



EFECTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CAMBIO DE HORARIO EN CHILE

Informe Final preparado por el
Programa de Estudios e Investigaciones en Energía
Instituto de Asuntos Públicos
Universidad de Chile

Para el
Programa País de Eficiencia Energética
Comisión Nacional de Energía

Santiago, 2 de julio 2009

Tabla de Contenidos

1. ANTECEDENTES PRELIMINARES	5
2. OBJETIVOS DE ESTE ESTUDIO	6
3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	8
3.1. El cambio horario en Estados Unidos	8
3.2. El cambio horario en Chile	8
4. EXPERIENCIA INTERNACIONAL	10
4.1. Estudios internacionales considerados	10
4.1.1. California Energy Commission, 2001. Effects of daylight saving time on California Electricity use. By A. Kandel and D. Metz. Publication 400-01-013	10
4.1.2. National Bureau of Economic Research, Cambridge, 2008: Does daylight saving time save energy? Evidence from natural experiment in Indiana. By Matthew J. Kotchen and Laura E. Grant	11
4.2. Resultados y conclusiones de los estudios internacionales	12
5. REALIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL	15
5.1. Tipos de consumo por hogar	15
5.2. Horarios propios de cada región	15
6. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL CAMBIO DE HORA EN CHILE.	17
6.1. Curva de carga mensual en el consumo residencial	17
6.1.1. Curva de carga mensual en el consumo residencial para el primer semestre	17
6.1.2. Curva de carga mensual en el consumo residencial para el segundo semestre	19
6.2. Curva de carga diaria en el consumo residencial	21
6.3. Curva de radiación solar anual	22
6.4. Análisis de los datos obtenidos y propuestas de cambios horarios	25
6.4.1. Análisis de los datos obtenidos	25
6.4.2. Propuesta de modificación del cambio de horario. Solución Energéticamente Óptima	26

6.4.3. Propuesta de modificación del cambio de horario. Solución propuesta	27
7. ANÁLISIS DE TRANSICIÓN HACIA UNA MODIFICACIÓN EN EL CAMBIO HORARIO	35
7.1. Escenario “Transición 1”	36
7.2. Escenario “Transición 2”	36
7.3. Etapa Final. “La Propuesta”	37
7.4. Mediciones, encuestas y estudios complementarios recomendables para respaldar y complementar los efectos logrados en la transición a “La Propuesta”	37
7.4.1. Metodología de medición y análisis de la disminución de los consumos residenciales debido al aplazamiento del cambio de hora	40
8. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO EN ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL	42
8.1. Potencial de ahorro para la Solución Energéticamente Óptima	43
8.1.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según la Solución Energéticamente Óptima	44
8.2. Potencial de ahorro para la Solución Propuesta	47
8.2.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según la Solución Propuesta	47
9. ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (FENÓMENO DEL NIÑO Y LA NIÑA) Y SU RELACIÓN CON LA ESCASEZ DE ENERGÍA ELÉCTRICA	50
10. CONCLUSIONES	52
ANEXO A: CONSUMOS MENSUALES DEL SECTOR COMERCIAL.	55
ANEXO B: PLANILLA DE CÁLCULO DE POTENCIALES DE AHORRO POR CAMBIO DE HORARIO PROPUESTO Y EXPLICACIONES DE ALGUNOS CÁLCULOS	58
ANEXO C: ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE TRANSICIÓN HACIA “LA PROPUESTA”	61

C.1. Potencial de ahorro para el escenario “Transición 1”	61
C.1.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según el escenario “Transición 1”	62
C.2. Potencial de ahorro para el escenario “Transición 2”	63
C.2.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según el escenario “Transición 2”	64

1. Antecedentes Preliminares

Conforme a lo dispuesto por los Decretos Supremos del Ministerio del Interior 1.489 del 6 de octubre de 1970 y 1.142 del 20 de octubre de 1980, la hora oficial de Chile Continental y Antártica Chilena, que corresponde a la del meridiano 60° W (Zh = -4), se adelantará anualmente en 60 minutos, desde las 24 horas del segundo sábado del mes de octubre, hasta las 24 horas del segundo sábado del mes de marzo siguiente, rigiendo en este lapso la hora del meridiano 45° (Zh = -3) como hora de verano. Lo anterior implica que a las 24:00 del sábado 14 de marzo de 2009, los relojes deberán retrasarse en una hora pasando a ser las 23:00 del mismo día. Posteriormente, a las 24:00 del sábado 10 de octubre de 2009, los relojes deberán adelantarse en una hora pasando a ser las 01:00 del domingo 11 de octubre.

El Programa País de Eficiencia Energética, considerando que un cambio como el propuesto tiene influencia sobre el consumo energético del país, solicitó al Programa de Estudios e Investigaciones en Energía de la Universidad de Chile, realizar un estudio, de corta duración, para estimar los eventuales ahorros de energía eléctrica que trae aparejada la aplicación del Decreto del año 1970 antes citado.

El estudio solicitado se sustenta en un hecho anterior ya que, el 8 de febrero de 2008, se dictó un Decreto Supremo estableciendo que el adelanto de la hora oficial se extendía hasta el último sábado del mes de marzo de 2008, debido a que, se suponía, se produciría una reducción del consumo de energía eléctrica y, de esa forma, se aminoraría el efecto de las desfavorables condiciones hidrográficas y la severa sequía que afectaba al país.

2. Objetivos de este estudio

El objetivo de este estudio es determinar si el cambio de hora, dispuesto por los Decretos Supremos del año 1970, implica un menor consumo de energía eléctrica en Chile, lo que al mismo tiempo, implicaría un mejor uso de la iluminación solar, puesto que el ahorro de energía mencionado está estrictamente vinculado con un uso eficiente de la energía eléctrica empleada para satisfacer este uso.

En cuanto a los sectores que son afectados por el cambio de hora (o una modificación de éste), se ha decidido analizar solamente las diferencias posibles en los consumos del sector residencial. Esto obedece a que los demás sectores que consumen electricidad en el país, no debieran ser afectados de manera considerable por eventuales modificaciones en el cambio horario. Entre estos sectores se puede mencionar:

- Sector Industrial¹:
 - Gran Industria: trabaja por lo general en tres turnos de trabajo, es decir las 24 horas. En el caso de requerirse apoyo de iluminación artificial para las actividades, ésta no será afectada por un eventual cambio de hora, pues su funcionamiento será acorde a la luminosidad del lugar.
 - Mediana y Pequeña Industria: por lo general las actividades desarrolladas al interior de estas industrias, si no es en tres turnos, al igual que el caso anterior, se desarrolla en galpones cerrados, por lo cual estas actividades, independiente de la iluminación natural del exterior, siempre requiere de iluminación artificial.
- Sector Comercial:
 - Gran Comercio y Tiendas: Por lo general el gran comercio se asocia a un alto consumo eléctrico en iluminación en las tiendas, dado que siempre tienen sus luminarias encendidas. Así, un eventual cambio de horario no afectaría mayormente los consumos existentes. En cuanto a los grandes centros comerciales, se supone que en la iluminación de pasillos pueden aprovechar en alguna medida la iluminación natural, al igual que la iluminación de patios y carteles exteriores; pero su horario de funcionamiento comienza a las 10.00 horas, por lo cual un posible alargamiento de la luminosidad solar en la tarde tendría sólo efectos

¹ En el sector industrial se incluye el sector minero.

positivos, presentándose como un eventual ahorro de energía. Adicionalmente, las curvas de consumo mes a mes indican que los consumos en este sector no tienen una variación significativa a lo largo del año, particularmente en los meses de cambios horarios, tal como se puede ver en el Anexo 1.

- Mediano y Pequeño Comercio: El comercio menor, al igual que las tiendas del gran comercio, tienen por lo general su iluminación encendida todo el día, por lo cual una modificación en el cambio de hora no tendría mayores influencias en el sector. Por otra parte, si efectivamente la iluminación es en función de la luminosidad natural, un posible retraso en la puesta de sol sólo tendría efectos positivos, en lo que a un eventual ahorro de energía se refiere.
- Sector Público: Por lo general el sector público (hospitales, policía) tiene su luminaria encendida todo el día. En el caso de hospitales es fundamental, para el correcto funcionamiento de los recintos, tener toda la luminaria encendida las 24 horas del día. Para otros consumos del sector público, (oficinas, colegios), puede existir una política de reducción de la iluminación una vez que se van los funcionarios, lo cual aportaría un potencial ahorro de energía, pero el estudio del impacto en este sector escapa a los alcances del presente estudio.

Por los motivos dados anteriormente, este estudio se centrará en analizar las posibilidades de ahorro de energía debidos al cambio horario (y a una posible modificación de éste) únicamente en los consumos de iluminación del sector residencial.

3. Antecedentes históricos

3.1. El cambio horario en Estados Unidos

La historia del cambio de horario se remonta a las culturas antiguas, las cuales alargaban las horas diurnas en verano. El cambio de horario moderno fue propuesto por primera vez por Benjamín Franklin, y posteriormente, en 1907, por William Willet. Fue en la Primera Guerra Mundial, cuando, en el año 1916, se aplicó por primera vez como una medida para ahorrar carbón. Para aquel entonces, esta medida resultó impopular, y una vez finalizada la guerra, fue derogada.

Durante la II Guerra Mundial esta medida se implementó nuevamente. La imposición del cambio de horario tenía la misma finalidad que durante la Primera Guerra Mundial, sin embargo, finalizada la guerra, la medida fue derogada.

Desde 1945 hasta 1966 no hubo regulaciones concretas para estos cambios, siendo su implementación, prácticas arbitrarias realizadas a nivel local. Fue en el año 1966 que el congreso de los Estados Unidos estandarizó el cambio de horario desde el último domingo de abril hasta el último domingo de octubre.

Durante los años siguientes se fue ajustando las fechas de los cambios horarios, principalmente a raíz de las diferentes crisis energéticas. Para el año 1986 ya se había cambiado el inicio del horario de verano para el primer domingo de abril. Para el año 2009, se pronostica que el inicio del horario de verano comience el 8 de marzo, finalizando el 1 de noviembre, lo cual deja prácticamente 8 meses de horario de verano, y sólo 4 meses con horario de invierno.

3.2. El cambio horario en Chile

La historia del cambio horario en el país se remonta al año 1968, año en el cual hubo una importante crisis energética, y se hizo necesario cortar una punta de potencia en el consumo eléctrico que se registraba desde las 18.30 horas. Basándose en la experiencia internacional, el ingeniero Edinson Román Matthei planteó un cambio de horario para el verano, que se extendiera por las mismas fechas planteadas por los países del hemisferio norte.

Así, el “horario de verano” en Chile, se presenta como una excepción al horario oficial del país, que es GMT – 4. Esta “excepción” se extiende por algunos meses, con la finalidad supuesta de ahorrar energía destinada a iluminación artificial.

La medida planteada se aplicó por dos años y tuvo buenos resultados, por lo cual, para el año 1971, el Gobierno decidió convertirlo en ley, la cual perdura hasta hoy. La ley plantea que:

“En cada año, la hora oficial se adelantará en 60 minutos a contar de las 24 horas del segundo sábado del mes de octubre, por un período comprendido entre tal fecha y las 24 horas del segundo sábado del mes de marzo inmediatamente siguiente”.

Debe hacerse hincapié en que la medida propuesta tenía una finalidad de eliminar una punta de potencia en el consumo eléctrico, y no como una medida de ahorro de energía eléctrica.

4. Experiencia internacional

A lo largo del tiempo en que se ha aplicado el cambio horario, se han publicado numerosos estudios acerca de sus efectos, algunos teóricos y otros prácticos. A continuación se mencionan 2 de ellos que tienen distintas metodologías de estimación del impacto en el cambio de hora.

4.1. Estudios internacionales considerados

4.1.1. California Energy Commission, 2001. Effects of daylight saving time on California Electricity use. By A. Kandel and D. Metz. Publication 400-01-013

Este trabajo se realizó utilizando registros del consumo de energía durante un año, de hora en hora, proporcionados por la Federal Energy Regulatory Commission y el Californian Independent System Operator. Utilizó mediciones horarias para realizar un modelo teórico, mediante el cual pronostica los cambios, en potencia y en energía, producidos por el corrimiento de una hora de los relojes en el invierno (conocido por la sigla DST: Daylight Saving Time) y el corrimiento de una hora de los relojes en verano (en USA, conocido por la sigla DDST: Double Daylight Saving Time²) entre Abril y Octubre.

El trabajo concluye lo siguiente:

- a) En los meses de invierno se produce una disminución de la demanda que va entre 210 a 260 MW sobre un total de 34.000 MW, es decir, aproximadamente un 0,6%. La energía que se ahorra es aproximadamente 5.000 MWh/mes sobre un total de 670.000 MWh/mes, es decir, alrededor de un 0,7%.
- b) En los meses de verano, el efecto de un corrimiento es insignificante debido a que el mayor consumo de electricidad está asociado a los sistemas de aire acondicionado. Esto, al contrario de significar un ahorro en energía o potencia, implica un enorme

² El uso de las siglas DST y DDST, se utiliza sólo en algunos estudios muy específicos, donde se desea analizar en forma separada el impacto que tiene en los consumos energéticos tanto el cambio de hora de verano como el de invierno. Para el presente estudio, se hablará de DST, refiriéndose a la utilización del horario de verano con la finalidad de ahorrar energía.

incremento de la demanda máxima (sube a 43.000 MW) y de la energía (sube a 830.000 MWh/mes).

En resumen, el cambio horario muestra efectos positivos desde el punto de vista energético, pero poco significativos. El DDST (Double Daylight Saving Time) mostró un efecto insignificante.

4.1.2. National Bureau of Economic Research, Cambridge, 2008: Does daylight saving time save energy? Evidence from natural experiment in Indiana. By Matthew J. Kotchen and Laura E. Grant

El experimento en Indiana puede considerarse realmente único en el mundo, principalmente por dos razones:

- a) Es el primer estudio que hace uso de la obtención de microdata en el sector residencial, diferenciando cada uno de los consumos del hogar, sobre un total de 229.818 residencias.
- b) Registraron simultáneamente 77 distritos (counties) que no practican el cambio de horario (DST), pero que a partir del año 2006 inician la práctica y 10 distritos que practicaron DST y continúan practicando DST³. Es decir, registran en un mismo año y lugar, residencias con cambio de horario y residencias sin cambio de horario.

³ A diferencia del estudio visto en el punto anterior, en el presente, el uso de la sigla DST se refiere a la aplicación del horario de verano (desde abril hasta octubre).

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1: Efectos del DST detectados en el experimento de Indiana

Caso de Indiana en Estados Unidos	Efecto global del DST [%]	Diferencia entre consumo (DST – no DST) [kWh/día]		
		Iluminación	Refrigeración	Calefacción
Abril	0,73	-4,1	6,8	2,2
Mayo	1,69	-6,0	10,5	4,4
Junio	0,03	-7,5	6,8	0,4
Julio	-0,05	-7,5	6,7	0,0
Agosto	0,60	-5,7	9,7	0,0
Septiembre	2,31	-1,9	11,7	2,6
Octubre	2,39	2,4	10,4	1,8
Promedio	0,98	-4,5	9,1	1,7

Fuente: Does daylight saving time save energy? Evidence from natural experiment in Indiana, 2008

Nota: Debe observarse que la diferencia en los consumos está expresada en magnitudes físicas (kWh/día) mientras que el efecto global está expresado como ahorro en la cuenta total de electricidad, la que incluye todos los consumos de cada hogar.

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

- El efecto global del cambio de hora en Indiana implica un crecimiento del consumo de energía.
- La aplicación del DST implica un ahorro de la energía eléctrica empleada en iluminación, la que alcanza un promedio de 4,5%.
- El incremento de consumo en Indiana se debe fundamentalmente a que, por efecto del cambio horario, los sistemas de aire acondicionado (llamados en la tabla como 'refrigeración', no confundir con refrigeradores de alimentos) incrementaron el consumo de electricidad en forma sustantiva (9,1%).

El trabajo realizado permite concluir que el cambio de hora no es siempre beneficioso y depende de los diferentes consumos de cada hogar. El efecto será notorio mientras en el hogar el consumo en iluminación sea relevante frente a otros consumos.

4.2. Resultados y conclusiones de los estudios internacionales

Varios estudios internacionales, como los anteriormente mencionados, han demostrado los beneficios del uso del horario de verano, denominado internacionalmente como DST (Daylight Saving Time). Entre los beneficios obtenidos, aparte de un ahorro de energía

eléctrica, por el menor uso de iluminación artificial en las tardes, están los beneficios para el comercio, la práctica deportiva y a otras actividades que se ven favorecidas por el hecho de tener luz natural al término de la jornada laboral. También se considera que ayuda a disminuir los accidentes de tránsito, y a reducir la delincuencia.

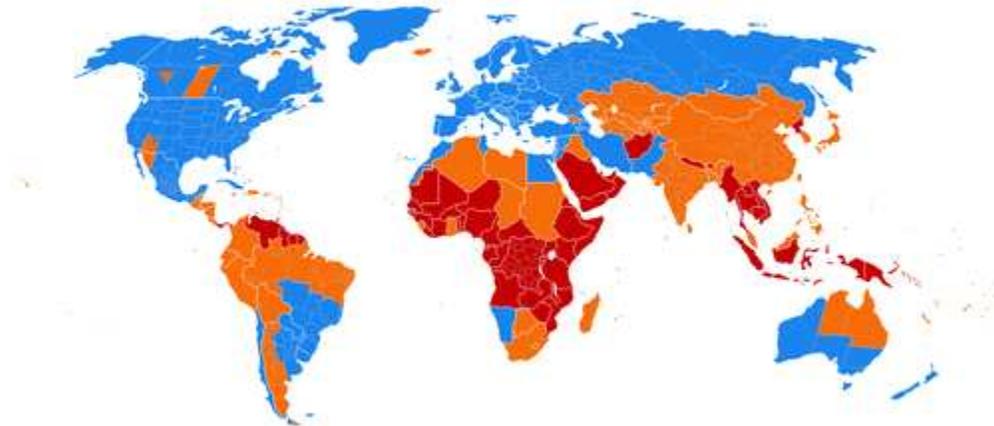
Sobre la extensión del horario de verano, puede observarse una tendencia a extender por el mayor tiempo posible el horario de verano: en Europa hay 7 meses en horario de verano y 5 en horario de invierno; en Estados Unidos hay 8 meses en horario de verano y sólo 4 en horario de invierno, mientras que en nuestro país hay 5 meses en horario de verano y 7 en horario de invierno.

Lo anterior respalda en gran medida la afirmación que el horario de verano es beneficioso energéticamente para el país, mientras que, el regresar al horario de invierno no obedece completamente a una política de ahorro energético, sino que a una tendencia de 'volver a la normalidad', o de beneficiar a la población que tiene necesidad de la luz natural durante las horas de la madrugada.

De todas formas, la implementación o no del cambio horario debe analizarse y juzgarse de acuerdo a la realidad y a la naturaleza de los consumos de cada país. De este modo, no puede suponerse a priori, que los resultados del cambio de hora en los consumos residenciales serán similares en los hogares chilenos como en los estadounidenses, donde el consumo eléctrico de estos últimos está fuertemente basado en el uso de aire acondicionado. De igual forma, los horarios de las actividades laborales y recreativas de cada sociedad son muy diferentes, como se abordará en el siguiente capítulo.

Cabe destacar además, que existen muchos países que han utilizado el cambio de horario, resultando un fracaso en su realidad y eventualmente han sido derogados. Otros países jamás han implementado el cambio horario. La Figura 1 muestra los países o regiones (o estados) que actualmente implementan el cambio de horario (color azul), los que jamás han implementado cambio horario (rojo), y los países que lo han implementado pero lo han derogado (naranja).

Figura 1: Observancia del cambio horario en el mundo



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:DaylightSaving-World-Subdivisions.png>

Cabe destacar que, en base a la Figura 1, la mayoría de los países del hemisferio norte implementan en la actualidad el cambio horario, mientras que en el hemisferio sur, la situación es opuesta. En cuanto a los países en la zona ecuatorial, se puede apreciar que en su mayoría no aplican el cambio horario. Esto se debe a que esta región no tiene variaciones significativas de la luminosidad solar debido al cambio de estaciones. Esto se puede visualizar en el punto 6.4.3.1, donde se analiza la variación de la luminosidad solar en el año para la ciudad de Iquique.

5. Realidad nacional e internacional

5.1. Tipos de consumo por hogar

El cambio de hora será una medida de ahorro energético en la medida que se adapte a las realidades de cada sociedad. De este modo, en Chile, el consumo nocturno residencial está compuesto principalmente por iluminación, seguido por la televisión y el refrigerador (estos dos últimos, son prácticamente indiferentes al cambio horario, a diferencia de los hogares analizados en los estudios internacionales (Estados Unidos), donde el principal consumo es el aire acondicionado).

Un cambio de hora en Chile, cuyo fin sea disminuir el consumo energético por iluminación artificial en los hogares, tendrá un mayor impacto que esta misma medida en Estados Unidos o Europa. Esto se debe a que, a excepción de la época invernal, cuando la temperatura ambiente es demasiado baja y sólo en algunos hogares se hace uso de estufas eléctricas⁴, para alcanzar (o al menos aproximarse) al confort térmico, durante el verano, los consumos residenciales en calefacción y en aire acondicionado son prácticamente nulos, mientras que el consumo de energía por el concepto de acondicionamiento térmico de ambientes, es predominante en los hogares estadounidenses y europeos.

5.2. Horarios propios de cada región

El cambio de horario también obedece a adaptar la luminosidad solar a las actividades tanto laborales como recreativas propias de cada sociedad. De este modo es interesante analizar cómo cada país ajusta sus cambios de horario respecto a la salida y puesta del sol.

Considerando los cambios de horario, se hizo una comparación de las horas extremas de salida y puesta de sol (a solsticios equivalentes) para Chile, comparándolos con los de Estados Unidos, para el año 2009.

⁴ En la mayoría de los hogares se utilizan combustibles para calefacción.

Tabla 2: Salida y puesta del sol en Chile y EE.UU.

		Chile Santiago	Estados Unidos Washington D.C.
Solsticio de verano	Salida	6.32	5.42
	Puesta	20.51	20.36
Solsticio de invierno	Salida	7.46	7.22
	Puesta	17.44	16.48

Fuente: <http://sunrisesunset.com>

Se debe explicitar que las ciudades tomadas como referencia, aparte de ser las capitales de ambos países, tienen latitudes bastante similares, cada una en su respectivo hemisferio (Santiago tiene una latitud de 33°S, mientras que Washington 38°N), con lo cual la duración del día en ambas ciudades en pleno invierno y verano es comparable.

En base a los datos mostrados en la Tabla 2, se puede ver que en Estados Unidos se opta por tener iluminación natural durante la madrugada, adelantando la puesta de éste. Esta situación es clara en pleno invierno, donde la puesta del sol es a las 16.48 horas, mientras que la salida de éste es a las 7.22. En Chile, la salida del sol es aproximadamente media hora después, lo cual permite tener luz natural hasta más tarde, permitiendo que la puesta del sol sea a las 17.44.

Por su parte, en verano se puede ver que en Estados Unidos se prioriza una salida del sol más temprana (con una consecuente puesta también más temprana). Esto obedece a que, como se ha explicitado en capítulos anteriores, el principal consumo residencial en dicho país para esa fecha es el de aire acondicionado, por lo cual, una puesta del sol más temprano significa una temperatura más baja cuando la gente llega a sus hogares, lo cual disminuye los consumos residenciales por este concepto.

Los antecedentes anteriores muestran que si bien los estudios internacionales (prácticamente todos realizados para países del hemisferio norte), son válidos y vale la pena revisarlos, los resultados obtenidos en ellos no deben tomarse como una verdad absoluta y se debe analizar en forma local el posible impacto de las modificaciones necesarias para el cambio horario.

6. Análisis de la aplicación del cambio de hora en Chile.

En el presente capítulo se hará un análisis y comparación de las curvas de carga diarias del sector residencial, además de una comparación entre éstas y la curva de radiación (luminosidad) solar, a modo de proponer ajustes en el cambio de hora, y permitir de este modo, un mejor aprovechamiento de la luz natural, disminuyendo los consumos residenciales en iluminación.

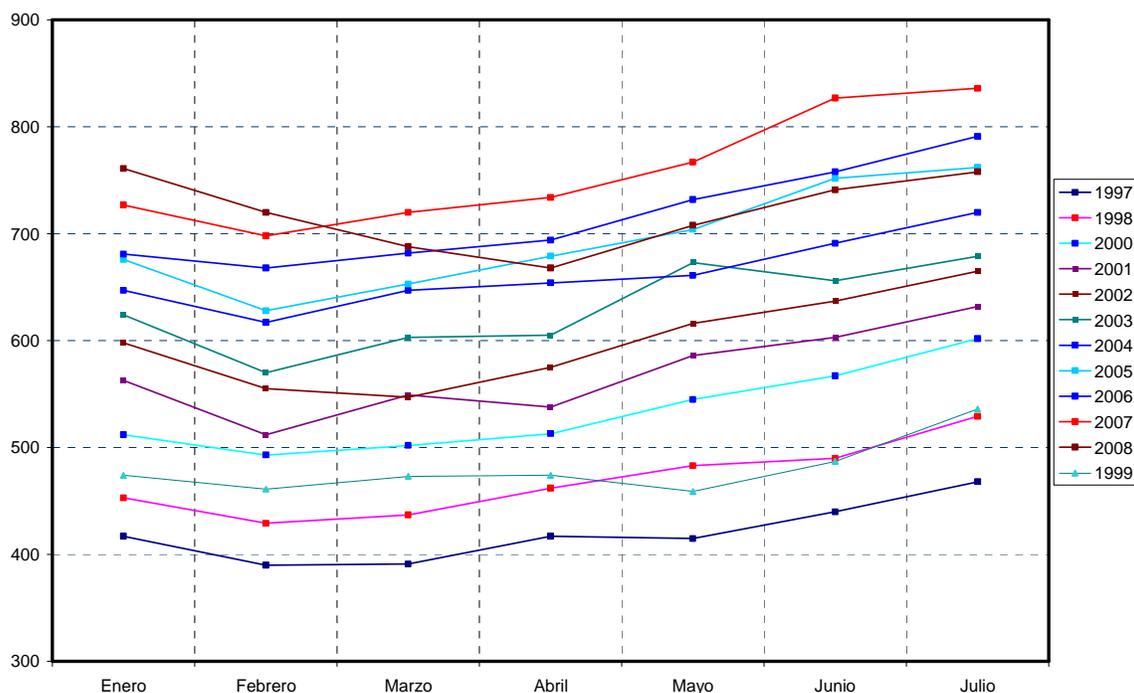
6.1. Curva de carga mensual en el consumo residencial

Existe consenso internacional que el cambio de hora implica un ahorro en iluminación, pero que otros equipos como el televisor, el refrigerador, etc., tienen usos independientes a este cambio y son importantes desde el punto de vista del consumo residencial. En los subcapítulos siguientes, se muestran las cifras oficiales de la Comisión Nacional de Energía en relación al consumo mensual de electricidad en el sector residencial entre los años 1997 y 2008, los cuales se separaron semestralmente para analizar en forma independiente los efectos del cambio horario de marzo con los del cambio horario de octubre.

6.1.1. Curva de carga mensual en el consumo residencial para el primer semestre

Para el primer semestre del año se presenta, en la Figura 2, la variación, mes a mes, de los consumos eléctricos, para el período comprendido entre los años 1997 al 2008.

Figura 2: Curva de carga para el sector residencial en el primer semestre del año, en GWh/mes



Fuente: Comisión Nacional de Energía

Se puede apreciar que el mes de enero de cada año, siempre se ha incrementado el consumo con respecto a enero del año anterior, con la sola excepción de enero de 2006 en que la variación con respecto a 2005 fue prácticamente nula. El aumento del consumo residencial año a año se debe principalmente al crecimiento de la población (y de las viviendas), y al mejoramiento de la calidad de vida y del poder adquisitivo de las personas.

Para todos los años, a excepción del año 2008, existe un aumento de los consumos residenciales en el transcurso de febrero a abril, con lo cual no se observa una disminución en los consumos residenciales debido al cambio horario de marzo. Incluso, en la mayoría de los casos, el consumo de marzo es inferior al de abril.

Para el mes de julio, nuevamente se observa que siempre se ha incrementado el consumo residencial con respecto a julio del año anterior con la clara excepción de julio del 2008, año que fue totalmente atípico. Dicho año, dada la crisis energética y el temor a la imposición de cortes programados para el racionamiento en el suministro de energía eléctrica, tal como ocurrió en el año 1997, el Gobierno realizó una fuerte campaña de Uso

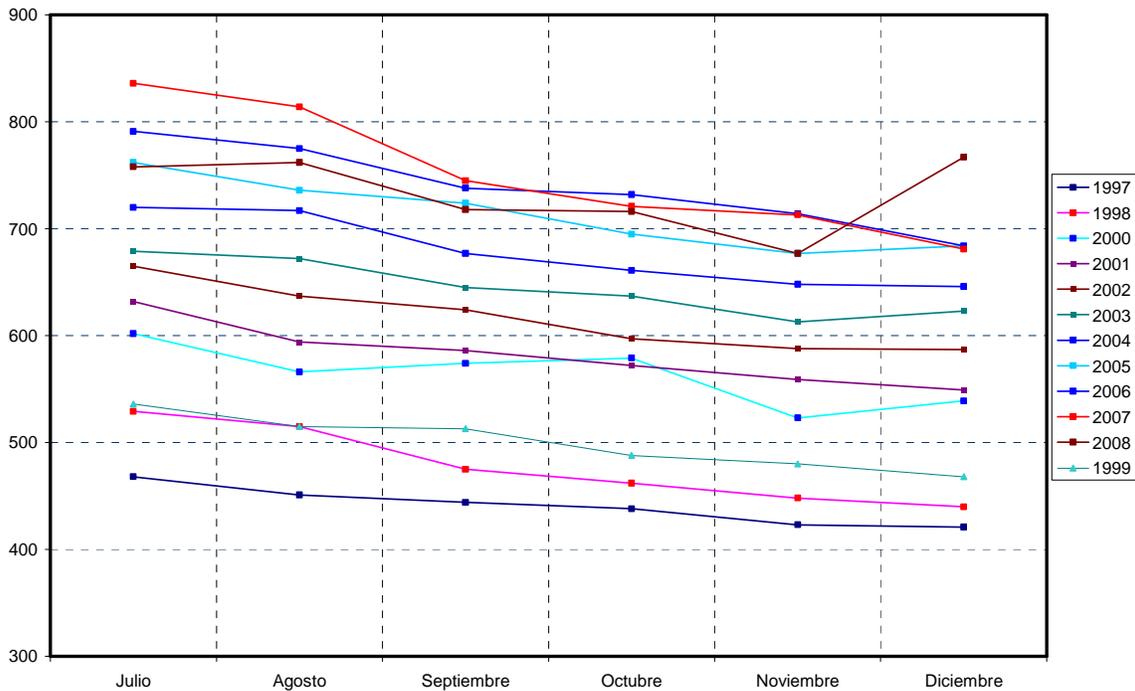
Eficiente de la Energía, con lo cual, los consumos residenciales disminuyeron notablemente. La medida que tuvo mayor acogida, y quedó con un efecto a largo plazo (es decir, tuvo un efecto de aprendizaje, de carácter permanente en la población, y fue más allá de una medida ‘de emergencia’) fue el inicio una campaña masiva del mejor uso de la energía eléctrica, potenciada principalmente por la masificación de las ampolletas de bajo consumo.

Entre marzo y abril, para todos los años, se ha aplicado el Decreto 1.489 del 6 de octubre de 1970 y el Decreto 1.142 del 20 de octubre de 1980 que obliga a atrasar los relojes en 60 minutos, a las 24 horas el segundo sábado del mes de marzo de cada año. Durante el mes de marzo de 2008 se hizo una excepción y el cambio de hora fue pospuesto por dos semanas, siendo ejecutado el último sábado del mismo mes. En abril de 2008 hubo un mínimo histórico de consumo residencial de electricidad. Dado que entre marzo y abril siempre se observó un incremento del consumo residencial, a pesar del cambio de horario, no se observa a priori, una relación entre el cambio de horario establecido y una disminución del consumo de energía.

6.1.2. Curva de carga mensual en el consumo residencial para el segundo semestre

Para el segundo semestre del año se presenta en la Figura 3 la variación de los consumos residenciales mes a mes, para los años entre 1997 y 2008.

Figura 3: Curva de carga para el sector residencial en el segundo semestre del año, en GWh/mes



Fuente: Comisión Nacional de Energía

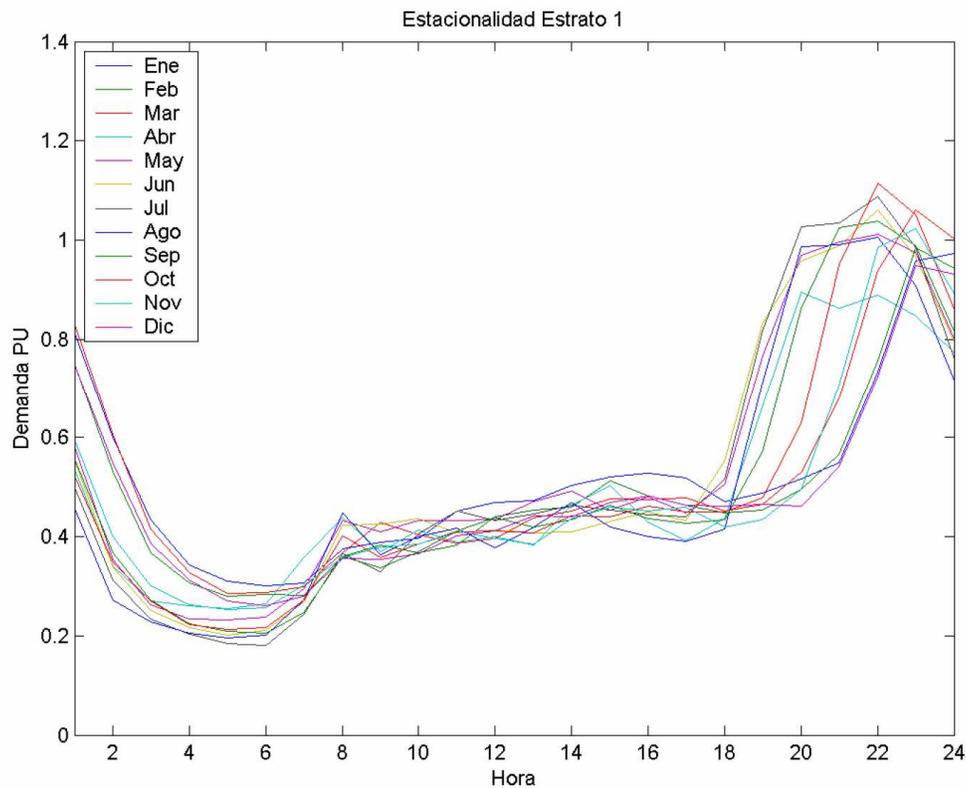
Dado que el segundo sábado del mes de octubre los relojes se adelantan en una hora, es posible observar, en casi todos los años, una disminución del consumo entre septiembre y noviembre, lo que, por tratarse del sector residencial, es justificable y está asociado al cambio de hora.

Para el año 2008 se puede apreciar que una vez superada la crisis energética, los consumos se mantuvieron por debajo de los del año 2007 e incluso los del 2006, lo cual indica que las medidas de ahorro energético adoptadas para dicho año tuvieron un efecto permanente en la población. Finalmente, el mes de diciembre del 2008 es una estimación preliminar, por lo cual, probablemente el consumo para dicho mes sea mucho menor que lo proyectado y sólo corresponda a una estimación para mantener la tendencia de crecimiento año a año, sin considerar el efecto permanente antes mencionado.

6.2. Curva de carga diaria en el consumo residencial

En Octubre de 2007 se realizó un estudio, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile, sobre el análisis estacional de la curva de demanda de electricidad de clientes BT1, es decir, justamente aquellos que se podrían ver afectados (positiva o negativamente) por un cambio horario. El trabajo dio origen a la tesis del Ingeniero Daniel Gómez Sagner, desde donde se extracta la curva mostrada en la Figura 4, que corresponde a mediciones de potencia consumida por hora, las cuales se realizaron en terreno, para una muestra representativa del denominado estrato 1 de la población (definido como aquél que consume menos de 100 kWh/mes), en el cual, el consumo en iluminación puede no ser el principal (pueden existir importantes consumos en refrigeración de alimentos, por ejemplo). Los resultados de las mediciones realizadas permiten visualizar de mejor manera los consumos en iluminación residencial y sus variaciones a lo largo del día y del año.

Figura 4: Curva de carga diaria para clientes BT1 en la Región Metropolitana



Fuente: “Análisis de estacionalidad de la curva de demanda para clientes BT-1”. Daniel Gómez Sagner, 2007

En la curva mostrada en la Figura 4, se puede apreciar que la punta del consumo matutino se registra entre las 7.00 y las 9.00 de la mañana, quedando un efecto permanente del consumo residencial debido probablemente a las personas que permanecen en el hogar durante el día, al refrigerador doméstico, cuyo consumo probablemente aumente durante el día respecto de la noche, debido a una mayor temperatura ambiente, entre otros factores. También es claro en la figura, que el cambio de horario, o la variación de la luminosidad solar, tienen efectos prácticamente nulos sobre el consumo del hogar entre las 7.00 y las 9.00, registrándose la punta siempre en las mismas horas, para todos los meses del año.

Por otra parte, la punta de la tarde se registra desde las 18.00 horas para los meses de invierno, y desde las 21.00 horas para los meses de verano, finalizando alrededor de la medianoche para todos los meses del año.

Para el caso de la punta nocturna en el consumo energético, el aumento es de, aproximadamente, 3 veces el consumo en la punta matutina, y la duración de este aumento se mantiene por un tiempo mayor.

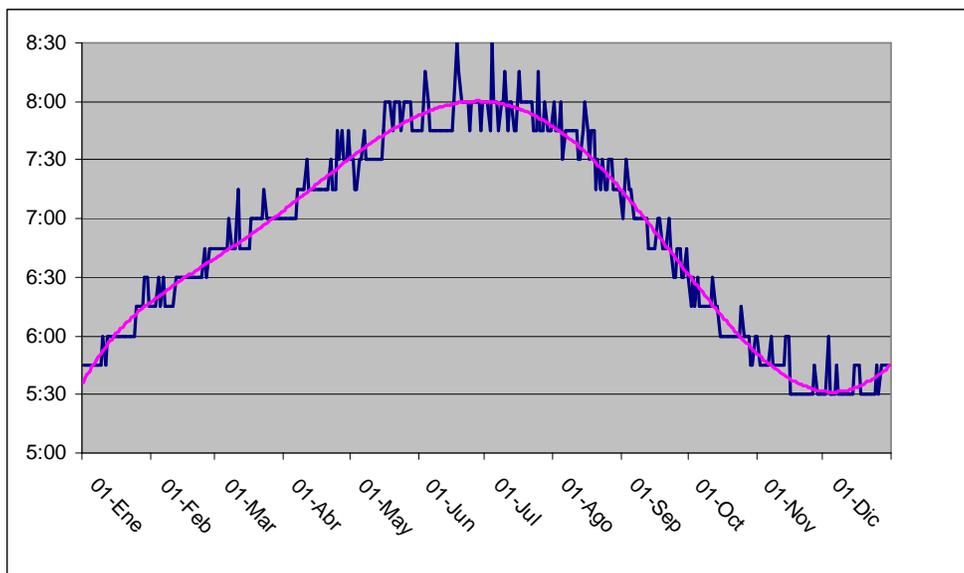
Por otro lado, es posible visualizar con claridad el efecto de la variación de la luminosidad solar a lo largo del año, así como el efecto que del cambio de hora, apreciándose un desplazamiento de la punta de consumo nocturno, entre los meses de septiembre y noviembre en casi dos horas, lo que conlleva una considerable disminución de la energía consumida, pero no así la magnitud de esta punta de consumo, la cual se mantiene prácticamente constante a lo largo del año.

6.3. Curva de radiación solar anual

Mediante datos medidos en la comuna de Santiago, proporcionados por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, se tiene registro de las horas de salida y puesta de sol para el año 2008. La dispersión de los datos se debe a que las condiciones atmosféricas afectan los registros obtenidos, los cuales pueden ser corregidos mediante algún tipo de regresión que permita modelar los horarios de salida y puesta de sol.

Cabe mencionar que los registros horarios obtenidos son siempre GMT-4, es decir el horario de invierno. Para el horario de verano entonces, se debe sumar una hora a los registros, tanto para la salida como la puesta del sol. La Figura 5 muestra los horarios de salida del sol para todo el año.

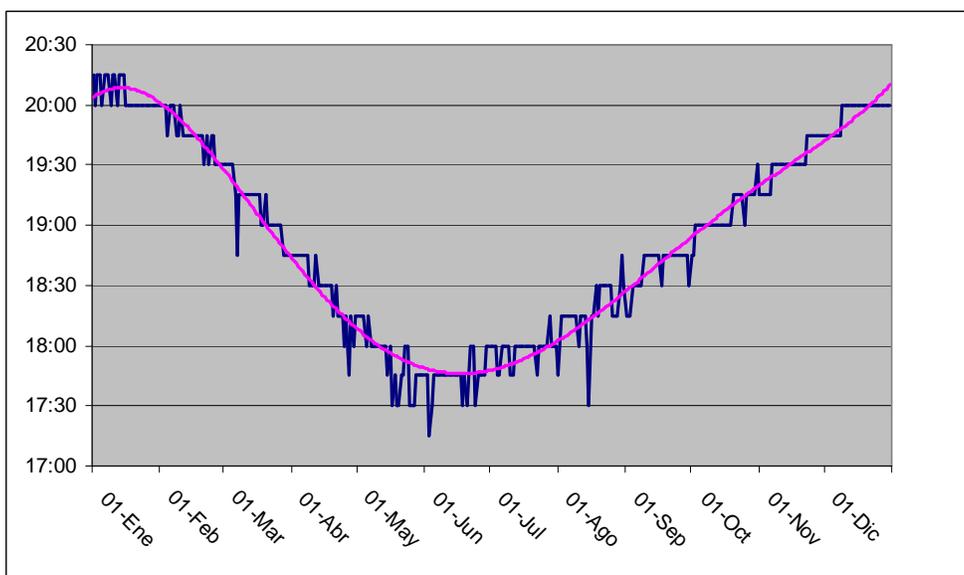
Figura 5: Horarios de salida del sol a lo largo del año en Santiago



Fuente: Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

Análogo a la figura anterior, en la Figura 6 se muestra los horarios de puestas de sol para todo el año.

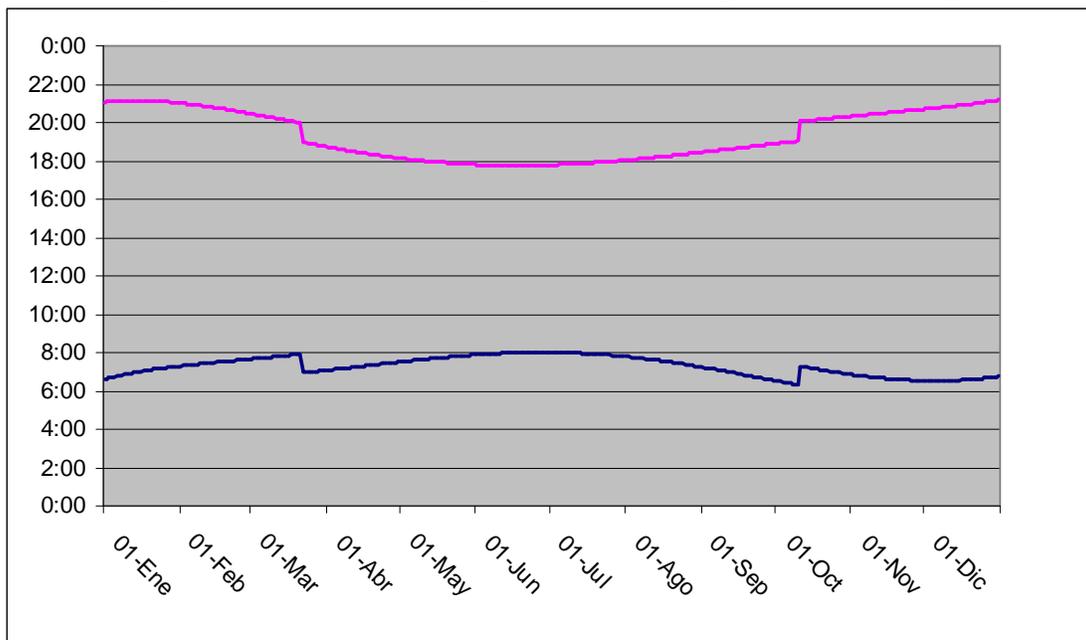
Figura 6: Horarios de puesta del sol a lo largo del año en Santiago



Fuente: Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

Juntando ambas curvas en un solo gráfico, y haciendo las correcciones correspondientes a los cambios de horario que ocurren en marzo y octubre (GMT-3 para el horario de verano y GMT-4 para el horario de invierno), se puede obtener la siguiente gráfica, la cual muestra para los distintos meses del año, la hora de salida y puesta de sol.

Figura 7: Horarios de salida y puesta del sol a lo largo del año en Santiago



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

De este modo, se puede apreciar que:

- Para principios de enero, el sol sale alrededor de las 6.30 y se pone a las 21.00
- Previo al cambio de hora a mediados de marzo, el sol sale a las 8.00 y se pone a las 20.00
- A finales de junio (pleno invierno), el sol sale a las 8.00 y se pone a las 17.30
- Previo al cambio de hora del mes de octubre, el sol sale a las 6.30 y se pone a las 19.00

6.4. Análisis de los datos obtenidos y propuestas de cambios horarios

6.4.1. Análisis de los datos obtenidos

De la figura de la curva de carga diaria (Figura 4) se puede concluir que la influencia de la punta del consumo residencial de la mañana es mínima en la carga del sistema. Además, la magnitud de ésta se mantiene casi invariable a lo largo del año, por lo cual se descarta una influencia directa de las variaciones de la luminosidad solar ni del cambio horario de marzo.

Por otra parte, el consumo del atardecer tiene una mayor magnitud, tanto en la potencia demandada como en la energía consumida, la cual se ve claramente influenciada por la variación de la luminosidad solar a lo largo del año, así como también del cambio de hora del mes de octubre.

Con los antecedentes antes mencionados, podría afirmarse que un retraso en el paso del horario de verano al horario de invierno, tendría un efecto en la disminución del consumo residencial en iluminación, tanto en el desplazamiento de la punta, como en la energía consumida por los hogares. En principio, si se suprimiese el uso del horario de invierno (el horario oficial de Chile pasaría a ser GMT-3), se podría esperar una reducción a lo largo del año de la potencia demandada y del consumo de energía.

Por otra parte, analizando la curva de radiación solar para la salida del sol (Figura 7), se puede apreciar que las fechas en las cuales se programa los cambios de hora ajustan el horario de modo tal que no se permita una salida del sol más allá de las 8.00, es decir, se ajusta el inicio de las actividades de la población para que sea posterior al amanecer. De este modo, el cambio programado para marzo, coincide con el momento en que el sol sale a las 8.00 (según el horario de verano), pasando a una salida a las 7.00 (horario de invierno). Para pleno invierno, lo más tarde que llega a salir el sol es a las 8.00 (horario de invierno). Finalmente, para el cambio programado para octubre, las fechas coinciden con una salida del sol a las 7.00 (horario de invierno), pasando a una salida a las 8.00 (horario de verano).

En conclusión, las medidas de los cambios horarios parecen obedecer a una política que ajusta los horarios de salida del sol de modo que éste, bajo ninguna circunstancia salga después de las 8.00 horas. El cambio de horario de marzo tiene como efecto inmediato que la puesta del sol se adelante de las 20.00 (horario de verano) a las 19.00 (horario de

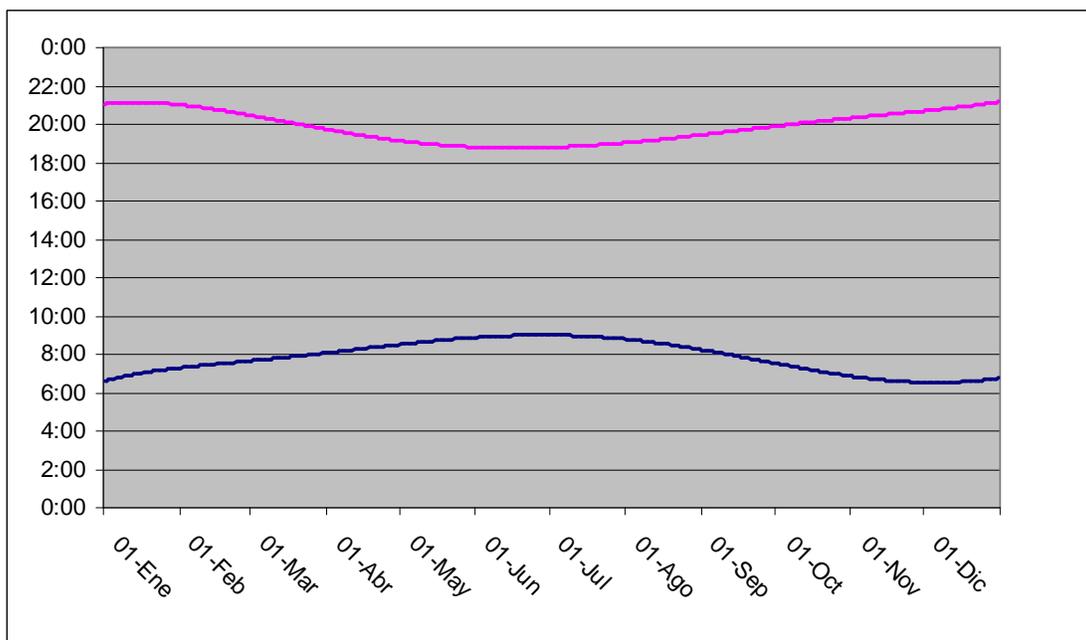
invierno), lo cual aumenta considerablemente los consumos residenciales por el concepto de iluminación en este horario. El cambio de horario de octubre tiene el efecto contrario, atrasando la puesta de sol de las 19.00 (horario de invierno) a las 20.00 (horario de verano), con su consecuente ahorro de electricidad en el sector residencial.

6.4.2. Propuesta de modificación del cambio de horario. Solución Energéticamente Óptima

Tal como se dijo anteriormente, la mayor disminución teórica del consumo residencial en iluminación se lograría suprimiendo el cambio de hora en invierno, es decir, la adopción de horario oficial de Chile como GMT – 3, lo cual tendría como consecuencia directa que en pleno invierno el sol saldría en torno a las 9.00 horas. Es muy probable que el consumo de la mañana se mantenga igual que en la actualidad para el nuevo período de horario propuesto, al cual desde acá se le llamará, “GMT – 3 oficial”, pero que el alargar la duración de la luz natural en la tarde redunde en una reducción del consumo global y un desplazamiento de la punta de demanda.

Los beneficios de “GMT – 3 oficial”, aparte de la disminución considerable de los consumos energéticos, serían: eliminar los efectos negativos en la población propios de un cambio de hora (ajuste del “reloj biológico”), que las jornadas laborales se vean beneficiadas en su totalidad con la presencia de luz natural, un aprovechamiento de las horas de la tarde para hacer otras actividades recreativas, lo cual beneficia directamente al comercio, y una disminución en la delincuencia debido al alargue del día.

Figura 8: Horario de salida y puesta del sol de observarse el horario de verano a lo largo del año



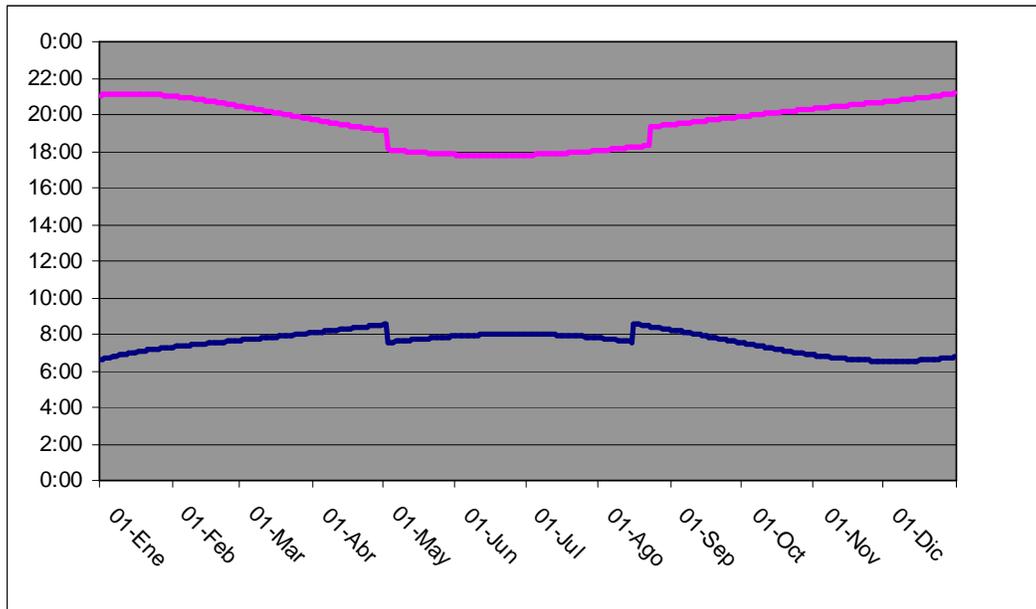
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

Lo perjudicial de “GMT – 3 oficial” sería que la tardía salida del sol en pleno invierno (a las 9.00 horas), significaría que gran parte de la población acudiría a sus actividades laborales estando aún de noche, saliendo el sol para cuando se inicia la actividad laboral. Esto también afecta a los colegios, cuyos horarios de entrada están en torno a las 8.30.

6.4.3. Propuesta de modificación del cambio de horario. Solución propuesta

Como medida intermedia entre el estado actual y el “óptimo teórico”, se plantea como beneficioso para la población, el flexibilizar el criterio antes mencionado de la hora límite de salida del sol, permitiendo que ésta sea hasta las 8.30, y volviendo al horario de verano para cuando ocurra la misma situación. Esto se lograría realizando el cambio al horario de invierno el primer sábado de mayo (sábado 2 de mayo para el año actual), y volviendo al horario de verano el tercer fin de semana de agosto (sábado 15 de agosto para el año actual).

Figura 9: Horario de salida y puesta del sol a lo largo del año, según solución propuesta



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

Esta medida propuesta, desde acá. “La Propuesta”, permitiría un mejor aprovechamiento de la luz natural por parte de la población, con todos los beneficios antes mencionados, y por otra parte, no tendría los efectos perjudiciales que implica la salida del sol a las 9.00.

En cuanto al horario de puesta de sol, el actual cambio de hora programado para marzo, significaría adelantar la puesta de sol para cuando ésta sea aproximadamente a las 20.00 (según el horario de verano, pasando a una puesta a las 19.00 según el horario de invierno). “La Propuesta” significaría que para esa fecha (2 de mayo), el sol se estaría poniendo a las 19.00 (según el horario de verano, pasando a una puesta a las 18.00 según el horario de invierno), es decir, ampliar la tolerancia de la salida del sol en media hora (de 8.00 a 8.30), tiene un efecto en ganar una hora de luminosidad en el horario de la tarde, esto debido a que las curvas de salida y puesta de sol tienen una pendiente diferente para las mismas fechas.

Por otra parte, con las fechas de cambio horario propuestas, se estaría hablando de tener 4 meses de horario de invierno, y 8 meses de horario de verano⁵.

⁵ En el siguiente capítulo se analizan formas de implementación de “La Propuesta” analizando posibles escenarios de transición entre el cambio horario actual y esta solución final.

6.4.3.1. Efectos de la solución propuesta en diferentes ciudades del país

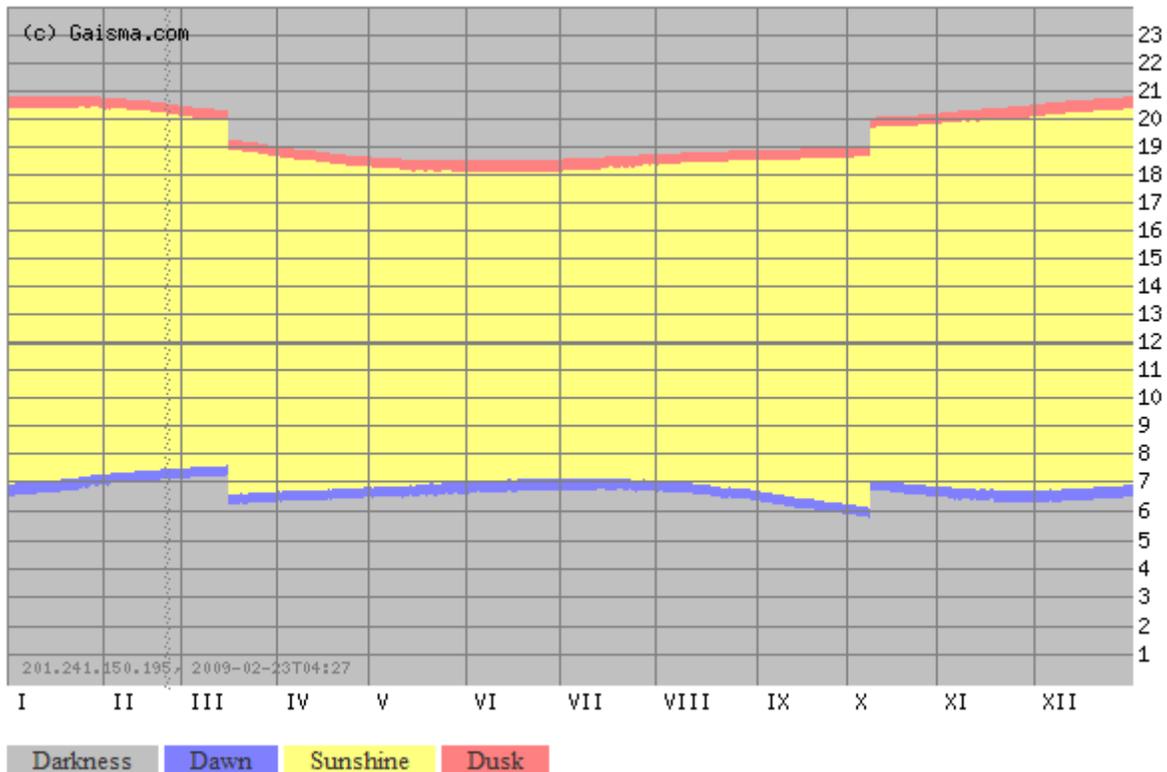
Ya se ha analizado los efectos de la luminosidad solar para la Región Metropolitana, y se han evaluado propuestas de posibles cambios de hora, en base a los datos recopilados. En este punto se analiza la influencia del cambio de hora, y las soluciones propuestas para diferentes ciudades a lo largo del país. Entre las ciudades que serán analizadas se encuentran: Iquique, Copiapó, Osorno y Punta Arenas. Para todas las ciudades seleccionadas con anterioridad, se presenta su correspondiente gráfico de luminosidad solar a lo largo del año, indicando horarios de salida y puesta de sol, ajustados a los cambios de hora existentes en la actualidad.

- **Iquique**

En la Figura 10 se puede apreciar que la variación de la luminosidad solar a lo largo del año, para la ciudad de Iquique, y en general para todo el Norte Grande, es mucho menor que para Santiago y las regiones del sur. Ello se debe a que está más cerca del Ecuador, donde la variación de luminosidad es mínima.

- Cambio de hora actual: El horario de verano permite que el sol salga entre las 6.30 y 7.30, y una puesta de éste entre las 20.00 y 21.00. Por otra parte, el horario de invierno, hace que el sol salga entre las 6.00 y las 7.00 (¡más temprano que el horario de verano!), y una puesta de sol entre las 18.00 y 19.00. Para esta ciudad, la cual se puede considerar representativa de las regiones del Norte Grande, se cree que el cambio de horario tiene un efecto más bien perjudicial, dada la baja variación de los horarios de salida y puesta de sol a lo largo del año, y la considerable pérdida de luminosidad natural en horas de la tarde (aumentando el consumo residencial), agregando horas de luminosidad solar en la madrugada, en horarios cuya importancia relativa es mínima.

Figura 10: Variación de la luminosidad solar en Iquique



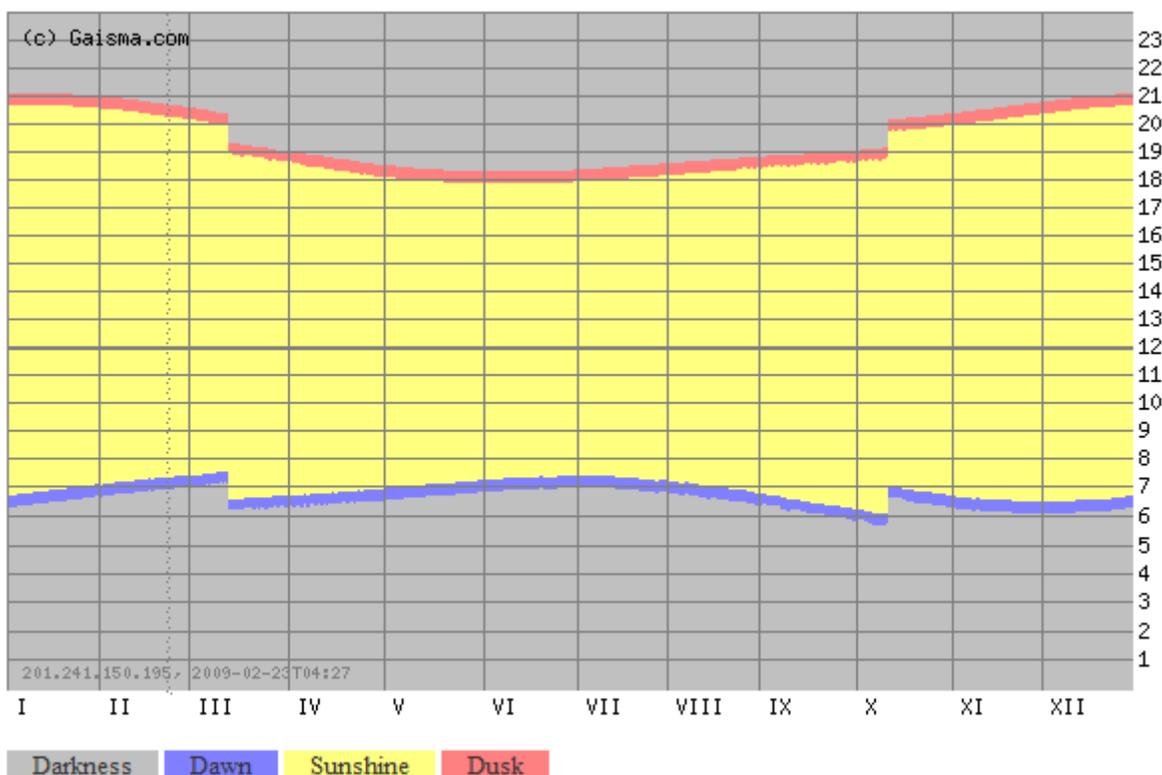
Fuente: <http://www.gaisma.com/en/dir/cl-country.html>

- Cambio de hora propuesto: Un horario de verano más extenso, como resultaría con “La Propuesta”, dejando un horario de invierno entre los meses de mayo y agosto, permitiría a esta ciudad que el sol tenga una puesta más tardía, logrando un mejor aprovechamiento de la luz solar, y el cambio al horario de invierno ajustaría la salida del sol a horarios bastante similares a los que se tiene en el verano (entre 6.30 y 7.00, con una variación mínima), y una puesta de sol entre las 18.00 y 18.30 horas.

• Copiapó

En la Figura 11 se puede apreciar que la variación de la luminosidad solar a lo largo del año, para la ciudad de Copiapó, es mayor que la ciudad de Iquique, con lo cual el cambio de horario al verano tiene diferencias más significativas.

Figura 11: Variación de la luminosidad solar en Copiapó



Fuente: <http://www.gaisma.com/en/dir/cl-country.html>

- Cambio de hora actual: El horario de verano permite que el sol salga entre las 6.00 y 7.30, y una puesta de éste entre las 20.00 y 21.00. Por otra parte, el horario de invierno, hace que el sol salga entre las 6.00 y las 7.30 (igual que en el horario de verano), y una puesta de sol entre las 18.00 y 19.00. Para esta ciudad, la cual se puede considerar representativa además de las regiones del Norte Chico, se cree que el cambio de horario tiene un efecto más bien perjudicial para los consumos residenciales, pues al igual que el caso de Iquique, se está beneficiando de iluminación natural a un tramo entre las 6.00 y 6.30, donde los consumos residenciales son mínimos, pudiendo entregar esa misma iluminación natural entre las 19.00 y 20.00 donde los requerimientos de iluminación de la población son mayores.
- Cambio de hora propuesto: Un horario de verano más extenso, como resultaría con “La Propuesta”, dejando un horario de invierno entre los meses de mayo y agosto, permitiría a esta ciudad que el sol tenga una puesta más tardía, logrando un mejor aprovechamiento de la luz solar, y el cambio al horario de invierno ajustaría la salida

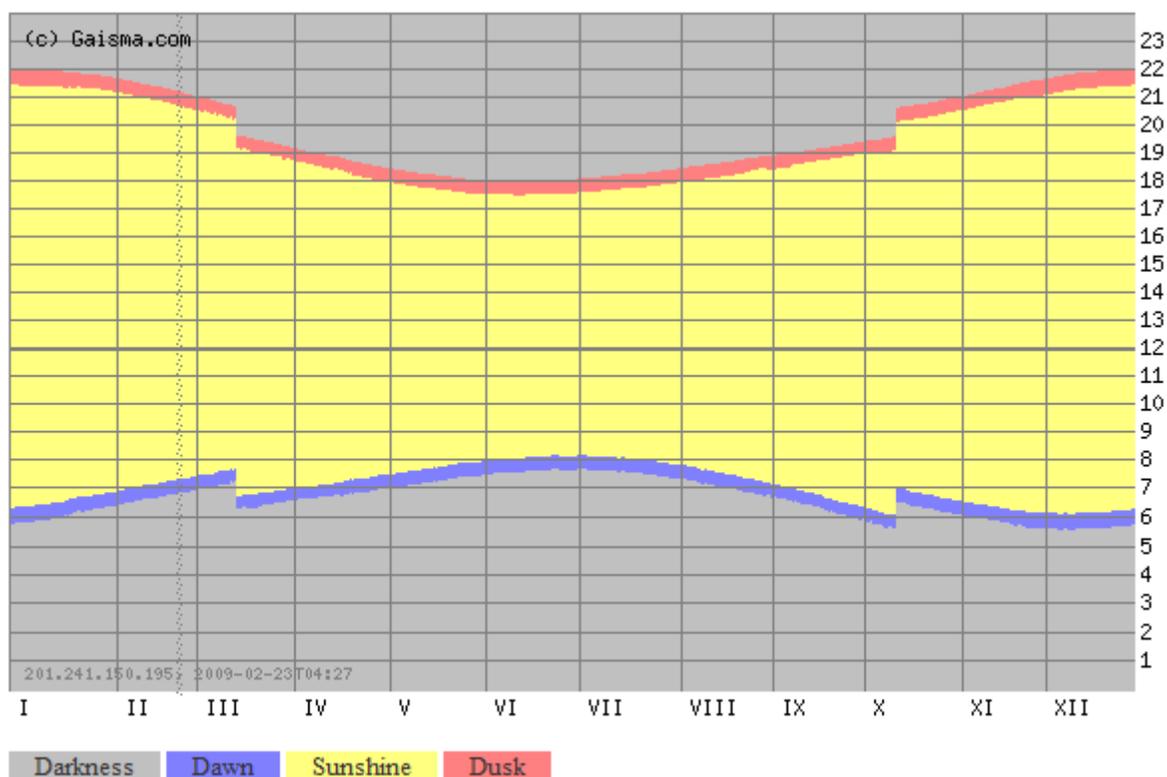
del sol entre las 7.00 y 7.30 horas, con una variación mínima, y una puesta de sol entre las 18.00 y 18.30 horas.

- **Osorno**

En la Figura 12 se puede apreciar la variación de la luminosidad solar a lo largo del año para la ciudad de Osorno.

De la comparación con las ciudades del norte del país, queda claro que a medida que se produce un alejamiento en latitud desde el Ecuador, las variaciones de luminosidad solar aumentan considerablemente, lo cual significa que el cambio de horario al verano tiene repercusiones más significativas.

Figura 12: Variación de la luminosidad solar en Osorno



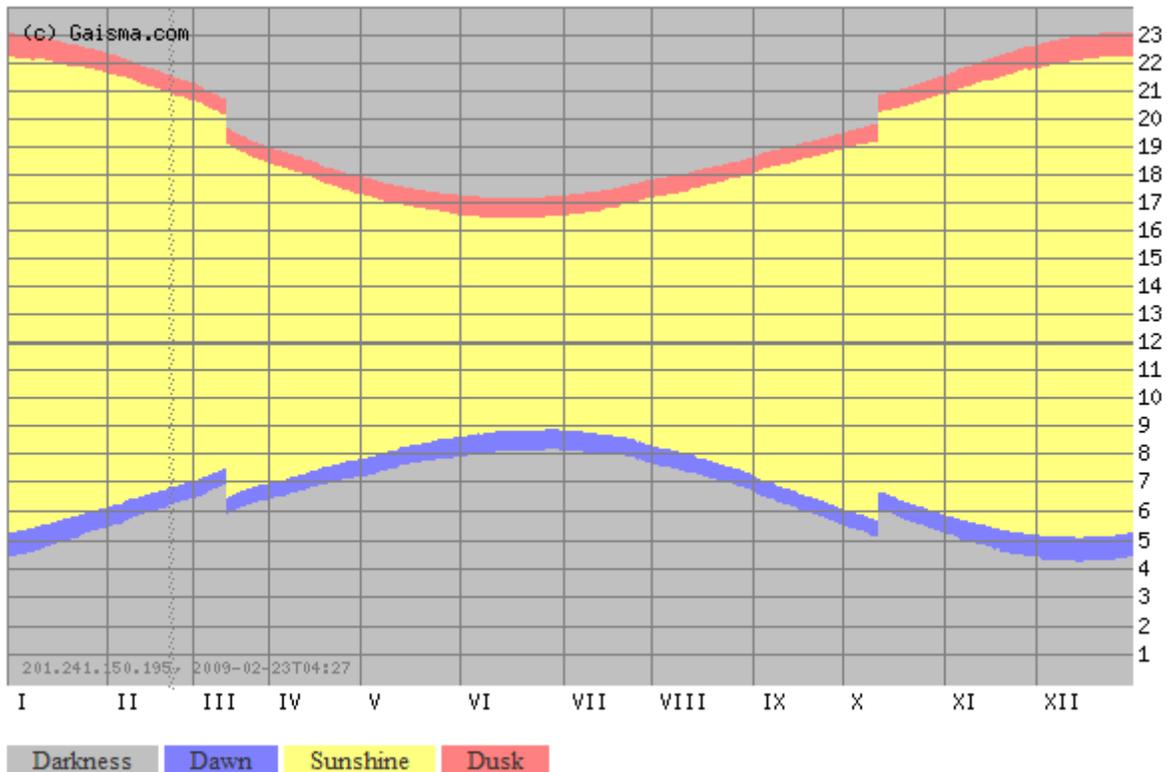
Fuente: <http://www.gaisma.com/en/dir/cl-country.html>

- Cambio de hora actual: El horario de verano permite que el sol salga entre las 6.00 y 7.30, y una puesta de éste entre las 20.00 y 21.30. Por otra parte, el horario de invierno, hace que el sol salga entre las 6.00 y las 8.00 (en forma bastante similar a los de verano), y una puesta de sol entre las 17.30 y 19.00. Para esta ciudad, la cual se puede considerar representativa de las regiones de Centro-Sur, se cree que el cambio horario tiene un efecto de reajuste de los horarios de salida del sol, perjudicando los horarios de puesta de sol, beneficiando de iluminación natural a un tramo entre las 6.00 y 7.00, donde los consumos residenciales son mínimos, pudiendo entregar esa misma iluminación natural entre las 19.00 y 20.00 donde los requerimientos de iluminación de la población es mucho mayor.
- Cambio de hora propuesto: Un horario de verano más extenso, como resultaría con “La Propuesta”, dejando un horario de invierno entre los meses de mayo y agosto, permitiría a esta ciudad que el sol tenga una puesta más tardía, logrando un mejor aprovechamiento de la luz solar, y el cambio al horario de invierno ajustaría la salida del sol entre las 7.00 y 8.00, con una variación mínima, y una puesta de sol entre las 17.30 y 18.00 horas.

- **Punta Arenas**

En la Figura 13 se puede apreciar la variación de la luminosidad solar a lo largo del año para la ciudad de Punta Arenas. De la observación de esta Figura se puede concluir que, dada la magnitud de los cambios en la luminosidad solar entre invierno y verano, el cambio de horario al verano tiene repercusiones significativas.

Figura 13: Variación de la luminosidad solar en Punta Arenas



Fuente: <http://www.gaisma.com/en/dir/cl-country.html>

- Cambio de hora actual: El horario de verano permite que el sol salga entre las 5.00 y 7.30, y una puesta de éste entre las 20.00 y 22.15. Por otra parte, el horario de invierno, hace que el sol salga entre las 5.30 y las 9.00, y una puesta de sol entre las 16.30 y 19.00. Para esta ciudad, la cual se puede considerar representativa de las regiones de Extremo Sur, se cree que el cambio de horario tiene un efecto de reajuste de los horarios de salida del sol, perjudicando los horarios de puesta de sol, beneficiando de iluminación natural a un tramo entre las 5.30 y 7.30, donde los consumos residenciales son mínimos, pudiendo entregar esa misma iluminación natural entre las 18.30 y 20.00 donde los requerimientos de iluminación de la población es mucho mayor.
- Cambio de hora propuesto: Un horario de verano más extenso, como resultaría con “La Propuesta”, dejando un horario de invierno entre los meses de mayo y agosto, permitiría a esta ciudad que el sol tenga una puesta más tardía, logrando un mejor aprovechamiento de la luz solar, y el cambio al horario de invierno ajustaría la salida del sol entre las 8.00 y 9.00, y una puesta de sol entre las 16.30 y 17.30 horas.

7. Análisis de transición hacia una modificación en el cambio horario

Considerando que una modificación en las reglas preestablecidas del cambio horario actual, hacia cualquiera de las dos soluciones analizadas en el capítulo anterior, de forma radical de un año a otro, tendría consecuencias negativas en la población, es que se ha decidido analizar en el presente capítulo, una forma de transición gradual entre el escenario actual y una modificación en el cambio horario, particularmente hacia lo que se ha llamado, “La Propuesta”.

Con la finalidad de evitar efectos negativos en la población, se ha considerado la generación de dos escenarios de transición intermedios entre la situación actual y “La Propuesta”⁶. De este modo, ambos escenarios, denominados “Transición 1” y “Transición 2” permitirían, además de disminuir los efectos negativos en la población a las nuevas fechas de cambio de horario, hacer un análisis global, año a año de la evolución de los efectos de estas nuevas medidas, logrando medir, cuantificar y/o registrar los efectos sobre el consumo de energía y sobre el comportamiento de las personas y su percepción del cambio⁷. Adicionalmente, una medición del cambio de horario paulatino, permitirá verificar las proyecciones hechas en el presente informe.

Se debe considerar que “La Propuesta” plantea aplazar el inicio del horario de invierno para el primer sábado de mayo, mientras que el horario de verano se vería adelantado al tercer sábado de agosto, mientras que los escenarios de transición significan ubicar fechas intermedias entre lo establecido actualmente y “La Propuesta”, situación que puede significar (dependiendo de los años escogidos para realizar este proceso), una transición completa que posterga en total entre 7 u 8 semanas para el cambio de invierno, y adelanta en similar cantidad de semanas para el cambio de verano, con lo cual los escenarios de transición planteados se ubican distanciados en algunos casos en 2 semanas y en otros casos, en 3 semanas hasta completar las 7 u 8 semanas totales, según corresponda, creando así un paso gradual.

En particular, en el presente capítulo se trabaja considerando que el escenario “Transición 1” se lleva a cabo en el año 2010, el escenario “Transición 2” se lleva a cabo en el año 2011, y finalmente “La Propuesta” se lleva a cabo el año 2012.

⁶ Estos escenarios serán analizados en mayor detalle en el Anexo C.

⁷ Al final del presente capítulo se presentarán una serie de estudios propuestos con la finalidad de evaluar el avance obtenido en cada uno de los escenarios propuestos.

7.1. Escenario “Transición 1”

El escenario de “Transición 1” plantea retrasar el cambio horario, de la segunda semana de marzo, como se encuentra estipulado actualmente, a la cuarta semana de dicho mes, es decir, postergar el cambio horario que da paso al horario de invierno, en 2 semanas, respecto a la situación actual. Esto significaría que para el año 2010, el cambio al horario de invierno sería programado para el día sábado 27 de marzo y no para el sábado 13 de marzo.

De igual modo, para el paso al horario de verano, éste se adelanta en 2 semanas, es decir, para la cuarta semana de septiembre. Esto significa que para el año 2010, el cambio al horario de verano sería programado para el día sábado 25 de septiembre⁸ y no para el sábado 9 de octubre.

En total en esta primera fase de transición, se habrá agregado al horario de verano un total de 28 días, con lo cual se habrá ahorrado 5,8 kWh/año por cada hogar, lo cual a nivel nacional significará un ahorro de 29,5 GWh/año⁹.

7.2. Escenario “Transición 2”

Como siguiente etapa en la transición hacia “La Propuesta”, el presente escenario plantea postergar el cambio horario que da paso al horario de invierno, en 3 semanas, respecto al avance del escenario “Transición 1”, es decir, para la tercera semana de abril. Esto significaría que para el año 2011, el cambio al horario de invierno sería programado para el día sábado 16 de abril.

De igual modo, el paso al horario de verano, éste se plantea adelantar en 3 semanas, respecto al avance del escenario “Transición 1”, es decir, para la primera semana de septiembre, lo que significa que, para el año 2011, el cambio al horario de verano sería programado para el día sábado 3 de septiembre.

En total, en esta segunda fase de transición, se habrá agregado al horario de verano un total de 70 días, respecto a la situación actual, y 42 días respecto al escenario “Transición 1”,

⁸ No se adelantó en 3 semanas el cambio al horario de verano, como sería deseable, pues esta fecha sería 18 de septiembre de 2010, lo cual se considera una fecha no apta para realizar un cambio horario.

⁹ En el Anexo C se encuentra en mayor detalle los potenciales de ahorro de electricidad de este escenario.

con lo cual se habrá ahorrado en este año, respecto a la situación actual, un total de 14,4 kWh por cada hogar, lo cual a nivel nacional significará un ahorro de 75,0 GWh¹⁰.

7.3. Etapa Final. “La Propuesta”

En el tercer año (en este caso el 2012), se tendrá la situación denominada como “La Propuesta”, la cual, como se señala en 6.4.3, plantea fijar como fechas definitivas para el cambio horario, el primer sábado de mayo para el inicio del horario de invierno, y el tercer sábado de agosto como fecha de inicio para el horario de verano.

Estas fechas definitivas significarán una postergación en 3 semanas respecto al avance del escenario “Transición 2” para el paso al horario de invierno, Lo que significa que el día sábado 5 de mayo del año 2012, se dé inicio al horario de invierno. De igual modo, para el paso al horario de verano, esta etapa final significará un adelanto en 3 semanas, respecto al avance del escenario “Transición 2”. Esto significa que se da inicio al horario de verano el día sábado 18 de agosto.

En total, en esta última fase de transición, se habrá agregado al horario de verano un total de 112 días, respecto a la situación actual, 84 días respecto al escenario “Transición 1”, y 42 días respecto al escenario “Transición 2” Lo anterior significa un ahorro de 23,1 kWh por cada hogar, respecto a la situación actual, lo cual a nivel nacional significará un ahorro de 121,9 GWh.

7.4. Mediciones, encuestas y estudios complementarios recomendables para respaldar y complementar los efectos logrados en la transición a “La Propuesta”

Con la finalidad de validar la magnitud del ahorro obtenido en el consumo eléctrico en los hogares, calculados en el presente informe, y para verificar que esta medida en un contexto global (no sólo energético) es beneficiosa para toda la población, el Programa de Estudios e Investigaciones en Energía recomienda que año a año, durante la transición entre el escenario actual y “La Propuesta”, es decir, después de aplicar los escenarios “Transición 1”, “Transición 2” y “La Propuesta”, se realicen una serie de mediciones, encuestas y estudios complementarios.

¹⁰ En el Anexo C se encuentra en mayor detalle los potenciales de ahorro de electricidad de este escenario.

- a) Análisis y mediciones del ahorro energético obtenido en el sector residencial. Para validar los ahorros estimados en el presente estudio se recomienda que luego de cada aplicación de escenario de transición hasta el escenario final, se realicen estudios de la variación de los consumos residenciales. En el punto 7.4.1 se analiza más en detalle la metodología a aplicar y la forma de análisis de datos.
- b) Análisis y mediciones de la variación del consumo de energía en otros sectores complementarios al sector residencial. Se recomienda realizar en forma paralela al estudio anterior, un análisis de la posible variación en el consumo de energía eléctrica en otros sectores complementarios al residencial que puedan ser importantes. Esto puede apuntar tanto al comercio, al sector público, como a algunas industrias.
- c) Estudio del impacto social de las medidas realizadas: Se recomienda realizar un estudio que tenga como finalidad analizar el impacto que tiene sobre la población el alargamiento del horario de verano, tanto en los aspectos positivos como negativos, así como la aceptación o rechazo de la población a estas nuevas medidas, considerando que es una transición que contempla un alargamiento final del horario de verano que va de 14 a 16 semanas.

Dado que es un estudio de carácter social, debe centrarse en dos tipos de análisis. Uno que puede ser fácilmente cuantificable mediante registros ex-post, y por ende, comparable en su variación temporal, tales como trastornos en la salud de la población, o las urgencias médicas, sobre todo en las personas cuyos tratamientos dependen de medicaciones a horas puntuales, así como de las personas cuyas conductas anímicas se encuentran directamente relacionadas con la cantidad de luz natural que perciben del exterior. Así también son variables de cuantificación registradas, la cantidad de accidentes de tránsito por tramo horario (en la madrugada y en el atardecer), la variación de hechos delictuales, variaciones en el comercio, etc.

El otro aspecto que se debe analizar el cual no es posible de medir ex-post, pues no se puede registrar en forma cuantificable, corresponde a la aceptación o rechazo por parte de la población a las nuevas medidas implementadas. Para esta finalidad, se recomienda la realización de encuestas, diseñadas con preguntas que no permitan sesgo en las respuestas, que apunten a relevar, por ejemplo, la aceptación o rechazo a las nuevas fechas de cambio horario, considerando que es una transición hacia un estado definitivo; la percepción de la población de cómo estas medidas benefician o

perjudican su ánimo, su salud, y sus actividades recreativas; la percepción de un real ahorro en la cuenta mensual de electricidad, etc.

Para su realización, las encuestas deberán hacerse de forma telefónica, a una muestra representativa de la población, que además permita hacer una separación de los resultados obtenidos, por regiones (o zonas del país, como se pudo ver en el punto 6.4.3.1), por población urbana y rural, por grupos socioeconómicos, y por niveles de consumo de electricidad residencial.

Entre los aspectos positivos que se relevarán de este estudio (tanto en los hechos cuantificables y los relevados en la encuesta), se tendrá, por ejemplo, que el hecho de alargar el día signifique completar la jornada laboral con luz natural; la posibilidad de tener un regreso a los hogares aún con luz natural; validar que la población realmente percibe un ahorro de energía en su consumo residencial; un posible aumento de la actividad comercial, al permitir a la población realizar actividades recreativas entre la salida laboral y el regreso al hogar, etc.

Entre los aspectos negativos que se pueden relevar (mediante la encuesta propuesta), se tendrá, por ejemplo, el hecho que al amanecer más tarde, el traslado hacia los lugares de trabajo o estudio, pueden verse afectados.

Existen otros aspectos que no se pueden predecir con claridad, pero que se pueden cuantificar mediante registros ex-post, serán por ejemplo, la variación (cualitativa o cuantitativa) de los hechos delictuales, accidentes de tránsito, etc.

- d) Estudio del impacto del cambio de hora y de la existencia de escenarios de transición en los sistemas automatizados. La aplicación del cambio de hora en el país y la existencia de los escenarios de transición pueden afectar los sistemas automatizados de bancos, aerolíneas, hospitales, sistemas de seguridad, oficinas, entre otros. Es sabido que la aplicación del cambio de hora, y en especial una transición gradual, significa año a año reconfigurar los equipos hasta llegar a un estado permanente, lo cual tiene influencias negativas, o pueden causar problemas en los sistemas dependientes de la tecnología y un sincronismo global.

Para la realización de este estudio se debe seleccionar una muestra representativa de las instituciones que pueden verse afectadas por esta modificación del cambio horario, tales como instituciones bancarias, aerolíneas, sistemas de transporte, empresas proveedoras de servicio GPS, instituciones de salud pública, instituciones comerciales, etc., y realizar una encuesta diseñada para relevar los posibles

problemas producto de la modificación en las fechas del cambio horario, las medidas tomadas para sortear los problemas, y los recursos que fueron necesarios para ello.

7.4.1. Metodología de medición y análisis de la disminución de los consumos residenciales debido al aplazamiento del cambio de hora

Para el correcto estudio del ahorro energético obtenido en el sector residencial, el Programa de Estudios e Investigaciones en Energía recomienda realizar año a año (durante la transición hacia “La Propuesta”, incluyendo este año también), en forma paralela dos estudios que cuantifiquen el ahorro en energía obtenido, debido al aplazamiento del cambio de hora. Un estudio apunta a obtener resultados muestrales detallados de los consumos de los hogares y otro a un análisis global de los consumos residenciales. Los dos estudios se detallan a continuación:

- **Estudio ‘Muestral’**

Se propone contactar a un grupo de empresas distribuidoras residenciales representativas (ya sea a nivel de consumo o a nivel de región), definir una muestra representativa de hogares de diferentes tipos de hogar (departamentos o casas), estratos de consumo eléctrico y grupo socioeconómico.

A esta muestra de hogares, se deberá instalar un medidor de potencia y energía consumida, el cual registre cada 10 o 15 minutos, estos valores. La medición se deberá realizar durante una semana antes del cambio de horario (tanto para el cambio de verano como para el cambio de invierno), extendiéndose hasta una semana después de realizado. Aún así, se recomienda, tanto para evitar problemas de instalación y funcionamiento del sistema, como para tener una mayor cantidad de información, extender estos períodos a dos semanas antes y dos semanas después del cambio horario.

También se puede elegir una muestra homogénea de hogares e instalar dicho medidor en el transformador de alimentación del sector, de modo de tener una medición homogénea para este tipo de hogares, tal como lo realizó el año 2007 Chilectra¹¹, donde se instaló un único medidor en el transformador de alimentación de una zona de departamentos (80 departamentos en total), el cual registró cada 10 minutos la potencia consumida por dicho

¹¹ “Evaluación del programa piloto de ampollitas eficientes de Chilectra”, PRIEN, 2007.

grupo, con la finalidad de analizar el efecto en el consumo residencial la entrega e instalación de 4 ampolletas LFC por hogar.

Con los datos obtenidos, se pueden realizar análisis que entreguen resultados, separando la información por los estratos definidos en los criterios de selección de la muestra, o agrupándolos según sea necesario para el tipo de análisis. Estos tipos de análisis contemplan verificar el desplazamiento de la curva de carga diaria de los hogares, el cálculo del ahorro en energía debido al aplazamiento o adelantamiento del cambio de hora (contrastándolo con el ahorro por hogar previsto en el presente informe), y proyectar el ahorro de energía a nivel nacional del sector residencial, además de evaluar el ahorro que se obtendrá en la siguiente etapa de transición hacia “La Propuesta”.

- **Estudio ‘Global’**

Complementario al estudio anterior, se recomienda analizar mediante los datos entregados por la CNE, la variación de los consumos mensuales del sector residencial, así como también para los sectores comercial, público e industrial, en forma análoga a lo realizado en el punto 6.1.

Para este estudio se debe tomar como base los años 2008 – 2009 (pues como se pudo ver en el punto 6.1, el año 2008 hubo una disminución significativa de los consumos residenciales, debido a una fuerte campaña de eficiencia energética de carácter permanente), considerando adicionalmente en este análisis, que año a año existe un aumento del consumo residencial debido al aumento de la cantidad de hogares en el país, así como también un efecto en la mejora de la calidad de vida de los hogares.

8. Estimación del potencial de ahorro en energía eléctrica residencial

En el presente capítulo se estimará el potencial de ahorro en energía eléctrica para el sector residencial, para las dos soluciones propuestas. Esto es, como primer caso, la eliminación del horario de invierno, dejando como horario oficial en Chile continental, GMT – 3, y como segundo caso, una modificación del cambio horario, que contempla un alargamiento de 112 días en el horario de verano para “La Propuesta”. Ambas alternativas fueron presentadas en el capítulo 6.

Se debe destacar que los potenciales de ahorro en energía eléctrica se encuentran directamente ligados con la cantidad de días que son agregados al horario de verano. A su vez, la cantidad de estos días dependen del año en que se evalúa, pudiendo ser 105 o 112 días para “La Propuesta”, y 210 o 217 días para “GMT -3 Oficial”. En base a lo analizado el capítulo anterior, se considerará como año de análisis para ambos casos el año 2012, con lo cual se agregan al horario de verano 112 días para “La Propuesta”, y 217 días para “GMT -3 Oficial”.

La tabla siguiente resume los consumos eléctricos residenciales de los últimos 5 años:

Tabla 3: Consumos Residenciales Nacionales [GWh]

Año	Consumo Residencial [GWh]
2004	7.986
2005	8.370
2006	8.649
2007	8.983
2008	8.684

Fuente: Comisión Nacional de Energía

Nota: Para el año 2008, el mes de diciembre es una estimación

Para la estimación de los potenciales de ahorro debido a ambas soluciones, se han considerado estudios anteriores realizados por el PRIEN, los cuales indican que la potencia promedio de las luminarias domiciliarias al año 2006 era de 62W¹². Proyecciones hechas en base a esta información y considerando el efecto logrado por el “Programa Nacional de

¹² “Evaluación del programa piloto de ampollitas eficientes de Chilectra”, PRIEN, 2007.

Recambio de Ampolletas”¹³, se estima que para el año 2009, un 25% de las luminarias residenciales han sido reemplazadas por lámparas de bajo consumo¹⁴, principalmente las de 20W. Por lo tanto, ponderando ambas potencias, se tiene que para el año 2009, la potencia promedio de las ampolletas utilizadas a nivel residencial, sería de 51,5W.

Estos mismos estudios han revelado que, del total de ampolletas de un hogar, durante el periodo de la punta nocturna de consumo eléctrico (entre las 18.00 y las 24.00 horas) se mantendrán encendidas un promedio de 4 lámparas¹⁵.

Para la estimación del potencial de ahorro se utiliza información de la CNE para el año 2008, donde se indica que el consumo eléctrico residencial alcanzó los 8.684 GWh. Según estudios realizados por el PRIEN¹⁴, se proyecta que para dicho año, el número de viviendas en Chile ascendió a 4.934.000, con lo cual resulta un consumo promedio por hogar mensual de 146,66 kWh.

8.1. Potencial de ahorro para la Solución Energéticamente Óptima

Como se mencionó en el capítulo anterior, la Solución Energéticamente Óptima, corresponde a la eliminación del horario de invierno, esto es que el horario oficial de Chile continental pasaría a ser el GMT – 3.

Para la estimación del ahorro, se considera que 4 lámparas se encenderán una hora menos al día al extender el horario de verano. Según la solución “Energéticamente Óptima”, el horario de verano reemplazaría los 217 días de horario de invierno que actualmente están estipulados por ley. El ahorro en energía por hogar se estima en 6,39 kWh/mes, durante el periodo comprendido entre el 10 de marzo al 13 de octubre de 2012 (217 días).

$$\text{Energía Ahorrada} = 4 \text{ lámparas} \cdot 51,5 \text{ watt} \cdot 1 \text{ hora} \cdot 31 \text{ días} = 6,39 \text{ kWh/mes}$$

¹³ El Programa “consistente en la entrega de 2 Lámparas Fluorescentes Compactas-LFC (ampolletas de bajo consumo o eficientes) por hogar al 40 por ciento más vulnerable de la población, según la base de datos del Ministerio de Planificación a partir de la Ficha Protección Social” Gobierno de Chile, 25 de junio de 2008.

¹⁴ “Estimación preliminar del potencial de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica al abastecimiento del Sistema Interconectado Central”, PRIEN, 2008.

¹⁵ La estimación de 4 ampolletas por hogar son resultados son válidos para un estudio hecho en Santiago. Desde el punto de vista del tamaño medio de la familia y la vivienda, se supone que los resultados son válidos en como una media representativa de la población nacional.

Así, considerando una extensión de 217 días en el horario de verano, al año, cada hogar dejaría de consumir 44,7 kWh/año.

Considerando el consumo de electricidad estimado por hogar, el ahorro calculado de 6,39 kWh mensuales debido a la eliminación del horario de invierno, significa un ahorro aproximado de un 4,4% mensual, durante el periodo comprendido entre el 10 de marzo al 13 de octubre de 2012 (217 días). El ahorro sobre el consumo anual se estima en un 2,6%.

Realizando el mismo ejercicio para los hogares descritos en la tesis de Daniel Gómez Sagner (estrato 1 de la población, definido como aquél que consume menos de 100 kWh/mes), que tienen un consumo promedio mensual de 69,4 kWh, y suponiendo que también, durante la punta nocturna de consumo tienen encendidas 4 ampolletas, el ahorro estimado sería de aproximadamente, un 9,2% mensual, durante el periodo comprendido entre el 10 de marzo al 13 de octubre de 2012 (217 días). El ahorro sobre el consumo anual se estima en un 5,5%.

Considerando la misma proyección de las viviendas estimada por PRIEN¹⁴ para el año 2012, el número de viviendas alcanzaría las 5.285.000, el ahorro total nacional durante estos 217 días, debido a la medida propuesta, se estima en 236,2 GWh/año.

En el ANEXO B se puede encontrar un mayor detalle de esta metodología de cálculo.

8.1.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según la Solución Energéticamente Óptima

Para obtener cifras más precisas acerca de los potenciales ahorros en energía y en potencia eléctrica, se ha dividido el país en 5 regiones: Norte Grande, Norte Chico, Centro, Sur y Extremo Sur, considerando como ciudades representativas las analizadas en 6.4.3.1. Para estimar la cantidad de viviendas en cada una de estas regiones, se ha utilizado la proyección del total de viviendas nacionales al 2012, pero desagregando en forma proporcional con la información por regiones del CENSO 2002 (es decir, se ha despreciado el efecto migratorio entre regiones del 2002 al 2012).

8.1.1.1. Norte Grande

Para el Norte Grande se ha tomado como ciudad representativa (en cuanto a variación de luminosidad solar anual), la ciudad de Iquique. Tal como se puede ver en la Figura 10, el

alargamiento del horario de verano tiene un efecto de reemplazo de la iluminación artificial por iluminación natural en el tramo que se encuentra entre las 19.00 y 20.00 horas, lo cual indica que afecta directamente en los consumos residenciales en iluminación.

Se ha estimado que el Norte Grande concentra el 6,1% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (217 días) sería de 14,4 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 66,4 MW.

8.1.1.2. Norte Chico

Para el Norte Chico se ha tomado como ciudad representativa (en cuanto a variación de luminosidad solar anual), la ciudad de Copiapó. Tal como se puede ver en la Figura 11, el alargamiento del horario de verano tiene un efecto de reemplazo de la iluminación artificial por iluminación natural en el tramo que se encuentra entre las 19.00 y 20.00 horas, lo cual indica que afecta directamente en los consumos residenciales en iluminación.

Se ha estimado que el Norte Chico concentra el 5,67% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (217 días) sería de 13,4 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 61,8 MW.

8.1.1.3. Zona Central

Para la Zona Central se ha tomado como ciudad representativa (en cuanto a variación de luminosidad solar anual), la ciudad de Santiago. Tal como se puede ver en la Figura 7, el alargamiento del horario de verano tiene un efecto de reemplazo de la iluminación artificial por iluminación natural en el tramo que se encuentra entre las 19.00 y 20.00 horas, lo cual indica que afecta directamente en los consumos residenciales en iluminación.

Se ha estimado que la Zona Central concentra el 61,45% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (217 días) sería de 145,2 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 669,0 MW.

8.1.1.4. Zona Sur

Para la Zona Sur se ha tomado como ciudad representativa (en cuanto a variación de luminosidad solar anual), la ciudad de Osorno. Tal como se puede ver en la Figura 12, el alargamiento del horario de verano tiene un efecto de reemplazo de la iluminación artificial por iluminación natural en el tramo que se encuentra entre las 18.30 y 20.30 horas (más temprano mientras más adentrado en el invierno se encuentre), lo cual indica que afecta directamente en los consumos residenciales en iluminación.

Se ha estimado que la Zona Sur concentra el 25,17% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (217 días) sería de 59,5 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 274,0 MW.

8.1.1.5. Extremo Sur

Para el Extremo Sur, se ha tomado como ciudad representativa (en cuanto a variación de luminosidad solar anual), la ciudad de Punta Arenas. Tal como se puede ver en la Figura 13, el alargamiento del horario de verano tiene un efecto de reemplazo de la iluminación artificial por iluminación natural en el tramo que se encuentra entre las 17.30 y las 20.30 horas (más temprano mientras más adentrado en el invierno se encuentre). En este caso se podría decir que, si bien en un principio, (marzo y mediados de abril, o entre agosto a octubre), el alargamiento del horario de verano beneficia el reemplazo del consumo residencial en iluminación con luz natural, con iluminación natural hasta las 19.00, entre los meses de mayo y julio, la iluminación natural finaliza más temprano, beneficiando en menor medida a los consumos residenciales (en pleno invierno la puesta de sol es a las 17.30 horas).

Para esta región se ponderarán los resultados preliminares obtenidos por un factor de corrección de 54,8% (119 días de 217 en los cuales habría iluminación natural por lo menos desde las 19.00 horas, es decir durante los cuales la medida será realmente efectiva).

Se ha estimado que el Extremo Sur concentra el 1,6% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (217 días, 119 en que la medida es efectiva) sería de 2,1 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, para los 119 días que la medida es realmente efectiva, el ahorro en potencia sería de 17,5 MW.

8.2. Potencial de ahorro para la Solución Propuesta

Al igual que en el caso anterior, el ahorro en energía por hogar se estima en 6,39 kWh/mes, pero el período de ahorro es menor, siendo éste comprendido entre el 10 de marzo al 5 de mayo y el 18 de agosto al 13 de octubre de 2012 (112 días).

Así, considerando que se plantea un alargamiento de 112 días en el horario de verano, al año, cada hogar dejaría de consumir 23,1 kWh/año.

Considerando un consumo promedio por hogar mensual de 146,7 kWh, calculado en el punto anterior, el ahorro calculado de 6,39 kWh mensuales debido a “La Propuesta”, significa un ahorro por hogar de aproximadamente un 4,4% mensual, durante el periodo comprendido entre el 10 de marzo al 5 de mayo y el 18 de agosto al 13 de octubre de 2012 (112 días). El ahorro sobre el consumo anual se estima en un 1,3%.

Si el consumo promedio mensual para el grupo 1 de la población (consumo menor a 100 kWh/mes), es de 69,4 kWh, y suponiendo que también, durante la punta nocturna de consumo tienen encendidas 4 ampolletas, el ahorro estimado sería de, aproximadamente, un 9,2% mensual, durante el periodo comprendido entre el 10 de marzo al 5 de mayo y el 18 de agosto al 13 de octubre de 2012 (112 días). El ahorro sobre el consumo anual se estima en un 2,8%.

Si las viviendas para el año 2012, alcanzan las 5.285.000, el ahorro total nacional durante estos 112 días, debido a la medida propuesta, se estima en 121,9 GWh/año.

En el ANEXO B se puede encontrar un mayor detalle de esta metodología de cálculo.

8.2.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según la Solución Propuesta

La metodología utilizada es exactamente igual a la utilizada en 8.1.1. Se utilizará la misma división del país en 5 regiones, con las mismas ciudades representativas.

8.2.1.1. Norte Grande

Se ha estimado que el Norte Grande concentra el 6,1% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (112 días) sería de 7,4 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 66,4 MW.

8.2.1.2. Norte Chico

Se ha estimado que el Norte Chico concentra el 5,67% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (112 días) sería de 6,9 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 61,8 MW.

8.2.1.3. Zona Central

Se ha estimado que la Zona Central concentra el 61,45% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (112 días) sería de 74,9 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 669,0 MW.

8.2.1.4. Zona Sur

Se ha estimado que la Zona Sur concentra el 25,17% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (112 días) sería de 30,7 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 274,0 MW.

8.2.1.5. Extremo Sur

Para esta región la medida propuesta se supone completamente efectiva, pues los días en que se propone el alargamiento del horario de verano influye directamente en los horarios de consumo en iluminación residencial, existiendo iluminación natural por lo menos desde las 19.00 horas.

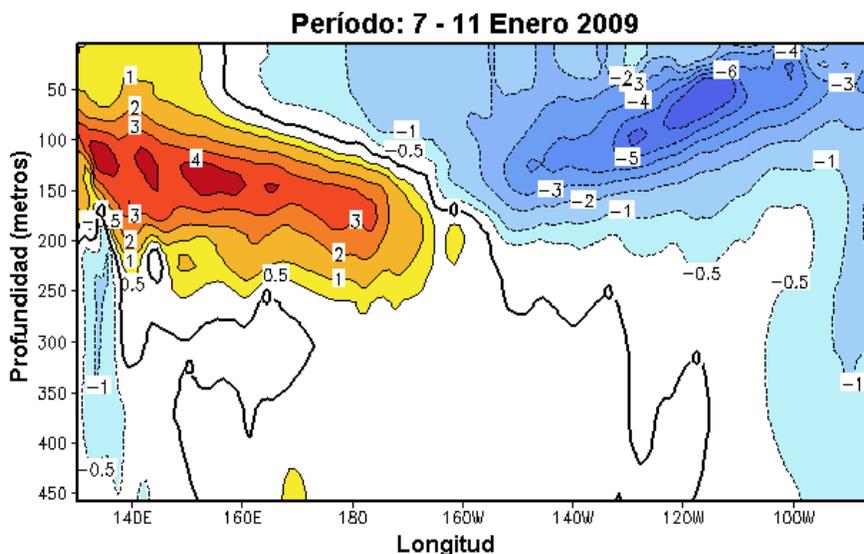
Se ha estimado que el Extremo Sur concentra el 1,6% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto sería de 2,0 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 17,5 MW.

9. Anomalía de la temperatura superficial del mar (fenómeno del niño y la niña) y su relación con la escasez de energía eléctrica

Es sabido que un enfriamiento de la superficie del Océano Pacífico, que enfrenta las costas de Chile, se asocia con una escasez de precipitación en la Zona Central y Sur del país.

La Figura 14 muestra un enfriamiento de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una profundidad de 50 metros en la longitud $120\text{ }^{\circ}\text{W}$, en un mapa correspondiente al área $2\text{ }^{\circ}\text{N}$ - $2\text{ }^{\circ}\text{S}$. Iquique, para dar una idea, se encuentra en la latitud $20\text{ }^{\circ}\text{S}$ y longitud $70\text{ }^{\circ}\text{W}$.

Figura 14: Enfriamiento superficial del mar



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

Tomando en cuenta este mapa y otros antecedentes, la Dirección Meteorológica de Chile emitió un Pronóstico Climático, con fecha 13 de enero de 2009, en que indica que: “*en la zona central y sur, entre las Regiones de Coquimbo y Aysén, las precipitaciones estarán entre "Normal" y "Bajo Lo Normal" para el correspondiente trimestre Ene-Feb-Mar 2009. Por el momento no es posible, conocer si la actual condición de enfriamiento persistirá más allá de la estación de otoño-invierno de 2009, por lo que cualquier cambio que se presente será oportunamente informado por la Dirección Meteorológica de Chile. Cabe señalar que la intensificación del enfriamiento oceánico en la superficie del Pacífico*

ecuatorial central, entre el período mayo y agosto favorece la escasez de precipitación en Chile central y sur”.

Complementando lo anterior, en el Informe Climatológico del 6 de febrero de 2009 de la Dirección Meteorológica de Chile, se es más taxativo con la situación pluviométrica, estableciéndose que las precipitaciones, ahora en el trimestre Febrero-Marzo-Abril del 2009 "estarán bajo lo normal" en las Zonas Central y Sur, entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos.

La Comisión Nacional de Energía debe estar atenta a este fenómeno y tomar las medidas precautorias que corresponde.

10. Conclusiones

El cambio horario en Chile se estableció hace más de tres décadas, con la finalidad de producir un ahorro en potencia y no en energía, por una crisis que sufrió el país en aquellos años. Para ello se copió el sistema norteamericano tanto en la metodología misma, como en las fechas de referencia.

A juicio del Programa de Estudios e Investigaciones en Energía, corresponde una modificación del sistema propuesto, basándose en el potencial de ahorro de energía que se tendría como resultado al reajustar las fechas de los cambios horarios programados para marzo y octubre.

Se han determinado dos soluciones posibles, una denominada ‘Solución Energéticamente Óptima’ y la ‘Solución Propuesta’. La primera solución propone eliminar el horario de invierno, cambiando la hora oficial de Chile a GMT – 3, lo cual reporta mayores ahorros de energía a nivel país, elimina el efecto de ‘adaptación del reloj biológico’, pero tiene como defecto el hecho que en pleno invierno amanecería a las 9.00, lo cual afectaría seriamente el ritmo de la población en general.

La ‘Solución Propuesta’, busca un balance entre el estado actual estipulado por ley y la ‘Solución Energéticamente Óptima’, posponiendo el cambio horario actualmente establecido para marzo en 56 días, y adelantando el cambio programado para octubre en la misma cantidad de días. Esto significaría un ahorro en energía menor que la solución anterior, pero se cree que la diferencia no será tampoco muy significativa (pues en pleno invierno el efecto de la medida pierde fuerza con los días nublados y de menos luminosidad que obliga a utilizar iluminación artificial a cualquier hora), evitaría un amanecer tan tardío, dado que se ajusta el cambio de tal manera que nunca salga el sol después de las 8.30, con el defecto de que al tener un cambio de hora se cae en el efecto de ‘adaptación del reloj biológico’.

Sin considerar posibles efectos positivos que esta modificación propuesta tendría en los sectores comercial y público, sólo en el sector residencial, ambas soluciones por igual, tendrían un ahorro de 4,4% mensual en promedio, pudiendo aumentar a 9,2% mensual en promedio si se considera sólo el sector que consume menos electricidad, que corresponde a la población de menos recursos, con la diferencia entre ambas soluciones en el tiempo de aplicación (y por ende, del ahorro anual alcanzable).

En la Tabla 4 se presenta los potenciales de ahorro de energía eléctrica calculados para el año 2012, para cada una de las zonas consideradas del país, para las dos soluciones abordadas en el presente estudio.

Tabla 4: Potenciales de ahorro anual de energía a nivel nacional [GWh]

Zona	Solución 'Energéticamente Óptima'	Solución Propuesta
Norte Grande	14,4	7,4
Norte Chico	13,4	6,9
Zona Central	145,2	74,9
Zona Sur	59,5	30,7
Extremo Sur	2,1	2,0
Total	234,5	121,9

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5 se presenta los potenciales de ahorro de potencia eléctrica para cada una de las zonas consideradas del país, para las dos soluciones abordadas en el presente estudio. En este caso, dado que los horarios de ahorro de energía pueden variar de región en región, los resultados no se consideran sumables. De todas formas se puede considerar que el tramo principal donde se ahorrará potencia será entre las 19.00 y las 20.00 horas.

Adicionalmente, no se hace diferencia entre ambas soluciones, pues el ahorro en potencia es el mismo para ambas, la diferencia radica en los meses de duración de cada medida.

Tabla 5: Potenciales de ahorro en potencia a nivel nacional [MW]

Zona	Ahorro en Potencia [MW]
Norte Grande	66,4
Norte Chico	61,8
Zona Central	669,0
Zona Sur	274,0
Extremo Sur	17,5

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al posible paso del fenómeno de La Niña y las consecuencias que éste pueda tener en nuestro país para el presente año, a juicio del Programa de Estudios e

Investigaciones en Energía, no se puede afirmar con certeza que el año 2009 será un año seco, ni se puede estimar en qué medida esto impactará en el abastecimiento nacional de energía eléctrica. Dejando de lado las incidencias de las condiciones climáticas, las medidas propuestas y los efectos que tendrán las dos alternativas planteadas para modificar el cambio de horario como actualmente se aplica, son positivas por sí solas, y no deben verse sólo como una medida de emergencia, sino como una acción de carácter permanente. En el caso que efectivamente el abastecimiento nacional de electricidad se vea afectado, esta medida será sólo más beneficiosa para enfrentar estas contingencias.

Por último, a diferencia de lo que sucedía hace tres décadas, cuando se implementó el cambio horario en Chile, hoy en día existe la posibilidad de realizar mediciones en terreno de los efectos del cambio de hora, y por lo tanto, del ahorro efectivo que se puede tener con esta medida. Así, es tarea de las entidades encargadas e interesadas en el tema, realizar estas mediciones, los análisis de datos correspondientes y en forma empírica, determinar cuáles serían las fechas en que el cambio de hora tenga un efecto óptimo en los consumos eléctricos del país; logrando también balancear los resultados empíricos con los beneficios o los perjuicios que pueda tener en la población.

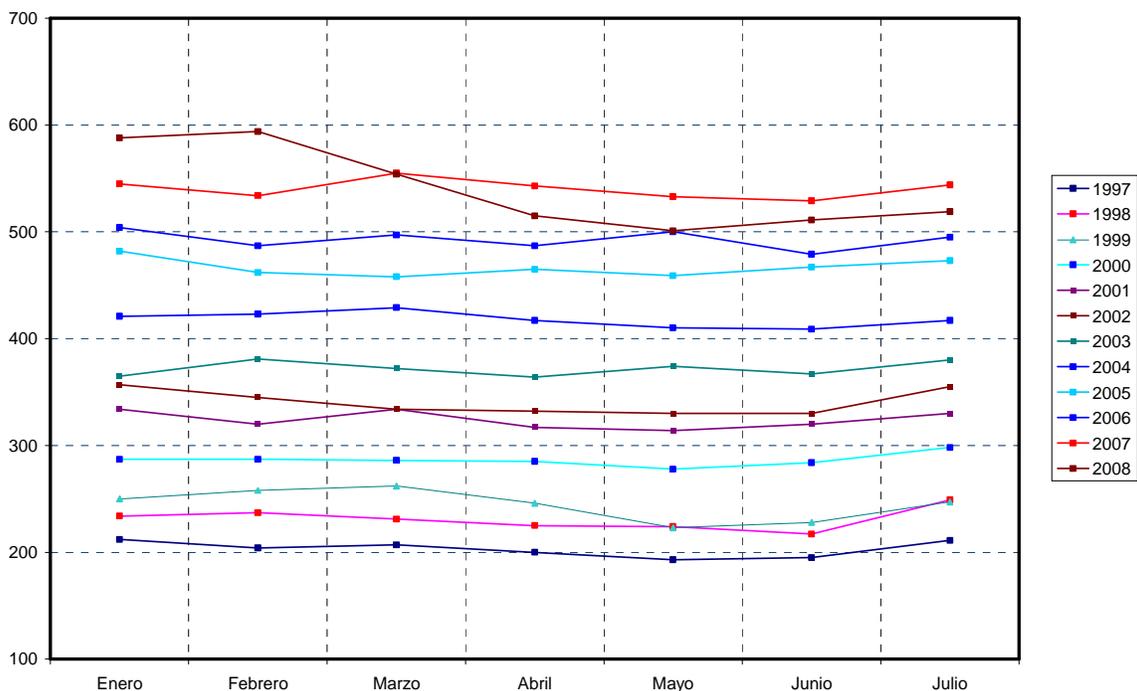
Alfredo Muñoz Ramos
Director
Programa de Estudios e Investigaciones en Energía
Universidad de Chile
Santiago, 02 de julio de 2009.

Anexo A: Consumos mensuales del Sector Comercial.

A.1. Curva de carga mensual en el consumo del Sector Comercial para el primer semestre

El consumo comercial, por sus características, no resulta alterado por el cambio de hora. La Figura 15 muestra las cifras oficiales de la Comisión Nacional de Energía en relación al Consumo Mensual de electricidad en el sector comercial.

Figura 15: Curva de carga para el sector comercial en el primer semestre del año, en GWh/mes



Fuente: Comisión Nacional de Energía

De las curvas de consumo comercial se observa:

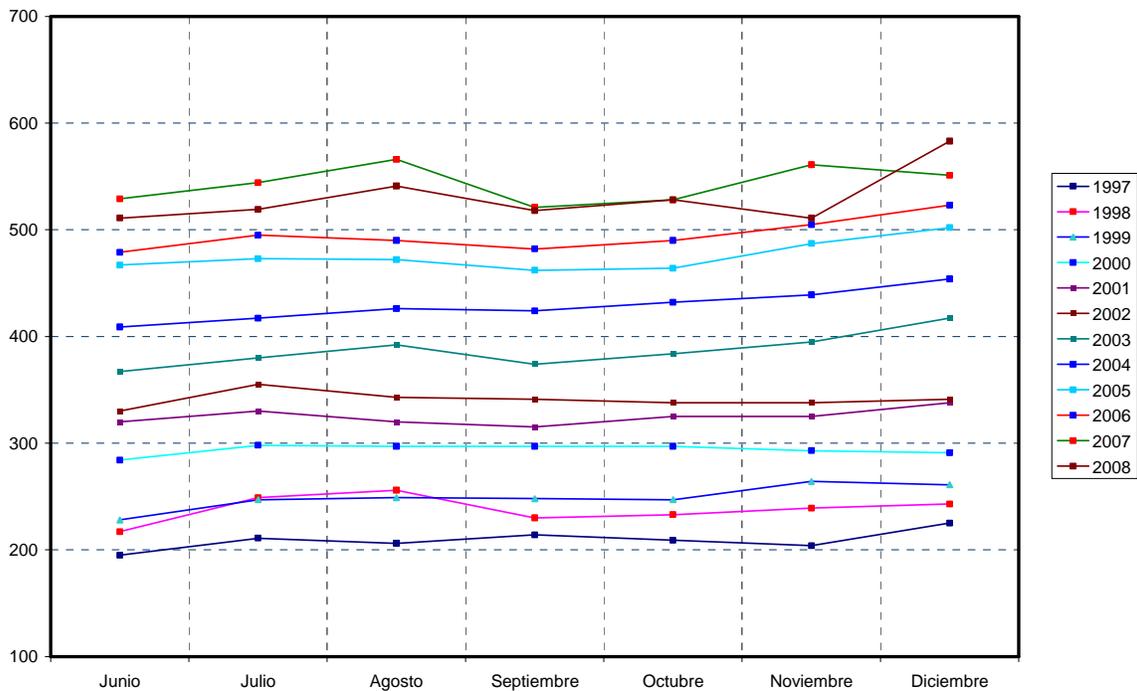
- Excepto el año 2008, las curvas son en general, planas, entre enero y julio de cada año, de modo que el efecto del cambio de hora, en Marzo de cada año, es prácticamente nulo.

- b) La curva de consumo del año 2008 muestra un decrecimiento constante entre Febrero y Mayo, mes en que el consumo comercial permanece prácticamente constante, pero en un valor inferior al del año 2007, e incluso inferior al del 2006.
- c) En el caso del sector comercial son las campañas de uso eficiente de la energía las que tienen impacto, no así el cambio de hora.

A.2. Curva de carga mensual en el consumo del Sector Comercial para el segundo semestre

El Gráfico siguiente muestra el consumo comercial entre Julio y Diciembre de cada año.

Figura 16: Curva de carga para el sector comercial en el segundo semestre del año, en GWh/mes



Fuente: Comisión Nacional de Energía

De las curvas de consumo comercial se observa:

- a) El consumo comercial es relativamente constante durante el año. No se observa un efecto notorio provocado por el retraso de una hora efectuado el segundo sábado del mes de octubre.
- b) El consumo comercial marca un leve crecimiento en diciembre con respecto a enero el que fue más notable el 2008, pero las cifras de consumo de este mes son provisionarias.

Anexo B: Planilla de cálculo de potenciales de ahorro por cambio de horario propuesto y explicaciones de algunos cálculos

Planilla de cálculo de ahorro por cambio de horario propuesto						
62	W promedio potencia (chilectra)	8684	gwh anual nacional residencial 2008 CNE			
20	W potencia lfc	4934399	viviendas año 2008			
51.5	potencia ponderada W (1)					
4	cantidad	146.66	PROMEDIO NACIONAL kWh/mes/viv (3)			
206	watt -hora / día ahorro/viv(2)	6.39	AHORRO MENSUAL kWh (4)			
		4.35%	Porcentaje ahorro promedio nacional (5)			
		69.4	kWh consumo promedio sector 1 (6)			
		9.20%	Porcentaje de ahorro promedio sector 1 (7)			
22-Mar		11-Oct				
03-May		23-Ago				
42	Periodo 1 (8)	49	Periodo 2 (9)			
		91	días (10)			
		18.75	kWh ahorro por hogar PERÍODO			
		5,023,992	viviendas año 2009			
		94.18	GWh año (12)			
		1,035	MW ahorro bruto (sin desagregar) (13)			
Región (14)	Viviendas 2002		Porcentaje	GWh	MW	Ponderador
Norte Grande	922,578	I y II region	6.10%	5.75	63.2	100.0%
Norte Chico	857,546	III y IV region	5.67%	5.34	58.7	100.0%
Centro	9,289,761	V, VI, VII y RM	61.45%	57.88	636.0	100.0%
Sur	3,804,232	VIII, IX y X region	25.17%	23.70	260.5	100.0%
Extremo Sur	242,318	XI y XII region	1.60%	1.26	13.9	83.5%
TOTAL	15,116,435		100.00%	93.93	1,032.2	
				(15)	(16)	

Nota: El cálculo marcado como (4) corresponde a un ahorro mensual sólo para el período que se propone la extensión del horario de verano (91 días). No confundir con un ahorro posible de extender a los 12 meses.

Explicaciones de algunos cálculos	
1	Asume que un 25% de la potencia es sustituida por LFC
2	Asume que hay 4 ampolletas de 51,5 W promedio/vivienda
3	Consumo residencial en kWh/mes/vivienda
4	Equivale a los 206 Wh/día de ahorro por 31 días en kWh
5	Es el ahorro en % de (4) con respecto a (3)
6	Ejemplo de consumo sector bajo (tesis de UdeChile)
7	Ahorro en % en el sector bajo: (4) con respecto a (6)
8	Período 1 en que se produce ahorro de energía
9	Período 2 en que se produce ahorro de energía
10	Días totales en que se produce ahorro
11	Equivale a los 206 Wh/día de ahorro (4) por los 91 días (10)
12	Equivale al ahorro total (Gwh/año) considerando todas las viviendas.
13	Disminución de demanda (potencia en MW) asociada a 4 ampolletas apagadas
14	En el extremo Sur el ahorro es menor (un 15% inferior) 76 días en vez de 91
15	Ahorro anual en GWh/año
16	Disminución de la demanda en MW

En forma adicional a lo explicado y calculado anteriormente, respecto a los cambios de hora, se pueden distinguir 3 casos importantes:

- Modificación propuesta al cambio horario
- Eliminación del cambio horario, manteniendo el horario de verano
- Eliminación del cambio horario, manteniendo el horario de invierno

En estos casos, con la planilla anteriormente confeccionada, es posible calcular los ahorros en energía potencialmente obtenibles con cada una de estas medidas. Las medidas 2 y 3 tienen el beneficio que al eliminar el cambio horario, mejora el bienestar de la población al suprimir el efecto del cambio del 'reloj biológico'. A continuación se muestran los potenciales de ahorro de energía en cada uno de estos casos:

- Modificación propuesta al cambio horario: Se obtiene un ahorro de 100,39 GWh, como se presenta en la tabla anterior.
- Eliminación del cambio horario, manteniendo el horario de verano: Se obtendría un ahorro de 216,3 GWh, al extender la luz natural para el horario de la tarde. Este caso ya se analizó con detalle en el punto 6.4.2, como la solución energéticamente óptima, pero que puede conllevar efectos negativos en el bienestar de la población.
- Eliminación del cambio horario, manteniendo el horario de invierno: Se entiende que el agregar una hora de luz natural al horario de la tarde trae consigo

considerables ahorros de energía eléctrica residencial. De eliminarse esta hora adicional para el período octubre – marzo, existirá un mayor consumo eléctrico residencial por lo cual no existirá un ahorro, sino al contrario.

Anexo C: Análisis de Escenarios de Transición hacia “La Propuesta”

En el presente capítulo se estimará el potencial de ahorro en energía eléctrica para el sector residencial, para los dos escenarios de transición hacia “La Propuesta”, la cual fue presentada en el punto 6.4.3. Los escenarios de transición se presentaron en el capítulo 7, y se han denominado como “Transición 1” y “Transición 2”.

Se debe destacar que los potenciales de ahorro en energía eléctrica se encuentran directamente ligados con la cantidad de días que son agregados al horario de verano para cada escenario. A su vez, la cantidad de estos días dependen del año en que se evalúa, considerándose para este caso que el escenario “Transición 1” se aplica el año 2010, y el escenario “Transición 2” se aplica el año 2011.

C.1. Potencial de ahorro para el escenario “Transición 1”

Retomando los datos previos calculados para el análisis de escenarios realizados en el capítulo 8, el ahorro en energía por hogar se estima en 6,39 kWh/mes. Para este escenario de transición inicial, se ha propuesto postergar el paso al horario de invierno (cambio programado para marzo) en 2 semanas, y adelantar el paso al horario de verano (cambio programado para octubre) en otras 2 semanas, con lo cual se habrá agregado al horario de verano un total de 28 días.

Así, considerando que se plantea un alargamiento de 28 días en el horario de verano, al año, cada hogar dejaría de consumir 5,8 kWh/año.

Considerando un consumo promedio por hogar mensual de 146,7 kWh, calculado en el capítulo 8, el ahorro calculado de 5,8 kWh debido a “Transición 1”, significa un ahorro por hogar de aproximadamente un 0,33% anual.

Si el consumo promedio mensual para el grupo 1 de la población (consumo menor a 100 kWh/mes), es de 69,4 kWh, y suponiendo que, también, durante la punta nocturna de consumo tienen encendidas 4 ampolletas, el ahorro estimado sería de un 0,71% anual.

Si las viviendas para el año 2010, se suponen iguales¹⁶ a 5.114.000, el ahorro total nacional durante estos 28 días, debido a “Transición 1”, se estima en 29,5 GWh/año.

C.1.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según el escenario “Transición 1”

La metodología utilizada es exactamente igual a la utilizada en el capítulo 8. Se utilizará la misma división del país en 5 regiones, con las mismas ciudades representativas.

C.1.1.1. Norte Grande

Se ha estimado que el Norte Grande concentra el 6,1% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (28 días) sería de 1,8 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 64,3 MW.

C.1.1.2. Norte Chico

Se ha estimado que el Norte Chico concentra el 5,67% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (28 días) sería de 1,7 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 59,8 MW.

C.1.1.3. Zona Central

Se ha estimado que la Zona Central concentra el 61,45% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (28 días) sería de 18,1 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 647,5 MW.

¹⁶ “Estimación preliminar del potencial de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica al abastecimiento del Sistema Interconectado Central”, PRIEN, 2008.

C.1.1.4. Zona Sur

Se ha estimado que la Zona Sur concentra el 25,17% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (28 días) sería de 7,4 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 265,1 MW.

C.1.1.5. Extremo Sur

Para esta región la medida propuesta se supone completamente efectiva, pues los días en que se propone el alargamiento del horario de verano influye directamente en los horarios de consumo en iluminación residencial, existiendo iluminación natural por lo menos desde las 19.00 horas.

Se ha estimado que el Extremo Sur concentra el 1,6% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto sería de 0,5 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 16,9 MW.

C.2. Potencial de ahorro para el escenario “Transición 2”

Para este segundo escenario de transición, se ha propuesto postergar el paso al horario de invierno en 3 semanas respecto a lo alcanzado por “Transición 1”, y adelantar el paso al horario de verano en otras 3 semanas, respecto a “Transición 1”, con lo cual se habrá agregado al horario de verano, respecto de la situación actual, un total de 70 días.

Así, considerando que se plantea un alargamiento de 70 días en el horario de verano, al año, cada hogar dejaría de consumir 14,4 kWh/año.

Considerando un consumo promedio por hogar mensual de 146,7 kWh, calculado en el capítulo 8, el ahorro calculado de 14,4 kWh debido a la “Transición 2”, se deduce que se logrará un ahorro por hogar de aproximadamente un 1,2% anual.

Si el consumo promedio mensual para el grupo 1 de la población (consumo menor a 100 kWh/mes), es de 69,4 kWh, y suponiendo que también, durante la punta nocturna de consumo tienen encendidas 4 ampolletas, el ahorro estimado sería de un 2,5% anual.

Si las viviendas para el año 2011, alcanzan¹⁷ 5.200.000, el ahorro total nacional durante estos 70 días, debido a “Transición 2”, se estima en 75,0 GWh/año.

C.2.1. Análisis de ahorros potenciales por regiones según el escenario “Transición 2”

La metodología utilizada es exactamente igual a la utilizada en el capítulo 8. Se utilizará la misma división del país en 5 regiones, con las mismas ciudades representativas.

C.2.1.1. Norte Grande

Se ha estimado que el Norte Grande concentra el 6,1% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (70 días) sería de 4,6 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 65,4 MW.

C.2.1.2. Norte Chico

Se ha estimado que el Norte Chico concentra el 5,67% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (70 días) sería de 4,3 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 60,8 MW.

C.2.1.3. Zona Central

Se ha estimado que la Zona Central concentra el 61,45% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (70 días) sería de 46,1 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 658,2 MW.

¹⁷ “Estimación preliminar del potencial de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica al abastecimiento del Sistema Interconectado Central”, PRIEN, 2008.

C.2.1.4. Zona Sur

Se ha estimado que la Zona Sur concentra el 25,17% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de Energía Eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto (70 días) sería de 18,9 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 269,5 MW.

C.2.1.5. Extremo Sur

Para esta región la medida propuesta se supone completamente efectiva, pues los días en que se propone el alargamiento del horario de verano influye directamente en los horarios de consumo en iluminación residencial, existiendo iluminación natural por lo menos desde las 19.00 horas.

Se ha estimado que el Extremo Sur concentra el 1,6% de las viviendas nacionales, con lo cual el potencial de ahorro de energía eléctrica en esta región durante el alargamiento del horario de verano propuesto sería de 1,2 GWh. En cuanto a la potencia, en el tramo horario indicado, el ahorro en potencia sería de 17,2 MW.