

## 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. 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 (ajustado por 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 (BDE) 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 este factor 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 y sectorial es generada por el INE. Para el periodo 2009 en adelante se utiliza la Nueva Encuesta Nacional de Empleo. Para el periodo anterior, de modo de empalmar las series de ambas encuestas, se suman las siguientes cantidades:

- Agregado de la economía: 215.000
- 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 de 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 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 E-View. Para el cálculo a nivel sectorial se utiliza el factor de 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. Para los años posteriores a la última Casen, se incrementa  $\Omega$  de acuerdo al último dato de crecimiento trimestral.

## Stock de capital utilizado (KUT)

Para el periodo hasta el año 2013 se utilizaron datos anuales de stock de capital neto agregado en pesos constantes publicados por el Banco Central de Chile (<http://si3.bcentral.cl/Siete>). La misma fuente entrega una apertura del stock de capital entre capital en “maquinaria y equipos”, capital en “edificación habitacional” y en “resto construcción”. Estos dos últimos se agregaron en lo que llamamos stock de capital en “construcción”. También se obtienen los datos del stock de capital por sector, para el periodo 1996-2012.

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 a nivel agregado, 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 de 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.

Para los años previos a 1995, el stock de capital agregado 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.

Para el periodo posterior al último dato de stock de capital publicado por el Banco Central, se extrapola el stock de capital agregado trimestralmente utilizando el método de inventarios perpetuos para cada tipo de capital, para luego agregarlos.

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 para 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, con interpolación lineal.

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 Nacionales Energéticos del Ministerio de Energía. Los parámetros se estiman utilizando una regresión de mínimos cuadrados ordinarios en base a datos anuales. Así, la tasa de utilización corresponde a:

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

A nivel agregado 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.

Para trimestralizar la utilización del stock de capital agregado, primero se calcula la variación anual de la utilización,  $\Delta\text{UT}_T$ , a partir de:

$$(10) \quad \Delta\text{UT}_T = -0.00741 - 0.0183 \times \Delta\text{Des}_T$$

Donde  $\text{Des}_T$  corresponde al cambio anual en la tasa de desempleo para el año T de acuerdo a los datos del INE. Los parámetros fueron estimados por mínimos cuadrados ordinarios utilizando los datos del periodo 2001-2012.

Para calcular la utilización trimestral, desde 1991 en adelante:

- (i) Se supone plena utilización para todos los trimestres de 1990 ( $UT_{1990,t} = 1$ ).  
 (ii) Para el año 1991 se calcula la utilización en cada uno de los cuatro trimestres  $t$  como:

$$(11) UT_{1991,t} = UT_{1991,t} + \Delta UT_{1990,t}$$

- (iii) De modo que el promedio de la utilización trimestral sea igual a la utilización anual calculada con energía, se distribuye la diferencia entre ambos (promedio de los trimestres y cálculo anual) de manera uniforme entre los cuatro trimestres del año.

Una vez ajustados los trimestres de ese año, se continúa con el mismo procedimiento para el año siguiente y así sucesivamente.

Para los trimestres posteriores al último Balance Nacional Energético publicado, se extrapola utilizando las variaciones anuales de la misma ecuación utilizada para trimestralizar (ecuación 10).

A nivel sectorial, se estima la ecuación (10), 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. En el caso de Minería se supone plena utilización hasta 1997. 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	2,37	0,52
Agricultura, caza y pesca						
Construcción						
Transporte y comunicaciones	Consumo energía transporte	Stock de capital transporte y comunicaciones	-13,97	1,63	6,96	0,26
Minería	Consumo de energía minería	Stock de capital minería	--	--	0,77	0,56
Industria	Consumo de energía industria	Stock de capital industria	-37,07	2,99	4,24	0,41
Comercio, restaurantes y hoteles	Consumo energía comercio	Stock de capital comercio, restaurantes y hoteles	-8,68	-1,12	-13,00	1,38

Fuente: Elaboración en base a estimaciones periodo 1991-2009

Los datos son trimestralizados utilizando la opción “quadratic match average” de E-View. Para los datos trimestrales posteriores a lo publicado en el Balance Nacional Energético se extrapola bajo los siguientes supuestos:

- MIN: se mantuvo la utilización constante al nivel del último trimestre de 2012.
- IND, CRH, TC: Evolución trimestral igual a la del agregado (mismas diferencias trimestrales).

### 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 1997. 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 2,50 después del quiebre. Se trimestraliza y extrapola de la misma manera que para los datos sectoriales.
- 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).