



Proyección de la demanda de gas para mediano y largo plazo

Por **Salvador Gil**

Escuela de Ciencia y Tecnología – Universidad Nacional de San Martín y Departamento de Física – FCEyN- UBA Buenos Aires, Argentina

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de proyecciones de consumo de gas natural en la Argentina a mediano (3 a 5 años) y largo plazo (6 a 25 años). En particular se presenta la fundamentación de los métodos utilizados para proyectar los consumos de gas residenciales, comerciales, GNC, industriales y de centrales eléctricas. Nuestro estudio indica que el consumo de gas y electricidad se duplicaría aproximadamente en dos años y una década respectivamente, dependiendo del crecimiento económico futuro. Nuestro análisis sugiere que a mediano plazo, el consumo de electricidad aumentaría un 40% más rápido que el aumento porcentual del PBI y el consumo de gas crecería aproximadamente un 10% más rápido que el incremento porcentual del PBI, si las tendencias actuales y pautas de consumo no se modifican significativamente.

La disponibilidad de recursos energéticos adecuados es crucial para lograr un proceso de crecimiento y desarrollo sostenido en el tiempo. Por ello, una evaluación detallada y crítica de la demanda de energía es de gran relevancia social, económica y política. Por otra parte, se requiere un tiempo importante (varios años) entre la toma de decisiones y la concreción de cualquier plan de abastecimiento de energía. Por consiguiente, es crucial para todo país disponer de herramientas confiables de predicción de la demanda futura de energía en el mediano y largo plazo.

Tradicionalmente, las fuentes de energía se clasifican en primarias y secundarias.² Las fuentes primarias son aquellas que se extraen directamente de la naturaleza (leña, carbón, petróleo, gas, etc.) o bien no se obtienen a partir de otras fuentes, por ejemplo nuclear, hidráulica, solar o eólica. Las fuentes secundarias son productos energéticos que no se extraen directamente de la naturaleza y que en general se

obtienen usando fuentes primarias, por ejemplo, electricidad, gasoil, fuel oil, nafta, kerosén, gas licuado, etc. En la figura 1 se ilustra la producción de energía primaria y la distribución según el uso de la energía secundaria para el año 2004 en la República Argentina. Es interesante notar que nuestra matriz energética es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles. El petróleo y el gas contabilizan el 90% de la energía que producimos y consumimos.

En la figura 2 se muestra la evolución histórica de la matriz energética primaria nacional. A partir del año 2002, el gas natural se convierte en el combustible más usado del país. La figura 2 muestra claramente la importancia del gas natural (47%) y del petróleo (40%) en la matriz energética nacional. En vista de lo acotado de las reservas actuales de gas (12 años) y petróleo (9 años),¹ un análisis de las demandas futuras de energía es crucial para promover una discusión que contribuya a lograr que las actuales tasas de crecimiento se sostengan en el tiempo.

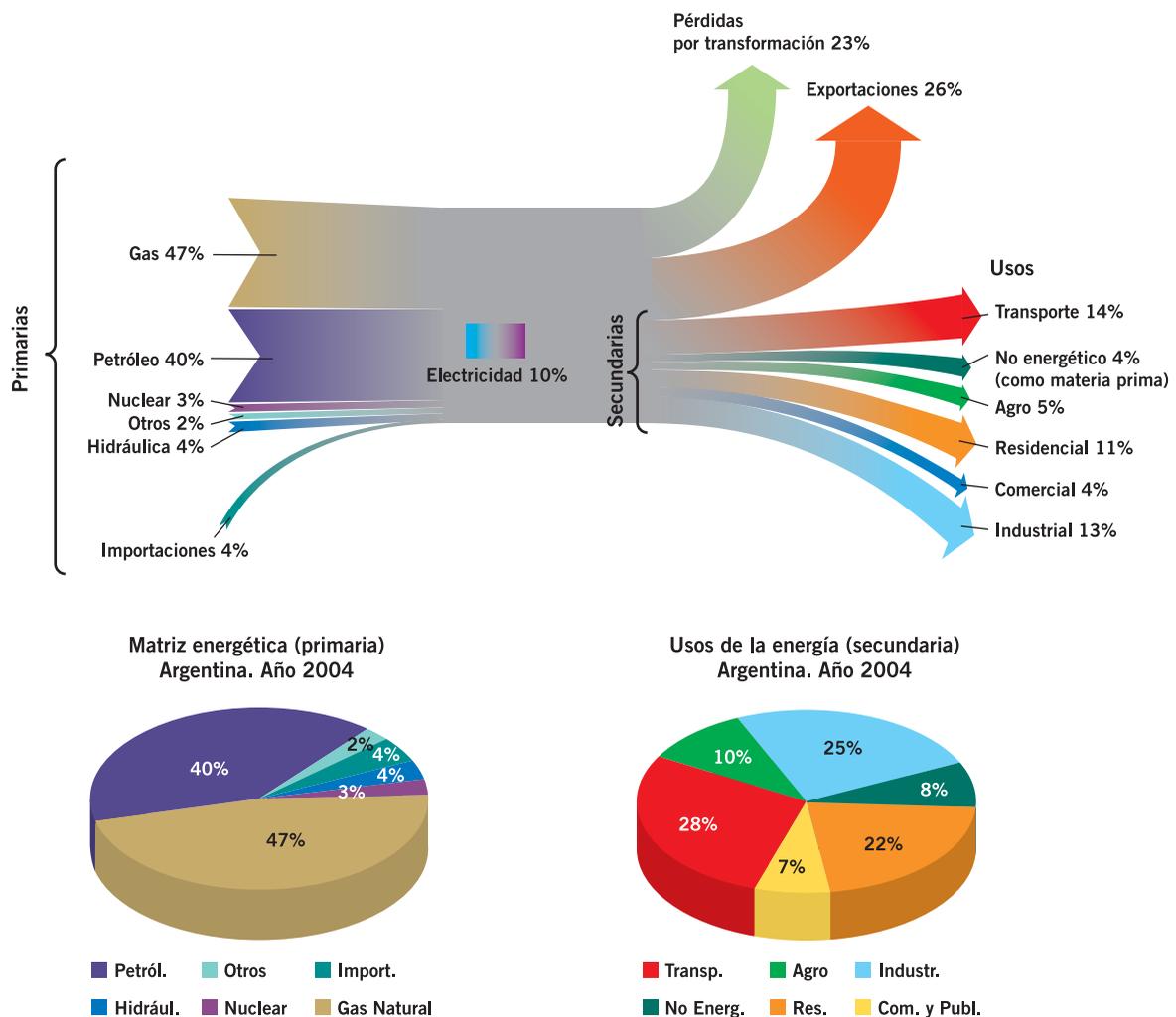


Figura 1. Arriba, flujo de energía primaria (oferta total) y sus usos. Abajo, matriz energética primaria (izquierda) y distribución de la energía secundaria según su uso (derecha). Los datos corresponden a toda la Argentina para el año 2004. Agro indica el uso de energía en actividades agropecuarias, Com. y Publ. indica la componente de uso comercial y en instituciones públicas gubernamentales o privadas. No Energ. indica el uso de productos energéticos como materia prima para la producción de insumos (plásticos, fertilizantes, etc.). Pérdidas de transformación corresponde a la energía que se pierde en la transformación de energías primarias en secundarias (por ej. generación eléctrica o de combustibles refinados) y los consumos propios asociados al transporte de energía. Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación^{1, 2}.

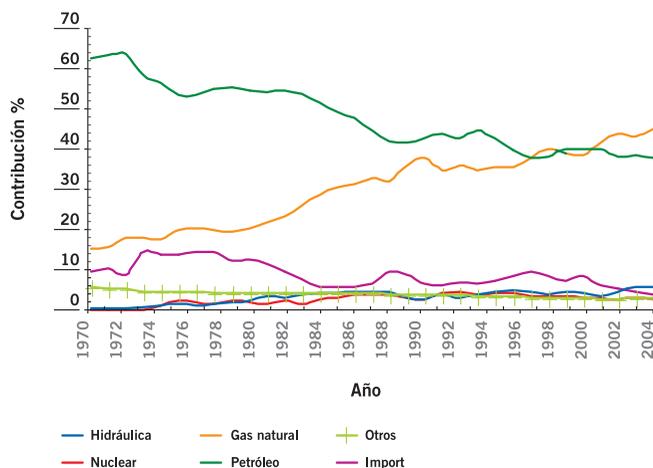


Figura 2. Variación en el tiempo de la oferta interna de la matriz energética primaria en la Argentina. La línea naranja representa el consumo de gas natural. Se observa que a partir del año 2001 el gas natural supera el consumo de petróleo, convirtiéndose desde entonces en la fuente primaria dominante. En "Otros" se incluye el consumo de carbón, leña, bagazo, eólica, etc. Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.^{1,2}

La figura 3 ilustra la evolución del consumo de energía secundaria, y el PBI total de la Argentina entre los años 1970 y 2005. En este gráfico se aprecia la estrecha relación entre variación del PBI y el consumo total de energía secundaria que se discutirá detalladamente más adelante.

Si bien los consumos residenciales y comerciales guardan una cierta correlación con el PBI, su variación es fuertemente dependiente del número de usuarios (población) y de los escenarios térmicos. Varios estudios indican ^{5,6,7} que los patrones de consumo de gas natural por usuario (consumo específico), tanto residenciales como comerciales y público, han permanecido constantes en los últimos

Consumo de energía secundaria

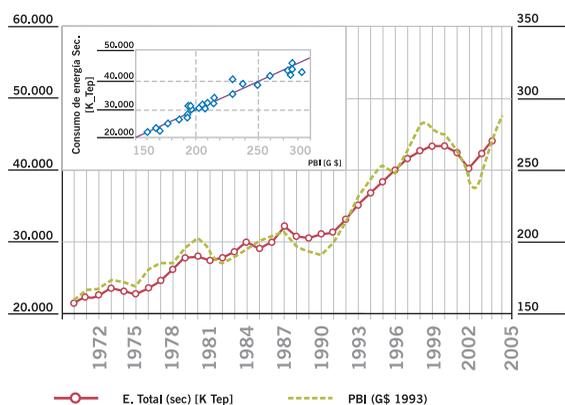


Figura 3. Evolución del consumo de energía secundaria y el PBI total de la Argentina entre los años 1970 y 2005. Los símbolos circulares rojos, referidos al eje vertical derecho, representan los consumos de energía secundaria en miles de Tep (KTep)*. La línea verde de trazos representa la evolución del PBI en miles de millones de pesos (G\$), a valores constantes tomando como base su valor de 1993. En la figura inserta en la esquina izquierda, se representa el consumo total de energía secundaria en función del PBI, observándose una fuerte correlación entre estas variables. Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.^{1,2}

12 años. No debe confundirse los patrones de consumo con los consumos mismos, los cuales, como veremos más adelante, claramente cambian con el tiempo. Es el aumento del número de usuarios lo que incrementa el consumo de gas. En el caso de los consumos comerciales, el número de usuarios guarda una importante correlación con la variación del PBI.

Consumo de gas natural en la Argentina

La estrategia empleada para evaluar el consumo a futuro de gas natural en el país se basa en analizar cada una de las componentes de consumo y usando los datos históricos, construir modelos que expliquen su comportamiento en función de diversas variables explicativas (PBI, número de usuarios, temperatura, etc.). Una vez construidos los modelos de la variación del consumo, se formulan hipótesis razonables respecto de la evolución de las variables explicativas, evolución del PBI, número de usuarios, etc., se realizan las proyecciones a futuro para cada componente de consumo de gas natural y se integran los resultados. En la figura 4 se ilustra cómo se distribuye el consumo de gas entre las distintas componentes de consumo.

Consumo de gas natural. Año 2005

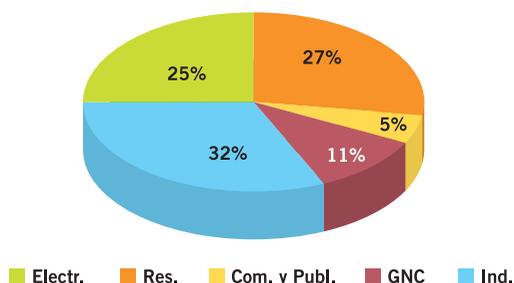


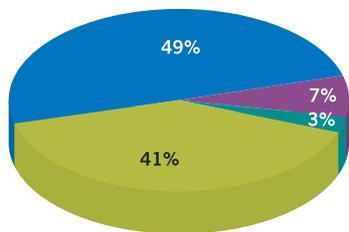
Figura 4. Distribución del consumo de gas según su uso en la Argentina para el año 2005. Fuente de los datos: ENARGAS.³

Consumo de electricidad

Las principales fuentes de producción de electricidad se indican en la figura 5 y su correspondiente participación para los años 2002 y 2005. Esta figura ilustra la relevancia que tienen en la Argentina las centrales eléctricas térmicas.

Con el advenimiento de las centrales eléctricas de ciclo combinado que operan con gas natural se logró un importante aumento de la eficiencia en el aprovechamiento del combustible (del orden del 50%). Al mismo tiempo, su impacto ambiental es mucho menor que sus contrapartes tradicionales que operaban a fuel oil cuyos rendimientos eran del orden del 30% y con niveles más altos de contaminación. Si bien algunas de las usinas de ciclo combinado pueden operar con gasoil refinado, en la Argentina el costo de este combustible es aproximadamente 6 veces el del gas natural. Por otro lado, el uso de gasoil implica mantenimientos más frecuentes, lo que hace que reemplazar el gas no siempre sea una opción deseable. Finalmente,

Producción de electricidad en la Argentina
Año 2002



■ Hidro ■ Nuclear ■ Importada ■ Gas ■ Fuel+GasOil

Producción de electricidad en la Argentina
Año 2005

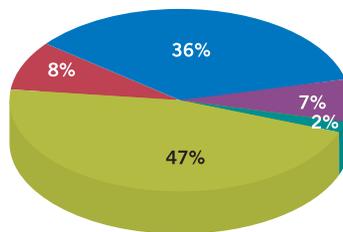


Figura 5. Producción de electricidad en la Argentina para los años 2002 y 2005. El incremento de la participación de fuel oil y gasoil se debe fundamentalmente a la escasez de gas natural y limitaciones en la capacidad de transporte de este combustible en los últimos años. La variación del porcentaje de producción hidroeléctrica está asociada a la hidraulicidad de los ríos. Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.^{1,2}

el gas natural es el combustible fósil que, a igual generación de energía, produce la menor cantidad de CO₂. Durante buena parte de los años 90 y comienzos de la presente década, el costo del petróleo y del gas fue relativamente bajo. Asimismo la inversión necesaria para construir una central eléctrica de ciclo combinado es baja comparada con la que requieren las usinas nucleares o hidroeléctricas de potencia equivalente. Más aún, los tiempos de construcción de las centrales térmicas son considerablemente menores que las otras variantes. Esta configuración de factores condujo a que el gas natural se transformara en el combustible predilecto para la generación eléctrica. La fuerte suba del petróleo y del gas en el mercado internacional, ocurrida en los recientes años, seguramente tendrá un impacto importante en las futuras fuentes de producción de energía eléctrica.

En el caso de la generación de energía eléctrica, existe un razonable consenso en limitar la generación térmica a niveles no superiores al 50% del total y de mantener una oferta eléctrica diversificada.

Basándose en lo expuesto más arriba, el criterio adoptado para estimar el consumo de gas natural para la producción eléctrica es proponer como hipótesis de trabajo que su participación en la producción total sea del orden del 50%. Como la eficiencia de las centrales térmicas modernas es también de 50%, resulta que la cantidad de gas necesario para alimentar el 50% de la producción de electricidad, debe tener un contenido energético igual al doble de la electricidad que se produce. En otras palabras, la cantidad de gas usada para producir electricidad debe tener un contenido energético igual al consumo total de electricidad.

En la figura 6 se muestra la variación del consumo anual de electricidad y los resultados del modelo explicativo propuesto. Nuestro modelo considera como variables independientes o explicativas el PBI (a valores constantes), el promedio del PBI de los 4 años previos al año en cuestión y el tiempo (años). El uso del PBI como variable explicativa de los consumos eléctricos es bastante claro, una mayor actividad económica requiere de un mayor uso de energía para la producción y demás quehaceres sociales. La motivación

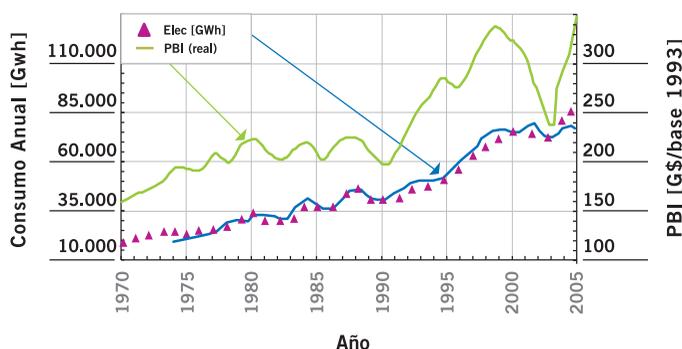


Figura 6. Consumo anual de electricidad en la Argentina, símbolos triangulares rojos, referidos al eje vertical izquierdo. La variación del PBI a valores constantes, tomando como base el año 1993, se muestran con la línea llena verde, referida al eje vertical derecho. Nótese que la demanda eléctrica se duplicó entre los años 1970 y 1986, y de nuevo entre 1986 y 2001. Los resultados del modelo propuesto se indican con la línea continua azul. Este ajuste tiene un coeficiente de correlación $R^2=0.98$. Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.¹²

de introducir el PBI promedio de los años anteriores se debe a que hay un efecto de arrastre o inercia en el consumo. Después de años de gran expansión económica, los usuarios (residenciales, comerciales e industriales) adquieren nuevos artefactos y maquinarias, que aún después de un período de bonanza requieren y demandan energía. La inclusión del tiempo (año) como variable explicativa tiene dos motivaciones. Por un lado, con el correr del tiempo hay un aumento progresivo de la población, y por otro, el progreso tecnológico introduce nuevos artefactos, maquinarias y procedimientos que en general generan una mayor demanda de energía. Estos efectos son los responsables de que cuando ocurren períodos de recesión importantes como los acaecidos en la Argentina a principios de la década del 2000 (ver figura 3) los consumos industriales y eléctricos no disminuyan en la misma proporción que lo hace el PBI. Con estas variables explicativas nuestro modelo ajusta los datos reales de consumo eléctrico con un coeficiente de correlación de $R^2=0.98$.

Otro parámetro útil de definir es la *intensidad energética*, definida como el cociente del consumo total de electricidad dividido el PBI a valores constantes. La intensidad energética, expresada en (KWh/U\$), determina la cantidad de KWh que se requiere para producir una unidad de PBI (U\$) y sirve para evaluar la eficiencia en usos de la energía. En los EE.UU. y Europa occidental se observa que esta variable ha estado disminuyendo en las últimas décadas, indicando un uso cada vez más eficiente de la energía.⁴ En la Argentina, a igual que en el resto de América Latina se observa que la intensidad aumenta con el tiempo, siendo su valor actual de 0.32 KWh/U\$.

Otro parámetro importante es la *elasticidad de la demanda*, definida como el cociente entre la variación porcentual del consumo de energía y la variación porcentual del PBI en el mismo período. La elasticidad de la demanda brinda la relación entre el crecimiento del consumo de energía y la variación de PBI. En otras palabras, este parámetro da una idea de cuánto aumenta la demanda de energía por cada punto de crecimiento del PBI. Para el caso eléctrico, su valor ha fluctuado bastante a lo largo de las dos últimas décadas, el pro-

medio de los últimos 3 años y los resultados de nuestras proyecciones dan un valor medio de aproximadamente 1.4. Esto implica que la demanda eléctrica crece aproximadamente 40% más rápido que la variación del PBI.

La elasticidad es un parámetro que debe tomarse sólo de modo indicativo para un período corto, ya que su valor dista mucho de ser una constante del sistema. Es interesante reparar que el consumo eléctrico se duplicó entre los años 1970 y 1986 y de nuevo entre 1986 y 2001. En otras palabras, entre 1970 y 2001 el consumo eléctrico se cuadruplicó mientras que el PBI sólo aumentó un 75% en el mismo período. A modo de comparación, en EE.UU. entre los años 1976 y 2005 el consumo eléctrico se duplicó, y en el mismo período el PBI aumentó en 245%, indicando una elasticidad promedio de 0.81. Estos datos sugieren que es posible y deseable hacer un uso más eficiente de los recursos energéticos.

Nótese asimismo que el aumento de la demanda eléctrica, según nuestras hipótesis de trabajo, implica que la oferta eléctrica con fuentes primarias distintas de gas natural (nuclear, hidroeléctrica, eólica, etc.) también debe incrementarse concomitantemente de modo de suplir el otro 50% de la demanda no abastecida por gas natural.

Consumo industrial

En la figura 7 se muestra la variación de consumo industrial total de energía y el consumo de gas industrial en función del tiempo. En esta figura también se muestra la variación del PBI (a valores constantes 1993) en función del tiempo. Esta figura ilustra claramente la importante correlación entre los consumos de energía industrial y el PBI.

La unidad de energía usada en este trabajo es el consumo promedio diario de energía expresado en millones de m^3 de gas natural en condiciones estándares equivalentes. (**)

La figura 7 también muestra los resultados del modelo explicativo de los consumos industriales. Este modelo toma como variables explicativas el PBI y el tiempo. Esta figura ilustra la importante participación del gas natural en el consumo de energía industrial. Su valor creció a algo más del 60% de total del consumo industrial últimamente. Por razones similares a las discutidas en el caso de la electricidad, es conveniente diversificar las distintas fuentes de energía. Por esta razón en las proyecciones a futuro, se tomará como criterio rector que el gas natural se mantenga en el 60% del consumo total de energía industrial.

Consumos de gas no interrumpibles

En esta sección nos proponemos analizar el comportamiento de los consumos de gas ininterrumpibles. La componente ininterrumpible de gas natural incluye a los consumos residenciales (R), comerciales (C), entes oficiales (EO) y subdistribuidoras (SBD). La prestación de estos servicios no prevé interrupciones y están en el tope de las prioridades de abastecimiento del sistema de gas conforme a la normativa vigente. Las componentes firmes comprenden algunos contratos de GNC y algunos servicios de grandes usuarios. La prestación de los servicios firmes no prevé cortes, salvo en situaciones de emergencia, fuerza mayor o condiciones operativas especiales. Finalmente, existen

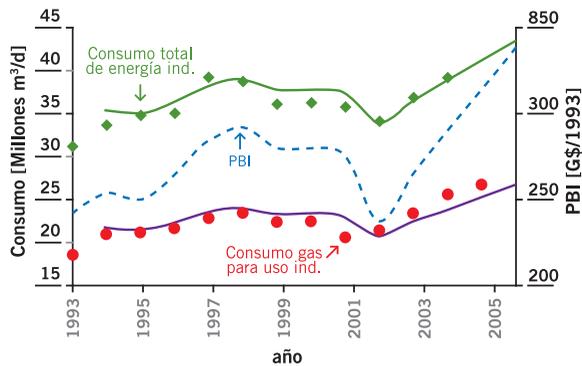


Figura 7. Variación de consumo total de energía para uso industrial (símbolos romboidales verdes) y consumo de gas industrial (símbolos circulares rojos) en función del tiempo. Ambos consumos, referidos al eje vertical izquierdo, están expresados en millones de m^3 de gas natural por día equivalente. En esta figura también se representan los resultados de sendos modelos desarrollados para explicar ambos consumos. La línea de trazos azul representa la variación del PBI en miles de millones de pesos (G\$) a valores constantes de 1993, referido al eje vertical derecho.

Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.^{1,2}

contratos interrumpibles, cuya provisión se interrumpe cuando las componentes de consumo ininterrumpible incrementan su consumo. Muchos grandes usuarios (industrias y centrales eléctricas) tienen provisión de gas con este tipo de contratos.

Demanda de gas residencial y comercial

En la figura 8 se muestra la variación del consumo específico mensual promedio, esto es el consumo por usuario, en función de la temperatura media mensual para las componentes de usuarios residenciales (R) y comerciales más entes oficiales (C+EO). En esta figura se presentan los datos correspondientes a todo el país. La figura 8 es representativa de prácticamente todas las regiones estudiadas y puede interpretarse de la siguiente manera: a altas temperaturas el consumo de gas residencial se reduce a su uso en cocción y calentamiento de agua, que a altas temperaturas tiende a un valor constante.

A medida que la temperatura disminuye, el consumo aumenta por la necesidad de un mayor aporte de energía en la cocción, calentamiento de agua y fundamentalmente en la calefacción. Una vez que toda la calefacción existente en las residencias se ha encendido, el consumo de gas tiende a estabilizarse en su valor máximo. La implicancia de este gráfico es de mucha relevancia en el sistema de gas argentino y la forma de esta dependencia del consumo específico con la temperatura puede modelarse muy bien.^{5,6,7} Se observa en esta figura que los consumos específicos R y C+EO tienen dependencia muy regular con la temperatura, independiente del tiempo y del contexto económico. Por lo tanto, es posible afirmar que durante el periodo 1993 a 2005, el comportamiento de los usuarios R y C+EO fue muy poco elástico y constante en el tiempo. *Es decir, los patrones de consumo por usuario R y C+EO sólo dependen de la temperatura y no del tiempo.* Desde luego, esta observación debe ser reexaminada periódicamente para constatar su vigencia, pues es posible que cambios significativos en el precio del gas o en las tecnologías usadas o la imple-

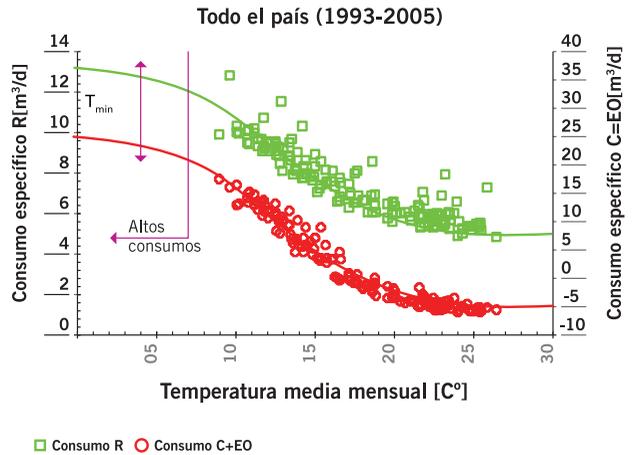


Figura 8. Variación de los consumos específicos Residencial (R) círculos referidos al eje vertical izquierdo y Comercial y Entes Oficiales (C+EO) referidos al eje vertical derecho. Los consumos específicos que se grafican son los promedios diarios mensuales como función de la temperatura media mensual. Los datos corresponden a todo el país. Fuente de los datos: ENARGAS.³

mentación de políticas especiales que estimulen el ahorro de gas, puedan alterar este comportamiento.

Por su parte el cambio en el tiempo del número de usuarios R y C+EO, ilustrado en la figura 9, muestra una variación suave en el tiempo y con tendencias que permiten proyecciones confiables en el corto y mediano plazo, en particular una vez que las transformaciones económicas y sociales se estabilizan. Por ejemplo, el número de usuarios R tiene una tendencia bien definida hasta noviembre de 2001 y otra también definida, aunque distinta, con posterioridad al año 2002.

De esta forma, es posible realizar modelos de proyección para estas componentes del consumo (R y C+EO), que dependen, por una parte, de las temperaturas medias^{5,7} y por otra del número de usuarios. Si bien no es posible conocer las temperaturas del futuro, es razonable suponer que los escenarios térmicos que se prestarán en un futuro a unos años vista, serán similares a los que han ocurrido en los años recientes.⁸

Para proyectar el número de usuarios R y C+EO, se consideró que la tasa de crecimiento del número de usuarios disminuye linealmente desde los valores actuales hasta alcanzar el crecimiento vegetativo al fin del período de análisis. La figura 10 ilustra este procedimiento. Actualmente el incremento en el número de usuarios R y C+EO es de 2.8% y 3.7% respectivamente. Estos valores son mayores al doble del crecimiento vegetativo de la población actual (1.5% y con tendencia a la baja). El criterio utilizado para proyectar la variación del número de usuarios R y C+EO es suponer que sus crecimientos disminuirán paulatinamente durante los próximos 20 años desde sus valores hasta alcanzar los valores de crecimiento vegetativo de la población en 20 años y a partir de entonces variarán de la misma forma. (Ver figura 10). Con estas hipótesis es posible realizar proyecciones de la demanda residencial y comercial media diaria. Los resultados se muestran en la figura 11.

Consumos picos: Para proyectar los consumos máximos diarios (picos) se utilizan los consumos específicos más altos de la figura 8 (a la más baja temperatura media

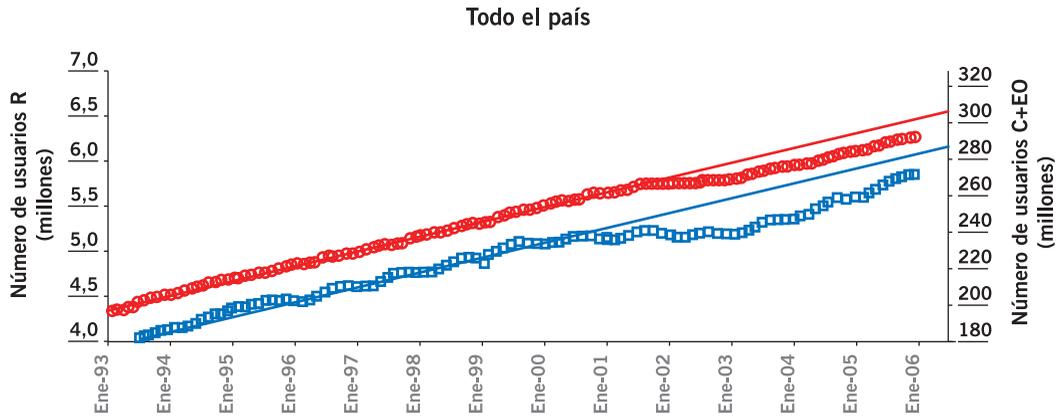


Figura 9. Variación del número de usuarios R y C+EO, en el ámbito de todo el país. Se observa que el número de usuarios tiene un comportamiento de variación suave y con tendencias fácilmente caracterizables y simples de modelar. Fuente ENARGAS.³

prevista) y se multiplica este valor por el número de usuarios. La diferencia entre los consumos máximos y los medios nos da el consumo pico ilustrado en la figura 11. Otra forma de obtener los consumos picos es usar en concepto de factor de carga (*F.C.*) que se define como la razón del consumo promedio anual y el consumo máximo diario registrado en ese año, o sea $F.C. = \text{Consumo Promedio} / \text{Consumo pico}$, su valor histórico es de 0.45.⁷ Por lo tanto dividiendo los consumos medios obtenidos con nuestro modelo por el valor histórico del factor de carga se obtienen los valores de consumo pico a futuro.

Demanda de GNC

El consumo de GNC en la Argentina ha tenido en general un gran crecimiento a lo largo de su relativa corta historia. Su uso comenzó en el año 1984 y actualmente el porcentaje de vehículos a GNC en la Argentina es de aproximadamente el 20% respecto del total del parque automotor. Este crecimiento ha experimentado importantes variaciones en años recientes. Desde hace más de 12 años, Argentina es el país con el mayor parque automotor impulsado a GNC, con más de 1,400,000 vehículos.³

El consumo de GNC no tiene una dependencia con la temperatura, aunque sí tiene una cierta estacionalidad. En particular se observa una disminución en el consumo en los meses de enero (-15%) y febrero (-10%). Esta disminución

en los meses de verano probablemente esté asociada a la disminución de la actividad económica como consecuencia de las vacaciones. También el traslado, en vacaciones, de una fracción de los vehículos a zonas sin abastecimiento de GNC, puede contribuir a la disminución del consumo.

En la figura 12 se muestra la variación del consumo diario de GNC, referido al eje vertical izquierdo. El crecimiento del consumo anual desestacionalizado está representado por triángulos azules y referido al eje vertical derecho. El crecimiento desestacionalizado se obtiene comparando los consumos de los mismos meses para dos años consecutivos. Este procedimiento permite discriminar el crecimiento efectivo del consumo de sus variaciones estacionales.

Un análisis detallado de la figura 12 revela que a partir de enero de 2002, se observa un incremento notable del consumo de GNC, seguramente asociado al desfasaje del costo del GNC respecto al de otros combustibles líquidos. El crecimiento anual del consumo de GNC llegó a un máximo del 30% a comienzos de 2003 pero se fue atenuando en el año 2004. Hacia fines de 2005 disminuyó por debajo de la tendencia histórica de los años 90 y con tendencia a seguir disminuyendo aún más.

Si las tendencias observadas en los últimos años se sostienen, el crecimiento del parque automotor impulsado a GNC tendrá un crecimiento muy modesto en los próximos años, inferior al 1% o bien negativo. Es preciso indicar que dada la susceptibilidad del consumo de GNC al precio de este combustible y a las expectativas sociales a

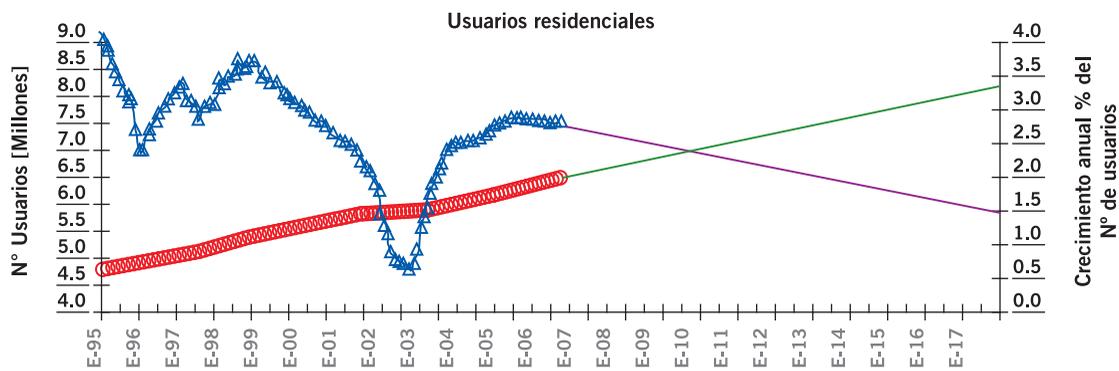


Figura 10. Variación del número de usuarios residenciales en el ámbito de todo el país. Los valores observados se representan por símbolos circulares rojos, referido al eje vertical izquierdo. Los valores porcentuales de los crecimientos desestacionalizados anuales se representan por los símbolos triangulares azules, referidos al eje vertical derecho. Las líneas continuas son las proyecciones a futuro.

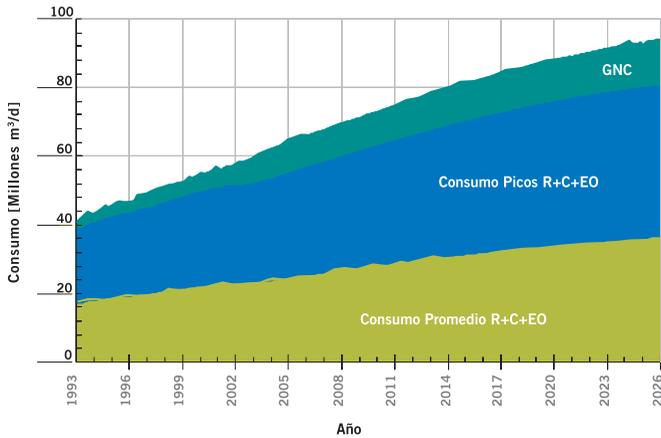


Figura 11. Proyección de los consumos residencial, comercial, entes oficiales (R+C+EO) y GNC. El área sombreada verde construye la proyección del consumo R+C+EO promedio. Los picos corresponden al aumento en dichos consumos en los meses de invierno. Se usó un factor de carga $FC=0.45$, que es el valor encontrado para dichos consumos proveniente del análisis de los datos históricos.

futuro, es necesario revisar periódicamente las predicciones de los modelos ante variaciones en el precio del GNC y cambios socioeconómicos significativos. Con estas suposiciones, las proyecciones de la demanda de GNC se muestran en la figura 12.

Proyecciones de la demanda de gas natural total a mediano y largo plazo

Basándonos en los modelos desarrollados para predecir las distintas componentes de consumo de energía, es posible estimar los consumos a futuro. Sin embargo, un dato importante en la predicción de los consumos es la evolución futura del PBI del país. Esta variable, en el caso de la Argentina, mostró un comportamiento más bien errático como se ilustra en las figuras 3 y 6. Dada la complejidad de evolución de esta variable, no resulta posible realizar proyecciones confiables de la misma. Por tal motivo hemos desarrollado varios escenarios de evolución posible

del PBI. El primero, y quizás el más pesimista, es suponer que el comportamiento que tuvo el PBI en la Argentina en los últimos 30 años es característico del país y por ende posible, aunque no deseable, que pueda repetirse en el futuro. En este escenario, aplicamos el crecimiento que mostró el PBI en los últimos 25 años y se los aplicamos a los próximos 25 años. La única salvedad es que para tener un empalme suave entre la situación actual y la futura, suavizamos el crecimiento actual (cercano al 9%) con el crecimiento de los próximos dos años.

Es interesante destacar que el crecimiento promedio de la Argentina en los últimos 30 años fue de 1.6%, inferior al crecimiento vegetativo, que fue del 1.9%. Una hipótesis de mínimo crecimiento sería suponer que la evolución de PBI futuro tendrá las oscilaciones que tuvo el PBI argentino en el pasado, pero con un crecimiento promedio mejorado de 2.4%. Este escenario lo denominamos "a la argentina mejorada".

Otra posibilidad quizás extremadamente optimista, sería suponer un crecimiento "a la China", en este caso aplicamos los crecimientos observados en China en los últimos 25 años (crecimiento promedio = 6.3%) a la Argentina, siempre usando la técnica de empalme suave. Asimismo pueden adoptarse otros modelos quizás más realistas como los modelos "a la Canadá" (crecimiento promedio = 4.0%) o "a la española" (crecimiento promedio = 4.2%). En la figura 13 se ilustran las predicciones de estos modelos.

Usando estos escenarios de crecimiento y los modelos desarrollados podemos realizar predicciones a largo plazo. En la figura 13 se muestra el crecimiento del consumo de gas natural suponiendo un crecimiento "a la española".

En estos gráficos se incluyó de manera indicativa, una posible evolución de la oferta de gas, con símbolos circulares marrones. Actualmente la oferta de gas natural (gas inyectado al sistema) en el país es de aproximadamente 131 millones de m^3 diarios, que sólo de manera indicativa (no real) se mantuvo para los años venideros. Esta curva sólo se incluye para ofrecer una referencia pero no tiene ninguna relación con la posible oferta futura.

Usando otros escenarios de crecimiento, por ejemplo "a la China", el consumo de gas se duplicaría en 17 años.

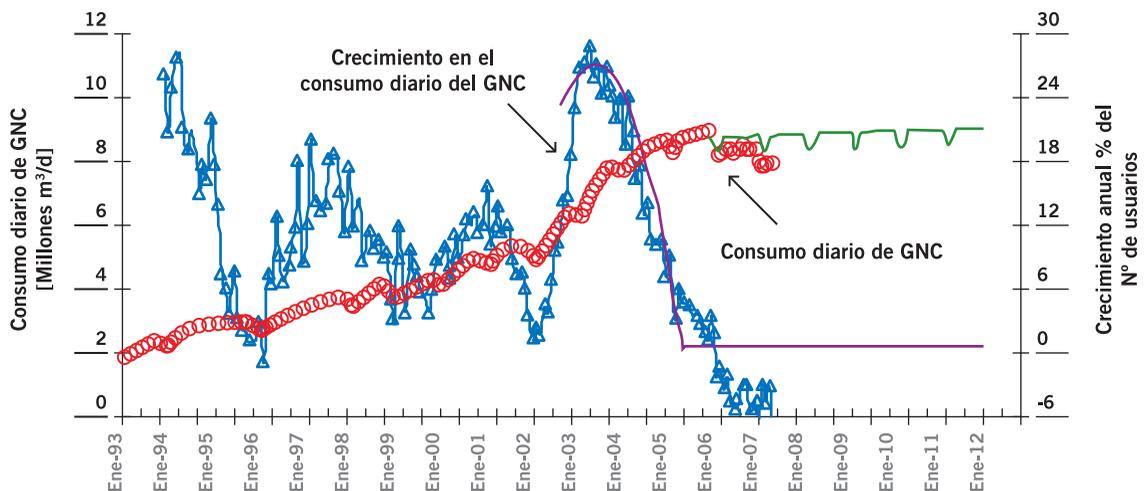


Figura 12. Variación del consumo medio diario de GNC en todo el país. Los círculos rojos indican los valores de consumo de GNC referido al eje vertical izquierdo. Los símbolos triangulares azules, referidos al eje vertical derecho, representan el crecimiento del consumo desestacionalizado. Las líneas continuas son las proyecciones a futuro obtenidas de nuestros modelos de consumo. Un aspecto notable de destacar es el gran aumento de consumo de GNC ocurrido en los años 2002 y 2003. Este aumento cesó en 2005.³

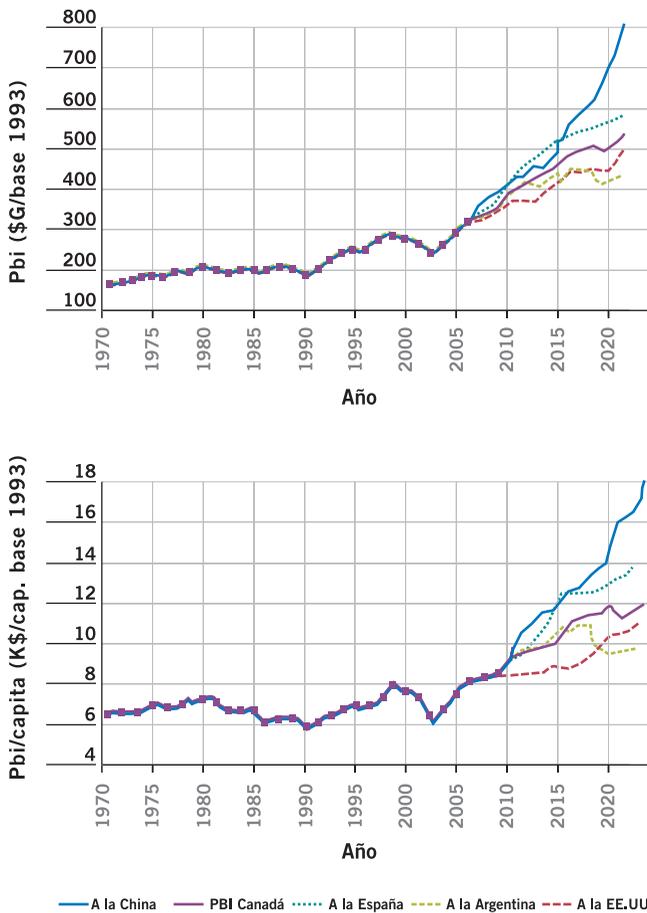


Figura 13. Variación hipotética del PBI de la Argentina, suponiendo que el país registre en el futuro crecimientos como los observados en Argentina, China, España, Canadá o EE.UU. en los últimos 30 años. En el panel superior se muestra la posible variación del PBI a valores constantes de 1993 y, en el panel inferior, la consecuente variación del PBI per cápita para dichos escenarios, en miles de pesos al año (K\$) a valores constantes de 1993.

Este escenario, aunque quizás muy optimista, no es inconsistente con los crecimientos observados en la Argentina desde el año 2003. De hecho si este tipo de crecimiento se sostuviese en el tiempo, estaríamos en este escenario de consumo de energía. En la tabla 1 se resumen estas conclusiones.

Finalmente es interesante señalar que aún con las bajas tasas de crecimiento registradas en la Argentina en las últimas 3 décadas, el consumo eléctrico se fue duplicando cada 15 años (ver figura 6). En el transcurso de estas tres décadas el PBI sólo creció en un 75%. Por lo tanto con un uso más eficiente pero con tasas de crecimiento mayores, los datos indicados en la tabla anterior no son inconsistentes con lo ya acontecido. Similarmente, el consumo de gas natural se duplicó en los 20 años transcurridos entre 1985 y 2005.

Consumo total de energía secundaria en la Argentina

Usando una aproximación similar a la utilizada para modelar los consumos, es posible modelar el consumo de

energía secundaria en la Argentina. El modelo desarrollado usa las mismas variables explicativas que el modelo eléctrico, es decir: PBI (a valores constantes), promedio del PBI de los 4 años previos al año en cuestión y el tiempo (años).

Un modo útil de apreciar la variación en el consumo de energía es tomar un año como referencia (1990) y arbitrariamente normalizar a este año los consumos de energía y el PBI a 100 unidades relativas. Luego observamos en esta escala normalizada la evolución de estas variables en el tiempo. Este tipo de gráficos se muestra en la figura 16 para el caso de la Argentina, suponiendo un crecimiento "a la española" (4.2%) para los próximos 25 años.

Es interesante señalar que las tendencias que nuestros modelos predicen son similares a las que para países emergentes proyecta el Departamento de Energía de EE.UU.^{4,9}

Conclusiones

Nuestro estudio de los consumos de gas para uso industrial y centrales eléctricas indica que es posible utilizar la variación del PBI para proyectar los consumos de estas componentes a futuro. Si se desean proyecciones a largo plazo, es necesario diseñar distintos escenarios de crecimiento. En nuestro caso adoptamos el de países que tuvieron crecimientos pobres, como la Argentina en los últimos 30 años y países con crecimientos intermedios como España, EE.UU. y Canadá. También se consideró el caso de crecimiento significativo, como el caso de China. En todos los casos se observa que el consumo de gas se duplicaría en los próximos 22 a 30 años. Si el país registra crecimientos moderados "a la española" (variación promedio del PBI 4.2%) la duplicación llegaría en 24 años. Esta duplicación ocurriría en 22 años si los crecimientos fuesen "a la China" (variación promedio del PBI 6.3%). En el caso de un crecimiento "a la Argentina mejorada" (variación promedio del PBI 2.5%) dicha duplicación ocurriría en 32 años. Dado que este último escenario es muy conservador o pesimista, sería conveniente tomar como base de planificación que el consumo se duplicará en los próximos 22 a 25 años. Nuestro estudio muestra asimismo que el consumo de electricidad será la componente de consumo que más rápido crecerá en las próximas décadas si las tenden-

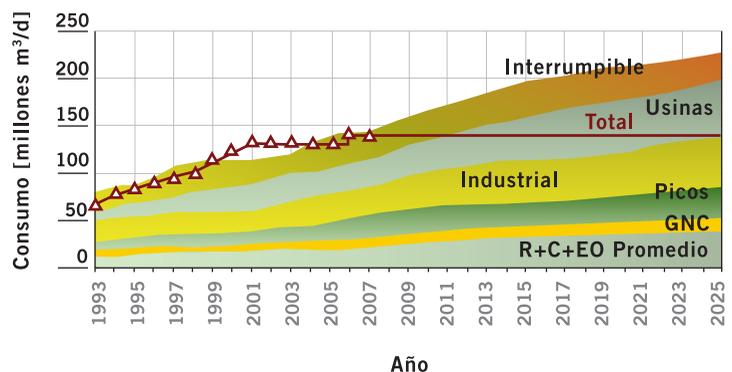


Figura 14. Variación del consumo de gas natural en la Argentina a futuro, suponiendo que el país registre crecimientos similares a los observados en España en los últimos 30 años, escenario "a la española". Nótese que, en este caso, con un crecimiento anual promedio de PBI del orden del 4.2%, el consumo de gas se duplicaría en los próximos 24 años. Los símbolos triangulares marrones indican la evolución de la oferta de gas natural en la Argentina.

Tabla 1

Escenario de crecimiento	Crecimiento promedio del PBI %	Número de años en los que el consumo de gas natural se duplicaría	Número de años en los que el consumo eléctrico se duplicaría
"a la argentina histórica"	1.8%	35	23
"a la argentina mejorada"	2.5%	32	17
"a la española"	4.2%	24	14
"a la EE.UU."	3.5%	30	16
"a la china"	6.3%	22	11

cias actuales de consumo no se modifican. Es de esperar que el crecimiento del consumo eléctrico supere en un 40% la variación del PBI y el consumo de gas lo haga un 10% más rápido que dicha variable. Claramente estas tendencias podrían alterarse de manera significativa si se adoptan planes de ahorro de consumo que demostraron ser eficaces en varios países. ■

Deseo agradecer a la Dra. A. Schwint, al Sr. A. Monti, al Ing. L. Pomerantz, a Lic. P. Figueroa Keller por la atenta lectura del manuscrito y sus valiosas sugerencias, también agradezco a la Sra. M. P. Cambiasso por su asistencia en el diseño de algunos gráficos.

Nota Importante

Declinación de responsabilidad (Disclaimer)

La información contenida en estas páginas se da con un propósito educacional, y no debe interpretarse como un informe oficial de los empleadores o auspiciantes de este trabajo.

Se ha intentado presentar la información lo más correctamente posible. Sin embargo, se pueden haber cometido errores involuntarios. Las agencias empleadoras o facilitadoras de información de este estudio no son responsables de cualquier error u omisión, ni por los resultados obtenidos por el uso de la información publicada en estas páginas.

Equivalencias

- * Recuérdese que: 1 TeP (Tonelada equivalentes de Petróleo) equivale a $4.186 \times 10^{10} \text{ J} = 3.968 \times 10^7 \text{ BTU}$
- ** Recuérdese que: 1 Millón m^3 gas estándar (9300kcal/ m^3 a $T=15^\circ\text{C}$ y $P=1 \text{ At}$) equivale a $10.81 \text{ GWh} = 3.691 \times 10^4$ Millones de BTU = 37.37×10^{12}

Bibliografía

- 1 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. <http://energia3.mecon.gov.ar>
- 2 Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Balance Energético Nacional serie 1970-2004, Enero 2006 <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=1591>
- 3 Ente Nacional Regulador del Gas, www.enargas.gov.ar
- 4 Annual Energy Outlook 2006 with Projections to 2030, Report #:DOE/EIA-0383(2006) February 2006 <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>

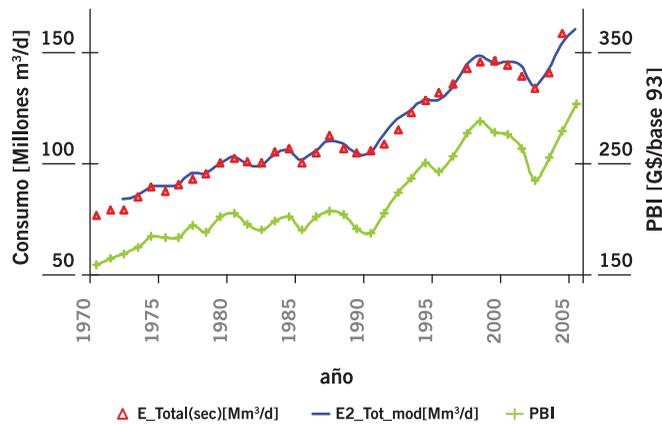


Figura 15 Variación del consumo de energía secundaria total (símbolos triangulares rojos) en función del tiempo. Los consumos, referidos al eje vertical izquierdo, están expresados en millones de m^3 de gas natural por día equivalente. En esta figura también se representan los resultados del modelo desarrollado para explicar dicho consumo (línea llena azul), que ajusta los datos reales con un coeficiente de correlación $R^2=0.988$. La línea llena verde representa la variación del PBI en miles de millones de pesos (GS) a valores constantes de 1993, referido al eje vertical derecho.²

- 5 Modelo generalizado de predicción de consumos de gas natural a mediano y corto plazo I - S. Gil, J. Deferrari y L. Duperron. Gas & Gas - Pub. para la Industria Gasífera - Año IV- N° 48, 24-30 (2002).
- 6 Modelo generalizado de predicción de consumos de gas natural a mediano y corto plazo II - S. Gil, J. Deferrari y L. Duperron. Gas & Gas - Pub. para la Industria Gasífera - Año IV- N° 49 (2002).
- 7 Generalized model of prediction of natural gas consumption - S. Gil and J. Deferrari, Journal of Energy Resources Technology Journals of The American Association of Mechanical Engineers (ASME International), Vol. 126 June. 2004.
- 8 Caracterización de los inviernos según su impacto en el consumo de gas natural- S. Gil, L. Pomerantz y R. Ruggero. Pretrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) XLVI, N04, septiembre (2005)
- 9 The Energy Challenge, Stephen G. Benka -Physics Today April 2002 AIP. <http://www.physicstoday.org/vol-55/iss-4/p38.html>