



# Herramienta sobre los indicadores de comparación de eficiencia energética

Marzo 2019



# ÍNDICE

---

1. INTRODUCCION	2
2. HERRAMIENTA EN LÍNEA DE COMPARACIÓN	4
2.1. Indicadores ajustados	5
2.1.1. Sector macro	5
2.1.2. Sector de los hogares	6
2.1.3. Sector de los servicios	7
2.1.4. Sector del transporte	8
2.1.5. Sector de la industria	8
2.2. Gráficos de benchmarking	10
2.2.1. Sector de generación eléctrica	10
2.2.2. Sector de la industria	10
2.2.3. Sector de los hogares	10
3. APÉNDICES	12
3.1. Ecuaciones de los ajustes	12
3.1.1. Sector macro	12
3.1.2. Sector de los hogares	14
3.1.3. Sector de los servicios	16
3.1.4. Sector del transporte	16
3.1.5. Sector de la industria	17

# 1. Introducción

Las diferencias en los indicadores de eficiencia energética no se deben solo a diferencias en la eficiencia energética.

La comparación de la eficiencia energética de los países se realiza generalmente sobre la base de indicadores de eficiencia energética, como el consumo específico por subsector en la industria o los servicios o por uso final para los hogares o en función de la intensidad energética (es decir indicadores económicos) a nivel de toda la economía o de los sectores.

Sin embargo, estas comparaciones están limitadas para formular conclusiones que tengan sentido en términos de desempeño de eficiencia energética ya que las diferencias existentes en estos indicadores pueden deberse a características de los países que no tienen nada que ver con la eficiencia energética (clima, especialización económica / industrial, mezcla de combustibles, estilos de vida, ...).

Algunas de estas diferencias pueden tomarse en cuenta en las estadísticas existentes, algunas otras (por ejemplo, los estilos de vida) son más difíciles de explicar.

Entonces, la comparación de la eficiencia energética de los países debería tomar en cuenta las diferencias en las características de los países. Los factores que pueden ser diferenciadores son los siguientes:

- Nivel general de precios para indicadores económicos (es decir, intensidades energéticas)
- Clima para los indicadores en el sector de los hogares y servicios, así como para las intensidades de energía final y primaria
- Mix de combustible, especialmente para el sector de los hogares y el mix eléctrico
- Mix de procesos de las industrias intensivas en energía
- Estructura de la industria (es decir, mix de actividades industriales) para las intensidades de energía de la industria y final
- Estructura del PIB para las intensidades energéticas finales

La contabilidad de las características de los países se puede hacer de dos maneras dependiendo de si estas diferencias pueden corregirse con los datos generalmente disponibles o no:

- En el primer caso, la comparación se realiza con **indicadores ajustados** (Parte 2.1) a **nivel sectorial** (macro, industria, hogares, servicios y transporte) que toma en cuenta las diferencias **cuantificables** entre países.
- O, si los ajustes no son posibles, a través de **gráficos de evaluación comparativa** al nivel de uso final o de subsector, dentro de un grupo de países comparables (Parte 2.2).

La lista de los indicadores ajustados es la siguiente:

- Intensidad energética primaria ajustada a la estructura del PIB, al clima y al mix eléctrico
- Intensidad energética final ajustada a la estructura del PIB y al clima
- Consumo energético por hogar ajustado al clima, al mix de combustible para cocinar y al nivel de equipamiento
- Consumo de electricidad por hogar ajustado al clima y al nivel de equipamiento
- Consumo para aire acondicionado de los hogares ajustado al clima y a la tasa de equipamiento en AC
- Consumo unitario de electricidad para aparatos eléctricos de los hogares ajustado al nivel de equipamiento
- Consumo unitario de los servicios por empleado ajustado al clima
- Intensidad energética de los servicios ajustada al clima
- Consumo de energía del transporte por habitante ajustado al nivel de equipamiento en vehículos
- Consumo unitario de transporte de pasajeros ajustado al reparto modal

- Consumo unitario de transporte de mercancías ajustado al reparto modal
- Intensidad energética de la industria manufacturera ajustada a la estructura
- Consumo unitario de cemento ajustado al ratio de producción de clínker respecto a la producción de cemento

Los países utilizados en las comparaciones dependen del sector:

- Industria: países del G20 + Chile
- Hogares, servicios: Argentina, Brasil, Costa Rica, Uruguay, Estados Unidos, Francia, España, Italia, Alemania, Reino Unido, Dinamarca, Japón, Corea del Sur.
- Transporte: Argentina, Brasil, Estados Unidos, Francia, España, Italia, Alemania, Reino Unido, Japón, Corea del Sur.

## 2. Herramienta en línea de comparación

La herramienta en línea desarrollada permite comparar el nivel de eficiencia energética de México por sector (todos, hogares, industria, transporte, servicios) con una selección de países.

Incluye dos secciones distintas:

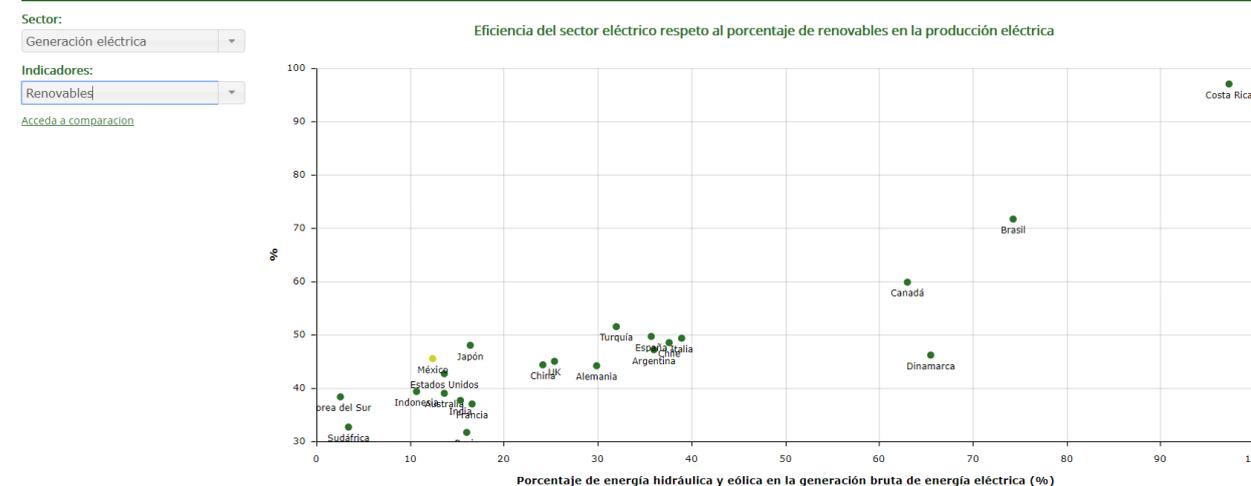
- Una parte “*comparación*” que permite comparar el nivel de un indicador de eficiencia energética ajustándole para los países de comparación a las características de México (estructura del PIB, clima, etc.). Para eso se selecciona el sector, el indicador, el ajuste y luego los países de comparación.



Fuente : BIEE/CONUEE for Mexico, BIEE/CEPAL for other Latin American countries, ODYSSEE for European Countries, GED from Enerdata for other countries

Como los servicios requieren 5 o 10 veces menos energía por unidad de valor agregado que la industria, las diferencias en la estructura del PIB afectan las intensidades final y primaria. Ese gráfico muestra cuál sería la intensidad primaria de Argentina con la estructura del PIB de México.

- Otra parte de “*gráficos de benchmarking*” donde se visualiza en un mismo gráfico (nube de puntos) el nivel de todos los países respecto a un factor diferenciador (por ejemplo el consumo unitario de acero respecto al porcentaje de acero eléctrico). Para esa parte, se selecciona el sector y el sub-sector y aparecen todos los países en un mismo gráfico.



Fuente : BIEE/CONUEE for Mexico, BIEE/CEPAL for other Latin American countries, ODYSSEE for European Countries, GED from Enerdata for other countries

La eficiencia promedio del sector eléctrico depende principalmente del mix eléctrico y en particular de la participación de las energías renovables : la penetración de las energías renovables en la producción eléctrica está mejorando la eficiencia del sector eléctrico.

## 2.1. Indicadores ajustados

### 2.1.1. Sector macro

- **Intensidad energética primaria**

#### Ajuste a la estructura del PIB

Como los servicios requieren 5 o 10 veces menos energía por unidad de valor agregado que la industria, las diferencias en la estructura del PIB afectan las intensidades final y primaria. Ese gráfico muestra cuál sería la intensidad primaria del país de comparación con la estructura del PIB de México.

#### Ajuste al clima

Las intensidades energéticas de los países son afectadas por las diferencias climáticas. Este gráfico muestra cuál sería la intensidad energética primaria del país de comparación con el clima de México. Como México tiene un consumo de energía para calefacción muy bajo, la parte de calefacción del consumo de energía del país de comparación se elimina (si el país tiene calefacción). Si no hay enfriamiento en el consumo del país de comparación, el ajuste climático se realiza agregando un consumo ficticio de enfriamiento calculado en función del consumo unitario de México.

#### Ajuste al mix eléctrico

Las diferencias en el mix de producción eléctrica afectan las intensidades primarias entre los países. Un país con una alta proporción de energías renovables tendrá un consumo de su sector eléctrico muchos mas bajo que un país con una gran proporción de energía térmica o nuclear, debido a las diferencias en la eficiencia de generación (100% para energías renovables, generalmente entre 30 y 45% para las centrales térmicas y 33% para nuclear). Este gráfico muestra cuál sería la intensidad de energía primaria del país de comparación con el mix de producción eléctrica de México.

#### Ajustes combinados

Este gráfico muestra cuál sería la intensidad energética primaria del país de comparación con el clima, el mix de producción eléctrica y la estructura del PIB de México. Ese ajuste corresponde a la combinación de los tres ajustes precedentes.

- **Intensidad energética final**

#### Ajuste a la estructura del PIB

Ese ajuste corresponde al mismo ajuste que en la intensidad primaria, pero al nivel de la intensidad final.

#### Ajuste al clima

Ese ajuste corresponde al mismo ajuste que en la intensidad primaria, pero al nivel de la intensidad final.

#### Ajustes combinados

Este gráfico muestra cuál sería la intensidad energética final del país de comparación con el clima y la estructura del PIB de México.

## 2.1.2. Sector de los hogares

- **Consumo energético por hogar**

### Ajuste al clima

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario del país de comparación asumiendo el clima de México (basado en el número de grados día de enfriamiento). Como para el ajuste de la intensidad primaria o final al clima, como México tiene un consumo de energía para calefacción muy bajo, la parte de calefacción del consumo de energía del país de comparación se elimina. Y si no hay enfriamiento en el consumo del país de comparación, el ajuste climático se realiza agregando un consumo ficticio de enfriamiento calculado en función del consumo unitario de México.

### Ajuste al mix de combustible para cocinar

El consumo de energía está influenciado por el mix de combustible para cocinar (% de gas, GPL, biomasa, electricidad) debido a las diferencias en las eficiencias de uso final. Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario por hogar para el país de comparación con el mismo mix de combustible para cocinar que México.

### Ajuste al nivel de equipamiento (AC y aparatos eléctricos)

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario por hogar del país de comparación asumiendo las mismas tasas de equipamiento en aire acondicionado y aparatos eléctricos que México. La tasa de equipamiento en aparatos eléctricos corresponde al parque de refrigeradores equivalentes dividido por el número de hogares. El parque de los principales equipos de los hogares (lavadoras de ropa, TV y refrigeradoras) está convertido en un parque equivalente ficticio en la base de coeficientes que reflejan la diferencia en el consumo promedio por año de los equipos. Por ejemplo si un televisor consume 200 kWh/año y un refrigerador 400 kWh/año, un televisor corresponde a 0.5 refrigerador equivalente.

### Ajustes combinados

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario por hogar del país de comparación con el clima, el mix de combustible para cocinar y el nivel de equipamiento de México.

- **Consumo de electricidad por hogar**

### Ajuste al clima

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de electricidad del país de comparación asumiendo el clima<sup>1</sup> de México (mismo ajuste que el que se hace para el consumo total por hogar). Si no hay enfriamiento en el consumo del país de comparación, el ajuste climático se realiza agregando un consumo ficticio de enfriamiento calculado en función del consumo unitario de México.

### Ajuste al nivel de equipamiento (AC y aparatos eléctricos)

Ese ajuste corresponde al mismo ajuste que en el consumo unitario por hogar, pero al nivel del consumo de electricidad por hogar.

### Ajustes combinados

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de electricidad del país de comparación con el clima y el nivel de equipamiento de México.

---

<sup>1</sup> Basado en el número de grados de días de enfriamiento

- **Consumo para aire acondicionado por hogar**

#### Ajuste al clima

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de electricidad para aire acondicionado del país de comparación asumiendo el clima<sup>2</sup> de México (mismo ajuste que el que se hace para el consumo total por hogar). Si no hay enfriamiento en el consumo del país de comparación, el ajuste climático se realiza agregando un consumo ficticio de enfriamiento calculado en función del consumo unitario de México.

#### Ajuste a la tasa de equipamiento en AC

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de electricidad para aire acondicionado del país de comparación asumiendo la misma tasa de equipamiento en AC que México.

#### Ajustes combinados

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de electricidad para aire acondicionado del país de comparación con el clima y la tasa de equipamiento en AC de México.

- **Consumo unitario de electricidad para aparatos eléctricos**

#### Ajuste al nivel de equipamiento

Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de electricidad para aparatos eléctricos del país de comparación asumiendo la misma tasa de equipamiento en aparatos eléctricos que México. La tasa de equipamiento en aparatos eléctricos corresponde al parque de refrigeradores equivalentes dividido por el número de hogares. El parque de los principales equipos de los hogares (lavadoras de ropa, TV y refrigeradoras) está convertido en un parque equivalente ficticio en la base de coeficientes que reflejan la diferencia en el consumo promedio por año de los equipos. Por ejemplo, si un televisor consume 200 kWh/año y un refrigerador 400 kWh/año, un televisor corresponde a 0.5 refrigerador equivalente.

### 2.1.3. Sector de los servicios

- **Consumo unitario por empleado**

#### Ajuste al clima

El consumo de energía por empleado en el sector de servicios se calcula escalando el consumo final de energía del país de comparación al clima promedio de México sobre la base del número relativo de grado días. Como para el ajuste del consumo por hogar, Como México tiene un consumo de energía para calefacción muy bajo, la parte de calefacción del consumo de energía del país de comparación se elimina. Y si no hay enfriamiento en el consumo del país de comparación, el ajuste climático se realiza agregando un consumo ficticio de enfriamiento calculado en función del consumo unitario de México.

---

<sup>2</sup> Basado en el número de grados de días de enfriamiento

- **Intensidad energética**

#### Ajuste al clima

Ese ajuste corresponde al mismo ajuste que en el consumo unitario por empleado pero al nivel de la intensidad energética.

#### 2.1.4. Sector del transporte

- **Consumo de energía por habitante**

#### Ajuste al nivel de equipamiento en vehículos

Este gráfico muestra cuál sería el consumo de transporte por habitante del país de comparación asumiendo la misma tasa de equipamiento en vehículos que México. La tasa de equipamiento en vehículos corresponde al parque de vehículos equivalentes dividido por la población. El parque de los vehículos está convertido en un parque equivalente ficticio en la base de coeficientes que reflejan la diferencia en el consumo promedio por año de los vehículos. Por ejemplo si un camión consume 15 tep/año y un coche 1 tep/año, un camión corresponde a 15 coches equivalentes.

- **Consumo unitario de transporte de pasajeros (por pasajeros.km)**

#### Ajuste al reparto modal

Dado que el transporte público (autobús, metro o tren) requiere menos energía por unidad de tráfico de pasajeros, las diferencias en el reparto modal afectan el consumo unitario del transporte de pasajeros. Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de transporte de pasajeros (por pasajero.km) del país de comparación asumiendo la misma distribución modal que México.

- **Consumo unitario de transporte de mercancías (por tonelada.km)**

#### Ajuste al reparto modal

Como el transporte de mercancías por vías navegables o trenes requiere menos energía por unidad de tráfico que por carretera, las diferencias en la distribución modal afectan el consumo unitario de transporte de mercancías. Este gráfico muestra cuál sería el consumo unitario de transporte de mercancías (por tonelada.km) del país de comparación suponiendo el mismo reparto modal que México.

#### 2.1.5. Sector de la industria

- **Intensidad energética de la industria manufacturera**

#### Ajuste a la estructura

Este gráfico muestra cuál sería la intensidad energética final de la industria manufacturera del país de comparación con la estructura de la industria manufacturera de México.

- **Consumo unitario de cemento**

Ajuste al ratio de producción de clinker respecto a la producción de cemento

La eficiencia energética de la industria cementera está relacionada con el ratio de producción de clinker respecto a la producción de cemento: cuanto mayor es ese ratio, mayor es el consumo específico. Este gráfico muestra cual sería el consumo unitario de la industria cementera suponiendo el mismo ratio de clinker que México. Como el proceso de producción de clinker solo consume combustibles y el proceso de transformación de clinker a cemento solo electricidad, solo se ajusta el consumo unitario de combustibles al nivel de ratio de clinker de México (guardando el mismo consumo unitario de electricidad).

## 2.2. Gráficos de benchmarking

### 2.2.1. Sector de generación eléctrica

- **Eficiencia del sector eléctrico respecto al porcentaje de renovables en la producción eléctrica**

La eficiencia promedio del sector eléctrico depende principalmente del mix eléctrico y en particular de la participación de las energías renovables: la penetración de las energías renovables en la producción eléctrica está mejorando la eficiencia del sector eléctrico.

- **Rendimiento de las plantas térmicas respecto a la proporción de gas en la producción eléctrica de origen térmica**

La eficiencia promedio de las plantas térmicas depende del tipo de plantas térmicas: ya que las plantas a gas tienen un mejor rendimiento que las plantas a carbón, biomasa o diesel, la proporción de gas en la producción eléctrica térmica afecta el rendimiento promedio de las centrales térmicas.

- **Rendimiento de las plantas térmicas respecto a la proporción de plantas de gas de ciclo combinado en la capacidad eléctrica de centrales térmicas**

La eficiencia promedio de las plantas térmicas depende del tipo de plantas térmicas: las plantas de gas de ciclo combinado tienen un mejor rendimiento (de 50 hasta 60%) que las plantas convencionales. La penetración de las plantas de gas de ciclo combinado mejora la eficiencia de las centrales térmicas.

### 2.2.2. Sector de la industria

- **Consumo unitario de acero respecto a la proporción de acero eléctrico**

La comparación del consumo específico del acero debe hacerse con una mezcla de proceso similar ya que el proceso no eléctrico requiere más o menos 3 veces más energía por tonelada de acero producida que el proceso eléctrico. Todavía hay una gran brecha entre los países con una mezcla de proceso similar.

- **Consumo unitario de papel y celulosa respecto a la proporción de celulosa**

La eficiencia energética de la industria papelera está relacionada con la proporción de celulosa producida en el país respecto a la producción de papel: cuanto mayor es esa proporción, mayor es el consumo específico. La comparación debe hacerse a nivel similar de proporción de celulosa.

- **Consumo unitario de cemento respecto a la proporción de clinker**

La eficiencia energética de la industria del cemento está relacionada con la proporción de clinker producida en el país respecto a la producción de cemento: cuanto mayor es esa proporción, mayor es el consumo específico. La comparación debe hacerse a nivel similar de proporción de clinker.

### 2.2.3. Sector de los hogares

- **Superficie instalada de calentadores solares de agua por cada 1000 habitantes respecto a la radiación solar**

La comparación de la penetración de los calentadores solares de agua debe relacionarse con la radiación solar anual: en algunos países como Sudáfrica, India, México, Brasil o Chile, incluso si hay una alta radiación

solar, la penetración del calentador de agua solar sigue siendo baja. Por el contrario, China, Turquía o Grecia tienen una penetración de calentadores solares muy alta respecto a la radiación solar. Para el otro grupo de países, existe una correlación positiva entre la radiación solar y la difusión de calentadores solares de agua.

- **Consumo unitario de combustibles para cocción y calentamiento de agua respecto a la proporción de biomasa**

Como la biomasa tiene una eficiencia de uso final mucho menor que el GPL, el gas o la electricidad, los países con una gran proporción de biomasa tendrán un mayor consumo unitario de combustibles para cocción y calentamiento de agua que los países con una baja proporción de biomasa.

- **Consumo unitario de electricidad para iluminación respecto al número de focos por hogar**

El nivel de consumo unitario para iluminación depende de la eficiencia energética de los focos (o sea la penetración de lámparas CFL o LED) pero también del número de focos por cada hogar.

## 3. Apéndices

### 3.1. Ecuaciones de los ajustes

Para todas las ecuaciones, el **país X** corresponde a México y el **país Y** al país de comparación.

#### 3.1.1. Sector macro

- **Intensidad energética primaria**

##### Ajuste a la estructura del PIB

$$\left( \frac{toccpcc\_Y - toccfcc\_Y}{pib\$15p\_Y} + \left( \frac{vadind\$15p\_X * toccfind\_Y}{vadind\$15p\_Y} + \frac{vadagr\$15p\_X * toccfagr\_Y}{vadagr\$15p\_Y} + \frac{vadter\$15p\_X * toccftercc\_Y}{vadter\$15p\_Y} + \frac{pib\$15p\_X * toccftra\_Y}{pib\$15p\_Y} + \frac{cpr\$15p\_X * toccfrescc\_Y}{cpr\$15p\_Y} \right) / pib\$15p\_X \right)$$

*toccpcc* Consumo primario con correcciones climáticas

*toccfcc* Consumo final con correcciones climáticas

*toccfind* Consumo final de la industria

*toccfagr* Consumo final de agricultura

*toccftra* Consumo final del transporte

*toccfress* Consumo de los hogares con correcciones climáticas

*toccftercc* Consumo de los servicios con correcciones climáticas

*pib\$15p*, *vadind\$15p*, *vadagr\$15p*, *vadter\$15p*, *cpr\$15p* Datos macroeconómicos (PIB, valor agregado de la industria, la agricultura y los servicios y consumo privado de los hogares expresados en dólares de 2015 a paridad de poder adquisitivo)

##### Ajuste al clima

Para los ajustes climáticos se agregaron nuevas series:

- *elccfrescc1* que corresponde al consumo de electricidad del sector residencial corregido del clima pero asumiendo que si el país tiene un número de grados días de enfriamiento inferior a 100 se elimina el consumo de aire acondicionado (considerando que no es relevante),
- *pcclieleres1* que corresponde a la participación del consumo de aire acondicionado en el consumo de electricidad del sector residencial se toma igual a 0 si el país tiene un número de grados de días de enfriamiento inferior a 100,
- *elccftercc1* y *pcclieleter1* de la misma forma que *elccfrescc1* y *pcclieleres1* pero para el sector de los servicios

$$\left( \frac{toccpcc\_Y - toccfcc\_Y + (toccfind\_Y + toccfagr\_Y + toccftra\_Y + ((toccfrescc\_Y - (toccfrescc\_Y * pcchfrescc\_Y)) - (elccfrescc\_Y - elccfrescc1\_Y) - (elccfrescc\_Y - (elccfrescc\_Y * pcclieleres1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y) - elccfrescc\_Y * (1 - pcclieleres1\_Y))) + ((toccftercc\_Y - (toccftercc\_Y * pcchftercc\_Y)) - (elccftercc\_Y - elccftercc1\_Y) - (elccftercc\_Y - (elccftercc\_Y * pcclieleter1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y) - (elccftercc\_Y - elccftercc1\_Y) - elccftercc\_Y * (1 - pcclieleter1\_Y)))} / pib\$15p\_Y \right)$$

Si *pcclieleres1\\_Y* = 0, se agrega *elccfrescc\\_X \* pcclieleres\\_X \* men\\_Y / men\\_X / pib\$15p\\_Y*

Si *pcclieleter1\\_Y* = 0, se agrega *elccftercc\\_X \* pcclieleter\\_X \* empter\\_Y / empter\\_X / pib\$15p\\_Y*

*djrefcli* número de grados día de enfriamiento anual (aire acondicionado)

*pcchfrescc* participación de la calefacción en el consumo total de los hogares con correcciones climáticas

*pcchftercc* participación de la calefacción en el consumo total de los servicios con correcciones climáticas

### Ajuste al mix eléctrico

$$\left( \left( \text{toccpcc}_Y - \left( \text{hydpd}_Y + \text{egepd}_Y + \text{eeopd}_Y + \text{cmscfcentrel}_Y + \text{gnacfcentrel}_Y + \text{gzlcfcentrel}_Y + \text{enccfcentrel}_Y + \text{enupd}_Y \right) + \left( \left( \text{hydpd}_X + \text{egepd}_X + \text{eeopd}_X \right) / \text{elepd}_X * \text{elepd}_Y \right) + \left( \text{enupd}_X / \text{elepd}_X * \text{elepd}_Y \right) + \left( \text{elepdth}_X / \text{elepd}_X * \text{elepd}_Y \right) / \left( \text{rendelet}_Y / 100 \right) \right) / \text{pib}\$15p_Y$$

<i>hydpd</i>	<i>Producción de hidroelectricidad</i>
<i>egepd</i>	<i>Producción de electricidad de origen geotérmico y solar</i>
<i>eeopd</i>	<i>Producción de energía eólica</i>
<i>enupd</i>	<i>Producción energía nuclear</i>
<i>cmscfcentrel</i>	<i>Consumo de carbón en plantas térmicas de generación eléctrica</i>
<i>gnacfcentrel</i>	<i>Consumo de gas natural en plantas térmicas de generación eléctrica</i>
<i>gzlcfcentrel</i>	<i>Consumo de derivados del petróleo en plantas térmicas de generación eléctrica</i>
<i>enccfcentrel</i>	<i>Consumo de biomasa en plantas térmicas de generación eléctrica</i>
<i>toccfcentrel</i>	<i>Consumo total de las plantas térmicas de generación eléctrica</i>
<i>elepd</i>	<i>Generación eléctrica (bruta)</i>
<i>elepdth</i>	<i>Generación eléctrica de las plantas térmicas</i>
<i>rendelet</i>	<i>Eficiencia del sector de generación eléctrica (térmica)</i>

### Ajustes combinados

$$\left( \left( \text{toccpcc}_Y - \left( \text{hydpd}_Y + \text{egepd}_Y + \text{eeopd}_Y + \text{cmscfcentrel}_Y + \text{gnacfcentrel}_Y + \text{gzlcfcentrel}_Y + \text{enccfcentrel}_Y + \text{enupd}_Y \right) + \left( \left( \text{hydpd}_X + \text{egepd}_X + \text{eeopd}_X \right) / \text{elepd}_X * \text{elepd}_Y \right) + \left( \text{enupd}_X / \text{elepd}_X * \text{elepd}_Y \right) + \left( \text{elepdth}_X / \text{elepd}_X * \text{elepd}_Y \right) / \left( \text{rendelet}_Y / 100 \right) \right) - \text{toccfcc}_Y \right) / \text{pib}\$15p_Y + \left( \text{vadind}\$15p_X * \text{toccfind}_Y / \text{vadind}\$15p_Y + \text{vadagr}\$15p_X * \text{toccfagr}_Y / \text{vadagr}\$15p_Y + \text{vadter}\$15p_X * \left( \left( \text{toccftrcc}_Y - \left( \text{toccftrcc}_Y * \text{pcchftrcc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccftrcc}_Y - \text{elccftrcc1}_Y \right) - \left( \text{elccftrcc}_Y - \left( \text{elccftrcc}_Y * \text{pcclieleter1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y \right) - \text{elccftrcc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleter1}_Y \right) \right) \right) / \text{vadter}\$15p_Y + \text{pib}\$15p_X * \text{toccftra}_Y / \text{pib}\$15p_Y + \text{cpr}\$15p_X * \left( \left( \text{toccfrescc}_Y - \left( \text{toccfrescc}_Y * \text{pcchfrescc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc1}_Y \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y \right) - \text{elccfrescc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleres1}_Y \right) \right) \right) / \text{cpr}\$15p_Y \right) / \text{pib}\$15p_X$$

Si  $\text{pcclieleres1}_Y = 0$ , se agrega  $\left( \text{elccfrescc}_X * \text{pcclieleres}_X * \text{men}_Y / \text{men}_X * \text{cpr}\$15p_X / \text{cpr}\$15p_Y \right) / \text{pib}\$15p_X$

Si  $\text{pcclieleter1}_Y = 0$ , se agrega  $\left( \text{elccftrcc}_X * \text{pcclieleter}_X * \text{empter}_Y / \text{empter}_X * \text{vadter}\$15p_X / \text{vadter}\$15p_Y \right) / \text{pib}\$15p_X$

- **Intensidad energética final**

### Ajuste a la estructura del PIB

$$\left( \text{toccfind}_Y + \text{toccfagr}_Y + \text{toccftra}_Y + \left( \left( \text{toccfrescc}_Y - \left( \text{toccfrescc}_Y * \text{pcchfrescc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc1}_Y \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y \right) - \text{elccfrescc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleres1}_Y \right) \right) \right) + \left( \left( \text{toccftrcc}_Y - \left( \text{toccftrcc}_Y * \text{pcchftrcc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccftrcc}_Y - \text{elccftrcc1}_Y \right) - \left( \text{elccftrcc}_Y - \left( \text{elccftrcc}_Y * \text{pcclieleter1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y \right) - \text{elccftrcc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleter1}_Y \right) \right) \right) \right) / \text{pib}\$15p_Y$$

### Ajuste al clima

$$\left( \text{vadind}\$15p_X * \text{toccfind}_Y / \text{vadind}\$15p_Y + \text{vadagr}\$15p_X * \text{toccfagr}_Y / \text{vadagr}\$15p_Y + \text{vadter}\$15p_X * \text{toccftrcc}_Y / \text{vadter}\$15p_Y + \text{pib}\$15p_X * \text{toccftra}_Y / \text{pib}\$15p_Y + \text{cpr}\$15p_X * \text{toccfrescc}_Y / \text{cpr}\$15p_Y \right) / \text{pib}\$15p_X$$

Si  $pcclieleres1\_Y=0$ , se agrega  $elccfrescc\_X * pcclieleres\_X * men\_Y / men\_X / pib\$15p\_Y$

Si  $pcclieleter1\_Y=0$ , se agrega  $elccftercc\_X * pcclieleter\_X * empter\_Y / empter\_X / pib\$15p\_Y$

### Ajustes combinados

$$\begin{aligned} & (vadind\$15p\_X * toccfind\_Y / vadind\$15p\_Y + vadagr\$15p\_X * toccfagr\_Y / vadagr\$15p\_Y + vadter\$15p\_X \\ & * ( ( toccftercc\_Y - ( toccftercc\_Y * pcchftercc\_Y ) ) - ( elccftercc\_Y - elccftercc1\_Y ) - ( elccftercc\_Y - ( \\ & elccftercc\_Y * pcclieleter1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y ) - elccftercc\_Y * ( 1 - pcclieleter1\_Y ) ) ) / vadter\$15p\_Y + \\ & pib\$15p\_X * toccftra\_Y / pib\$15p\_Y + cpr\$15p\_X * ( ( toccfrescc\_Y - ( toccfrescc\_Y * pcchfrescc\_Y ) ) - ( \\ & elccfrescc\_Y - elccfrescc1\_Y ) - ( elccfrescc\_Y - ( elccfrescc\_Y * pcclieleres1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y ) - \\ & elccfrescc\_Y * ( 1 - pcclieleres1\_Y ) ) ) / cpr\$15p\_Y ) / pib\$15p\_X \end{aligned}$$

Si  $pcclieleres1\_Y=0$ , se agrega  $( elccfrescc\_X * pcclieleres\_X * men\_Y / men\_X * cpr\$15p\_X / cpr\$15p\_Y ) / pib\$15p\_X$

Si  $pcclieleter1\_Y=0$ , se agrega  $( elccftercc\_X * pcclieleter\_X * empter\_Y / empter\_X * vadter\$15p\_X / vadter\$15p\_Y ) / pib\$15p\_X$

### 3.1.2. Sector de los hogares

- Consumo energético por hogar

#### Ajuste al clima

$$\begin{aligned} & ( ( toccfrescc\_Y - ( toccfrescc\_Y * pcchfrescc\_Y ) ) - ( elccfrescc\_Y - elccfrescc1\_Y ) - ( elccfrescc\_Y - ( elccfrescc\_Y \\ & * pcclieleres1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y ) - elccfrescc\_Y * ( 1 - pcclieleres1\_Y ) ) ) / men\_Y \end{aligned}$$

Si  $pcclieleres1\_Y=0$ , se agrega  $elccfrescc\_X * pcclieleres\_X / men\_X$

*men*                      Número de hogares

#### Ajuste al mix de combustible para cocinar

$$\begin{aligned} & ( ( ( gplcfrescui\_Y * 45 + gazcfrescui\_Y * 45 + enccfrescui\_Y * 5 + elccfrescui\_Y * 80 ) / 100 ) / men\_Y ) / ( ( ( \\ & ( gplcfrescui\_X * 45 + gazcfrescui\_X * 45 + enccfrescui\_X * 5 + elccfrescui\_X * 80 ) / 100 ) / men\_X ) / ( \\ & toccfrescui\_X / men\_X ) ) + ( ( toccfrescc\_Y - toccfrescui\_Y ) / ( men\_Y ) ) \end{aligned}$$

*gplcfrescui*      Consumo residencial de gas LP para cocinar  
*gazcfrescui*      Consumo residencial de gas natural para la cocinar  
*enccfrescui*      Consumo residencial de leña para cocinar  
*elccfrescui*      Consumo residencial de electricidad para cocinar  
*toccfrescui*      Consumo residencial para cocinar

#### Ajuste al nivel de equipamiento (AC y aparatos eléctricos)

$$\begin{aligned} & ( toccfrescc\_Y - elccfrescc\_Y * pcclieleres1\_Y - elccfresels1\_Y + ( elccfrescc\_Y * pcclieleres1\_Y * teqcli\_X / \\ & teqcli\_Y + elccfresels1\_Y * ( ( nbrvtot\_X * 0.47 + nbrrfgtot\_X + nbrlvi\_X * 0.37 ) / men\_X ) / ( ( nbrvtot\_Y * \\ & 0.47 + nbrrfgtot\_Y + nbrlvi\_Y * 0.37 ) / men\_Y ) ) ) / men\_Y \end{aligned}$$

*elccfresels1*      Consumo de electricidad de los principales aparatos eléctricos de los hogares  
*teqcli*              Tasa de equipamiento de los hogares en AC  
*nbrrfgtot*        Número total de refrigeradores  
*nbrlvi*            Número total de lavadoras  
*nbrvtot*        Número total de televisores

### Ajustes combinados

$$\left( \left( \left( \text{gplcfrescui}_Y * 45 + \text{gazcfrescui}_Y * 45 + \text{enccfrescui}_Y * 5 + \text{elccfrescui}_Y * 80 \right) / 100 \right) / \text{men}_Y \right) / \left( \left( \left( \text{gplcfrescui}_X * 45 + \text{gazcfrescui}_X * 45 + \text{enccfrescui}_X * 5 + \text{elccfrescui}_X * 80 \right) / 100 \right) / \text{men}_X \right) / \left( \text{toccfrescui}_X / \text{men}_X \right) + \left( \left( \left( \text{toccfrescc}_Y - \left( \text{toccfrescc}_Y * \text{pcchfrescc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc1}_Y \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y * \text{teqcli}_X / \text{teqcli}_Y \right) - \text{elccfrescc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleres1}_Y \right) \right) \right) - \text{toccfrescui}_Y - \text{elccfresels1}_Y + \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{teqcli}_X / \text{teqcli}_Y + \text{elccfresels1}_Y * \left( \text{nbrvtot}_X * 0.47 + \text{nbrfsgtot}_X + \text{nbrlvi}_X * 0.37 \right) / \text{men}_X \right) / \left( \left( \text{nbrvtot}_Y * 0.47 + \text{nbrfsgtot}_Y + \text{nbrlvi}_Y * 0.37 \right) / \text{men}_Y \right) \right) / \left( \text{men}_Y \right)$$

Si  $\text{pcclieleres1}_Y = 0$ , se agrega  $\text{elccfrescc}_X * \text{pcclieleres}_X / \text{men}_X$

- **Consumo de electricidad por hogar**

### Ajuste al clima

$$\left( \left( \text{elccfrescc}_Y - \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcchfelerescc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc1}_Y \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y - \text{elccfrescc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleres1}_Y \right) \right) \right) * 11630 / \text{men}_Y$$

Si  $\text{pcclieleres1}_Y = 0$ , se agrega  $\text{elccfrescc}_X * \text{pcclieleres}_X * 11630 / \text{men}_X$

### Ajuste al nivel de equipamiento (AC y aparatos eléctricos)

$$\left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y - \text{elccfresels1}_Y + \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{teqcli}_X / \text{teqcli}_Y + \text{elccfresels1}_Y * \left( \left( \text{nbrvtot}_X * 0.47 + \text{nbrfsgtot}_X + \text{nbrlvi}_X * 0.37 \right) / \text{men}_X \right) / \left( \left( \text{nbrvtot}_Y * 0.47 + \text{nbrfsgtot}_Y + \text{nbrlvi}_Y * 0.37 \right) / \text{men}_Y \right) \right) \right) * 11630 / \text{men}_Y$$

### Ajustes combinados

$$\left( \left( \text{elccfrescc}_Y - \left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcchfelerescc}_Y \right) \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc1}_Y \right) - \left( \text{elccfrescc}_Y - \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y * \text{teqcli}_X / \text{teqcli}_Y - \text{elccfrescc}_Y * \left( 1 - \text{pcclieleres1}_Y \right) \right) - \text{elccfresels1}_Y + \text{elccfresels1}_Y * \left( \left( \text{nbrvtot}_X * 0.47 + \text{nbrfsgtot}_X + \text{nbrlvi}_X * 0.37 \right) / \text{men}_X \right) / \left( \left( \text{nbrvtot}_Y * 0.47 + \text{nbrfsgtot}_Y + \text{nbrlvi}_Y * 0.37 \right) / \text{men}_Y \right) \right) * 11630 / \text{men}_Y$$

Si  $\text{pcclieleres1}_Y = 0$ , se agrega  $\text{elccfrescc}_X * \text{pcclieleres}_X * 11630 / \text{men}_X$

- **Consumo para aire acondicionado por hogar**

### Ajuste al clima

$$\left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{djrefcli}_X / \text{djrefcli}_Y \right) * 11630 / \text{men}_Y$$

Si  $\text{pcclieleres1}_Y = 0$ , se agrega  $\text{elccfrescc}_X * \text{pcclieleres}_X * 11630 / \text{men}_X$

### Ajuste a la tasa de equipamiento en AC

$$\left( \text{elccfrescc}_Y * \text{pcclieleres1}_Y * \text{teqcli}_X / \text{teqcli}_Y \right) * 11630 / \text{men}_Y$$

Si  $\text{pcclieleres1}_Y = 0$ , se agrega  $\text{elccfrescc}_X * \text{pcclieleres}_X * 11630 / \text{men}_X$

### Ajustes combinados

$$(elccfrescc\_Y * pcclieleres1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y * teqcli\_X / teqcli\_Y) * 11630 / men\_Y$$

Si  $pcclieleres1\_Y = 0$ , se agrega  $elccfrescc\_X * pcclieleres\_X * 11630 / men\_X$

- **Consumo unitario de electricidad para aparatos eléctricos**

### Ajuste al nivel de equipamiento

$$(elccfresels1\_Y * ((nbrtvs\_X * 0.47 + nbrrfg\_X + nbrlvl\_X * 0.37) / men\_X) / ((nbrtvs\_Y * 0.47 + nbrrfg\_Y + nbrlvl\_Y * 0.37) / men\_Y)) * 11630 / men\_Y$$

### 3.1.3. Sector de los servicios

- **Consumo unitario por empleado**

### Ajuste al clima

$$((toccftrcc\_Y - (toccftrcc\_Y * pcchftrcc\_Y)) - (elccftrcc\_Y - elccftrcc1\_Y) - (elccftrcc\_Y - (elccftrcc\_Y * pcclieleter1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y) - elccftrcc\_Y * (1 - pcclieleter1\_Y))) / empter\_Y$$

Si  $pcclieleter1\_Y = 0$ , se agrega  $elccftrcc\_X * pcclieleter\_X / empter\_X$

*empter*          Número de empleados en los servicios

- **Intensidad energética**

### Ajuste al clima

$$((toccftrcc\_Y - (toccftrcc\_Y * pcchftrcc\_Y)) - (elccftrcc\_Y - elccftrcc1\_Y) - (elccftrcc\_Y - (elccftrcc\_Y * pcclieleter1\_Y * djrefcli\_X / djrefcli\_Y) - elccftrcc\_Y * (1 - pcclieleter1\_Y))) / vadter$15p\_Y$$

Si  $pcclieleter1\_Y = 0$ , se agrega  $(elccftrcc\_X * pcclieleter\_X * empter\_Y / empter\_X) / vadter$15p\_Y$

### 3.1.4. Sector del transporte

- **Consumo de energía por habitante**

### Ajuste al nivel de equipamiento en vehículos

$$((toccftra\_Y - tocffrou\_Y) + tocffrou\_Y * ((nbrvpc\_X + nbrmot\_X * 0.15 + nbrcamvlr\_X * 4 + nbrbus\_X * 15) / pop\_X) / ((nbrvpc\_Y + nbrmot\_Y * 0.15 + nbrcamvlr\_Y * 4 + nbrbus\_Y * 15) / pop\_Y)) / pop\_Y$$

*tocffrou*          Consumo del transporte por carretera

*nbrvpc*          Parque de automóviles

*nbrmot*          Parque de motocicletas

*nbrcamvlr*        Parque de camionetas y camiones

*nbrbus* Parque de autobuses  
*pop* Población

- **Consumo unitario de transporte de pasajeros (por pasajeros.km)**

Ajuste al reparto modal

$$( \text{toccfvpc}_Y / \text{pkmvpc}_Y * \text{pkmvpc}_X + \text{toccfbus}_Y / \text{pkmbus}_Y * \text{pkmbus}_X + \text{toccfferpas}_Y / \text{pkmfertot}_Y * \text{pkmfertot}_X ) / ( \text{pkmvpc}_X + \text{pkmbus}_X + \text{pkmfertot}_X )$$

*pkmvpc* Tráfico de pasajeros por automóviles (en pkm)  
*pkmbus* Tráfico de pasajeros por autobuses (en pkm)  
*pkmfertot* Tráfico ferroviario de pasajeros (en pkm)  
*toccfvpc* Consumo final de las automóviles  
*toccfbus* Consumo final de los autobuses  
*toccfferpas* Consumo final ferroviario de pasajeros

- **Consumo unitario de transporte de pasajeros (por pasajeros.km)**

Ajuste al reparto modal

$$( \text{toccfcamvlr}_Y / \text{tkmrrou}_Y * \text{tkmrrou}_X + \text{toccfflv}_Y / \text{tkmflv}_Y * \text{tkmflv}_X + \text{toccffermch}_Y / \text{tkmfer}_Y * \text{tkmfer}_X ) / ( \text{tkmrrou}_X + \text{tkmflv}_X + \text{tkmfer}_X )$$

*tkmrrou* Tráfico de mercancías por carretera (en tkm)  
*tkmflv* Tráfico de mercancías por marítimo (en tkm)  
*tkmfer* Tráfico ferroviario de mercancías (en tkm)  
*toccfcamvlr* Consumo final de las camionetas y camiones  
*toccfflv* Consumo final del transporte de mercancías por marítimo  
*toccffermch* Consumo final ferroviario de mercancías

### 3.1.5. Sector de la industria

- **Intensidad energética de la industria manufacturera**

Ajuste a la estructura

$$( \text{vadiaa}\$15p\_X * \text{toccfiaa}_Y / \text{vadiaa}\$15p\_Y + \text{vadtex}\$15p\_X * \text{toccf tex}_Y / \text{vadtex}\$15p\_Y + \text{vadboi}\$15p\_X * \text{toccfboi}_Y / \text{vadboi}\$15p\_Y + \text{vadppp}\$15p\_X * \text{toccfppp}_Y / \text{vadppp}\$15p\_Y + \text{vadchi}\$15p\_X * \text{toccfchi}_Y / \text{vadchi}\$15p\_Y + \text{vadmmn}\$15p\_X * \text{toccfmmn}_Y / \text{vadmmn}\$15p\_Y + \text{vadmpr}\$15p\_X * \text{toccfmpr}_Y / \text{vadmpr}\$15p\_Y + \text{vadmacveh}\$15p\_X * \text{toccfmacveh}_Y / \text{vadmacveh}\$15p\_Y + \text{vadidv}\$15p\_X * \text{toccfidv}_Y / \text{vadidv}\$15p\_Y ) / \text{vadima}\$15p\_X$$

*vadiaa* Valor agregado de la industria alimentaria  
*toccfiaa* Consumo final de la industria alimentaria  
*vadtex* Valor agregado de la industria textil  
*toccf tex* Consumo final de la industria textil  
*vadboi* Valor agregado de la industria maderera  
*toccfboi* Consumo final de la industria maderera  
*vadppp* Valor agregado de la industria papelera  
*toccfppp* Consumo final de la industria papelera  
*vadchi* Valor agregado de la industria química

<i>toccfchi</i>	<i>Consumo final de la industria química</i>
<i>vadmnm\$15p</i>	<i>Valor agregado de la industria de los minerales no metálicos</i>
<i>toccfmnm</i>	<i>Consumo final de la industria de los minerales no metálicos</i>
<i>vadmpr\$15p</i>	<i>Valor agregado de la industria de los metales primarios</i>
<i>toccfmpr</i>	<i>Consumo final de la industria de los metales primarios</i>
<i>vadmacveh\$15p</i>	<i>Valor agregado de la industria de la maquinaria y de la industria automovil</i>
<i>toccfmacveh</i>	<i>Consumo final de la industria de la maquinaria y de la industria automovil</i>
<i>vadidv\$15p</i>	<i>Valor agregado de la industria de las otras industrias</i>
<i>toccfidv</i>	<i>Consumo final de la industria de las otras industrias</i>
<i>vadima\$15p</i>	<i>Valor agregado de la industria manufacturera</i>

- **Consumo unitario de cemento**

Ajuste al ratio de producción de clinker respecto a la producción de cemento

$$(cmbcfcim\_Y / prdcim\_Y) * pcclk\_X / pcclk\_Y + elccfcim\_Y / prdcim\_Y$$

<i>cmbcfcim</i>	<i>Consumo de combustibles de la industria cementera</i>
<i>prdcim</i>	<i>Producción de cemento (toneladas)</i>
<i>pcclk</i>	<i>Ratio de producción de Clinker respecto a la producción de cemento</i>
<i>elccfcim</i>	<i>Consumo de electricidad de la industria cementera</i>