

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL
PROCESO PRODUCTIVO EN LA CÍA. ELECTRO METALÚRGICA
ELECMETAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CAMILO LUND RUIZ

**PROFESOR GUÍA:
PATRICIO CONCA KEHL**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALEJANDRO BARRIENTOS MENDOZA
ANDRÉS LIBERMAN BRONFMAN**

**SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2007**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO
EN LA CÍA. ELECTRO METALÚRGICA ELECMETAL**

CAMILO LUND RUIZ

COMISIÓN EXAMINADORA	CALIFICACIONES		FIRMA
	NOTA (nº)	(Letras)	
PROFESOR GUIA SR. PATRICIO CONCA R.	:
PROFESOR CO-GUIA SR. ALEJANDRO BARRIENTOS M.	:
PROFESOR INTEGRANTE SR. ANDRÉS LIBERMAN	:
NOTA FINAL EXAMEN DE TÍTULO	:

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

SANTIAGO DE CHILE
MARZO 2007

Resumen

Elecmetal es uno de los proveedores y comercializadores más importantes de piezas de desgaste para la minería, está ubicada en Vicuña Mackenna 1570, y pertenece al grupo Claro.

La infraestructura actual de Elecmetal (con una producción de 11.527 [ton/año]) no le permite seguir abasteciendo el creciente mercado. En esta memoria se realiza un estudio para mejorar la eficiencia del proceso productivo de Elecmetal. Especial atención se da al análisis de optimización del espacio disponible tanto en los hornos como en las áreas de enfriamiento y almacenaje para determinar la capacidad máxima de producción de la planta actual.

Realizando simulaciones en Extend se pudo constatar que optimizando el uso del espacio disponible, la producción de piezas de acero de la planta antes mencionada se puede aumentar en 473 [ton/año] equivalente a un 4,1% de la producción actual.

En la segunda parte de la Memoria se estima la demanda a futuro del mercado para las piezas de acero que fabrica la planta (para la minería y la construcción), y así poder estimar si el aumento de producción derivado de la optimización de los procesos (4,1%) es suficiente para satisfacerlos.

Se estudió la relación entre la demanda de productos que ha enfrentado Elecmetal y el comportamiento del desarrollo de la industria minera así como la de la construcción. De acuerdo a esta relación se proyecta la demanda asumiendo distintos escenarios del comportamiento futuro de las inversiones mineras y de la construcción.

Se concluye que la demanda por los productos de acero fabricados por Elecmetal crece de manera sustancialmente mayor que el aumento de 473 [ton/año] de acero que se puede obtener de la optimización realizada en la primera parte de esta memoria. En el escenario más desfavorable, en el que se enfrenta una segunda crisis asiática, Elecmetal debería satisfacer una demanda adicional promedio de 1.700 [ton/año]. Si los mercados de la minería y la construcción continúan con el crecimiento de los últimos 4 años la demanda puede llegar a las 4.500 [ton/año] en el caso más favorable durante los próximos 20 años.

La construcción de una nueva planta (en etapa de proyecto en Elecmetal) que pueda satisfacer la demanda a futuro sería muy beneficiosa para los intereses de la empresa ya que su costo de construcción (aprox 20 millones de dólares) se podría amortizar en pocos años, dado el nivel de utilidades que se puede proyectar. Se concluye que para que Elecmetal pueda seguir abasteciendo el mercado debe realizar los estudios necesarios (costos operacionales, insumos, instalación, relación capacidad de producción versus costos de construcción... etc.) para la construcción de una nueva planta.

Agradecimientos

Quiero partir dando gracias a Richard y Raoul Meunier quienes me dieron la oportunidad de trabajar en Elecmetal. También quiero agradecer a Andrés Batista quien siempre estuvo dispuesto a ayudarme con las preguntas que fueron surgiendo en el transcurso de este proyecto.

Quiero agradecer a mis profesores guía, coguía y asistente Patricio Conca, Alejandro Barrientos y Andrés Liberman por sus consejos que permitieron hacer de ésta una mejor memoria de título. Otros profesores a quienes les agradezco su contribución son el profesor Jaime Miranda, por su ayuda en el uso del sistema de programación Extend, y al profesor Gustavo Lagos por proporcionarme datos sobre la producción e inversión minera en Chile.

No puedo dejar de lado el apoyo de mis grandes amigos como el Jota, Nico, Jose, Mario, Paula, Cata, Jaime, Dani, Cristina, Bárbara y en especial a dos que se destacaron, al Feña por su ayuda con Extend y a la Maricarmen por su ayuda con las clases de freehand.

Por último quiero agradecer a mi familia y por sobre todo a mis padres, la Cuca y el Ferna, quienes nunca dejaron de apoyarme y me prestaron su ayuda incondicional en todos los detalles permitiéndome avanzar con confianza evitando caer en caminos incorrectos.

Índice

1.	Introducción	8
1.1.	Antecedentes históricos	8
1.2.	Antecedentes generales	8
1.3.	Descripción del área de trabajo	8
2.	Planteamiento del problema y justificación	9
3.	Objetivos	10
3.1.	Objetivo general	10
3.2.	Objetivos específicos	11
4.	Metodología	11
5.	Marco Teórico	12
5.1.	Producción	12
5.2.	Estudio del layout	12
5.3.	Familias de aceros	14
5.4.	Procesos de Producción	15
5.5.	Generación de Residuos	17
6.	Alcances	17
7.	Modelamiento de Procesos	18
7.1.	Cantidad de piezas fabricadas según su familia	18
7.2.	Equivalencias entre las piezas según su tamaño	18
7.3.	Capacidad de los hornos medida en piezas	23
7.4.	Resultados obtenidos con Extend	27
8.	Estudio y Proyección de Demanda	29
8.1.	Mercado minero	29
8.2.	Mercado de la Construcción	31
8.2.1.	Estimación de demanda para el mercado de la construcción	31
8.3.	Análisis de Demanda	40
9.	Análisis de Datos	45
9.1.	Escenario en que la Minería y la Construcción crecen según lo esperado	45
9.2.	Escenario en que la Minería crece según lo esperado y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento	49
9.3.	Minería crece un 10% más de lo esperado y Construcción se mantiene	51
9.4.	Escenario en que la Minería crece un 10% más de lo esperado y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento	53
9.5.	Minería decrece un 10% y Construcción se mantiene	54
9.6.	Escenario en que la Minería decrece un 10% y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento	56
9.7.	Resumen de los distintos escenarios	57
10.	Discusión y Conclusiones	58
	Bibliografía	64
11.	Anexos	65
11.1.	Anexo n°1	65
11.2.	Anexo n°2	65
11.3.	Anexo n°3	69
11.4.	Anexo n°4	74
11.5.	Anexo n°5	75
11.6.	Anexo n°6	79
11.7.	Anexo n°7	80
11.8.	Anexo n°8	81
11.9.	Anexo n°9	82
11.10.	Anexo n°10	83
11.11.	Anexo n°11	84
11.12.	Anexo n°12	85

Índice de Figuras

Figura 1: Plano sector Tratamientos Térmicos, <i>Elecmetal</i>	13
Figura 2: Diagrama de Procesos, sector Tratamientos Térmicos.....	16
Figura 3: Producción de acero por familias.....	18
Figura 4: Tamaño de piezas según familia de aceros.....	19
Figura 5: Número de piezas por horno antes de la restricción de peso máximo.....	26
Figura 6: Número de piezas por horno después de la restricción de peso máximo.....	26
Figura 7: Inversión minera en Chile.....	30
Figura 8: Evolución mensual m ² construidos, regresión lineal.....	31
Figura 9: Evolución mensual m ² construidos, regresión polinomial.....	32
Figura 10: Superficie edificada autorizada total país, viviendas y no viviendas (m ² /año).....	33
Figura 11: Proyección de curvas de tendencia polinomiales.....	34
Figura 12: m ² construidos 2003-2006.....	37
Figura 13: Proyección del crecimiento de los m ² construidos con curvas basadas en datos desde el 2003 y desde 1991.....	38
Figura 14: Crecimiento porcentual del PIB chileno versus el de la Construcción.....	39
Figura 15: Comportamiento histórico de la inversión minera (2003 - 2005).....	45
Figura 16: Comportamiento histórico de la construcción a nivel país (2003 - 2005).....	46
Figura 17: Comportamiento histórico de la producción de <i>Elecmetal</i> (2003 - 2005).....	46
Figura 18: Proyección inversión minera.....	47
Figura 19: Proyección m ² construidos a nivel país.....	47
Figura 20: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	48
Figura 21: Proyección m ² construidos (2006-2010).....	49
Figura 22: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	50
Figura 23: Crecimiento inversión minera.....	51
Figura 24: Proyección demanda <i>Elecmetal</i> (Kg.).....	52
Figura 25: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	53
Figura 26 Crecimiento inversión minera	54
Figura 27: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	55
Figura 28: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	56
Figura 29: Resumen de los distintos escenarios de Minería v/s Construcción.....	57
Figura 30: Demanda v/s Producción de <i>Elecmetal</i>	60
Figura 31: Demanda v/s Producción de <i>Elecmetal</i>	61

Índice de Tablas

Tabla 1: Peso promedio (Kg.) y cantidad de piezas según su familia	19
Tabla 2: Producción porcentual según el tamaño de las piezas por familia	20
Tabla 3: Equivalencia en peso y superficie ocupada según tamaño promedio de las piezas	23
Tabla 4: Base interior de los hornos	24
Tabla 5: Superficie ocupada (m ²) por los distintos tamaños promedio de piezas	24
Tabla 6: Capacidad de los hornos en cantidad de piezas según su tamaño	24
Tabla 7: Carga actual de los hornos transformando el n° de piezas a Kg.	25
Tabla 8: Nueva carga de los hornos (Kg.) ahora con límite de peso	25
Tabla 9: Equivalencia en peso (Kg.) según tamaño de las piezas	27
Tabla 10: Inversión minera Cu y Au	30
Tabla 11: Superficie edificada autorizada total país, viviendas y no viviendas (m ² /año)	33
Tabla 12: Proyección curvas polinomiales v/s curva lineal	35
Tabla 13: Evolución de los m ² construidos a nivel país con aproximaciones lineales ocupando datos desde el año 2003 y desde el año 1991	38
Tabla 14: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	48
Tabla 15: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	50
Tabla 16: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	52
Tabla 17: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	53
Tabla 18: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	55
Tabla 19: Proyección demanda <i>Elecmetal</i>	56
Tabla 20: Producción Elecmetal [ton/año] en los escenarios de Minería v/s Construcción	57

1. Introducción

1.1. *Antecedentes históricos*

La Compañía Electro Metalúrgica S.A., *Elecmetal*, fue fundada en 1917 por Emilio Orrego Luco junto a un grupo de empresarios e inversionistas nacionales. Este proyecto significó instalar el primer horno eléctrico de fundición de acero en Latinoamérica, inicialmente para la fabricación de repuestos de acero para la agricultura, minería, industria y la Empresa de Ferrocarriles del Estado.

En el 2001 *Elecmetal* se convirtió en uno de los principales productores y comercializadores de piezas de desgaste de acero fundido, como resultado de la adquisición de las empresas norteamericanas *ME Internacional, Inc.* y *ME West Castings, Inc.*

Actualmente *Elecmetal* es el proveedor más importante de piezas de desgaste de acero fundido de la industria minera en Chile, Sud América y Norte América y participa en los mercados de Asia, Oceanía, Europa y África.

1.2. *Antecedentes generales*

Elecmetal cuenta con cuatro fundiciones con una capacidad total de producción superior a las 60 mil toneladas anuales. Dos fundiciones están situadas en Chile (Santiago y Rancagua), y dos en Estados Unidos (Duluth en Minnesota y Tempe en Arizona).

Elecmetal está orientado a satisfacer la demanda nacional e internacional de las siguientes tres líneas principales de productos: repuestos para equipos de molienda, repuestos para equipos de chancado, y repuestos para movimiento de tierra. Adicionalmente fabrica bombas para procesamiento de minerales y eslabones de orugas para maquinaria pesada¹.

1.3. *Descripción del área de trabajo*

En *Elecmetal* trabajan 253 personas de las cuales cinco son ejecutivos, 42 profesionales y técnicos y 206 trabajadores en otras tareas.

El presente trabajo tiene por objeto de estudio la Compañía Electro Metalúrgica S.A. *Elecmetal* S.A. ubicada en Vicuña Mackenna 1570, Ñuñoa, Santiago de Chile en el sector de Tratamientos Térmicos.

¹ Para información sobre su visión estratégica ver Anexo n°1

El sector de Tratamientos Térmicos es parte del área de producción de *Elecmetal* y ocupa una superficie de 1.086 m² del total dedicado a producción que son 8.308m².

Es en la sección Tratamientos Térmicos donde se le da a las piezas las propiedades mecánicas deseadas para su uso posterior como dureza, tenacidad, tensión, pandeo etc. y que permiten su uso en rubros tan exigentes como la minería.

2. Planteamiento del problema y justificación

Elecmetal no sólo se dedica a la fundición de acero sino que también fabrica piezas de este material con distintas características (dureza, maleabilidad, color... etc.). Uno de sus grandes fuertes es la fabricación de piezas de desgaste de acero (son los principales productores a nivel mundial²), las cuales abastecen a las mineras nacionales e internacionales. En esta fabricación de piezas se generan residuos que se acumulan en el área dedicada a la limpieza y enfriamiento la cual es limitada y no da abasto, generando un cuello de botella en la producción de *Elecmetal* pues no permite la correcta circulación de vehículos, acarreando problemas de abastecimiento y de retiro de escombros.

Si bien es interesante buscar una mejora de procesos de manera de ordenar la producción según su tiempo de espera con el fin de generar más espacios, el impacto que ésta pueda tener en la producción no parece ser significativo. Por otra parte, al comparar esta posible mejora en la producción con la demanda futura de *Elecmetal* el proyecto toma relevancia. Esto se debe a la necesidad de realizar estimaciones del comportamiento de la demanda, la cual si bien es difícil de predecir con exactitud por su relación con el mercado de los metales (la mayoría de la producción de *Elecmetal* son pedidos de mineras nacionales e internacionales) es sin embargo posible de estimar bajo diferentes escenarios, con un mercado altamente positivo, uno en recesión o en casos intermedios.

De este modo la idea básica es calcular la capacidad productiva potencial, compararla con la capacidad productiva actual y obtener así un factor de mejora en la producción de *Elecmetal*, que se definirá así:

$$\frac{CPP - CPA}{CPA} = FM$$

CPP: *Capacidad Productiva Potencial*

CPA: *Capacidad Productiva Actual*

FM: *Factor de mejora*

² Fuente: www.Elecmetal.cl

Se sabe que la capacidad productiva de *Elecmetal* en la actualidad es de aproximadamente 50 toneladas por día, variando según sean meses fríos o cálidos por las restricciones de uso de electricidad por parte de la compañía proveedora.

La dificultad está en obtener un valor para la capacidad productiva potencial, pues ésta no sólo depende de los nuevos niveles de producción que pueda alcanzar *Elecmetal*, ordenando los procesos de recepción de orden de compra, sino que también depende de las proyecciones de la demanda. Como la mayor parte de la producción de *Elecmetal* es a pedido, ésta varía junto con el mercado, y como éste último es bastante difícil de predecir con certeza, se realizará una evaluación de los posibles escenarios que pueda presentar el mercado. Para poder generar estos escenarios se estudiará cuales son las variables de importancia que afectan de manera significativa la demanda de *Elecmetal*.

Una vez que se tiene una idea de los posibles escenarios del comportamiento del mercado, se pueden obtener las demandas correspondientes a los mismos y ver como se comparan con la nueva capacidad de producción de *Elecmetal* (capacidad máxima obtenida con *Extend*). De este modo si la demanda proyectada es menor que la nueva capacidad de producción de *Elecmetal*, se tendrá un factor de mejora menor y si esta es mayor se puede hacer una estimación de cuanta es la capacidad de producción adicional que necesita *Elecmetal* para poder abastecer la demanda futura. Esta estimación cobra real importancia dado las intenciones de *Elecmetal* de abrir una nueva planta en las afueras de Santiago en unos 5 años más. De este modo la empresa puede tener una idea de lo que enfrenta, cuánta debe ser la capacidad de producción de esta nueva planta, si vale la pena adelantar o retrasar su construcción o aun más, si vale la pena construir esta nueva planta.

En lo que sigue de este trabajo se define la capacidad productiva de *Elecmetal* como el mínimo entre la demanda proyectada y la nueva capacidad productiva.

$$\text{Capacidad Productiva Potencial} = \text{mín. (Demanda, Nueva Capacidad Productiva)}$$

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Mejorar la eficiencia del proceso productivo correspondiente al sector de tratamientos térmicos para aumentar la capacidad de producción de *Elecmetal*. De este modo se podrá evaluar la conveniencia de trasladarse a una nueva planta con mayor capacidad de producción.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el aumento en la producción de *Elecmetal*, al mejorar la administración de escombros, retornos y piezas que se acumulan en el sector de limpieza del área de Tratamientos Térmicos, mediante la simulación en *Extend*.
- Comparar el aumento de producción de *Elecmetal* con las proyecciones de demanda.
- Evaluar la conveniencia de trasladarse o ampliarse a otra fundición mediante un análisis de la situación histórica, actual y futura de *Elecmetal* y sus mercados relevantes.

4. Metodología

- Realizar un levantamiento de la situación actual en lo que respecta a la producción de *Elecmetal*, evaluando mediante la simulación en *Extend* la posible mejora en producción.
- Averiguar cuales son los mercados relevantes en la demanda de *Elecmetal*.
- Realizar un estudio del comportamiento histórico de los mercados relevantes.
- Buscar una relación entre el comportamiento histórico de estos mercados y la demanda de *Elecmetal*.
- Buscar o crear (si no las hay) proyecciones del comportamiento de los mercados relevantes.
- Utilizar esta relación y las proyecciones de los mercados relevantes para estimar posibles escenarios en el comportamiento de la demanda de *Elecmetal*.
- Analizar los datos obtenidos y evaluar la conveniencia de trasladarse a una nueva planta con mayor capacidad productiva, determinando el momento y la capacidad óptimos.

5. Marco Teórico

5.1. Producción

Elecmetal es capaz de fabricar unos 60.000 tipos distintos de piezas. Debido a la complejidad que acarrea el trabajar con cada tipo por separado, en este trabajo las agrupamos en cuatro grupos según su peso:

- Piezas pequeñas: Menos de 500 Kg.
- Piezas medianas: Entre 500 Kg. y 2.000 Kg.
- Piezas grandes: Entre 2.000 Kg. y 6.000 Kg.
- Piezas muy grandes: Entre 6.000 Kg. y 9.000 Kg.

5.2. Estudio del layout

La planta de fundición de *Elecmetal* se divide en tres grandes áreas o naves donde se fabrican las piezas:

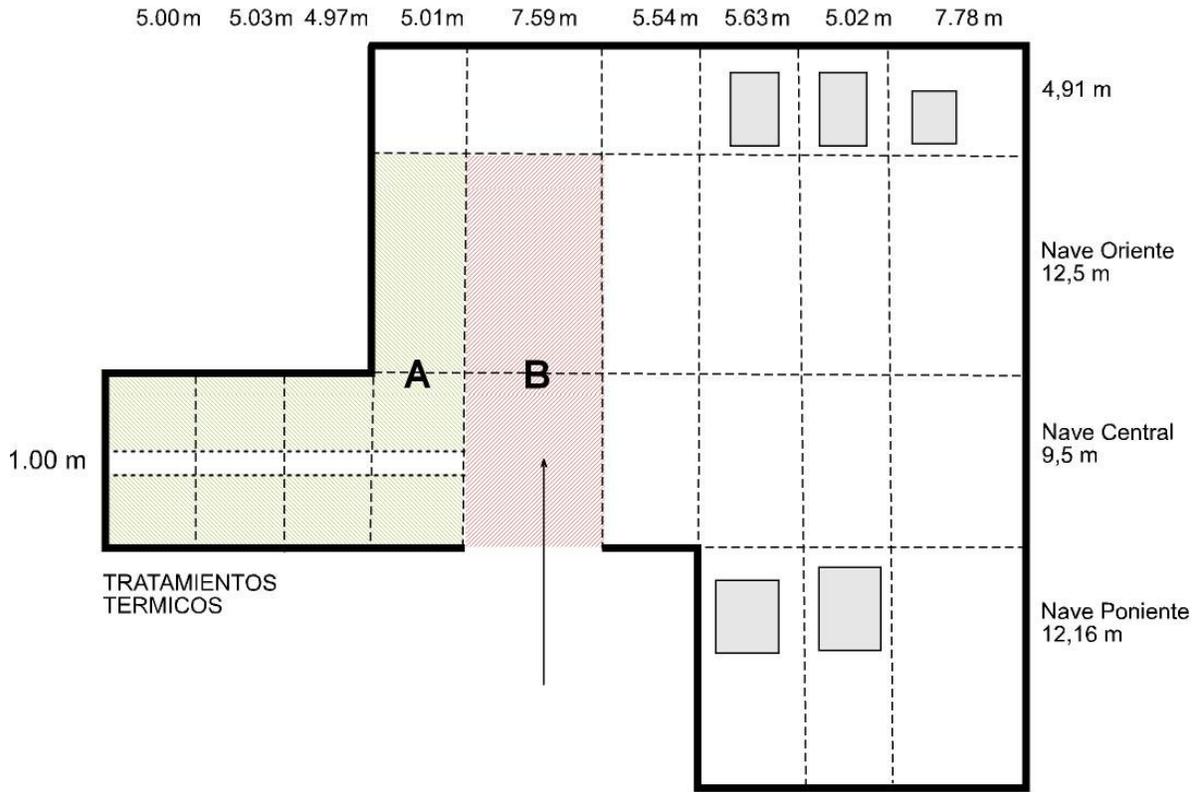
- **Nave Oriente:** Donde se fabrican piezas grandes.
- **Nave Central:** Donde se fabrican piezas pequeñas, medianas y ocasionalmente muy grandes.
- **Nave Poniente:** Donde se fabrican piezas muy grandes.

El estudio se centrará en las naves Oriente y Central, puesto que la fabricación de piezas de la nave poniente no presenta problemas y se encuentra físicamente separada de la fabricación de piezas de las otras dos naves.

Dentro de las naves Oriente y Central se estudiará el sector de Tratamientos Térmicos donde se fabrican las piezas y se les da las propiedades que se requieran como dureza, maleabilidad, pandeo etc.

A continuación se muestra un plano correspondiente al sector de tratamientos térmicos de *Elecmetal*.

Figura 1: Plano sector Tratamientos Térmicos, *Elecmetal*



Fuente: Elaboración personal a partir de datos de *Elecmetal*.

El sector A es el que idealmente es utilizado para dejar las piezas, los retornos y los residuos. Sin embargo, por la falta de espacio en la planta, es común que se vean obligados a ocupar el sector B para los mismos propósitos, sector que está destinado para el tránsito de los vehículos encargados de retirar los escombros o de sacar los retornos al exterior.

$$\begin{aligned} \text{Área sector A:} &= 9,5[m] * 15[m] + 5[m] * (9,5[m] + 12,5[m]) = 142,5[m^2] + 110[m^2] \\ &= 252,5[m^2] \end{aligned}$$

$$\text{Área sector B:} = 7,53[m] * (12,5[m] + 9,5[m]) = 165,66[m^2]$$

De este modo usando el sector B se aumenta en un 65,6% el área disponible para dejar las piezas, residuos y retornos, sin embargo, ocupar el sector B acarrea problemas como interrumpir el tránsito de los vehículos y el flujo de las piezas de acero sólidas hacia su posterior tratamiento. Es así como cuando llegan camiones a buscar residuos su carga se dificulta por tener el acceso interrumpido lo que se refleja en un tiempo de carga mayor al necesario. Es por estas razones que para efectos de

simulación en Extend el área destinada a piezas, retornos y residuos será la correspondiente al sector A.

Además idealmente hay que tener en cuenta que debe haber un pasillo que permita la circulación de trabajadores en la sección A que está en la Nave Central, de tal manera que los trabajadores se puedan acercar a las piezas y sacarles los residuos.

$$\text{Pasillo} = 1[m] * 19 [m] = 19 [m^2]$$

$$\text{Área final sector A} = 252,5 [m^2] - 19 [m^2] = 233,5 [m^2]$$

5.3. Familias de aceros

Elecmetal trabaja principalmente con cuatro grandes familias de aceros:

- **Cromo-Molibdeno (CM):** Aceros que presentan mediana a alta resistencia al desgaste por abrasión y una resistencia al impacto moderada a alta, dependiendo de su tratamiento térmico. Se ocupa en la fabricación de Corazas Molinos SAG, Placas Autodesgaste, Revestimientos y Tapas de Molinos entre otros.
- **Manganeso (MN):** Aceros austeníticos no magnéticos, de altísima tenacidad, poseen la especial cualidad de gran endurecimiento superficial al ser sometidos a severas condiciones de impacto. Se utilizan en la fabricación de Corazas para chancadores giratorios (Cono) y de Mandíbula, Revestimientos de Molinos, Planchajes de Protección y Zapatas ente otros.
- **Hierros Blancos (SP):** Los hierros blancos o fundiciones blancas martensíticas, presentan una alta aleación, extrema dureza y resistencia al desgaste, y moderadas propiedades de impacto. Se utilizan en la fabricación de corazas de molinos, bolas, barras, rodillos y placas de desgaste entre otros.
- **Familia 12 (F12):** Aceros de baja aleación, estos aceros se caracterizan por sus excelentes propiedades mecánicas. diseñados para soportar condiciones de trabajo de alta abrasión e impacto, como las que se presentan en elementos de desgaste de maquinaria para movimiento de tierra. Usos típicos de estos aceros son: cuchillas, punteras, puntas y adaptadores; baldes y cucharones; alpargatas, zapatas y rodados en general.

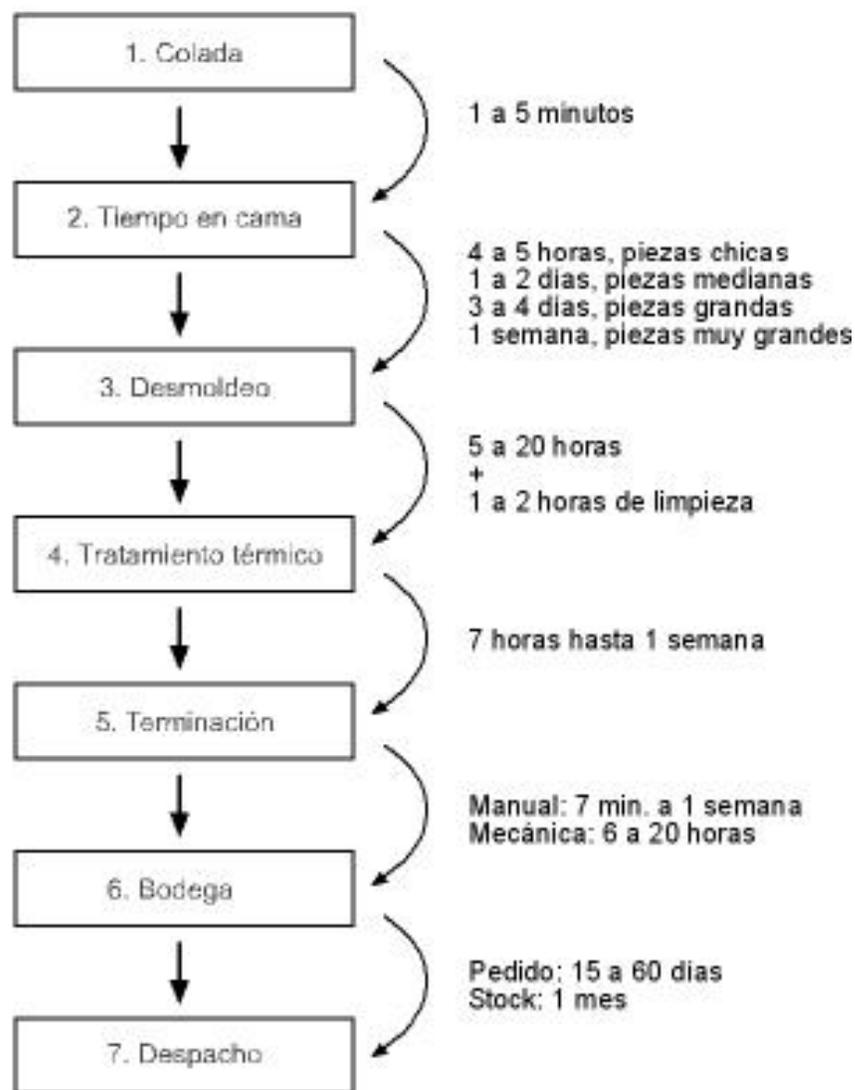
5.4. *Procesos de Producción*

Los siguientes son los procesos de producción y sus tiempos correspondientes a la fabricación de una pieza de acero.

- **Colada:** Se funde el metal en unos grandes recipientes llamados cucharas que pueden ser de dos tipos:
Piquera: Se vierte el metal por un pico ladeando la cuchara
Válvula: Se levanta una válvula que abre un orificio en la basa de la cuchara por donde escurre el metal líquido
Ambos tipos de cucharas demoran un tiempo similar en verter el metal líquido en los moldes el cual fluctúa entre 1 a 5 minutos.
- **Tiempo en Cama:** Se le llama tiempo en cama al período de tiempo que debe estar la pieza dentro del molde antes de que pueda ser extraída. Este proceso varía entre 4 a 5 horas para piezas chicas, 1 a 2 días para piezas medianas, 3 a 4 días para piezas grandes y hasta 1 semana para piezas muy grandes.
- **Desmoldeo:** Se saca la pieza del molde y se espera que enfríe, luego se limpia. El proceso de enfriamiento puede demorar entre 4 a 20 horas dependiendo del tamaño, forma y masa de la pieza y el proceso de limpieza demora entre 1 y 2 horas.
- **Tratamiento Térmico:** Se le da las propiedades mecánicas deseadas a la pieza como dureza, abrasión, pandeo, tracción, tenacidad. Este proceso puede durar entre 7 u 8 horas (para el caso de temple, normalizado, revenido), hasta 1 semana en el caso del envejecimiento (donde se elimina el hidrógeno para darle tenacidad al material)
- **Terminación:** Se le da a la pieza los toques finales, se cortan los filos, se pule y se deja dentro de las dimensiones especificadas revisando los estándares. Estas terminaciones se pueden realizar de manera manual (demorando entre 15 minutos hasta 1 semana) en caso de ser piezas de recambio o a través de máquinas (demorando entre 6 a 20 horas) para piezas que van montadas en mecanismos.
- **Bodega:** Las piezas se pintan según las especificaciones del cliente (pueden pedir que no se pinten) y se almacenan en bodega donde pasan entre 15 a 60 días. La mayoría de las piezas se fabrican a pedido, sin embargo el producto “diente para palas” que se pide muy seguido se fabrica a stock pasando un tiempo promedio de 1 mes en bodega.
- **Despacho:** Realizado a través de un contratista.

Existe otro proceso el cual consiste en la creación de los moldes de las piezas que puede demorar hasta dos semanas. Sin embargo éste no fue incluido en la programación de procesos por la rareza de su ocurrencia, ya que *Elecmetal* tiene una base de datos con más de 11.000 moldes y en caso de no tener el molde deseado lo común es que la empresa solicitante entregue los datos del molde a *Elecmetal*. Sólo en algunos casos muy especiales una empresa solicita una pieza de la cual ni *Elecmetal* ni ellos tienen molde.

Figura 2: Diagrama de Procesos, sector Tratamientos Térmicos



Fuente: Elaboración personal a partir de datos de *Elecmetal*

5.5. Generación de Residuos

En la fabricación de una pieza de acero se crea un molde de arena con la forma deseada de la pieza a fabricar el cual se rellena con acero. Sin embargo hay que tener cuidado cuando se vierte el acero fundido en los moldes pues el cambio de temperatura entre el acero y las paredes del molde produce que el acero se repliegue hacia las paredes. Este movimiento del acero fundido produce vacíos en el interior de la pieza lo que resultará en una pieza defectuosa. Para evitar este problema se utilizan los montantes que son piezas de acero con forma de embudo que están sobre el molde de arena y tienen acero líquido en su interior. Estos dejarán caer acero fundido en los vacíos que se forman en el molde para que el resultado final sea una pieza sin fallas.

Como es lógico suponer los montantes terminan con un exceso de acero fundido en su interior el cual, luego de un tiempo, solidifica formando la copa. Cuando se realiza el proceso de limpieza de las piezas estos montantes son extraídos con las copas en su interior los cuales pueden ser reutilizados en fundiciones futuras.

Otro elemento que se genera en el proceso de limpieza, es la arena de los moldes que quedó adherida a las piezas. Esta arena, a diferencia de los montantes, no es reciclada en su totalidad³ y debe ser retirada por camiones de una empresa externa (Multicerrillo).

6. Alcances

- La mayor parte de la producción de *Elecmetal* es a pedido, razón por la que se estudian los niveles de productos que llegaron a bodega los últimos años para estimar la demanda. Esta información sólo está disponible en forma organizada desde el 2003 en adelante pues cambios en el sistema de administración de información de *Elecmetal* se realizaron ese año y la información previa a esa fecha está desagregada en numerosos documentos.

³ Se reutiliza entre un 5% a 10%

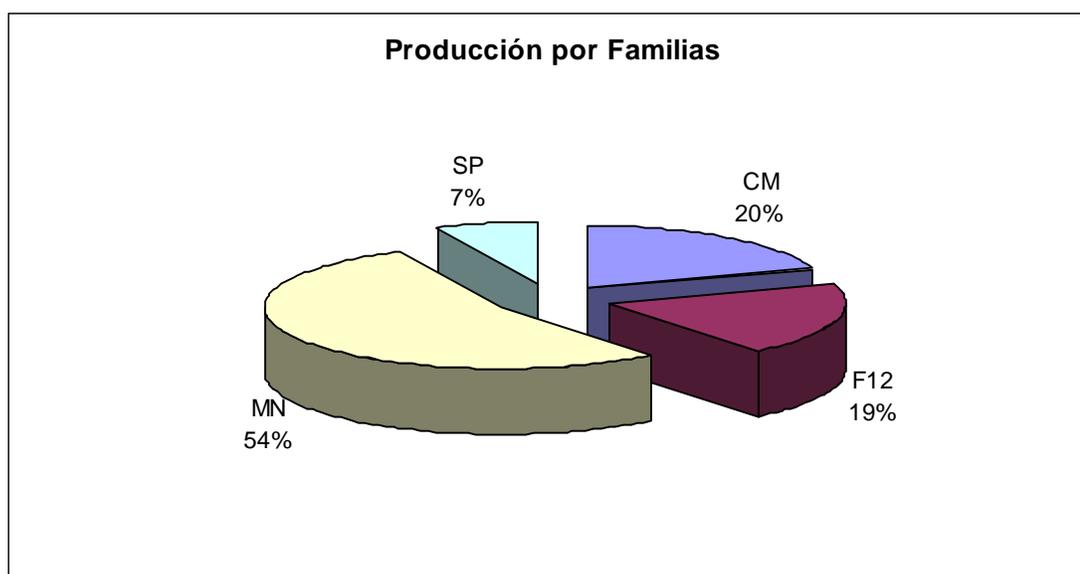
7. Modelamiento de Procesos

La modelación del proceso de producción de *Elecmetal* en *Extend* requirió del cálculo previo de numerosos datos. Previo a la modelación fue necesario dejar claro datos como la capacidad media de los hornos y los tamaños de las piezas a utilizar para que así *Extend* los procesara de manera coherente.

7.1. Cantidad de piezas fabricadas según su familia

En la figura 3 se puede apreciar la producción porcentual de cada familia de aceros en Kg. fabricados.

Figura 3: Producción de acero por familias



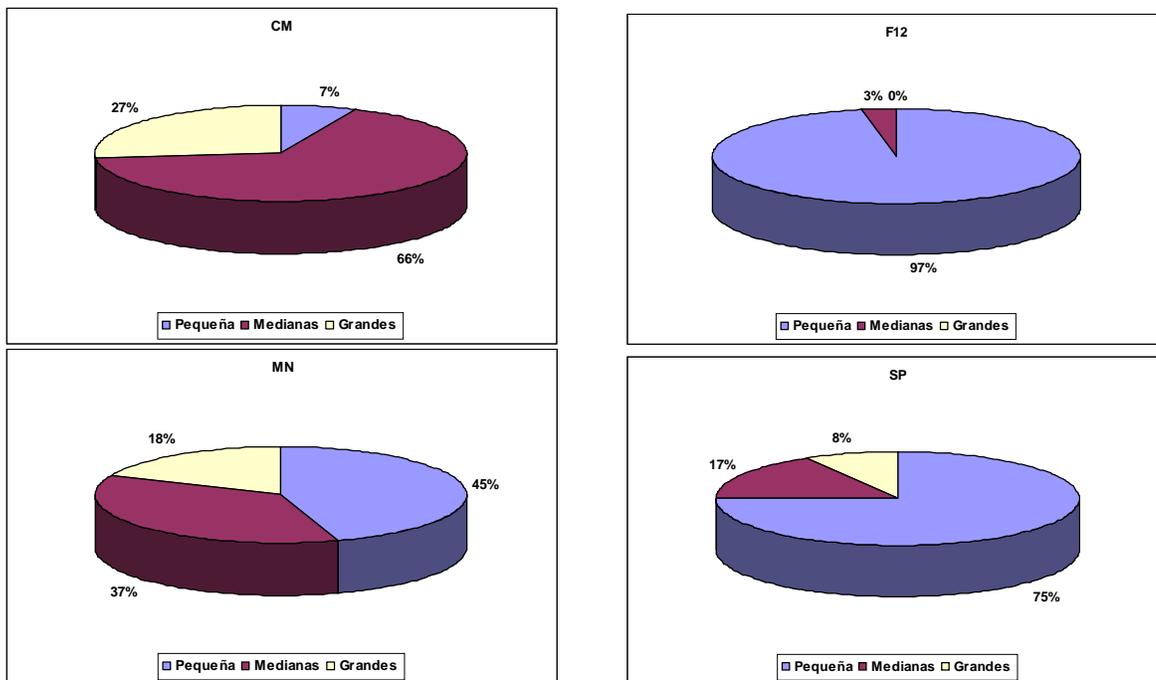
Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.⁴

7.2. Equivalencias entre las piezas según su tamaño

Con los mismos datos que se obtuvo la participación de cada familia en la producción, es posible calcular la cantidad de piezas de un determinado tamaño que se fabrican por familia (ver figura 4).

⁴ Información obtenida de la tabla de datos presente en el anexo n°2

Figura 4: Tamaño de piezas según familia de aceros



Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Lo siguiente es ver cuanta superficie se le asigna a cada tamaño de pieza y a partir de esto, sacar un tamaño mínimo en el cual se puedan dividir las piezas más grandes para efecto de programación de espacio, pues *Extend* no distingue entre piezas distintas.

Para poder hacer esto, se calcula un peso promedio para cada tamaño (tabla 1) y luego a partir de la densidad se calcula el área correspondiente.

Tabla 1: Peso promedio (Kg.) y cantidad de piezas según su familia

Familia	Peso promedio (Kg.)			Cantidad		
	Pequeña	Medianas	Grandes	Pequeña	Medianas	Grandes
CM	80	1.291	2.878	1	10	4
F12	88	1.495		65	2	0
MN	198	1.006	3.414	27	22	11
SP	107	1.168	2.570	9	2	1

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Tabla 2: Producción porcentual según el tamaño de las piezas por familia

Familia	Peso Total (Kg.)			Porcentaje por tamaño		
	Pequeña	Medianas	Grandes	Pequeña	Medianas	Grandes
CM	80	12.905	11.510	0,66%	31,97%	22,29%
F12	5.720	2.990	0	47,26%	7,41%	0,00%
MN	5.337	22.135	37.555	44,10%	54,84%	72,73%
SP	965	2.335	2.570	7,97%	5,78%	4,98%
	12.102	40.365	51.635	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Con el peso promedio por tamaño según familia (tabla 1), se ponderan los promedios por la cantidad porcentual fabricada, correspondiente a cada tamaño y familia, obteniéndose así un peso promedio para cada tamaño (tabla 2), independiente de las familias.

De este modo:

$$P_{PPP} = 80[\text{Kg.}] * 0,66\% + 88[\text{Kg.}] * 47,26\% + 198[\text{Kg.}] * 44,1\% + 107[\text{Kg.}] * 7,97\% = 138[\text{Kg.}]$$

$$P_{PPM} = 1.291[\text{Kg.}] * 31,97\% + 1.495[\text{Kg.}] * 7,41\% + 1.006[\text{Kg.}] * 54,84\% + 1.168[\text{Kg.}] * 5,78\%$$

$$P_{PPM} = 1.143[\text{Kg.}]$$

$$P_{PPG} = 2.878[\text{Kg.}] * 22,29\% + 0 + 3.414[\text{Kg.}] * 72,73\% + 2.570[\text{Kg.}] * 4,98\% = 3.252[\text{Kg.}]$$

P_{PPP} : Peso Promedio Pieza Pequeña (Kg.)

P_{PPM} : Peso Promedio Pieza Mediana (Kg.)

P_{PPG} : Peso Promedio Pieza Grande (Kg.)

Con estos datos se obtiene la siguiente equivalencia en pesos promedios:

$$P_{PPP} [\text{Kg.}] = \frac{P_{PPM}}{8,3} [\text{Kg.}] = \frac{P_{PPG}}{23,6} [\text{Kg.}]$$

Esta equivalencia de pesos resultará útil al momento de programar la cantidad máxima de piezas que pueden ingresar a los hornos.

Luego se busca una equivalencia entre superficies para los distintos tamaños de piezas la cual permitirá programar las restricciones de espacio en *Extend*.

Se tiene el peso promedio por tamaño de pieza y se sabe que la densidad del acero es de 7,85 gr/cm³ por lo tanto:

$$D = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{D}$$

$$V_{PPP} = \frac{P_{PPP} [\text{Kg.}] * 1.000}{7,85 \left[\frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3} \right]} = \frac{138.000}{7,85} [\text{cm}^3] = 17.560 [\text{cm}^3]$$

$$V_{PPM} = \frac{P_{PPM} [\text{Kg.}] * 1.000}{7,85 \left[\frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3} \right]} = \frac{1.143.000}{7,85} [\text{cm}^3] = 145.554 [\text{cm}^3]$$

$$V_{PPG} = \frac{P_{PPG} [\text{Kg.}] * 1.000}{7,85 \left[\frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3} \right]} = \frac{3.252.000}{7,85} [\text{cm}^3] = 414.327 [\text{cm}^3]$$

V_{PPP} : Volumen Promedio Pieza Pequeña (cm³)
 V_{PPM} : Volumen Promedio Pieza Mediana (cm³)
 V_{PPG} : Volumen Promedio Pieza Grande (cm³)

Una vez que se tiene el volumen correspondiente a los tamaños promedios se busca una figura geométrica que sea lo más representativa posible para calcular la superficie que ocupan las piezas. Como la forma de las piezas varía según el uso que se les quiera dar, se elige una única forma y se permite un porcentaje de variación según el tamaño. Este porcentaje de variación dependerá del tamaño de las piezas e incluirá un “espacio de juego” para que las piezas no estén tocándose mientras son almacenadas. En el caso de las piezas pequeñas y medianas el tamaño entre distintos tipos de piezas varía aproximadamente un 20%, mientras que en el caso de las piezas grandes varía aproximadamente en un 30%⁵.

Se ha elegido un cubo como figura tipo para representar las piezas por su forma, que permite calcular una superficie de contacto representativa por pieza. Si se eligiera como figura tipo una esfera, por ejemplo, la superficie de contacto sería un punto y no sería útil como restricción en *Extend*.

⁵ Fuente: Personal de *Electrometal*

Así se puede calcular la arista correspondiente a un cubo de volumen V_{PPP} , V_{PPM} y V_{PPG} .

$$A_{CP} = \sqrt[3]{V_{PPP}} = \sqrt[3]{17.560[cm^3]} = 26[cm.]$$

$$A_{CM} = \sqrt[3]{V_{PPM}} = \sqrt[3]{144.554[cm^3]} = 52,6[cm.]$$

$$A_{CG} = \sqrt[3]{V_{PPG}} = \sqrt[3]{414.327[cm^3]} = 74,6[cm.]$$

A_{CP} : Arista Cubo Pequeño (cm.) correspondiente a V_{PPP}

A_{CM} : Arista Cubo Mediano (cm.) correspondiente a V_{PPM}

A_{CG} : Arista Cubo Grande (cm.) correspondiente a V_{PPG}

Luego se hacen crecer las aristas en el porcentaje correspondiente al tamaño, se calcula el área que ocuparía un cubo con esas aristas y se realiza la equivalencia en la superficie que ocupan piezas pequeñas, medianas y grandes.

$$A'_{CP} = A_{CP} * (1 + 0,2) = 26[cm]*1,2 = 31,2[cm]$$

$$A'_{CM} = A_{CM} * (1 + 0,2) = 52,6[cm]*1,2 = 63,1[cm]$$

$$A'_{CG} = A_{CG} * (1 + 0,3) = 74,6[cm]*1,3 = 96,9[cm]$$

A'_{CP} : Nueva Arista Cubo Pequeño (cm.)

A'_{CM} : Nueva Arista Cubo Mediano (cm.)

A'_{CG} : Nueva Arista Cubo Grande (cm.)

$$AR_{CP} = (A'_{CP})^2 = 31,2^2[cm] = 973,4[cm^2] \approx 0,1[m^2]$$

$$AR_{CM} = (A'_{CM})^2 = 63,1^2[cm] = 3.985[cm^2] \approx 0,4[m^2]$$

$$AR_{CG} = (A'_{CG})^2 = 96,9^2[cm] = 9.393[cm^2] \approx 1,0[m^2]$$

AR_{CP} : Área de una cara del cubo pequeño

AR_{CM} : Área de una cara del cubo mediano

AR_{CG} : Área de una cara del cubo grande

Con estos datos se obtiene la siguiente equivalencia en superficies⁶ promedios (tabla 3):

$$ARCP[m^2] = \frac{ARCM}{4}[m^2] = \frac{ARCG}{10}[m^2]$$

Tabla 3: Equivalencia en peso y superficie ocupada según tamaño promedio de las piezas

Pequeña	Medianas	Grandes
Peso promedio (Kg.)		
138	1.143	3.252
Equivalente a pieza menor (Kg.)		
1,0	8,3	23,6
Volumen (cm³)		
17.560	145.554	414.327
Volumen cubo con arista de x cm³		
26,0	52,6	74,6
Área de juego (superficie)		
20%	20%	30%
Nuevo tamaño aristas en contacto con superficie		
31,2	63,1	96,9
Área ocupada corresp. a tamaño pieza (cm²)		
973	3.985	9.393
Área ocupada corresp. a tamaño pieza (m²)		
0,1	0,4	0,9
Equivalente a pieza menor (superficie ocupada)		
1,0	4,1	9,7

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

7.3. Capacidad de los hornos medida en piezas

Una vez que se tiene la equivalencia en peso y superficie ocupada, se puede seguir con la modelación de los hornos

Elecmetal cuenta con cinco hornos, 4 normales y uno doble que pueden alcanzar una temperatura entre los 300 °C y los 1,200 °C, funcionan con gas y de ser necesario ocupan kerosén.

Todos los hornos tienen una capacidad máxima de 20 toneladas, sin embargo no todos tienen la misma capacidad volumétrica como se aprecia en la tabla 4. En ésta

⁶ Área de la pieza en contacto con el suelo, se utiliza para efecto de restricciones de espacio.

A es la altura medida desde la parte superior del carro transportador de piezas hasta el techo del horno, B es el ancho del horno y L la profundidad.

Tabla 4: Base interior de los hornos

Horno nº	Temp. máx.	Aceros	Largos (cm.)			Área (cm ²)	Área (m ²)
			A	B	L		
1	hasta 1.200°	Todos	270	211	400	84.400	8,4
2	hasta 1.200°	Todos	220	274	430	117.820	11,8
3	hasta 1.200°	Todos	215	219	346	75.601	7,6
4	hasta 1.200°	Todos	242	293	329	96.397	9,6
5	hasta 1.200°	Todos	250	296	520	153.920	15,4

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Ocupando la superficie de las piezas (tabla 5) según su tamaño (pequeñas, medianas, grandes) y el área de los hornos, se estima el número de piezas que pueden ir en su interior:

Tabla 5: Superficie ocupada (m²) por los distintos tamaños promedio de piezas

Área ocupada por piezas (m ²)		
Pequeñas	Medianas	Grandes
0,1	0,4	1

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Tabla 6: Capacidad de los hornos en cantidad de piezas según su tamaño

Horno nº	Nº de piezas por horno			Nº piezas redondeado		
	Pequeñas	Medianas	Grandes	Pequeñas	Medianas	Grandes
1	84,4	21,1	8,4	84	21	8
2	117,8	29,5	11,8	118	29	11
3	75,6	18,9	7,6	76	19	7
4	96,4	24,1	9,6	96	24	9
5	153,9	38,5	15,4	154	38	15

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

En la tabla 6 se presenta la capacidad de los hornos, en el caso de las piezas pequeñas y medianas se redondeó la cantidad total hacia arriba si éstas terminaban en 0,6 o más pues la diferencia no es mayor para efectos de capacidad del horno (82,8

Kg.), sin embargo, para el caso de las piezas grandes se redondearon los valores hacia abajo pues 0,4 de una pieza grande son aproximadamente 1.300 Kg.

Por otra parte existe una restricción en el peso máximo que pueden soportar los hornos la cual es de 20 toneladas, con los valores actuales basados en el número de piezas que caben en su interior según la superficie que ocupan, la carga máxima de los hornos se resume en la tabla 7.

Tabla 7: Carga actual de los hornos transformando el nº de piezas a Kg.

Peso piezas según tamaño (Kg.)			
	Pequeñas	Medianas	Grandes
	138	1.143	3.252
Capacidad exigida a hornos (Kg.)			
Horno nº	Pequeñas	Medianas	Grandes
1	11.634	24.109	26.020
2	16.241	33.655	35.777
3	10.421	21.595	22.767
4	13.288	27.536	29.272
5	21.217	43.967	48.787

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Sólo en el caso de las piezas pequeñas no se superan las 20 toneladas, capacidad máxima de los hornos.

De este modo se modifica la cantidad máxima de piezas que puede soportar cada horno hasta que los pesos de las piezas no superen las 20 toneladas, las nuevas cargas así determinadas se presentan en la tabla 8.

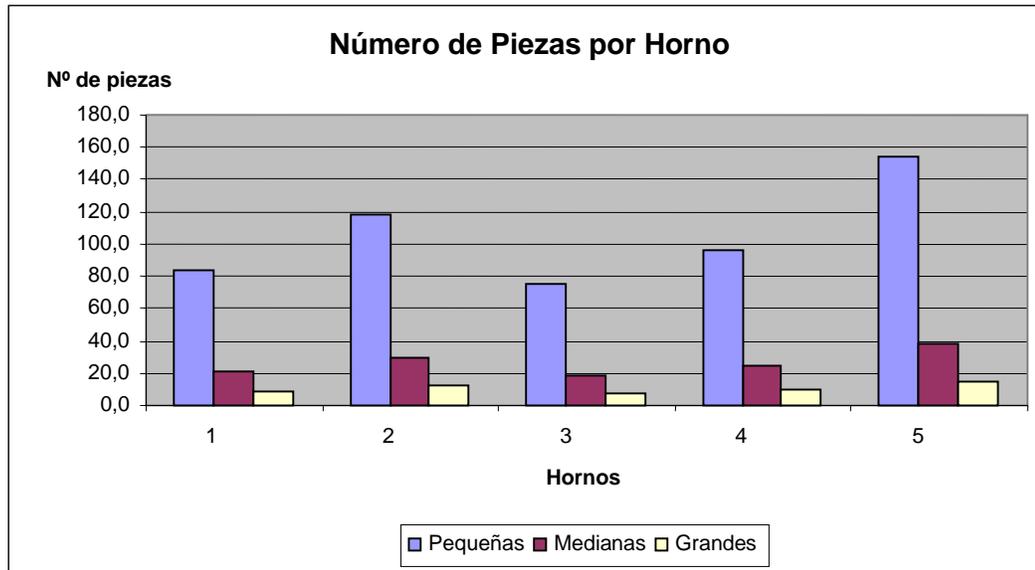
Tabla 8: Nueva carga de los hornos (Kg.) ahora con límite de peso

				Peso piezas según tamaño (Kg.)		
				Pequeñas	Medianas	Grandes
Horno nº	Pequeñas	Medianas	Grandes	138	1143	3252
1	84	17	6	11.634	19.424	19.515
2	118	17	6	16.241	19.424	19.515
3	76	17	6	10.421	19.424	19.515
4	96	17	6	13.288	19.424	19.515
5	145	17	6	19.987	19.424	19.515

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

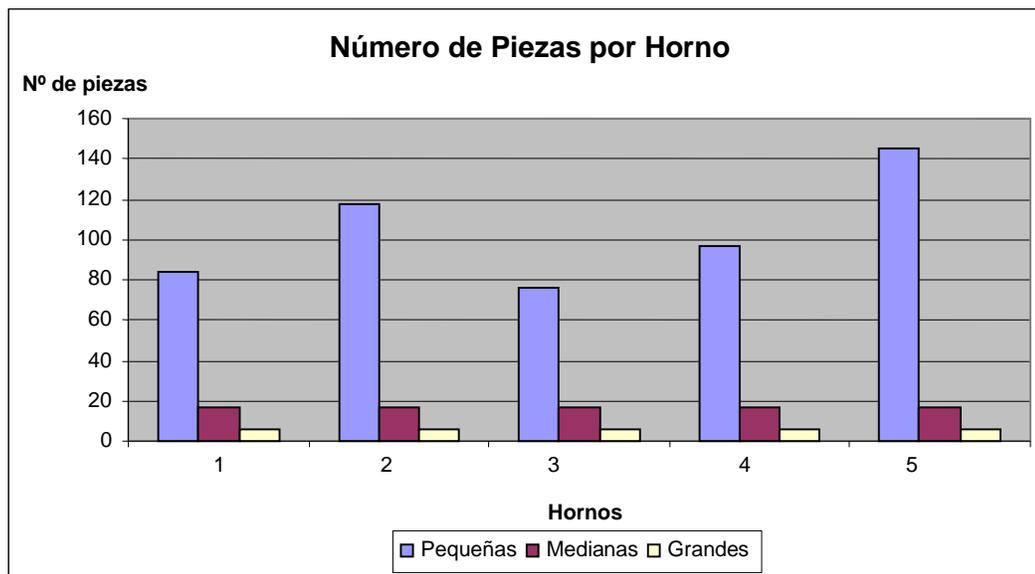
Para más claridad los datos de las tablas 7 y 8 se presentan también como gráficos de barra en las figuras 5 y 6.

Figura 5: Número de piezas por horno antes de la restricción de peso máximo



Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Figura 6: Número de piezas por horno después de la restricción de peso máximo



Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

En lo que a capacidad de los hornos respecta, es la restricción del peso de las piezas lo que predomina por sobre el espacio ocupado. Por lo tanto se usará una equivalencia de pesos, dada en la tabla 9, para efectos de programación en *Extend* (para calcular los niveles de ocupación de los hornos) y no se ocupará la equivalencia de áreas calculada anteriormente.

Tabla 9: Equivalencia en peso (Kg.) según tamaño de las piezas

Peso piezas según tamaño (Kg.)		
Pequeñas	Medianas	Grandes
138	1143	3252
Equivalencia piezas según peso		
1	8	24

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Como era de esperar la equivalencia en el tamaño de piezas según peso (1;8;24) difiere de mayor manera que en el caso de las áreas (1;4;10) pues en la primera se trabaja con volúmenes y en la segunda con superficies.

7.4. Resultados obtenidos con *Extend*

Extend es una herramienta de simulación dinámica multi-plataforma la cual permite modelar entre otras cosas procesos de producción.

En este caso fue utilizada para modelar el proceso productivo en la sección de Tratamientos térmicos de *Elecmetal*, siguiendo los siguientes pasos:

1. Se crea una entidad generadora de piezas.
2. Cada pieza tendrá una probabilidad de pertenecer a las distintas familias de acero (CM, MN, SP, F12) según los niveles de producción que presenta *Elecmetal*.
3. Una vez que la pieza tiene su familia de acero asignada se le da el tamaño (pequeño, mediano o grande), los cuales tienen distintos niveles de producción en cada familia.
4. Luego las piezas entran al primer proceso, la “colada”, donde se le asigna un tiempo de espera a cada pieza según su tamaño.
5. Los siguientes procesos son el tiempo en “cama”, enfriamiento y limpieza, los cuales también dependen del tamaño de las piezas.

6. Los procesos de enfriamiento y limpieza corresponden a los sectores con problemas de espacio de *Elecmetal* por lo tanto tienen un área limitada asignada. Esta área corresponde al sector A de 233,5 m² mencionado en el Layout de la Empresa la cual, en caso de ser superada, detiene la entidad generadora de piezas hasta que haya nuevamente espacio disponible.
7. Luego las piezas entran a los hornos donde el máximo de piezas está limitado por el volumen que soporta cada horno y el tiempo de espera depende del tratamiento al que se esté sometiendo cada pieza. Como *Extend* no distingue entre entidades distintas en fila (o dentro del horno) se separaron las piezas grandes y medianas en su equivalente volumétrico de piezas pequeñas antes de entrar al horno y luego se vuelven a juntar en sus tamaños originales. Esta misma técnica se aplica a nivel de superficie para estimar los espacios ocupados por cada pieza.
8. Finalmente se realiza la terminación cuyo tiempo de espera depende si es realizada a mano o con maquinaria y del tamaño de las piezas.
9. Manteniendo los tiempos de procesos y los espacios fijos, se hace variar la tasa de generación de piezas obteniendo el máximo de producción cuando el área dedicada a enfriamiento y limpieza copa su capacidad.

Luego de realizar esta modelación, se encuentra como resultado que la producción puede mejorar hasta alcanzar las 12.000 toneladas anuales, lo que significa un aumento del 4,1% en su producción (tomado como referencia el año 2005).⁷

⁷ Ver anexos n°4 y n°5

8. Estudio y Proyección de Demanda

Los mercados para los cuales *Elecmetal* fabrica piezas están bien definidos: son la minería y la construcción. En el caso de la minería su influencia en la demanda de *Elecmetal* es más importante que la construcción (en una proporción aproximada de 70% para la minería y 30% para la construcción⁸) Sin embargo un análisis del comportamiento histórico permitirá determinar esta proporción de manera más fundamentada.

Se realizó una correlación de los datos históricos de estos mercados con la demanda de *Elecmetal*. De este modo con la correlación histórica (entre la demanda de *Elecmetal* y sus mercados) y las proyecciones de los mercados relevantes se puede proyectar la demanda futura de *Elecmetal*.

Para estudiar los datos de la evolución minera se observaron las proyecciones de inversiones mineras, histórica y proyectada, realizadas por COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) desde el 2003 hasta el 2010 (figura 7).

Para el rubro de la construcción, como variable a trabajar, se observó la evolución de la “superficie edificada (m²) autorizada total país, viviendas y no viviendas” proporcionada por el INE (Instituto Nacional de Estadísticas) los cuales abarcan desde Enero de 1991 hasta Septiembre del 2006.

Con esta información se realizó un estudio para determinar la mejor manera de proyectar la evolución del comportamiento de este mercado y así, junto con los datos de la minería, poder realizar una estimación de la evolución en la demanda de *Elecmetal*.

8.1. Mercado minero

En el caso del mercado minero se estudiaron los datos de COCHILCO⁹ para obtener la inversión histórica de la minería (ver tabla 10 y figura 7). *Elecmetal* fabrica piezas como partes de vehículos, chancadores y otras maquinarias indispensables en el desarrollo minero. Por lo tanto es razonable apoyarse en estos datos para evaluar el mercado minero que interesa a *Elecmetal*.

⁸ Estimación Gerente de Producción de *Elecmetal*

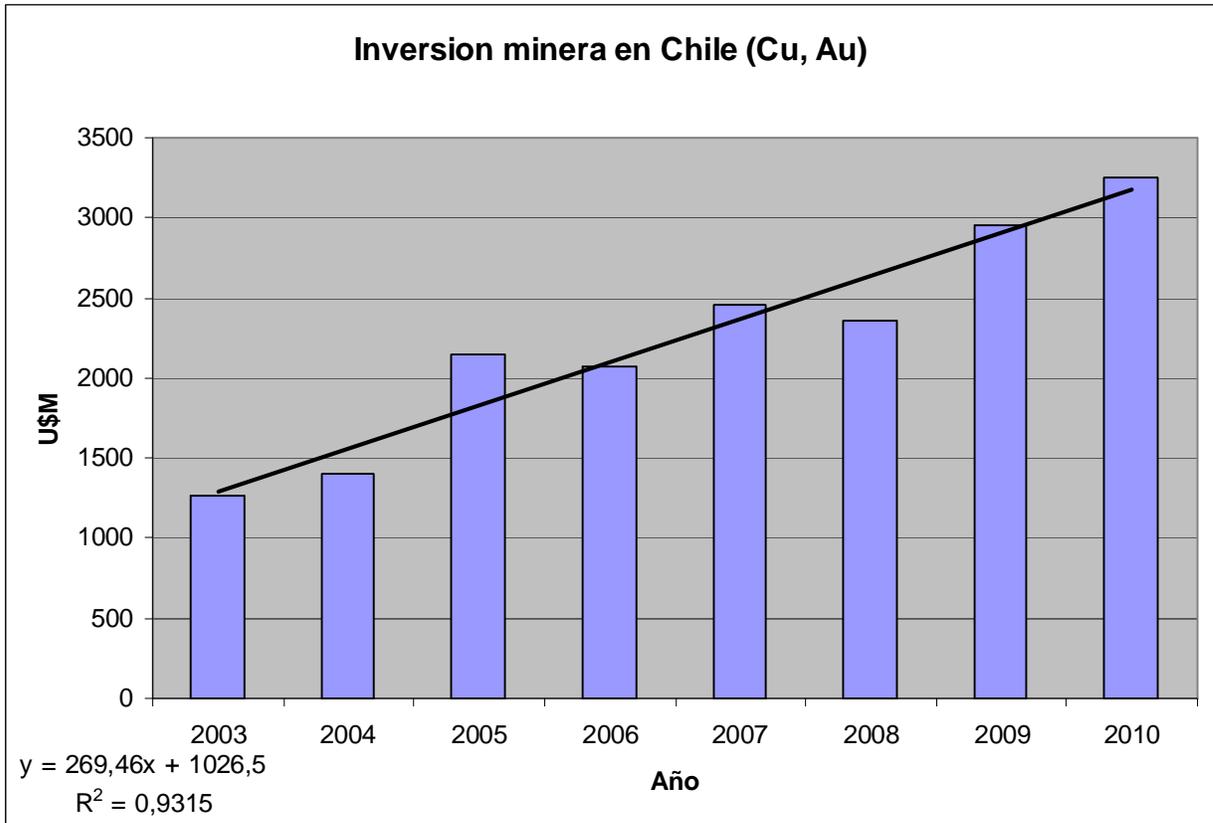
⁹ Comisión Chilena del Cobre, <http://www.cochilco.cl/>

Tabla 10: Inversión minera Cu y Au

Inversión en la minería del Cobre y del Oro (US\$M)								
Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CODELCO	765	711	727	810				
MINERÍA PRIVADA COBRE	479	567	1353	1204				
MINERÍA PRIVADA ORO	19	129	72	59				
TOTAL	1263	1407	2152	2073	2461	2356	2948	3253

Fuente COCHILCO¹⁰

Figura 7: Inversión minera en Chile



Fuente COCHILCO

¹⁰ Inversión en la Minería Chilena del Cobre y del Oro Proyección del período 2006-2010 (Actualizada a Ago 2006)

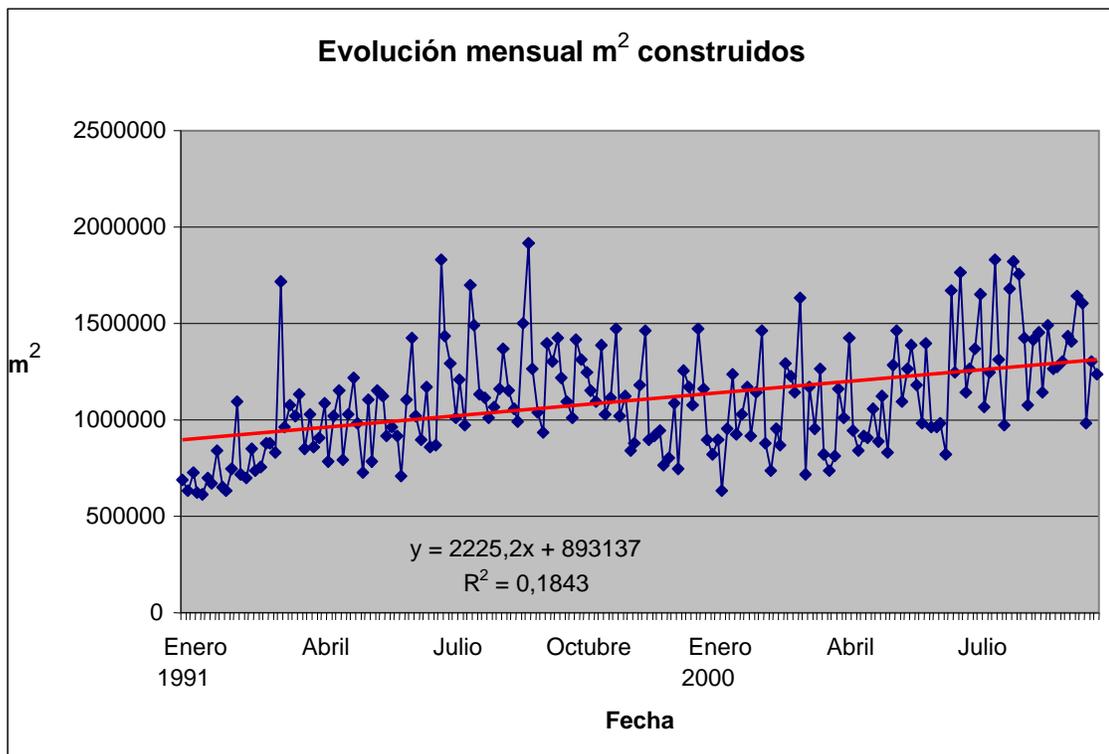
8.2. Mercado de la Construcción

En el caso del mercado de la construcción se analizaron datos del INE sobre el nivel de metros cuadrados construidos a nivel de País (ver tabla 11 y figura 10). Las ventas de *Electrometal* hacia la construcción están enfocadas en repuestos para maquinarias, proveyendo piezas como dientes de grúas o alpagatas de orugas.

8.2.1. Estimación de demanda para el mercado de la construcción

En un principio se realizó un análisis con los datos mensuales¹¹, ya que este es la forma en que los entrega el INE, sin embargo las curvas de tendencia que permiten realizar un estudio del comportamiento futuro presentaron un coeficiente de correlación muy pequeño ($R^2 = 0,18$).

Figura 8: Evolución mensual m² construidos, regresión lineal

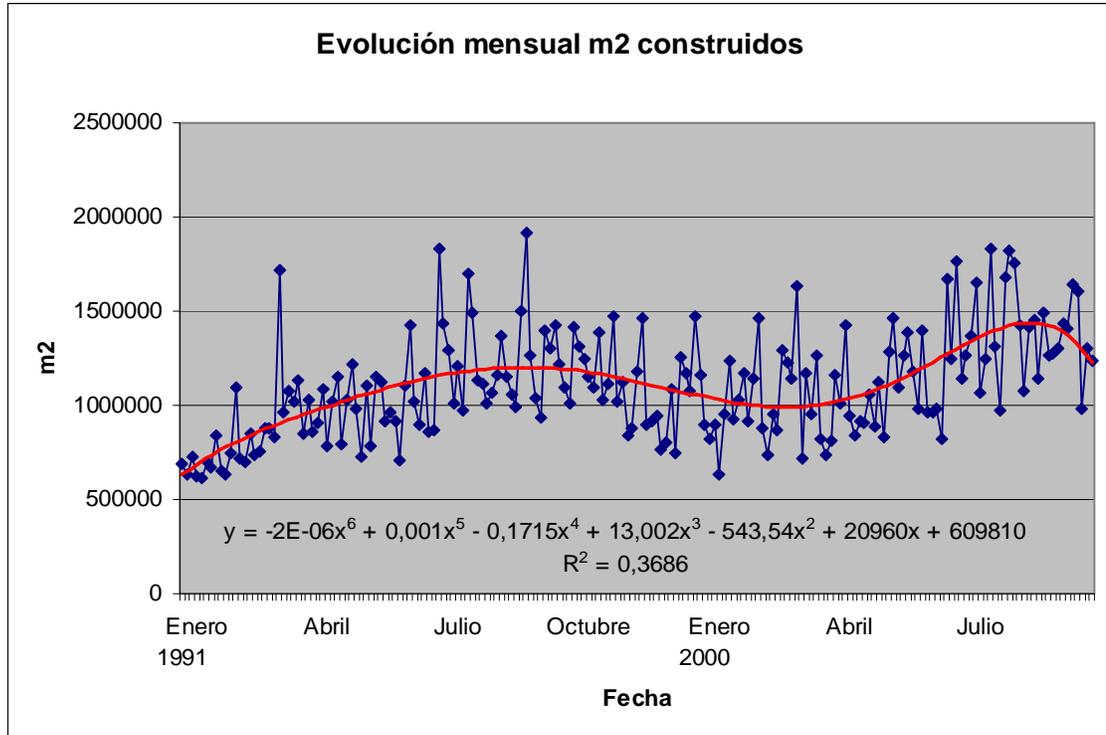


Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

¹¹ Anexo n3

Ni siquiera en el caso de una curva de tendencia polinomial de grado 6 se logró un ajuste mayor a 0,4.

Figura 9: Evolución mensual m² construidos, regresión polinomial



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

Es por esta razón que se trabajó con datos anuales (figura 10), entregando para cada año la suma de los m² construidos en cada mes.

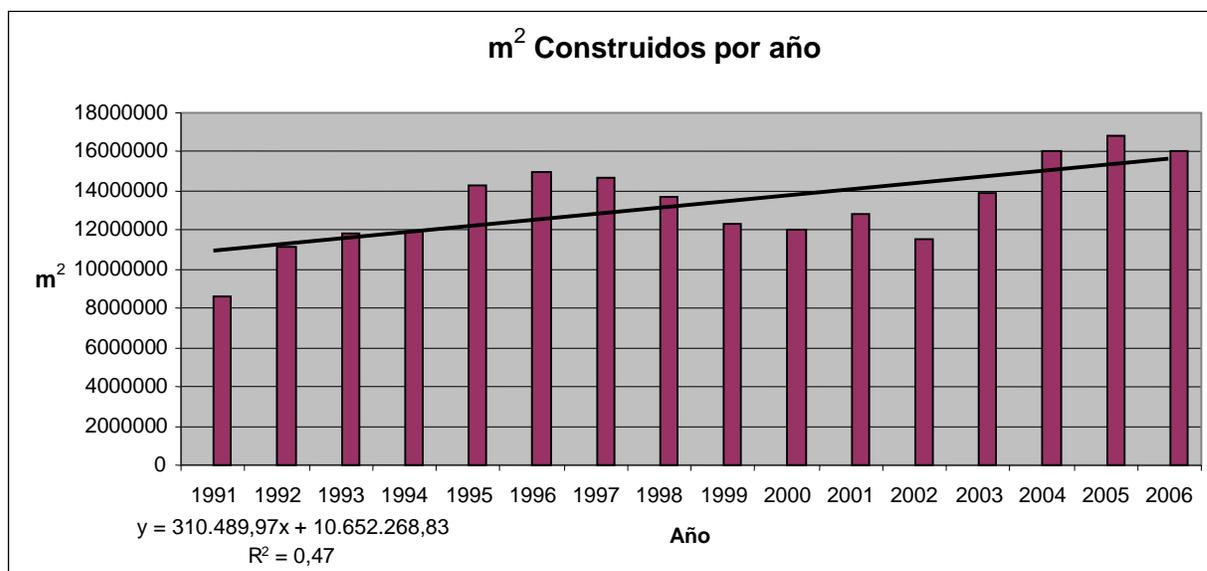
Trabajar con los datos anuales permitirá sincronizar la información del mercado de la construcción con el de la minería, pues este último entrega sus datos de manera anual.

Tabla 11: Superficie edificada autorizada total país, viviendas y no viviendas (m²/año)

Año	m2 construidos total país
1991	8.633.855
1992	11.124.931
1993	11.839.426
1994	11.896.722
1995	14.260.563
1996	14.954.288
1997	14.646.110
1998	13.738.641
1999	12.296.668
2000	12.071.800
2001	12.813.965
2002	11.509.804
2003	13.934.184
2004	16.055.524
2005	16.812.069
2006	16.074.387

Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

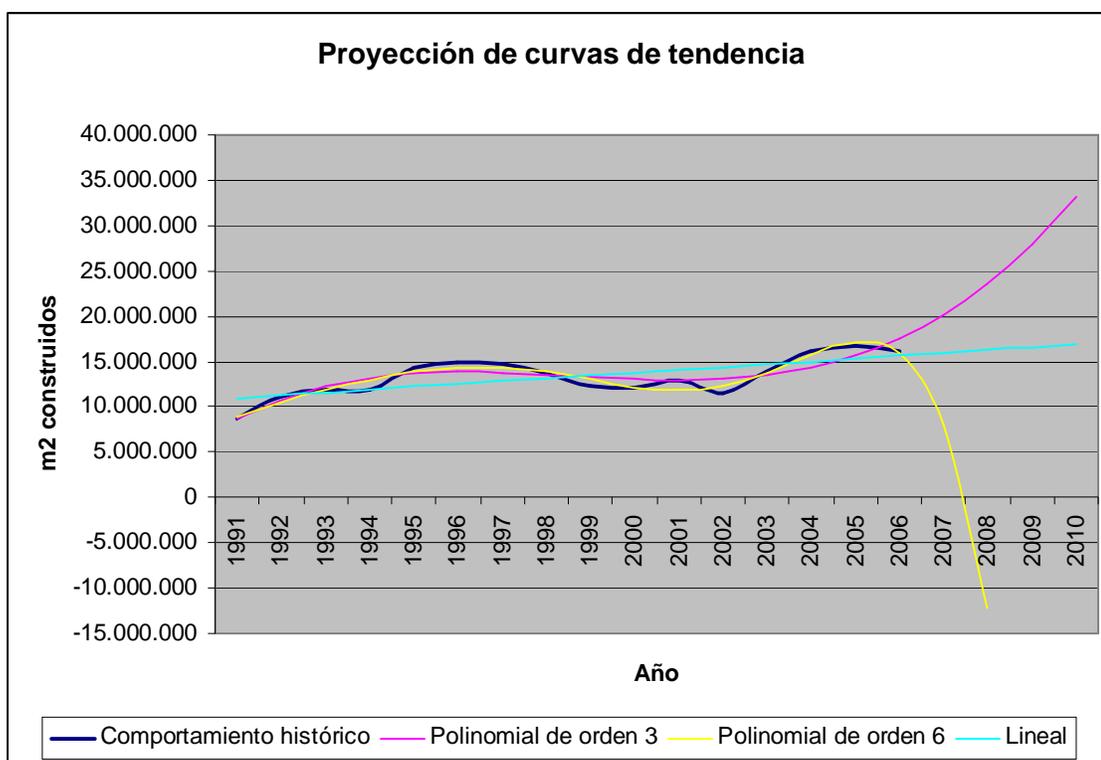
Figura 10: Superficie edificada autorizada total país, viviendas y no viviendas (m²/año)



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

Para predecir los posibles movimientos del mercado de la construcción se probaron distintas aproximaciones (figura 11). Si bien las curvas polinomiales de orden mayor a 2 presentaron un ajuste mejor que la lineal, no es viable trabajar con estas por su comportamiento en la proyección a futuro presenta grandes fluctuaciones (ver figura nº11). En el caso de curvas polinomiales con grado 4 o 3 las proyecciones son muy altas y en el caso de que el grado sea 5 o 6 estas serán muy bajas por la menor cantidad de m² construidos proyectada para el 2006.

Figura 11: Proyección de curvas de tendencia polinomiales



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

Como se ve en la tabla 12, las curvas polinomiales de orden 2 ó 1 se comportan como una curva Lineal con un mismo nivel de ajuste ($R^2 = 0,47$).

Tabla 12: Proyección curvas polinomiales v/s curva lineal

Año	m ² construidos	Polinomial		Lineal
		°3	°6	
1991	8.633.855	8.679.195	8.848.283	10962759
1992	11.124.931	10.752.444	10.531.340	11273249
1993	11.839.426	12.209.869	11.838.563	11583739
1994	11.896.722	13.144.806	12.986.679	11894229
1995	14.260.563	13.650.587	13.898.923	12204719
1996	14.954.288	13.820.546	14.404.396	12515209
1997	14.646.110	13.748.016	14.382.402	12825699
1998	13.738.641	13.526.329	13.851.751	13136189
1999	12.296.668	13.248.821	13.005.032	13446679
2000	12.071.800	13.008.823	12.187.863	13757169
2001	12.813.965	12.899.669	11.823.098	14067659
2002	11.509.804	13.014.692	12.280.019	14378148
2003	13.934.184	13.447.226	13.688.491	14688638
2004	16.055.524	14.290.604	15.698.085	14999128
2005	16.812.069	15.638.160	17.182.179	15309618
2006	16.074.387	17.583.226	15.887.023	15620108
2007		20.219.136	8.025.777	15930598
2008		23.639.223	-12.182.481	16241088
2009		27.936.820	-53.028.778	16551578
2010		33.205.262	-125.885.293	16862068

Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

Los últimos datos de la polinomial de grado 6 no fueron graficados pues eran tan extremos que no permitían una correcta apreciación de la evolución de las otras curvas en el gráfico.

Para completar los 3 meses faltantes del 2006 (Oct. Nov. Dic.) se tomaron los valores correspondientes a los mismos meses del 2005. Si bien se podría haber hecho un promedio de los últimos tres meses de varios años, se estimó que el 2005 es más representativo que el resto de los años, pues los niveles de construcción han ido en aumento y promediar la producción del 2005 con la de años pasados implicaría proyectar niveles posiblemente más bajos de lo real.

Las ecuaciones de las curvas que se obtuvieron fueron las siguientes:

Polinomial de grado 6:

$$y = -76,43x^6 + 3.266,39x^5 - 50.524,6x^4 + 355.802,53x^3 - 1.330.587,12x^2 + 3.845.627x + 6.024.774,9$$

$$R^2 = 0,94$$

Polinomial de grado 3:

$$y = 15.555,55x^3 - 401.244,46x^2 + 3.168.092,7x + 5.896.791,59$$

$$R^2 = 0,78$$

Lineal:

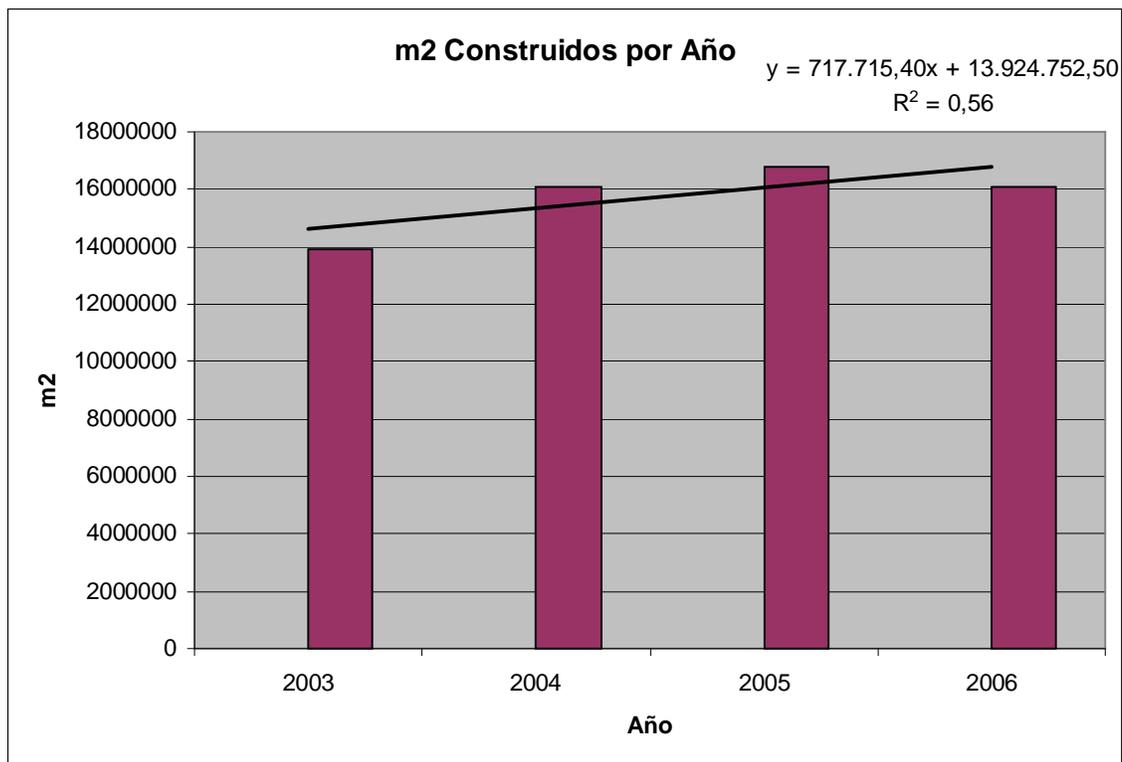
$$y = 310.489,97x + 10.652.268,83$$

$$R^2 = 0,47$$

La proyección dada por la polinomial de grado 3 predice que la demanda se duplicará en 4 años, cosa que demoró 15 años en suceder la última vez, por lo que parece ser un escenario poco factible. En el caso de la polinomial de grado 6 predice que la demanda desaparece en 3 años, escenario aun menos factible. En el caso de la proyección Lineal, se espera un aumento a 16,8 M para el 2010 lo que no es tan descabellado, bastante similar a la proyección lineal mensual realizada anteriormente donde se esperaba un aumento a 16,9 M de m² por año para el 2010.

Si bien estos escenarios obtenidos con proyecciones lineales se ven razonables veamos que se obtiene si solo se ocupan los 4 últimos años, los cuales son más confiables para predecir el comportamiento futuro del mercado pues no están marcados por la crisis asiática y son más recientes, estos datos están graficados en la figura 12.

Figura 12: m² construidos 2003-2006



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

En este caso (figura 12) se ajusta bastante bien la curva lineal, la cual se puede ocupar para representar a un mercado en crecimiento.

Curva lineal:

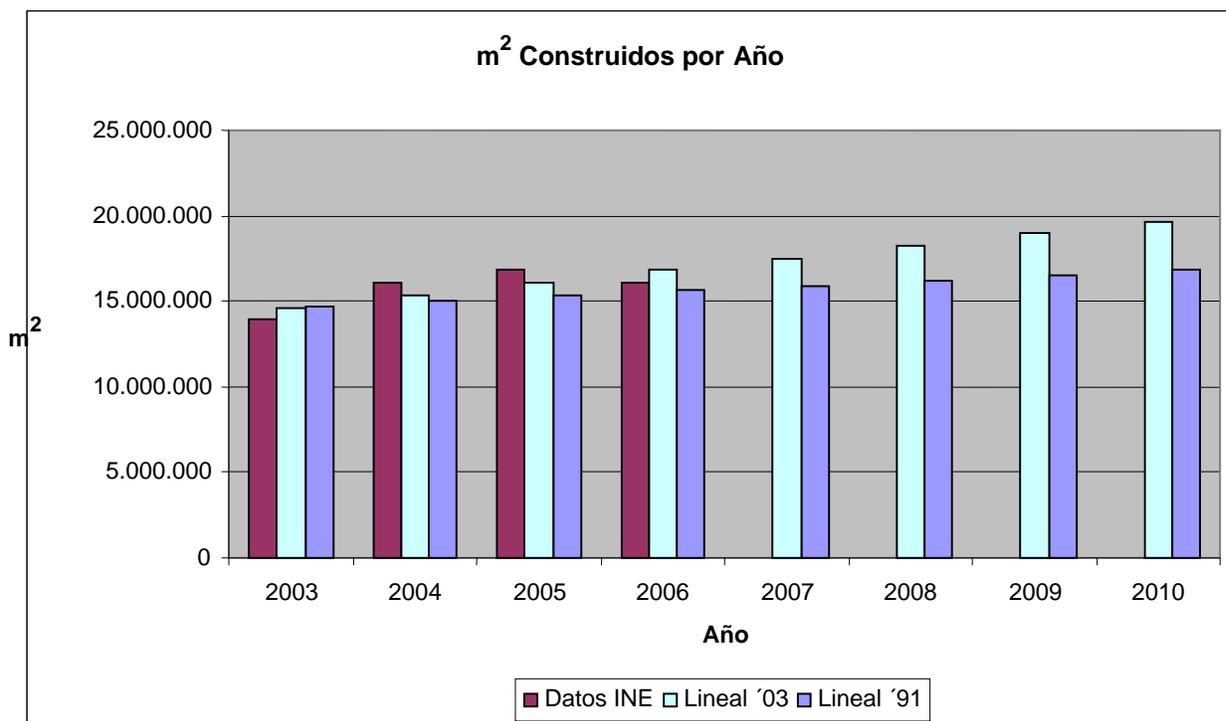
$$y = 717.715,4x + 13.924.752,5$$

$$R^2 = 0,56$$

Con la curva lineal se puede representar un mercado que sigue en crecimiento así como lo ha hecho los últimos 4 años con excepción del 2006 que hubo una pequeña caída en los niveles de m² construidos.

A continuación se comparan las proyecciones de crecimiento en la industria de la construcción basándose en datos históricos a partir del año 2003 y 1991 (ver figura 13 y tabla 13).

Figura 13: Proyección del crecimiento de los m² construidos con curvas basadas en datos desde el 2003 y desde 1991



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

Tabla 13: Evolución de los m² construidos a nivel país con aproximaciones lineales ocupando datos desde el año 2003 y desde el año 1991

Año	Lineal ocupando datos desde el '03 (m ²)	Lineal ocupando datos desde el '91 (m ²)
2003	14.642.468	14.688.638
2004	15.360.183	14.999.128
2005	16.077.899	15.309.618
2006	16.795.614	15.620.108
2007	17.513.330	15.930.598
2008	18.231.045	16.241.088
2009	18.948.760	16.551.578
2010	19.666.476	16.862.068

Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE.

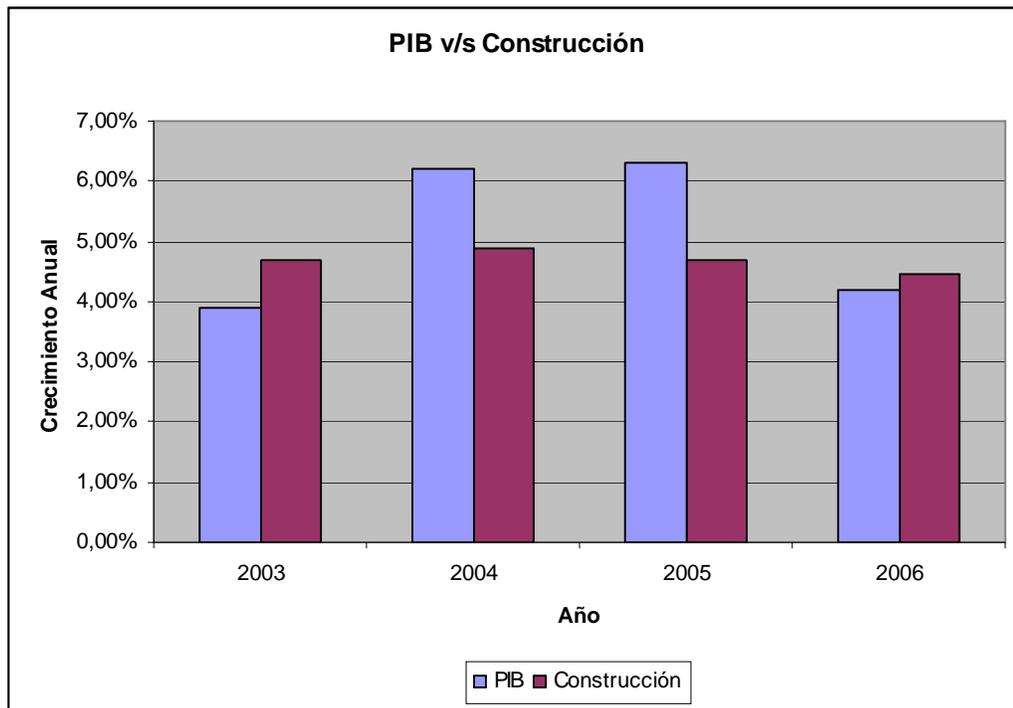
Como se puede apreciar en este caso las proyecciones son más optimistas que en el caso anterior, donde se incluyen los datos desde el '91 en adelante, esto se debe a que si bien no incluye los bajos niveles construcción de principios de los '90 (lo que aumentaría la pendiente de las curvas) tampoco incluye el período correspondiente a la

crisis asiática o el ataque a las torres gemelas ('97-'02) los cuales afectaron la inversión extranjera en el país.

Es por esta razón que la proyección lineal es casi 3 millones de m² construidos mayor (para el 2010), en el caso de la proyección basada en los últimos 4 años, que la que está apoyándose en datos históricos desde el '91.

Se puede chequear la validez de esta proyección basada en datos del 2003 comparándola por ejemplo con el crecimiento del PIB chileno (ver figura 14).

Figura 14: Crecimiento porcentual del PIB chileno versus el de la Construcción



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Banco Central

Durante los años 2003 – 2006 el PIB chileno presenta un crecimiento promedio de un 5,15% y la construcción presenta un crecimiento promedio de un 4,68%. La diferencia entre ambos es de tan solo un 0,47%, si bien la construcción presenta una menor variabilidad que el PIB, esto se puede explicar por una adaptación más lenta por parte de la construcción a la capacidad adquisitiva del consumidor chileno.

8.3. Análisis de Demanda

Una vez que se tienen los datos históricos y futuros de la minería y la construcción y con los datos históricos de la producción de *Elecmetal* se puede comenzar el análisis de la demanda futura de *Elecmetal*.

Primero se toman las líneas de tendencia de los datos históricos de la inversión minera en Chile, los metros cuadrados construidos por año a nivel país y la producción en Kg. de *Elecmetal*. Se obtendrá un sistema de tres ecuaciones del siguiente tipo:

$$\begin{aligned}y_M^I &= m_M^I \cdot x + n_M^I \\y_C^I &= m_C^I \cdot x + n_C^I \\y_E^I &= m_E^I \cdot x + n_E^I\end{aligned}$$

Los subíndices M, C y E se refieren a las variables correspondientes a Minería, Construcción y *Elecmetal* respectivamente, “m” corresponde a la pendiente y “n” a la constante.

En el eje de las ordenadas “x” representa los años y en el de las abscisas “y” se tiene:

Minería (y_M): Millones de dólares invertidos en nueva infraestructura

Construcción (y_C): m² construidos a nivel país

Elecmetal (y_E): Producción de piezas medida en Kg.

Se utilizará el superíndice I para las ecuaciones correspondiente a datos históricos (el pasado) y el superíndice II para las ecuaciones correspondientes al futuro (proyecciones).

De esta manera se tendrán las siguientes ecuaciones para los datos futuros:

$$\begin{aligned}y_M^{II} &= m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} \\y_C^{II} &= m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} \\y_E^{II} &= m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}\end{aligned}$$

Luego se busca la relación entre la pendiente de los mercados de la minería (m_M^I) y la construcción (m_C^I), utilizando esta relación para encontrar la demanda futura de *Elecmetal*.

Para esto se deben encontrar los valores faltantes de las proyecciones de la demanda de *Elecmetal* y su constante:

$$m_E^II \text{ y } n_E^II$$

Sin embargo las unidades no coinciden pues la minería está en millones de dólares, la construcción en metros cuadrados y la producción (o demanda) de *Elecmetal* está en kilogramos. Para poder trabajar con los datos se divide la pendiente por la constante, que están en las mismas unidades, dejando de este modo una variable numérica sin unidad, las ecuaciones quedarán de la siguiente manera:

$$\frac{y_M^I}{n_M^I} = \frac{m_M^I}{n_M^I} \cdot x + 1$$

$$\frac{y_C^I}{n_C^I} = \frac{m_C^I}{n_C^I} \cdot x + 1$$

$$\frac{y_E^I}{n_E^I} = \frac{m_E^I}{n_E^I} \cdot x + 1$$

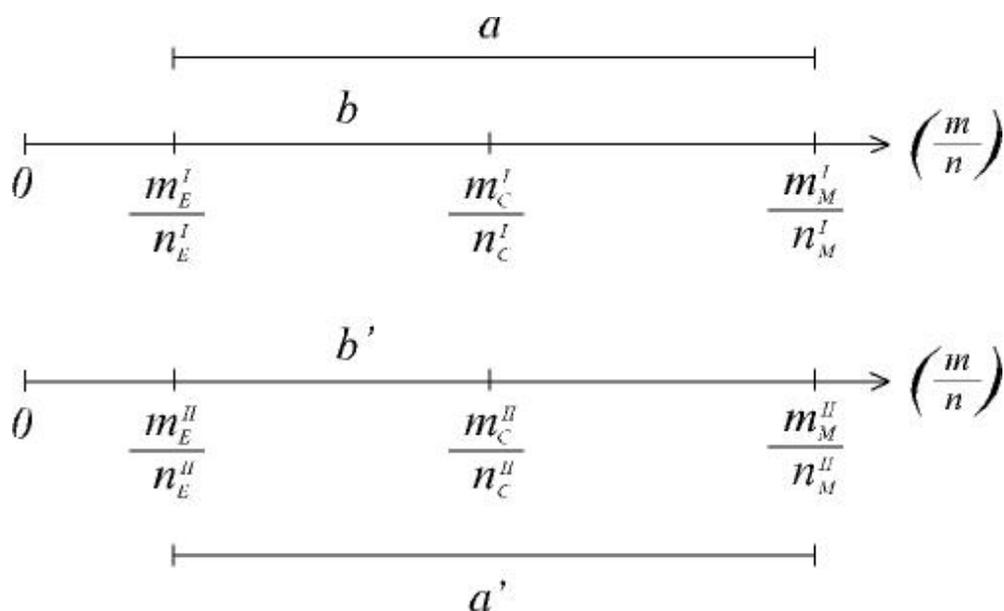
Para las ecuaciones correspondientes a las proyecciones de los datos se realiza el mismo cambio.

$$\frac{y_M^II}{n_M^II} = \frac{m_M^II}{n_M^II} \cdot x + 1$$

$$\frac{y_C^II}{n_C^II} = \frac{m_C^II}{n_C^II} \cdot x + 1$$

$$\frac{y_E^II}{n_E^II} = \frac{m_E^II}{n_E^II} \cdot x + 1$$

Luego se proyectan las pendientes divididas por las constantes (m/n) en un eje y se asignan valores a y b a sus separaciones en el caso de valores históricos y a' y b' para los valores futuros:



Luego como condición para que se conserven los niveles de influencia históricos que han tenido los mercados de la minería y la construcción en *Elecmetal* se plantea la siguiente igualdad:

$$\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'} \Rightarrow \frac{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I}\right)}{\left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I}\right)} = \frac{\left(\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} - \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}}\right)}{\left(\frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} - \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}}\right)}$$

De este modo se obtiene una relación entre la proyección de la pendiente de *Elecmetal* y su constante:

$$\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} = \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I}\right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I}\right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I}\right)}$$

Otra suposición que se hace, es que la demanda de *Elecmetal* crece o disminuye de manera continua, por lo tanto en el año 2006 ambas, la ecuación para la demanda pasada de *Elecmetal* y la ecuación para la demanda futura, deberían tener el mismo valor.

$$y_{E(2006)}^I = y_{E(2006)}^{II}$$

Con esto se tiene:

$$y_{E(2006)}^I = y_{E(2006)}^{II} \rightarrow (m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I) = \left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right] \cdot n_E^{II}$$

$$n_E^{II} = \frac{(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I)}{\left[\left(\frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]}$$

Se ocupa $(x_{2006} - 3)$ pues los datos proyectados están separados de los históricos en Excel, de este modo se puede trabajar de manera conjunta con los datos proyectados y los correspondientes a los tres años históricos.

Para obtener la pendiente de la proyección de la demanda de *Electrometal* se ocupa:

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II}$$

$$m_E^{\text{II}} = \left(\frac{\frac{m_M^{\text{II}}}{n_M^{\text{II}}} \cdot \left(\frac{m_C^{\text{I}}}{n_C^{\text{I}}} - \frac{m_E^{\text{I}}}{n_E^{\text{I}}} \right) + \frac{m_C^{\text{II}}}{n_C^{\text{II}}} \cdot \left(\frac{m_M^{\text{I}}}{n_M^{\text{I}}} - \frac{m_E^{\text{I}}}{n_E^{\text{I}}} \right)}{\left(\frac{m_M^{\text{I}}}{n_M^{\text{I}}} - \frac{m_C^{\text{I}}}{n_C^{\text{I}}} \right)} \right) \cdot n_E^{\text{II}} =$$

$$\left(\frac{\frac{m_M^{\text{II}}}{n_M^{\text{II}}} \cdot \left(\frac{m_C^{\text{I}}}{n_C^{\text{I}}} - \frac{m_E^{\text{I}}}{n_E^{\text{I}}} \right) + \frac{m_C^{\text{II}}}{n_C^{\text{II}}} \cdot \left(\frac{m_M^{\text{I}}}{n_M^{\text{I}}} - \frac{m_E^{\text{I}}}{n_E^{\text{I}}} \right)}{\left(\frac{m_M^{\text{I}}}{n_M^{\text{I}}} - \frac{m_C^{\text{I}}}{n_C^{\text{I}}} \right)} \right) \cdot \left[\frac{\left(m_E^{\text{I}} \cdot x_{2006} + n_E^{\text{I}} \right)}{\left(\frac{\frac{m_M^{\text{II}}}{n_M^{\text{II}}} \cdot \left(\frac{m_C^{\text{I}}}{n_C^{\text{I}}} - \frac{m_E^{\text{I}}}{n_E^{\text{I}}} \right) + \frac{m_C^{\text{II}}}{n_C^{\text{II}}} \cdot \left(\frac{m_M^{\text{I}}}{n_M^{\text{I}}} - \frac{m_E^{\text{I}}}{n_E^{\text{I}}} \right)}{\left(\frac{m_M^{\text{I}}}{n_M^{\text{I}}} - \frac{m_C^{\text{I}}}{n_C^{\text{I}}} \right)} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1} \right]$$

Con esta ecuación finalmente se puede determinar la pendiente de la demanda de *Elecmetal* en el futuro basándose en el comportamiento histórico (incluyendo el de *Elecmetal*) y en las proyecciones de la minería y la construcción. Esto junto con la constante n_E^{II} , obtenida anteriormente, permitirá calcular los niveles de demanda de *Elecmetal* hasta el 2010.

9. Análisis de Datos

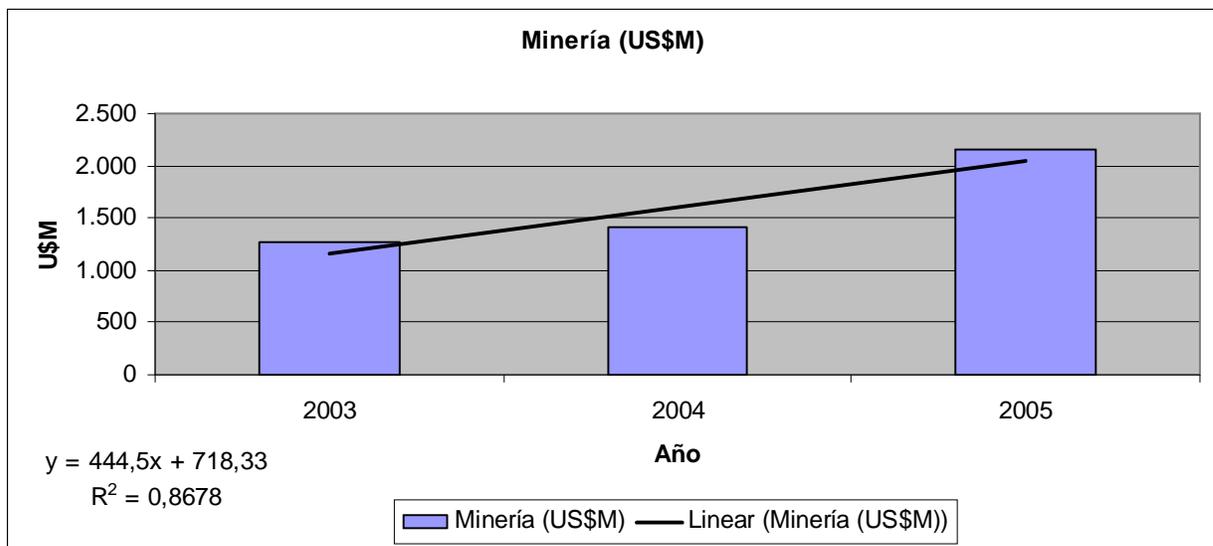
Una vez que se tienen los datos de la inversión minera en Chile y de la construcción, en m² construidos a nivel país, se puede realizar el análisis de éstos.

Ocupando las fórmulas obtenidas en el análisis de demanda, se pueden analizar los distintos escenarios de mercado a los que puede enfrentarse *Elecmetal*.

9.1. Escenario en que la Minería y la Construcción crecen según lo esperado

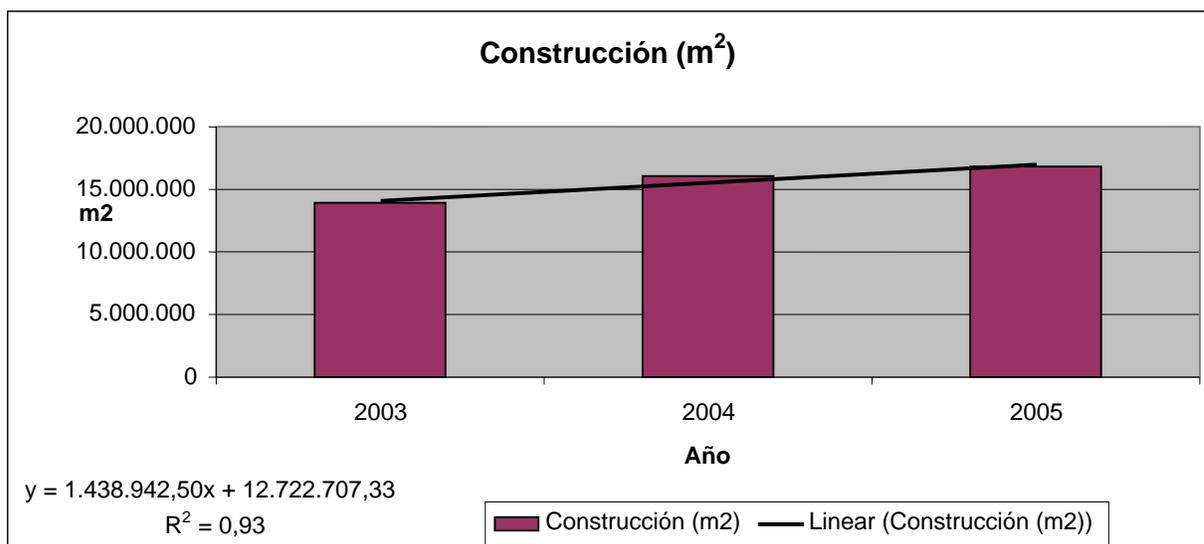
En este caso se ocupan los datos históricos de la minería y la construcción (graficados en las figuras 15 y 16) correspondientes a los tres últimos años (2003 - 2005) los cuales son más representativos que el resto de los datos históricos por su fecha más reciente.

Figura 15: Comportamiento histórico de la inversión minera (2003 - 2005)



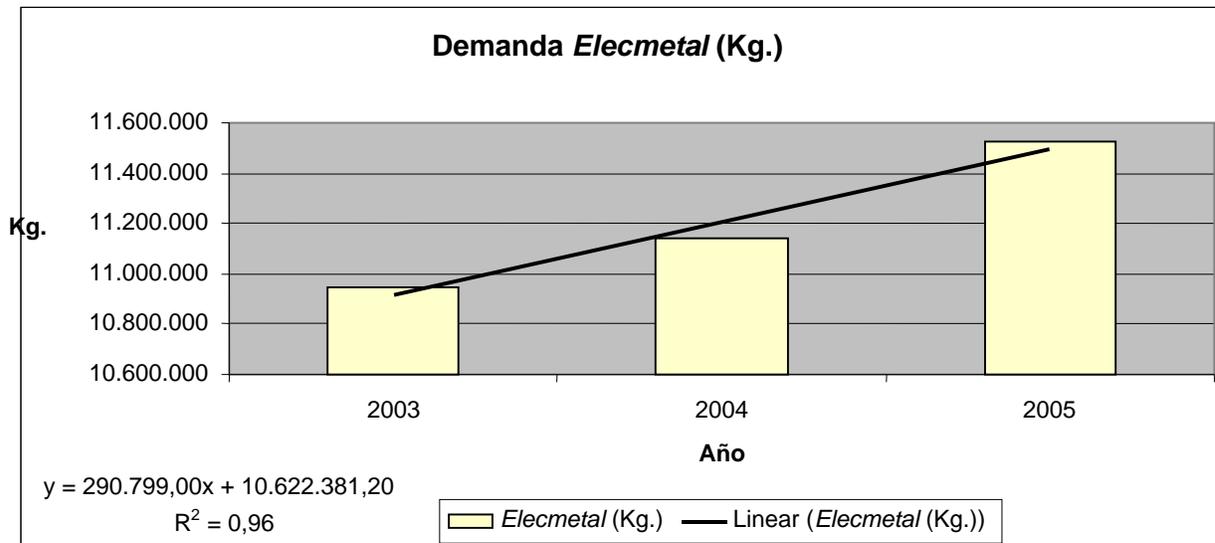
Fuente: COCHILCO

Figura 16: Comportamiento histórico de la construcción a nivel país (2003 - 2005)



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE

Figura 17: Comportamiento histórico de la producción de *Elecmetal* (2003 - 2005)

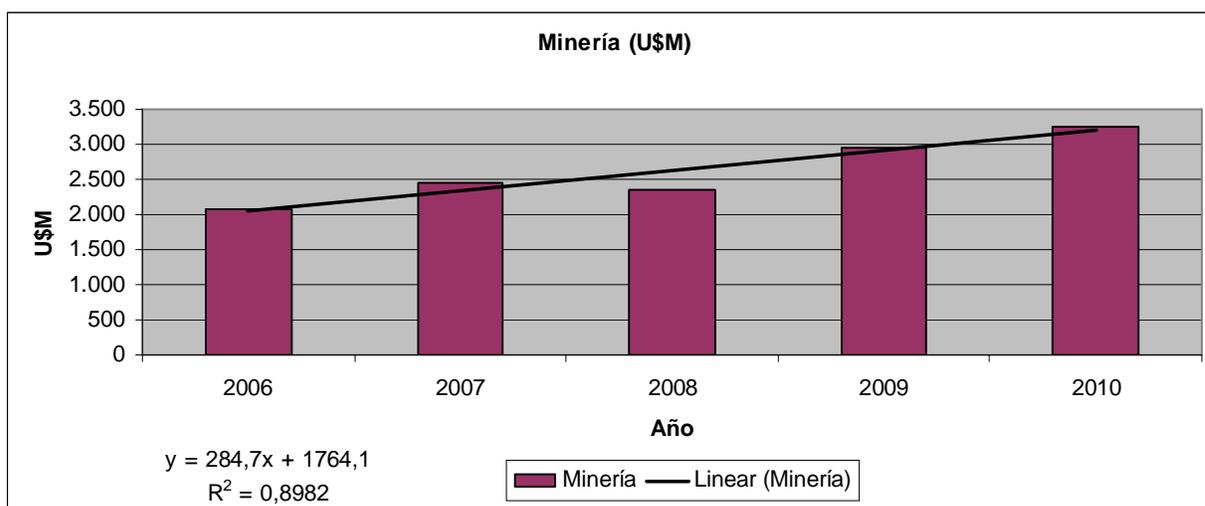


Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

Cabe destacar que ambos mercados, la minería y la construcción, así como *Elecmetal* (Figura 17), presentaron un muy buen ajuste a la regresión lineal con $R^2 > 0,86$ en todos los casos, lo que confirma la pertinencia de ocupar este tipo de regresión para proyectar datos a futuro.

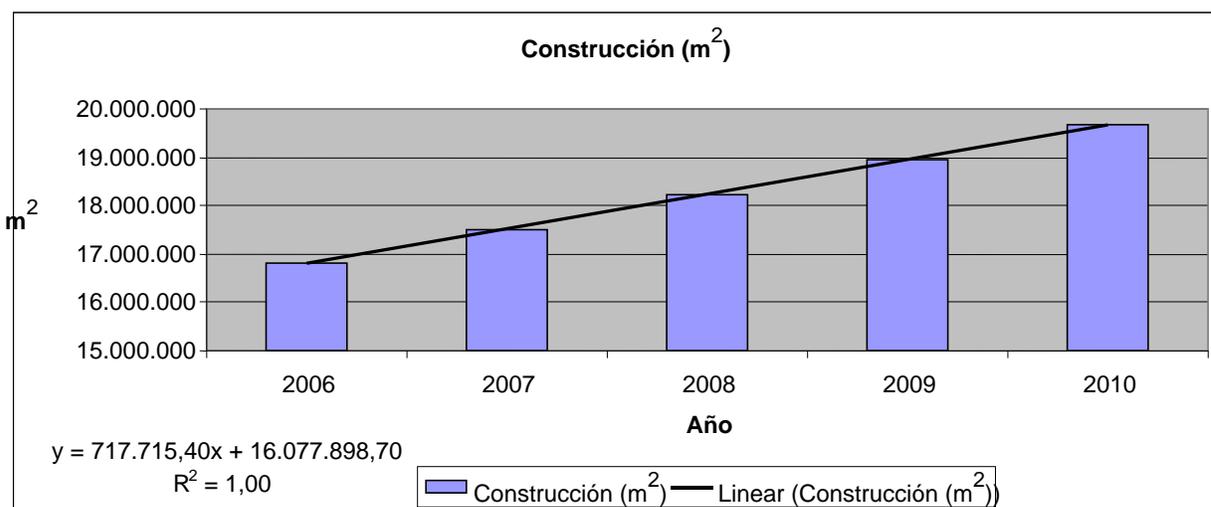
En lo que respecta a la proyección de datos, en el caso de la minería se ocuparán los proporcionados por COCHILCO y en el de la construcción se ocupará la recta de regresión lineal obtenida con los datos del 2003-2005 para proyectar los valores hasta el 2010 (Figuras 18 y 19).

Figura 18: Proyección inversión minera



Fuente: COCHILCO

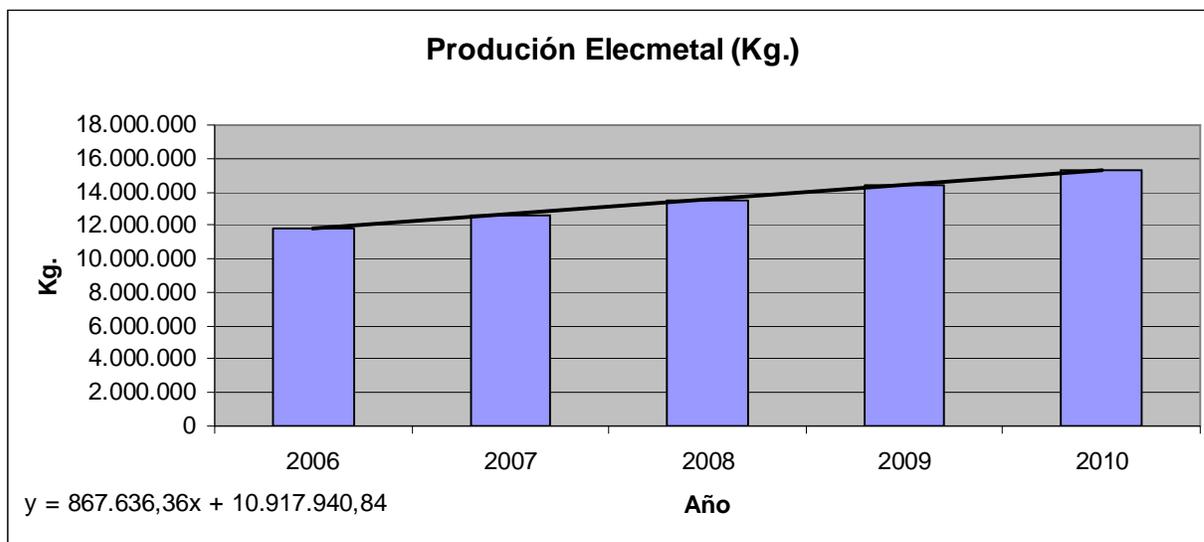
Figura 19: Proyección m² construidos a nivel país



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE

Así se obtiene que la proyección para la demanda de *Elecmetal* hasta el 2010 es de 15.256 toneladas (figura20 y tabla 14) ¹²

Figura 20: Proyección demanda *Elecmetal*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Proyección demanda *Elecmetal*

Proyección demanda <i>Elecmetal</i>					
	2006	2007	2008	2009	2010
Minería (US\$M)	2.073	2.461	2.356	2.948	3.253
Construcción (m²)	16.795.614	17.513.330	18.231.045	18.948.760	19.666.476
<i>Elecmetal</i> (Kg.)	11.785.577	12.653.214	13.520.850	14.388.486	15.256.123

Fuente: Elaboración propia

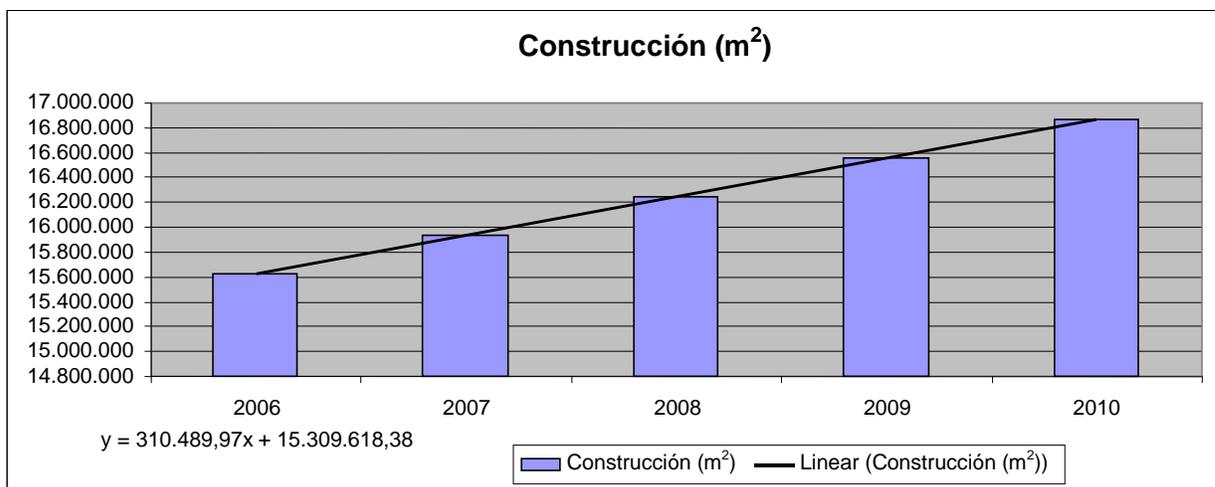
¹² Cálculos en Anexo n6

9.2. Escenario en que la Minería crece según lo esperado y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento

En este caso se ocupan los mismos datos de la minería que se ocuparon anteriormente (figura 15) pero para la construcción se toman los datos históricos a partir de 1991 (figura 10). Estos datos incluyen períodos de bajos niveles de construcción (principios de los '90) y de crisis (crisis asiática 1997, atentado torres gemelas 2002) las cuales generaron una baja en el nivel de las inversiones en Chile.

En este escenario se asume que *Elecmetal* mantiene un comportamiento histórico invariante (figura 17), de esta manera se tiene que la nueva proyección para la construcción crece de la forma que se muestra en la figura 21.

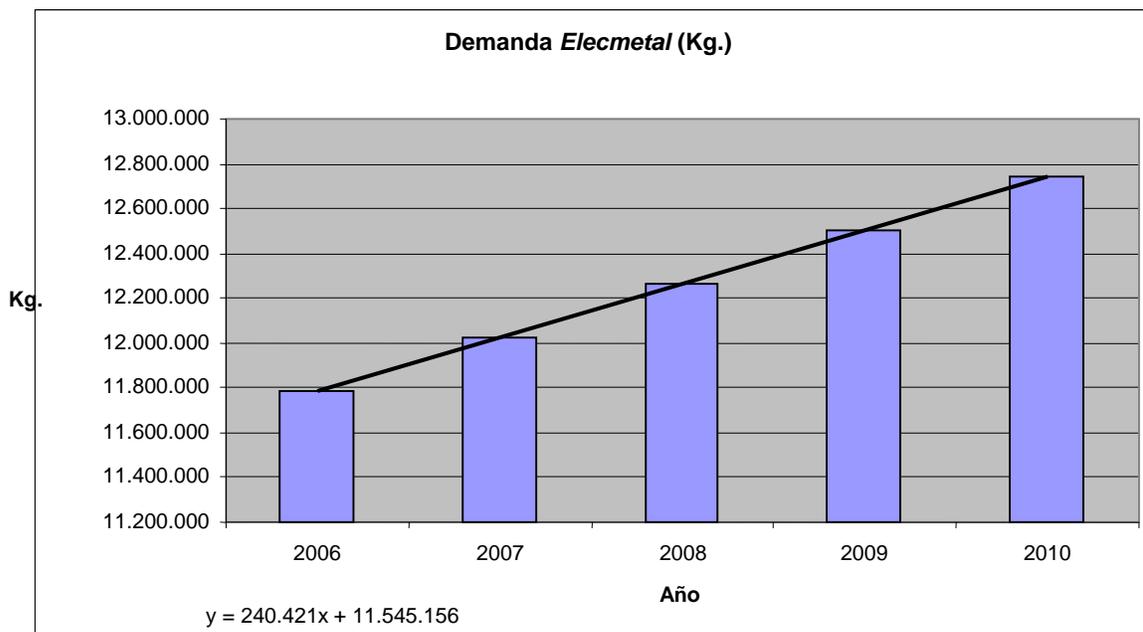
Figura 21: Proyección m² construidos (2006-2010)



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE

La proyección para la demanda de *Elecmetal* hasta el 2010, se presenta en la figura 22, donde se aprecia un claro crecimiento a futuro alcanzando una demanda de 12.747.263 Kg. (tabla 15). Como era de esperarse esta proyección de demanda es menor a la obtenida anteriormente ocupando los últimos cuatro años (figura 20).¹³

Figura 22: Proyección demanda *Elecmetal*



Fuente: Elaboración propia basada en datos del INE

Tabla 15: Proyección demanda *Elecmetal*

Proyección demanda <i>Elecmetal</i>					
	2006	2007	2008	2009	2010
Minería (US\$M)	2.073	2.461	2.356	2.948	3.253
Construcción (m²)	15.620.108	15.930.598	16.241.088	16.551.578	16.862.068
<i>Elecmetal</i> (Kg.)	11.785.577	12.025.999	12.266.420	12.506.841	12.747.263

Fuente: Elaboración propia

A continuación se realiza un pequeño análisis del comportamiento de la demanda de *Elecmetal* frente a variaciones en la inversión minera.

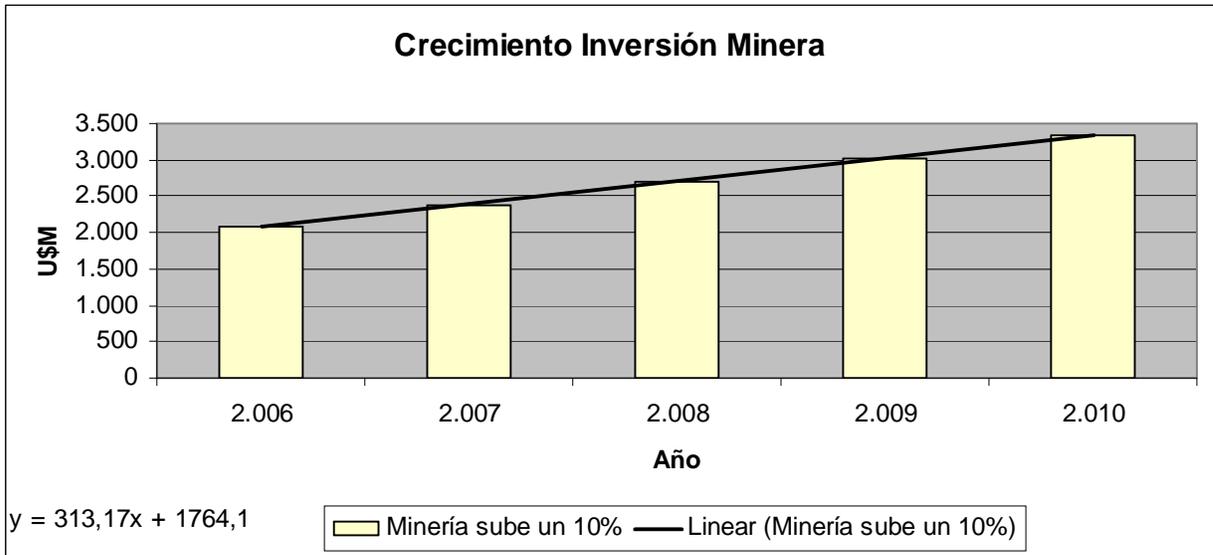
Si bien es poco probable que las inversiones en minería ya comprometidas no se realicen por existir contratos con empresas extranjeras, es importante ver como afectaría una variación en su comportamiento a *Elecmetal*. Es por esto que se hace variar la inversión minera en un +10% y -10%, en conjunto con las variaciones vistas anteriormente de la construcción.

¹³ Cálculos en Anexo n7

9.3. Minería crece un 10% más de lo esperado y Construcción se mantiene

En este caso, como se aprecia en la figura 23, se ocupa una proyección en inversión minera con una pendiente un 10% mayor a la obtenida en un principio (figura 17) y se utilizan los datos de la construcción desde el 2003.

Figura 23: Crecimiento inversión minera

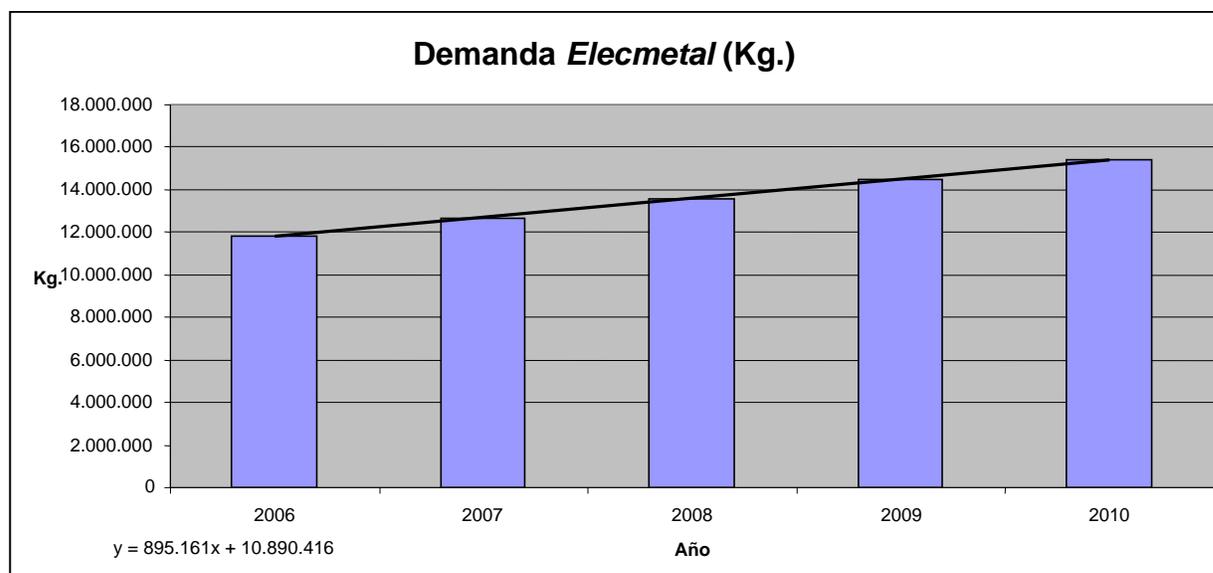


Fuente: Elaboración propia

Considerando al mismo tiempo el comportamiento histórico de la construcción a nivel país 2003-2005 (figura 16), se proyecta al 2010 (figura 19), con esto se obtiene la nueva demanda de *Elecmetal*.

En este caso la proyección para la demanda de *Elecmetal* hasta el 2010 sería creciente según se aprecia en la figura 24 llegando a superar las 15.000 toneladas (tabla 16). Este resultado es levemente superior al obtenido en el caso en que la minería y la construcción crecen según lo esperado (figura 20).¹⁴

Figura 24: Proyección demanda *Elecmetal* (Kg.)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Proyección demanda *Elecmetal*

Proyección demanda <i>Elecmetal</i>					
	2006	2007	2008	2009	2010
Minería (US\$M)	2.077	2.390	2.704	3.017	3.330
Construcción (m²)	16.795.614	17.513.330	18.231.045	18.948.760	19.666.476
<i>Elecmetal</i> (Kg.)	11.785.577	12.680.738	13.575.899	14.471.060	15.366.221

Fuente: Elaboración propia

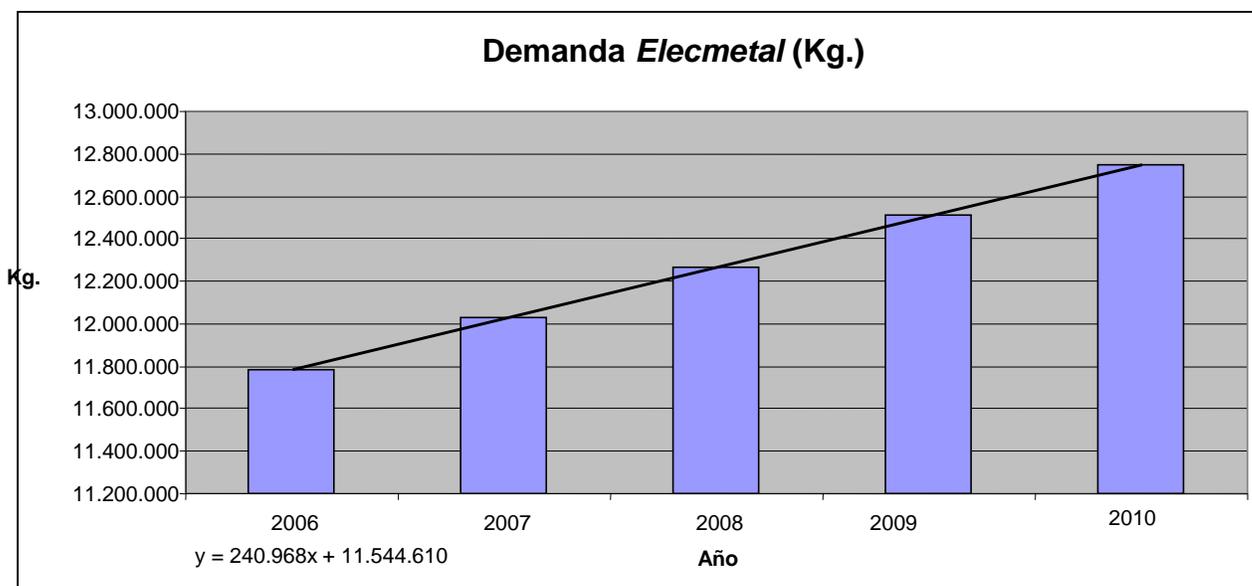
¹⁴ Cálculos en Anexo n8

9.4. Escenario en que la Minería crece un 10% más de lo esperado y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento

En este caso se aumenta la pendiente de la minería en un 10% (figura 23) y se ocupan los datos de la construcción desde el '91 en adelante (figura 10). De esta manera se tiene que la proyección para la construcción será la obtenida en la figura 20.

En este caso la proyección para la demanda de *Elecmetal* hasta el 2010 es de casi 12.750 toneladas. Como era de suponerse esta demanda (ver figura 25 y tabla 17) es menor a la proyectada en las mismas condiciones pero con la construcción manteniéndose en su crecimiento (figura 24). Y si se compara con la obtenida en la figura 22 (minería crece según lo esperado y construcción presenta menor tasa de crecimiento) los resultados obtenidos son prácticamente iguales.¹⁵

Figura 25: Proyección demanda *Elecmetal*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Proyección demanda *Elecmetal*

Proyección demanda <i>Elecmetal</i>					
	2006	2007	2008	2009	2010
Minería (US\$M)	2.077	2.390	2.704	3.017	3.330
Construcción (m ²)	15.620.108	15.930.598	16.241.088	16.551.578	16.862.068
<i>Elecmetal</i> (Kg.)	11.785.577	12.026.545	12.267.512	12.508.480	12.749.448

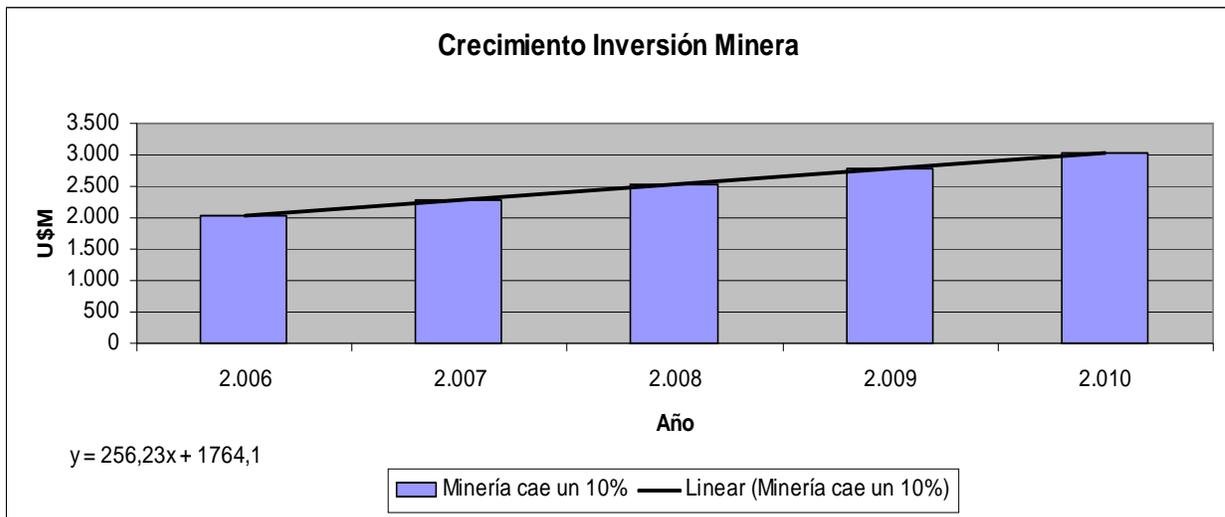
Fuente: Elaboración propia

¹⁵ Cálculos en Anexo n9

9.5. Minería decrece un 10% y Construcción se mantiene

En este caso se ocupa una proyección en inversión minera con una pendiente un 10% menor a la obtenida en un principio (figura 26) y se utilizan los datos de la construcción desde el 2003 (figura 16). De esta manera se tiene que la proyección para la construcción será la obtenida en la figura 19.

Figura 26 Crecimiento inversión minera

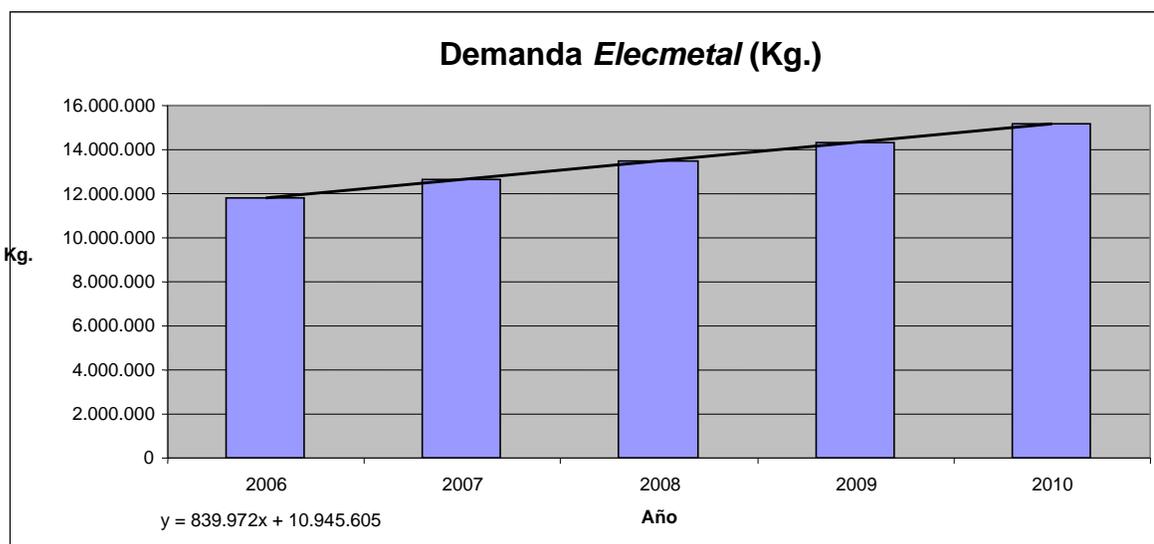


Fuente: Elaboración propia

En este caso la proyección para la demanda de *Electrometal* hasta el 2010 alcanza las 15.145 toneladas. Esta demanda (ver figura 27 y tabla 18) es unas 200 toneladas menor a la demanda estimada con la minería creciendo un 10% (tabla 16) y unas 100 toneladas menor cuando la minería evoluciona normalmente (tabla 14), manteniendo las mismas condiciones para la construcción.¹⁶

¹⁶ Cálculos Anexo n10

Figura 27: Proyección demanda *Elecmetal*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Proyección demanda *Elecmetal*

	Proyección demanda <i>Elecmetal</i>				
	2006	2007	2008	2009	2010
Minería (US\$M)	2.020	2.277	2.533	2.789	3.045
Construcción (m²)	16.795.614	17.513.330	18.231.045	18.948.760	19.666.476
<i>Elecmetal</i> (Kg.)	11.785.577	12.625.550	13.465.522	14.305.494	15.145.467

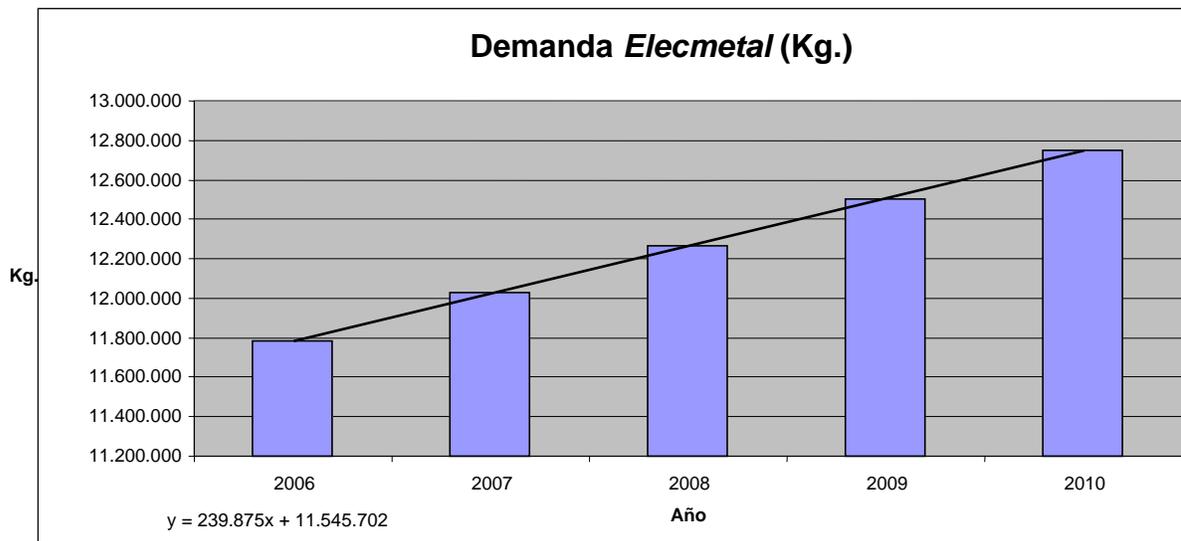
Fuente: Elaboración propia

9.6. Escenario en que la Minería decrece un 10% y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento

En este caso se ocupa una proyección en inversión minera con una pendiente un 10% menor a la obtenida en un principio (figura 26) y se utilizan los datos de la construcción desde 1991 (figura 10). Usando la proyección para la construcción obtenida en la figura 21, se tiene:

En este caso la proyección para la demanda de *Elecmetal* (figura 28 y tabla 19) hasta el 2010 es de 12.745 toneladas, esto es 2 toneladas menos que en el caso de la minería normal (tabla 15) y 4 toneladas menos con la minería creciendo un 10% a igual nivel de construcción (tabla 17).¹⁷

Figura 28: Proyección demanda *Elecmetal*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Proyección demanda *Elecmetal*

	Proyección demanda <i>Elecmetal</i>				
	2006	2007	2008	2009	2010
Minería (US\$M)	2.020	2.277	2.533	2.789	3.045
Construcción (m²)	15.620.108	15.930.598	16.241.088	16.551.578	16.862.068
<i>Elecmetal</i> (Kg.)	11.785.577	12.025.452	12.265.327	12.505.202	12.745.077

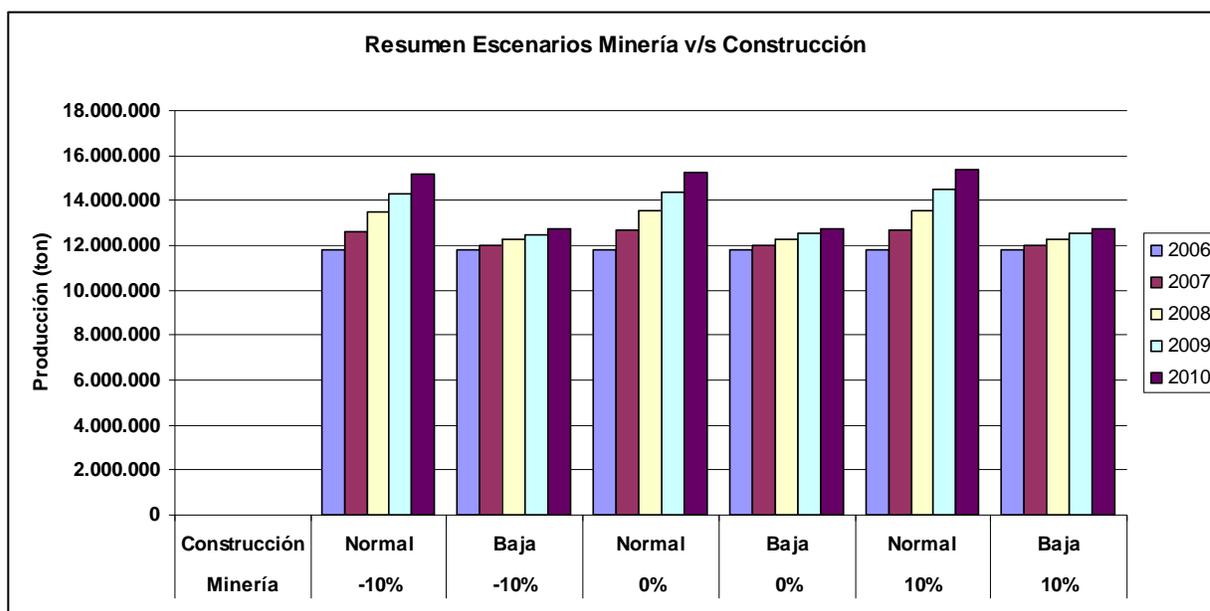
Fuente: Elaboración propia

¹⁷ Cálculos Anexo n11

9.7. Resumen de los distintos escenarios

En la figura 29 y tabla 20 se presenta un resumen de los distintos escenarios que fueron evaluados. Si bien pareciera que la construcción tiene más importancia que la minería, esto se debe a que se hizo variar mucho más su evolución para simular estados de crisis.

Figura 29: Resumen de los distintos escenarios de Minería v/s Construcción



Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Producción Elecmetal [ton/año] en los escenarios de Minería v/s Construcción

		Producción Elecmetal				
Minería	Construcción	2006	2007	2008	2009	2010
-10%	Normal	11.785.577	12.625.550	13.465.522	14.305.494	15.145.467
-10%	Baja	11.785.577	12.025.452	12.265.327	12.505.202	12.745.077
0%	Normal	11.785.577	12.653.214	13.520.850	14.388.486	15.256.123
0%	Baja	11.785.577	12.025.999	12.266.420	12.506.841	12.747.263
10%	Normal	11.785.577	12.680.738	13.575.899	14.471.060	15.366.221
10%	Baja	11.785.577	12.026.545	12.267.512	12.508.480	12.749.448

10. Discusión y Conclusiones

Se puede apreciar en el análisis de datos la manera en que afectan los cambios de la inversión minera y de m² construidos en Chile a la demanda de *Elecmetal*. Si bien a primera vista pareciera que la construcción es la que afecta en mayor medida los resultados de *Elecmetal* esto se debe a que la variación de la pendiente que se ocupó es de casi un 500% correspondiente a la variación histórica en períodos de crisis para la construcción.

Ecuación correspondiente a los datos históricos de la construcción a partir del 2003:

$$y = 1.438.942 \cdot x + 12.722.707$$

Ecuación correspondiente a los datos históricos de la construcción a partir de 1991:

$$y = 310.489 \cdot x + 10.652.268$$

En el caso de la inversión minera se optó por una variación más conservadora de un 10% pues una vez que se ha acordado invertir en proyectos mineros hay acuerdos de por medio que involucran a varias partes.

Para estimar cuanto es el valor de una tonelada de acero (equivalente en piezas) se compararon las utilidades netas de *Elecmetal* correspondientes al 2005 versus la cantidad en toneladas piezas producidas ese año.

Utilidades Netas 2005: \$15.677 millones de pesos

Producción 2005 (ton.): 11.527,689 (ton.)

$$\Rightarrow 1[\text{Ton.}] = \frac{15.677.000.000[\text{pesos}]}{11.527,689[\text{Ton}]} = 1.359.943 \left[\frac{\text{pesos}}{\text{Ton}} \right] \approx 2.523 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{Ton}} \right]^{18}$$

No es el objetivo de esta memoria evaluar todos los costos de instalar una empresa, como traslado, terreno, personal, nueva maquinaria, etc. que si bien son muy significativos dan trabajo para una tesis completa. Es por esta razón que para estimar el valor de la empresa se observó el valor de los activos fijos de *Elecmetal* en la bolsa obteniendo una idea del valor actual de ésta y su maquinaria. Si bien este valor ya tiene incluido la depreciación por su uso, sirve para tener una idea de los costos de instalar una planta nueva y así poder compararlo con la demanda no satisfecha.

¹⁸ Utilizando cambio correspondiente a 539 pesos por dólar vigente el 2006/01/23

Activos fijos *Elecmetal*:

$$\Rightarrow \frac{8.270.730.000[\text{pesos}]}{539[\text{dólares}]} = 15.344.582[\text{dólares}]$$

Una vez obtenida la capacidad productiva potencial de *Elecmetal* con *Extend* se puede comparar con la capacidad productiva actual y así obtener el factor de mejora:

$$\frac{CPP - CPA}{CPA} = FM$$

$$\frac{12.000[\text{Ton}] - 11.527[\text{Ton}]}{11.527[\text{Ton}]} = 0,041$$

De este modo se aprecia una mejora del 4,1% en la Producción de *Elecmetal* (con respecto al 2005) al ordenar la producción con *Extend*. Cabe destacar que los resultados generados con *Extend* se obtuvieron ocupando el área dedicada al enfriamiento y limpieza de las piezas (sector A de la figura 1) libre de residuos y escombros. Este no es un tema menor que debe resolver *Elecmetal* por ejemplo contratando personal especializado en el retiro de los escombros y residuos que se acumulan en esta área.

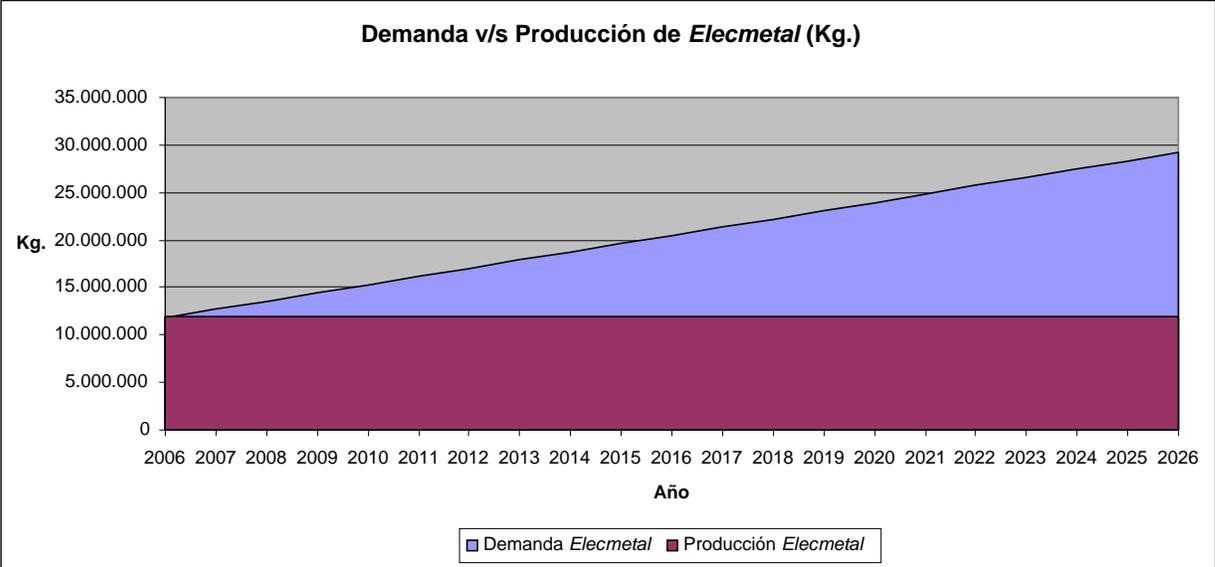
Si bien se podría pensar que la planta de *Elecmetal* en Rancagua “Talleres Teniente” compite con la filial situada en Santiago este no es el caso, pues está dedicada en un 100% al mercado minero fabricando piezas que se complementan con las que fabrica *Elecmetal* en Santiago.

Suponiendo una vida útil de la fábrica de unos 18 años se proyecta el crecimiento de la minería y de la construcción hasta el 2026 y se analizan dos escenarios.

Escenario 1: La inversión minera no presentará mayores variaciones de lo que se ha acordado invertir hasta el 2010 y se seguirá invirtiendo a ese ritmo en el futuro, la construcción mantendrá su crecimiento de los últimos 4 años.

En este caso, como se muestra en la figura 30, *Elecmetal* en veinte años dejaría de ganar un mercado de 448 US\$M produciendo a su capacidad productiva potencial de 12.000 Ton/Año.

Figura 30: Demanda v/s Producción de *Elecmetal*

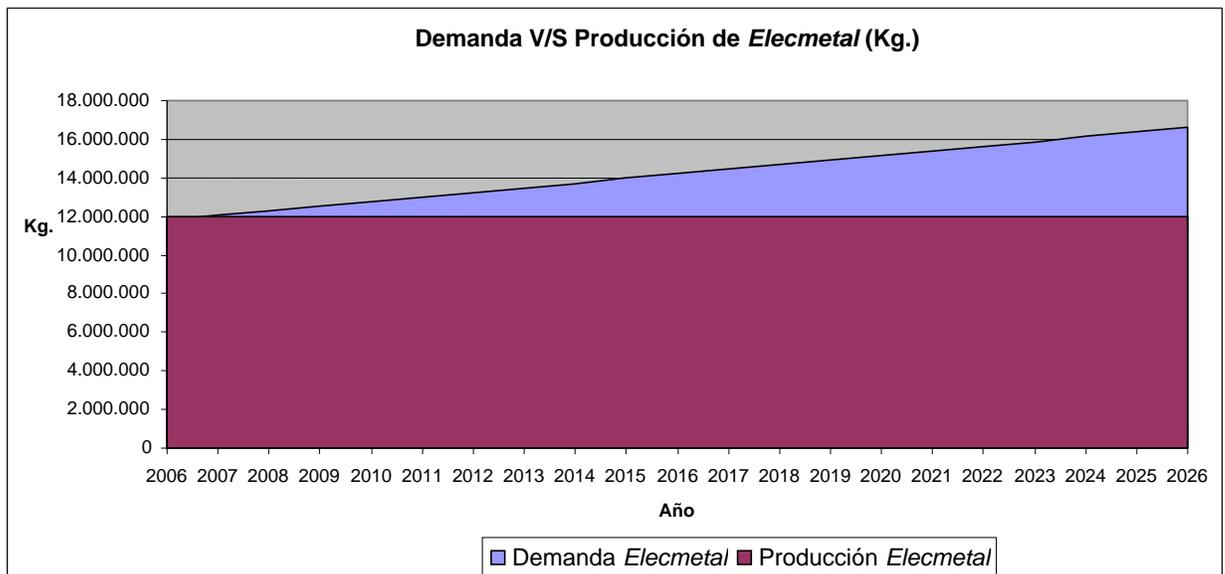


Fuente: Elaboración propia

Escenario 2: En este escenario la minería nuevamente mantiene su crecimiento pero la construcción presenta un crecimiento disminuido por nuevas crisis como las que han ocurrido en el pasado (Ej. Crisis Asiática).

En este caso, como se muestra en la figura 31, *Elecmetal* deja de ganar un mercado de 166 US\$M en veinte años produciendo a su capacidad productiva potencial de 12.000 Ton/Año.

Figura 31: Demanda v/s Producción de *Elecmetal*



Fuente: Elaboración propia

Hay que tomar en cuenta que la principal competencia de *Elecmetal* es *Aceros Chile* que si bien no tiene información disponible al público, se sabe que tiene una cantidad de personal levemente inferior a la de *Elecmetal*¹⁹. Suponiendo que *Elecmetal* lograra responder a un 50% del aumento en la demanda de mercado y de que el valor de hacer una nueva empresa es de unos 20 US\$M, como se verá a continuación, aun así los números son positivos para *Elecmetal*.

Si se estima un tiempo de construcción y puesta en marcha de 2 años, la nueva fábrica estaría funcionando a su máxima capacidad el 2008 y se dejarían de ganar en el caso de un mercado positivo 5,48 US\$M y en el negativo 0,73 US\$M los dos primeros años.

¹⁹ Fuente: *Elecmetal*

A continuación se hace una estimación de cual sería el impacto en las ventas de *Elecmetal* en los dos escenarios anteriores:

Caso de un mercado positivo:

Se toman las ganancias de los primeros 20 años (US\$M 448), se multiplica por la participación de mercado de *Elecmetal* (50% suponiendo un tamaño similar a *Aceros Chile*), se resta el costo de una nueva fábrica (US\$M 20) y lo que se deja de ganar en los 2 años de construcción (US\$M 5,48) y puesta en marcha.

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{448[US\$M]}{2} - 20[US\$M] - 5,48[US\$M] &= 198,5[US\$M] \\ \Rightarrow \frac{198,5[US\$M]}{20[años]} &= 9,92[US\$M/año] = 5.350.000.000[pesos/año] \end{aligned}$$

Esto significaría un aumento promedio de un 34% en las ventas de *Elecmetal* correspondientes al 2005.

$$\Rightarrow \frac{5.497[\$M]}{15.677[\$M]} = 0,341$$

Caso de un mercado negativo:

Se toman las ganancias de los primeros 20 años (US\$M 166), se multiplica por la participación de mercado de *Elecmetal* (50% suponiendo un tamaño similar a *Aceros Chile*), se resta el costo de una nueva fábrica (US\$M 20) y lo que se deja e ganar en los 2 años de construcción (US\$M 0,73) y puesta en marcha.

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{166[US\$M]}{2} - 20[US\$M] - 0,73[US\$M] &= 62,27[US\$M] \\ \Rightarrow \frac{62,27[US\$M]}{20[años]} &= 3,11[US\$M/año] = 1.678.000.000[pesos/año] \end{aligned}$$

Esto significaría un aumento promedio de un 10,7% en las ventas de *Elecmetal* correspondientes al 2005.

$$\Rightarrow \frac{1.678[\$M]}{15.677[\$M]} = 0,107$$

Si bien *Elecmetal* puede lograr un aumento del 4,1% en su producción ordenando sus procesos productivos este aumento no es suficiente para las proyecciones de demanda de un 34% y 10,7% (casos positivo y negativo) las cuales están calculadas por sobre el potencial aumento del 4,1% en la producción de *Elecmetal*.

Con esta información se pueden calcular los nuevos niveles de producción requeridos en los distintos escenarios:

$$\text{Caso Positivo: } 12.000[\text{Ton.}] \cdot 1,34 = 16.080[\text{Ton.}]$$

$$\text{Caso Negativo: } 12.000[\text{Ton.}] \cdot 1,107 = 13.284[\text{Ton.}]$$

Basándose en estos resultados y suponiendo que *Aceros Chile* reaccionará a este aumento de demanda de manera similar a *Elecmetal*, se recomienda comenzar lo antes posible la construcción y traslado a una nueva planta con una capacidad del orden de 16.000 [Ton/Año].

Este trabajo se enfocó en la potencial mejora de producción de *Elecmetal* y en su comportamiento frente a la demanda futura de productos sugiriendo una capacidad de producción óptima para una nueva planta. Sin embargo según se vio *Elecmetal* aunque empiece la construcción de la nueva planta hoy, no alcanzará a satisfacer el aumento de demanda en el período de construcción de ésta. Esto abre la ventana a nuevas interrogantes que pueden ser la base de otras tesis como el manejo del mix de productos (aproximadamente 60.000 SKU) en períodos de alta demanda para maximizar las ganancias con la restricción de una producción limitada de 12.000 [ton/año] o la posición geográfica de la nueva planta y su layout óptimo.

Este trabajo intenta motivar a *Elecmetal* para que siga creciendo y así satisfacer la demanda futura y no ceder ese espacio a la competencia.

Bibliografía

1. *Elecmetal*. Sitio web. [en línea] <<http://www.Elecmetal.cl>> [consulta: Noviembre 2006 - Febrero 2007].
2. Comisión Chilena del Cobre. Sitio web. [en línea] <<http://www.cochilco.cl/>> [consulta: Noviembre 2006 - Febrero 2007].
3. Fundición Talleres. Sitio web. [en línea] <<http://www.talleres.cl/>> [consulta: Enero 2007].
4. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Sitio web. [en línea] <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/home.php> [consulta: Octubre 2007].
5. Arrian Varela Jorge, “Seguimiento y control proyecto expansión fundición Alto Norte”, s.l, 2001, 37.
6. Artigas Raoul Meunier, “Estudio sobre alimentación en piezas de acero moldeado”, s.l, 1971, 56.
7. Bonifaz Suarez Ricardo Javier, “Optimización de la capacidad de producción de la fundición de Chagres 1995-2000”, s.l, 2001, 81.
8. Chacón Cordero Ximena Tatiana, “Plan de monitoreo eléctrico en las plantas de limpieza de gases de la fundición Caletones”, s.l, 2005, 194.

11. Anexos

11.1. Anexo n°1

Visión Estratégica de *Elecmetal*

El “Camino a la Excelencia” de ME *Elecmetal* consiste en sus esfuerzos de alineamiento organizacional y de motivación y compromiso de su personal en alcanzar su visión de futuro: mantener su posición de liderazgo mundial en el mercado de las piezas de desgaste para la minería y ser el proveedor preferido de soluciones de valor agregado relacionadas con piezas de desgaste en la minería, la construcción y la industria. Hacia este fin *Elecmetal* avanza en los siguientes cinco imperativos estratégicos a través de equipos multidisciplinarios y multinacionales:

- Organización de alto desempeño
- Orientación al cliente
- Liderazgo mundial en innovación y tecnología
- Flexibilidad y rapidez
- Calidad superior de productos y servicios

11.2. Anexo n°2

Tabla resumen con datos de producción mensual de *Elecmetal*

Familia	Existencias	Peso Neto (Kg.)	Peso Total (Kg.)
CM	6	80	480
CM	1	560	560
CM	1	595	595
CM	1	1.180	1.180
CM	1	1.240	1.240
CM	1	1.240	1.240
CM	1	1.275	1.275
CM	1	1.340	1.340
CM	1	1.700	1.700
CM	1	1.875	1.875
CM	1	1.900	1.900
CM	1	2.100	2.100
CM	1	2.155	2.155
CM	1	2.290	2.290
CM	1	4.965	4.965
F12	48	1	48

F12	16	1	16
F12	8	2	16
F12	24	2	48
F12	16	2	32
F12	16	2	32
F12	2	2	4
F12	2	2	4
F12	8	2	16
F12	32	3	96
F12	2	3	6
F12	1	4	4
F12	32	4	128
F12	1	4	4
F12	4	5	20
F12	16	5	80
F12	16	5	80
F12	2	5	10
F12	2	5	10
F12	2	5	10
F12	7	5	35
F12	36	6	216
F12	31	7	217
F12	1	7	7
F12	1	9	9
F12	1	10	10
F12	2	12	24
F12	1	15	15
F12	4	15	60
F12	6	18	108
F12	1	19	19
F12	72	21	1.512
F12	1	23	23
F12	32	23	736
F12	2	24	48
F12	1	25	25
F12	3	30	90
F12	1	36	36
F12	1	55	55
F12	1	55	55
F12	5	66	330
F12	12	95	1.140
F12	4	98	392
F12	3	104	312
F12	6	110	660
F12	2	120	240
F12	1	124	124
F12	6	125	750
F12	1	126	126

F12	12	141	1.692
F12	1	147	147
F12	1	150	150
F12	4	181	724
F12	8	206	1.648
F12	7	210	1.470
F12	1	210	210
F12	1	210	210
F12	2	290	580
F12	1	325	325
F12	1	325	325
F12	2	325	650
F12	1	383	383
F12	2	390	780
F12	1	390	390
F12	4	390	1.560
F12	1	1.390	1.390
F12	2	1.600	3.200
MN	2	2	4
MN	1	11	11
MN	1	40	40
MN	1	40	40
MN	2	50	100
MN	6	50	300
MN	1	92	92
MN	1	104	104
MN	1	120	120
MN	1	140	140
MN	1	140	140
MN	2	140	280
MN	2	145	290
MN	1	146	146
MN	1	158	158
MN	1	210	210
MN	1	210	210
MN	1	275	275
MN	1	284	284
MN	1	290	290
MN	1	310	310
MN	1	325	325
MN	2	325	650
MN	2	330	660
MN	1	435	435
MN	1	475	475
MN	1	490	490
MN	1	630	630
MN	1	640	640
MN	1	670	670
MN	1	680	680

MN	1	680	680
MN	1	690	690
MN	1	695	695
MN	1	715	715
MN	1	720	720
MN	1	860	860
MN	1	870	870
MN	1	895	895
MN	1	895	895
MN	1	905	905
MN	2	1.065	2.130
MN	1	1.100	1.100
MN	1	1.130	1.130
MN	1	1.195	1.195
MN	1	1.650	1.650
MN	1	1.690	1.690
MN	1	1.800	1.800
MN	1	1.960	1.960
MN	1	2.415	2.415
MN	1	2.610	2.610
MN	1	2.750	2.750
MN	1	3.310	3.310
MN	1	3.480	3.480
MN	1	3.480	3.480
MN	1	3.545	3.545
MN	1	3.560	3.560
MN	1	3.660	3.660
MN	1	3.685	3.685
MN	1	5.060	5.060
SP	4	33	132
SP	8	54	432
SP	8	79	632
SP	1	95	95
SP	1	112	112
SP	1	113	113
SP	16	115	1.840
SP	1	124	124
SP	1	240	240
SP	1	785	785
SP	1	1.550	1.550
SP	1	2.570	2.570

Fuente: Elaboración propia basada en datos de *Elecmetal*.

11.3. Anexo nº3

Datos del INE sobre la superficie edificada autorizada total país

II.2.16

SUPERFICIE EDIFICADA AUTORIZADA TOTAL PAIS, VIVIENDAS Y NO VIVIENDAS (m²) a/
AÑOS 1991-2006 ; SEPTIEMBRE 2006

Año y Mes	Total	Variación (%)		Vivienda	Variación (%)		No Vivienda	Variación (%)	
		12 meses	Acumulada		12 m.	Acum.		12 m.	Acum.
Enero 1991	692.519			474.605			217.914		
Febrero	633.311			408.463			224.848		
Marzo	728.354			441.289			287.065		
Abril	627.322			409.384			217.938		
Mayo	615.431			433.827			181.604		
Junio	697.329			485.224			212.105		
Julio	669.117			466.642			202.475		
Agosto	843.593			366.892			476.701		
Septiembre	652.996			470.248			182.748		
Octubre	630.941			405.361			225.580		
Noviembre	745.608			506.351			239.257		
Diciembre	1.097.334			689.142			408.192		
Enero 1992	714.044	3,1	-	506.987	6,8	-	207.057	-5,0	
Febrero	698.797	10,3	6,6	429.190	5,1	6,0	269.607	19,9	7,7
Marzo	852.942	17,1	10,3	592.961	34,4	15,5	259.981	-9,4	0,9
Abril	740.476	18,0	12,1	535.024	30,7	19,1	205.452	-5,7	-0,6
Mayo	759.304	23,4	14,2	525.335	21,1	19,5	233.969	28,8	4,1
Junio	876.536	25,7	16,2	609.591	25,6	20,6	266.945	25,9	7,6
Julio	874.623	30,7	18,3	603.695	29,4	21,9	270.928	33,8	11,0
Agosto	832.121	-1,4	15,3	578.622	57,7	25,7	253.499	-46,8	-2,6
Septiembre	1.714.624	162,6	30,9	1.045.502	122,3	37,2	669.122	266,1	19,7
Octubre	964.948	52,9	32,9	505.386	24,7	36,0	459.562	103,7	27,5
Noviembre	1.075.909	44,3	34,1	802.846	58,6	38,3	273.063	14,1	26,3
Diciembre	1.020.607	-7,0	28,9	671.673	-2,5	33,3	348.934	-14,5	20,9
Enero 1993	1.133.794	58,8	-	783.992	54,6	-	349.802	68,9	-
Febrero	852.675	22,0	40,6	566.526	32,0	44,3	286.149	6,1	33,4
Marzo	1.024.979	20,2	32,9	672.892	13,5	32,3	352.087	35,4	34,1
Abril	855.600	15,5	28,6	570.874	6,7	25,7	284.726	38,6	35,1
Mayo	906.799	19,4	26,8	627.440	19,4	24,4	279.359	19,4	32,0
Junio	1.082.240	23,5	26,2	768.367	26,0	24,7	313.873	17,6	29,3
Julio	779.226	-10,9	20,3	484.449	-19,8	17,7	294.777	8,8	26,1
Agosto	1.018.336	22,4	20,6	581.345	0,5	15,4	436.991	72,4	32,0
Septiembre	1.154.396	-32,7	9,2	819.201	-21,6	8,3	335.195	-49,9	11,2
Octubre	787.773	-18,4	6,3	512.649	1,4	7,7	275.124	-40,1	3,6
Noviembre	1.025.596	-4,7	5,1	510.648	-36,4	2,4	514.948	88,6	10,5
Diciembre	1.218.012	19,3	6,4	775.850	15,5	3,6	442.162	26,7	12,0
Enero 1994	984.115	-13,2	-	576.321	-26,5	-	407.794	16,6	-

Febrero	726.590	-14,8	-13,9	453.165	-20,0	-23,8	273.425	-4,4	7,1
Marzo	1.104.478	7,8	-6,5	807.624	20,0	-9,2	296.854	-15,7	-1,0
Abril	781.444	-8,7	-7,0	510.864	-10,5	-9,5	270.580	-5,0	-1,9
Mayo	1.147.029	26,5	-0,6	733.681	16,9	-4,3	413.348	48,0	7,1
Junio	1.126.741	4,1	0,2	700.243	-8,9	-5,2	426.498	35,9	11,9
Julio	917.037	17,7	2,3	588.031	21,4	-2,3	329.006	11,6	11,9
Agosto	966.281	-5,1	1,3	658.596	13,3	-0,5	307.685	-29,6	4,9
Septiembre	911.406	-21,0	-1,6	601.643	-26,6	-4,2	309.763	-7,6	3,5
Octubre	703.058	-10,8	-2,4	479.290	-6,5	-4,4	223.768	-18,7	1,6
Noviembre	1.100.247	7,3	-1,4	782.352	53,2	-0,1	317.895	-38,3	-3,9
Diciembre	1.428.296	17,3	0,5	898.083	15,8	1,5	530.213	19,9	-1,4
Enero 1995	1.022.996	4,0	-	701.464	21,7	-	321.532	-21,2	-
Febrero	895.737	23,3	12,2	585.805	29,3	25,0	309.932	13,4	-7,3
Marzo	1.169.923	5,9	9,7	853.067	5,6	16,5	316.856	6,7	-3,0
Abril	856.122	9,6	9,7	625.461	22,4	17,8	230.661	-14,8	-5,6
Mayo	870.938	-24,1	1,5	586.504	-20,1	8,8	284.434	-31,2	-11,9
Junio	1.829.155	62,3	13,2	1.265.498	80,7	22,1	563.657	32,2	-2,9
Julio	1.429.398	55,9	19,0	682.144	16,0	21,3	747.254	127,1	14,8
Agosto	1.296.635	34,2	20,9	758.092	15,1	20,5	538.543	75,0	21,6
Septiembre	1.011.414	11,0	19,8	547.647	-9,0	17,3	463.767	49,7	24,4
Octubre	1.211.554	72,3	23,8	804.560	67,9	21,3	406.994	81,9	28,4
Noviembre	972.328	-11,6	20,0	622.224	-20,5	16,6	350.104	10,1	26,8
Diciembre	1.694.363	18,6	19,9	870.709	-3,0	14,3	823.654	55,3	30,5
Enero 1996	1.489.451	45,6	-	965.153	37,6	-	524.298	63,1	-
Febrero	1.127.985	25,9	36,4	703.488	20,1	29,6	424.497	37,0	50,3
Marzo	1.111.159	-5,0	20,7	708.810	-16,9	11,1	402.349	27,0	42,5
Abril	1.005.428	17,4	20,0	611.250	-2,3	8,1	394.178	70,9	48,0
Mayo	1.063.150	22,1	20,4	700.223	19,4	10,0	362.927	27,6	44,1
Junio	1.162.176	-36,5	4,7	713.712	-43,6	-4,7	448.464	-20,4	26,1
Julio	1.370.707	-4,1	3,2	996.853	46,1	1,9	373.854	-50,0	5,6
Agosto	1.155.307	-10,9	1,2	720.591	-4,9	1,0	434.716	-19,3	1,6
Septiembre	1.060.467	4,8	1,6	703.060	28,4	3,3	357.407	-22,9	-1,4
Octubre	992.661	-18,1	-0,5	637.658	-20,7	0,7	355.003	-12,8	-2,5
Noviembre	1.497.480	54,0	3,7	929.881	49,4	4,5	567.599	62,1	2,5
Diciembre	1.918.317	13,2	4,9	1.407.836	61,7	10,1	510.481	-38,0	-3,8
Enero 1997	1.266.017	-15,0	-	865.597	-10,3	-	400.420	-23,6	-
Febrero	1.039.093	-7,9	-11,9	686.183	-2,5	-7,0	352.910	-16,9	-20,6
Marzo	933.269	-16,0	-13,1	586.976	-17,2	-10,0	346.293	-13,9	-18,6
Abril	1.393.217	38,6	-2,2	975.742	59,6	4,2	417.475	5,9	-13,1
Mayo	1.299.985	22,3	2,3	972.031	38,8	10,8	327.954	-9,6	-12,5
Junio	1.425.404	22,6	5,7	881.177	23,5	12,8	544.227	21,4	-6,5
Julio	1.212.369	-11,6	2,9	862.628	-13,5	8,0	349.741	-6,4	-6,5
Agosto	1.093.306	-5,4	1,9	622.021	-13,7	5,4	471.285	8,4	-4,6
Septiembre	1.011.819	-4,6	1,2	618.741	-12,0	3,6	393.078	10,0	-3,2
Octubre	1.415.978	42,6	4,8	1.005.853	57,7	8,3	410.125	15,5	-1,6
Noviembre	1.314.663	-12,2	2,8	1.018.278	9,5	8,4	296.385	-47,8	-7,2
Diciembre	1.240.990	-35,3	-2,1	676.323	-52,0	-0,3	564.667	10,6	-5,5
Enero 1998	1.151.207	-9,1	-	742.206	-14,3	-	409.001	2,1	-
Febrero	1.093.368	5,2	-2,6	734.386	7,0	-4,8	358.982	1,7	1,9
Marzo	1.384.618	48,4	12,1	931.673	58,7	12,6	452.945	30,8	11,0
Abril	1.023.750	-26,5	0,5	728.203	-25,4	0,7	295.547	-29,2	0,0

Mayo	1.109.860	-14,6	-2,8	622.189	-36,0	-8,0	487.671	48,7	8,6
Junio	1.470.514	3,2	-1,7	920.521	4,5	-5,8	549.993	1,1	6,9
Julio	1.020.785	-15,8	-3,7	562.747	-34,8	-10,1	458.038	31,0	10,0
Agosto	1.121.691	2,6	-3,0	691.237	11,1	-8,0	430.454	-8,7	7,2
Septiembre	842.889	-16,7	-4,3	461.956	-25,3	-9,6	380.933	-3,1	6,1
Octubre	880.217	-37,8	-8,2	458.592	-54,4	-15,1	421.625	2,8	5,8
Noviembre	1.179.794	-10,3	-8,4	564.194	-44,6	-18,4	615.600	107,7	12,8
Diciembre	1.459.948	17,6	-6,2	938.496	38,8	-14,5	521.452	-7,7	10,4
Enero 1999	900.274	-21,8	-	389.934	-47,5	-	510.340	24,8	-
Febrero	915.676	-16,3	-19,1	404.455	-44,9	-46,2	511.221	42,4	33,0
Marzo	945.962	-31,7	-23,9	485.176	-47,9	-46,9	460.786	1,7	21,4
Abril	761.715	-25,6	-24,3	313.324	-57,0	-49,2	448.391	51,7	27,3
Mayo	805.386	-27,4	-24,9	389.801	-37,4	-47,3	415.585	-14,8	17,1
Junio	1.085.973	-26,2	-25,1	659.206	-28,4	-43,5	426.767	-22,4	8,6
Julio	747.731	-26,7	-25,3	394.073	-30,0	-42,1	353.658	-22,8	3,8
Agosto	1.252.606	11,7	-20,9	976.676	41,3	-32,4	275.930	-35,9	-1,2
Septiembre	1.168.517	38,6	-16,0	731.282	58,3	-25,8	437.235	14,8	0,4
Octubre	1.073.699	22,0	-13,0	727.099	58,6	-20,2	346.600	-17,8	-1,4
Noviembre	1.475.044	25,0	-9,3	844.286	49,6	-14,9	630.758	2,5	-0,9
Diciembre	1.164.085	-20,3	-10,5	679.867	-27,6	-16,3	484.218	-7,1	-1,5
Enero 2000	899.388	-0,1	-	491.397	26,0	-	407.991	-20,1	-
Febrero	820.802	-10,4	-5,3	467.408	15,6	20,7	353.394	-30,9	-25,5
Marzo	892.255	-5,7	-5,4	524.246	8,1	15,9	368.009	-20,1	-23,8
Abril	635.853	-16,5	-7,8	325.308	3,8	13,5	310.545	-30,7	-25,4
Mayo	955.387	18,6	-2,9	552.774	41,8	19,1	402.613	-3,1	-21,5
Junio	1.232.925	13,5	0,4	732.566	11,1	17,1	500.359	17,2	-15,5
Julio	919.897	23,0	3,1	497.655	26,3	18,3	422.242	19,4	-11,6
Agosto	1.026.076	-18,1	-0,4	664.909	-31,9	6,1	361.167	30,9	-8,1
Septiembre	1.171.398	0,2	-0,3	649.942	-11,1	3,4	521.456	19,3	-5,0
Octubre	914.565	-14,8	-2,0	482.053	-33,7	-1,5	432.512	24,8	-2,5
Noviembre	1.141.642	-22,6	-4,7	836.756	-0,9	-1,4	304.886	-51,7	-9,0
Diciembre	1.461.612	25,6	-1,8	749.675	10,3	-0,3	711.937	47,0	-3,9
Enero 2001	876.905	-2,5	-	510.722	3,9	-	366.183	-10,2	-
Febrero	736.863	-10,2	-6,2	399.118	-14,6	-5,1	337.745	-4,4	-7,5
Marzo	955.511	7,1	-1,7	430.248	-17,9	-9,6	525.263	42,7	8,8
Abril	864.467	36,0	5,7	494.661	52,1	1,5	369.806	19,1	11,0
Mayo	1.288.603	34,9	12,3	800.569	44,8	11,6	488.034	21,2	13,3
Junio	1.225.216	-0,6	9,4	640.582	-12,6	5,9	584.634	16,8	14,0
Julio	1.140.062	23,9	11,5	748.695	50,4	12,1	391.367	-7,3	10,8
Agosto	1.629.184	58,8	18,1	989.486	48,8	17,8	639.698	77,1	18,4
Septiembre	712.399	-39,2	10,2	527.088	-18,9	12,9	185.311	-64,5	6,6
Octubre	1.169.403	27,9	11,9	690.585	43,3	15,7	478.818	10,7	7,0
Noviembre	954.969	-16,4	8,9	600.565	-28,2	9,8	354.404	16,2	7,7
Diciembre	1.260.383	-13,8	6,1	592.355	-21,0	6,5	668.028	-6,2	5,7
Enero 2002	817.899	-6,7	-	463.132	-9,3	-	354.767	-3,1	-
Febrero	737.927	0,1	-3,6	395.376	-0,9	-5,6	342.551	1,4	-0,9
Marzo	813.810	-14,8	-7,8	458.531	6,6	-1,7	355.279	-32,4	-14,4
Abril	1.159.371	34,1	2,8	677.595	37,0	8,7	481.776	30,3	-4,0
Mayo	1.008.066	-21,8	-3,9	575.562	-28,1	-2,5	432.504	-11,4	-5,8

Junio	1.422.762	16,1	0,2	1.080.437	68,7	11,4	342.325	-41,4	-13,6
Julio	947.187	-16,9	-2,5	632.123	-15,6	6,4	315.064	-19,5	-14,3
Agosto	840.233	-48,4	-11,1	397.390	-59,8	-6,7	442.843	-30,8	-17,2
Septiembre	914.618	28,4	-8,1	544.503	3,3	-5,7	370.115	99,7	-11,6
Octubre	902.608	-22,8	-9,8	556.164	-19,5	-7,2	346.444	-27,6	-13,4
Noviembre	1.058.647	10,9	-8,1	559.297	-6,9	-7,2	499.350	40,9	-9,3
Diciembre	886.676	-29,7	-10,2	513.002	-13,4	-7,7	373.674	-44,1	-13,6
Enero 2003	1.119.577	36,9	-	597.459	29,0	-	522.118	47,2	-
Febrero	832.950	12,9	25,5	546.431	38,2	33,2	286.519	-16,4	16,0
Marzo	1.278.831	57,1	36,4	723.288	57,7	41,8	555.543	56,4	29,6
Abril	1.460.813	26,0	33,0	697.934	3,0	28,6	762.879	58,3	38,6
Mayo	1.093.700	8,5	27,5	697.488	21,2	26,9	396.212	-8,4	28,3
Junio	1.265.351	-11,1	18,3	907.324	-16,0	14,2	358.027	4,6	24,8
Julio	1.391.176	46,9	22,2	983.517	55,6	20,3	407.659	29,4	25,3
Agosto	1.177.721	40,2	24,2	793.455	99,7	27,1	384.266	-13,2	19,8
Septiembre	980.536	7,2	22,4	543.320	-0,2	24,2	437.216	18,1	19,6
Octubre	1.400.240	55,1	25,5	808.749	45,4	26,3	591.491	70,7	24,3
Noviembre	966.494	-8,7	22,1	514.608	-8,0	23,2	451.886	-9,5	20,3
Diciembre	966.795	9,0	21,1	574.301	11,9	22,4	392.494	5,0	19,1
Enero 2004	979.980	-12,5	-	615.069	2,9	-	364.911	-30,1	-
Febrero	820.058	-1,5	-7,8	548.356	0,4	1,7	271.702	-5,2	-21,3
Marzo	1.667.616	30,4	7,3	1.249.572	72,8	29,2	418.044	-24,8	-22,7
Abril	1.249.570	-14,5	0,5	821.186	17,7	26,1	428.384	-43,8	-30,3
Mayo	1.760.901	61,0	12,0	1.096.484	57,2	32,7	664.417	67,7	-14,9
Junio	1.146.207	-9,4	8,1	578.609	-36,2	17,7	567.598	58,5	-5,8
Julio	1.265.326	-9,0	5,3	824.983	-16,1	11,3	440.343	8,0	-4,1
Agosto	1.367.920	16,1	6,6	907.590	14,4	11,7	460.330	19,8	-1,6
Septiembre	1.650.208	68,3	12,3	1.117.332	105,6	19,6	532.876	21,9	0,9
Octubre	1.068.758	-23,7	8,1	575.906	-28,8	14,2	492.852	-16,7	-1,3
Noviembre	1.246.455	29,0	9,7	682.307	32,6	15,4	564.148	24,8	1,0
Diciembre	1.832.525	89,5	15,2	1.065.182	85,5	20,2	767.343	95,5	7,7
Enero 2005	1.314.558	34,1	-	789.982	28,4	-	524.576	43,8	-
Febrero	974.720	18,9	27,2	569.142	3,8	16,8	405.578	49,3	46,1
Marzo	1.674.989	0,4	14,3	942.561	-24,6	-4,6	732.428	75,2	57,6
Abril	1.818.173	45,5	22,6	1.028.091	25,2	3,0	790.082	84,4	65,4
Mayo	1.758.538	-0,1	16,4	1.134.665	3,5	3,1	623.873	-6,1	43,3
Junio	1.425.642	24,4	17,6	892.980	54,3	9,1	532.662	-6,2	32,9
Julio	1.072.578	-15,2	12,9	628.333	-23,8	4,4	444.245	0,9	28,5
Agosto	1.411.849	3,2	11,6	952.738	5,0	4,5	459.111	-0,3	24,8
Septiembre	1.454.951	-11,8	8,4	919.358	-17,7	1,3	535.593	0,5	21,7
Octubre	1.144.772	7,1	8,3	668.556	16,1	2,3	476.216	-3,4	19,0

Noviembre	1.495.205	20,0	9,3	938.551	37,6	5,0	556.654	-1,3	16,8
Diciembre	1.266.094	-30,9	4,7	597.802	-43,9	-0,2	668.292	-12,9	13,0
P/ Enero 2006	1.275.865	-2,9	-	865.121	9,5	-	410.744	-21,7	-
Febrero	1.297.971	33,2	12,4	866.821	52,3	27,4	431.150	6,3	-9,5
Marzo	1.430.949	-14,6	1,0	898.129	-4,7	14,3	532.820	-27,3	-17,3
Abril	1.401.333	-22,9	-6,5	924.297	-10,1	6,7	477.036	-39,6	-24,5
Mayo	1.636.806	-6,9	-6,6	1.145.037	0,9	5,3	491.769	-21,2	-23,8
Junio	1.604.176	12,5	-3,6	727.808	-18,5	1,3	876.368	64,5	-10,8
Julio	981.895	-8,5	-4,1	654.900	4,2	1,6	326.995	-26,4	-12,5
Agosto	1.304.143	-7,6	-4,5	794.444	-16,6	-0,9	509.699	11,0	-10,1
Septiembre	1.235.178	-15,1	-5,7	761.768	-17,1	-2,8	473.410	-11,6	-10,3

P/ Cifras provisionarias

a/ Incluye Obras Nuevas y Ampliaciones, Sectores Privado y Público y Programas Especiales de Viviendas.

Variación en 12 meses: Variación de un mes con respecto al mismo mes del año anterior.

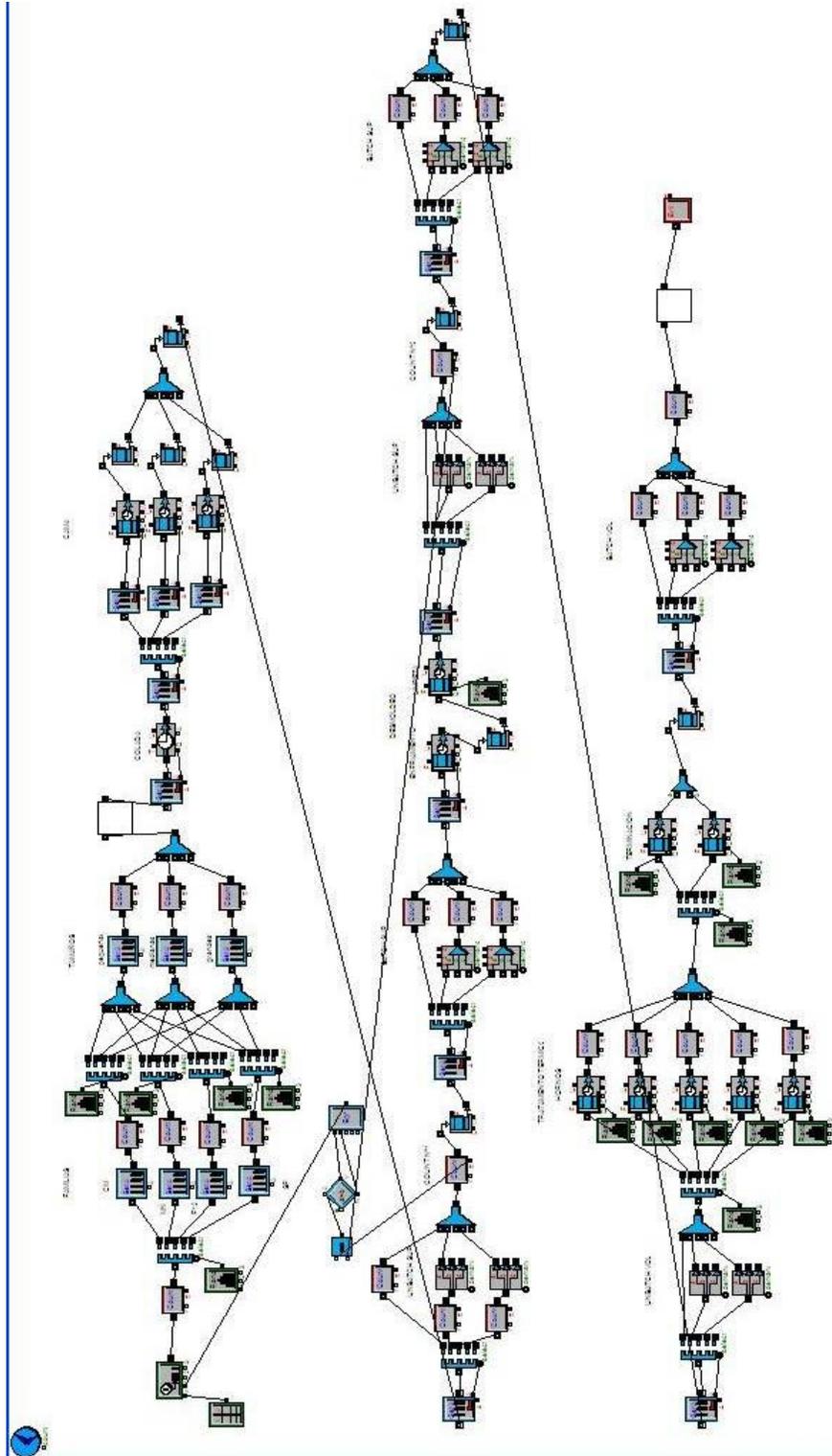
Fuente: Permisos de Edificación de las Direcciones de Obras Municipales, a nivel nacional. Censo

NOTA

Las cifras de agosto del 2006 se modifican en la presente publicación , debido a la incorporación de permisos rezagados no incluidos en su oportunidad.

11.4. Anexo nº4

Esquema de simulación en *Extend*



11.5. Anexo n°5

Salida que entrega *Extend* luego de correr la simulación

Extend Statistics Report - 25 16:54:58

Run #0

ACTIVITIES_____

Block Label	Number	Name	Depart	Arrive	AvgLeng	AvgWait	Preempt	Util	Cost
17	Multiple	1078	1096	18,1262	129600		0,01813		
45	Delay (Attri	2991	2991				0,04617		
50	Multiple	2315	2317	1,96502	6598,68		0,98251		
57	Multiple	1125	1132	12,8523	88141,9		0,153		
60	Multiple	1848	1993	136,897	551932		0,94411		
62	Multiple	1296	1306	23,7444	141990		0,24734		
64	Multiple	1007	1010	10,6305	81935,7		0,13988		
66	Multiple	1542	1557	34,2799	171933		0,29051		
87	Multiple	4669	4814	140,114	228300		0,9663		
89	Multiple	1996	2004	12,023	46780,9		0,08292		
94	Multiple	2943	2954	10,7686	28395,1		0,00359		
136	Multiple	1419	1421	2,62961	14400		0,00026		
140	Multiple	457	474	15,541	259200		0,01554		

ATTRIBUTES_____

Block Label	Number	Name	Depart
6	Set	Attribut 634	
7	Set	Attribut 1611	
8	Set	Attribut 541	
9	Set	Attribut 205	
16	Get	Attribut 2991	
25	Set	Attribut 1421	
26	Set	Attribut 1096	
27	Set	Attribut 474	
42	Get	Attribut 2991	
53	Get	Attribut 995	
77	Get	Attribut 6665	
93	Get	Attribut 2954	
98	Get	Attribut 2954	
103	Get	Attribut 10301	
110	Get	Attribut 2315	
115	Get	Attribut 6988	
137	Get	Attribut 1421	
139	Get	Attribut 1096	
141	Get	Attribut 474	
153	Get	Attribut 2991	
160	Get	Attribut 21565	

BATCHING_____

Block Label	Number Name	Depart	Arrive	AvgLeng	AvgWait	MaxLeng	MaxWait	Util	Cost
52	Unbatch	2971							
55	Unbatch	3552							
76	Batch	357							
79	Batch	139							
97	Unbatch	4312							
100	Unbatch	4570							
102	Batch	1078							
105	Batch	457							
109	Unbatch	3341							
112	Unbatch	3521							
114	Batch	730							
117	Batch	311							
152	Unbatch	8768							
155	Unbatch	11376							
159	Batch	1096							
162	Batch	474							

EXECUTIVE_____

Block Label	Number Name	NumRows
1	Executive	19400

GENERATORS_____

Block Label	Number Name	Depart	Last#	AvgTime	Down%	Cost
0	Generator	2991				

INFORMATION_____

Block Label	Number Name	Depart	Last#	AvDelay
2	Count Items	2991		
4	Count Items	634		
10	Count Items	1611		
11	Count Items	541		
12	Count Items	205		
14	Count Items	951		
35	Count Items	1421		
36	Count Items	1096		
37	Count Items	474		
61	Count Items	1419		
67	Count Items	1078		
70	Count Items	1125		
71	Count Items	1542		
72	Count Items	1007		
73	Count Items	1296		
74	Count Items	1848		
81	Count Items	455		
82	Count Items	357		
84	Count Items	139		
96	Count Items	10301		
107	Count Items	1419		

108 Count Items 7988
 119 Count Items 954
 120 Count Items 730
 121 Count Items 311
 124 Count Items 1078
 126 Count Items 457
 135 Count Items 457
 157 Count Items 21565
 164 Count Items 1421
 165 Count Items 1096
 166 Count Items 474

INPUTS/OUTPUTS

Block Label Number Name Last#1 Last#2 Last#3

 5 Input Random 2
 20 Input Data 1
 28 Input Random 1
 29 Input Random 1
 30 Input Random 0
 31 Input Random 1
 49 Input Random 4963,5
 58 Input Random 25200
 75 Input Random 5
 86 Input Random 1
 91 Input Random 237208
 92 Input Random 61101,7
 129 Input Random 25200
 132 Input Random 25200
 133 Input Random 25200
 134 Input Random 25200

QUEUES

Block Label Number Name Depart Arrive AvgLeng AvgWait MaxLeng MaxWait Renege Util Cost

 47 FIFO 2954 2954 0 0 1 0 0
 48 FIFO 2317 2943 132,641 225580 627 1641235 0,9649
 88 FIFO 6665 6665 0 0 1 0 0
 122 FIFO 6988 7988 345,645 222279 1000 2257575 0,41642
 125 FIFO 995 1995 680,771 2126122 1000 4954993 0,92677
 127 FIFO 10301 10301 0 0 10 0 0
 143 FIFO 457 457 0 0 1 0 0
 144 FIFO 1078 1078 0 0 1 0 0
 145 FIFO 1419 1419 0 0 1 0 0
 173 FIFO 2991 2991 0 0 1 0 0
 174 FIFO 0 0 0 0 0 0 0
 175 FIFO 21565 21565 0 0 24 0 0
 176 FIFO 2991 2991 0 0 1 0 0

ROUTING

Block Label Number Name Depart Demand Cost

 3 Select DE Ou 2991

13 Combine (5) 2991
19 Exit 951
21 Select DE Ou 634
22 Select DE Ou 1611
23 Select DE Ou 541
24 Select DE Ou 205
32 Combine (5) 1421
33 Combine (5) 1096
34 Combine (5) 474
54 Select DE Ou 995
56 Combine (5) 6998
59 Combine (5) 6818
63 Select DE Ou 2991
69 Select DE Ou 6998
78 Select DE Ou 6665
80 Combine (5) 951
83 Select DE Ou 6818
85 Combine 6665
99 Select DE Ou 2954
101 Combine (5) 10301
104 Select DE Ou 10301
106 Combine (5) 2954
111 Select DE Ou 2315
113 Combine (5) 7988
116 Select DE Ou 6988
118 Combine (5) 1995
138 Combine (5) 2954
154 Select DE Ou 2991
156 Combine (5) 21565
161 Select DE Ou 21565
163 Combine (5) 2991

Histogram block number 169

Input Parameters:

Number of bins = 10

Use input range for histogram

2396
2396
2396
2396
2396
2397
2395
2396
2396
1

11.6. Anexo n°6

Cálculos en el escenario en que la Minería y la Construcción crecen según lo esperado

$$y_M^I = m_M^I \cdot x + n_M^I = 445,5 \cdot x + 718,33$$

$$y_C^I = m_C^I \cdot x + n_C^I = 1.438.942,5 \cdot x + 12.722.707,33$$

$$y_E^I = m_E^I \cdot x + n_E^I = 290.799 \cdot x + 10.622.381,2$$

$$y_M^{II} = m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} = 284,7 \cdot x + 1.764,1$$

$$y_C^{II} = m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} = 717.715,4 \cdot x + 16.077.898,7$$

$$y_E^{II} = m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}$$

$$\begin{aligned} \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} &= \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)} \\ &= \frac{\frac{284}{1.764} \cdot \left(\frac{1.438.942}{12.722.707} - \frac{290.799}{10.622.381} \right) + \frac{717.715}{16.077.898} \cdot \left(\frac{445}{718} - \frac{290.799}{10.622.381} \right)}{\left(\frac{445}{718} - \frac{1.438.942}{12.722.707} \right)} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,161 \cdot (0,113 - 0,027) + 0,044 \cdot (0,619 - 0,027)}{(0,619 - 0,113)}$$

$$= 0,0795$$

$$n_E^{II} = \frac{\left(\frac{m_E^I}{n_E^I} \cdot x_{2006} + n_E^I \right)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(290.799 \cdot 4 + 10.622.381,2)}{[(0,0795) \cdot (4 - 3) + 1]} = 10.917.940$$

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II} = 0,0795 \cdot 10.917.940 = 867.636$$

11.7. Anexo nº7

Cálculos en el escenario en que la Minería crece según lo esperado y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento

$$y_M^I = m_M^I \cdot x + n_M^I = 445 \cdot x + 718$$

$$y_C^I = m_C^I \cdot x + n_C^I = 310.489 \cdot x + 10.653.268$$

$$y_E^I = m_E^I \cdot x + n_E^I = 290.799 \cdot x + 10.622.381$$

$$y_M^{II} = m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} = 284,7 \cdot x + 1.764,1$$

$$y_C^{II} = m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} = 310.489 \cdot x + 15.309.618$$

$$y_E^{II} = m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}$$

$$\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} = \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)}$$

$$= \frac{1.764 \cdot \left(\frac{310.489}{10.653.268} - \frac{290.799}{10.622.381} \right) + 15.309.618 \cdot \left(\frac{445}{718} - \frac{290.799}{10.622.381} \right)}{\left(\frac{445}{718} - \frac{310.489}{10.653.268} \right)}$$

$$= \frac{0,161 \cdot (0,029 - 0,027) + 0,020 \cdot (0,619 - 0,027)}{(0,619 - 0,029)}$$

$$= 0,0208$$

$$n_E^{II} = \frac{\left(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I \right)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(290.799 \cdot 4 + 10.622.381,2)}{[(0,0208) \cdot (4 - 3) + 1]} = 11.545.155$$

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II} = (0,0208) \cdot 11.545.155 = 240.421$$

11.8. Anexo n°8

Cálculos en el escenario en que la Minería crece un 10% más de lo esperado y Construcción se mantiene

$$y_M^I = m_M^I \cdot x + n_M^I = 445,5 \cdot x + 718,33$$

$$y_C^I = m_C^I \cdot x + n_C^I = 1.438.942,5 \cdot x + 12.722.707,33$$

$$y_E^I = m_E^I \cdot x + n_E^I = 290.799 \cdot x + 10.622.381,2$$

$$y_M^{II} = m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} = 313 \cdot x + 1.764,1$$

$$y_C^{II} = m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} = 717.715,4 \cdot x + 16.077.898,7$$

$$y_E^{II} = m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}$$

$$\begin{aligned} \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} &= \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)} \\ &= \frac{\frac{313}{1.764} \cdot \left(\frac{1.438.942}{12.722.707} - \frac{290.799}{10.622.381} \right) + \frac{717.715}{16.077.898} \cdot \left(\frac{445}{718} - \frac{290.799}{10.622.381} \right)}{\left(\frac{445}{718} - \frac{1.438.942}{12.722.707} \right)} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,177 \cdot (0,113 - 0,027) + 0,044 \cdot (0,619 - 0,027)}{(0,619 - 0,113)}$$

$$= 0,0822$$

$$n_E^{II} = \frac{\left(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I \right)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(290.799 \cdot 4 + 10.622.381,2)}{[(0,0822) \cdot (4 - 3) + 1]} = 10.890.416$$

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II} = 0,0822 \cdot 10.890.416 = 895.160$$

11.9. Anexo nº9

Cálculos en el escenario en que la Minería crece un 10% más de lo esperado y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento

$$y_M^I = m_M^I \cdot x + n_M^I = 445,5 \cdot x + 718,33$$

$$y_C^I = m_C^I \cdot x + n_C^I = 310.489 \cdot x + 10.653.268$$

$$y_E^I = m_E^I \cdot x + n_E^I = 290.799 \cdot x + 10.622.381,2$$

$$y_M^{II} = m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} = 313 \cdot x + 1.764,1$$

$$y_C^{II} = m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} = 310.489 \cdot x + 15.309.618$$

$$y_E^{II} = m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}$$

$$\begin{aligned} \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} &= \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)} \\ &= \frac{\frac{313}{1.764} \cdot \left(\frac{310.489}{10.653.268} - \frac{290.799}{10.622.381} \right) + \frac{310.489}{15.309.618} \cdot \left(\frac{445}{718} - \frac{290.799}{10.622.381} \right)}{\left(\frac{445}{718} - \frac{310.489}{10.653.268} \right)} \\ &= \frac{0,177 \cdot (0,029 - 0,027) + 0,020 \cdot (0,619 - 0,027)}{(0,619 - 0,029)} \\ &= 0,0209 \end{aligned}$$

$$n_E^{II} = \frac{\left(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I \right)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(290.799 \cdot 4 + 10.622.381,2)}{[(0,0209) \cdot (4 - 3) + 1]} = 11.544.609$$

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II} = (0,0209) \cdot 11.544.609 = 240.967$$

11.10. Anexo nº10

Cálculos en el escenario en que la Minería decrece un 10% y Construcción se mantiene.

$$y_M^I = m_M^I \cdot x + n_M^I = 445,5 \cdot x + 718,33$$

$$y_C^I = m_C^I \cdot x + n_C^I = 1.438.942,5 \cdot x + 12.722.707,33$$

$$y_E^I = m_E^I \cdot x + n_E^I = 290.799 \cdot x + 10.622.381,2$$

$$y_M^{II} = m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} = 256 \cdot x + 1.764,1$$

$$y_C^{II} = m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} = 717.715,4 \cdot x + 16.077.898,7$$

$$y_E^{II} = m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}$$

$$\begin{aligned} \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} &= \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)} \\ &= \frac{\frac{256}{1.764} \cdot \left(\frac{1.438.942}{12.722.707} - \frac{290.799}{10.622.381} \right) + \frac{717.715}{16.077.898} \cdot \left(\frac{445}{718} - \frac{290.799}{10.622.381} \right)}{\left(\frac{445}{718} - \frac{1.438.942}{12.722.707} \right)} \\ &= \frac{0,145 \cdot (0,113 - 0,027) + 0,044 \cdot (0,619 - 0,027)}{(0,619 - 0,113)} \\ &= 0,0767 \end{aligned}$$

$$n_E^{II} = \frac{\left(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I \right)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(290.799 \cdot 4 + 10.622.381,2)}{[(0,0767) \cdot (4 - 3) + 1]} = 10.945.604$$

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II} = 0,0767 \cdot 10.945.604 = 839.972$$

11.11. Anexo nº11

Cálculos en el escenario en que la Minería decrece un 10% y Construcción presenta una menor tasa de crecimiento

$$\begin{aligned}
 y_M^I &= m_M^I \cdot x + n_M^I = 445,5 \cdot x + 718,33 \\
 y_C^I &= m_C^I \cdot x + n_C^I = 310.489 \cdot x + 10.653.268 \\
 y_E^I &= m_E^I \cdot x + n_E^I = 290.799 \cdot x + 10.622.381,2 \\
 y_M^{II} &= m_M^{II} \cdot x + n_M^{II} = 256 \cdot x + 1.764,1 \\
 y_C^{II} &= m_C^{II} \cdot x + n_C^{II} = 310.489 \cdot x + 15.309.618 \\
 y_E^{II} &= m_E^{II} \cdot x + n_E^{II}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} &= \frac{\frac{m_M^{II}}{n_M^{II}} \cdot \left(\frac{m_C^I}{n_C^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right) + \frac{m_C^{II}}{n_C^{II}} \cdot \left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_E^I}{n_E^I} \right)}{\left(\frac{m_M^I}{n_M^I} - \frac{m_C^I}{n_C^I} \right)} \\
 &= \frac{\frac{256}{1.764} \cdot \left(\frac{310.489}{10.653.268} - \frac{290.799}{10.622.381} \right) + \frac{310.489}{15.309.618} \cdot \left(\frac{445}{718} - \frac{290.799}{10.622.381} \right)}{\left(\frac{445}{718} - \frac{310.489}{10.653.268} \right)} \\
 &= \frac{0,145 \cdot (0,029 - 0,027) + 0,020 \cdot (0,619 - 0,027)}{(0,619 - 0,029)} \\
 &= 0,0208
 \end{aligned}$$

$$n_E^{II} = \frac{\left(m_E^I \cdot x_{2006} + n_E^I \right)}{\left[\left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot (x_{2006} - 3) + 1 \right]} = \frac{(290.799 \cdot 4 + 10.622.381,2)}{[(0,0208) \cdot (4 - 3) + 1]} = 11.545.702$$

$$m_E^{II} = \left(\frac{m_E^{II}}{n_E^{II}} \right) \cdot n_E^{II} = 0,0208 \cdot 11.545.702 = 239.875$$

11.12. Anexo nº12

Glosario

A continuación se mencionan algunos de los términos que se utilizan en el rubro de la minería y fundición de metales.

- **Alma:** Pieza de arena que se utiliza para generar un espacio u orificio en la pieza de acero.
- **Capacho:** Recipiente metálico de carga (residuos, retornos o piezas).
- **Cuchara:** Recipiente metálico utilizado para verter el acero fundido.
- **Copa:** Resto de acero que solidifica dentro de los montantes al llenar el molde de la pieza.
- **Montante:** Pieza de acero (montada sobre el molde) utilizada para asegurar el correcto flujo de acero fundido al interior del molde.
- **Termocupla:** Instrumento utilizado para medir la temperatura de los hornos