelación		X	
Problemas de heteroscedasticidad		X	
Problemas de correlación seccional		X	

##### 4.2.6.2.1 Solución de los problemas de heteroscedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

El modelo estudiado presenta autocorrelación, correlación contemporánea, y heteroscedasticidad, por lo cual se corregirán de la misma forma que en el punto anterior.

**Tabla 22: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, remuneraciones**

Log remuneraciones	log precio	M2	M3	M4	M5	M6	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>
Coefficiente	1,4	0,07	-0,18	-0,13	-0,63	0	0,05	0,06	0,02	-0,21	-0,22
Log remuneraciones	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.
Coefficiente	-0,52	-0,46	-0,38	-0,16	-0,27	-0,34	-0,24	-0,2	-0,14	0	-1,76

$$\text{Log}(\text{remuneraciones}) = -1,76 + M_i + P_t + 1,40 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 27: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies, post corrección de problemas. Precio-Costo. Empresas mineras. Remuneraciones**

#### 4.2.6.3 Pruebas de hipótesis contratistas

**Tabla 23: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, contratistas**

Pruebas de hipótesis			
		Si	No
Tipo de regresión a utilizar	Agrupada		
	Fijo	X	
	Aleatorio		
Significado congruente de parámetros	Pendiente		
	intercepto		
Afectan los Efectos temporales			X
Problemas de Autocorrelación		X	
Problemas de heteroscedasticidad		X	
Problemas de correlación seccional			X

#### 4.2.6.3.1 Solución de los problemas de heteroscedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

El modelo estudiado presenta problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad, por lo que se hace de suma importancia poder corregir estos problemas. El programa computacional STATA da la opción de corregir estos problemas.

**Tabla 24: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, contratistas**

logaritmo contratistas	log precio	M2	M3	M4	M5	M6	Constante
Coefficiente	0,69	-0,53	-0,56	-0,55	-1,42	-0,55	-0,64

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -0,64 + M_i + 0,69 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 28: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies, post corrección de problemas. Precio-Costo. Empresas mineras. Contratistas**

#### 4.2.6.4 Pruebas de hipótesis servicios

**Tabla 25: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, servicios**

Pruebas de hipótesis			
		Si	No
Tipo de regresión a utilizar	Agrupada		
	Fijo	X	
	Aleatorio		
Significado congruente de parámetros	Pendiente	X	
	intercepto	X	
Afectan los Efectos temporales		X	
Problemas de Autocorrelación		X	
Problemas de heteroscedasticidad			X
Problemas de correlación seccional		X	

#### 4.2.6.4.1 Solución de los problemas de heteroscedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

El modelo estudiado presenta autocorrelación y correlación contemporánea. El programa computacional STATA da la opción de solo la autocorrelación.

$$\text{Log}(\text{servicios}) = -0,06 + 0,51 * \log(\text{precio}) + \varepsilon_{it}$$

**Ecuación 29: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies, post corrección de problemas. Precio-Costo. Empresas mineras. Servicios.**

Con  $\sigma_u$  0,21,  $\sigma_e$  0,15,  $r^2$  entre de 0,14 y  $r^2$  global de 0,40.

#### 4.2.6.5 Pruebas de hipótesis diésel

Tabla 26: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, combustible

Pruebas de hipótesis			
		Si	No
Tipo de regresión a utilizar	Agrupada		
	Fijo	X	
	Aleatorio		
Significado congruente de parámetros	Pendiente	X	
	intercepto	X	
Afectan los Efectos temporales		X	
Problemas de Autocorrelación		X	
Problemas de heteroscedasticidad			X
Problemas de correlación seccional		X	

#### 4.2.6.5.1 Solución de los problemas de heteroscedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

El modelo estudiado presenta autocorrelación y correlación contemporánea, El programa computacional STATA da la opción de corregir solo la autocorrelación.

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = -1,48 + M_i + P_t + 0,90 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

Ecuación 30: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies, post corrección de problemas. Precio-Costo. Empresas mineras. Combustible.

Tabla 27: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, combustible

logaritmo de costo diésel	log precio	M2	M3	M4	M5	M6	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>
Coefficiente	0,9	0,21	0	0,2	0,09	0,09	0,07	0,08	0,04	-0,09	-0,06
logaritmo de costo diésel	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Constante
Coefficiente	-0,24	-0,2	-0,05	-0,11	-0,16	-0,07	-0,06	-0,07	-0,07	0	-1,48

#### 4.2.6.6 Pruebas de hipótesis insumos

Tabla 28: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis precio-costo, empresas mineras, insumos.

Pruebas de hipótesis			
		Si	No
Tipo de regresión a utilizar	Agrupada		X
	Fijo	X	

	Aleatorio		X
Significado congruente de parámetros	Pendiente	X	
	intercepto	X	
Afectan los Efectos temporales		X	
Problemas de Autocorrelación			X
Problemas de heteroscedasticidad		X	
Problemas de correlación seccional		X	

#### 4.2.6.6.1 Solución de los problemas de heteroscedasticidad, correlación contemporánea y autocorrelación

El modelo estudiado presenta correlación contemporánea, y heteroscedasticidad, por lo que se hace de suma importancia poder corregir estos problemas.

Tabla 29: Parámetros individuales, post corrección de problemas, análisis precio-costo, empresas mineras, insumos

Log insumos	log precio	M2	M3	M4	M5	M6	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>
Coficiente	1,2	-1,4	-1,33	-1,35	-1,6	-1,47	0,07	0,09	0,03	-0,19	-0,28
Log insumos	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const,
Coficiente	-0,54	-0,44	-0,3	-0,22	-0,33	-0,33	-0,21	-0,17	-0,12	0	0

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = M_i + P_t + 1,20 * \text{log}(\text{precio}) + e_{it}$$

Ecuación 31: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies, post corrección de problemas, Precio-Costo, Empresas mineras. Insumos.

AT

AT

#### 4.2.7 Estudio desfase temporal

Se realizó un estudio para ver el desfase temporal entre la variación de los costos con respecto a la variación de los precios, ver metodología.

Se realizará el estudio del desfase temporal de los mismos componentes analizados en la sección anterior.

#### 4.2.7.1 Costo mina

Se realizó el análisis para poder determinar el desfase temporal entre la variación del precio y la variación del costo mina obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{Log}(\text{costo mina}_t) = -0,28 + 0,90 * \text{Log}(\text{precio}_t) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,79$$

$$\text{Log}(\text{costo mina}_t) = -0,29 + 0,92 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,89$$

$$\text{Log}(\text{costo mina}_t) = -0,24 + 0,91 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,90$$

$$\text{Log}(\text{costo mina}_t) = -0,19 + 0,90 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,84$$

$$\text{Log}(\text{costo mina}_t) = -0,14 + 0,89 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,75$$

#### 4.2.7.2 Costo remuneraciones

Se realizó el análisis para poder determinar el desfase temporal entre la variación del precio y la variación de las remuneraciones:

$$\text{Log}(\text{costos Remuneraciones}_t) = -0,87 + 0,95 * \text{Log}(\text{precio}_t) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,82$$

$$\text{Log}(\text{costos Remuneraciones}_t) = -0,83 + 0,94 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,88$$

$$\text{Log}(\text{costos Remuneraciones}_t) = -0,78 + 0,94 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,89$$

$$\text{Log}(\text{costos Remuneraciones}_t) = -0,75 + 0,94 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,86$$

$$\text{Log}(\text{costos Remuneraciones}_t) = -0,70 + 0,93 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,80$$

#### 4.2.7.3 Costo contratistas

También se realizará el análisis para poder determinar el desfase temporal entre la variación del precio y la variación de las contratistas:

$$\text{Log}(\text{costos Contratistas}_t) = -0,91 + 0,79 * \text{Log}(\text{precio}_t) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,83$$

$$\text{Log}(\text{costos Contratistas}_t) = -0,82 + 0,77 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,84$$

$$\text{Log}(\text{costos Contratistas}_t) = -0,77 + 0,75 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,84$$

$$\text{Log}(\text{costos Contratistas}_t) = -0,73 + 0,75 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,82$$

$$\text{Log}(\text{costos Contratistas}_t) = -0,59 + 0,69 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,78$$

#### 4.2.7.4 Costo servicios

También se realizará el análisis para poder determinar el desfase temporal entre la variación del precio y la variación de los servicios:

$$\text{Log}(\text{costos Servicios}_t) = -0,96 + 0,81 * \text{Log}(\text{precio}_t) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,70$$

$$\text{Log}(\text{costos Servicios}_t) = -0,98 + 0,83 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,78$$

$$\text{Log}(\text{costos Servicios}_t) = -0,96 + 0,84 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,80$$

$$\text{Log}(\text{costos Servicios}_t) = -0,92 + 0,83 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,75$$

$$\text{Log}(\text{costos Servicios}_t) = -0,90 + 0,83 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,71$$

#### 4.2.7.5 Costo diésel

También se realizará el análisis para poder determinar el desfase temporal entre la variación del precio y la variación del combustible:

$$\text{Log}(\text{costos Combustible}_t) = -1,07 + 0,70 * \text{Log}(\text{precio}_t) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,84$$

$$\text{Log}(\text{costos Combustible}_t) = -0,98 + 0,67 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,86$$

$$\text{Log}(\text{costos Combustible}_t) = -0,86 + 0,63 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,79$$

$$\text{Log}(\text{costos Combustible}_t) = -0,75 + 0,58 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,66$$

$$\text{Log}(\text{costos Combustible}_t) = -0,71 + 0,57 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,59$$

#### 4.2.7.6 Costo insumos

También se realizará el análisis para poder determinar el desfase temporal entre la variación del precio y la variación de los insumos:

$$\text{Log}(\text{costos Insumos}_t) = -0,58 + 0,76 * \text{Log}(\text{precio}_t) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,67$$

$$\text{Log}(\text{costos Insumos}_t) = -0,62 + 0,78 * \text{Log}(\text{precio}_{t-1}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,78$$

$$\text{Log}(\text{costos Insumos}_t) = -0,62 + 0,80 * \text{Log}(\text{precio}_{t-2}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,83$$

$$\text{Log}(\text{costos Insumos}_t) = -0,60 + 0,80 * \text{Log}(\text{precio}_{t-3}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,79$$

$$\text{Log}(\text{costos Insumos}_t) = -0,60 + 0,81 * \text{Log}(\text{precio}_{t-4}) + M_i + \hat{\varepsilon}_t \quad r^2 0,73$$

AT



## 5 Modelo econométrico Costo- Escasez

La tercera parte del análisis buscará analizar la relación entre los costos de extracción y la escasez del mineral. Para esto se utilizarán los stocks mundiales de cobre y costos de extracción entre los años 1995 al 2015. Al igual que en la sección Modelo Econométrico Precio - Costos, se realizará un estudio con datos reales en base al año 2005

### 5.1 Planteamiento del modelo teórico

El planteamiento teórico de la relación entre costos y escasez se basa en la renta de escasez. Al extraer un recurso mineral, el precio de mercado tiene dos componentes de costos: el costo de extracción y la renta de escasez, debido a que extraer hoy una cantidad de recurso, se le impone un costo, porque esta cantidad extraída no estará disponible en el futuro

Renta de escasez es el precio del recurso no extraído. Cada unidad extraída hoy del recurso impone un costo de oportunidad a la extracción futura; y este costo de oportunidad es el que se retribuye mediante la renta de escasez (Cáceres, 2008). Cuando varían los precios de mercado de los recursos naturales, el monto que fluctúa no son los costos de extracción, sino que es la renta de escasez. Por lo tanto, cuanto más bajo sea el precio de mercado, relativamente menos escaso es el recurso, y en consecuencia la renta de escasez será menor y mientras más alto sea el precio del recurso, éste será más escaso y, por lo tanto, su renta de escasez será mayor.

### 5.2 Construcción de la forma matemática del modelo

Para la construcción de la forma matemática del modelo teórico e identificación de las principales variables y las relaciones funcionales de las mismas, se debe tener en claro el objetivo, poder relacionar la escasez del mineral con su costo de producción.

Luego se deben determinar las variables independientes, en este caso será el stock de cobre y las variables dependientes serán los costos de producción. Ver metodología.

ME

RGE

FOR

MAT

Especificación del modelo matemático del modelo

Después de tener determinado el modelo base, se debe especificar el modelo matemático, para esto se deben agregar las perturbaciones aleatorias que pueden existir. Ver metodología.

T

### 5.3 Datos

Para realizar este análisis econométrico, se utilizará la información de stocks y precios de venta se encuentran en la

ERGEFORMAT Tabla 4.

## 5.4 Estimación del modelo econométrico

Con el fin de analizar la relación lineal entre las variables independientes, se calcula la matriz de correlaciones.

Tabla 30: Covarianza entre logaritmo costo y logaritmo stock

	Log costo [c\$/lb]	Log stock [kt]
Log costo [c\$/lb]	1	-0,15
Log stock [kt]	-0,15	1

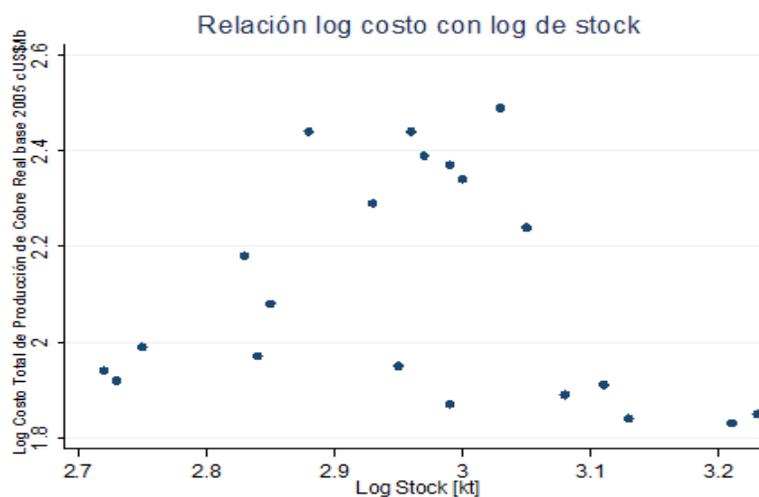


Ilustración 10: Gráfico Logaritmo costos versus logaritmo stock globales

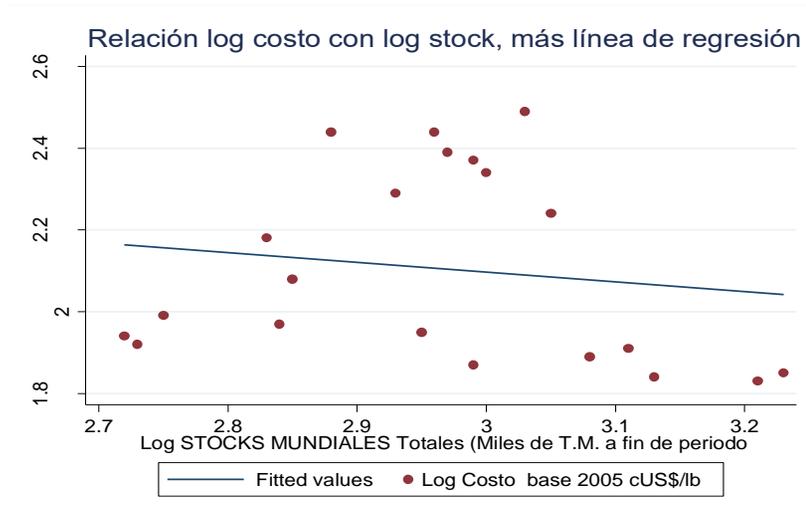
El resultado de la regresión lineal da la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(\text{costo}) = 2,81 - 0,24 * \text{Log}(\text{stock}) + \varepsilon_t$$

Ecuación 32: Ecuación lineal resultante. Precio-escasez.

Con un  $r^2$  de 0,02.

A continuación, se mostrará gráficamente el procedimiento anterior, en base a un diagrama de dispersión de la variable Y que en este caso es el logaritmo de costo total de producción y la variable X que es el logaritmo stock, y la predicción de los mismos:



**Ilustración 11: Log costo versus log stock con línea de regresión lineal.**

## 5.5 Pruebas de hipótesis

A continuación, se muestran los resultados más relevantes de las pruebas de hipótesis, el desarrollo de estas pruebas y sus resultados se encuentran en la sección de anexos.

**Tabla 31: Resumen resultados pruebas de hipótesis, análisis costo-escasez.**

Pruebas de hipótesis				
			Si	No
Significado congruente de parámetros	Pendiente		X	
	Intercepto		X	
Significancia, valores distintos de 0	Individual	Pendiente	X	
		Intercepto		X
	Global			X
Problemas de heteroscedasticidad				X
Errores normales				X
Problemas de linealidad			X	
Correlación de errores			X	

## 6 Análisis de resultados

En esta sección se estudiarán los resultados más relevantes de los distintos análisis econométricos.

### 6.1 Análisis precio-costos

El primer análisis que es de interés realizar es la comparación del resultado de la regresión lineal de costos totales de producción con los resultados de costo mina totales. Para esto primero se analizará cada una por separado y luego se compararán los resultados.

#### 6.1.1 Costo mina global

$$\text{Log}(\text{costo}) = 0,35 + 0,77 * \text{Log}(\text{precio}) + e_t$$

**Ecuación 33: Ecuación lineal resultante. Datos globales. Precio-costos.**

Con un  $r^2$  de 0,88.

La pendiente obtenida es de 0,77 positiva. Que sea positiva es congruente con la teoría propuesta en la sección 2, es decir, a medida que aumentan los precios, también aumentan los costos. La constante es 0,35, lo que implica que cuando el precio sea de 1 centavo de dólar la libra, el logaritmo del costo será de 0,35, o que el costo será de 2,2 centavos de dólar la libra. Que esto sea distinto a cero y positivo tiene relación con la realidad, porque a pesar que no se produzca, existen costos fijos que se deben pagar de igual manera.

Se puede observar que el caso en que existe un año de desfase y en el caso que no existe, no hay una gran diferencia, puesto que, en el caso de cero años de desfase, el  $r^2$  es de 0,875 y en el caso del desfase de un año, el  $r^2$  es de 0,874. Pero en los casos donde existe más desfase temporal, se puede observar una disminución del grado de ajuste del modelo. Además, se observa un aumento en el término del intercepto y una disminución del término de la pendiente, esto quiere decir, que el término de costos fijos va ganando relevancia en el modelo y el logaritmo del precio va influyendo menos a medida que aumentan los años de desfase.

#### 6.1.2 Costo mina por empresas

Una parte del análisis de esta memoria fue utilizar el costo mina, el cual se compone de 7 partes. Estos fueron estudiados por separado y en conjunto, correspondientes a:

- Remuneraciones
- Contratistas
- Servicios
- Diésel o combustible
- Energía
- Ácidos
- Resto de insumos

A continuación, se puede observar una ilustración con la distribución de las distintas componentes de los costos mina, donde las tres más relevantes son las remuneraciones, insumos y servicios.

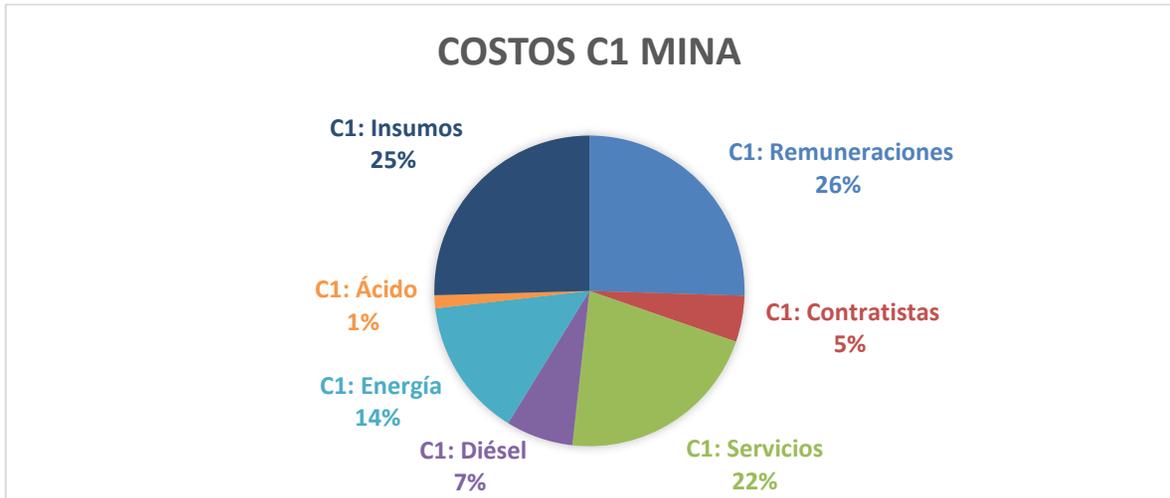


Ilustración 12: Costos mina C1. Elaboración propia

Se pueden observar el costo mina para cada empresa minera:

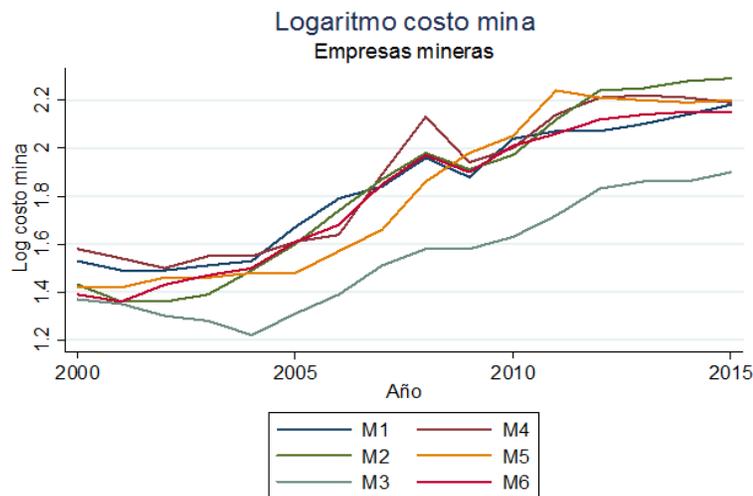


Ilustración 13: Variación del logaritmo del costo mina a través de los años, datos reales

Observando la Ilustración 13 se puede ver que el costo mina a través de los años, ha tendido al alza, a pesar de que existen ciertos años donde se pueden observar disminuciones de precios en algunas minas, en general, la tendencia es al aumento en los costos reales. Esto se debe a que las componentes del costo mina tienden al alza. Las cuales se analizarán a en la siguiente sección.

En general, se puede observar que los componentes del costo mina tienden a moverse de manera similar a través de los años, a excepción del ácido.

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = -0,28 + M_i + 0,90 * \text{log}(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 34: Regresión lineal. Precio-Costo. Empresas mineras. Costos totales**

Con un  $r^2$  de 0,79.

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0,90, lo cual es congruente, porque esto significa que el costo está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es -0,28, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el logaritmo de los costos será -0,28, por lo tanto, los costos serán de 0,52 [c\$/lb]. Recordando que los costos se dividen en costos fijos y costos variables, aunque no exista producción, se tendrán costos fijos, los cuales se deben suplir a menos que la empresa cierre sus puertas.

Luego de realizar las 4 regresiones con distintos desfases temporales, se puede observar que el mayor grado de ajuste es en la regresión con 2 años de desfase. Una de las causales de este resultado, es que a pesar que bajen (o suban) los precios de venta del metal, es decir exista un shock de oferta (o un shock de demanda), la capacidad de reacción de una empresa minera no es tan rápida como para modificar sus planes de costos. Existe un desfase temporal, donde la empresa tiene que modificar sus planes de operación

En los dos análisis de resultados anteriores (costos globales y costo mina) se puede observar una variación positiva de los costos al variar el precio de venta. Una de las causales de este fenómeno de aumento de precio es porque aumenta la demanda (en competencia perfecta). Por lo tanto, las empresas querrán producir más para suplir esta demanda, donde al aumentar la producción aumentarán los costos de extracción. Este aumento de los costos de extracción tiene distintos factores, como, por ejemplo, el aumento de insumos. Si el mercado de los insumos se comporta como competencia perfecta, al aumentar la demanda de insumos, aumentara el costo de estos. Estos insumos muchas veces están compuestos por otros commodities, por lo que la demanda de esto también aumentaría. Por lo tanto, cuando sube el precio de un commodity mineral, tienden a subir los demás, es decir, tienden a moverse juntos. Lo anterior es llamado co-movimientos (Robert S. Pindyck; Julio J. Rotemberg, 1990). Las causalidades de la variación de las distintas componentes del costo con respecto a las variaciones del precio de cobre se analizarán más adelante.

El tercer punto de análisis es el  $r^2$ , donde se puede establecer que la regresión del costo total tiene un mayor grado de ajuste que el caso de costo mina (en el caso que no exista desfase temporal). A pesar que la variación el precio afecte de mayor forma a los costos mina, la regresión se ajusta de mejor forma en los datos de costos totales.

Al estudiar los desfases de tiempo, en el caso de los costos globales, entre cero años de desfase y un año, no se ve relevancia en el grado de ajuste ni en los coeficientes de regresión, pero a medida que se aumentan los años de desfase, disminuye el grado de ajuste, el precio comienza a tener menos peso en la regresión (la pendiente comienza a disminuir) y los costos fijos comienzan a

ganar importancia (aumenta el intercepto). A diferencia del caso de los costos minas, que, al aumentar el tiempo de desfase, aumenta el grado de ajuste, llegando a su máximo a los dos años de desfase, obteniéndose un  $r^2$  de 0,90, lo cual implica que existe retardo entre la variación del precio y la variación de los costos. Cuando varían los precios, los costos no varían inmediatamente, si no que existe un desfase temporal de 2 años aproximadamente. Esto se debe a que las empresas a corto plazo son muy inelásticas en cuanto a sus planes de operación, pero a media que pasa el tiempo, se van volviendo más elásticas y pueden hacer cambios a sus planes (J. de Gregorio, J.P. Allerano y M.Marfan, 1984).

AT

### 6.1.2.1 Componentes del costo mina por empresas

#### AT Componentes del costo mina por empresas

Los siguientes análisis serán de los componentes de los costos, en donde sus regresiones lineales se ajustan mejor, es decir, los componentes de los costos que tengan un  $r^2$  igual o superior al  $r^2$  de costos total mina. Las cuales fueron remuneraciones, contratistas, combustible, servicios e insumos. Las dos primeras se analizarán en conjunto y luego se analizarán los combustibles.

Remuneraciones:

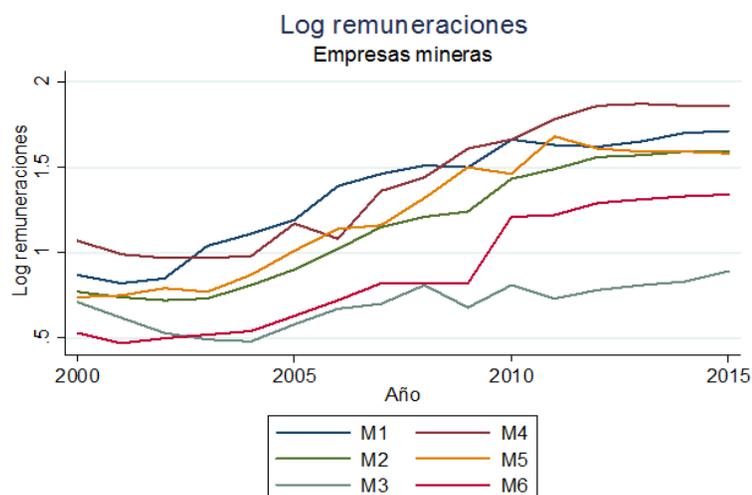


Ilustración 14: Variación del logaritmo de las remuneraciones, a través de los años, datos reales

En el caso de las remuneraciones, se puede observar una tendencia al alza, en todas las empresas mineras estudiadas.

$$\text{Log}(\text{remuneraciones}) = -0,87 + M_i + 0,95 * \text{log}(\text{precio}) + e_{it}$$

Ecuación 35: Regresión lineal. Precio-Costo. Empresas mineras. Remuneraciones.

Con un  $r^2$  de 0,82.

Una de las causas esta tendencia al alza en el costo de remuneraciones, es que la minería en Chile ha disminuido su productividad en los últimos años, en particular la productividad por trabajador por tonelada de cobre producida, Entre los años 2009 a 2011 la productividad cayó un 15,9% (Comisión Nacional de Productividad, 2016). Por lo tanto, para lograr una cierta cantidad de producción se requerirán más factores productivos y uno de los cuales son los trabajadores. Por lo tanto, una menor productividad, influirá en una mayor cantidad de personal contratado (mayor demanda de personal), lo cual tiende un alza en las remuneraciones, ver \h \\* MERGEFORMAT Ilustración 16: Shock de demanda de trabajadores.

Contratistas:

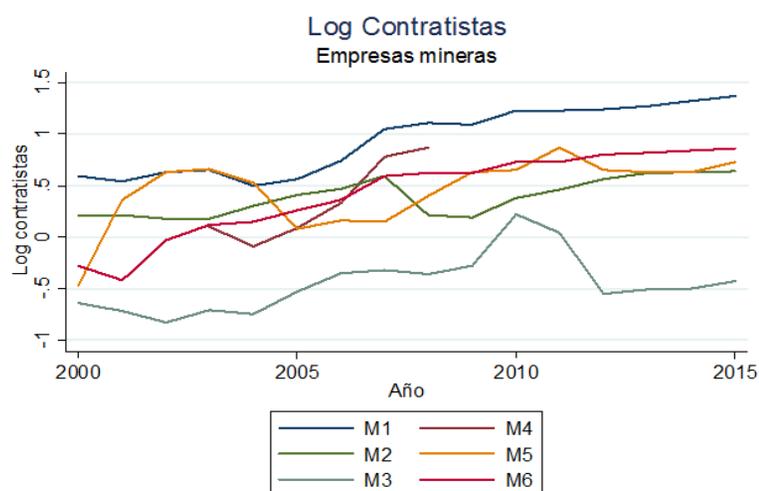


Ilustración 15: Variación del logaritmo de los contratistas, a través de los años, datos reales

En el caso de los contratistas, no todas las mineras tienden al alza, algunas tienden a la baja, como en el caso M<sub>3</sub>.

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -0,91 + M_i + 0,79 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

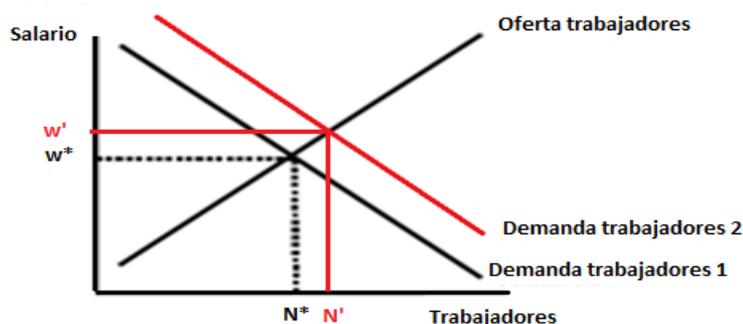
Ecuación 36: Regresión lineal. Precio-Costo. Empresas mineras. Contratistas.

Con un r<sup>2</sup> de 0,83.

Se puede observar que tanto los contratistas como las remuneraciones del personal propio, se ven positivamente afectadas con la variación del precio, es decir, a medida que aumente el precio aumentaran estos dos factores. Una variación en el precio tiene un mayor efecto sobre las remuneraciones de trabajadores propios (95%) que sobre los contratistas (79%).

Se intentará explicar de forma conjunta la variación de los costos en remuneraciones y la variación de los costos en contratistas. Cuando existe un shock de demanda, la oferta es más bien inelástica, por lo que, aumenta el precio del bien.

En el mercado del trabajo, un aumento de la cantidad  $Q$  conlleva a un aumento en el número de trabajadores y a la reducción de la tasa de desempleo (o tasa de paro), lo cual incrementa el poder de negociación de los trabajadores, elevando salarios (Argoti Chamorro, 2011).



**Ilustración 16: Shock de demanda de trabajadores**

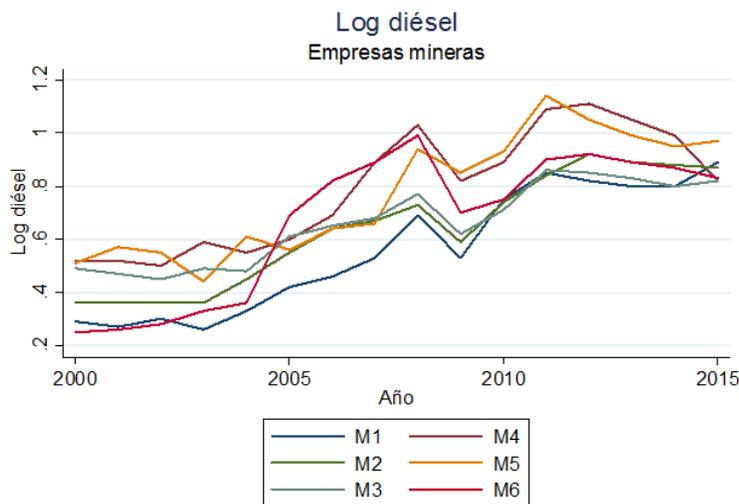
La duda que surge entonces es por qué aumenta la subcontratación y las remuneraciones. Para entender esto, hay que entender por qué las empresas subcontratan.

Las empresas subcontratan para aumentar la eficiencia y dinamismo en la producción, obteniendo como resultado empresas más competitivas (Bryce y Useem, 1998).

Los costos fijos, en el caso de los contratistas, son muy pequeños, y esto se debe a que a los contratistas que son una mano de obra flexible, se les paga dependiendo de la producción, es decir, si existe una baja en el precio del cobre, se requerirá menos producción, por lo tanto, se desvinculará la empresa contratista. Lo mismo pasa en el caso de las remuneraciones, pero para la empresa no es tan fácil desvincular al empleado propio, por lo que este intercepto es un poco mayor en el caso de las remuneraciones que en el caso de los contratistas.

A pesar de todo lo anterior, surge una interrogante, efectivamente los costos en remuneraciones y contratistas aumenta a medida que aumenta el precio del cobre (y disminuye a medida que disminuye el precio), por lo tanto se puede pensar que existe una mala gestión de los recursos o un aprovechamiento por alguna de las dos partes (empleador o empleados) (Bryce y Useem, 1998), que a medida que aumentan los precios tienen la posibilidad exigir mayores remuneraciones por sus desempeño, a pesar que este desempeño sea el mismo que si el precio estuviera bajo.

## Combustible



**Ilustración 17: Variación del logaritmo del diésel, a través de los años, datos reales**

El caso del diésel llama más la atención, porque las empresas mineras estudiadas se mueven de manera muy similar a lo largo de los años de estudio (2000-2015), los saltos son en los mismos años y los valles también.

$$\text{Log}(\text{diésel}) = -1,07 + M_i + 0,70 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 37: Regresión lineal. Precio-Costo. Empresas mineras. Combustible**

Con un  $r^2$  de 0,84.

El caso del petróleo se puede observar que, al variar el precio del cobre, varía un 70% los costos del combustible. Una de las causales es que el petróleo es un insumo directo de la minería. Un aumento del precio del cobre es producto de un aumento de demanda, por lo tanto, los productores querrán suplirla, pero ello conlleva a aumentar los costos.

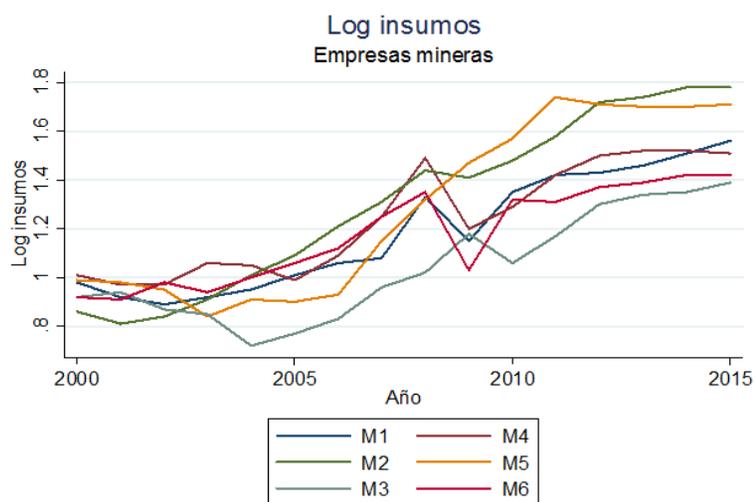
Al igual que en el caso de las remuneraciones, el intercepto de la regresión del diésel, a pesar que es distinto de cero, es muy pequeña. Esto es porque el diésel está directamente relacionado con la producción minera.

A diferencia de las remuneraciones y de los contratistas, el desfase temporal del combustible es de un año. En otras palabras, las variaciones en el precio del cobre se ven reflejado mucho más rápido en las variaciones de los costos del combustible. Una de las causales de esto es por el comovimiento de los commodities. Otro de los factores es que afecta a este fenómeno es que el factor de costos fijos (intercepto) es mucho menor y existe más relevancia de los costos variables (asociados a la producción).

En el caso del petróleo surge una interrogante, ¿Por qué suben los costos de petróleo a medida que sube el precio del cobre?, no es natural pensar que varían conjuntamente, puesto que al subir (o

bajar) los precios del metal, no debería influir en el aumento (o disminución) de los costos de combustible. En otras palabras, ¿Por qué al aumentar los precios del metal, aumentan los costos en petróleo por parte de las empresas mineras? ¿Por qué el desfase temporal es tan inmediato, si las empresas mineras son muy inelásticas en el cambio de su plan de producción a corto plazo? Esta situación puede ir mucho más allá del hecho que el precio suba o bajen, si no que puede existir una mala gestión de los recursos. Un claro contra ejemplo de esto es el caso de la energía, donde existen contratos a largo plazo, con una cantidad de producto (en este caso energía eléctrica) específico, donde las empresas no pueden sobrepasar el umbral estipulado en el contrato, si no los costos aumentan demasiado. En el caso de estudio de esta memoria, el menor grado de ajuste entre precio y costos fue el caso de la energía (dejando afuera el caso del ácido, donde existían muchos datos faltantes, por lo que el estudio no es tan representativo). Se pudo observar que en contratos mejor gestionados, variaciones en el precio de venta del cobre no afectarían los costos de los insumos.

## Insumos



**Ilustración 18: Variación del logaritmo de los insumos, a través de los años, datos reales**

En el caso de los insumos, se puede observar que las empresas van al alza en el gasto en insumos, existiendo algunos saltos marcados, pero que este salto no ocurre en todas las empresas en el mismo momento, o no ocurre en la misma intensidad, por ejemplo, al observar en el año 2009, existe un salto de las empresas, excepto en M<sub>5</sub> y en M<sub>3</sub>, esta última tuvo su salto el año siguiente.

$$\text{Log}(\text{insumos}) = -0,58 + M_i + 0,76 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

**Ecuación 38: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Insumos.**

Donde se tiene un  $r^2$  de 0,67. Lo cual implica que los valores no están tan ajustados en el modelo de regresión lineal planteado. Y es menor que el caso del modelo de regresión lineal de los costos totales mina.

La pendiente en este caso es de 0.76 positiva, lo cual implica que a mayor precio venta del cobre, mayor serán los costos de los insumos. Esto una de las causales se debe a que, al aumentar la demanda de insumos, para una oferta dada de ellos, aumentara el precio de estos.

Se puede observar un intercepto muy pequeño, es decir, los costos fijos de los insumos son muy pequeños. Esto se debe a que la cantidad de insumos utilizados depende directamente de la cantidad de mineral extraída.

En el caso de los insumos, se puede observar un desfase temporal de 2 años. Esto debido a que no existe una respuesta inmediata a la variación de los costos con respecto a la variación de los precios.

Servicios:

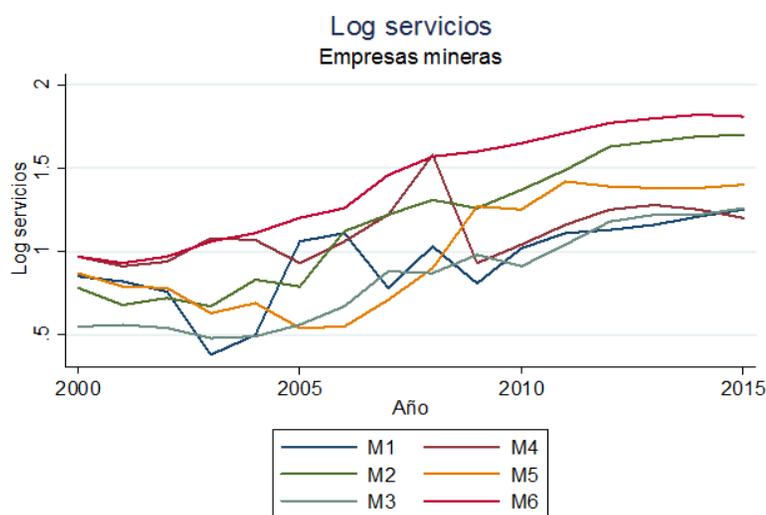


Ilustración 19: Variación del logaritmo de los servicios, a través de los años, datos reales

En el caso de los servicios mina, se puede observar una tendencia al alza en todas las empresas mineras estudiadas, pero en el caso de M<sub>1</sub> existe más variación de los servicios mina que en el resto de las empresas mineras de estudio.

$$\text{Log(servicios)} = -0,96 + M_i + 0,81 * \log(\text{precio}) + e_{it}$$

Ecuación 39: Regresión lineal, datos panel efecto fijo con dummies. Precio-Costo. Empresas mineras. Servicios.

Con un  $r^2$  de 0,70, lo cual implica que no se ajustan tan bien los datos al modelo econométrico planteado.

La pendiente en este caso es positiva y una de las causales es que al aumentar el precio del metal, se requerirá mayor producción, por lo tanto, mayores servicios, pero, como ya se mencionó antes, las empresas mineras planifican su producción de acuerdo a los menores costos (existen más variables de como planificar además de los costos pero las que están fuera de los alcances de esta

memoria), por lo tanto producir más, requerirá mayor servicio, por lo tanto aumentara los costos de éstos.

Se puede observar que el valor del intercepto es pequeño, es decir, los costos fijos son pequeños, y esto se debe que, en el caso de los servicios, depende altamente de la cantidad extraída de material.

En el caso de los servicios, se puede observar que existe un mayor grado de ajuste en el segundo periodo. Donde aumenta levemente la pendiente (alcanza su máximo). Uno de los factores que influyen es la capacidad de respuesta que tiene la industria. La capacidad de respuesta no es inmediata, existe un desfase temporal entre las variaciones de los precios y las variaciones de los costos. Como ya se discutió con anterioridad, la industria minera, a corto plazo es muy inelástica, pero a medida que aumenta su horizonte temporal, aumenta su elasticidad.

## 6.2 Análisis costo-escasez

$$\text{Log}(\text{costos}) = 2.81 - 0.24 * \text{Log}(\text{stock}) + \varepsilon_t$$

**Ecuación 40: Ecuación lineal resultante. Costo-escasez.**

Con un  $r^2$  de 0.02.

Para poder relacionar de mejor manera los costos con la escasez hay que retomar el concepto de costos como se vio en un comienzo en la sección de antecedentes. En términos económicos, la renta es un pago por sobre los costos de oportunidad de un recurso, originados por algún atributo especial (Cáceres, 2008). En este caso, el atributo especial es el carácter finito o agotable que tiene el recurso.

Por lo tanto, al extraer un recurso mineral, el precio de mercado tiene dos componentes de costos: el costo de extracción y la renta de escasez. Esto es debido a que extraer hoy una cantidad de recurso se le impone un costo, porque esta cantidad extraída no estará disponible en el futuro. Por lo tanto, al intentar relacionar los costos totales de producción con los stocks, no se puede llegar a nada concluyente, puesto que los costos que se deben analizar, debieran ser los de renta de escasez.

Se puede observar por el  $r^2$  no se ajusta a los datos. Esto se puede deber en gran parte a que los análisis se hicieron con los costos de extracción del mineral y no con la renta de escasez, a pesar que la pendiente esta inversamente relacionada con el stock, lo cual si se correlaciona con el planteamiento del modelo teórico del costo-escasez.

Otra de las razones por las cuales no se puede relacionar el costo con la escasez, es porque, para definir escasez, se deben tener en consideración las tecnologías existentes, las normas, políticas y leyes gubernamentales, la calidad de los yacimientos, el grado de sustitución del cobre, entre otros factores.

Un factor relevante que puede afectar los resultados son los datos muestrales utilizados, es decir, los datos de las 6 faenas mineras. Estos datos pueden estar sesgados, puesto que solo se

consideraron 6 faenas chilenas, a cielo abierto. A nivel mundial y nacional, existen muchas más faenas, las cuales pueden ser más representativas del mercado global.

Puede que el periodo de estudio fuera muy corto, es decir, la serie fuera insuficiente. Probablemente, se requeriría un periodo más largo de estudio.

## 7 Conclusiones

Al realizar el análisis precio-costo se pudo determinar que existe relación positiva entre ellos. En otras palabras, a medida que el precio suba, también tenderán al alza los costos de extracción y en el caso que los precios bajen, también lo harán los costos de extracción. Esto según los modelos de econométricos obtenidos tanto en el caso de los costos globales, como en el costo mina y cada una de sus componentes.

Existe un mayor grado de ajuste de la regresión en el caso del costo total que en el caso de la regresión de los costos mina. Una de las causales de este resultado es que, en el costo total, además de tener las componentes del costo mina, tiene los costos de tratamiento, flete, fundición y refinación y gastos de administración. Estos otros factores tienden a estabilizar los costos, es decir, que no fluctúen tan fuertemente con la variación de los precios.

En el estudio de los componentes del costo mina, se puede observar que el combustible, las remuneraciones y los contratistas tienen el mayor grado de ajuste de la regresión lineal. El costo de remuneraciones se ve afectado por la variación del precio del cobre porque al existir un shock de demanda de mineral, existirá un requerimiento de mano de obra, las empresas en vez de contratar más personal propio, preferirán contratar más personal externo (o contratistas) puesto que serán una mano de obra flexible, pero a su vez, les darán mejores beneficios a sus trabajadores propios.

Pero también se puede tender a pensar, que el aumento de los costos de remuneraciones, contratistas y petróleo aumenta por una mala gestión de insumos. Como claro contra ejemplo es el caso de la energía, el cual es el menos correlacionado a las variaciones del precio, se tienen contratos a largo plazo y con cantidades fijas de energía a transar.

Al realizar el análisis costo-escasez, se puede observar un grado de ajuste de la regresión prácticamente nulo. Uno de los factores que puede afectar a este bajo grado de ajuste de la regresión lineal es que existen variables omitidas en el modelo, en otras palabras, no se tomaron todas las variables independientes para hacer el estudio de regresión lineal. Existen otros factores igualmente importantes para la determinación de los costos y la determinación de los stocks son: los volúmenes de producción, crisis mundiales, situación social y económica, políticas de los bancos centrales, valor del dólar, especulación, problemas internos de las empresas mineras, grado de sustitución de los minerales, acción gubernamental y el reciclaje. Otro factor que puede influir en el bajo grado de ajuste del modelo es que, los costos de extracción están muy relacionados con las tecnologías existentes para la extracción, y esta tecnología puede hacer que el nivel de escasez de un recurso mineral varíe. Un ejemplo sencillo de lo anterior es que hace años atrás no existía tecnología que permitiera recuperar mineral con leyes de menos de 1%. Hoy en día esa tecnología existe y se aplica en numerosos yacimientos alrededor del mundo, por lo tanto, la cantidad de mineral extraíble actualmente es mucho mayor que en el pasado. Por lo tanto, la influencia de la tecnología es muy importante en el tema de los costos de extracción y la escasez del mineral, pero este término no está incluido en la regresión lineal realizada. Una forma de poder medir la influencia de la tecnología, aplicar a los modelos las leyes de corte, porque eso permite determinar hasta qué punto el yacimiento es rentable o no, y las leyes de corte van variando según la tecnología disponible.

Una de las recomendaciones para trabajos futuros sobre el tema de costos en la minería del cobre relacionados con la escasez de mineral, es definir de otra forma el término escasez, como, por ejemplo: definir escasez en cuanto a los recursos y reservas mineras mundiales y no en cuanto a los stocks disponibles.

## 8 Bibliografía

- Aedo, René; Aguiló, Sergio; Egaña, Andrés; Encina, Francisco; Espinosa, Marcos; Galilea, Pablo; García-Huidobro, Alejandro; Hernández, Javier; Insunza, Jorge; Latorre, Juan Carlos; Leal, Antonio; Mulet, Jaime, y Ward, Felipe. (18 de octubre de 2007). *Informe de la comisión investigadora encargada de analizar el proceso de producción del cobre y sus derivados*. Santiago, Chile: CODELCO.
- Anzil, F. (8 de octubre de 2008). *zona economica*. Obtenido de Costo Marginal: <http://www.zonaeconomica.com/costo-marginal>
- Argoti Chamorro, A. (2011). Algunos elementos sobre la teoría clásica del empleo y l versión keynesiana. *Revista d la facultad de ciencias económicas y administrativas. Universidad de Nariño.*, 35-57.
- Artículo N°1 de la ley 16624. (1967). *Artículo N°1 de la ley 16624, de 20 de abril de 1967, con modificaciones*. Santiago: Chile.
- Benedikt Gleich, Benjamin Achzet, Herbert Mayer, Andreas Rathgeber. (2013). An empirical approach to determine specific weights of driving factors. *el sevier, Resources Policy* 38 (2013) 350–362.
- Blaconá M.T. y Andreozzi L. (2013). MODELOS PARA SERIES DE TIEMPO CON ESTACIONALIDAD COMPLEJA. *Decimoctavas Jornadas "Investigaciones en la Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística*. (págs. 1-12). Rosario: Universidad Nacional del Rosario.
- Bryce y Useem. (1998). The impact of corporate outsourcing on company value. *European Management Journal*, 635-643.
- By Thomas D. Kelly and Grecia R. Matos, with major contributions provided by David A. Buckingham, Carl A. DiFrancesco, Kenneth E. Porter, and USGS mineral commodity specialists. (2016). *USGS: Copper*. U.S. Geological Survey.
- Cáceres, R. B. (2008). La economía de los recursos naturales: escasez, agotamiento, regalía, explotación y otros conceptos sujetos a evaluación moral (o redistribución estatal). *THEMIS*, 49-66.
- Camara Minera del Perú. (Agosto de 2014). *Enlace Minería*. Obtenido de <http://enlacemineria.blogspot.com/2014/01/por-que-bajan-los-precios.html>
- Carlos Murillo Fort y Beatris Gonzáles López-Valcárcel. (2000). *Manual de Econometría*. España: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ULPGC. Obtenido de [http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6086/Manual\\_de\\_Econometria\\_5.pdf](http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6086/Manual_de_Econometria_5.pdf)

- Ciudad, J. C. (2005). Inventarios en bolsas y mercado por almacenamiento. En J. C. Ciudad, *Determinantes del precio spot del cobre en las bolsas de metales* (págs. 80-100). Santiago de Chile: United Nations Publications.
- COCHILCO. (2014). *Proyección Consumo de Agua*. Santiago: Comisión Chilena del Cobre.
- COCHILCO. (2015). Santiago Chile: Comisión Chilena del Cobre. Obtenido de Competitividad de la minería chilena del cobre.
- COCHILCO. (12 de Abril de 2015). *Caracterización de los costos de la gran minería del cobre*.
- COCHILCO. (2015). *Caracterización de los costos de la gran minería del cobre*. Santiago, Chile: COCHILCO.
- COCHILCO. (2015). *Identificación de insumos críticos para el desarrollo de la minería en Chile*. Santiago, Chile: Comisión Chilena del Cobre.
- COCHILCO. (30 de Abril de 2016). *Comisión Chilena del Cobre*. Obtenido de [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)
- Comisión Nacional de Energía CNE. (2015). *Anuario Estadístico de Energía*. Santiago: Comisión Nacional de Energía.
- Comisión Nacional de Productividad. (2016). *Productividad de la gran minería del cobre*. Santiago de Chile: Comisión Nacional de Productividad.
- Costanza, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. . *Nature*, 387, 253-260.
- D. Hall y J.Hall. (1984). Concepts and Measures of Natural Resource Scarcity with a Summary of Recent Trends. *Journal of Environmental Economics and Management* 11, 363-379.
- Darling, P. (2001). *SME Mining Engineering Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc (SME).
- De Gregorio, J. (2009). *DOCUMENTOS DE POLÍTICA ECONÓMICA*. Obtenido de Banco Central de Chile: [https://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj2k4ivrPnQAhXEjpAKHW4sCAkQFggmMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.bcentral.cl%2Fes%2FDownloadBinaryServlet%3FnodeId%3D%252FUCM%252FBCCH\\_ARCHIVO\\_096561\\_ES%26propertyId%3D%252FUCM](https://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj2k4ivrPnQAhXEjpAKHW4sCAkQFggmMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.bcentral.cl%2Fes%2FDownloadBinaryServlet%3FnodeId%3D%252FUCM%252FBCCH_ARCHIVO_096561_ES%26propertyId%3D%252FUCM)
- Departamento de Estudios Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales, M. d. (Junio de 2015). *DIRECON*. Obtenido de Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales: <https://www.direcon.gob.cl/wp-content/uploads/2015/07/Informe-anual-de-Comercio-Exterior-de-Chile-2014-2015.pdf>

- Diedern, A. (2009). Metal minerals scarcity: A call for managed austerity and the elements of hope. (págs. 1-13). The Netherlands: TNO Defence, Security and Safety.
- E. Pérez, C. López, J. Gregoire. (2008). *Estudio empírico de los precios futuros del cobre*. Santiago: Universidad de Chile.
- Eco-Finanzas. (02 de 05 de 2016). *Eco-Finanzas*. Obtenido de [http://www.eco-finanzas.com/diccionario/M/MERCADO\\_COMPETITIVO.htm](http://www.eco-finanzas.com/diccionario/M/MERCADO_COMPETITIVO.htm)
- Econlink. (Agosto de 2007). *La Ley de los Rendimientos Marginales Decrecientes*. Obtenido de Econlink: <http://www.econlink.com.ar/ley-rendimientos-marginales-decrecientes>
- Educativo, P. (20 de Abril de 2016). *Portal Educativo*. Obtenido de <http://www.portaleducativo.net/cuarto-basico/642/Recursos-naturales-renovables-y-no-renovables>
- Energía, C. M. (01 de 05 de 2016). *World Energy Council*. Obtenido de [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC\\_16\\_page\\_document\\_21.3.14\\_ES\\_FINAL.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/WEC_16_page_document_21.3.14_ES_FINAL.pdf)
- Energías Renovables*. (10 de 07 de 2016). Obtenido de Fracking: significado, problemas y ventajas: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/general/fracking-significado-problemas-ventajas/>
- Financiera, E. (01 de 06 de 2016). *Enciclopedia Financiera*. Obtenido de <http://www.encyclopediainanciera.com/mercados-financieros/estructura/competencia-perfecta.htm>
- Fitzgerald, L. J. (1999). *The Band Pass Filter*. Cleveland: FEDERAL RESERVE BANK OF CLEVELAND.
- Fundación Chile. (Noviembre de 2011). *Fundación Chile*. Obtenido de Fuerza laboral en la gran minería del cobre chilena: [http://www.chilevalora.cl/wp-content/uploads/2016/08/fuerza\\_laboral\\_diagnostico\\_desafios12\\_ene.pdf](http://www.chilevalora.cl/wp-content/uploads/2016/08/fuerza_laboral_diagnostico_desafios12_ene.pdf)
- Grades., E. d. (s.f.). Technical and economical optimization of Surface mining processes.
- Gujarati, D. N. (2009). *Econometría*. México D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Guzmán, A. M. (2009). Escalas lineales y logarítmicas. En A. M. Guzmán, *Análisis gráfico* (págs. 55–534). México, D. F.: CBI, UAM–I.
- Heap, A. (31 de 03 de 2005). *Fallstreet*. Obtenido de China—The Engine of a Commodities Super Cycle. Research Report-: <http://www.fallstreet.com/>

- Hélyette Geman; Steve Ohana . (2009). Forward curves, scarcity and price volatility in oil and natural gas markets. *ELSEVIER. Energy Economics* 31, 576–585.
- Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resource . *The Journal of Political Economy*, 137-175.
- Houseman, S. (2001). Why employers use flexible staffing arrangements: evidence from an establishment survey. *Industrial and Labor Relations Review*, 149-170.
- Intriligator, M. (1979). Econometric Models, Techniques, and Applications. En M. Intriligator, *Econometric Models, Techniques, and Applications* (pág. Capítulo 3). Nueva Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- J. Aparacio, J.Márquez. (2005). *Diagnóstico y Especificación de Modelos Panel STATA 8.0*. División de Estudios Políticos, CIDE.
- J. de Gregorio, J.P. Allerano y M.Marfan. (1984). COLECCION ESTUDIOS CIEPLAN N°13. *CIEPLAN*, 54-86. Obtenido de [http://www.cieplan.org/media/publicaciones/archivos/119/Capitulo\\_2.pdf](http://www.cieplan.org/media/publicaciones/archivos/119/Capitulo_2.pdf)
- John T. Cuddington y Daniel Jerrett. (2007). *Super Cycles in Real Metal Prices*.
- John T. Cuddington y Daniel Jerrett. (2008). *Broadening the Statistical Search for Metal Price Súper Cycles to Steel and Related Metals*.
- Krautkraemer. (1998). Nonrenewable Resource Scarcity. *Journal of Economic Literature*.
- Lord, M. (1991). Price formation in commodity markets. *Journal of applied econometrics*, 239-254.
- M. Henckens, E. Van Ierland, P. Driessen y E. Worrell. (2016). Mineral resources: Geological scarcity, market price trends, and future generations. *Resources Policy* , 102-111.
- M.L.C.M. Henckens, E.C. van Ierland, P.P.J. Driessen, E. Worrell. (2016). Mineral resourceces: Geological scarcity, market price trends, and future generations. . *el sevier*, 102-111.
- Managerial Economics. A Problem Solving Approach. (s.f.). En *Teoría del Costo*. (pág. Capítulo 6).
- Minero, C. (06 de 06 de 2016). *Consejo Minero*. Obtenido de <http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/panorama-economico-de-la-mineria/>
- Montero, R. (2011). *Efectos fijos o aleatorios: test de especificación*. España: Universidad de Granada.

- Noda., b. o. (2005). introducción al análisis gráfico de datos experimentales. En b. o. noda, *introducción al análisis gráfico de datos experimentales*. México D.F: Coordinación de servicios.
- Norgaard, R. B. (1989). Economic Indicators of Resource Scarcity: A Critical Essay. *Journal of Environmental Economics and Management*, 19-25.
- Operativa, D. d. (1 de Octubre de 2009). *Universidad de Granada* . Obtenido de <http://www.ugr.es/~bioestad/guiaspss/practica3/cuerpo.html>
- P. Pérez y P. Villalobos. (2009). *¿Por qué subcontratan las empresas mineras en Chile?* Santiago: CEPCHILE.
- Paul Krugman, Robin Wells, Martha L. Olney. (2007). Fundamentos de Economía. En R. W. Paul Krugman, *Fundamentos de Economía*. Barcelona. ESPAÑA: EDITORIAL REVERTÉ, S. A.
- Paulo Rodríguez y Alexander Cubillos. (2012). Elementos para la valorización integral de los recursos naturales: Un puente entre la economía ambiental y la economía ecológica. *Gestión y Ambiente*, 77-90.
- Pinduck, R. (1990). Inventories and the short-run dynamics of commodity prices. *National Bureau of Economic Research*, 1-35.
- Portal Minero. (01 de Septiembre de 2016). *Portal Minero*. Obtenido de Cotización Cobre: <http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=31981855>
- Radetziski. (2008). *Importance of the latter in the mineral and energy sectors*.
- RAE. (30 de Junio de 2016). *Real Academia de la lengua Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=GDDzWPH>
- Rafael de Arce y Ramón Mahía. (2012). *INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE UN MODELO BÁSICO DE REGRESIÓN*. Madrid: Universidad Autonoma de Madrid.
- Rafael de Arce y Ramón Mahía. (2012). *INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE UN MODELO BÁSICO DE REGRESIÓN*. Madrid: Universidad Autonoma de Madrid.
- Reyes Fernández, Y. (2015). *Clasificación de costos*. Valparaíso, Chile: Universidad Católica de Valparaíso.
- Reynolds, D. B. (30 de Junio de 2015). *The Coming Global Oil Crisis*. Obtenido de The mineral economy: How prices and costo can falsely signal decreasing scarcity: [www.hubbertpeak.com/reynolds/mineraleconomy.htm](http://www.hubbertpeak.com/reynolds/mineraleconomy.htm)

- Robert S. Pindyck y Daniel L. Rubinfeld. (2009). *Microeconomía*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Robert S. Pindyck, Daniel L. Rubinfeld. (2009). *Microeconomía*. Madrid: PEARSON PRENTICE HALL.
- Robert S. Pindyck; Julio J. Rotemberg. (1990). The Excess Co-Movement of Commodity Prices. *The Economic Journal*, pp. 1173-1189.
- ROJAS, B. (2016). *MANEJO DE BASES DE DATOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO CON Stata 12*. 3020 Issaquah Pine Lake Rd Sammamish WA, 98075 USA: SOFTWARE Shop.
- Rossignolo, D. (21 de 07 de 2016). *Efectos económicos y macrofiscales de los recursos naturales no renovables*. Obtenido de <http://blogs.eco.unc.edu.ar/jifp/files/t131.pdf>
- Salvador, A. U. (2005). *Universidad de Valencia*. Obtenido de los costes de producción: <http://www.uv.es/urbano/Tema5.Los%20Costes.pdf>
- Sánchez, A. P. (05 de Mayo de 2016). *Finanzas y economía*. Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre el valor nominal: <http://www.finanzas.com/valor-nominal>
- Shepherd, A. W. (2001). *Interpretación y Uso de la Información de Mercados*. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Obtenido de Interpretación y Uso de la Información de Mercados.
- SONAMI. (junio de 2009). *SONAMI*. Obtenido de Desarrollo de un proyecto minero: <http://www.sonami.cl/files/presentaciones/215/02.-%20Desarrollo%20de%20un%20Proyecto%20Minero..pdf>
- SONAMI. (Septiembre de 2014). *SONAMI*. Obtenido de Caracterización de la pequeña y mediana minería en Chile: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/01.-Importancia-de-la-pequena-y-mediana-mineria-Chile-VP11.pdf>
- SONAMI. (28 de Octubre de 2016). *Minería Chilena*. Obtenido de Desempleo: <http://www.mch.cl/2016/10/28/sonami-empleo-la-mineria-sigue-cayendo/>
- STATISTA. (15 de Octubre de 2016). *PPI USA 1990-2005*. Obtenido de STATISTA: <https://www.statista.com/statistics/191077/inflation-rate-in-the-usa-since-1990/>
- T. Alan O'Hara And Stanley C. Suboleski. (1992). Costs and Cost estimation. *SME mining engineering handbook Vol. 1 1992*, ch. 6.3 pp 405-424.
- Tilton, J. E. (2002). On Borrowed Time? Assessing The Threat Of Mineral Depletion. (págs. 1-120). Washington, DC. : Resources for the future.

- Times, N. Y. (02 de 06 de 2016). *New York Times*. Obtenido de <http://www.nytimes.com/es/2016/06/02/arabia-saudita-bloquea-los-esfuerzos-por-modificar-la-produccion-de-petroleo/>
- Ulloa, A. (01 de 05 de 2001). Tendencias y Volatilidad del Precio del Cobre. En A. Ulloa, *Tendencias y volatilidad del precio del Cobre* (págs. 291-337). Santiago: Ministerio de Minería. Obtenido de [http://www.politicaspUBLICAS.udp.cl/media/publicaciones/archivos/103/Capitulo\\_7.pdf](http://www.politicaspUBLICAS.udp.cl/media/publicaciones/archivos/103/Capitulo_7.pdf)
- W. Hustrulid, M. Kuchta & R. Martin. . (2013). *Open Pit Mine, planning and design, fundamentals*. . London, UK: CRC Press.
- Wilkison, N. (2005). cost theory. En N. Wilkison, *Managerial Economics- A Problem Solving Approach* (pág. capítulo 6). New York: Cambridge.

## 9 Anexos

### 9.1 Datos

#### 9.1.1 Transformación de datos nominales a datos reales<sup>7</sup>

Para determinar los principales elementos que explican la variación de los costos de explotación se considera primeramente determinar una cantidad de cobre producido “teórico”, mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{ij} = T_{ik} * L_{jk} * R_{ik}$$

Dónde  $Q_{ijk}$  se refiere a la producción de cobre pagable teórico en el año i, en base al año j para el mineral k (sulfuro y óxido).  $T_{ik}$  Corresponde al tonelaje de mineral k en el año i,  $L_{jk}$  a la ley del mineral k en el año se referencia j y  $R_{ik}$  a la recuperación metalúrgica del mineral k en el año i.

En lo que se refiere al efecto por corrección monetaria de un año i con respecto al año j, se consideró un ajuste del gasto total de cada elemento en base a distintos indicadores, luego se realizó la diferencia entre el gasto total de cada año y aquel calculado con los índices respectivos y finalmente se determina de manera unitaria con el valor del cobre teórico:

$$\Delta E_{Corrección\ monetaria\ i,j} = \sum_l (C_{il} * I_{ijl} - C_{il}) / Q_{ij}$$

En la ecuación anterior  $C_{il}$  se refiere al gasto total en el año i para el elemento l (depreciación, ácido, energía, combustibles, remuneraciones, flete, materiales y otros servicios), mientras que  $I_{ijl}$  corresponde al índice utilizado como factor de corrección del elemento l en el año i en base al año de referencia j.

Dado que el ajuste anterior solo ilustra los cambios por efectos inflacionarios generales y no considera las particularidades de cada insumo, se realiza otro ajuste en virtud de los precios efectivos que pagan las compañías en el país. En particular, este efecto por sobre el de corrección monetaria se realiza para los salarios, la energía eléctrica, el ácido sulfúrico, los combustibles, los materiales y el flete, por lo tanto, se trata de la variación de los precios reales. Para este efecto se mantienen fijas las cantidades de cada factor de producción y se determina el gasto total según los precios del año de referencia:

$$\Delta E_{Corrección\ particular\ insumos\ i,j} = \sum_l (M_{il} * P_{ijl} - C_{il} * I_{ijl}) / Q_{ij}$$

---

<sup>7</sup> Para la transformación de datos se utilizó la metodología utilizada por COCHILCO en distintos de sus informes, como caracterización de costos en minería (2015), seguimiento a los costos de la gran minería de cobre (2015), entre otros.

En este caso  $M_{it}$  se refiere a la cantidad del factor de producción (excluyendo los materiales)  $l$  en el año  $i$  y  $P_{jt}$  al precio del mismo factor en el año  $j$ .

## 9.1.2 Análisis Precio-Costos

### 9.1.2.1 Empresas mineras

**Tabla 32: Datos empresas mineras**

Empresa	Año	Log Remuneraciones	Log Contratistas	Log Servicios	Log Diésel	Log Energía	Log Ácido	Log Insumos	Log Costo mina real Total	Log Precio LME real [c\$/lb]
M1	2000	0.87	0.59	0.85	0.29	0.66	-	0.98	1.53	1.97
M1	2001	0.82	0.54	0.82	0.27	0.69	-	0.92	1.49	1.9
M1	2002	0.85	0.63	0.76	0.3	0.73	-	0.89	1.49	1.88
M1	2003	1.04	0.65	0.38	0.26	0.72	-	0.92	1.51	1.93
M1	2004	1.11	0.5	0.5	0.33	0.63	-	0.95	1.53	2.13
M1	2005	1.19	0.56	1.06	0.42	0.65	-	1.01	1.67	2.22
M1	2006	1.39	0.74	1.11	0.46	0.76	-	1.06	1.79	2.5
M1	2007	1.46	1.05	0.78	0.53	0.9	-	1.08	1.84	2.54
M1	2008	1.51	1.11	1.03	0.69	0.95	-	1.33	1.96	2.54
M1	2009	1.5	1.09	0.81	0.53	0.98	-	1.15	1.88	2.41
M1	2010	1.66	1.23	1.02	0.75	1.04	-	1.35	2.04	2.58
M1	2011	1.63	1.23	1.11	0.85	1.1	-	1.42	2.07	2.66
M1	2012	1.62	1.24	1.13	0.82	1.1	-	1.43	2.07	2.62
M1	2013	1.65	1.27	1.16	0.8	1.12	-	1.46	2.1	2.6
M1	2014	1.7	1.32	1.21	0.8	1.16	-	1.51	2.14	2.57
M1	2015	1.71	1.37	1.25	0.89	1.18	-	1.56	2.18	2.48
M2	2000	1.07	-	0.97	0.52	0.57	-0.22	1.01	1.58	1.97
M2	2001	0.99	-	0.91	0.52	0.58	0.03	0.97	1.54	1.9
M2	2002	0.97	-	0.94	0.5	0.57	-0.08	0.97	1.5	1.88
M2	2003	0.97	0.1	1.08	0.59	0.56	0	1.06	1.55	1.93
M2	2004	0.98	-0.09	1.07	0.55	0.53	0.02	1.05	1.55	2.13
M2	2005	1.17	0.09	0.93	0.6	0.5	-0.12	0.99	1.61	2.22
M2	2006	1.08	0.33	1.06	0.69	0.56	0.13	1.09	1.64	2.5
M2	2007	1.36	0.78	1.22	0.89	0.83	0.22	1.25	1.89	2.54
M2	2008	1.44	0.87	1.58	1.03	1.29	0.41	1.49	2.13	2.54
M2	2009	1.61	-	0.93	0.82	1.14	0.28	1.2	1.94	2.41
M2	2010	1.66	-	1.04	0.89	1.17	0.49	1.29	2	2.58
M2	2011	1.78	-	1.16	1.09	1.26	0.72	1.42	2.14	2.66
M2	2012	1.86	-	1.25	1.11	1.35	0.56	1.5	2.21	2.62
M2	2013	1.87	-	1.28	1.05	1.37	0.6	1.52	2.22	2.6
M2	2014	1.86	-	1.25	0.99	1.37	0.56	1.52	2.21	2.57

M2	2015	1.86	-	1.2	0.82	1.38	0.38	1.51	2.19	2.48
M3	2000	0.77	0.21	0.78	0.36	0.58	-0.21	0.86	1.43	1.97
M3	2001	0.74	0.21	0.68	0.36	0.49	-0.33	0.81	1.36	1.9
M3	2002	0.72	0.18	0.72	0.36	0.49	-0.29	0.84	1.36	1.88
M3	2003	0.73	0.18	0.67	0.36	0.53	-0.05	0.91	1.39	1.93
M3	2004	0.81	0.3	0.83	0.45	0.58	0.08	1.01	1.49	2.13
M3	2005	0.9	0.41	0.79	0.55	0.78	0.29	1.09	1.6	2.22
M3	2006	1.02	0.47	1.12	0.64	0.82	0.3	1.21	1.74	2.5
M3	2007	1.15	0.59	1.22	0.67	1.09	0.36	1.31	1.87	2.54
M3	2008	1.21	0.21	1.31	0.73	1.3	0.71	1.44	1.98	2.54
M3	2009	1.24	0.19	1.26	0.59	1.11	0.3	1.41	1.91	2.41
M3	2010	1.43	0.38	1.37	0.74	1.28	0.1	1.48	1.97	2.58
M3	2011	1.49	0.46	1.49	0.84	1.33	0.22	1.58	2.12	2.66
M3	2012	1.56	0.56	1.63	0.92	1.47	0.11	1.72	2.24	2.62
M3	2013	1.57	0.62	1.66	0.89	1.47	-0.06	1.74	2.25	2.6
M3	2014	1.59	0.63	1.69	0.88	1.5	-0.06	1.78	2.28	2.57
M3	2015	1.59	0.64	1.7	0.87	1.5	-0.06	1.78	2.29	2.48
M4	2000	0.74	-0.47	0.87	0.51	0.52	-0.32	0.99	1.42	1.97
M4	2001	0.75	0.36	0.79	0.57	0.57	-0.22	0.98	1.42	1.9
M4	2002	0.79	0.63	0.78	0.55	0.59	-0.15	0.95	1.46	1.88
M4	2003	0.77	0.66	0.63	0.44	0.75	-0.19	0.84	1.46	1.93
M4	2004	0.87	0.53	0.69	0.61	0.59	-0.23	0.91	1.48	2.13
M4	2005	1.01	0.08	0.54	0.56	0.67	-0.05	0.9	1.48	2.22
M4	2006	1.14	0.16	0.55	0.64	0.75	0.09	0.93	1.57	2.5
M4	2007	1.16	0.15	0.71	0.66	0.82	0.2	1.15	1.66	2.54
M4	2008	1.32	0.4	0.9	0.94	1.32	0.63	1.32	1.86	2.54
M4	2009	1.5	0.63	1.27	0.85	1.29	0.63	1.47	1.98	2.41
M4	2010	1.46	0.65	1.25	0.93	1.31	0.49	1.57	2.05	2.58
M4	2011	1.68	0.87	1.42	1.14	1.43	0.8	1.74	2.24	2.66
M4	2012	1.61	0.65	1.39	1.05	1.44	0.57	1.71	2.21	2.62
M4	2013	1.59	0.63	1.38	0.99	1.43	0.58	1.7	2.2	2.6
M4	2014	1.59	0.63	1.38	0.95	1.42	0.57	1.7	2.19	2.57
M4	2015	1.58	0.73	1.4	0.97	1.43	0.56	1.71	2.2	2.48
M5	2000	0.71	-0.64	0.55	0.49	0.63	-0.87	0.92	1.37	1.97
M5	2001	0.62	-0.72	0.56	0.47	0.57	-0.89	0.94	1.35	1.9
M5	2002	0.53	-0.83	0.54	0.45	0.51	-0.63	0.87	1.3	1.88
M5	2003	0.49	-0.71	0.48	0.49	0.52	-0.54	0.85	1.28	1.93
M5	2004	0.48	-0.75	0.49	0.48	0.38	-0.43	0.72	1.22	2.13
M5	2005	0.58	-0.53	0.56	0.61	0.49	-0.32	0.77	1.31	2.22
M5	2006	0.67	-0.35	0.67	0.65	0.62	-0.79	0.83	1.39	2.5

M5	2007	0.7	-0.32	0.88	0.68	0.8	-0.68	0.96	1.51	2.54
M5	2008	0.81	-0.36	0.87	0.77	0.86	-0.13	1.02	1.58	2.54
M5	2009	0.68	-0.28	0.98	0.62	0.66	-0.57	1.18	1.58	2.41
M5	2010	0.81	0.22	0.91	0.71	1.01	-0.93	1.06	1.63	2.58
M5	2011	0.73	0.04	1.04	0.86	1.12	-0.9	1.17	1.72	2.66
M5	2012	0.78	-0.55	1.18	0.85	1.29	-0.99	1.3	1.83	2.62
M5	2013	0.81	-0.51	1.22	0.83	1.32	-0.97	1.34	1.86	2.6
M5	2014	0.83	-0.5	1.22	0.8	1.32	-0.97	1.35	1.86	2.57
M5	2015	0.89	-0.43	1.26	0.82	1.35	-0.98	1.39	1.9	2.48
M6	2000	0.53	-0.28	0.97	0.25	0.36	-	0.92	1.39	1.97
M6	2001	0.47	-0.42	0.93	0.26	0.35	-	0.91	1.36	1.9
M6	2002	0.5	-0.03	0.97	0.28	0.45	-	0.98	1.43	1.88
M6	2003	0.52	0.12	1.06	0.33	0.52	-	0.94	1.47	1.93
M6	2004	0.54	0.15	1.11	0.36	0.45	-	1	1.5	2.13
M6	2005	0.63	0.26	1.2	0.69	0.52	-	1.06	1.61	2.22
M6	2006	0.72	0.36	1.26	0.82	0.58	-	1.12	1.68	2.5
M6	2007	0.82	0.59	1.46	0.89	0.77	-	1.25	1.85	2.54
M6	2008	0.82	0.62	1.57	0.99	1.15	-	1.35	1.97	2.54
M6	2009	0.82	0.62	1.6	0.7	1.16	-	1.03	1.9	2.41
M6	2010	1.21	0.73	1.65	0.75	1.04	-	1.32	2.01	2.58
M6	2011	1.22	0.73	1.71	0.9	1.08	-	1.31	2.06	2.66
M6	2012	1.29	0.8	1.77	0.92	1.14	-	1.37	2.12	2.62
M6	2013	1.31	0.82	1.8	0.89	1.15	-	1.39	2.14	2.6
M6	2014	1.33	0.84	1.82	0.87	1.16	-	1.42	2.15	2.57
M6	2015	1.34	0.86	1.81	0.83	1.17	-	1.42	2.15	2.48

## 9.2 Resultados

### 9.2.1 Análisis Precio-Costos

#### 9.2.1.1 Costos globales

Se explicará de forma detallada la primera regresión lineal, y en el resto de los casos solo se expondrán los resultados. Queda de tarea para el lector analizar el resto de los resultados de las regresiones.

Al realizar la regresión lineal propiamente tal se obtienen los siguientes resultados

**Tabla 33: Tabla ANOVA datos globales.**

Fuente	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados promedios del modelo
Modelo	0.97	1.00	0.97
Residual	0.14	19.00	0.01
Total	1.11	20.00	0.06

La tabla anterior corresponde a la tabla ANOVA, la cual es el análisis de la varianza. La fuente o source corresponde a las fuentes en que se descompone la varianza total del modelo para la variable dependiente. La varianza total se divide en la varianza que puede ser explicada por las variables independientes, es decir, el modelo y la varianza no explicada, la cual es atribuible al término de error o residuo.

Los grados de libertad para la varianza total son  $N-1$ , es decir,  $21-1$  es igual a 20 grados de libertad. Para el caso de la varianza del modelo, los grados de libertad son iguales al número de parámetros estimados 2 (incluido el intercepto) menos 1 ( $k-1$ ). Por último, los grados de libertad de la varianza del residuo se obtiene como  $(N-1) - (k-1)$  esto es igual a  $(n-k)-2$ , que en este caso sería 19. Donde  $N$  es el número total de observaciones y  $k$  es el número de parámetros estimados.

El último término, es la desviación de la media, el cual se obtiene simplemente dividiendo la suma de los cuadrados con respecto a sus grados de libertad.

**Tabla 34: Ajuste del modelo. Datos globales.**

Numero de obs.	21
F (1, 18)	133.09
Probabilidad > F	0.00
$r^2$	0.88
$r^2$ ajustado	0.87
Root MSE	0.09

Primero se entrega el número de observaciones, en este caso son 21 entre el año 1995 al 2015. Luego está el estadístico F (de Fisher) resulta de calcular la razón entre la suma de cuadrados promedio del modelo y la suma de cuadrados promedio de los residuos. A través de este estadístico se puede probar o rechazar la hipótesis de que todos los coeficientes excluyendo la constante son estadísticamente iguales a cero (a esta prueba se le llama contraste de significación global del ajuste), en otras palabras, se puede ver si el modelo está mal especificado o no, es decir, permite testear la significancia conjunta del modelo.

A continuación, sigue p-value asociado al estadístico F. Este sirve para testear la hipótesis nula de que todos los parámetros del modelo son iguales a cero, en la siguiente sección se puede ver como se rechaza o no la hipótesis nula.

La bondad del ajuste determina cuan bien se ajusta la línea de regresión de los datos. El coeficiente de determinación  $r^2$  (caso de dos variables) es una medida comprendida que dice cuán bien se ajusta la línea de regresión muestral a los datos. El cálculo del  $r^2$  se puede obtener manualmente dividiendo la suma de cuadrados del modelo entre la suma de cuadrados totales. Este valor aumenta a medida que se incluyen más variables en el modelo. En este caso la bondad del ajuste es 0.88, lo que implica que la recta de regresión lineal se ajusta en un 88% a los datos observados. En otras palabras, se puede decir que el 88% de los datos del logaritmo del costo total de producción nominal se explican a través del logaritmo del precio del cobre.

El valor que sigue en la tabla es el R cuadrado ajustado, este es un estimador del ajuste del modelo que penaliza la inclusión de nuevos regresores. Este R cuadrado ajustado busca dar medida a la bondad del ajuste para obtener un modelo parsimonioso. Este se calcula como la razón entre los cuadrados promedio del modelo con respecto a los cuadrados promedio del total.

Por último, el valor root MSE, es la raíz del error cuadrático medio, representa la desviación estándar del término de error o residuo, y se obtiene como la raíz cuadrada del cuadrado promedio del residuo.

**Tabla 35: Estimación de parámetros. Datos logaritmo globales. 95[%] intervalo de confianza**

Log costo total producción real [c\$/lb]	Coficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95%] intervalo de confianza	
Log precio real de cobre [c\$/lb]	0.77	0.07	11.54	0.00	0.63	0.91
constante	0.35	0.15	2.30	0.03	0.03	0.67

El coeficiente corresponde a los parámetros estimados para la variable de logaritmo de costos de producción total nominal y para la constante. El siguiente término corresponde al error estándar del coeficiente estimado. t corresponde al estadístico t, el cual permite hacer la significación individual de los parámetros. A través del estadístico t puede probar la hipótesis de que cada uno de los coeficientes estimados es estadísticamente igual a cero, mientras que en la columna “95% intervalo de confianza” se presenta el intervalo, al 95% de confianza, para cada uno de los coeficientes

$P>|t|$  es el p-value asociado al test de significancia individual (t).

**Tabla 36: Residuales de la regresión lineal, minas globales**

año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
$e_i$ reales	-0.1	-0.04	-0.01	0.06	0.01	0	0.01	0.05	0.05	-0.07	-0.07

año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
$e_i$ reales	-0.2	-0.13	-0.02	0.03	0	-0	0.12	0.09	0.11	0.13

### **9.2.1.2 Significado de los parámetros**

La primera de estas pruebas consiste en comprobar que los signos, o los valores, de las estimaciones de los parámetros del modelo especificados coinciden con los signos, o valores, esperados de los parámetros.

La pendiente obtenida es de 0.77 positiva. Que sea positiva es congruente con la teoría propuesta en el punto 1 de esta sección. La constante es 0.35, lo que implica que cuando el precio valga 1 centavo de dólar la libra, el logaritmo del costo será de 0.35, o que el costo será de 2.2 centavo de dólar la libra. Que esto sea distinto a cero y positivo tiene relación con la realidad, porque a pesar que no se produzca, existen costos fijos que se deben pagar de igual manera.

### **9.2.1.3 Significación estadística**

Los resultados entregados por el programa computacional STATA se encuentran en la sección REF \_Ref466561342 \h \\* MERGEFORMAT Costos globales (Anexos). En esta parte del informe, solo se dará cuenta de los resultados más relevantes obtenidos desde los test de hipótesis.

#### **9.2.1.3.1 Contraste de significación individual (t)**

La hipótesis nula de esta prueba indica que el parámetro estudiado (en este caso a o b) no tiene significancia relevante o en otras palabras es igual a cero.

Tanto para la constante como para la pendiente el p-value entregado (revisar sección de anexos) se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, los parámetros de pendiente e intercepción son relevantes para el estudio.

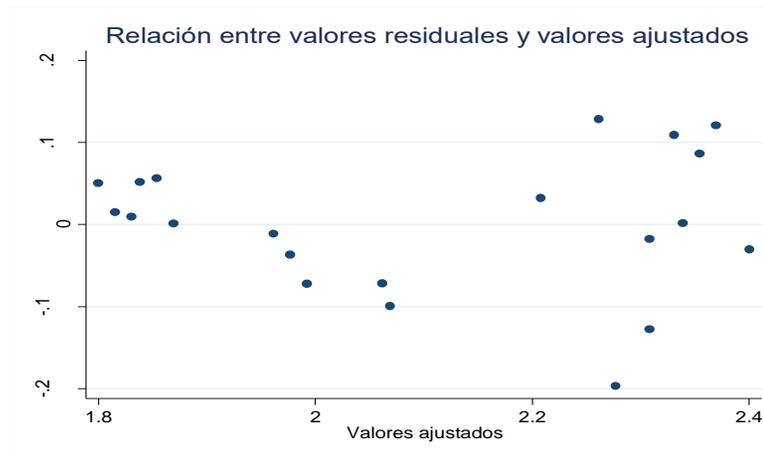
#### **9.2.1.3.2 Contraste de significación global del ajuste (F)**

La hipótesis nula para este caso indica que los parámetros en conjunto no tienen significancia estadística o en otras palabras que son iguales a cero.

Desde la tabla ANOVA se puede observar el valor F, valor estadístico de contraste global, y su p-value asociado. En este caso indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, la regresión lineal en su conjunto (pendiente e intercepto) tienen un nivel de significancia.

### **9.2.1.4 Calidad de la información muestral**

En el siguiente gráfico se puede observar que no existe o no se presenta ninguna estructura determinada, lo que no indica la existencia de errores sistemáticos en la especificación del modelo.



**Ilustración 20: Gráfico residuales versus valores ajustados**

Existe, algunos residuos fuera de las bandas de confianza, pero no están lo suficientemente alejados para sospechar que se trate de algún elemento extraño.

#### 9.2.1.5 Test de Heterocedasticidad

Para realizar este test se utilizó contraste de Breusch y Pagan (BP), donde la hipótesis nula plantea que existe una varianza constante. El p-value obtenido para esta prueba es de 0.06, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula, en otras palabras, no existe problema de heteroscedasticidad.

#### 9.2.1.6 Errores Normales

Y si se gráfica un histograma de los valores residuales, se puede observar que sigue una distribución normal:



**Ilustración 21: Histograma valores residuales**

Se puede observar que los residuos no se ajustan perfectamente a una distribución normal. Una de las causas de esto es que la muestra utilizada sea muy pequeña (solo 21 datos).

### 9.2.1.7 Pruebas de linealidad

Esta prueba se realiza para determinar si existen variables omitidas o no en la regresión lineal realizada. La hipótesis nula indica que no existen variables omitidas en el modelo.

El p-value entregado por el modelo es de 0.30, por lo que no se puede rechazar la hipótesis de que no existan variables omitidas en el modelo.

### 9.2.1.8 Costo mina total

#### 9.2.1.8.1 Regresión agrupada

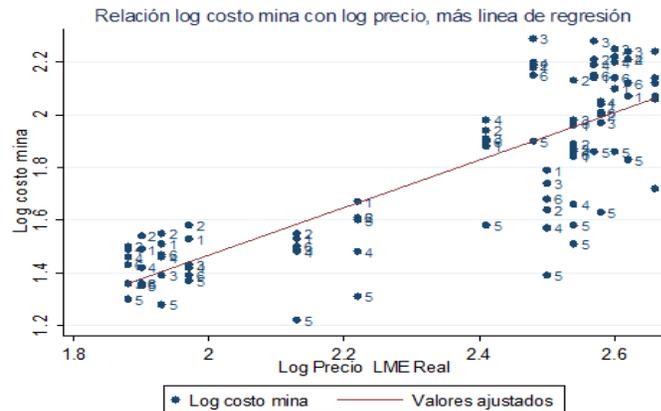


Ilustración 22: Gráfico de dispersión logaritmo del costo mina versus logaritmo del precio, datos empresas, regresión agrupada

$r^{2\text{global}} 0.67$

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = -0.33 + M_i + 0.90 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 37: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. costos totales mina

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	0.09	M3	2000	-0.01	M5	2000	-0.07
M1	2001	0.11	M3	2001	-0.02	M5	2001	-0.03
M1	2002	0.13	M3	2002	0.00	M5	2002	-0.06
M1	2003	0.10	M3	2003	-0.02	M5	2003	-0.13
M1	2004	-0.06	M3	2004	-0.10	M5	2004	-0.37
M1	2005	0.00	M3	2005	-0.07	M5	2005	-0.36
M1	2006	-0.13	M3	2006	-0.18	M5	2006	-0.53
M1	2007	-0.11	M3	2007	-0.08	M5	2007	-0.44

M1	2008	0.01	M3	2008	0.03	M5	2008	-0.37
M1	2009	0.04	M3	2009	0.07	M5	2009	-0.26
M1	2010	0.05	M3	2010	-0.02	M5	2010	-0.36
M1	2011	0.01	M3	2011	0.06	M5	2011	-0.34
M1	2012	0.04	M3	2012	0.21	M5	2012	-0.20
M1	2013	0.09	M3	2013	0.24	M5	2013	-0.15
M1	2014	0.16	M3	2014	0.30	M5	2014	-0.12
M1	2015	0.28	M3	2015	0.39	M5	2015	0.00
M2	2000	0.14	M4	2000	-0.02	M6	2000	-0.05
M2	2001	0.16	M4	2001	0.04	M6	2001	-0.02
M2	2002	0.14	M4	2002	0.10	M6	2002	0.07
M2	2003	0.14	M4	2003	0.05	M6	2003	0.06
M2	2004	-0.04	M4	2004	-0.11	M6	2004	-0.09
M2	2005	-0.06	M4	2005	-0.19	M6	2005	-0.06
M2	2006	-0.28	M4	2006	-0.35	M6	2006	-0.24
M2	2007	-0.06	M4	2007	-0.29	M6	2007	-0.10
M2	2008	0.18	M4	2008	-0.09	M6	2008	0.02
M2	2009	0.10	M4	2009	0.14	M6	2009	0.06
M2	2010	0.01	M4	2010	0.06	M6	2010	0.02
M2	2011	0.08	M4	2011	0.18	M6	2011	0.00
M2	2012	0.18	M4	2012	0.18	M6	2012	0.09
M2	2013	0.21	M4	2013	0.19	M6	2013	0.13
M2	2014	0.23	M4	2014	0.21	M6	2014	0.17
M2	2015	0.29	M4	2015	0.30	M6	2015	0.25

### 9.2.1.8.2 Regresión efectos fijos

#### 9.2.1.8.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}}$  0.79

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = -0.28 + M_i + 0.90 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 38: Parámetros datos empresas reales. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos**

M2	M3	M4	M5	M6
0.04	0	-0.03	-0.29	-0.03

**Tabla 39: Residuales, regresión lineal efectos fijos con dummies. Análisis precio-costo. costos totales mina**

mina	ao	Residual combinado fijo	mina	ao	Residual combinado fijo	mina	ao	Residual combinado fijo
M1	2000	0.04	M3	2000	-0.06	M5	2000	0.17
	2001	0.06		2001	-0.07		2001	0.21
	2002	0.08		2002	-0.05		2002	0.18
	2003	0.05		2003	-0.07		2003	0.11
	2004	-0.11		2004	-0.15		2004	-0.13
	2005	-0.05		2005	-0.12		2005	-0.12
	2006	-0.18		2006	-0.23		2006	-0.29
	2007	-0.17		2007	-0.14		2007	-0.21
	2008	-0.05		2008	-0.03		2008	-0.14
	2009	-0.01		2009	0.02		2009	-0.02
	2010	0.00		2010	-0.07		2010	-0.12
	2011	-0.04		2011	0.01		2011	-0.11
	2012	-0.01		2012	0.16		2012	0.04
	2013	0.04		2013	0.19		2013	0.09
	2014	0.11		2014	0.25		2014	0.11
2015	0.23	2015	0.34	2015	0.24			
M2	2000	0.05	M4	2000	-0.05	M6	2000	-0.07
	2001	0.07		2001	0.02		2001	-0.04
	2002	0.05		2002	0.07		2002	0.05
	2003	0.06		2003	0.03		2003	0.04
	2004	-0.12		2004	-0.13		2004	-0.11
	2005	-0.15		2005	-0.21		2005	-0.08
	2006	-0.37		2006	-0.37		2006	-0.26
	2007	-0.15		2007	-0.32		2007	-0.12
	2008	0.09		2008	-0.12		2008	0.00
	2009	0.01		2009	0.12		2009	0.04
	2010	-0.08		2010	0.03		2010	0.00
	2011	-0.01		2011	0.15		2011	-0.02
	2012	0.09		2012	0.16		2012	0.07
	2013	0.12		2013	0.17		2013	0.11
	2014	0.14		2014	0.18		2014	0.15
2015	0.20	2015	0.27	2015	0.23			

9.2.1.8.2.2 Sin dummies

$r^{2global}$  0.67 y  $r^{2entre}$  0.76

$$\text{Log}(\text{costo mina}) = -0.33 + M_i + 0.90 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.12,  $\sigma_e$  0.15y Rho 0.39

**Tabla 40: Residuales. Datos empresas, regresión efectos fijos. Costos totales mina**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	0.05	0.04	0.09	M3	2000	0.05	-0.06	-0.01	M5	2000	-0.24	0.17	-0.07
	2001		0.06	0.11		2001		-0.07	-0.02		2001		0.21	-0.03
	2002		0.08	0.13		2002		-0.05	0.00		2002		0.18	-0.06
	2003		0.05	0.10		2003		-0.07	-0.02		2003		0.11	-0.13
	2004		-0.11	-0.06		2004		-0.15	-0.10		2004		-0.13	-0.37
	2005		-0.05	0.00		2005		-0.12	-0.07		2005		-0.12	-0.36
	2006		-0.18	-0.13		2006		-0.23	-0.18		2006		-0.29	-0.53
	2007		-0.17	-0.11		2007		-0.14	-0.08		2007		-0.21	-0.44
	2008		-0.05	0.01		2008		-0.03	0.03		2008		-0.14	-0.37
	2009		-0.01	0.04		2009		0.02	0.07		2009		-0.02	-0.26
	2010		0.00	0.05		2010		-0.07	-0.02		2010		-0.12	-0.36
	2011		-0.04	0.01		2011		0.01	0.06		2011		-0.11	-0.34
	2012		-0.01	0.04		2012		0.16	0.21		2012		0.04	-0.20
	2013		0.04	0.09		2013		0.19	0.24		2013		0.09	-0.15
	2014		0.11	0.16		2014		0.25	0.30		2014		0.11	-0.12
2015	0.23	0.28	2015	0.34	0.39	2015	0.24	0.00						
M2	2000	0.09	0.05	0.14	M4	2000	0.03	-0.05	-0.02	M6	2000	0.02	-0.07	-0.05
	2001		0.07	0.16		2001		0.02	0.04		2001		-0.04	-0.02
	2002		0.05	0.14		2002		0.07	0.10		2002		0.05	0.07
	2003		0.06	0.14		2003		0.03	0.05		2003		0.04	0.06
	2004		-0.12	-0.04		2004		-0.13	-0.11		2004		-0.11	-0.09
	2005		-0.15	-0.06		2005		-0.21	-0.19		2005		-0.08	-0.06
	2006		-0.37	-0.28		2006		-0.37	-0.35		2006		-0.26	-0.24
	2007		-0.15	-0.06		2007		-0.32	-0.29		2007		-0.12	-0.10
	2008		0.09	0.18		2008		-0.12	-0.09		2008		0.00	0.02
	2009		0.01	0.10		2009		0.12	0.14		2009		0.04	0.06
	2010		-0.08	0.01		2010		0.03	0.06		2010		0.00	0.02
	2011		-0.01	0.08		2011		0.15	0.18		2011		-0.02	0.00
	2012		0.09	0.18		2012		0.16	0.18		2012		0.07	0.09

	2013		0.12	0.21		2013		0.17	0.19		2013		0.11	0.13
	2014		0.14	0.23		2014		0.18	0.21		2014		0.15	0.17
	2015		0.20	0.29		2015		0.27	0.30		2015		0.23	0.25

### 9.2.1.8.3 Regresión efectos aleatorios

$r^{2\text{global}} 0.67$

$$\text{Log}(\text{mina}) = -0.33 + M_i + 0.90 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.11$ ,  $\sigma_e 0.15$  y Rho 0.36

**Tabla 41: Residuales. Datos empresas, regresión efectos aleatorios. Costos totales mina**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	0.05	0.04	0.09	M3	2000	0.05	-0.06	-0.01	M5	2000	-0.21	0.14	-0.07
	2001		0.07	0.11		2001		-0.06	-0.02		2001		0.18	-0.03
	2002		0.08	0.13		2002		-0.05	0.00		2002		0.15	-0.06
	2003		0.06	0.10		2003		-0.06	-0.02		2003		0.09	-0.13
	2004		-0.10	-0.06		2004		-0.14	-0.10		2004		-0.15	-0.37
	2005		-0.04	0.00		2005		-0.11	-0.07		2005		-0.14	-0.36
	2006		-0.17	-0.13		2006		-0.22	-0.18		2006		-0.32	-0.53
	2007		-0.16	-0.11		2007		-0.13	-0.08		2007		-0.23	-0.44
	2008		-0.04	0.01		2008		-0.02	0.03		2008		-0.16	-0.37
	2009		0.00	0.04		2009		0.03	0.07		2009		-0.04	-0.26
	2010		0.00	0.05		2010		-0.07	-0.02		2010		-0.15	-0.36
	2011		-0.04	0.01		2011		0.01	0.06		2011		-0.13	-0.34
	2012		0.00	0.04		2012		0.17	0.21		2012		0.02	-0.20
	2013		0.05	0.09		2013		0.20	0.24		2013		0.06	-0.15
	2014		0.11	0.16		2014		0.25	0.30		2014		0.09	-0.12
2015	0.23	0.28	2015	0.34	0.39	2015	0.21	0.00						
M2	2000	0.08	0.06	0.14	M4	2000	0.02	-0.04	-0.02	M6	2000	0.02	-0.07	-0.05
	2001		0.08	0.16		2001		0.02	0.04		2001		-0.04	-0.02
	2002		0.06	0.14		2002		0.08	0.10		2002		0.05	0.07
	2003		0.06	0.14		2003		0.03	0.05		2003		0.05	0.06
	2004		-0.12	-0.04		2004		-0.13	-0.11		2004		-0.10	-0.09
	2005		-0.14	-0.06		2005		-0.21	-0.19		2005		-0.07	-0.06
	2006		-0.36	-0.28		2006		-0.37	-0.35		2006		-0.26	-0.24
	2007		-0.14	-0.06		2007		-0.32	-0.29		2007		-0.12	-0.10

2008	0.10	0.18	2008	-0.12	-0.09	2008	0.00	0.02
2009	0.02	0.10	2009	0.12	0.14	2009	0.04	0.06
2010	-0.07	0.01	2010	0.04	0.06	2010	0.00	0.02
2011	0.00	0.08	2011	0.15	0.18	2011	-0.02	0.00
2012	0.10	0.18	2012	0.16	0.18	2012	0.08	0.09
2013	0.13	0.21	2013	0.17	0.19	2013	0.11	0.13
2014	0.15	0.23	2014	0.19	0.21	2014	0.15	0.17
2015	0.21	0.29	2015	0.28	0.30	2015	0.23	0.25

#### 9.2.1.8.4 Tipo de regresión a realizar

Para analizar qué tipo de regresión hay que utilizar se divide en 3 partes:

- Efectos fijos o regresión agrupada
- Efectos aleatorios o regresión agrupada
- Efectos fijos o efectos aleatorios

##### 9.2.1.8.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

Para analizar esto, lo da directamente el programa computacional STATA al realizar la regresión lineal con efectos fijos. La hipótesis nula indica que todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value obtenido fue de 0.00, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se debe realizar regresión con efectos fijos.

##### 9.2.1.8.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Para analizar qué tipo de regresión a realizar, se debe realizar la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios, en STATA, la prueba a realizar es la de Breusch y Pagan.

Ho en este caso es que la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

En este caso el p-value dio 0.00, por lo tanto, se debe rechazar la hipótesis nula, en otras palabras, es conveniente utilizar regresión con efectos aleatorios en lugar de regresión con los datos agrupados.

##### 9.2.1.8.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

Ya que se pudo demostrar que en este caso no se debe realizar una regresión agrupada, porque si se debe tomar en consideración los efectos de los individuos y del tiempo, la pregunta es, regresión de efectos fijos o regresión de efectos aleatorios. La respuesta depende de la posible correlación que puede existir entre  $u_i$  y la variable independiente. El modelo de efectos aleatorios supone que esta correlación es cero.

Para realizar esta prueba se utiliza el test de Hausman, donde la hipótesis nula plantea que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.

El p-value es igual a 1, lo cual indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al revisar ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies, el cual se utilizará.

#### 9.2.1.8.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.90, lo cual es congruente, porque esto significa que el costo está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es -0.28, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será 0.28, por lo tanto, los costos serán de 0.52 [c\$/lb]. Recordando que los costos se dividen en costos fijos y costos variables, aunque no exista producción, se tendrán costos fijos, los cuales se deben suplir a menos que la empresa cierre sus puertas.

#### 9.2.1.8.6 Efectos Temporales

La incorporación de variables dicotómicas estatales permite modelar características de las entidades que no cambian en el tiempo, pero si afectan el resultado de interés. Pero también es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

$$Y_{it} = a + u_i + n_t + bX_{it} + e_{it}$$

Donde  $n_t$  representa un vector de variables dicotómicas para cada año.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.95 y  $R^2$  global es de 0.84

Tabla 42: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Costo total mina.

Logaritmo Costo total mina	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.88	0.03	0.05	0.03	-0.13	-0.13	-0.28	-0.18	-0.04	0.03
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.	Sigma u	Sigma e	Rho
Coefficiente	-0.04	0	0.09	0.12	0.16	0.25	-0.27	0.12	0.07	0.74

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no.

La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero.

El p-value es igual a 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, son significativas las variables dicotómicas temporales para el estudio.

#### **9.2.1.8.7 Autocorrelación (correlación serial)**

En este punto se busca saber si los errores  $e_{it}$ , son o no independientes con respecto al tiempo. Para realizar este test se utilizará la prueba desarrollada por Wooldridge, la cual puede ejecutarse con STATA utilizando el comando `xtserial`.

La hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

La hipótesis nula fue de 0.00 lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, existe correlación temporal, la cual es un problema y se debe corregir.

#### **9.2.1.8.8 Heterocedasticidad**

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante.

Para esto se utiliza el comando `xttest3` de STATA, donde la hipótesis nula de esta prueba es que no existe problema de heteroscedasticidad, en otras palabras, que todas las varianzas son iguales para todas las empresas.

El p-value es igual al 5% por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula de heteroscedasticidad.

#### **9.2.1.8.9 Correlación seccional**

Las estimaciones en los datos panel pueden tener problemas de correlación contemporánea, sí las observaciones de ciertas unidades están relacionadas con las observaciones de otras unidades en el mismo periodo de tiempo (J. Aparacio, J.Márquez, 2005). Este problema se refiere a la correlación de los errores de al menos dos o más unidades en el mismo tiempo  $t$ .

El comando a utilizar es el `xttest2`, donde se realiza el test de Breusch y Pagan para identificar problemas de correlación contemporánea en los residuales de un modelo de efectos fijos.

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí.

El p-value es igual a 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

### 9.2.1.8.10 Residuales resultantes luego de la corrección

Tabla 43: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, costos totales

mina	Año	Error total	mina	Año	Error total	mina	Año	Error total
M1	2000	-1.20	M3	2000	-0.07	M5	2000	0.15
M1	2001	-1.21	M3	2001	-0.10	M5	2001	0.16
M1	2002	-1.21	M3	2002	-0.12	M5	2002	0.09
M1	2003	-1.22	M3	2003	-0.10	M5	2003	0.06
M1	2004	-1.21	M3	2004	-0.03	M5	2004	-0.02
M1	2005	-1.15	M3	2005	0.00	M5	2005	-0.01
M1	2006	-1.11	M3	2006	0.06	M5	2006	-0.01
M1	2007	-1.22	M3	2007	0.04	M5	2007	-0.04
M1	2008	-1.23	M3	2008	0.02	M5	2008	-0.11
M1	2009	-1.27	M3	2009	-0.02	M5	2009	-0.06
M1	2010	-1.18	M3	2010	-0.03	M5	2010	-0.09
M1	2011	-1.26	M3	2011	0.01	M5	2011	-0.11
M1	2012	-1.33	M3	2012	0.06	M5	2012	-0.07
M1	2013	-1.32	M3	2013	0.06	M5	2013	-0.05
M1	2014	-1.28	M3	2014	0.09	M5	2014	-0.06
M1	2015	-1.25	M3	2015	0.08	M5	2015	-0.03
M2	2000	0.04	M4	2000	-0.05	M6	2000	-0.07
M2	2001	0.04	M4	2001	-0.02	M6	2001	-0.06
M2	2002	-0.02	M4	2002	0.01	M6	2002	-0.01
M2	2003	0.02	M4	2003	-0.01	M6	2003	0.01
M2	2004	0.00	M4	2004	-0.01	M6	2004	0.03
M2	2005	-0.02	M4	2005	-0.09	M6	2005	0.05
M2	2006	-0.07	M4	2006	-0.08	M6	2006	0.05
M2	2007	0.02	M4	2007	-0.14	M6	2007	0.06
M2	2008	0.14	M4	2008	-0.07	M6	2008	0.05
M2	2009	-0.02	M4	2009	0.08	M6	2009	0.02
M2	2010	-0.03	M4	2010	0.08	M6	2010	0.06
M2	2011	-0.01	M4	2011	0.16	M6	2011	-0.01

M2	2012	0.00	M4	2012	0.07	M6	2012	-0.02
M2	2013	-0.01	M4	2013	0.04	M6	2013	-0.01
M2	2014	-0.02	M4	2014	0.03	M6	2014	0.00
M2	2015	-0.05	M4	2015	0.03	M6	2015	-0.01

### 9.2.1.9 Remuneraciones

#### 9.2.1.9.1 Regresión agrupada

Primero se verá la regresión lineal con datos agrupados:

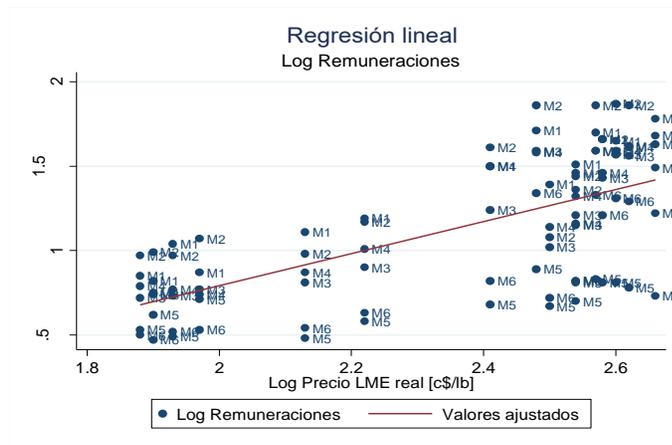


Ilustración 23: Regresión lineal datos agrupados, remuneraciones

$r^{2\text{global}} 0.44$

$$\text{Log (remuneraciones)} = -1.11 + M_i + 0.95 * \text{Log (precio)} + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 44: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Remuneraciones

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	0.11	M3	2000	0.01	M5	2000	-0.05
	2001	0.12		2001	0.04		2001	-0.08
	2002	0.17		2002	0.04		2002	-0.15
	2003	0.32		2003	0.01		2003	-0.23
	2004	0.20		2004	-0.10		2004	-0.43
	2005	0.19		2005	-0.10		2005	-0.42

	2006	0.12		2006	-0.25		2006	-0.60
	2007	0.16		2007	-0.15		2007	-0.60
	2008	0.21		2008	-0.09		2008	-0.49
	2009	0.32		2009	0.06		2009	-0.50
	2010	0.32		2010	0.09		2010	-0.53
	2011	0.21		2011	0.07		2011	-0.69
	2012	0.24		2012	0.18		2012	-0.60
	2013	0.29		2013	0.21		2013	-0.55
	2014	0.37		2014	0.26		2014	-0.50
	2015	0.46		2015	0.34		2015	-0.36
	2000	0.31		2000	-0.02		2000	-0.23
	2001	0.29		2001	0.05		2001	-0.23
	2002	0.29		2002	0.11		2002	-0.18
	2003	0.25		2003	0.05		2003	-0.20
	2004	0.07		2004	-0.04		2004	-0.37
	2005	0.17		2005	0.01		2005	-0.37
	2006	-0.19		2006	-0.13		2006	-0.55
	2007	0.06		2007	-0.14		2007	-0.48
M2	2008	0.14	M4	2008	0.02	M6	2008	-0.48
	2009	0.43		2009	0.32		2009	-0.36
	2010	0.32		2010	0.12		2010	-0.13
	2011	0.36		2011	0.26		2011	-0.20
	2012	0.48		2012	0.23		2012	-0.09
	2013	0.51		2013	0.23		2013	-0.05
	2014	0.53		2014	0.26		2014	0.00
	2015	0.61		2015	0.33		2015	0.09

### 9.2.1.9.2 Regresión con efectos fijos

#### 9.2.1.9.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}}$  0.83

$$\text{Log}(\text{remuneraciones}) = -0.87 + M_i + 0.95 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 45: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Remuneraciones.**

M2	M3	M4	M5	M6
0.05	-0.2	-0.13	-0.66	-0.48

**Tabla 46: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Remuneraciones**

mina	ao	Residual	mina	ao	Residual	mina	ao	Residual
M1	2000	0.04	M3	2000	-0.06	M5	2000	0.17
	2001	0.06		2001	-0.07		2001	0.21
	2002	0.08		2002	-0.05		2002	0.18
	2003	0.05		2003	-0.07		2003	0.11
	2004	-0.11		2004	-0.15		2004	-0.13
	2005	-0.05		2005	-0.12		2005	-0.12
	2006	-0.18		2006	-0.23		2006	-0.29
	2007	-0.17		2007	-0.14		2007	-0.21
	2008	-0.05		2008	-0.03		2008	-0.14
	2009	-0.01		2009	0.02		2009	-0.02
	2010	0.00		2010	-0.07		2010	-0.12
	2011	-0.04		2011	0.01		2011	-0.11
	2012	-0.01		2012	0.16		2012	0.04
	2013	0.04		2013	0.19		2013	0.09
	2014	0.11		2014	0.25		2014	0.11
2015	0.23	2015	0.34	2015	0.24			
M2	2000	0.05	M4	2000	-0.05	M6	2000	-0.07
	2001	0.07		2001	0.02		2001	-0.04
	2002	0.05		2002	0.07		2002	0.05
	2003	0.06		2003	0.03		2003	0.04
	2004	-0.12		2004	-0.13		2004	-0.11
	2005	-0.15		2005	-0.21		2005	-0.08
	2006	-0.37		2006	-0.37		2006	-0.26
	2007	-0.15		2007	-0.32		2007	-0.12
	2008	0.09		2008	-0.12		2008	0.00
	2009	0.01		2009	0.12		2009	0.04
	2010	-0.08		2010	0.03		2010	0.00
	2011	-0.01		2011	0.15		2011	-0.02
	2012	0.09		2012	0.16		2012	0.07
	2013	0.12		2013	0.17		2013	0.11
	2014	0.14		2014	0.18		2014	0.15
2015	0.20	2015	0.27	2015	0.23			

9.2.1.9.2.2 Sin Dummies

$r^{2global}$  0.44 y  $r^{2entre}$  0.72

$$\text{Log}(\text{remuneraciones}) = -1.11 + M_i + 0.95 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.28,  $\sigma_e$  0.17 y Rho 0.73

**Tabla 47: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Remuneraciones**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	0.24	-0.13	0.11	M3	2000	0.04	-0.03	0.01	M5	2000	-0.42	0.37	-0.05
	2001		-0.11	0.12		2001		0.01	0.04		2001		0.35	-0.08
	2002		-0.06	0.17		2002		0.01	0.04		2002		0.28	-0.15
	2003		0.08	0.32		2003		-0.03	0.01		2003		0.19	-0.23
	2004		-0.04	0.20		2004		-0.14	-0.10		2004		-0.01	-0.43
	2005		-0.05	0.19		2005		-0.14	-0.10		2005		0.00	-0.42
	2006		-0.11	0.12		2006		-0.28	-0.25		2006		-0.17	-0.60
	2007		-0.08	0.16		2007		-0.19	-0.15		2007		-0.18	-0.60
	2008		-0.03	0.21		2008		-0.13	-0.09		2008		-0.07	-0.49
	2009		0.08	0.32		2009		0.02	0.06		2009		-0.08	-0.50
	2010		0.08	0.32		2010		0.05	0.09		2010		-0.11	-0.53
	2011		-0.03	0.21		2011		0.03	0.07		2011		-0.26	-0.69
	2012		0.00	0.24		2012		0.14	0.18		2012		-0.18	-0.60
	2013		0.05	0.29		2013		0.17	0.21		2013		-0.13	-0.55
	2014		0.13	0.37		2014		0.22	0.26		2014		-0.08	-0.50
2015	0.23	0.46	2015	0.30	0.34	2015	0.07	-0.36						
M2	2000	0.29	0.02	0.31	M4	2000	0.10	-0.13	-0.02	M6	2000	-0.24	0.01	-0.23
	2001		0.01	0.29		2001		-0.05	0.05		2001		0.01	-0.23
	2002		0.00	0.29		2002		0.01	0.11		2002		0.06	-0.18
	2003		-0.04	0.25		2003		-0.06	0.05		2003		0.04	-0.20
	2004		-0.22	0.07		2004		-0.15	-0.04		2004		-0.13	-0.37
	2005		-0.12	0.17		2005		-0.09	0.01		2005		-0.13	-0.37
	2006		-0.47	-0.19		2006		-0.23	-0.13		2006		-0.31	-0.55
	2007		-0.23	0.06		2007		-0.25	-0.14		2007		-0.24	-0.48
	2008		-0.15	0.14		2008		-0.09	0.02		2008		-0.24	-0.48
	2009		0.14	0.43		2009		0.22	0.32		2009		-0.12	-0.36
	2010		0.03	0.32		2010		0.01	0.12		2010		0.11	-0.13
	2011		0.07	0.36		2011		0.16	0.26		2011		0.04	-0.20
	2012		0.19	0.48		2012		0.13	0.23		2012		0.15	-0.09

	2013		0.22	0.51		2013		0.13	0.23		2013		0.19	-0.05
	2014		0.24	0.53		2014		0.15	0.26		2014		0.24	0.00
	2015		0.32	0.61		2015		0.23	0.33		2015		0.33	0.09

### 9.2.1.9.3 Regresión con efectos aleatorios

$r^{2\text{global}} 0.44$

$$\text{Log}(\text{remuneraciones}) = -1.11 + M_i + 0.95 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.28$ ,  $\sigma_e 0.17$  y Rho 0.72

**Tabla 48: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Remuneraciones**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	0.23	-0.12	0.11	M3	2000	0.04	-0.03	0.01	M5	2000	-0.41	0.36	-0.05
	2001		-0.11	0.12		2001		0.01	0.04		2001		0.34	-0.08
	2002		-0.06	0.17		2002		0.01	0.04		2002		0.27	-0.15
	2003		0.08	0.32		2003		-0.03	0.01		2003		0.18	-0.23
	2004		-0.04	0.20		2004		-0.14	-0.10		2004		-0.02	-0.43
	2005		-0.04	0.19		2005		-0.14	-0.10		2005		-0.01	-0.42
	2006		-0.11	0.12		2006		-0.28	-0.25		2006		-0.18	-0.60
	2007		-0.08	0.16		2007		-0.19	-0.15		2007		-0.19	-0.60
	2008		-0.03	0.21		2008		-0.13	-0.09		2008		-0.08	-0.49
	2009		0.09	0.32		2009		0.02	0.06		2009		-0.09	-0.50
	2010		0.09	0.32		2010		0.05	0.09		2010		-0.12	-0.53
	2011		-0.02	0.21		2011		0.03	0.07		2011		-0.27	-0.69
	2012		0.01	0.24		2012		0.14	0.18		2012		-0.19	-0.60
	2013		0.06	0.29		2013		0.17	0.21		2013		-0.14	-0.55
	2014		0.14	0.37		2014		0.22	0.26		2014		-0.09	-0.50
2015	0.23	0.46	2015	0.31	0.34	2015	0.06	-0.36						
M2	2000	0.28	0.03	0.31	M4	2000	0.10	-0.12	-0.02	M6	2000	-0.23	0.00	-0.23
	2001		0.01	0.29		2001		-0.05	0.05		2001		0.01	-0.23
	2002		0.01	0.29		2002		0.01	0.11		2002		0.06	-0.18
	2003		-0.04	0.25		2003		-0.05	0.05		2003		0.03	-0.20
	2004		-0.22	0.07		2004		-0.15	-0.04		2004		-0.14	-0.37
	2005		-0.11	0.17		2005		-0.09	0.01		2005		-0.14	-0.37
	2006		-0.47	-0.19		2006		-0.23	-0.13		2006		-0.31	-0.55
	2007		-0.23	0.06		2007		-0.24	-0.14		2007		-0.25	-0.48

2008	-0.15	0.14	2008	-0.08	0.02	2008	-0.25	-0.48
2009	0.15	0.43	2009	0.22	0.32	2009	-0.13	-0.36
2010	0.04	0.32	2010	0.02	0.12	2010	0.10	-0.13
2011	0.08	0.36	2011	0.16	0.26	2011	0.04	-0.20
2012	0.20	0.48	2012	0.13	0.23	2012	0.14	-0.09
2013	0.23	0.51	2013	0.13	0.23	2013	0.18	-0.05
2014	0.25	0.53	2014	0.16	0.26	2014	0.23	0.00
2015	0.33	0.61	2015	0.23	0.33	2015	0.33	0.09

#### 9.2.1.9.4 Tipo de regresión a realizar

Se realizará el mismo procedimiento que el caso de costo total mina.

##### 9.2.1.9.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

El p-value entregado es 0.00, indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

##### 9.2.1.9.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

El p-value es de 0.00, indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de  $u$  es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

##### 9.2.1.9.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

El p-value es igual a 1.00, lo cual indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

#### 9.2.1.9.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.95, lo cual es congruente, porque esto significa que el costo está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es -0.87, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será -0.87, por lo tanto, los costos serán de 0.13 [c\$/lb]. Recordando que los costos se dividen en costos fijos y costos variables, aunque no exista producción, se tendrán costos fijos, los cuales de deben suplir a menos que la empresa cierre sus puertas.

#### 9.2.1.9.6 Efectos Temporales

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.88 y  $R^2$  global es de 0.53

**Tabla 49: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Remuneraciones**

Logaritmo Remuneraciones	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.93	0.01	0.03	0.01	-0.13	-0.1	-0.27	-0.2	-0.13	0.04
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.	Sigma u	Sigma e	Rho
Coefficiente	0.02	0	0.07	0.1	0.15	0.24	-1.05	0.28	0.12	0.84

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no.

La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero. El p-value es igual a 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, son significativas las variables dicotómicas temporales para el estudio.

#### 9.2.1.9.7 Autocorrelación (correlación serial)

El p-value es de 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, si existe correlación temporal.

#### 9.2.1.9.8 Heterocedasticidad

El p-value (0.00) indica que no se rechaza la hipótesis nula de homoscedasticidad, en otras palabras, hay un problema de heterocedasticidad.

#### 9.2.1.9.9 Correlación seccional

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

#### 9.2.1.9.10 Residuales luego de la corrección

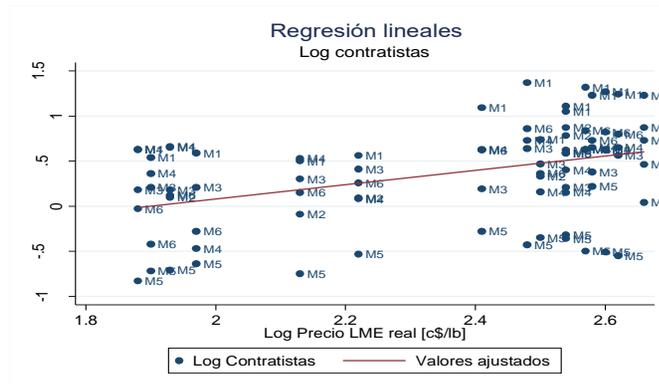
**Tabla 50: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, remuneraciones.**

mina	Año	Error total	mina	Año	Error total	mina	Año	Error total
M1	2000	0.13	M3	2000	0.05	M5	2000	-0.34
M1	2001	0.14	M3	2001	0.03	M5	2001	-0.30
M1	2002	0.09	M3	2002	0.03	M5	2002	-0.22
M1	2003	-0.08	M3	2003	0.05	M5	2003	-0.16
M1	2004	-0.09	M3	2004	0.03	M5	2004	-0.09
M1	2005	-0.06	M3	2005	0.05	M5	2005	-0.08

M1	2006	-0.16	M3	2006	0.02	M5	2006	-0.07
M1	2007	-0.12	M3	2007	0.01	M5	2007	0.01
M1	2008	-0.09	M3	2008	0.03	M5	2008	-0.02
M1	2009	-0.04	M3	2009	0.03	M5	2009	0.15
M1	2010	-0.07	M3	2010	-0.03	M5	2010	0.15
M1	2011	0.00	M3	2011	-0.04	M5	2011	0.27
M1	2012	0.05	M3	2012	-0.07	M5	2012	0.26
M1	2013	0.04	M3	2013	-0.06	M5	2013	0.25
M1	2014	0.01	M3	2014	-0.07	M5	2014	0.25
M1	2015	0.01	M3	2015	-0.06	M5	2015	0.20
M2	2000	0.01	M4	2000	0.13	M6	2000	0.47
M2	2001	0.04	M4	2001	0.07	M6	2001	0.49
M2	2002	0.04	M4	2002	0.01	M6	2002	0.44
M2	2003	0.07	M4	2003	0.06	M6	2003	0.44
M2	2004	0.11	M4	2004	0.02	M6	2004	0.48
M2	2005	0.03	M4	2005	-0.01	M6	2005	0.50
M2	2006	0.22	M4	2006	-0.05	M6	2006	0.51
M2	2007	0.06	M4	2007	0.05	M6	2007	0.52
M2	2008	0.06	M4	2008	-0.03	M6	2008	0.60
M2	2009	-0.08	M4	2009	-0.18	M6	2009	0.64
M2	2010	0.00	M4	2010	-0.01	M6	2010	0.38
M2	2011	-0.07	M4	2011	-0.18	M6	2011	0.41
M2	2012	-0.11	M4	2012	-0.07	M6	2012	0.38
M2	2013	-0.11	M4	2013	-0.04	M6	2013	0.38
M2	2014	-0.08	M4	2014	-0.02	M6	2014	0.38
M2	2015	-0.07	M4	2015	0.00	M6	2015	0.38

### **9.2.1.10 Contratistas**

#### **9.2.1.10.1 Regresión agrupada**



**Ilustración 24: Regresión lineal agrupada contratistas**

$r^{2\text{global}} 0.49$

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -1.50 + M_i + 0.79 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 51: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Contratistas**

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	0.53	M3	2000	0.15	M5	2000	-0.70
	2001	0.54		2001	0.21		2001	-0.72
	2002	0.64		2002	0.19		2002	-0.82
	2003	0.62		2003	0.15		2003	-0.74
	2004	0.32		2004	0.12		2004	-0.93
	2005	0.31		2005	0.16		2005	-0.78
	2006	0.26		2006	-0.01		2006	-0.83
	2007	0.54		2007	0.08		2007	-0.83
	2008	0.60		2008	-0.30		2008	-0.87
	2009	0.69		2009	-0.21		2009	-0.68
	2010	0.69		2010	-0.16		2010	-0.32
	2011	0.63		2011	-0.14		2011	-0.56
	2012	0.67		2012	-0.01		2012	-1.12
	2013	0.71		2013	0.06		2013	-1.07
	2014	0.79		2014	0.10		2014	-1.03
2015	0.91	2015	0.18	2015	-0.89			

M2	2000		M4	2000	-0.53	M6	2000	-0.34
	2001			2001	0.36		2001	-0.42
	2002			2002	0.64		2002	-0.02
	2003	0.07		2003	0.63		2003	0.09
	2004	-0.27		2004	0.35		2004	-0.03
	2005	-0.16		2005	-0.17		2005	0.01
	2006	-0.15		2006	-0.32		2006	-0.12
	2007	0.27		2007	-0.36		2007	0.08
	2008	0.36		2008	-0.11		2008	0.11
	2009			2009	0.23		2009	0.22
	2010			2010	0.11		2010	0.19
	2011			2011	0.27		2011	0.13
	2012			2012	0.08		2012	0.23
	2013			2013	0.07		2013	0.26
	2014			2014	0.10		2014	0.31
2015		2015	0.33	2015	0.40			

### 9.2.1.10.2 Regresión efectos fijos

#### 9.2.1.10.2.1 Con dummies

$r^{2\text{entre}} 0.82$

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -0.91 + M_i + 0.79 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 52: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Contratistas**

M2	M3	M4	M5	M6
-0.57	-0.56	-0.49	-1.40	-0.52

**Tabla 53: Residuales. Regresión efectos fijos. análisis precio mina. Contratistas**

mina	ao	Residual	mina	ao	Residual	mina	ao	Residual
M1	2000	-0.06	M3	2000	0.12	M5	2000	0.11
	2001	-0.05		2001	0.17		2001	0.08
	2002	0.05		2002	0.16		2002	-0.01
	2003	0.03		2003	0.12		2003	0.07

	2004	-0.27		2004	0.08		2004	-0.13
	2005	-0.29		2005	0.12		2005	0.02
	2006	-0.33		2006	-0.04		2006	-0.02
	2007	-0.05		2007	0.05		2007	-0.02
	2008	0.01		2008	-0.33		2008	-0.06
	2009	0.09		2009	-0.25		2009	0.12
	2010	0.10		2010	-0.20		2010	0.49
	2011	0.04		2011	-0.18		2011	0.24
	2012	0.08		2012	-0.05		2012	-0.32
	2013	0.12		2013	0.03		2013	-0.26
	2014	0.20		2014	0.06		2014	-0.23
	2015	0.32		2015	0.14		2015	-0.09
M2	2000		M4	2000	-0.63	M6	2000	-0.41
	2001			2001	0.26		2001	-0.49
	2002			2002	0.54		2002	-0.08
	2003	0.05		2003	0.53		2003	0.03
	2004	-0.29		2004	0.24		2004	-0.10
	2005	-0.19		2005	-0.28		2005	-0.06
	2006	-0.17		2006	-0.42		2006	-0.19
	2007	0.25		2007	-0.46		2007	0.01
	2008	0.34		2008	-0.21		2008	0.04
	2009			2009	0.12		2009	0.15
	2010			2010	0.01		2010	0.12
	2011			2011	0.17		2011	0.06
	2012			2012	-0.02		2012	0.16
	2013			2013	-0.03		2013	0.20
2014		2014	0.00	2014	0.24			
2015		2015	0.1680585	2015	0.33			

#### 9.2.1.10.2 Sin dummies

$r^{2\text{global}}$  0.17 y  $r^{2\text{entre}}$  0.50

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -1.43 + M_i + 0.59 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.45,  $\sigma_e$  0.23 y Rho 0.79

**Tabla 54: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Contratistas**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	0.59	-0.06	0.53	M3	2000	0.04	0.12	0.15	M5	2000	-0.81	0.11	-0.70
	2001		-0.05	0.54		2001		0.17	0.21		2001		0.08	-0.72
	2002		0.05	0.64		2002		0.16	0.19		2002		-0.01	-0.82
	2003		0.03	0.62		2003		0.12	0.15		2003		0.07	-0.74
	2004		-0.27	0.32		2004		0.08	0.12		2004		-0.13	-0.93
	2005		-0.29	0.31		2005		0.12	0.16		2005		0.02	-0.78
	2006		-0.33	0.26		2006		-0.04	-0.01		2006		-0.02	-0.83
	2007		-0.05	0.54		2007		0.05	0.08		2007		-0.02	-0.83
	2008		0.01	0.60		2008		-0.33	-0.30		2008		-0.06	-0.87
	2009		0.09	0.69		2009		-0.25	-0.21		2009		0.12	-0.68
	2010		0.10	0.69		2010		-0.20	-0.16		2010		0.49	-0.32
	2011		0.04	0.63		2011		-0.18	-0.14		2011		0.24	-0.56
	2012		0.08	0.67		2012		-0.05	-0.01		2012		-0.32	-1.12
	2013		0.12	0.71		2013		0.03	0.06		2013		-0.26	-1.07
	2014		0.20	0.79		2014		0.06	0.10		2014		-0.23	-1.03
2015	0.32	0.91	2015	0.14	0.18	2015	-0.09	-0.89						
M2	2000	0.02			M4	2000	0.10	-0.63	-0.53	M6	2000	0.07	-0.41	-0.34
	2001					2001		0.26	0.36		2001		-0.49	-0.42
	2002					2002		0.54	0.64		2002		-0.08	-0.02
	2003		0.05	0.07		2003		0.53	0.63		2003		0.03	0.09
	2004		-0.29	-0.27		2004		0.24	0.35		2004		-0.10	-0.03
	2005		-0.19	-0.16		2005		-0.28	-0.17		2005		-0.06	0.01
	2006		-0.17	-0.15		2006		-0.42	-0.32		2006		-0.19	-0.12
	2007		0.25	0.27		2007		-0.46	-0.36		2007		0.01	0.08
	2008		0.34	0.36		2008		-0.21	-0.11		2008		0.04	0.11
	2009					2009		0.12	0.23		2009		0.15	0.22
	2010					2010		0.01	0.11		2010		0.12	0.19
	2011					2011		0.17	0.27		2011		0.06	0.13
	2012					2012		-0.02	0.08		2012		0.16	0.23
	2013					2013		-0.03	0.07		2013		0.20	0.26
	2014					2014		0.00	0.10		2014		0.24	0.31
2015			2015	0.17	0.27	2015	0.33	0.40						

### 9.2.1.10.3 Regresión con efectos aleatorios

$r^{2\text{global}} 0.50$

$$\text{Log}(\text{contratistas}) = -1.50 + M_i + 0.79 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.50$ ,  $\sigma_e 0.23$  y Rho 0.83

**Tabla 55: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Contratistas**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	0.58	-0.05	0.53	M3	2000	0.03	0.12	0.15	M5	2000	-0.80	0.10	-0.70
	2001		-0.04	0.54		2001		0.17	0.21		2001		0.07	-0.72
	2002		0.06	0.64		2002		0.16	0.19		2002		-0.02	-0.82
	2003		0.04	0.62		2003		0.12	0.15		2003		0.06	-0.74
	2004		-0.27	0.31		2004		0.08	0.11		2004		-0.14	-0.94
	2005		-0.28	0.30		2005		0.12	0.15		2005		0.01	-0.79
	2006		-0.32	0.26		2006		-0.04	-0.01		2006		-0.03	-0.83
	2007		-0.04	0.54		2007		0.05	0.08		2007		-0.03	-0.83
	2008		0.02	0.60		2008		-0.33	-0.30		2008		-0.07	-0.87
	2009		0.10	0.68		2009		-0.25	-0.22		2009		0.11	-0.69
	2010		0.11	0.69		2010		-0.19	-0.16		2010		0.48	-0.32
	2011		0.04	0.63		2011		-0.18	-0.14		2011		0.23	-0.56
	2012		0.09	0.67		2012		-0.05	-0.01		2012		-0.33	-1.12
	2013		0.13	0.71		2013		0.03	0.06		2013		-0.27	-1.07
	2014		0.21	0.79		2014		0.06	0.10		2014		-0.24	-1.03
2015	0.33	0.91	2015	0.14	0.18	2015	-0.10	-0.89						
M2	2000	0.02			M4	2000	0.10	-0.63	-0.53	M6	2000	0.07	-0.41	-0.34
	2001					2001		0.26	0.36		2001		-0.49	-0.42
	2002					2002		0.54	0.64		2002		-0.08	-0.02
	2003		0.05	0.07		2003		0.53	0.63		2003		0.03	0.09
	2004		-0.29	-0.28		2004		0.25	0.34		2004		-0.10	-0.04
	2005		-0.18	-0.17		2005		-0.27	-0.18		2005		-0.06	0.00
	2006		-0.17	-0.15		2006		-0.42	-0.32		2006		-0.18	-0.12
	2007		0.25	0.27		2007		-0.46	-0.36		2007		0.01	0.08
	2008		0.34	0.36		2008		-0.21	-0.11		2008		0.04	0.11
	2009					2009		0.12	0.22		2009		0.15	0.21
	2010					2010		0.01	0.11		2010		0.12	0.19
	2011					2011		0.17	0.27		2011		0.06	0.13
	2012					2012		-0.02	0.08		2012		0.16	0.23

	2013				2013	-0.03	0.07		2013		0.20	0.26
	2014				2014	0.00	0.10		2014		0.24	0.31
	2015				2015	0.17	0.27		2015		0.33	0.40

#### 9.2.1.10.4 Tipo de regresión a realizar

##### 9.2.1.10.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

Para analizar esto, lo da directamente el programa computacional STATA al realizar la regresión lineal con efectos fijos. Ho en este caso es que todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value entregado es de 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

##### 9.2.1.10.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Ho en este caso es que la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de  $u$  es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

##### 9.2.1.10.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

El p-value entregado por la prueba de Hausman es de 1.00, lo cual indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

#### 9.2.1.10.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.79, lo cual es congruente, porque esto significa que las remuneraciones están relacionadas positivamente con el precio (a mayor precio de venta, mayor serán las remuneraciones).

El intercepto es -0.91, lo cual indica que, si el precio es 1 [c\$/lb] (log precio será igual a cero), el log de los costos será -0.91, por lo tanto, los costos por contratistas serán de 0.12 [c\$/lb]. Por lo que, aunque no exista producción, o, aunque el precio este a un valor muy bajo, se debe pagar a los trabajadores.

#### 9.2.1.10.6 Efectos Temporales

Es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.62 y  $R^2$  global es de 0.21

**Tabla 56: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Contratistas**

Logaritmo Contratistas	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coeficiente	1.14	0.19	0.34	0.32	0.03	-0.04	-0.21	-0.07	-0.07	0.07
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.	Sigma u	Sigma e	Rho
Coeficiente	0.07	0	-0.08	-0.03	0.02	0.17	-2.35	0.45	0.22	0.81

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no. La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero.

El p-value (0.16) entregado por el test indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, las variables temporales pueden ser iguales a cero.

#### 9.2.1.10.7 Autocorrelación (correlación serial)

En este punto se busca saber si los errores  $e_{it}$ , son o no independientes con respecto al tiempo. La hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, si existe correlación temporal.

#### 9.2.1.10.8 Heterocedasticidad

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante.

El p-value es igual a cero, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, existe un problema de heteroscedasticidad.

#### 9.2.1.10.9 Correlación seccional

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí. El p-value (0.00) indica no se puede rechazar la hipótesis nula, e otras palabras, no hay correlación seccional.

#### 9.2.1.10.10 Residuales luego de la corrección

**Tabla 57: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, contratistas.**

mina	Año	Error total	mina	Año	Error total	mina	Año	Error total
M1	2000	-0.12	M3	2000	0.06	M5	2000	0.07

M1	2001	-0.12	M3	2001	0.11	M5	2001	0.04
M1	2002	-0.02	M3	2002	0.09	M5	2002	-0.06
M1	2003	-0.03	M3	2003	0.06	M5	2003	0.03
M1	2004	-0.32	M3	2004	0.04	M5	2004	-0.15
M1	2005	-0.32	M3	2005	0.09	M5	2005	0.01
M1	2006	-0.33	M3	2006	-0.05	M5	2006	0.00
M1	2007	-0.05	M3	2007	0.05	M5	2007	0.00
M1	2008	0.01	M3	2008	-0.33	M5	2008	-0.04
M1	2009	0.08	M3	2009	-0.26	M5	2009	0.13
M1	2010	0.10	M3	2010	-0.19	M5	2010	0.51
M1	2011	0.05	M3	2011	-0.16	M5	2011	0.28
M1	2012	0.09	M3	2012	-0.04	M5	2012	-0.29
M1	2013	0.13	M3	2013	0.04	M5	2013	-0.23
M1	2014	0.20	M3	2014	0.07	M5	2014	-0.20
M1	2015	0.31	M3	2015	0.14	M5	2015	-0.07
M2	2000	-0.18	M4	2000	-0.63	M6	2000	-0.44
M2	2001	-0.13	M4	2001	0.25	M6	2001	-0.53
M2	2002	-0.12	M4	2002	0.53	M6	2002	-0.13
M2	2003	-0.05	M4	2003	0.53	M6	2003	-0.01
M2	2004	-0.38	M4	2004	0.26	M6	2004	-0.12
M2	2005	-0.26	M4	2005	-0.25	M6	2005	-0.07
M2	2006	-0.21	M4	2006	-0.36	M6	2006	-0.16
M2	2007	0.21	M4	2007	-0.40	M6	2007	0.04
M2	2008	0.30	M4	2008	-0.15	M6	2008	0.07
M2	2009	-0.48	M4	2009	0.17	M6	2009	0.16
M2	2010	-0.60	M4	2010	0.07	M6	2010	0.15
M2	2011	-0.65	M4	2011	0.24	M6	2011	0.10
M2	2012	-0.62	M4	2012	0.05	M6	2012	0.20
M2	2013	-0.61	M4	2013	0.04	M6	2013	0.23
M2	2014	-0.59	M4	2014	0.06	M6	2014	0.27
M2	2015	-0.53	M4	2015	0.22	M6	2015	0.35

## 9.2.1.11 Servicios

### 9.2.1.11.1 Regresión agrupada

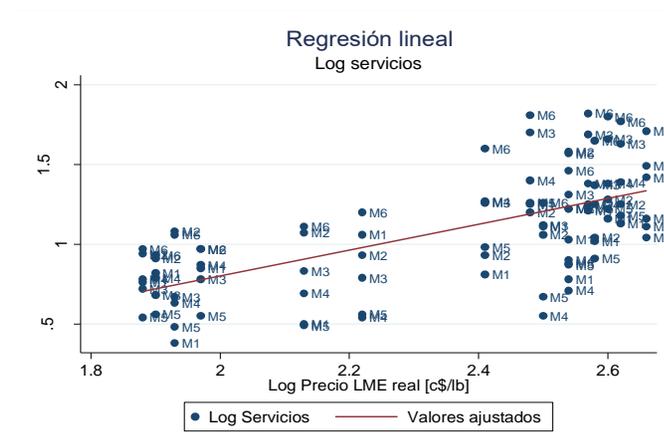


Ilustración 25: Regresión lineal agrupada servicios

$r^{2\text{global}} 0.42.$

$$\text{Log}(\text{servicios}) = -0.81 + 0.81 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 58: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión agrupada. Servicios

Tabla 59: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Servicios.

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	0.07	M3	2000	0.00	M5	2000	-0.23
	2001	0.10		2001	-0.04		2001	-0.16
	2002	0.05		2002	0.01		2002	-0.17
	2003	-0.37		2003	-0.08		2003	-0.27
	2004	-0.41		2004	-0.08		2004	-0.42
	2005	0.08		2005	-0.19		2005	-0.42
	2006	-0.10		2006	-0.09		2006	-0.54
	2007	-0.46		2007	-0.02		2007	-0.36
	2008	-0.21		2008	0.07		2008	-0.37
	2009	-0.32		2009	0.13		2009	-0.15

	2010	-0.25		2010	0.10		2010	-0.36
	2011	-0.23		2011	0.15		2011	-0.30
	2012	-0.17		2012	0.33		2012	-0.12
	2013	-0.13		2013	0.37		2013	-0.07
	2014	-0.05		2014	0.43		2014	-0.04
	2015	0.06		2015	0.51		2015	0.07
M2	2000	0.19	M4	2000	0.09	M6	2000	0.19
	2001	0.19		2001	0.07		2001	0.21
	2002	0.23		2002	0.07		2002	0.26
	2003	0.33		2003	-0.12		2003	0.31
	2004	0.16		2004	-0.22		2004	0.20
	2005	-0.05		2005	-0.44		2005	0.22
	2006	-0.15		2006	-0.66		2006	0.05
	2007	-0.02		2007	-0.53		2007	0.22
	2008	0.34		2008	-0.34		2008	0.33
	2009	-0.20		2009	0.14		2009	0.47
	2010	-0.23		2010	-0.02		2010	0.38
	2011	-0.18		2011	0.08		2011	0.37
	2012	-0.05		2012	0.09		2012	0.47
	2013	-0.01		2013	0.09		2013	0.51
2014	-0.01	2014	0.12	2014	0.56			
2015	0.01	2015	0.21	2015	0.62			

### 9.2.1.11.2 Regresión con efecto fijo

#### 9.2.1.11.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}} 0.70$

$$\text{Log}(\text{servicios}) = -0.96 + M_i + 0.81 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 60: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Servicios**

M2	M3	M4	M5	M6
0.18	0.25	0.06	-0.1	0.48

**Tabla 61: Residuales. Regresión efectos fijos. análisis precio mina. Servicios.**

mina	ao	Residual	mina	ao	Residual	mina	ao	Residual
M1	2000	0.22	M3	2000	-0.10	M5	2000	0.02
	2001	0.24		2001	-0.14		2001	0.08
	2002	0.20		2002	-0.09		2002	0.08
	2003	-0.22		2003	-0.18		2003	-0.02
	2004	-0.26		2004	-0.18		2004	-0.17
	2005	0.23		2005	-0.29		2005	-0.18
	2006	0.05		2006	-0.19		2006	-0.29
	2007	-0.31		2007	-0.12		2007	-0.12
	2008	-0.06		2008	-0.03		2008	-0.13
	2009	-0.18		2009	0.03		2009	0.09
	2010	-0.11		2010	0.00		2010	-0.12
	2011	-0.08		2011	0.05		2011	-0.05
	2012	-0.03		2012	0.23		2012	0.12
	2013	0.02		2013	0.27		2013	0.18
	2014	0.09		2014	0.33		2014	0.20
2015	0.21	2015	0.41	2015	0.31			
M2	2000	0.16	M4	2000	0.18	M6	2000	-0.14
	2001	0.15		2001	0.15		2001	-0.13
	2002	0.20		2002	0.16		2002	-0.07
	2003	0.30		2003	-0.03		2003	-0.02
	2004	0.13		2004	-0.13		2004	-0.13
	2005	-0.09		2005	-0.36		2005	-0.12
	2006	-0.18		2006	-0.57		2006	-0.28
	2007	-0.05		2007	-0.44		2007	-0.12
	2008	0.31		2008	-0.25		2008	-0.01
	2009	-0.24		2009	0.22		2009	0.13
	2010	-0.27		2010	0.06		2010	0.04
	2011	-0.21		2011	0.17		2011	0.04
	2012	-0.09		2012	0.17		2012	0.13
	2013	-0.04		2013	0.18		2013	0.18
	2014	-0.05		2014	0.20		2014	0.22
2015	-0.03	2015	0.29	2015	0.28			

9.2.1.11.2 Sin dummies

$r^{2global}$  0.42 y  $r^{2entre}$  0.58

$$\text{Log}(\text{servicios}) = -0.81 + M_i + 0.81 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.21,  $\sigma_e$  0.20 y Rho 0.52

**Tabla 62:Residuales. Regresión efectos fijos. análisis precio mina. Servicios.**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	-0.15	0.22	0.07	M3	2000	0.10	-0.10	0.00	M5	2000	-0.24	0.02	-0.23
	2001	-0.15	0.24	0.10		2001	0.10	-0.14	-0.04		2001	-0.24	0.08	-0.16
	2002	-0.15	0.20	0.05		2002	0.10	-0.09	0.01		2002	-0.24	0.08	-0.17
	2003	-0.15	-0.22	-0.37		2003	0.10	-0.18	-0.08		2003	-0.24	-0.02	-0.27
	2004	-0.15	-0.26	-0.41		2004	0.10	-0.18	-0.08		2004	-0.24	-0.17	-0.42
	2005	-0.15	0.23	0.08		2005	0.10	-0.29	-0.19		2005	-0.24	-0.18	-0.42
	2006	-0.15	0.05	-0.10		2006	0.10	-0.19	-0.09		2006	-0.24	-0.29	-0.54
	2007	-0.15	-0.31	-0.46		2007	0.10	-0.12	-0.02		2007	-0.24	-0.12	-0.36
	2008	-0.15	-0.06	-0.21		2008	0.10	-0.03	0.07		2008	-0.24	-0.13	-0.37
	2009	-0.15	-0.18	-0.32		2009	0.10	0.03	0.13		2009	-0.24	0.09	-0.15
	2010	-0.15	-0.11	-0.25		2010	0.10	0.00	0.10		2010	-0.24	-0.12	-0.36
	2011	-0.15	-0.08	-0.23		2011	0.10	0.05	0.15		2011	-0.24	-0.05	-0.30
	2012	-0.15	-0.03	-0.17		2012	0.10	0.23	0.33		2012	-0.24	0.12	-0.12
	2013	-0.15	0.02	-0.13		2013	0.10	0.27	0.37		2013	-0.24	0.18	-0.07
	2014	-0.15	0.09	-0.05		2014	0.10	0.33	0.43		2014	-0.24	0.20	-0.04
2015	-0.15	0.21	0.06	2015	0.10	0.41	0.51	2015	-0.24	0.31	0.07			
M2	2000	0.04	0.16	0.19	M4	2000	-0.08	0.18	0.09	M6	2000	0.34	-0.14	0.19
	2001	0.04	0.15	0.19		2001	-0.08	0.15	0.07		2001	0.34	-0.13	0.21
	2002	0.04	0.20	0.23		2002	-0.08	0.16	0.07		2002	0.34	-0.07	0.26
	2003	0.04	0.30	0.33		2003	-0.08	-0.03	-0.12		2003	0.34	-0.02	0.31
	2004	0.04	0.13	0.16		2004	-0.08	-0.13	-0.22		2004	0.34	-0.13	0.20
	2005	0.04	-0.09	-0.05		2005	-0.08	-0.36	-0.44		2005	0.34	-0.12	0.22
	2006	0.04	-0.18	-0.15		2006	-0.08	-0.57	-0.66		2006	0.34	-0.28	0.05
	2007	0.04	-0.05	-0.02		2007	-0.08	-0.44	-0.53		2007	0.34	-0.12	0.22
	2008	0.04	0.31	0.34		2008	-0.08	-0.25	-0.34		2008	0.34	-0.01	0.33
	2009	0.04	-0.24	-0.20		2009	-0.08	0.22	0.14		2009	0.34	0.13	0.47
	2010	0.04	-0.27	-0.23		2010	-0.08	0.06	-0.02		2010	0.34	0.04	0.38
	2011	0.04	-0.21	-0.18		2011	-0.08	0.17	0.08		2011	0.34	0.04	0.37
	2012	0.04	-0.09	-0.05		2012	-0.08	0.17	0.09		2012	0.34	0.13	0.47
	2013	0.04	-0.04	-0.01		2013	-0.08	0.18	0.09		2013	0.34	0.18	0.51
	2014	0.04	-0.05	-0.01		2014	-0.08	0.20	0.12		2014	0.34	0.22	0.56
2015	0.04	-0.03	0.01	2015	-0.08	0.29	0.21	2015	0.34	0.28	0.62			

### 9.2.1.11.3 Regresión con efecto aleatorio

$r^{2global}$  0.42

$$\text{Log}(\text{servicios}) = -0.81 + M_i + 0.81 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.20,  $\sigma_e$  0.20 y Rho 0.50

### 9.2.1.11.4 Residuales luego de las correcciones

Tabla 63: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, servicios.

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	-0.20	0.09	-0.11	M3	2000	0.17	-0.35	-0.18	M5	2000	-0.22	-0.19	-0.41
	2001		0.09	-0.10		2001		-0.41	-0.24		2001		-0.14	-0.36
	2002		0.05	-0.15		2002		-0.36	-0.19		2002		-0.15	-0.37
	2003		-0.36	-0.56		2003		-0.44	-0.27		2003		-0.24	-0.46
	2004		-0.34	-0.54		2004		-0.38	-0.21		2004		-0.33	-0.55
	2005		0.17	-0.03		2005		-0.47	-0.30		2005		-0.31	-0.53
	2006		0.07	-0.12		2006		-0.28	-0.11		2006		-0.34	-0.56
	2007		-0.28	-0.47		2007		-0.20	-0.03		2007		-0.15	-0.37
	2008		-0.03	-0.22		2008		-0.11	0.06		2008		-0.16	-0.38
	2009		-0.18	-0.37		2009		-0.10	0.08		2009		0.02	-0.20
	2010		-0.06	-0.25		2010		-0.07	0.10		2010		-0.14	-0.36
	2011		-0.01	-0.20		2011		0.00	0.18		2011		-0.05	-0.27
	2012		0.03	-0.16		2012		0.17	0.34		2012		0.11	-0.11
	2013		0.07	-0.12		2013		0.21	0.38		2013		0.16	-0.06
	2014		0.14	-0.06		2014		0.25	0.42		2014		0.17	-0.05
2015	0.23	0.03	2015	0.31	0.48	2015	0.26	0.04						
M2	2000	-0.04		0.01	M4	2000	-0.11		-0.09	M6	2000	0.40		0.01
	2001		0.03	-0.01		2001		-0.02	-0.13		2001		-0.39	0.01
	2002		0.07	0.03		2002		-0.02	-0.13		2002		-0.34	0.06
	2003		0.19	0.14		2003		-0.20	-0.31		2003		-0.27	0.12
	2004		0.07	0.03		2004		-0.24	-0.35		2004		-0.32	0.07
	2005		-0.11	-0.16		2005		-0.44	-0.55		2005		-0.28	0.11
	2006		-0.13	-0.17		2006		-0.57	-0.68		2006		-0.37	0.03
	2007		0.01	-0.03		2007		-0.43	-0.54		2007		-0.19	0.21
	2008		0.37	0.33		2008		-0.24	-0.35		2008		-0.08	0.32
	2009		-0.21	-0.25		2009		0.19	0.09		2009		0.02	0.42

	2010		-0.19	-0.23		2010		0.09	-0.02		2010		-0.02	0.38
	2011		-0.11	-0.15		2011		0.21	0.11		2011		0.00	0.40
	2012		0.00	-0.04		2012		0.20	0.10		2012		0.08	0.48
	2013		0.04	0.00		2013		0.20	0.10		2013		0.12	0.52
	2014		0.03	-0.02		2014		0.22	0.11		2014		0.16	0.55
	2015		0.02	-0.02		2015		0.29	0.18		2015		0.19	0.59

### 9.2.1.11.5 Tipo de regresión a realizar

#### 9.2.1.11.5.1 Efectos fijos o regresión agrupada

La hipótesis nula de este test es todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value entregado por el programa es de 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

#### 9.2.1.11.5.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Para analizar qué tipo de regresión a realizar, se debe realizar la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios, en STATA, la prueba a realizar es la de Breusch y Pagan.

El test utilizado es de Breusch y Pagan, donde la hipótesis nula ( $H_0$ ) es la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de  $u$  es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

#### 9.2.1.11.5.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

Para realizar esta prueba se utiliza el test de Hausman, donde la hipótesis nula plantea que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.

El p-value (0.75) indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

### 9.2.1.11.6 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.81, lo cual significa que el costo de los servicios está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es -0.96, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será -0.95, por lo tanto, los costos serán de 0.11 [c\$/lb].

### 9.2.1.11.7 Efectos Temporales

Es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.76 y  $R^2$  global es de 0.55

**Tabla 64: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Servicios**

Logaritmo Servicios	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.71	0	0.02	-0.09	-0.16	-0.16	-0.25	-0.19	-0.03	0
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.	Sigma u	Sigma e	rho
Coefficiente	-0.06	0	0.1	0.14	0.17	0.24	-0.57	0.21	0.16	0.62

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no. La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, son significativas las variables dicotómicas temporales para el estudio.

### 9.2.1.11.8 Autocorrelación (correlación serial)

En este punto se busca saber si los errores  $e_{it}$ , son o no independientes con respecto al tiempo. Para realizar este test se utilizará la prueba desarrollada por Wooldridge, donde la hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

El p-value (0.01) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, si existe correlación temporal.

### 9.2.1.11.9 Heterocedasticidad

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante. La hipótesis nula de esta prueba es que no existe problema de heteroscedasticidad, en otras palabras, que todas las varianzas son iguales para todas las empresas.

El p-value (0.12) indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no hay problema de heteroscedasticidad.

### 9.2.1.11.10 Correlación contemporánea

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

### 9.2.1.12 Diésel

#### 9.2.1.12.1 Regresión agrupada

Primero se verá la regresión lineal con datos agrupados:

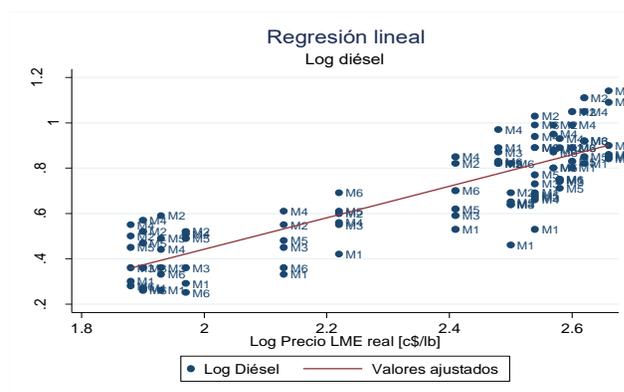


Ilustración 26: : Regresión lineal agrupada diésel

$r^{2\text{global}} 0.72$

$$\text{Log (diésel)} = -0.95 + M_i + 0.70 * \text{Log(precio)} + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 65: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Diésel.

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	-0.13	M3	2000	-0.06	M5	2000	0.07
	2001	-0.10		2001	-0.01		2001	0.10
	2002	-0.06		2002	0.00		2002	0.09
	2003	-0.13		2003	-0.03		2003	0.10
	2004	-0.20		2004	-0.08		2004	-0.05
	2005	-0.18		2005	-0.05		2005	0.01
	2006	-0.33		2006	-0.15		2006	-0.14
	2007	-0.29		2007	-0.15		2007	-0.14
	2008	-0.13		2008	-0.09		2008	-0.05
	2009	-0.20		2009	-0.14		2009	-0.11

	2010	-0.10		2010	-0.11		2010	-0.14
	2011	-0.05		2011	-0.06		2011	-0.04
	2012	-0.05		2012	0.05		2012	-0.02
	2013	-0.06		2013	0.03		2013	-0.03
	2014	-0.04		2014	0.04		2014	-0.04
	2015	0.11		2015	0.09		2015	0.04
M2	2000	0.10	M4	2000	0.09	M6	2000	-0.17
	2001	0.15		2001	0.20		2001	-0.11
	2002	0.14		2002	0.19		2002	-0.08
	2003	0.20		2003	0.05		2003	-0.06
	2004	0.02		2004	0.08		2004	-0.17
	2005	0.00		2005	-0.04		2005	0.09
	2006	-0.10		2006	-0.15		2006	0.03
	2007	0.07		2007	-0.16		2007	0.07
	2008	0.21		2008	0.12		2008	0.17
	2009	0.09		2009	0.12		2009	-0.03
	2010	0.04		2010	0.08		2010	-0.10
	2011	0.19		2011	0.24		2011	0.00
	2012	0.24		2012	0.18		2012	0.05
	2013	0.19		2013	0.13		2013	0.03
2014	0.15	2014	0.11	2014	0.03			
2015	0.04	2015	0.19	2015	0.05			

### 9.2.1.12.2 Regresión con efectos fijos

#### 9.2.1.12.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}} 0.84$

$$\text{Log}(\text{diésel}) = -1.07 + M_i + 0.70 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 66: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos Diésel

M2	M3	M4	M5	M6
0.23	0.08	0.21	0.1	0.11

**Tabla 67: Residuales. regresión efecto fijo. análisis precio mina. Diésel.**

mina	ao	Residual	mina	ao	Residual	mina	ao	Residual
M1	2000	-0.01	M3	2000	-0.02	M5	2000	0.09
	2001	0.02		2001	0.03		2001	0.12
	2002	0.06		2002	0.05		2002	0.11
	2003	-0.01		2003	0.01		2003	0.12
	2004	-0.08		2004	-0.04		2004	-0.03
	2005	-0.05		2005	0.00		2005	0.04
	2006	-0.21		2006	-0.11		2006	-0.12
	2007	-0.17		2007	-0.10		2007	-0.12
	2008	-0.01		2008	-0.04		2008	-0.03
	2009	-0.08		2009	-0.09		2009	-0.09
	2010	0.03		2010	-0.06		2010	-0.11
	2011	0.07		2011	-0.02		2011	-0.02
	2012	0.07		2012	0.09		2012	0.00
	2013	0.06		2013	0.08		2013	-0.01
	2014	0.08		2014	0.09		2014	-0.02
2015	0.23	2015	0.14	2015	0.07			
M2	2000	-0.01	M4	2000	0.00	M6	2000	-0.16
	2001	0.04		2001	0.11		2001	-0.10
	2002	0.03		2002	0.10		2002	-0.07
	2003	0.09		2003	-0.04		2003	-0.05
	2004	-0.09		2004	-0.01		2004	-0.16
	2005	-0.10		2005	-0.13		2005	0.11
	2006	-0.21		2006	-0.24		2006	0.04
	2007	-0.04		2007	-0.25		2007	0.08
	2008	0.10		2008	0.03		2008	0.18
	2009	-0.02		2009	0.03		2009	-0.02
	2010	-0.06		2010	-0.01		2010	-0.08
	2011	0.08		2011	0.15		2011	0.01
	2012	0.13		2012	0.09		2012	0.06
	2013	0.08		2013	0.04		2013	0.04
	2014	0.04		2014	0.02		2014	0.04
2015	-0.06	2015	0.10	2015	0.07			

9.2.1.12.2 Sin dummies

$r^{2\text{global}} 0.72$  y  $r^{2\text{entre}} 0.82$

$$\text{Log}(\text{diésel}) = -0.95 + M_i + 0.70 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.09,  $\sigma_e$  0.10 y Rho 0.44

**Tabla 68: Residuales. regresión efecto fijo. análisis precio mina. Diésel.**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	-0.12	-0.01	-0.13	M3	2000	-0.04	-0.02	-0.06	M5	2000	-0.02	0.09	0.07
	2001		0.02	-0.10		2001		0.03	-0.01		2001		0.12	0.10
	2002		0.06	-0.06		2002		0.05	0.00		2002		0.11	0.09
	2003		-0.01	-0.13		2003		0.01	-0.03		2003		0.12	0.10
	2004		-0.08	-0.20		2004		-0.04	-0.08		2004		-0.03	-0.05
	2005		-0.05	-0.18		2005		0.00	-0.05		2005		0.04	0.01
	2006		-0.21	-0.33		2006		-0.11	-0.15		2006		-0.12	-0.14
	2007		-0.17	-0.29		2007		-0.10	-0.15		2007		-0.12	-0.14
	2008		-0.01	-0.13		2008		-0.04	-0.09		2008		-0.03	-0.05
	2009		-0.08	-0.20		2009		-0.09	-0.14		2009		-0.09	-0.11
	2010		0.03	-0.10		2010		-0.06	-0.11		2010		-0.11	-0.14
	2011		0.07	-0.05		2011		-0.02	-0.06		2011		-0.02	-0.04
	2012		0.07	-0.05		2012		0.09	0.05		2012		0.00	-0.02
	2013		0.06	-0.06		2013		0.08	0.03		2013		-0.01	-0.03
	2014		0.08	-0.04		2014		0.09	0.04		2014		-0.02	-0.04
2015	0.23	0.11	2015	0.14	0.09	2015	0.07	0.04						
M2	2000	0.11	-0.01	0.10	M4	2000	0.09	0.00	0.09	M6	2000	-0.01	-0.16	-0.17
	2001		0.04	0.15		2001		0.11	0.20		2001		-0.10	-0.11
	2002		0.03	0.14		2002		0.10	0.19		2002		-0.07	-0.08
	2003		0.09	0.20		2003		-0.04	0.05		2003		-0.05	-0.06
	2004		-0.09	0.02		2004		-0.01	0.08		2004		-0.16	-0.17
	2005		-0.10	0.00		2005		-0.13	-0.04		2005		0.11	0.09
	2006		-0.21	-0.10		2006		-0.24	-0.15		2006		0.04	0.03
	2007		-0.04	0.07		2007		-0.25	-0.16		2007		0.08	0.07
	2008		0.10	0.21		2008		0.03	0.12		2008		0.18	0.17
	2009		-0.02	0.09		2009		0.03	0.12		2009		-0.02	-0.03
	2010		-0.06	0.04		2010		-0.01	0.08		2010		-0.08	-0.10
	2011		0.08	0.19		2011		0.15	0.24		2011		0.01	0.00
	2012		0.13	0.24		2012		0.09	0.18		2012		0.06	0.05
	2013		0.08	0.19		2013		0.04	0.13		2013		0.04	0.03
	2014		0.04	0.15		2014		0.02	0.11		2014		0.04	0.03
2015	-0.06	0.04	2015	0.10	0.19	2015	0.07	0.05						

### 9.2.1.12.3 Regresión con efecto aleatorio

$r^{2\text{global}} 0.72$

$$\text{Log}(\text{diésel}) = -0.95 + M_i + 0.70 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.08$ ,  $\sigma_e 0.10$  y Rho 0.42

**Tabla 69: Residuales. regresión efecto aleatorio análisis precio mina. Diésel.**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	-0.11	-0.02	-0.13	M3	2000	-0.04	-0.02	-0.06	M5	2000	-0.02	0.09	0.07
	2001		0.01	-0.10		2001		0.03	-0.01		2001		0.12	0.10
	2002		0.05	-0.06		2002		0.04	0.00		2002		0.11	0.09
	2003		-0.02	-0.13		2003		0.01	-0.03		2003		0.12	0.10
	2004		-0.09	-0.20		2004		-0.04	-0.08		2004		-0.03	-0.05
	2005		-0.06	-0.18		2005		0.00	-0.05		2005		0.03	0.01
	2006		-0.22	-0.33		2006		-0.11	-0.15		2006		-0.12	-0.14
	2007		-0.18	-0.29		2007		-0.11	-0.15		2007		-0.12	-0.14
	2008		-0.02	-0.13		2008		-0.05	-0.09		2008		-0.03	-0.05
	2009		-0.09	-0.20		2009		-0.10	-0.14		2009		-0.09	-0.11
	2010		0.02	-0.10		2010		-0.06	-0.11		2010		-0.12	-0.14
	2011		0.06	-0.05		2011		-0.02	-0.06		2011		-0.02	-0.04
	2012		0.06	-0.05		2012		0.09	0.05		2012		0.00	-0.02
	2013		0.05	-0.06		2013		0.07	0.03		2013		-0.01	-0.03
	2014		0.07	-0.04		2014		0.08	0.04		2014		-0.02	-0.04
2015	0.23	0.11	2015	0.13	0.09	2015	0.06	0.04						
M2	2000	0.10	0.00	0.10	M4	2000	0.08	0.01	0.09	M6	2000	-0.01	-0.16	-0.17
	2001		0.05	0.15		2001		0.11	0.20		2001		-0.10	-0.11
	2002		0.04	0.14		2002		0.11	0.19		2002		-0.07	-0.08
	2003		0.10	0.20		2003		-0.04	0.05		2003		-0.05	-0.06
	2004		-0.08	0.02		2004		-0.01	0.08		2004		-0.16	-0.17
	2005		-0.10	0.00		2005		-0.12	-0.04		2005		0.11	0.09
	2006		-0.20	-0.10		2006		-0.23	-0.15		2006		0.04	0.03
	2007		-0.03	0.07		2007		-0.24	-0.16		2007		0.08	0.07
	2008		0.11	0.21		2008		0.04	0.12		2008		0.18	0.17
	2009		-0.01	0.09		2009		0.04	0.12		2009		-0.02	-0.03
	2010		-0.06	0.04		2010		0.00	0.08		2010		-0.08	-0.10
	2011		0.09	0.19		2011		0.16	0.24		2011		0.01	0.00
	2012		0.14	0.24		2012		0.09	0.18		2012		0.06	0.05

2013	0.09	0.19	2013	0.05	0.13	2013	0.04	0.03
2014	0.05	0.15	2014	0.03	0.11	2014	0.04	0.03
2015	-0.06	0.04	2015	0.11	0.19	2015	0.07	0.05

#### 9.2.1.12.4 Tipo de regresión a realizar

##### 9.2.1.12.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

Para analizar esto, lo da directamente el programa computacional STATA al realizar la regresión lineal con efectos fijos. Ho en este caso es que todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value (0.00) entregado indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

##### 9.2.1.12.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Para analizar qué tipo de regresión a realizar, se debe realizar la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios, en STATA, la prueba a realizar es la de Breusch y Pagan. La hipótesis nula ( $H_0$ ) es que la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de  $u$  es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

##### 9.2.1.12.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

Ya que se pudo demostrar que en este caso no se debe realizar una regresión agrupada, porque si se debe tomar en consideración los efectos de los individuos y del tiempo, la pregunta es, regresión de efectos fijos o regresión de efectos aleatorios. La respuesta depende de la posible correlación que puede existir entre  $u_i$  y la variable independiente. El modelo de efectos aleatorios supone que esta correlación es cero.

Para realizar esta prueba se utiliza el test de Hausman, donde la hipótesis nula plantea que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.

El p-value (1.00) indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

#### 9.2.1.12.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.70, lo cual es congruente, porque esto significa que el costo del diésel está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es -1.06, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será -1.06, por lo tanto, los costos de combustible serán de 0.09[c\$/lb].

### 9.2.1.12.6 Efectos Temporales

La incorporación de variables dicotómicas estatales permite modelar características de las entidades que no cambian en el tiempo, pero si afectan el resultado de interés. Pero también es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.90 y  $R^2$  global es de 0.80

**Tabla 70: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Diésel.**

Logaritmo Diésel	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.79	0.06	0.07	0.04	-0.07	-0.03	-0.17	-0.13	0.01	-0.06
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.	Sigma u	Sigma e	Rho
Coefficiente	-0.09	0	0.03	0.01	0.01	0.06	-1.15	0.09	0.08	0.56

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no. La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero.

Los resultados del test entregado por STATA es

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, son significativas las variables dicotómicas temporales para el estudio.

### 9.2.1.12.7 Autocorrelación (correlación serial)

En este punto se busca saber si los errores  $e_{it}$ , son o no independientes con respecto al tiempo. Para realizar este test se utilizará la prueba desarrollada por Wooldridge, donde la hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, si existe correlación temporal.

### 9.2.1.12.8 Heterocedasticidad

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante, donde la hipótesis nula de esta prueba es que no existe problema de heteroscedasticidad, en otras palabras, que todas las varianzas son iguales para todas las empresas.

El p-value (0.16) indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no existe problema de heteroscedasticidad.

### 9.2.1.12.9 Correlación contemporánea

El test de Breusch y Pagan para identificar problemas de correlación contemporánea en los residuales de un modelo de efectos fijos.

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

### 9.2.1.12.10 Residuales luego de las correcciones

Tabla 71: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, diésel.

mina	ao	ui	eit	Residual combinado	mina	ao	ui	eit	Residual combinado	mina	ao	ui	eit	Residual combinado
M1	2000	-0.11	-0.07	-0.18	M3	2000	-0.04	-0.07	-0.11	M5	2000	-0.04	0.06	0.02
	2001		-0.16	-0.16		2001		-0.07	-0.07		2001		0.04	0.04
	2002		-0.12	-0.12		2002		-0.06	-0.06		2002		0.03	0.03
	2003		-0.19	-0.19		2003		-0.09	-0.09		2003		0.04	0.04
	2004		-0.24	-0.24		2004		-0.12	-0.12		2004		-0.09	-0.09
	2005		-0.20	-0.20		2005		-0.07	-0.07		2005		-0.01	-0.01
	2006		-0.33	-0.33		2006		-0.15	-0.15		2006		-0.14	-0.14
	2007		-0.29	-0.29		2007		-0.15	-0.15		2007		-0.14	-0.14
	2008		-0.13	-0.13		2008		-0.09	-0.09		2008		-0.05	-0.05
	2009		-0.21	-0.21		2009		-0.15	-0.15		2009		-0.12	-0.12
	2010		-0.09	-0.09		2010		-0.10	-0.10		2010		-0.13	-0.13
	2011		-0.04	-0.04		2011		-0.05	-0.05		2011		-0.03	-0.03
	2012		-0.05	-0.05		2012		0.05	0.05		2012		-0.02	-0.02
	2013		-0.05	-0.05		2013		0.04	0.04		2013		-0.02	-0.02
	2014		-0.04	-0.04		2014		0.04	0.04		2014		-0.04	-0.04
2015	0.11	0.11	2015	0.09	0.09	2015	0.04	0.04						
M2	2000	0.09	-0.05	0.05	M4	2000	0.09	-0.05	0.04	M6	2000	0.01	-0.23	-0.22
	2001		0.09	0.09		2001		0.14	0.14		2001		-0.17	-0.17
	2002		0.08	0.08		2002		0.13	0.13		2002		-0.14	-0.14
	2003		0.14	0.14		2003		-0.01	-0.01		2003		-0.12	-0.12
	2004		-0.02	-0.02		2004		0.04	0.04		2004		-0.21	-0.21
	2005		-0.02	-0.02		2005		-0.06	-0.06		2005		0.07	0.07
	2006		-0.10	-0.10		2006		-0.15	-0.15		2006		0.03	0.03
	2007		0.07	0.07		2007		-0.16	-0.16		2007		0.07	0.07
	2008		0.21	0.21		2008		0.12	0.12		2008		0.17	0.17
	2009		0.08	0.08		2009		0.11	0.11		2009		-0.04	-0.04

2010	0.05	0.05	2010	0.09	0.09	2010	-0.09	-0.09
2011	0.20	0.20	2011	0.25	0.25	2011	0.01	0.01
2012	0.24	0.24	2012	0.18	0.18	2012	0.05	0.05
2013	0.20	0.20	2013	0.14	0.14	2013	0.04	0.04
2014	0.15	0.15	2014	0.11	0.11	2014	0.03	0.03
2015	0.04	0.04	2015	0.19	0.19	2015	0.05	0.05

### 9.2.1.13 Energía

#### 9.2.1.13.1 Regresión agrupada

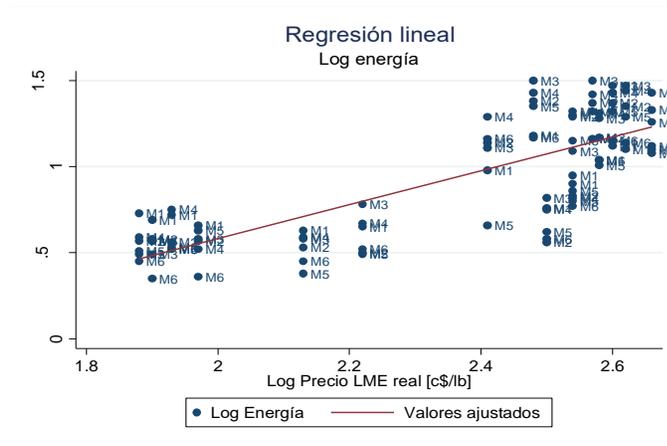


Tabla 72: Tabla ANOVA datos empresas, regresión agrupada. Energía

$r^{2\text{global}} = 0.63$

$$\text{Log}(\text{energía}) = -1.38 + 0.98 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 73: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Energía.

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	0.11	M3	2000	0.03	M5	2000	0.08
	2001	0.21		2001	0.01		2001	0.09
	2002	0.26		2002	0.02		2002	0.04
	2003	0.21		2003	0.02		2003	0.01
	2004	-0.08		2004	-0.13		2004	-0.33
	2005	-0.15		2005	-0.02		2005	-0.31

	2006	-0.31		2006	-0.25		2006	-0.45
	2007	-0.21		2007	-0.02		2007	-0.31
	2008	-0.16		2008	0.19		2008	-0.25
	2009	-0.01		2009	0.12		2009	-0.33
	2010	-0.11		2010	0.13		2010	-0.14
	2011	-0.13		2011	0.10		2011	-0.11
	2012	-0.09		2012	0.28		2012	0.10
	2013	-0.05		2013	0.30		2013	0.15
	2014	0.02		2014	0.36		2014	0.18
	2015	0.13		2015	0.45		2015	0.30
	2000	0.02		2000	-0.03		2000	-0.19
	2001	0.10		2001	0.09		2001	-0.13
	2002	0.10		2002	0.12		2002	-0.02
	2003	0.05		2003	0.24		2003	0.01
	2004	-0.18		2004	-0.12		2004	-0.26
	2005	-0.30		2005	-0.13		2005	-0.28
	2006	-0.51		2006	-0.32		2006	-0.49
	2007	-0.28		2007	-0.29		2007	-0.34
M2	2008	0.18	M4	2008	0.21	M6	2008	0.04
	2009	0.15		2009	0.30		2009	0.17
	2010	0.02		2010	0.16		2010	-0.11
	2011	0.03		2011	0.20		2011	-0.15
	2012	0.16		2012	0.25		2012	-0.05
	2013	0.20		2013	0.26		2013	-0.02
	2014	0.23		2014	0.28		2014	0.02
	2015	0.33		2015	0.38		2015	0.12

### 9.2.1.13.2 Regresión con efectos fijos

#### 9.2.1.13.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}} 0.69$

$$\text{Log}(\text{energía}) = -1.40 + M_i + 0.98 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 74: Estimación de parámetros. Datos Análisis precio-costo. 95[%] intervalo de confianza. Regresión efectos fijos. Energía.**

M2	M3	M4	M5	M6
0.04	0.12	0.12	-0.06	-0.08

**Tabla 75: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Energía.**

mina	ao	Residual	mina	ao	Residual	mina	ao	Residual
M1	2000	0.13	M3	2000	-0.07	M5	2000	0.16
	2001	0.23		2001	-0.09		2001	0.17
	2002	0.29		2002	-0.07		2002	0.13
	2003	0.23		2003	-0.08		2003	0.09
	2004	-0.06		2004	-0.23		2004	-0.25
	2005	-0.12		2005	-0.12		2005	-0.23
	2006	-0.29		2006	-0.35		2006	-0.37
	2007	-0.19		2007	-0.12		2007	-0.23
	2008	-0.14		2008	0.09		2008	-0.17
	2009	0.02		2009	0.03		2009	-0.24
	2010	-0.09		2010	0.03		2010	-0.06
	2011	-0.11		2011	0.00		2011	-0.03
	2012	-0.07		2012	0.18		2012	0.18
	2013	-0.03		2013	0.20		2013	0.23
	2014	0.04		2014	0.26		2014	0.26
2015	0.15	2015	0.35	2015	0.38			
M2	2000	0.00	M4	2000	-0.13	M6	2000	-0.09
	2001	0.08		2001	-0.01		2001	-0.03
	2002	0.09		2002	0.03		2002	0.09
	2003	0.03		2003	0.14		2003	0.11
	2004	-0.20		2004	-0.22		2004	-0.15
	2005	-0.32		2005	-0.23		2005	-0.17
	2006	-0.53		2006	-0.42		2006	-0.39
	2007	-0.30		2007	-0.39		2007	-0.24
	2008	0.16		2008	0.11		2008	0.14
	2009	0.14		2009	0.21		2009	0.28
	2010	0.00		2010	0.06		2010	-0.01
	2011	0.01		2011	0.10		2011	-0.04
	2012	0.14		2012	0.15		2012	0.06
	2013	0.18		2013	0.16		2013	0.08
	2014	0.21		2014	0.18		2014	0.12
2015	0.31	2015	0.28	2015	0.22			

9.2.1.13.2 Sin dummies

$r^{2\text{global}} 0.63$  y  $r^{2\text{entre}} 0.67$

$$\text{Log}(\text{energía}) = -1.43 + M_i + 0.59 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.09$ ,  $\sigma_e 0.20$  y Rho 0.16

**Tabla 76: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Energía.**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	-0.02	0.13	0.11	M3	2000	0.10	-0.07	0.03	M5	2000	-0.08	0.16	0.08
	2001		0.23	0.21		2001		-0.09	0.01		2001		0.17	0.09
	2002		0.29	0.26		2002		-0.07	0.02		2002		0.13	0.04
	2003		0.23	0.21		2003		-0.08	0.02		2003		0.09	0.01
	2004		-0.06	-0.08		2004		-0.23	-0.13		2004		-0.25	-0.33
	2005		-0.12	-0.15		2005		-0.12	-0.02		2005		-0.23	-0.31
	2006		-0.29	-0.31		2006		-0.35	-0.25		2006		-0.37	-0.45
	2007		-0.19	-0.21		2007		-0.12	-0.02		2007		-0.23	-0.31
	2008		-0.14	-0.16		2008		0.09	0.19		2008		-0.17	-0.25
	2009		0.02	-0.01		2009		0.03	0.12		2009		-0.24	-0.33
	2010		-0.09	-0.11		2010		0.03	0.13		2010		-0.06	-0.14
	2011		-0.11	-0.13		2011		0.00	0.10		2011		-0.03	-0.11
	2012		-0.07	-0.09		2012		0.18	0.28		2012		0.18	0.10
	2013		-0.03	-0.05		2013		0.20	0.30		2013		0.23	0.15
	2014		0.04	0.02		2014		0.26	0.36		2014		0.26	0.18
2015	0.15	0.13	2015	0.35	0.45	2015	0.38	0.30						
M2	2000	0.02	0.00	0.02	M4	2000	0.10	-0.13	-0.03	M6	2000	-0.11	-0.09	-0.19
	2001		0.08	0.10		2001		-0.01	0.09		2001		-0.03	-0.13
	2002		0.09	0.10		2002		0.03	0.12		2002		0.09	-0.02
	2003		0.03	0.05		2003		0.14	0.24		2003		0.11	0.01
	2004		-0.20	-0.18		2004		-0.22	-0.12		2004		-0.15	-0.26
	2005		-0.32	-0.30		2005		-0.23	-0.13		2005		-0.17	-0.28
	2006		-0.53	-0.51		2006		-0.42	-0.32		2006		-0.39	-0.49
	2007		-0.30	-0.28		2007		-0.39	-0.29		2007		-0.24	-0.34
	2008		0.16	0.18		2008		0.11	0.21		2008		0.14	0.04
	2009		0.14	0.15		2009		0.21	0.30		2009		0.28	0.17
	2010		0.00	0.02		2010		0.06	0.16		2010		-0.01	-0.11
	2011		0.01	0.03		2011		0.10	0.20		2011		-0.04	-0.15
	2012		0.14	0.16		2012		0.15	0.25		2012		0.06	-0.05

	2013		0.18	0.20		2013		0.16	0.26		2013		0.08	-0.02
	2014		0.21	0.23		2014		0.18	0.28		2014		0.12	0.02
	2015		0.31	0.33		2015		0.28	0.38		2015		0.22	0.12

### 9.2.1.13.3 Regresión con efectos aleatorios

$r^{2\text{global}} 0.63$

$$\text{Log}(\text{energía}) = -1.38 + M_i + 0.98 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.07$ ,  $\sigma_e 0.20$  y Rho 0.11

**Tabla 77: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Energía.**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	-0.02	0.12	0.11	M3	2000	0.07	-0.04	0.03	M5	2000	-0.05	0.13	0.08
	2001		0.22	0.21		2001		-0.06	0.01		2001		0.14	0.09
	2002		0.28	0.26		2002		-0.04	0.02		2002		0.10	0.04
	2003		0.22	0.21		2003		-0.05	0.02		2003		0.06	0.01
	2004		-0.06	-0.08		2004		-0.20	-0.13		2004		-0.28	-0.33
	2005		-0.13	-0.15		2005		-0.08	-0.02		2005		-0.25	-0.31
	2006		-0.30	-0.31		2006		-0.32	-0.25		2006		-0.40	-0.45
	2007		-0.20	-0.21		2007		-0.09	-0.02		2007		-0.26	-0.31
	2008		-0.15	-0.16		2008		0.12	0.19		2008		-0.20	-0.25
	2009		0.01	-0.01		2009		0.06	0.12		2009		-0.27	-0.33
	2010		-0.10	-0.11		2010		0.06	0.13		2010		-0.09	-0.14
	2011		-0.11	-0.13		2011		0.03	0.10		2011		-0.06	-0.11
	2012		-0.08	-0.09		2012		0.21	0.28		2012		0.15	0.10
	2013		-0.04	-0.05		2013		0.23	0.30		2013		0.20	0.15
	2014		0.03	0.02		2014		0.29	0.36		2014		0.23	0.18
2015	0.14	0.13	2015	0.38	0.45	2015	0.35	0.30						
M2	2000	0.01	0.01	0.02	M4	2000	0.07	-0.10	-0.03	M6	2000	-0.07	-0.12	-0.19
	2001		0.08	0.10		2001		0.02	0.09		2001		-0.06	-0.13
	2002		0.09	0.10		2002		0.06	0.12		2002		0.06	-0.02
	2003		0.03	0.05		2003		0.17	0.24		2003		0.08	0.01
	2004		-0.19	-0.18		2004		-0.19	-0.12		2004		-0.19	-0.26
	2005		-0.31	-0.30		2005		-0.19	-0.13		2005		-0.21	-0.28
	2006		-0.53	-0.51		2006		-0.39	-0.32		2006		-0.42	-0.49
	2007		-0.29	-0.28		2007		-0.36	-0.29		2007		-0.27	-0.34

2008	0.17	0.18	2008	0.14	0.21	2008	0.11	0.04
2009	0.14	0.15	2009	0.24	0.30	2009	0.25	0.17
2010	0.01	0.02	2010	0.09	0.16	2010	-0.04	-0.11
2011	0.02	0.03	2011	0.13	0.20	2011	-0.08	-0.15
2012	0.15	0.16	2012	0.18	0.25	2012	0.02	-0.05
2013	0.19	0.20	2013	0.19	0.26	2013	0.05	-0.02
2014	0.22	0.23	2014	0.21	0.28	2014	0.09	0.02
2015	0.31	0.33	2015	0.31	0.38	2015	0.19	0.12

#### 9.2.1.13.4 Tipo de regresión a realizar

##### 9.2.1.13.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

Para analizar esto, lo da directamente el programa computacional STATA al realizar la regresión lineal con efectos fijos. Ho en este caso es que todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value entregado (0.01) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

##### 9.2.1.13.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Para analizar qué tipo de regresión a realizar, se debe realizar la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios, en STATA, la prueba a realizar es la de Breusch y Pagan. Ho en este caso es que la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

El p-value (0.01) indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de  $u$  es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

##### 9.2.1.13.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

Para realizar esta prueba se utiliza el test de Hausman, donde la hipótesis nula plantea que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.

El p-value (0.00) indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

#### 9.2.1.13.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.98 lo cual es congruente, porque esto significa que el costo de la energía está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es -1.40, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será -1.40, por lo tanto, los costos serán de 0.04 [c\$/lb]. Recordando que los costos se dividen en costos fijos y costos variables, aunque no exista producción, se tendrán costos fijos, los cuales de deben suplir a menos que la empresa cierre sus puertas.

### 9.2.1.13.6 Efectos Temporales

Es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.92 y  $R^2$  global es de 0.87

**Tabla 78: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Energía**

Logaritmo Energía	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.97	0.06	0.09	0.09	-0.18	-0.19	-0.38	-0.24	0.04	0.08
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	const	sigma <sub>u</sub>	sigma <sub>e</sub>	rho
Coefficiente	0	0	0.12	0.15	0.19	0.29	-1.35	0.09	0.11	0.39

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no. La hipótesis nula es que para cada año  $n_i$  es igual a cero.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, son significativas las variables dicotómicas temporales para el estudio.

### 9.2.1.13.7 Autocorrelación (correlación serial)

En este punto se busca saber si los errores  $e_{it}$ , son o no independientes con respecto al tiempo. Para realizar este test se utilizará la prueba desarrollada por Wooldridge, la cual puede ejecutarse con STATA utilizando el comando xtserial. La hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, si existe correlación temporal.

### 9.2.1.13.8 Heterocedasticidad

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante.

El p-value (0.49) indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no hay problemas de heteroscedasticidad.

### 9.2.1.13.9 Correlación contemporánea

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí.

El p-value indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

### 9.2.1.13.10 Residuales luego de las correcciones

Tabla 79: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, energía.

mina	ao	ui	eit	Residual combinado	mina	ao	ui	eit	Residual combinado	mina	ao	ui	eit	Residual combinado
M1	2000	-0.16	-0.40	-0.57	M3	2000	0.17	-0.82	-0.65	M5	2000	-0.12	-0.47	-0.60
	2001		-0.36	-0.52		2001		-0.90	-0.72		2001		-0.52	-0.64
	2002		-0.32	-0.48		2002		-0.89	-0.72		2002		-0.58	-0.70
	2003		-0.34	-0.50		2003		-0.86	-0.69		2003		-0.58	-0.70
	2004		-0.46	-0.62		2004		-0.85	-0.67		2004		-0.75	-0.87
	2005		-0.46	-0.62		2005		-0.66	-0.49		2005		-0.66	-0.78
	2006		-0.39	-0.56		2006		-0.67	-0.50		2006		-0.58	-0.70
	2007		-0.26	-0.43		2007		-0.41	-0.24		2007		-0.40	-0.53
	2008		-0.21	-0.38		2008		-0.20	-0.03		2008		-0.34	-0.47
	2009		-0.16	-0.32		2009		-0.37	-0.19		2009		-0.52	-0.64
	2010		-0.13	-0.29		2010		-0.22	-0.05		2010		-0.20	-0.32
	2011		-0.08	-0.25		2011		-0.19	-0.02		2011		-0.10	-0.23
	2012		-0.07	-0.24		2012		-0.04	0.13		2012		0.07	-0.05
	2013		-0.05	-0.22		2013		-0.04	0.13		2013		0.11	-0.02
	2014		-0.01	-0.17		2014		0.00	0.17		2014		0.11	-0.01
2015	0.03	-0.14	2015	0.01	0.18	2015	0.16	0.03						
M2	2000	0.03	-0.69	-0.66	M4	2000	0.17	-0.88	-0.71	M6	2000	-0.09	-0.78	-0.87
	2001		-0.67	-0.63		2001		-0.82	-0.64		2001		-0.78	-0.86
	2002		-0.67	-0.64		2002		-0.79	-0.62		2002		-0.67	-0.76
	2003		-0.69	-0.66		2003		-0.64	-0.47		2003		-0.61	-0.70
	2004		-0.76	-0.72		2004		-0.84	-0.66		2004		-0.72	-0.80
	2005		-0.80	-0.77		2005		-0.77	-0.60		2005		-0.66	-0.75
	2006		-0.79	-0.76		2006		-0.74	-0.57		2006		-0.65	-0.74
	2007		-0.53	-0.50		2007		-0.68	-0.51		2007		-0.47	-0.56
	2008		-0.07	-0.04		2008		-0.18	-0.01		2008		-0.09	-0.18
	2009		-0.19	-0.16		2009		-0.18	-0.01		2009		-0.06	-0.14
	2010		-0.19	-0.16		2010		-0.19	-0.02		2010		-0.21	-0.29
	2011		-0.12	-0.09		2011		-0.09	0.08		2011		-0.18	-0.27

2012	-0.02	0.01	2012	-0.07	0.10	2012	-0.11	-0.20
2013	0.00	0.03	2013	-0.08	0.09	2013	-0.10	-0.19
2014	0.01	0.04	2014	-0.08	0.09	2014	-0.08	-0.17
2015	0.03	0.06	2015	-0.06	0.11	2015	-0.06	-0.15

### 9.2.1.14 Ácido

#### 9.2.1.14.1 Regresión agrupada

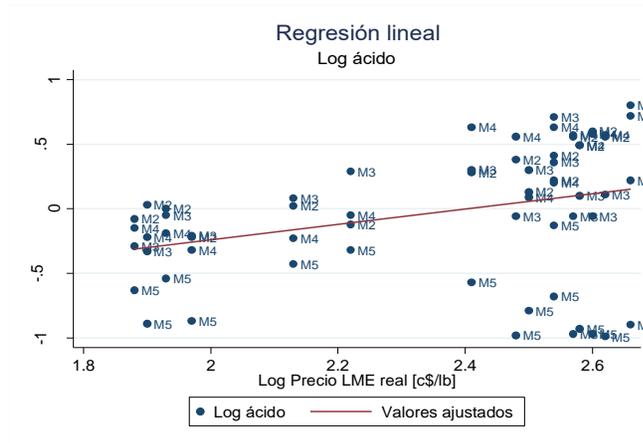


Ilustración 27: : Regresión lineal agrupada ácido

$r^{2\text{global}} 0.11$

$$\text{Log}(\text{ácido}) = -143 + 0.59 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 80: Residuales. regresión agrupada. análisis precio mina. Ácido

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000		M3	2000	0.05	M5	2000	-0.61
	2001			2001	-0.03		2001	-0.59
	2002			2002	0.02		2002	-0.32
	2003			2003	0.23		2003	-0.26
	2004			2004	0.24		2004	-0.27
	2005			2005	0.40		2005	-0.21
	2006			2006	0.24		2006	-0.85
	2007			2007	0.28		2007	-0.76

	2008			2008	0.63		2008	-0.21
	2009			2009	0.30		2009	-0.57
	2010			2010	0.00		2010	-1.03
	2011			2011	0.07		2011	-1.05
	2012			2012	-0.02		2012	-1.12
	2013			2013	-0.18		2013	-1.09
	2014			2014	-0.16		2014	-1.07
	2015			2015	-0.10		2015	-1.02
M2	2000	0.04	M4	2000	-0.06	M6	2000	
	2001	0.33		2001	0.08		2001	
	2002	0.23		2002	0.16		2002	
	2003	0.28		2003	0.09		2003	
	2004	0.18		2004	-0.07		2004	
	2005	-0.01		2005	0.06		2005	
	2006	0.07		2006	0.03		2006	
	2007	0.14		2007	0.12		2007	
	2008	0.33		2008	0.55		2008	
	2009	0.28		2009	0.63		2009	
	2010	0.39		2010	0.39		2010	
	2011	0.57		2011	0.65		2011	
	2012	0.43		2012	0.44		2012	
	2013	0.48		2013	0.46		2013	
	2014	0.46		2014	0.47		2014	
2015	0.34	2015	0.52	2015				

### 9.2.1.14.2 Regresión con efectos fijos

#### 9.2.1.14.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}} 0.75$

$$\text{Log}(\text{ácido}) = -2.12 + M_i + 0.59 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 81: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Ácido**

mina	ao	Residual	mina	ao	Residual	mina	ao	Residual
M1	2000		M3	2000	-0.07	M5	2000	0.08
	2001			2001	-0.15		2001	0.10
	2002			2002	-0.10		2002	0.37
	2003			2003	0.11		2003	0.43
	2004			2004	0.12		2004	0.42
	2005			2005	0.28		2005	0.48
	2006			2006	0.12		2006	-0.16
	2007			2007	0.16		2007	-0.07
	2008			2008	0.51		2008	0.48
	2009			2009	0.17		2009	0.12
	2010			2010	-0.13		2010	-0.35
	2011			2011	-0.06		2011	-0.36
	2012			2012	-0.14		2012	-0.43
	2013			2013	-0.30		2013	-0.40
	2014			2014	-0.28		2014	-0.38
2015		2015	-0.23	2015	-0.34			
M2	2000	-0.25	M4	2000	-0.34	M6	2000	
	2001	0.05		2001	-0.20		2001	
	2002	-0.05		2002	-0.12		2002	
	2003	0.00		2003	-0.19		2003	
	2004	-0.10		2004	-0.35		2004	
	2005	-0.29		2005	-0.22		2005	
	2006	-0.21		2006	-0.25		2006	
	2007	-0.14		2007	-0.16		2007	
	2008	0.05		2008	0.27		2008	
	2009	-0.01		2009	0.34		2009	
	2010	0.10		2010	0.10		2010	
	2011	0.28		2011	0.37		2011	
	2012	0.15		2012	0.16		2012	
	2013	0.20		2013	0.18		2013	
	2014	0.18		2014	0.19		2014	
2015	0.05	2015	0.23	2015				

9.2.1.14.2.2 Sin dummies

$r^{2\text{global}} 0.11$  y  $r^{2\text{entre}} 0.31$

$$\text{Log}(\text{ácido}) = -1.43 + M_i + 0.59 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u$  0.47,  $\sigma_e$  0.26y Rho 0.76

**Tabla 82: Residuales. regresión efectos fijos. análisis precio mina. Ácido**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000				M3	2000	0.12	-0.07	0.05	M5	2000	-0.69	0.08	-0.61
	2001					2001		-0.15	-0.03		2001		0.10	-0.59
	2002					2002		-0.10	0.02		2002		0.37	-0.32
	2003					2003		0.11	0.23		2003		0.43	-0.26
	2004					2004		0.12	0.24		2004		0.42	-0.27
	2005					2005		0.28	0.40		2005		0.48	-0.21
	2006					2006		0.12	0.24		2006		-0.16	-0.85
	2007					2007		0.16	0.28		2007		-0.07	-0.76
	2008					2008		0.51	0.63		2008		0.48	-0.21
	2009					2009		0.17	0.30		2009		0.12	-0.57
	2010					2010		-0.13	0.00		2010		-0.35	-1.03
	2011					2011		-0.06	0.07		2011		-0.36	-1.05
	2012					2012		-0.14	-0.02		2012		-0.43	-1.12
	2013					2013		-0.30	-0.18		2013		-0.40	-1.09
	2014					2014		-0.28	-0.16		2014		-0.38	-1.07
2015			2015	-0.23	-0.10	2015	-0.34	-1.02						
M2	2000	0.28	-0.25	0.04	M4	2000	0.28	-0.34	-0.06	M6	2000			
	2001		0.05	0.33		2001		-0.20	0.08		2001			
	2002		-0.05	0.23		2002		-0.12	0.16		2002			
	2003		0.00	0.28		2003		-0.19	0.09		2003			
	2004		-0.10	0.18		2004		-0.35	-0.07		2004			
	2005		-0.29	-0.01		2005		-0.22	0.06		2005			
	2006		-0.21	0.07		2006		-0.25	0.03		2006			
	2007		-0.14	0.14		2007		-0.16	0.12		2007			
	2008		0.05	0.33		2008		0.27	0.55		2008			
	2009		-0.01	0.28		2009		0.34	0.63		2009			
	2010		0.10	0.39		2010		0.10	0.39		2010			
	2011		0.28	0.57		2011		0.37	0.65		2011			
	2012		0.15	0.43		2012		0.16	0.44		2012			
	2013		0.20	0.48		2013		0.18	0.46		2013			
	2014		0.18	0.46		2014		0.19	0.47		2014			
2015	0.05	0.34	2015	0.23	0.52	2015								

### 9.2.1.14.3 Regresión con efectos aleatorios

$r^{2global} 0.11$

$$\text{Log}(\text{ácido}) = -1.43 + M_i + 0.59 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.46$ ,  $\sigma_e 0.26$  y  $\text{Rho } 0.76$

**Tabla 83: Residuales. regresión efectos aleatorios. análisis precio mina. Ácido**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	0.12			M3	2000	0.12	-0.07	0.05	M5	2000	-0.68	0.06	-0.61
	2001					2001		-0.15	-0.03		2001		0.09	-0.59
	2002					2002		-0.10	0.02		2002		0.36	-0.32
	2003					2003		0.11	0.23		2003		0.42	-0.26
	2004					2004		0.12	0.24		2004		0.41	-0.27
	2005					2005		0.28	0.40		2005		0.47	-0.21
	2006					2006		0.12	0.24		2006		-0.17	-0.85
	2007					2007		0.16	0.28		2007		-0.08	-0.76
	2008					2008		0.51	0.63		2008		0.47	-0.21
	2009					2009		0.18	0.30		2009		0.10	-0.57
	2010					2010		-0.13	0.00		2010		-0.36	-1.03
	2011					2011		-0.05	0.07		2011		-0.38	-1.05
	2012					2012		-0.14	-0.02		2012		-0.44	-1.12
	2013					2013		-0.30	-0.18		2013		-0.41	-1.09
	2014					2014		-0.28	-0.16		2014		-0.39	-1.07
2015			2015	-0.23	-0.10	2015	-0.35	-1.02						
M2	2000	0.28	-0.24	0.04	M4	2000	0.28	-0.34	-0.06	M6	2000			
	2001		0.05	0.33		2001		-0.20	0.08		2001			
	2002		-0.05	0.23		2002		-0.12	0.16		2002			
	2003		0.00	0.28		2003		-0.18	0.09		2003			
	2004		-0.09	0.18		2004		-0.34	-0.07		2004			
	2005		-0.29	-0.01		2005		-0.22	0.06		2005			
	2006		-0.21	0.07		2006		-0.24	0.03		2006			
	2007		-0.14	0.14		2007		-0.16	0.12		2007			
	2008		0.05	0.33		2008		0.27	0.55		2008			
	2009		0.00	0.28		2009		0.35	0.63		2009			
	2010		0.11	0.39		2010		0.11	0.39		2010			
	2011		0.29	0.57		2011		0.37	0.65		2011			
	2012		0.15	0.43		2012		0.16	0.44		2012			

2013	0.21	0.48	2013	0.19	0.46	2013		
2014	0.18	0.46	2014	0.19	0.47	2014		
2015	0.06	0.34	2015	0.24	0.52	2015		

#### 9.2.1.14.4 Tipo de regresión a realizar

##### 9.2.1.14.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

Para analizar esto, lo da directamente el programa computacional STATA al realizar la regresión lineal con efectos fijos. Ho en este caso es que todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value entregado es 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

##### 9.2.1.14.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Para analizar qué tipo de regresión a realizar, se debe realizar la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios, en STATA, la prueba a realizar es la de Breusch y Pagan. Ho en este caso es que la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de u es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

##### 9.2.1.14.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

Para realizar esta prueba se utiliza el test de Hausman, donde la hipótesis nula plantea que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.

El p-value (1.00) indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

#### 9.2.1.14.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.59

El intercepto es -2.11, lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será -2.11, por lo tanto, los costos serán de  $7.76e-3$  [c\$/lb].

#### 9.2.1.14.6 Efectos Temporales

Es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.46 y  $R^2$  global es de 0.16

**Tabla 84: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Ácido.**

Logaritmo Ácido	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.89	0.11	0.2	0.25	0.12	0.13	-0.13	-0.08	0.3	0.17
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	Const.	Sigma u	Sigma e	Rho
Coefficiente	-0.1	0	-0.11	-0.12	-0.1	-0.07	-2.16	0.47	0.26	0.76

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no. La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero.

El p-value (0.58) indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, el vector de las variables dicotómicas temporales es igual a cero para cada año.

#### **9.2.1.14.7 Autocorrelación (correlación serial)**

En este punto se busca saber si los errores  $e_{it}$ , son o no independientes con respecto al tiempo. La hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

$$F(1,5) = 209.02$$

$$\text{Prob} > F = 0.00$$

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, si existe correlación temporal.

#### **9.2.1.14.8 Heterocedasticidad**

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante. La hipótesis nula de esta prueba es que no existe problema de heteroscedasticidad, en otras palabras, que todas las varianzas son iguales para todas las empresas.

El p-value es 0.00, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula.

#### **9.2.1.14.9 Correlación contemporánea**

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

### 9.2.1.14.10 Residuales luego de las correcciones

Tabla 85: Residuales luego de la corrección, análisis precio-costos, ácido.

	Año	Error total	mina	Año	Error total	mina	Año	Error total
M1	2000	-	M3	2000	-0.11	M5	2000	-0.26
M1	2001	-	M3	2001	0.01	M5	2001	-0.24
M1	2002	-	M3	2002	0.06	M5	2002	-0.41
M1	2003	-	M3	2003	-0.10	M5	2003	-0.41
M1	2004	-	M3	2004	-0.18	M5	2004	-0.47
M1	2005	-	M3	2005	-0.21	M5	2005	-0.40
M1	2006	-	M3	2006	-0.24	M5	2006	0.05
M1	2007	-	M3	2007	-0.20	M5	2007	0.03
M1	2008	-	M3	2008	-0.13	M5	2008	-0.10
M1	2009	-	M3	2009	0.05	M5	2009	0.12
M1	2010	-	M3	2010	0.05	M5	2010	0.27
M1	2011	-	M3	2011	0.12	M5	2011	0.44
M1	2012	-	M3	2012	0.07	M5	2012	0.36
M1	2013	-	M3	2013	0.18	M5	2013	0.29
M1	2014	-	M3	2014	0.18	M5	2014	0.29
M1	2015	-	M3	2015	0.17	M5	2015	0.29
M2	2000	1.91	M4	2000	0.19	M6	2000	-
M2	2001	1.66	M4	2001	0.09	M6	2001	-
M2	2002	1.86	M4	2002	0.11	M6	2002	-
M2	2003	1.86	M4	2003	0.24	M6	2003	-
M2	2004	1.89	M4	2004	0.33	M6	2004	-
M2	2005	2.21	M4	2005	0.32	M6	2005	-
M2	2006	1.94	M4	2006	0.17	M6	2006	-
M2	2007	1.95	M4	2007	0.15	M6	2007	-
M2	2008	2.18	M4	2008	0.14	M6	2008	-
M2	2009	2.08	M4	2009	-0.09	M6	2009	-
M2	2010	1.67	M4	2010	-0.15	M6	2010	-
M2	2011	1.63	M4	2011	-0.27	M6	2011	-

M2	2012	1.63	M4	2012	-0.20	M6	2012	-
M2	2013	1.53	M4	2013	-0.26	M6	2013	-
M2	2014	1.57	M4	2014	-0.26	M6	2014	-
M2	2015	1.74	M4	2015	-0.25	M6	2015	-

9.2.1.15 Insumos

9.2.1.15.1 Regresión agrupada

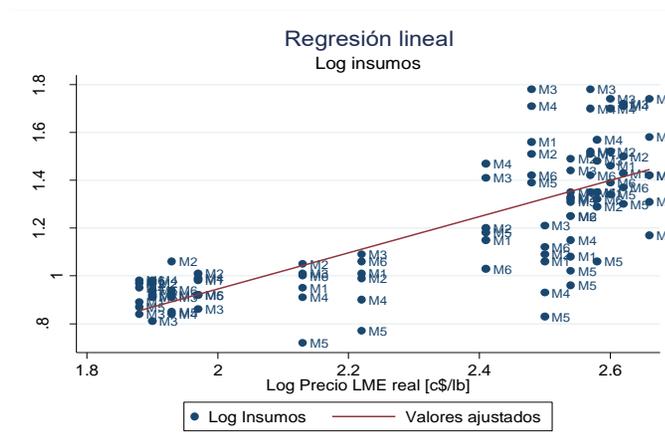


Ilustración 28: Regresión lineal agrupada insumos

$r^{2\text{global}} 0.57$

$$\text{Log (insumos)} = -0.57 + M_i + 0.76 * \text{Log(precio)} + \varepsilon_{i,t}$$

Tabla 86: Residuales, regresión agrupada. Análisis precio-costos. Insumos

mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado	mina	año	Residuales agrupado
M1	2000	0.06	M3	2000	-0.06	M5	2000	0.00
	2001	0.05		2001	-0.06		2001	0.07
	2002	0.04		2002	-0.01		2002	0.02
	2003	0.03		2003	0.02		2003	-0.04
	2004	-0.09		2004	-0.03		2004	-0.32
	2005	-0.10		2005	-0.02		2005	-0.34
	2006	-0.26		2006	-0.11		2006	-0.49

	2007	-0.27		2007	-0.04		2007	-0.39
	2008	-0.02		2008	0.09		2008	-0.33
	2009	-0.11		2009	0.15		2009	-0.08
	2010	-0.03		2010	0.10		2010	-0.32
	2011	-0.02		2011	0.14		2011	-0.27
	2012	0.02		2012	0.31		2012	-0.11
	2013	0.06		2013	0.34		2013	-0.06
	2014	0.13		2014	0.40		2014	-0.03
	2015	0.25		2015	0.47		2015	0.08
M2	2000	0.09	M4	2000	0.07	M6	2000	0.00
	2001	0.10		2001	0.11		2001	0.04
	2002	0.12		2002	0.10		2002	0.13
	2003	0.17		2003	-0.05		2003	0.05
	2004	0.01		2004	-0.13		2004	-0.04
	2005	-0.12		2005	-0.21		2005	-0.05
	2006	-0.23		2006	-0.39		2006	-0.20
	2007	-0.10		2007	-0.20		2007	-0.10
	2008	0.14		2008	-0.03		2008	0.00
	2009	-0.06		2009	0.21		2009	-0.23
	2010	-0.09		2010	0.19		2010	-0.06
	2011	-0.02		2011	0.30		2011	-0.13
	2012	0.09		2012	0.30		2012	-0.04
	2013	0.12		2013	0.30		2013	-0.01
	2014	0.14		2014	0.32		2014	0.04
2015	0.20	2015	0.40	2015	0.11			

### 9.2.1.15.2 Regresión con efectos fijos

#### 9.2.1.15.2.1 Con dummies

$r^{2\text{global}} 0.67$

$$\text{Log}(\text{insumos}) = -0.58 + M_i + 0.76 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

**Tabla 87: coeficientes regresión efectos fijos con dummies. Análisis precio-costos. Insumos**

M2	M3	M4	M5	M6
0.05	0.12	0.1	-0.15	-0.01

**Tabla 88: Residuales, regresión lineal efectos fijos con dummies, análisis precio-costos. Insumos**

mina	año	Residual	mina	año	Residual	mina	año	Residual
M1	2000	0.08	M3	2000	-0.17	M5	2000	0.16
	2001	0.07		2001	-0.16		2001	0.23
	2002	0.05		2002	-0.12		2002	0.18
	2003	0.05		2003	-0.09		2003	0.12
	2004	-0.08		2004	-0.14		2004	-0.16
	2005	-0.08		2005	-0.13		2005	-0.18
	2006	-0.25		2006	-0.22		2006	-0.33
	2007	-0.26		2007	-0.15		2007	-0.23
	2008	-0.01		2008	-0.02		2008	-0.17
	2009	-0.09		2009	0.05		2009	0.09
	2010	-0.02		2010	-0.01		2010	-0.16
	2011	-0.01		2011	0.03		2011	-0.11
	2012	0.03		2012	0.20		2012	0.05
	2013	0.08		2013	0.24		2013	0.11
	2014	0.15		2014	0.30		2014	0.14
2015	0.27	2015	0.37	2015	0.25			
M2	2000	0.05	M4	2000	-0.01	M6	2000	0.03
	2001	0.07		2001	0.03		2001	0.07
	2002	0.08		2002	0.02		2002	0.16
	2003	0.13		2003	-0.13		2003	0.08
	2004	-0.03		2004	-0.21		2004	-0.01
	2005	-0.16		2005	-0.29		2005	-0.02
	2006	-0.27		2006	-0.47		2006	-0.17
	2007	-0.14		2007	-0.28		2007	-0.07
	2008	0.10		2008	-0.11		2008	0.03
	2009	-0.09		2009	0.14		2009	-0.19
	2010	-0.13		2010	0.11		2010	-0.03
	2011	-0.06		2011	0.22		2011	-0.10
	2012	0.05		2012	0.22		2012	-0.01
	2013	0.09		2013	0.22		2013	0.02

	2014	0.11		2014	0.24		2014	0.08
	2015	0.17		2015	0.32		2015	0.14

### 9.2.1.15.2.2 Sin dummies

$r^{2\text{global}} 0.57$  y  $r^{2\text{entre}} 0.64$

$$\text{Log}(\text{insumos}) = -0.57 + 0.76 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.10$ ,  $\sigma_e 0.17$  y  $\text{Rho} 0.25$

**Tabla 89: Residuales, regresión con efectos fijos, análisis precio-costo. Insumos**

mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo	mina	ao	ui_fijo	eit_fijo	Residual combinado fijo
M1	2000	-0.02	0.08	0.06	M3	2000	0.10	-0.17	-0.06	M5	2000	-0.17	0.16	0.00
	2001		0.07	0.05		2001		-0.16	-0.06		2001		0.23	0.07
	2002		0.05	0.04		2002		-0.12	-0.01		2002		0.18	0.02
	2003		0.05	0.03		2003		-0.09	0.02		2003		0.12	-0.04
	2004		-0.08	-0.09		2004		-0.14	-0.03		2004		-0.16	-0.32
	2005		-0.08	-0.10		2005		-0.13	-0.02		2005		-0.18	-0.34
	2006		-0.25	-0.26		2006		-0.22	-0.11		2006		-0.33	-0.49
	2007		-0.26	-0.27		2007		-0.15	-0.04		2007		-0.23	-0.39
	2008		-0.01	-0.02		2008		-0.02	0.09		2008		-0.17	-0.33
	2009		-0.09	-0.11		2009		0.05	0.15		2009		0.09	-0.08
	2010		-0.02	-0.03		2010		-0.01	0.10		2010		-0.16	-0.32
	2011		-0.01	-0.02		2011		0.03	0.14		2011		-0.11	-0.27
	2012		0.03	0.02		2012		0.20	0.31		2012		0.05	-0.11
	2013		0.08	0.06		2013		0.24	0.34		2013		0.11	-0.06
	2014		0.15	0.13		2014		0.30	0.40		2014		0.14	-0.03
2015	0.27	0.25	2015	0.37	0.47	2015	0.25	0.08						
M2	2000	0.03	0.05	0.09	M4	2000	0.08	-0.01	0.07	M6	2000	-0.03	0.03	0.00
	2001		0.07	0.10		2001		0.03	0.11		2001		0.07	0.04
	2002		0.08	0.12		2002		0.02	0.10		2002		0.16	0.13
	2003		0.13	0.17		2003		-0.13	-0.05		2003		0.08	0.05
	2004		-0.03	0.01		2004		-0.21	-0.13		2004		-0.01	-0.04
	2005		-0.16	-0.12		2005		-0.29	-0.21		2005		-0.02	-0.05
	2006		-0.27	-0.23		2006		-0.47	-0.39		2006		-0.17	-0.20
	2007		-0.14	-0.10		2007		-0.28	-0.20		2007		-0.07	-0.10
	2008		0.10	0.14		2008		-0.11	-0.03		2008		0.03	0.00

2009		-0.09	-0.06	2009		0.14	0.21	2009		-0.19	-0.23
2010		-0.13	-0.09	2010		0.11	0.19	2010		-0.03	-0.06
2011		-0.06	-0.02	2011		0.22	0.30	2011		-0.10	-0.13
2012		0.05	0.09	2012		0.22	0.30	2012		-0.01	-0.04
2013		0.09	0.12	2013		0.22	0.30	2013		0.02	-0.01
2014		0.11	0.14	2014		0.24	0.32	2014		0.08	0.04
2015		0.17	0.20	2015		0.32	0.40	2015		0.14	0.11

### 9.2.1.15.3 Regresión con efectos aleatorios

$r^{2\text{global}} 0.57$

$$\text{Log}(\text{insumos}) = -0.56 + 0.76 * \text{Log}(\text{precio}) + \varepsilon_{i,t}$$

Con  $\sigma_u 0.09$ ,  $\sigma_e 0.17$  y Rho 0.21

**Tabla 90: Residuales, regresión con efectos aleatorios, análisis precio-costo. Insumos**

mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio	mina	ao	ui_aleatorio	eit_aleatorio	Residual combinado aleatorio
M1	2000	-0.01	0.07	0.06	M3	2000	0.08	-0.15	-0.06	M5	2000	-0.13	0.13	0.00
	2001		0.06	0.05		2001		-0.14	-0.06		2001		0.20	0.07
	2002		0.05	0.04		2002		-0.10	-0.01		2002		0.15	0.02
	2003		0.04	0.03		2003		-0.07	0.02		2003		0.09	-0.04
	2004		-0.08	-0.09		2004		-0.12	-0.03		2004		-0.19	-0.32
	2005		-0.09	-0.10		2005		-0.11	-0.02		2005		-0.21	-0.34
	2006		-0.25	-0.26		2006		-0.20	-0.11		2006		-0.36	-0.49
	2007		-0.26	-0.27		2007		-0.13	-0.04		2007		-0.26	-0.39
	2008		-0.01	-0.02		2008		0.00	0.09		2008		-0.20	-0.33
	2009		-0.09	-0.11		2009		0.07	0.15		2009		0.06	-0.08
	2010		-0.02	-0.03		2010		0.01	0.10		2010		-0.19	-0.32
	2011		-0.01	-0.02		2011		0.05	0.14		2011		-0.14	-0.27
	2012		0.03	0.02		2012		0.22	0.31		2012		0.02	-0.11
	2013		0.08	0.06		2013		0.26	0.34		2013		0.08	-0.06
	2014		0.15	0.13		2014		0.32	0.40		2014		0.11	-0.03
2015	0.27	0.25	2015	0.39	0.47	2015	0.22	0.08						
M2	2000	0.03	0.06	0.09	M4	2000	0.06	0.00	0.07	M6	2000	-0.03	0.02	0.00
	2001		0.07	0.10		2001		0.05	0.11		2001		0.07	0.04
	2002		0.09	0.12		2002		0.03	0.10		2002		0.15	0.13
	2003		0.14	0.17		2003		-0.12	-0.05		2003		0.07	0.05
	2004		-0.02	0.01		2004		-0.20	-0.13		2004		-0.02	-0.04

2005		-0.15	-0.12	2005		-0.28	-0.21	2005		-0.03	-0.05
2006		-0.26	-0.23	2006		-0.46	-0.39	2006		-0.18	-0.20
2007		-0.13	-0.10	2007		-0.27	-0.20	2007		-0.08	-0.10
2008		0.11	0.14	2008		-0.10	-0.03	2008		0.02	0.00
2009		-0.08	-0.06	2009		0.15	0.21	2009		-0.20	-0.23
2010		-0.12	-0.09	2010		0.12	0.19	2010		-0.04	-0.06
2011		-0.05	-0.02	2011		0.23	0.30	2011		-0.11	-0.13
2012		0.06	0.09	2012		0.23	0.30	2012		-0.02	-0.04
2013		0.09	0.12	2013		0.24	0.30	2013		0.02	-0.01
2014		0.12	0.14	2014		0.26	0.32	2014		0.07	0.04
2015		0.17	0.20	2015		0.34	0.40	2015		0.14	0.11

### 9.2.1.15.4 Tipo de regresión a realizar

#### 9.2.1.15.4.1 Efectos fijos o regresión agrupada

Para analizar esto, lo da directamente el programa computacional STATA al realizar la regresión lineal con efectos fijos. Ho en este caso es que todas las variables dicotómicas son iguales a cero.

El p-value (0.00) entregado, indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, entre efectos fijos o regresión agrupada, se debe realizar la regresión con efectos fijos.

#### 9.2.1.15.4.2 Efectos aleatorios o regresión agrupada

Para analizar qué tipo de regresión a realizar, se debe realizar la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios, en STATA, la prueba a realizar es la de Breusch y Pagan.

Ho en este caso es que la varianza de la desviación aleatoria es igual a cero, por lo tanto, no existe ninguna diferencia relevante entre la regresión agrupada y la regresión de efectos aleatorios.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, las varianzas de u es distinto de cero, por lo tanto, entre regresión de efectos aleatorios o regresión agrupada, se debe utilizar la regresión de efectos aleatorios.

#### 9.2.1.15.4.3 Efectos fijos o efectos aleatorios

Para realizar esta prueba se utiliza el test de Hausman, donde la hipótesis nula plantea que los estimadores de efectos aleatorios y de efectos fijos no difieren sustancialmente.

El p-value (1.00) indica que no se puede rechazar la hipótesis, por lo que, entre la regresión de efectos fijos y la regresión de efectos aleatorios, es más conveniente realizar la regresión de efectos aleatorios debido a que no se estiman tantas variables dummies, el modelo es más eficiente. Pero al ver el  $r^2$  conviene usar regresión con efectos fijos con dummies.

### 9.2.1.15.5 Significado de los parámetros

Al observar los parámetros obtenidos en la regresión, se puede ver una pendiente de 0.76, lo cual es congruente, porque esto significa que el costo está relacionado positivamente con el precio.

El intercepto es  $-0.58$ , lo cual indica que, si el precio es 1 (log precio será igual a cero), el log de los costos será  $-0.58$ , por lo tanto, los costos serán de  $0.26$  [c\$/lb].

### 9.2.1.15.6 Efectos Temporales

La incorporación de variables dicotómicas estatales permite modelar características de las entidades que no cambian en el tiempo, pero si afectan el resultado de interés. Pero también es posible agregar variables dicotómicas temporales al modelo (para cada año de la muestra), las cuales capturen eventos comunes para todas las entidades durante un periodo.

Primero se deben calcular estos coeficientes:

$R^2$  entre es igual a 0.88 y  $R^2$  global es de 0.79

**Tabla 91: Efectos temporales. Análisis costo-precio. Insumos**

Logaritmo Insumos	Logaritmo del precio	P <sub>2001</sub>	P <sub>2002</sub>	P <sub>2003</sub>	P <sub>2004</sub>	P <sub>2005</sub>	P <sub>2006</sub>	P <sub>2007</sub>	P <sub>2008</sub>	P <sub>2009</sub>
Coefficiente	0.71	0.03	0.03	0	-0.12	-0.16	-0.29	-0.19	-0.03	-0.02
Logaritmo Insumos	P <sub>2010</sub>	P <sub>2011</sub>	P <sub>2012</sub>	P <sub>2013</sub>	P <sub>2014</sub>	P <sub>2015</sub>	const	sigma u	sigma e	rho
Coefficiente	-0.04	0	0.09	0.13	0.17	0.25	-0.46	0.1	0.1	0.46

Ahora se debe realizar el test donde se determina si es las variables dicotómicas temporales son significativas para el modelo o no. La hipótesis nula es que para cada año  $n_t$  es igual a cero. Los resultados del test entregado por STATA es

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, son significativas las variables dicotómicas temporales para el estudio.

### 9.2.1.15.7 Autocorrelación (correlación serial)

La hipótesis nula de esta prueba es que no existe autocorrelación.

El p-value (0.05) indica que no se puede rechazar la hipótesis nula.

### 9.2.1.15.8 Heterocedasticidad

El propósito de este test es poder determinar si la varianza de los errores de cada unidad transversal es o no constante.

Para esto se utiliza el comando `xttest3` de STATA, donde la hipótesis nula de esta prueba es que no existe problema de heteroscedasticidad, en otras palabras, que todas las varianzas son iguales para todas las empresas.

Se rechaza la hipótesis nula, p-value es igual a 0.00.

### 9.2.1.15.9 Correlación contemporánea

La hipótesis nula es que existe independencia transversal, en otras palabras, los errores entre las unidades son independientes entre sí.

El p-value (0.00) indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se hace necesario corregir el problema de correlación contemporánea.

### 9.2.1.15.10 Residuales luego de la corrección

Tabla 92: Residuales luego de la corrección

Mina	Año	Error total	mina	Año	Error total	mina	Año	Error total
M1	2000	1.39	M3	2000	0.18	M5	2000	-0.15
M1	2001	1.44	M3	2001	0.22	M5	2001	-0.18
M1	2002	1.47	M3	2002	0.19	M5	2002	-0.11
M1	2003	1.43	M3	2003	0.11	M5	2003	-0.10
M1	2004	1.42	M3	2004	0.03	M5	2004	0.05
M1	2005	1.39	M3	2005	-0.02	M5	2005	0.03
M1	2006	1.41	M3	2006	-0.07	M5	2006	0.04
M1	2007	1.54	M3	2007	-0.02	M5	2007	0.06
M1	2008	1.43	M3	2008	-0.01	M5	2008	0.14
M1	2009	1.53	M3	2009	-0.06	M5	2009	-0.10
M1	2010	1.43	M3	2010	-0.03	M5	2010	0.12
M1	2011	1.45	M3	2011	-0.04	M5	2011	0.10
M1	2012	1.51	M3	2012	-0.11	M5	2012	0.05
M1	2013	1.50	M3	2013	-0.11	M5	2013	0.02
M1	2014	1.47	M3	2014	-0.13	M5	2014	0.03
M1	2015	1.43	M3	2015	-0.12	M5	2015	0.00

M2	2000	-0.04	M4	2000	0.03	M6	2000	-0.01
M2	2001	-0.02	M4	2001	0.02	M6	2001	-0.02
M2	2002	-0.01	M4	2002	0.05	M6	2002	-0.09
M2	2003	-0.11	M4	2003	0.16	M6	2003	-0.05
M2	2004	-0.08	M4	2004	0.11	M6	2004	-0.09
M2	2005	0.01	M4	2005	0.14	M6	2005	-0.13
M2	2006	-0.02	M4	2006	0.18	M6	2006	-0.12
M2	2007	-0.03	M4	2007	0.11	M6	2007	-0.10
M2	2008	-0.13	M4	2008	0.08	M6	2008	-0.06
M2	2009	0.08	M4	2009	-0.15	M6	2009	0.18
M2	2010	0.09	M4	2010	-0.15	M6	2010	-0.01
M2	2011	0.05	M4	2011	-0.22	M6	2011	0.09
M2	2012	0.04	M4	2012	-0.12	M6	2012	0.11
M2	2013	0.04	M4	2013	-0.09	M6	2013	0.11
M2	2014	0.06	M4	2014	-0.08	M6	2014	0.09
M2	2015	0.08	M4	2015	-0.08	M6	2015	0.10

## 9.2.2 Análisis Costo - Escasez

### 9.2.2.1 Regresión lineal

Tabla 93: Tabla ANOVA. Análisis costo-escasez

Fuente	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados promedios del modelo
Modelo	0.02	1	0.02
Residual	1.08	19	0.06
Total	1.11	20	0.06

Tabla 94: Ajuste del modelo. Análisis costo-escasez.

Numero de obs.	21
F (1, 18)	0.42

Probabilidad> F	0.52
r <sup>2</sup>	0.02
r <sup>2</sup> ajustado	-0.03
Root MSE	0.24

Tabla 95: Estimación de parámetros. Análisis costo-escasez. 95[%] intervalo de confianza

Log costo total producción real [c\$/lb]	Coefficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95%] intervalo de confianza	
Log precio real de cobre [c\$/lb]	-0.24	0.37	-0.65	0.52	-1.01	0.53
Constante	2.81	1.09	2.58	0.02	0.53	5.09

### 9.2.2.2 Significado de los parámetros

La primera de estas pruebas consiste en comprobar que los signos, o los valores, de las estimaciones de los parámetros del modelo especificados coinciden con los signos, o valores, esperados de los parámetros.

Si se observa la pendiente obtenida es -0.24, lo cual es congruente con lo que se plantea, que la variación del stock varía inversamente a la variación de los costos.

Cuando el stock sea igual a 1 [kt], implica que el logaritmo del costo será de 2.81, en otras palabras, los costos serán de 645.65 centavo de dólar la libra.

Esto implica cuando el stock sea muy bajo, por lo tanto, la escasez es muy alta, implicará que los costos son muy altos.

### 9.2.2.3 Significación estadística

#### 9.2.2.3.1 Contraste de significación individual (t)

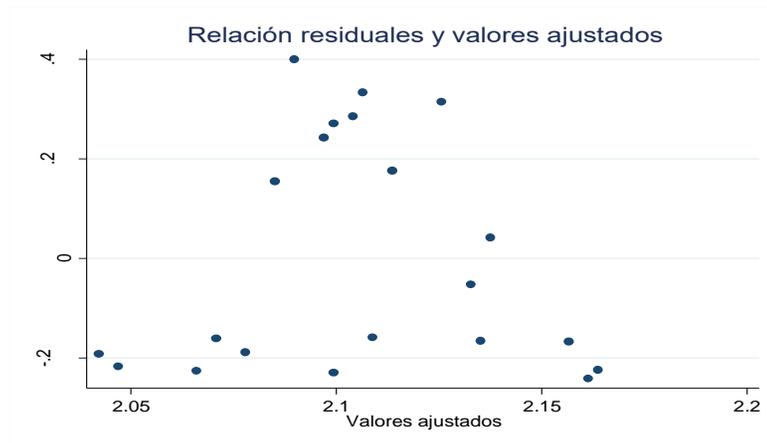
En el caso del parámetro a se tiene un p-value de 0.02, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. Pero en cambio, en el parámetro b, se tiene un p-value de 0.52, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula.

#### 9.2.2.3.2 Contraste de significación global del ajuste (F)

El p-value entregado por el programa computacional, luego de realizar la regresión lineal es de 0.52, donde se está utilizando un 95% de intervalo de confianza, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula.

#### 9.2.2.4 Calidad de la información muestral

En el siguiente gráfico se puede observar que no existe o no se presenta ninguna estructura determinada, lo que no indica la existencia de errores sistemáticos en la especificación del modelo.



**Ilustración 29: Gráfico residuales versus valores ajustados**

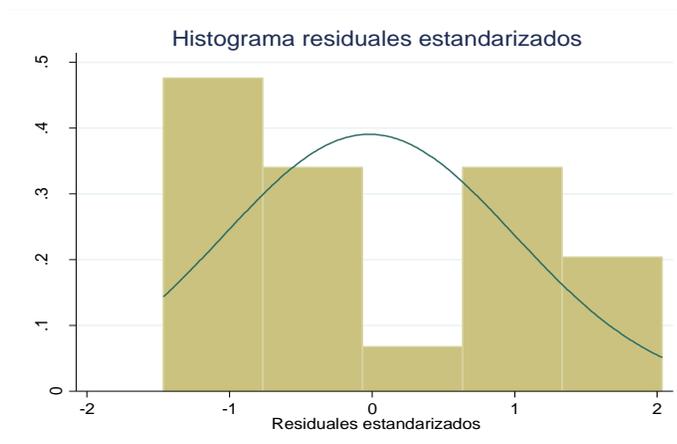
Se pueden observar los residuos muy dispersos, y algunos tramos con tendencias claras.

#### 9.2.2.5 Test de Heterocedasticidad

Para realizar este test se utilizó contraste de Breusch y Pagan (BP).  $H_0$ : Varianza constante

El p-value obtenido (0.81) indica que no se puede rechazar la hipótesis nula, en otras palabras, no hay problema de heteroscedasticidad.

#### 9.2.2.6 Errores Normales



**Ilustración 30: Histograma valores residuales**

No se puede observar una distribución normal de los valores residuales, pero hay que considerar que la cantidad de datos es muy baja, por lo que, es más difícil obtener una distribución normal en los datos.

#### ***9.2.2.7 Pruebas de linealidad***

Para realizar las pruebas de linealidad se utilizó el contraste RESET de Ramsey, con el programa computacional STATA, lo que entrego los siguientes resultados:

El test de Ramsey RESET usa los datos de los valores ajustados de log costo total de producción de cobre. Ho: el modelo no tiene variables omitidas

Esta prueba es para determinar si existen o no variables omitidas en el modelo. En este caso se rechaza la hipótesis nula (p-value igual a 0.01), es decir, si existen variables omitidas. Esto se debe a que la escasez del mineral no solo depende de los costos de extracción.

#### ***9.2.2.8 Correlación de errores***

Para realizar esta prueba se utilizó el contraste de durbin-watson donde se obtuvo un valor de 0.09. al compararlo con la tabla que se encuentra en la sección de anexos d<sub>1</sub> es mayor que el d obtenido, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. Existe autocorrelación.