

## MEMORIA DE CÁLCULO

En el presente anexo se describe en detalle cada uno de los supuestos que se ha hecho para la medición de la PTF, los datos utilizados y fuentes disponibles a Mayo de 2013. Esta información es suficiente para replicar los cálculos.

### Productividad total de factores (PTF)

Asumiendo una función de producción Cobb-Douglas, tenemos que la PTF es definida como:

$$(1) \quad A = Y / (KUT^\alpha \times LE^{(1-\alpha)})$$

donde A representa la PTF, Y el PIB a nivel agregado y el valor agregado a nivel sectorial, KUT el stock de capital utilizado, LE es empleo efectivo (incluye capital humano) y  $\alpha$  la participación del capital en el producto.

### Producto interno bruto y valor agregado (Y)

A nivel agregado se utiliza el PIB en volumen a precios del año anterior encadenados, correspondiente al año de referencia 2008. Estas cifras están disponibles en la Base de Datos Estadísticos del Banco Central de Chile anual y trimestralmente desde 1996. Para el periodo 1990-1995 se utilizó la información de la ficha del Banco Central: "Empalme estadístico del PIB y de los componentes del gasto: series anuales y trimestrales 1986-2003, referencia 2008" (Estudios Económicos Estadísticos N°91).

De manera similar, para los siete sectores elegidos se utiliza el valor agregado en volumen a precios del año anterior encadenado correspondiente al año de referencia 2008. Para el periodo 1990-1995, se empalmaron las series utilizando los datos con base de referencia 1986 y se aplicaron las tasas de variación en cuatro trimestres.

### Empleo Efectivo (LE)

El factor trabajo, LE corresponde al total de horas trabajadas, corregidas por la calidad de la mano de obra (capital humano). Por tanto, podemos descomponer el trabajo de la siguiente manera:

$$(2) \quad LE = N \times H \times \Omega$$

donde N corresponde al número de trabajadores empleados, H es el número de horas promedio trabajadas por trabajador y  $\Omega$  corresponde a un factor de ajuste por la calidad de los trabajadores.

La data sobre el número de trabajadores promedio trimestral a nivel agregado (N) y sectorial (N) es generada por el INE. Para el periodo 2009 en adelante se utiliza la Nueva Encuesta Nacional de Empleo. Para el periodo anterior, se agregan 215.000 trabajadores a las cifras con base Censo 2002A nivel sectorial, se suman las siguientes cantidades:

- Agricultura, caza y pesca: 40.000
- Minería: 65.000

- Electricidad, gas y agua: 25.000
- Comercio, hoteles y restaurantes: 340.000

Para obtener el número de empleo anual, se promediaron los trimestres móviles de enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre, octubre-diciembre.

En cuanto a las horas promedio trabajadas a nivel agregado (H), se utilizaron datos del INE respecto de las horas promedio semanales efectivamente trabajadas (se excluye a los ocupados con cero horas trabajadas), multiplicadas por las 13 semanas a nivel trimestral y se suman los cuatro trimestres para obtener la cifra anual. Para el periodo 2009 en adelante, se utilizaron datos de la Nueva Encuesta Nacional de Empleo. Para el periodo anterior a 2009, se utilizaron los datos de la anterior Encuesta Nacional de Empleo y se empalmaron las cifras ajustando el nivel de modo que el cuarto trimestre del 2008 y el primer trimestre del 2009 quedaran iguales.

El factor de calidad  $\Omega$ , se obtiene del supuesto que diferenciales salariales reflejan diferenciales de productividad. A nivel agregado, se utilizan los salarios y la participación de los trabajadores según el nivel educacional alcanzado. Si definimos que  $W_0$  es el salario del trabajador sin educación formal (como factor de normalización), se puede calcular el ajuste por calidad a nivel agregado como:

$$(3) \quad \Omega = \sum (N_i/N) \times (W_i/W_0)$$

Donde  $(N_i/N)$  es la participación del número de trabajadores tipo  $i$  sobre el total de trabajadores y  $W_i/W_0$  la razón de salarios.

El factor de calidad a nivel sectorial ( $\Omega_s$ ), por su parte, se obtiene a partir del factor calidad a nivel agregado y la razón entre el salario del sector ( $W_s$ ) y el salario promedio de la economía ( $W$ ):

$$(4) \quad \Omega_s = \Omega \times (W_s/W)$$

Para el cálculo a nivel agregado se recurre a la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen), del Ministerio de Desarrollo Social. Los segmentos de trabajadores corresponden a las siguientes siete categorías educacionales: sin educación formal, educación primaria incompleta, educación primaria completa, educación secundaria incompleta, educación secundaria completa, educación superior incompleta y educación superior completa.

Para los años en que no hay encuesta Casen, se interpola linealmente el cálculo final de premio por educación. Los datos a nivel trimestral se obtienen a partir de la opción "quadratic-match average" de EView. Para los años posteriores a la última encuesta, se mantiene el premio por educación de la última encuesta disponible. Para el cálculo a nivel sectorial se utiliza el factor calidad obtenido a partir de los datos de la Casen, y el salario relativo promedio de siete de los ocho sectores elegidos respecto del total de la economía según el INE. Para el sector agrícola se utilizan datos de la Casen con una interpolación lineal en aquellos periodos en que no se realiza la encuesta.

## Stock de capital utilizado (KUT)

Para el periodo 1990-2012, se utilizan los datos anuales del stock de capital neto en pesos constantes según ficha actualizada del Banco Central: “Stock de Capital en Chile (1985-2005): Metodología y Resultados” (Estudios Económicos Estadísticos, N°63). Para el periodo posterior al último dato publicado, se utiliza la metodología de inventarios perpetuos para cada tipo de capital: Maquinaria y equipo, por un lado, y Edificación habitacional y resto de construcción, por el otro.

La tasa de depreciación para cada tipo de stock de capital se calcula a partir de los datos de consumo de capital fijo, como proporción del stock de capital, en términos anuales, entregados por el Banco Central. Se utiliza la tasa de depreciación del año 2011 como constante para todos los años. Para obtener la data trimestral, se considera que el stock publicado al final del año corresponde al cuarto trimestre del mismo. Para completar el resto de los trimestres (del primero al tercero de cada año), se interpola el stock de capital cada tipo  $i$  (capital en maquinaria y equipo por un lado y el stock de capital en construcción por otro) con la siguiente fórmula:

$$(5) \quad K_{t,i} = K_{t-1,i} \times (1-\delta_i/4) + FBK_{t,i} + [K_{a+,i} - (K_{a-,i} \times (1-\delta_i/4))^4 + FBK_{t,i}]/4$$

Donde  $t$  corresponde al trimestre del año en cuestión, mientras  $a+$  corresponde al stock de capital al final del año (cuarto trimestre) y  $a-$  al stock de capital al final del año anterior. La segunda parte de la fórmula, entre paréntesis, distribuye homogéneamente los residuos que se producen de la diferencia entre aplicar la fórmula descrita y el stock de capital publicado por el Banco Central. Estas diferencias son pequeñas.

$\delta_i$  representa la tasa de depreciación anual de cada uno de los dos tipos de stock de capital. Ésta se calculó a partir de los datos de consumo de capital fijo entregados por el Banco Central de Chile, en la misma fuente mencionada anteriormente, de modo que la tasa de depreciación (en términos anuales) corresponde al consumo de capital fijo como proporción del stock de capital. Se utiliza la tasa de depreciación del año 2011 como constante para todos los años.

Las series de formación bruta de capital fijo para construcción y para maquinaria y equipos, también se obtienen de la Base de Datos Estadísticas del Banco Central de Chile. Se utilizan datos en millones de pesos encadenados con base 2008 y el empalme provisto por el mismo Banco Central desde el año 1996.

Para los años previos a 1995, el stock de capital se interpola linealmente entre el cuarto trimestre del año anterior y el cuarto trimestre del año en cuestión. Por cuestiones estadísticas, al aplicar para cada tipo de stock de capital esta metodología, agregar la serie no corresponde a lo que se obtendría si se interpola directamente el stock agregado. Esta diferencia se distribuye proporcionalmente entre los dos tipos de capital, dependiendo de su participación dentro del stock total y homogéneamente entre los trimestres de cada año.

Las cifras sectoriales del periodo 1996-2011 se obtienen de los datos anuales del stock de capital neto en pesos constantes, disponibles en la ficha actualizada del Banco Central: “Stock de Capital en Chile (1985-2005): Metodología y Resultados” (Estudios Económicos

Estadísticos, N°63). Para el periodo posterior al último dato de stock de capital publicado por el Banco Central, se extrapola trimestralmente utilizando el método de inventarios perpetuos para cada tipo de capital, para luego agregarlos y obtener el stock de capital.

... Para el periodo anterior a 1996 se procede de la siguiente manera:

- Para los sectores **Agricultura, caza y pesca, Minería, Industria y Construcción**, se utilizan datos empalmados de formación bruta de capital fijo por las variaciones anuales, obtenidos de los anuarios de Cuentas Nacionales. Con estos datos se aplicó, para cada sector  $s$  y año  $t$ , la ecuación:

$$(6) K_{T,S} = (K_{T+1,S} - FBK_{T,S}) / (1 - \delta_S)$$

- Para **Minería** se utilizaron datos del documento “La agenda minera en Chile: revisión y perspectivas” de J.C. Guajardo (2007).
- Para el sector **Energía, gas y agua** se utilizan datos de la suma de la capacidad instalada para generación eléctrica del SIC y el SING disponible en los Balances Energéticos de la Comisión Nacional de Energía. Se hizo una regresión entre el logaritmo del stock de capital y el logaritmo de la capacidad instalada para el periodo 1996-2011. Se obtuvo un intercepto de 1,16 y una pendiente de -1,66. Estos parámetros se utilizaron para estimar el stock de capital previo a 1996.
- Para el sector **Comercio, restaurantes y hoteles**, se utilizan datos de formación bruta de capital sectorial por tipo de activo. Los siguientes activos fueron agrupados en maquinaria y equipo ( $M$ ): (i) activos maquinaria y equipo eléctrico y no eléctrico, (ii) equipo de transporte y (iii) resto productos industriales. Así, se calcula la participación de cada tipo de activo en la formación bruta de capital del sector para 2003. Estas mismas proporciones se utilizaron para calcular la formación bruta de capital del sector ( $FBK_{CRH}$ ) para los años previos a 1996, utilizando las series de stock de capital en Construcción ( $FBK_C$ ) y en Maquinarias y equipos ( $FBK_M$ ), para cada año  $t$  de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$(7) FBK_{CRH,T} = (FBK_{CRH,2003}/FBK_{C,2003}) \times FBK_{C,T} + (FBK_{CRH,2003}/FBK_{M,2003}) \times FBK_{M,T}$$

Luego, se aplica la ecuación (6)

- Para los sectores **Transporte y comunicaciones y Servicios financieros y empresariales**, se utilizó el supuesto que el stock de capital de ambos sectores se construye restando el stock de capital de los sectores calculados en los puntos anteriores al stock de capital total. Luego, se calcula la proporción entre el stock de capital de ambos sectores en 1996, la que se mantiene para construir el periodo 1990-1995.
- La tasa de depreciación para el stock de capital en cada sector, se calculó de igual manera que para los dos tipos de stock de capital. Los resultados pueden ser observados en la siguiente tabla.

TABLA 1: TASAS DE DEPRECIACIÓN

Componente o sector		Tasas de Depreciación
Componentes	Edificación y OO.II.	3,4%
	Maquinaria y equipo	11,5%
Sector	Agricultura, caza y pesca	7,5%
	Minería	6,4%
	Industria	8,0%
	Electricidad, gas y agua	4,9%
	Construcción	7,2%
	Comercio, restaurantes y hoteles	7,4%
	Transporte y Comunicaciones	7,9%
	Servicios Financieros	3,9%

Fuente: Elaboración en base a datos del Banco Central

Para trimestralizar la data, se realiza el mismo procedimiento establecido para el cálculo del stock de capital a nivel agregado.

La tasa de utilización del stock de capital existente se calcula a partir de la ecuación:

$$(8) \quad \text{LN}(\text{CE}) = \alpha + \beta \times \text{LN}(\text{K} \times \text{UT})$$

donde  $\ln(\bullet)$  corresponde al operador de logaritmos naturales y CE al consumo de energía secundaria según los Balances Energéticos de la Comisión Nacional de Energía. Los parámetros se estiman utilizando una regresión de mínimos cuadrados ordinarios. Así, la tasa de utilización corresponde a:

$$(9) \quad \text{UT} = \text{EXP}[(\text{LN}(\text{CE}) - \alpha - \beta \times \text{LN}(\text{KT}-1))]$$

Se considera un quiebre estructural después del año 1997, por lo que se estiman regresiones separadas para el periodo previo a 1997 (inclusive) y posterior a 1997. Estos parámetros son aplicados también a la serie trimestral.

Para los trimestres posteriores al último Balance Nacional Energético publicado, se extrapola utilizando las variaciones trimestrales de los despachos de energía eléctrica publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE).

A nivel sectorial, se estima la misma ecuación, introduciendo un quiebre estructural en 1997 para el Comercio, restaurantes y hoteles y Transporte y telecomunicaciones; un quiebre en 1998 para la Industria, y ningún quiebre para la Minería. Para los sectores Agricultura, caza y pesca y Construcción, se ocupa la misma tasa que para el agregado de la

economía. En los sectores Electricidad, gas y agua y Servicios financieros, se asume plena utilización en todos los periodos.

Las variables dependientes e independientes de cada regresión y sus respectivos parámetros se presentan en la siguiente tabla.

**TABLA 2: RESULTADOS REGRESIONES**

Sector	Variable dependiente (ln)	Variable independiente (ln)	Antes del quiebre		Después del quiebre	
			Intercepto ( $\alpha$ )	Pendiente ( $\beta$ )	Intercepto ( $\alpha$ )	Pendiente ( $\beta$ )
Agregado de la economía	Consumo energía total	Stock de capital agregado	-8,70	1,12	1,98	0,54
Agricultura, caza y pesca						
Construcción						
Transporte y comunicaciones	Consumo energía transporte	Stock de capital transporte y comunicaciones	-12,90	1,56	6,95	0,27
Minería	Consumo de energía minería	Stock de capital minería	0,49	0,58	0,49	0,58
Industria	Consumo de energía industria	Stock de capital industria	-39,41	3,13	3,24	0,47
Comercio, restaurantes y hoteles	Consumo energía comercio	Stock de capital comercio, restaurantes y hoteles	-8,68	1,12	-13,39	1,40

Fuente: Elaboración en base a estimaciones periodo 1991-2009

Los datos son trimestralizados utilizando la ecuación “quadratic match average” de EView. Para los datos trimestrales posteriores a la publicación del Balance Energético se extrapola a partir de las variaciones trimestrales de los despachos de energía eléctrica publicadas por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE).

### Participación del capital ( $\alpha$ )

La participación del trabajo en la producción ( $1 - \alpha$ ) se obtiene de la composición del PIB publicada por Cuentas Nacionales. Se calcula como la suma de las remuneraciones y los impuestos netos de subvenciones como porcentaje del PIB. La participación del capital ( $\alpha$ ) se calcula como los excedentes de explotación sobre el PIB. Se tomó el promedio del periodo 2008-2012, obteniendo un valor de  $\alpha = 0,55$ .

La participación de los factores productivos para cada sector, por su parte, se obtiene del trabajo realizado por Vergara y Rivero (2006).

Para la minería se utiliza la participación del capital en el sector Electricidad, gas y agua (0,77), y para Agricultura, caza y pesca se utiliza la participación de capital en Transporte y telecomunicaciones (0,41)

TABLA 3: PARTICIPACIÓN DEL CAPITAL SEGÚN ACTIVIDAD

Sector	Participación del capital ( $\alpha$ )
Industria	59%
Electricidad, gas y agua	77%
Construcción	63%
Comercio, restaurantes y hoteles	27%
Transporte y telecomunicaciones	41%
Servicios financieros	44%

Fuente: Vergara y Rivero (2006) en base a datos proporcionados por el INE y Casen

### Estimación de la PTF sin considerar los recursos naturales

En el caso de Chile, existen sectores importantes que se ven especialmente influidos por la evolución del stock de recursos naturales que no se captura en esta función de producción. Por lo anterior, fluctuaciones en los stocks de recursos naturales se confunden con fluctuaciones en la PTF a nivel sectorial y agregado. Se estima, entonces, la misma función de producción, excluyendo los sectores Minería y Electricidad, gas y agua de la siguiente manera:

- Se resta del PIB el valor agregado de estos dos sectores.
- Del número total de trabajadores de la economía, se resta el número de trabajadores de ambos sectores.
- Para el número de horas trabajadas y la calidad del capital humano se utilizaron los mismos cálculos que para el agregado de la economía.
- Se resta del stock de capital, el stock de los dos sectores.
- La tasa de utilización se estima restando del total de la demanda energética la del sector Minero y se considera el quiebre estructural en 2007. En la estimación se obtiene una pendiente de 1,24 y un intercepto de -10,89, antes del quiebre, y una pendiente de 0,52 y un intercepto de 2,47 después del quiebre.
- La participación del capital sin estos sectores ( $\alpha_{SR}$ ) se recalculó como:  $\alpha_{SR} = (\alpha - \varphi_{Min}\alpha_{Min} - \varphi_{Ega}\alpha_{Ega}) / (1 - \varphi_{Min} - \varphi_{Ega})$ , donde  $\alpha$  es la participación del capital en el agregado de la economía,  $\alpha_{Min}$  y  $\alpha_{Ega}$  son la participación del capital en el sector Minería y Electricidad, gas y agua, respectivamente, y  $\varphi_{Min}$  y  $\varphi_{Ega}$  son las participaciones del valor agregado de los sectores en el PIB el año 2008 (Observar datos en Tabla N°3).