

Asistencia Técnica para la Modernización de los Servicios Públicos en
Uruguay

OPP-BM 4598-UR-PNUD-URU/01/010

**“Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas
energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en
términos de energía útil a nivel nacional”**

INFORME DE OTROS SECTORES CAPITULO 4. CONSTRUCCIÓN

Informe Final

**Fundación Bariloche (FB) (Argentina)
Programa de Estudios e Investigaciones en Energía
(PRIEN) (Chile)**

Montevideo, Diciembre de 2008

EQUIPO DE TRABAJO

Por Fundación Bariloche:

Bravo, Gonzalo
Bravo, Víctor
Di Sbroiavacca, Nicolás
Groisman, Fernando
Kozulj, Roberto
Landaveri, Raúl (Director del proyecto)
Nadal, Gustavo
Pistonesi, Héctor
Vargas, Rodrigo

Por el Programa de Estudios e Investigaciones en Energía:

Córdova, Carlos
Domenech, Francisco
Esperguel, Eduardo
Flores, Carlos
López, Gonzalo
Maldonado, Pedro (Coordinador PRIEN)
Morales, Franco
Muñoz, Alfredo
Neuenschwander, Esteban
Román, Roberto
Salinas, Álvaro
Silva, Iris

Por Research Uruguay:

Díaz, Adriana
Forrisi, Diego
Gómez, Gabriel
Héctor Núñez Caviglia (Técnico responsable)
Martínez, Graciela
Pastor, Juan

Por la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear:

Galione, Pedro
Gaudioso, Rossana
Mattos, Cristina (Coordinadora DNETN)
Mena, Carolina
Reyes, Alejandra

INDICE

1. Aspectos metodológicos	1
2. Diseño de la Muestra	3
3. Relevamiento de la información	5
4. Expansión de los resultados y ajuste al balance Energético Nacional	8
5. Caracterización del Consumo de Energía Total del Sector Construcción	10
5.1. Consumo de Energía Neta y Útil por Fuentes y Usos Total Sector.....	10
5.2. Consumo de Energía Neta por Fuente, Uso, Tipo de Equipo y Antigüedad	14
5.2.1. Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad de Equipos.....	14
5.2.2. Consumo de Energía Neta en los Usos Importantes por Tipo de Equipo según su Antigüedad	15
5.3. Consumos No Energéticos por Estrato y Fuente.....	18
5.4. Autoproducción de Electricidad	18
6. Potencial de Ahorro por Fuentes y Uso	20
6.1. Bases para el Cálculo de los Potenciales de Ahorro	20
6.2. Estimación de los Potenciales de Ahorro por Fuentes y Uso.....	23
7. Importancia de los Factores para los Procesos de Sustitución	25
8. Metodología de Actualización	26
8.1. Nueva Expansión de los Resultados de la Muestra.....	26
8.2. Ajuste al Balance Energético Nacional	27
Anexo 1. Consumo de Energía Neta, Útil, Rendimientos y Potencial de Ahorro por Fuentes y Usos según Tamaño	28
Anexo 2. Rendimientos de Utilización por Tipo de Equipo y Fuente	32
Anexo 3. Guía para el Procesamiento de la Encuesta del Sector Construcción	34

1. Aspectos metodológicos

La caracterización del consumo de energía del sector Construcción de la República Oriental del Uruguay, con la finalidad de utilizar modelos analíticos de prospectiva de los requerimientos energéticos y el diseño de políticas, implica:

- Conocer qué fuentes energéticas se utilizan y en qué cantidad
- Identificar a qué finalidad se destina cada fuente, es decir, los usos finales de la energía
- Conocer la eficiencia de utilización de cada fuente en cada uso
- Conocer la intensidad energética.

Con la finalidad de obtener consumos de energía neta y la energía útil por fuentes y usos se relevaron, básicamente, los consumos anuales de cada una de las fuentes energéticas y la dotación de la totalidad de equipos consumidores de energía que utiliza la unidad encuestada. Con este fin se relevaron, básicamente, los consumos anuales de cada una de las fuentes energéticas y la dotación de la totalidad de equipos consumidores de energía que utiliza la unidad encuestada. De cada equipo se releva, entre otros datos, su capacidad de producción, potencia, tipo de equipo (fijo o móvil), tipo de tecnología, fuente energética utilizada, y las horas anuales de utilización; lo que permite luego asignar los consumos de las fuentes a cada equipo, y por lo tanto, obtener los consumos por usos. La eficiencia y el factor de carga se estimaron. Luego, con el consumo de energía de cada equipo y con su rendimiento de utilización, se obtiene la energía útil de cada equipo.

Para el sector Construcción, la unidad sobre la cual se capta la información son las obras que realiza la empresa. Se encuestaron los consumos de las distintas obras declaradas por la empresa que tuvieron lugar total o parcialmente durante el año 2006. Para estimar los consumos de energía durante este año, se consultó el porcentaje de la obra que se desarrolló durante dicho período, de manera de poder ponderar los consumos energéticos totales de la obra por dicho porcentaje.

Las principales fuentes energéticas consumidas en las empresas constructoras de la República Oriental del Uruguay son las siguientes:

1. SG: Supergás
2. NF: Nafta
3. DO: Diesel Oil
4. GO: Gas Oil
5. FO.: Fuel Oil
6. EE: Electricidad

No se detectaron en la muestra encuestada el consumo de otras fuentes como Gas Natural, Leña, u otras que pudieran utilizarse.

Se consideraron las siguientes categorías de usos en el sector Construcción

1. Iluminación
2. Fuerza Motriz Fija
3. Fuerza Motriz Móvil
4. Uso no productivo
5. Uso no energético

Iluminación: luz artificial que permite prolongar el horario de las actividades humanas durante la noche y servir de complemento a la luz natural durante el día, cuando ésta no es suficiente, por condicionantes climáticas o constructivas de los edificios.

Fuerza Motriz Fija: equipos que transforman la energía eléctrica o térmica en energía mecánica y en los cuales la energía generada no es utilizada para generar un desplazamiento del equipo. Normalmente motores diesel o eléctricos de inducción.

Fuerza Motriz Móvil: equipos que transforman la energía eléctrica o térmica en energía mecánica y que utilizan esta energía para producir un desplazamiento del equipo.

Uso no productivo: corresponde a usos destinados a satisfacer las necesidades energéticas del personal de las obras: iluminación, refrigeración, cocción de alimentos, etc.

Se releva también el consumo No Energético: son los consumos de combustibles para otros usos distintos a la producción de calor o fuerza motriz. Por ejemplo, Gas Oil y Kerosene para limpieza o, en el caso particular de las construcciones viales, la utilización de Fuel Oil en la elaboración final de los asfaltos. Estos consumos se tratan separadamente del consumo energético.

Además, la información a relevar incluye la autoproducción de Electricidad y el correspondiente consumo de combustibles. La Electricidad autoproducida es asignada a los diferentes usos dentro de la obra según los equipos eléctricos utilizados. En cambio, el consumo de combustibles para dicha autoproducción, no se incluye en los usos finales ya que es un consumo intermedio.

En cuanto a los rendimientos de utilización por tipo de equipo y fuente, a los fines de calcular el consumo de energía útil, se utilizan rendimientos estándar adecuados a las características del presente estudio. El relevamiento en campo de los rendimientos reales de los equipos requiere la realización de auditorías energéticas, lo que no está incluido dentro de los alcances de este trabajo.

2. Diseño de la Muestra

El universo de referencia para el diseño del muestreo en el sector Construcción se definió a partir del valor actualizado a junio de 2006 del VECA (Valor Estimado de Contratación Anual) del registro de empresas habilitadas a contratar con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). De acuerdo a la información obtenida de informantes calificados, el nivel de actividad de dichas empresas cubre la gran parte de la actividad del sector en el país. Es de mencionar que al relevarse el consumo energético de las obras realizadas en 2006 por estas empresas, se incluye también el consumo de las subcontratistas.

Quedan fuera de este relevamiento los consumos de energía de las construcciones particulares. Al no disponer de un marco muestral adecuado para este subuniverso y, de tenerse, hubiera sido muy difícil poder relevar información sobre dichas obras ya ejecutadas y sin registros contables accesibles que permitieran deducir sus consumos energéticos, se optó por no incluir este subuniverso en la encuesta. No obstante, los consumos de Electricidad de las obras particulares quedan incorporados a los consumos del sector Construcción por el mecanismo de ajuste al Balance Energético y los consumos de otras fuentes como Gas Oil o Nafta de estas obras son de una cuantía menor.

Sobre la base del valor de contratación anual, se procedió a particionar el universo de las empresas constructoras según estratos de tamaño, presentando dicha distribución en el cuadro siguiente:

Cuadro 2.1
Sector Construcción
Partición por estratos de tamaño del universo de Empresas Constructoras¹
Cantidad de empresas

Actividad	Grandes	Medianas	Pequeñas	Total
Construcción	17	44	98	159

Fuente: elaboración propia sobre la base de información del MTO.

Para estratificar las empresas por tamaño se consideraron:

- Empresas Grandes (G): VECA mayor a 300 millones de \$.
- Empresas Medianas (M): VECA entre 40 y 300 millones de \$.
- Empresas Pequeñas (P): VECA menor a 40 millones de \$.

Diseño del muestro y determinación del tamaño de la muestra

Con relación al universo de Construcción se adoptó un esquema de muestreo aleatorio estratificado, donde el tamaño de las muestras se determinó respetando el nivel de confiabilidad requerido en los Términos de Referencia del Proyecto.

Las ecuaciones utilizadas para la determinación del tamaño de las muestras, con los niveles de confianza del 95% y errores aceptables, se incluyen a continuación. Es así como, el tamaño muestral (**n**) queda expresado por la función (1).

$$(1) \quad n = (\sum_h W_h S_h)^2 / [(d^2/t^2) + (\sum_h W_h S_h^2 / N)]$$

¹ Se incluyeron sólo las empresas en actividad a junio de 2006.

Donde:

$$W_h = N_h / N$$

y,

N: Tamaño del subuniverso

N_h : Tamaño de estrato h en el subuniverso

S_h^2 : la varianza poblacional del estrato h

S_h : el desvío estándar poblacional del estrato h

d: es el grado de precisión de la estimación

t: la abscisa de la distribución normal correspondiente a una probabilidad de 0,975

De modo tal, como se establece en los TdeR del Proyecto, que:

$$(2) \quad P (| \bar{x}_{St} - \bar{X} | < d) = 0,95$$

Donde:

$$\bar{x}_{St} = \sum_h W_h \bar{x}_h ; \quad \bar{x}_h = (1/n_h) \sum_h x_{hi}; \quad \bar{X} = (1/N) \sum_{ih} x_{hi}$$

Son respectivamente

\bar{x}_{St} : Media estratificada (estimador insesgado de la media poblacional del subuniverso)

\bar{x}_h : Media muestral del estrato h del subuniverso

\bar{X} : Media poblacional

n_h : Tamaño de la muestra en el estrato h del subuniverso

La expresión (1) presupone que la asignación del tamaño de la muestra a cada estrato sea realizada de manera óptima. Es decir, tomando en cuenta el grado relativo de la diversidad en cada estrato. Esto es, utilizando la siguiente expresión:

$$(3) \quad n_h = n (W_h S_h / \sum_h W_h S_h)$$

Mediante la aplicación de ese esquema de muestreo y los requerimientos del proyecto, considerando un error del 3%, resultó que el tamaño total de la muestra era de 18. Valor que se aumentó a fin de lograr una mayor representatividad, resultando los tamaños detallados en el cuadro siguiente.

Cuadro 2.2

Sector Construcción

Tamaño de las muestras correspondientes a empresas de Construcción, por estratos

Cantidad de empresas

Actividad	Grandes	Medianas	Pequeñas	Total
Construcción	15	5	4	24

Fuente: elaboración propia.

3. Relevamiento de la información

En este punto se resumen los principales aspectos del desarrollo y resultados operativos del relevamiento de la información; del procesamiento de los datos relevados; los resultados de la validación o cierre de las encuestas relevadas; y el error resultante con las encuestas finalmente aceptadas para la obtención de los resultados del estudio.

- a) El equipo de trabajo de campo para Construcción incluyó: un responsable técnico, un jefe de campo, un crítico, un digitador y un encuestador.
- b) La empresa responsable de la ejecución del trabajo de campo cumplió las siguientes funciones:
 - Selección y contratación del personal de campo y de oficina.
 - Coordinación y dirección del trabajo de campo.
 - Realización de la encuesta piloto a tres empresas (una por cada estrato) y análisis de los resultados, concluyéndose que no era necesario hacer ajustes a los cuestionarios.
 - Planificación del trabajo de campo.
 - Realización del trabajo de campo.
 - Crítica primaria (revisión del supervisor) y secundaria (revisión del crítico) de la totalidad de los cuestionarios.
 - Re-contacto de encuestados para los cuestionarios incompletos.
 - Sustitución de aquellos casos en que la unidad seleccionada originalmente no pueda ser encuestada por diversos motivos.
 - Digitación en los programas de captura de todos los cuestionarios relevados.
- c) El equipo consultor, por su parte, proporcionó los siguientes elementos para la realización del trabajo de campo:
 - Diseño de las muestras.
 - Diseño del cuestionario.
 - Confección del manual del encuestador
 - Confección de instrucciones de trabajo para el supervisor, crítico y digitador.
 - Capacitación del plantel de encuestadores.
 - Capacitación y asistencia a los supervisores, críticos y digitadores.
 - Diseño y desarrollo de los programas de captura de datos, procesamiento de encuestas (cálculos de consumo, eficiencia, energía útil, potencial de ahorro, etc.), análisis de consistencia (cierre de compras y consumo de los equipos) y obtención de las salidas de resultados. El Manual de Procesamiento fue discutido y consensuado con el equipo de contraparte de la DNETN.
- d) Previo a la capacitación de encuestadores y supervisores, el diseño del cuestionario y el manual del encuestador fue consensuado con el equipo de contraparte de la DNETN.

- e) La capacitación de encuestadores y supervisores se realizó en una jornada de aproximadamente 3 horas de duración. La asistencia incluyó personal de la empresa y potenciales encuestadores seleccionados por ésta.
- f) La digitación de la información relevada no presentó inconvenientes por parte de los encuestadores.
- g) Una vez recibidos los cuestionarios, durante el procesamiento se detectaron las siguientes situaciones:
- En algunas encuestas se detectó que el encuestado tenía un conocimiento insuficiente en materia de energía (lo cual, no podía ser resuelto por encuestadores ni el crítico). Entre otros problemas, destacan: a) las empresas manejan un stock global de combustibles y no por obras, por lo que fue difícil realizar los cierres en base a las compras, b) existe dificultad para asignar los combustibles utilizados a los equipos de producción, debido a la importancia de los vehículos de transporte de personas, c) el encuestado no siempre diferenció en forma adecuada entre equipos fijos y equipos móviles. Estas situaciones se solucionaron durante el proceso de cierre y consistencia por parte del equipo consultor.
 - Como resultado de lo anterior, se detectaron inconsistencias de información en algunas encuestas, es decir, una gran diferencia entre las compras de las distintas fuentes y los consumos de los equipos declarados. Ellas se explicaban por insuficiente identificación de los equipos, ya sea porque no se incluían listas anexas de equipos o porque las empresas los habían ignorado. Igualmente, se declaraban fuentes de energía compradas sin equipos que las consumieran. Estas situaciones se solucionaron durante el proceso de crítica.
 - En muchas de las encuestas en las que se realizaban trabajos de pavimentación, se declaraban grandes compras de Fuel Oil y no existía ningún uso declarado para dicho combustible. Esto se explicaría por la utilización de Fuel Oil para la preparación de Bitumen (base para asfalto), por lo que se agregó este ítem a usos no energéticos cuando fue necesario.
 - Cabe destacar que en muchos casos, el suministro eléctrico era proporcionado por el contratante de la obra, por lo que dicho consumo de electricidad no era declarado y sin embargo se declaraban equipos que utilizaban electricidad. En estos casos se igualaron las compras de electricidad a los consumos resultantes de los equipos.
- h) El procesamiento de las encuestas consideró una interfaz de digitación Excel, desarrollada a partir del mismo cuestionario Excel; esto hizo que la digitación fuese muy simple. Dado el número reducido de encuestas del sector construcción el procesamiento se realizó usando planillas de cálculo Excel.
- i) Se obtuvo efectivamente un total de 13 encuestas, las que abordan 82 obras para todo el sector, las cuales fueron en su totalidad validadas. Por motivos administrativos y ya que una de estas empresas forma un consorcio con varias empresas, uno de los cuestionarios equivale a 2 empresas del sector. La reducción de la cantidad de encuestas realizadas en relación al diseño muestral se decidió luego de pasado un tiempo prolongado de no recibir respuesta por parte de las empresas seleccionadas y sus sustitutas, atendiendo a que con el número ya realizado no se modificaba sustancialmente el error de la estimación.

- j) El resultado en cuanto a la cantidad de empresas encuestadas, incluyendo la estratificación de las mismas, se presenta en el cuadro siguiente. El error resultante es del 4%.

Cuadro 3.1
Sector Construcción
Muestra relevada

Número de empresas constructoras

Sector	G	M	P	Total
Construcción	10	2	2	14

Fuente: elaboración propia.

- k) En el Cuadro 3.2 se indican la cantidad de obras relevadas en la muestra según el tamaño de las empresas.

Cuadro 3.2
Sector Construcción

Cantidad de obras en la muestra relevada

Actividad	Grandes	Medianas	Pequeñas	Total
Construcción	47	18	17	82

Fuente: elaboración propia.

4. Expansión de los resultados y ajuste al balance Energético Nacional

La variable de expansión utilizada es el VECA (Valor Estimado de Contratación Anual) para el año 2006. Cabe señalar que la expansión se realiza por estratos de tamaño, de modo que se obtiene un Factor de Expansión por cada estrato de tamaño.

En los cuadros siguientes se indica el VECA de la muestra y del universo por cada estrato definido en el capítulo 2, y el consiguiente factor de expansión, que resulta del cociente entre los valores señalados.

Cuadro 4.1
Sector Construcción
VECA de la muestra, VECA total y factor de expansión (FE)
Año 2006

Estrato de la Muestra	VECA Muestra	VECA Universo	Factores de Expansión
G	12.145.777.071	16.052.644.308	1,32
M	184.798.664	4.664.133.945	25,24
P	32.237.275	1.231.996.399	38,22

Fuente: elaboración propia e información del VECA, MOPT, actualizado a junio 2006.

Una vez expandidos los resultados, es necesario ajustar estos valores a los consumos de cada fuente consignados en el Balance Energético Nacional (BEN) obtenidos de las estadísticas energéticas registradas.

Los Factores de Ajuste al BEN surgen, en líneas generales, como el cociente entre los valores de los consumos de energía por fuente obtenidos del BEN (Consumo Final + Consumo Intermedio en Autoproducción + Consumo No Energético) y los consumos de energía neta resultantes de la expansión de las encuestas.

Para algunas fuentes, el Factor de Ajuste al BEN se obtiene para cada sector independientemente; mientras que para otras en forma conjunta a otro sector o para la totalidad de los sectores de consumo.

En Construcción, se obtienen los FA como se detalla a continuación:

Supergás, Nafta, Queroseno y Gas Oil:

FA = (consumo final No Energético + consumo final Energético + consumo final de Autoproducción) del BEN / (consumo de Autoproducción + consumo final No Energético + consumo final Energético) de las muestras expandidas de todos los sectores y el consumo del sector Transporte.

Diesel Oil:

FA = (consumo Residencial + consumo Comercial y Servicios + consumo Transporte + consumo Construcción) del BEN / (consumo Residencial + consumo Comercial y Servicios + consumo Transporte + consumo Pesca + consumo Construcción) de las muestras expandidas

Fuel Oil (Uso No Energético):

FA = (consumo Residencial + consumo Comercial y Servicios + consumo Transporte + consumo Construcción) del BEN / (consumo Residencial + consumo Comercial y Servicios + consumo Transporte + consumo Construcción) de las muestras expandidas

Electricidad:

FA = (consumo construcción) del BEN / (consumo construcción) de las muestras expandidas

En el Cuadro 4.2 se presentan los Factores de Ajuste a aplicar a cada fuente del sector Construcción

Cuadro 4.2
Sector Construcción
Factores de Ajuste al Balance Energético
Año 2006

Fuente	Factor de Ajuste
Supergás	0,601
Gas Oil	0,921
Nafta	1,022
Queroseno	1,612
Diesel Oil	0,338
Fuel Oil	1,120
Electricidad	2,864

Fuente: elaboración propia.

Es de mencionar que el Factor de Ajuste alto resultante para la Electricidad (2,864) se debe en parte a que en la encuesta no se incluyeron las construcciones particulares. Con lo cual, de este modo, se incluyen dichos consumos aunque la estructura por usos de la construcción particular tenga algunas diferencias con la muestra encuestada.

5. Caracterización del Consumo de Energía Total del Sector Construcción

Para el Sector Construcción se analizará la estructura del consumo energético por fuentes y usos, tanto en Energía Neta como en Energía Útil, los rendimientos de utilización de cada fuente y cada uso, la importancia de cada uso en el conjunto de los usos, la participación de los usos en el consumo de las distintas fuentes y de las fuentes en los usos.

Es de mencionar que los consumos de Fuel Oil detectados corresponden a consumo No Energético (ver punto 5.3).

En el Anexo 1 se presentan las matrices de consumo por fuentes y usos para los diferentes estratos de tamaño.

5.1. Consumo de Energía Neta y Útil por Fuentes y Usos Total Sector

De acuerdo con el Cuadro 5.1.1, el consumo de Energía Neta del Sector Construcción alcanza 11,4 kTep, siendo la principal fuente el Gas Oil, que aporta un 81,2% del total de Energía Neta. Al nivel de los usos destaca la Fuerza Motriz Móvil, con 9,1 kTep, y prácticamente en su totalidad en base a la energía suministrada por el Gas Oil (99,3%).

Cuadro 5.1.1
Sector Construcción
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					537,6	537,6
Fuerza Motriz Móvil		28,9	37,9	9.047,4		9.114,2
Fuerza Motriz Fija		21,5		188,8	1.336,4	1.546,7
Uso no Productivo	35,9				145,1	181,0
Total	35,9	50,4	37,9	9.236,2	2.019,1	11.379,5

Nota: un 3,4% del abastecimiento eléctrico corresponde a autogeneración

Fuente: elaboración propia

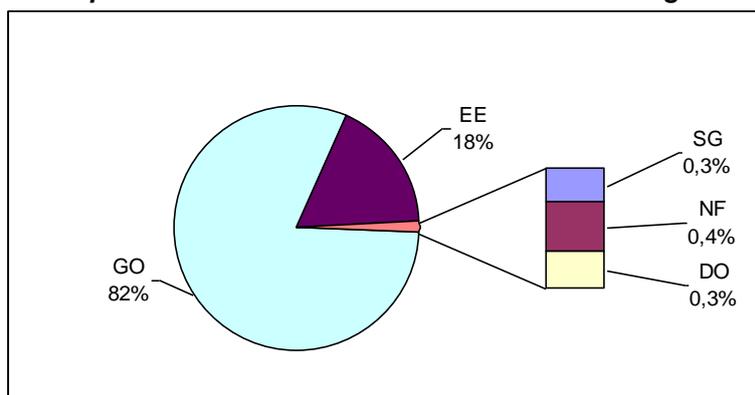
El Gráfico 5.1.1 y el Cuadro 5.1.2 ilustran la participación de las fuentes en el consumo de Energía Neta.

Cuadro 5.1.2
Sector Construcción
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Fuerza Motriz Móvil		0,3	0,4	99,3		100,0
Fuerza Motriz Fija		1,4		12,2	86,4	100,0
Uso no Productivo	19,8				80,2	100,0
Total	0,3	0,4	0,3	81,2	17,7	100,0

Fuente: elaboración propia

Gráfico 5.1.1
Sector Construcción
Participación de las fuentes en el consumo de Energía Neta



Fuente: elaboración propia

De acuerdo al Gráfico 5.1.1 y al Cuadro 5.1.2, la principal fuente de Energía Neta es el Gas Oil, que representa un 81,2% del total, seguido por la Energía Eléctrica con un 17,7%.

El Gráfico 5.1.2 y el Cuadro 5.1.3 ilustran la participación de los usos en el consumo de Energía Neta.

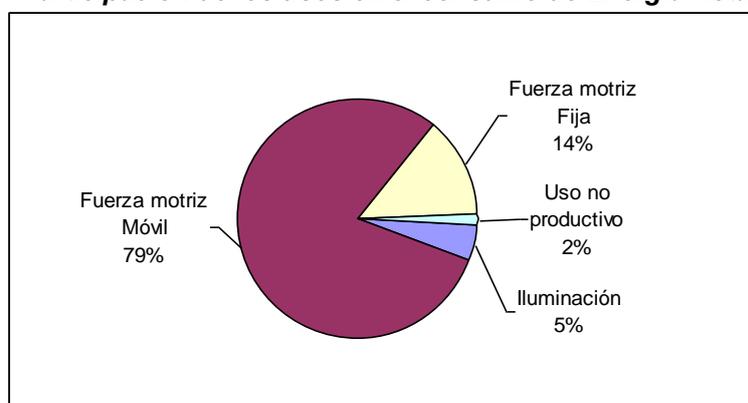
Cuadro 5.1.3
Sector Construcción
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Neta
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					26,6	4,7
Fuerza Motriz Móvil		57,4	100,0	98,0		80,1
Fuerza Motriz Fija		42,6		2,0	66,2	13,6
Uso no Productivo	100,0				7,2	1,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

En relación a los usos eléctricos, casi la totalidad del consumo se la llevan los equipos de Fuerza Motriz Fija y los equipos de Iluminación, con un 66,2% y 26,6%, respectivamente.

Gráfico 5.1.2
Sector Construcción
Participación de los usos en el consumo de Energía Neta



Fuente: elaboración propia

De acuerdo al Gráfico 5.1.2 y al Cuadro 5.1.3, el mayor consumo de Energía Neta corresponde a la Fuerza Motriz Móvil con un 80,1%, estando muy por sobre la Fuerza Motriz Fija, que representa un 13,6% del total de la Energía Neta.

De acuerdo con el Cuadro 5.1.4, el consumo de Energía Útil del Sector Construcción es de 3,9 kTep, siendo las principales fuentes el Gas Oil, con 2,5 kTep, y la Electricidad, con 1,4 kTep. Con respecto a los usos, el más importante es la Fuerza Motriz Móvil, con 2,5 kTep, y la Fuerza Motriz Fija, con 1,2 kTep.

Cuadro 5.1.4
Sector Construcción
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006- en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					95,0	95,0
Fuerza Motriz Móvil		5,2	9,1	2.439,6		2.453,9
Fuerza Motriz Fija		3,9		48,5	1.192,5	1.244,8
Uso no Productivo	16,2				131,4	147,6
Total	16,2	9,1	9,1	2.488,1	1.418,9	3.941,4

Fuente: elaboración propia

A continuación, el Cuadro 5.1.5, muestra la participación de las fuentes en el consumo de Energía Útil.

Cuadro 5.1.5
Sector Construcción
Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Útil
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					100,0	100,0
Fuerza Motriz Móvil		0,2	0,4	99,4		100,0
Fuerza Motriz Fija		0,3		3,9	95,8	100,0
Uso no Productivo	11,0				89,0	100,0
Total	0,4	0,2	0,2	63,1	36,0	100,0

Fuente: elaboración propia

Según el cuadro anterior, el Gas Oil, representa la fuente más importante de Energía Útil con 63,1%, seguido de la Electricidad con un 36,0%. Cabe destacar que la participación del Gas Oil disminuyó, mientras tanto la de la Electricidad se duplicó, lo que se debe principalmente al mayor rendimiento de los equipos eléctricos (Ver Cuadro 5.1.7).

El Cuadro 5.1.6 ilustra la participación de los usos en el consumo de Energía Útil.

Cuadro 5.1.6
Sector Construcción
Participación de los Usos en el Consumo de Energía Útil
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					6,7	2,4
Fuerza Motriz Móvil		57,4	100,0	98,0		62,3
Fuerza Motriz Fija		42,6		2,0	84,0	31,6
Uso no Productivo	100,0				9,3	3,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.1.6, la Fuerza Motriz Móvil sigue representando el mayor uso de Energía Útil (62,3%), seguido de la Fuerza Motriz Fija (31,6%). La disminución de participación de la Fuerza Motriz Móvil y el aumento de la Fuerza Motriz Fija se explica por el hecho de que la Fuerza Motriz Móvil funciona principalmente a Gas Oil, y la Fuerza Motriz Fija con Electricidad, la que presenta un rendimiento mayor (Ver Cuadro 5.1.7).

De acuerdo con el Cuadro 5.1.7, el rendimiento global del sector Construcción es de un 34,6%. La fuente que logra un mayor rendimiento en los usos principales es la Electricidad (70,3%). A nivel de los principales usos destaca la Fuerza Motriz Fija (80,5%) y el Uso no Productivo (81,5%).

Cuadro 5.1.7
Sector Construcción
Rendimientos de Utilización
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					17,7	17,7
Fuerza Motriz Móvil		18,0	24,0	27,0		26,9
Fuerza Motriz Fija		18,0		25,7	89,2	80,5
Uso no Productivo	45,0				90,6	81,5
Total	45,0	18,0	24,0	26,9	70,3	34,6

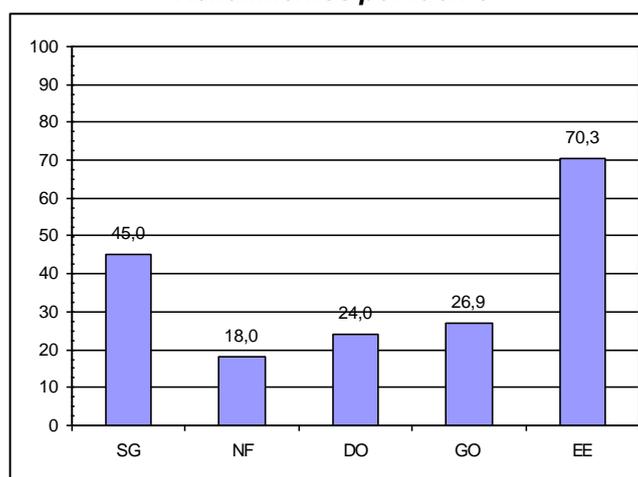
Fuente: elaboración propia

Nota:

1. El presente cuadro se calcula como cociente entre la Energía Útil y la Energía Neta. La Energía Útil se calcula para cada equipo según los rendimientos indicados en el Anexo 2.
2. Los consumos de electricidad incluyen a la electricidad autogenerada.

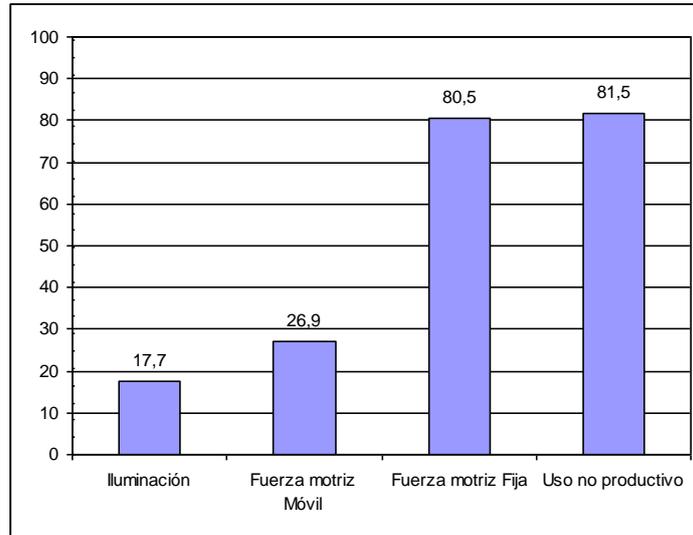
El Gráfico 5.1.3 y el Gráfico 5.1.4 permiten visualizar los rendimientos por fuentes y por usos, respectivamente.

Gráfico 5.1.3
Sector Construcción
Rendimientos por fuente



Fuente: elaboración propia

Gráfico 5.1.4
Sector Construcción
Rendimientos por uso



Fuente: elaboración propia

5.2. Consumo de Energía Neta por Fuente, Uso, Tipo de Equipo y Antigüedad

5.2.1. Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad de Equipos

En los cuadros que se presentan más adelante, en la columna “Antigüedad NO Definida” se presentan los consumos de energía neta de los Usos Iluminación y Usos No Productivos, porque en ambos no se preguntó la antigüedad de los equipos. En Iluminación no tiene sentido la Antigüedad, dada la reducida vida útil de las luminarias o que desde el punto de vista de los consumos ellos no son relevantes, como los Usos no Productivos. En la columna “Antigüedad NO Informada” se presentan los consumos de los equipos cuya antigüedad no se informó en la encuesta, a pesar de haberse preguntado. En la última columna y fila del cuadro se presentan los porcentajes correspondientes a los totales.

El Cuadro 5.2.1.1 y el Gráfico 5.2.1.1 muestran el consumo de Energía Neta por Uso y Antigüedad para el sector Construcción.

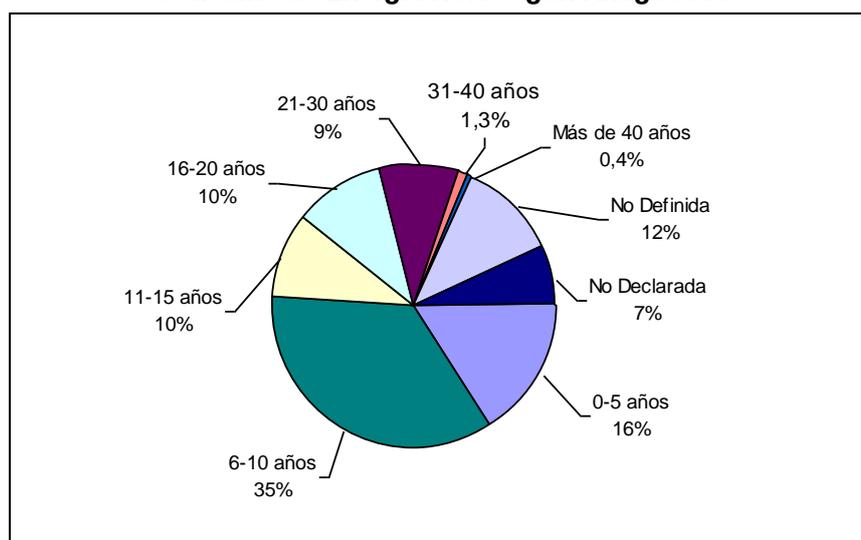
El consumo de energía se concentra en su mayoría en los equipos con antigüedad en el rango 6-10 años, con 4,0 kTep equivalentes al 35,3%, seguido por los equipos en el rango 0-5 años, con 1,8 kTep, equivalentes al 15,9%. Los equipos con más de 40 años de antigüedad concentran el 0,4% del consumo de energía neta (0,05 kTep). Los equipos con antigüedad no informada concentran el 6,6% del consumo del sector (0,8 kTep). Estos resultados porcentuales se ilustran en el Gráfico 5.2.1.1.

Cuadro 5.2.1.1
Sector Construcción
Consumo de Energía Neta por Usos según Antigüedad
Año 2006 – en Tep

Usos	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-30 años	31-40 años	Más de 40 años	NO definida	NO informada	Total	Total Porcentaje
Iluminación								538		538	4,7%
Fuerza Motriz Móvil	1.719	3.581	1.029	1.066	901	149	48		622	9.114	80,1%
Fuerza Motriz Fija	91	437	63	117	116	2	0	592	128	1.547	13,6%
Uso no Productivo								181		181	1,6%
Total	1.810	4.018	1.092	1.183	1.017	151	48	1.311	750	11.379	100%
Total Porcentaje	15,9%	35,3%	9,6%	10,4%	8,9%	1,3%	0,4%	11,5%	6,6%	100%	

Fuente: elaboración propia

Gráfico 5.2.1.1
Sector Construcción
Consumo de Energía Neta según Antigüedad



Fuente: elaboración propia

5.2.2. Consumo de Energía Neta en los Usos Importantes por Tipo de Equipo según su Antigüedad

A continuación se presenta un desglose de los Consumos de Energía Neta por Tipo de Equipo, según su Antigüedad, para Fuerza Motriz Móvil y Fuerza Motriz Fija, que resultaron ser los usos más importantes del sector Construcción.

Uso: Fuerza Motriz Móvil

El Cuadro 5.2.2.1 muestra el consumo de Energía Neta por Tipo de Equipo y Antigüedad, dentro de Fuerza Motriz Móvil. Es de mencionar que los consumos de camionetas y camiones corresponden al movimiento de materiales dentro de la obra.

Cuadro 5.2.2.1
 Uso: Fuerza Motriz Móvil
Consumo de Energía Neta por Tipo de Equipo según Antigüedad
 Año 2006 – en Tep

Tipo de Equipo	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-30 años	31-40 años	Más de 40 años	No Declarada	Total	Total Porcentaje
Autoelevadores	236	266	322	259	487	58	20		1.648	18,1%
Camiones	331	977	81	6	32				1.426	15,7%
Camiones Grúa		26							26	0,3%
Camiones Volcadores o Dumper		132							132	1,5%
Camionetas			29						29	0,3%
Cargadores Frontales	3	186	69	75					333	3,7%
Compactadoras	2	61	13	171				0	248	2,7%
Compresores de aire			3						3	0,0%
Grúas		1							1	0,0%
Mini Cargadores	14								14	0,1%
Motoniveladoras		240		8					247	2,7%
Retroexcavadoras	34	413	29						476	5,2%
Retroexcavadoras-Cargadores	35								35	0,4%
Terminadoras de Asfalto		3	21	5					30	0,3%
Tractores					14				14	0,2%
Otros Equipos y/o No Especificados	1.063	1.276	462	543	367	91	28	622	4.452	48,8%
Total	1.719	3.581	1.029	1.066	900	149	48	622	9.114	100%
Total Porcentaje	18,9%	39,3%	11,3%	11,7%	9,9%	1,6%	0,5%	6,8%	100%	

Fuente: elaboración propia

Se aprecia que el consumo más importante corresponde al tipo Otros Equipos y/o No Especificados (48,8%), que corresponden a equipos que no entran dentro del detalle anterior, como, por ejemplo, barredoras o simplemente equipos que carecían de la información necesaria. Se aprecia dentro de este tipo que el consumo recae principalmente en los rangos 0-5 años y 5-10 años.

El siguiente tipo en importancia es Autoelevadores, con un 18,1% del total. Aquí el consumo recae mayoritariamente en el rango 11-15 años.

Luego vienen los Camiones (15,7%), Retroexcavadoras (5,2%), Cargadores Frontales (3,7%), Compactadoras y Motoniveladoras (ambas con 2,7%). En estos tipos, el principal consumo recae en el rango 6-10 años, salvo en Compactadoras, donde el mayor consumo está en el rango 16-20 años.

Dentro de los equipos “Antiguos” destacan Tractores, donde el 100% de estos está en el rango 21-30 años. Las Camionetas y los Compresores de Aire en su totalidad superan los 10 años.

Uso: Fuerza Motriz Fija

El Cuadro 5.2.2.2 muestra el consumo de Energía Neta por Tipo de Equipo y Antigüedad, dentro de Fuerza Motriz Fija, donde se abordan equipos cuyo motor de funcionamiento no se encuentra asociado al desplazamiento de éste (pues se consideraría como fuerza motriz móvil).

Cuadro 5.2.2.2
Uso: Fuerza Motriz Fija
Consumo de Energía Neta por Tipo de Equipo según Antigüedad
Año 2006 – en Tep

Usos	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-30 años	31-40 años	Más de 40 años	No Definida	No Declarada	Total	Total Porcentaje
Bombas	9,7	0,8	0,9							11,4	0,7%
Compactadoras	1,3			29,9						31,2	2,0%
Compresores de aire		10,7	0,3							11,0	0,7%
Cortadores		0,1								0,1	0,0%
Grúas		0,04	16,8	2,1	8,2					27,1	1,8%
Hormigoneras	0,01	1,4	2,1	0,4						3,9	0,3%
Montacargas			3,0						2,8	5,9	0,4%
Plantas estabilizadoras				13,4						13,4	0,9%
Plantas trituradora piedras	16,5	146,9							45,9	209,3	13,5%
Platas de Asfalto					87,4				43,2	130,6	8,4%
Sierras	2,5		0,9							3,4	0,2%
Tableros herramientas								592,2		592,2	38,3%
Vibradores de Hormigón		0,4								0,4	0,0%
Otros Equipos y/o No Especificados	60,8	276,4	39,1	71,5	20,5	2,1	0,5		35,9	506,9	32,8%
Total	90,8	436,8	63,1	117,3	116,1	2,1	0,5	592,2	127,9	1.547	100%
Total Porcentaje	5,9%	28,2%	4,1%	7,6%	7,5%	0,1%	0,0%	38,3%	8,3%	100%	

Fuente: elaboración propia

Se aprecia que el segundo consumo más importante (32,8%) corresponde al tipo Otros Equipos y/o No Especificados, que corresponden a equipos que no entran dentro del detalle anterior, como amoladoras o taladros o, simplemente, equipos que carecían de información necesaria. Se aprecia dentro de este tipo que el consumo recae principalmente en los rangos 0-5 años y 6-10 años. El consumo más importante del sector recae en Tableros de Herramientas (38,3%), para los cuales no se especifica la antigüedad.

El siguiente tipo en importancia es Plantas Trituradoras de Piedra (13,5%), en que el consumo recae mayoritariamente en el rango 6-10 años.

En el caso de Sierras y Bombas, dominan ampliamente los equipos en el rango 0-5 años, en Vibradores de Hormigón, Plantas Trituradoras de Piedras, Cortadores y Compresores de Aire son mayoría los equipos pertenecientes al rango 6-10 años.

Dentro de los equipos “Antiguos” en Plantas de Asfalto es dominante el rango 21-30 años y en Plantas Estabilizadoras y Compactadoras, el rango 16-20 años.

5.3. Consumos No Energéticos por Estrato y Fuente

El Cuadro 5.3.1 ilustra el consumo de combustibles con fines No Energéticos en el sector Construcción, según tamaño

Cuadro 5.3.1
Sector Construcción
Consumos No Energéticos por Tamaño y Fuente
Año 2006 – en Tep

Estrato de Tamaño	FO	GO	KE	Total
Grande	1.280,0	2,1		1.282,1
Mediano			0,3	0,3
Pequeño				
Total	1.280,0	2,1	0,3	1.282,4

Fuente: elaboración propia

Según el Cuadro 5.3.1, solo hay uso considerable de combustibles con fines No Energéticos en las constructoras de tamaño Grande, principalmente de Fuel Oil, el que es usado exclusivamente en la elaboración de asfaltos para caminos. Las empresas del tipo Pequeño no registran uso de combustibles con fines No Energéticos, mientras que las del tipo Mediano consumen pero en una pequeña cantidad en relación al total.

5.4. Autoproducción de Electricidad

El Cuadro 5.4.1 ilustra la potencia instalada por fuente de combustible para el sector Construcción.

Cuadro 5.4.1
Sector Construcción
Potencia Instalada en Equipos de Autogeneración por Fuentes
Año 2006 – en kW

	NF	DO	GO	Total
Potencia Instalada	309	1.262	9.400	10.971

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 5.4.2 muestra la energía suministrada por fuente, según los equipos eléctricos utilizados.

Cuadro 5.4.2
Sector Construcción
Generación de Electricidad con Equipos de Autogeneración por Fuentes
Año 2006 – en MWh

	NF	DO	GO	Total
Electricidad Generada	21,4	57,7	2.331,7	2.410,7

Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar, también, que la Electricidad es generada principalmente en base a Gas Oil, luego le sigue muy por detrás el Nafta, y finalmente el Diesel Oil.

El Cuadro 5.4.3 muestra el consumo de combustible en la generación por fuentes.

Cuadro 5.4.3
Sector Construcción
Consumo de Combustibles para la Autogeneración por Fuentes
Año 2006 – en Tep

	NF	DO	GO	Total
Consumo de Combustibles	9,4	7,0	615,6	632,0

Fuente: elaboración propia

Según el Cuadro 5.4.3 el combustible más empleado es el Gas Oil, con un 0,6 kTep, le sigue el Nafta, y finalmente, el Diesel Oil.

6. Potencial de Ahorro por Fuentes y Uso

6.1. Bases para el Cálculo de los Potenciales de Ahorro

Se estimó un potencial de ahorro de energía neta para el sector Construcción a partir de una estimación del ahorro potencial en cada equipo en los distintos usos energéticos.

Se definió un rendimiento óptimo para cada tipo de equipo en los usos energéticos, obtenidos de diferentes referencias bibliográficas que se indican para cada uso, el cual determina el respectivo potencial de ahorro.

El consumo óptimo de un equipo k , usando la fuente de energía i , se calcula con la ecuación siguiente:

$$\text{Consumo}_{i,k}^{\text{optimo}} \text{ [ep]} = \frac{EU_{i,k} \text{ [ep]}}{\eta_k^{\text{optimo}} \left[\frac{\%}{100} \right]}$$

El ahorro de energía en cada equipo se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro}_{i,k} \text{ [ep]} = \text{Consumo}_{i,k} \text{ [ep]} - \text{Consumo}_{i,k}^{\text{optimo}} \text{ [ep]}$$

Como se mencionó en el capítulo 1, dadas las características del presente estudio se adoptaron rendimientos estándar para el cálculo de la energía útil o sea que los mismos no surgieron del relevamiento en campo. Por lo tanto, el potencial de ahorro aquí estimado es un valor indicativo.

Los rendimientos óptimos considerados para cada uso, fueron los siguientes:

Iluminación:

Se usó como rendimiento óptimo², el rendimiento de la lámpara más eficiente que tuviera un uso similar a la declarada.

- 25% que es el rendimiento de las lámparas fluorescentes y de bajo consumo, aplicable de reemplazo para lámparas incandescentes, halógenas y vapor de mercurio
- Las lámparas de sodio de alta presión, que tienen un rendimiento del 30% no se consideró un reemplazo más eficiente, dadas las características de este tipo de lámparas, cuyo reemplazo por otro tipo de lámpara depende directamente de las necesidades del usuario.

Fuerza Motriz Fija:

En el caso de motores eléctricos, el rendimiento óptimo se obtuvo a partir de los rendimientos según la NORMA IEC para motores eficientes EFF1, definida en función de la potencia del motor en HP o kW. Estos datos de potencia se expresaron en kep/hr y se

² Valores proporcionados por la DNETN.

obtuvo la siguiente ecuación para estimar el rendimiento óptimo de motores eléctricos, donde P es la potencia del motor:

$$\eta_k^{\text{óptimo}} \left[\frac{\%}{100} \right] = \frac{2,49 \cdot \ln \left(P \left[\frac{kep}{hr} \right] \right) + 90,65}{100}$$

El resultado de evaluar la fórmula anterior con la potencia del motor debe arrojar un resultado igual o menor a 95% (pues es el límite de validez de esta fórmula), en caso contrario se aplica este valor.

En el caso de motores de combustión interna la estimación de la eficiencia óptima depende de la fuente, considerando dos casos³:

- Gas Oil:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 29%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 37%.
- Nafta:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 21%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 23%.

Fuerza Motriz Móvil:

En el caso de motores eléctricos, el rendimiento óptimo será el mismo que se consideró para fuerza motriz fija.

En el caso de motores de combustión interna la estimación de la eficiencia óptima depende de la fuente, considerando dos casos⁴:

- Gas Oil, Diesel Oil:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 27%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 35%.
- Nafta:
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 21%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 23%.

Uso No Productivo:

En estos usos no se consideraron potencialidades de ahorro de energía.

³ Valores estimados en base a la experiencia PRIEN y la publicación Diesel Engine Design Academy 1999.

⁴ Idem anterior.

Autoproducción de Electricidad:

En el caso de la autoproducción de electricidad, la estimación del potencial de ahorro se realizó de manera similar a las anteriores, esto es, considerando un rendimiento óptimo para estimar el ahorro de igual manera que los demás usos. Sin embargo, aquí se consideraron tres formas de obtener ahorros en el consumo:

1. Ahorro por generación óptima
2. Ahorro por consumo óptimo
3. Ahorro conjunto

- Ahorro por generación óptima:

Este considera una eficiencia óptima en el equipo generador, independiente de los consumos que se alimenten.

El rendimiento óptimo utilizado corresponde a la multiplicación del rendimiento de un motor de máxima eficiencia⁵ alimentado con la fuente correspondiente (Gas Oil, Diesel Oil, Nafta), y el rendimiento máximo de un alternador eficiente (98%), puesto que se consideró un ahorro potencial sólo para los equipos mayores a 100 HP. La fórmula general es la siguiente:

$$\eta_k^{optimo} \left[\frac{\%}{100} \right] = \eta^{motor} \cdot 0,98$$

- Ahorro por consumo óptimo:

Este considera un ahorro de combustible del equipo generador obtenido a partir de un consumo óptimo en los equipos eléctricos a alimentar, manteniendo el rendimiento estimado, del equipo generador.

El ahorro se obtiene sumando los ahorros respectivos de todos los equipos eléctricos y dividiendo esta suma por el rendimiento del generador. En el caso de existir más de un equipo generador se pondera los ahorros correspondientes a cada equipo según la electricidad generada por el mismo con respecto al total. La fórmula general para estimar el ahorro del equipo generador i de una empresa con n generadores y m equipos eléctricos se presenta a continuación:

$$Ahorro_i[kep] = \frac{\sum_{k=1}^m Ahorro_k^{EE}[kep] \cdot \frac{Gen_i[kep]}{\sum_{j=1}^n Gen_j[kep]}}{\eta_i}$$

- Ahorro conjunto:

Este considera los dos ahorros anteriores aplicados a la vez, es decir, tanto un rendimiento óptimo del equipo generador como de los equipos eléctricos a alimentar. La fórmula general para estimar el ahorro del equipo generador i de una empresa con n generadores y m equipos eléctricos se presenta a continuación:

⁵ El rendimiento al que se refiere corresponde al rendimiento utilizado en Fuerza Motriz Fija.

$$Ahorro_i[kep] = \frac{\sum_{k=1}^m Ahorro_k^{EE}[kep] \cdot \frac{Gen_i[kep]}{\sum_{j=1}^n Gen_j[kep]}}{\eta_i^{óptimo}}$$

El potencial de ahorro estimado al nivel de la muestra se expande al universo con el mismo factor con que se expanden los consumos de Energía Neta.

6.2. Estimación de los Potenciales de Ahorro por Fuentes y Uso

En el Cuadro 6.2.1 se presenta el ahorro potencial estimado, en energía neta, por usos y por fuentes para el sector Construcción, los que alcanzan a 1,4 kTep. El mayor potencial de ahorro estimado por fuente se concentra en el Gas Oil y la Electricidad con 1,2 kTep y 0,3 kTep, respectivamente, y en relación a los usos, dichos ahorros se concentran en Fuerza Motriz Móvil para el cual se estimó ahorros de 1,2 kTep.

Cuadro 6.2.1
Sector Construcción
Estimación del Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					160,3	160,3
Fuerza motriz Móvil		4,1	4,2	1.152,8		1.161,2
Fuerza motriz Fija		3,1		33,4	91,3	127,9
Total		7,2	4,2	1.186,3	251,6	1.449,3

Fuente: elaboración propia

Nota: incluye electricidad autogenerada, pero no las mejoras de eficiencia en autogeneración.

El Cuadro 6.2.2 presenta la estimación de la importancia relativa de los potenciales de ahorro, la que alcanza a un total de 12,7%, destacando entre en relación a las fuentes, se estiman los mayores ahorros para Nafta, con un 14,3%, seguido del Gas Oil, con un 12,8%. En los usos los mayores ahorros porcentuales son en Iluminación y Fuerza Motriz Móvil, con un 29,8% y un 12,7%, respectivamente

Cuadro 6.2.2
Sector Construcción
Estimación del Ahorro por Fuente
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					29,8	29,8
Fuerza motriz Móvil		14,3	11,1	12,7		12,7
Fuerza motriz Fija		14,3		17,7	6,8	8,3
Total		14,3	11,1	12,8	12,5	12,7

Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 6.2.3 muestra el ahorro en Autoproducción de Electricidad por generación óptima del Sector Construcción, el que alcanza 101,5 Tep, debido únicamente a potencial de ahorro en equipos a Gas Oil.

Cuadro 6.2.3
Sector Construcción
Potencial de ahorro en Autoproducción por generación óptima
Año 2006 – en Tep

	NF	DO	GO	Total
Potencial de Ahorro			101,5	101,5

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 6.2.4 muestra el ahorro en Autoproducción de Electricidad por consumo óptimo del Sector Construcción, el que alcanza 13,8 Tep.

Cuadro 6.2.4
Sector Construcción
Potencial de ahorro en Autoproducción por consumo óptimo
Año 2006 – en Tep

	NF	DO	GO	Total
Potencial de Ahorro	1,3	0,1	12,5	13,8

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 6.2.5 muestra el ahorro en Autoproducción de Electricidad por Ahorro conjunto del Sector Construcción, el que alcanza 113,7 Tep, siendo la principal fuente a ahorrar el Gas Oil.

Cuadro 6.2.5
Sector Construcción
Potencial de ahorro en Autoproducción por Ahorro conjunto
Año 2006 – en Tep

	NF	DO	GO	Total
Potencial de Ahorro	1,3	0,1	112,3	113,7

Fuente: elaboración propia

Nota: El ahorro conjunto no corresponde a la suma de los dos ahorros (autogeneración y uso)

7. Importancia del los Factores para los Procesos de Sustitución

De las 13 encuestas realizadas, 10 contestaron la pregunta 19 del cuestionario. En ella se pedía ordenar por importancia los factores que influyen en la elección de las fuentes de energía. Los factores que se incluyeron en la pregunta se indican a continuación:

- Costo de la fuente de energía
- Costo del equipamiento nuevo y su instalación
- Seguridad, comodidad y limpieza de la fuente de energía
- Daño sobre el medio ambiente exterior

A continuación se presentan los resultados obtenidos. Es importante notar que en algunos casos los porcentajes no suman 100%, situación que obedece a que los encuestados asignaron la misma prioridad a más de un factor en dichos casos.

- Costo de la fuente de energía: un 40% le asignó la primera prioridad, un 40% la segunda, un 0% la tercera y 20% la última.
- Costo del equipamiento nuevo y su instalación: un 30% le asignó la primera prioridad, un 30% la segunda, un 20% la tercera y 20% la última.
- Seguridad, comodidad y limpieza de la fuente de energía: un 20% le asignó la primera prioridad, un 30% la segunda, un 40% la tercera y 10% la última.
- Daño sobre el medio ambiente exterior: un 10% le asignó la primera prioridad, un 0% la segunda, un 30% la tercera y 60% la última.

Dados los resultados obtenidos, es posible ordenar los factores según la prioridad asignada que obtuvo mayor porcentaje en cada uno. De esta manera, los factores quedan ordenados como siguen:

1. Costo de la fuente de energía
2. Costo del equipamiento nuevo y su instalación
3. Seguridad, comodidad y limpieza de la fuente de energía
4. Daño sobre el medio ambiente exterior

8. Metodología de Actualización

Se presenta en este punto la metodología general para la actualización de los resultados de este estudio para los años posteriores al 2006.

El método parte de mantener las relaciones estructurales del consumo energético, obtenidas para el año 2006, que sólo se modifican apreciablemente en el largo plazo. Ello implica suponer que las principales características del consumo energético de la muestra relevada, dentro de un mismo módulo homogéneo, siguen siendo válidas. Estas características se resumen en los siguientes parámetros:

- Intensidad energética
- Estructura por usos del consumo energético
- Estructura por fuentes del consumo energético
- Rendimientos de utilización por fuentes y usos

Si bien no se puede establecer a priori un plazo en el que será necesario volver a realizar las encuestas, se considera que este método de actualización tiene una validez razonable, atendiendo a la finalidad para la que se realizó este estudio, de unos 5 a 10 años, dependiendo ello de los cambios que ocurran en las pautas de consumo de energía del sector. Será en definitiva el analista energético quien decida el momento para la realización de una nueva encuesta si dispone de fondos para ello.

Básicamente, la actualización se divide en dos etapas:

1. Nueva expansión de los resultados de la muestra al año de actualización
2. Ajuste de la nueva expansión al Balance Energético Nacional

8.1. Nueva Expansión de los Resultados de la Muestra

La variable de expansión para el sector Construcción corresponde al VECA (Valor Estimado de Contratación Anual) y la intensidad energética es consumo de energía por unidad de medida del VECA.

Los pasos a seguir para la nueva expansión de los resultados son los siguientes:

1. Obtener los VECA por estrato de tamaño para el año de actualización
2. Obtener los nuevos Factores de Expansión, por estrato, dividiendo el valor del VECA del estrato con el valor del VECA del total de la muestra del estrato correspondiente.
3. Volver a expandir las matrices de consumo por fuentes y usos en energía neta para cada estrato de tamaño (presentadas en el Anexo 1).

La forma más práctica de realizar la nueva expansión es dividir cada elemento de las matrices de fuentes y usos por el correspondiente Factor de Expansión del año 2006 y luego multiplicarlos por los Factores de Expansión actualizados.

4. Para actualizar las matrices de consumo de energía útil por fuentes y usos por estrato, se dividen las correspondientes matrices en energía neta actualizadas por las matrices

de rendimientos del Anexo 1. Aunque esta operación es conveniente hacerla luego de realizar el ajuste al Balance Energético Nacional que se explica en el siguiente punto 8.2.

5. En el caso del Consumo No Energético y de Autoproducción se utilizan los mismos Factores de Expansión calculados en el paso 2, no haciéndose una distinción especial para estos usos.

8.2. Ajuste al Balance Energético Nacional

Esta segunda etapa del proceso de actualización consiste en ajustar los resultados de las nuevas expansiones de las muestras al Balance Energético Nacional (BEN) del año actualizado.

Los nuevos Factores de Ajuste al BEN para cada fuente consumida en el sector Construcción deben calcularse repitiendo el procedimiento detallado en el Capítulo 4.

Los nuevos Factores de Ajuste deben aplicarse a todos los resultados obtenidos en el punto anterior, concluyendo así el proceso de actualización.

Anexo 1. Consumo de Energía Neta, Útil, Rendimientos y Potencial de Ahorro por Fuentes y Usos según Tamaño

En el presente Anexo se presentan los resultados del consumo del Sector Construcción expandidos por tamaño. Los valores presentados son una referencia preliminar, pues la expansión del presente sector se hizo por los valores de VECA y no por tamaño de las empresas, por lo cual no se puede asegurar los niveles de confianza y error a nivel de estrato de tamaño.

1. Estrato Grande

Cuadro A1.1.1
Sector Construcción - Estrato Grande
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total	Total Porcentaje
Iluminación					34,5	34,5	0,4%
Fuerza Motriz Móvil		4,7	0,4	7.544,5		7.549,6	87,2%
Fuerza Motriz Fija		17,6		164,0	830,8	1.012,4	11,7%
Uso no Productivo	9,0				50,2	59,2	0,7%
Total	9,0	22,3	0,4	7.708,5	915,4	8.655,6	100,0%
Total Porcentaje	0,1%	0,3%	0,0%	89,1%	10,6%	100,0%	

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.1.2
Sector Construcción - Estrato Grande
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total	Total Porcentaje
Iluminación					3,4	3,4	0,1%
Fuerza Motriz Móvil		0,8	0,1	2.041,9		2.042,8	70,4%
Fuerza Motriz Fija		3,2		42,6	761,8	807,5	27,8%
Uso no Productivo	4,1				42,3	46,4	1,6%
Total	4,1	4,0	0,1	2.084,5	807,5	2.900,2	100,0%
Total Porcentaje	0,1%	0,1%	0,0%	71,9%	27,8%	100,0%	

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.1.3
Sector Construcción - Estrato Grande
Rendimientos de Utilización
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					10,0	10,0
Fuerza Motriz Móvil		18,0	24,0	27,1		27,1
Fuerza Motriz Fija		18,0		26,0	91,7	79,8
Uso no Productivo	45,0				84,4	78,4
Total	45,0	18,0	24,0	27,0	88,2	33,5

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.1.4
Sector Construcción - Estrato Grande
Estimación de Potenciales de Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					20,7	20,7
Fuerza motriz Móvil		0,7	0,04	966,3		967,0
Fuerza motriz Fija		2,5		29,2	36,3	68,0
Total		3,2	0,04	995,4	56,9	1.055,6

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.1.5
Sector Construcción - Estrato Grande
Estimación del Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					60,0	60,0
Fuerza motriz Móvil		14,3	11,1	12,8		12,8
Fuerza motriz Fija		14,3		17,8	4,4	6,7
Total		14,3	11,1	12,9	6,2	12,2

Fuente: elaboración propia.

2. Estrato Mediano

Cuadro A1.2.1
Sector Construcción - Estrato Mediano
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total	Total Porcentaje
Iluminación					27,3	27,3	2,5%
Fuerza Motriz Móvil		24,2	37,6	620,5		682,3	61,9%
Fuerza Motriz Fija		3,9		24,8	242,2	270,9	24,6%
Uso no Productivo	26,9				94,9	121,8	11,1%
Total	26,9	28,1	37,6	645,4	364,5	1.102,4	100,0%
Total Porcentaje	2,4%	2,5%	3,4%	58,5%	33,1%	100,0%	

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.2.2
Sector Construcción - Estrato Mediano
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total	Total Porcentaje
Iluminación					4,3	4,3	0,8%
Fuerza Motriz Móvil		4,4	9,0	186,0		199,3	38,7%
Fuerza Motriz Fija		0,7		6,0	204,1	210,8	40,9%
Uso no Productivo	12,1				89,1	101,2	19,6%
Total	12,1	5,1	9,0	191,9	297,6	515,7	100,0%
Total Porcentaje	2,3%	1,0%	1,7%	37,2%	57,7%	100,0%	

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.2.3
Sector Construcción - Estrato Mediano
Rendimientos de Utilización
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					15,8	15,8
Fuerza Motriz Móvil		18,0	24,0	30,0		29,2
Fuerza Motriz Fija		18,0		24,0	84,3	77,8
Uso no Productivo	45,0				93,9	83,1
Total	45,0	18,0	24,0	29,7	81,6	46,8

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.2.4
Sector Construcción - Estrato Mediano
Estimación de Potenciales de Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					12,7	12,7
Fuerza motriz Móvil		3,5	4,2	88,5		96,2
Fuerza motriz Fija		0,6		4,3	27,8	32,7
Total		4,0	4,2	92,8	40,5	141,6

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.2.5
Sector Construcción - Estrato Mediano
Estimación del Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					46,6	46,6
Fuerza motriz Móvil		14,3	11,1	14,3		14,1
Fuerza motriz Fija		14,3		17,2	11,5	12,1
Total		14,3	11,1	14,4	11,1	12,8

Fuente: elaboración propia.

3. Estrato Pequeño

Cuadro A1.3.1
Sector Construcción - Estrato Pequeño
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total	Total Porcentaje
Iluminación					475,8	475,8	29,3%
Fuerza Motriz Móvil				882,3		882,3	54,4%
Fuerza Motriz Fija					263,4	263,4	16,2%
Uso no Productivo							
Total				882,3	739,2	1.621,5	100,0%
Total Porcentaje				54,4%	45,6%	100,0%	

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.3.2
Sector Construcción - Estrato Pequeño
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total	Total Porcentaje
Iluminación					87,2	87,2	16,6%
Fuerza Motriz Móvil				211,8		211,8	40,3%
Fuerza Motriz Fija					226,5	226,5	43,1%
Uso no Productivo							
Total				211,8	313,8	525,5	100,0%
Total Porcentaje				40,3%	59,7%	100,0%	

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.3.3
Sector Construcción - Estrato Pequeño
Rendimientos de Utilización
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					18,3	18,3
Fuerza Motriz Móvil				24,0		24,0
Fuerza Motriz Fija					86,0	86,0
Uso no Productivo						
Total				24,0	42,4	32,4

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.3.4
Sector Construcción - Estrato Pequeño
Estimación de Potenciales de Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					126,9	126,9
Fuerza motriz Móvil				98,0		98,0
Fuerza motriz Fija					27,2	27,2
Total				98,0	154,1	252,2

Fuente: elaboración propia

Cuadro A1.3.5
Sector Construcción - Estrato Pequeño
Estimación del Ahorro por Fuentes y Usos
Año 2006 – en %

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación					26,7	26,7
Fuerza motriz Móvil				11,1		11,1
Fuerza motriz Fija					10,3	10,3
Total				11,1	20,8	15,6

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Rendimientos de Utilización por Tipo de Equipo y Fuente

Debido al diseño de la encuesta, y entendiendo que los datos entregados por los encuestados en cuanto a aspectos técnicos no resulta lo suficientemente confiable, se optó por no incluir dentro de las preguntas el rendimiento de los equipos, de modo que todos los rendimientos utilizados en el procesamiento de las encuestas son valores promedio estándar. Estos valores se presentan, para cada uso, a continuación:

Iluminación:

Los valores utilizados por tipo de lámpara se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro A2.1
Sector Construcción
Rendimientos de utilización Iluminación
Año 2006 – en %

Tipo de lámpara	Rendimiento [%]
Incandescente	5%
De bajo consumo	25%
Halógena	5%
Haluro metálico	25%
Fluorescente	25%
Vapor de mercurio	17,5%
Sodio alta presión	30%
Sodio baja presión	50%

Fuente: FB-PRIEN

Fuerza Motriz Fija:

En el caso de motores eléctricos, el rendimiento se obtuvo a partir de una regresión aplicada una tabla de valores medios de rendimientos para motores estándar⁶, definida en función de la potencia del motor en HP o kW. Estos datos de potencia se expresaron en kep/hr y se obtuvo la siguiente ecuación para estimar el rendimiento de los motores eléctricos, donde P es la potencia del motor:

$$\eta_k^{Motor-e} \left[\frac{\%}{100} \right] = \frac{3,59 \cdot \ln \left(P_k \left[\frac{kep}{hr} \right] \right) + 85,26}{100}$$

El resultado de aplicar esta fórmula tiene validez entre el rango 70%-95%, de modo que el rendimiento obtenido queda acotado por estos valores.

⁶ Ref. John C. Andreas: *Energy Efficient Electric Motors*, Ed. Decker, 1992.

En el caso de los equipos a combustión interna⁷, la estimación de la eficiencia óptima depende de la fuente, considerándose dos casos:

- **Gas Oil:**
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 24%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 30%.
- **Nafta:**
 - Para potencias menores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 18%.
 - Para potencias mayores a 100 HP, se ha considerado una eficiencia óptima de 20%.

Fuerza Motriz Móvil:

Se utilizan los mismos rendimientos de Fuerza Motriz Fija.

Uso No Productivo:

En uso No Productivo se encuentran básicamente equipos electrodomésticos o de transferencia de calor (cocinas, calefones). Los rendimientos utilizados en este caso corresponden a rendimientos promedio utilizados en el sector residencial⁸. A continuación se indican los valores según uso:

- Para los equipos eléctricos como Microondas, Heladeras y Aire Acondicionado se estimó un rendimiento de 80%.
- Para los Calefones eléctricos se estimó un rendimiento de 95%.
- Para los equipos de Calor a Supergás (Cocinas, Calefones) se estimó un rendimiento de 45%.

Autogeneración de Electricidad:

El rendimiento estimado para los equipos generadores depende de la fuente utilizada. Los valores utilizados para cada fuente se presentan a continuación⁹:

- Gas Oil: 30%
- Diesel Oil: 24%
- Nafta: 20%

⁷ Valores obtenidos en base a la experiencia PRIEN, Fundación Bariloche y la publicación Diesel Engine Design Academy 1999.

⁸ Valores estimados en base a la experiencia de Fundación Bariloche.

⁹ Valores estimados en base a la experiencia PRIEN.

Anexo 3. Guía para el Procesamiento de la Encuesta del Sector Construcción

1. INTRODUCCION Y CONCEPTOS BASICOS

Esta guía contiene una descripción del procesamiento de la información relevada en la encuestas sobre Consumo y Usos de la Energía en el sector Construcción. Abarca el tratamiento que deben recibir los datos e información desde el momento en que ya se ha realizado la crítica y codificación de cada cuestionario relevado, hasta los resultados finales a obtener de la encuesta.

Los resultados a obtener son los siguientes:

- Las matrices de consumo de energía neta y energía útil por fuentes y usos (Balance Nacional de Energía Útil - BNEU).
- Características del parque de equipos y modalidad de uso, eficiencia en el consumo de energía y oportunidades de sustitución de energéticos.
- Estimación de potenciales de mejoramiento de la eficiencia.
- Y la información necesaria para la posterior utilización de los modelos analíticos de prospectiva energética.

Estos resultados se obtendrán por empresa constructora y por obra realizada por la constructora. Las empresas se estratificarán según su “valor estimado de construcción anual”, constituyéndose distintos subsectores.

1.1 Fuentes, Usos, Energía Neta y Energía Útil

El listado de fuentes energéticas consideradas en el sector construcción es el siguiente:

1. Electricidad
2. Nafta
3. Diesel Oil
4. Gas Oil
5. Supergás
6. Fuel Oil

Se distinguen los siguientes usos de la energía en el sector construcción, los cuales se pueden dar en distintos equipos:

1. Iluminación
2. Fuerza Motriz Móvil
3. Fuerza Motriz Fija
4. Uso no Productivo
5. Uso no Energético

Aparte de estos usos de la energía, en las encuestas se pregunta por la producción de electricidad mediante grupos electrógenos. Los consumos de energía de estos equipos asociados a la producción de electricidad no se contabilizan en las matrices de fuentes y usos, ya que en el BEN estos consumos se incluyen en los centros de transformación.

Otro uso mencionado en las encuestas es el uso de asfalto, que corresponde a un Uso no Energético, en el cual se emplea Fuel Oil. Además de esto pueden existir otros usos no energéticos como limpieza y lubricación, que emplean otros combustibles como Keroseno y Gas Oil.

1.2 Energía Neta y Energía Útil

Para la elaboración del BNEU es necesario determinar los consumos de energía por fuente y uso, a nivel de energía neta y energía útil. Esta última se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Energía Útil} = \text{Energía Neta} * \eta$$

Donde η es el rendimiento del equipo de utilización de las fuentes de energía.

1.3 Subsectores Construcción

Para realizar el diseño muestral de la encuesta del sector construcción se considerará el tipo de obra que realizan las empresas, estos son los siguientes:

- Movimiento de Suelos
- Pavimentos
- Estructuras de Hormigón
- Albañilería
- Montajes
- Hidráulica

El universo de empresas se estratificará según su “Valor Estimado de Construcción Anual” Se encuestarán en una muestra cuya cantidad permitirá tener un nivel de confianza de 95% con un error aceptable.

2. OBJETIVOS DEL PROCESAMIENTO

El procesamiento de los datos relevados en la encuesta persigue los siguientes objetivos:

- a) Analizar la consistencia de los datos obtenidos en cada cuestionario y validarlos, esto es el cierre de cada cuestionario. Después de este análisis cada cuestionario puede ser aceptado, devuelto para su re-pregunta o rechazado.
- b) Obtención de los resultados de la muestra encuestada.
- c) Expansión de los resultados al universo de las empresas constructoras que integran el sector usando como variable de expansión la máxima facturación de los últimos 5 años.
- d) Ajuste de los resultados al BEN.

3. SALIDAS O RESULTADOS A OBTENER

Los resultados que se presentan a continuación se obtienen expandiendo los resultados de la muestra al universo de empresas constructoras, una vez realizado el cierre de cada cuestionario de la muestra.

3.1 Matriz de Consumo Neto por fuentes y usos en Tep

Esta salida muestra las cantidades de energía neta consumida de cada una de las fuentes y las cantidades que se destinan a los diferentes usos, en cada subsector de la construcción.

En el Cuadro 3.1 se presenta esta matriz y la unidad de medida en que están expresadas las cantidades es la tonelada equivalente de petróleo (Tep).

Cuadro 3.1
Sector Construcción
Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos en Tep
Año 2006 - Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación						
Fuerza Motriz Móvil						
Fuerza Motriz Fija						
Uso no Productivo						
Total						

3.2 Matriz de Consumo Útil por fuentes y usos en Tep

Esta salida (Cuadro 3.2) tiene las mismas características que la anterior, pero en este caso se muestran los consumos de energía útil por fuentes y usos, en cada subsector de la construcción.

Este cuadro de resultados se obtiene multiplicando el consumo de energía neta de cada equipo por su rendimiento, para los equipos de cada uso energético con cada fuente.

Cuadro 3.2
Sector Construcción
Consumo de Energía Útil por Fuentes y Usos en Tep
Año 2006 - Tep

Usos	SG	NF	DO	GO	EE	Total
Iluminación						
Fuerza Motriz Móvil						
Fuerza Motriz Fija						
Uso no Productivo						
Total						

3.3 Otros Resultados

Otras salidas a obtener son:

- **Oportunidades de sustitución de energéticos:** porcentaje de participación de cada respuesta en el total de empresas constructoras encuestadas.

Cuadro 3.3
Sector Construcción
Sustitución de Energéticos
IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FACTORES DE SUSTITUCIÓN DE ENERGETICOS (%)
Sector: CONSTRUCCION

Factor de Sustitución	Importancia			
	1	2	3	4
Precio de la fuente				
Inversión en instalaciones				
Calidad del servicio				
Impacto ambiental				

Nota: Corresponde al porcentaje (%) de encuestados que calificó cada factor de sustitución..

- **Consumo de energía por usos y antigüedad:** para cada fuente y uso se desagregará el consumo de energía neta y útil por tipo de equipo y rango de antigüedad.

Cuadro 3.4

Sector Construcción

Consumo de Energía por Equipo, Tecnología y Antigüedad

Usos	0-20 años	21-40 años	Más de 40 años	No Definida	No Declarada	Total
Iluminación						
Fuerza Motriz Móvil						
Fuerza Motriz Fija						
Uso no Productivo						
Total						

4. IDENTIFICACION DE TABLAS DE DATOS PARA EL PROCESAMIENTO

En este punto se indican las principales tablas de datos que son necesarios para el procesamiento de las encuestas, su estructura y el tipo de los campos. Se deja como tarea para el programador el diseño de las tablas auxiliares y sus relaciones a los fines de la programación del procesamiento.

4.1 Tabla de Unidades

Esta Tabla contiene las unidades de medida (kilogramos, litros, botellas, bolsas, kWh, etc.) en que se expresan corrientemente las compras de las distintas fuentes energéticas en las empresas constructoras del país y sus factores de conversión a kep (kilogramo equivalente de petróleo).

El kep es la unidad común que se utilizará para el procesamiento y también para presentar los resultados. Para los resultados se utilizará también un múltiplo, la Tep (tonelada equivalente de petróleo; 1 Tep = 1.000 kep).

Cuadro 4.1

Estructura de la Tabla de Unidades

CAMPO	TIPO	LONGITUD
Código de la fuente	Texto	2
Nombre de la fuente	Texto	15
Código de la unidad	Texto	2
Nombre de la unidad	Texto	15
Coeficiente de conversión a kep	Numérico	xx,xxxx

Esta tabla tendrá alrededor de 50 registros y se entregará al programador con los datos ya ingresados en archivo de Excel.

4.2 Tablas de Rendimientos por tipo de Equipo

En caso de que los datos relevados en los cuestionarios no proporcionen un valor al rendimiento de los equipos, se usará una tabla de rendimientos elaborada para cada tipo de equipo.

Algunos tipos de equipos que se consideran son los siguientes:

- Iluminación
- Grupos electrógenos
- Maquinaria a combustible
- Maquinaria eléctrica
- Etc.

Estas tablas se elaborarán para cada tipo de equipo que consume energía en el sector construcción del país. Para cada tipo de equipo se indicará en la tabla el uso energético al cual está asociado, la fente energética que consume y una eficiencia o rendimiento de acuerdo a ciertas características generales y de operación que son determinantes de su rendimiento.

Esta tabla tendrá la estructura de campos mostrada en el Cuadro 4.2 y se entregará al programador con los datos ya ingresados en archivo de Excel.

Cuadro 4.2
Estructura de la Tabla de Equipos

Campo	Tipo	Longitud
Código tipo de equipo	Texto	3
Nombre tipo de equipo	Texto	20
Uso	Texto	2
Fuente	Texto	2
Rendimiento caso A	Numérico	3 (xx,x)
Rendimiento caso B	Numérico	3 (xx,x)
Rendimiento caso C	Numérico	3 (xx,x)
Rendimiento caso D	Numérico	3 (xx,x)

4.3 Tabla de Datos del Cuestionario

Esta tabla contendrá todos los datos relevados por el cuestionario de la encuesta del Sector Construcción sobre Consumos y Usos de la Energía.

La estructura de campos de la Tabla de Datos del Cuestionario está definida por el formulario de la encuesta anexa a este informe.

Es de mencionar que dicho cuestionario tiene todas las posibilidades de consumo de energía de las diversas fuentes y equipos que pueden utilizar las constructoras en Uruguay.

El programador en forma conjunta con el responsable del procesamiento de la encuesta diseñará las pantallas de ingreso de datos a partir del cuestionario de la encuesta.

Se deja a criterio del analista de sistemas y/o programador definir la estructura más adecuada de esta tabla, pudiendo recomendar subdividir la tabla de forma de optimizar el almacenamiento de datos y su procesamiento.

5. RECEPCIÓN Y REVISIÓN DE CUESTIONARIOS

La recepción de los cuestionarios la realizará un “Supervisor”. Sus funciones serán las siguientes:

- Supervisar que los encuestadores lleguen a los lugares en que se aplicará la encuesta y que los cuestionarios sean contestados por personas idóneas.
- Revisar que las preguntas básicas o fundamentales de los cuestionarios estén respondidas.
- Revisar cualitativamente que en el caso de haber compras de un energético hayan equipos de consumo de ese energético en el interior del cuestionario.
- En caso de haber inconsistencias, se realizarán consultas telefónicas a quienes hayan respondido los cuestionarios y/o se reenviarán los cuestionarios para que sean corregidos.

Los cuestionarios que sean aprobados por el Supervisor pasan a las manos de un “Crítico” o un “Especialista” cuya labor es más técnica. Las funciones de esta persona son las siguientes:

- Da una segunda revisión cualitativa a la existencia de equipos de consumo de algún energético cuando se registran compras del mismo.
- Revisa que el consumo de equipos eléctricos esté en kWh y no en litros, etc.
- Convierte las unidades usadas por los encuestados a las unidades en que se procesarán los datos en Excel. En los cuestionarios hay espacios para responder en la unidad más comúnmente usada y también hay espacio para que se responda en las unidades que cada encuestado usa normalmente.
- En caso de haber inconsistencias, se realizarán consultas telefónicas a quienes hayan respondido los cuestionarios y/o se reenviarán los cuestionarios para que sean corregidos.

Los cuestionarios que sean aprobados por el Crítico” pasan a la etapa de ingreso de los cuestionarios al programa Excel para su procesamiento.

Nota: se sugiere indicar a quienes respondan los cuestionarios que sería bueno que revisen si las compras de energéticos cuadran con los consumos de los distintos equipos.

6. DESCRIPCION DEL PROCESAMIENTO

En las ecuaciones que se indique se utilizarán los siguientes subíndices:

- s: subsector de construcción
- h: una obra de una empresa constructora
- i: fuente energética
- j: uso energético
- k: equipo

6.1 Cálculo del Consumo Neto Anual de cada Energético

El consumo anual de energía neta de cada fuente en una explotación se obtiene a partir de las compras que realizadas en la obra. Esta es la información más fiable de la encuesta:

$$CNT_{shi} = \text{Compras Anuales}$$

Para la Electricidad, sus compras están registradas en las bases de datos de la empresa distribuidora y se cuenta con esta información para todas las empresas abastecidas. De todas formas se pregunta en los cuestionarios por sus consumos anuales y se pide una factura como verificación.

Las preguntas por consumos de energía neta de la obra son dirigidas a toda la obra. En el caso de obras que se iniciaron antes del 2005 y/o terminan después del 2005, los consumos asociados al año 2005 se estiman proporcionalmente al porcentaje de la obra realizado durante el 2005.

6.2 Cálculo del Consumo Neto Anual de cada Energético por Equipo

Para calcular el consumo neto de los equipos se usará su potencia nominal, la cual es preguntada y se considera un dato fiable, junto con un factor de carga también preguntado o usando valores razonables, y sus horas de operación anual o factor de uso, también preguntados. En el caso de combustible, también se incluye en el cálculo el poder calorífico inferior (PCI) respectivo. Con esta opción el consumo de energía neta de un equipo se calcula de la manera siguiente:

$$CN_{shijk} = \frac{P.Nom_{shijk} \cdot Fc_{shijk} \cdot Hr_{shijk}}{PCI_i}$$

Para los equipos en que no se tiene su factor de carga y su factor de uso, se usarán factores razonables para equipos usados en la construcción. Tanto el Fc como el Fu finalmente se ajustarán para hacer el cierre de los cuestionarios.

En el caso de los equipos de autogeneración, de usarse su potencia nominal, ella está referida a la salida del equipo, por ende, para calcular sus consumos netos se dividirán las potencias por rendimientos típicos acordes al equipo de autogeneración, considerando sus horas de operación o factores de utilización como se indicó. Estos consumos de energía neta se restan al sector construcción, pues se contabilizan como Centros de Transformación, los cuales no son parte de este proyecto.

6.3 Cierre de los Consumos Netos

El cierre de los cuestionarios es realizado por un “Especialista”. Para ello, el programa de procesamiento de los cuestionarios genera una Lista de Control en un cuadro resumen en el que se calcula un factor α para cada energético en cada cuestionario. Este factor cuantifica el error porcentual entre la suma de los consumos netos (CN) de un energético en distintos equipos con las compras o consumos netos totales (CNT) de dicho energético, es decir:

$$\alpha_{shi} = \left| \frac{CNT_{shi} - \sum_k CN_{shijk}}{CNT_{shi}} \right|$$

El cuadro con la lista de control tendrá un formato como el siguiente:

Cuadro 6.1
Análisis de Consistencia - Desvíos

ANALISIS DE CONSISTENCIA - DESVIOS (α_i)

Año: 2006

Sector: CONSTRUCCION

Nº de Encuesta	Electricidad	Nafta	Diesel Oil	Gas Oil	Fuel Oil	...
1						
2						
3						
4						
...						
...						
...						
n						

Si en un cuestionario los α_i de cada energético están dentro de cierto margen de error, el que se definirá una vez elaborada la lista de control, el cuestionario será aprobado.

Si uno o más α_i están fuera de este margen, el "Especialista" revisará el cuestionario, ajustará los factores de carga y de uso que estime apropiado dentro de ciertos rangos entre 0,5 y 1,0. Si con ello los α_i caen dentro del margen de error especificado, se aprueba el cuestionario. En el caso que aún esos α_i estén fuera del margen de error, el cuestionario respectivo será consultado vía telefónica con el encuestado o será reenviado para su revisión y corrección.

Si finalmente no es posible cuadrar un cuestionario, este será rechazado. Para cumplir con el tamaño de la muestra, se efectuarán encuestas adicionales en igual cantidad a los cuestionarios que sean rechazados.

Los cuestionarios que sean aprobados serán sometidos al procedimiento de cierre de cada energético, el cual consiste en multiplicar por un factor de ajuste la sumatoria de los consumos netos de un energético para que sea igual a las compras o consumo neto total.

Este factor de ajuste β_i se calcula a partir de α_i . En la ecuación siguiente se usa signo (+) en el denominador cuando: $\sum_k CN_{shik} > CNT_{shi}$, de lo contrario se usa (-).

$$\beta_{shi} = \frac{1}{\left(\pm \alpha_{shi} \right)}$$

Luego, el cierre de cada energético en cada cuestionario se realiza multiplicando sus consumos netos en los distintos equipos por β_i para cumplir con la siguiente igualdad:

$$CNT_{shi} = \sum_k \beta_{shi} \cdot CN_{shik}$$

Finalmente, los consumos netos ajustados para el cierre, de cada equipo y para cada energético quedan determinados por la ecuación siguiente:

$$CN_{shijk}^* = \beta_{shi} \cdot CN_{shijk}$$

6.4 Cálculo de la Energía Útil de cada Equipo

Primero se realiza un cálculo provisorio de la energía útil de cada equipo con los cuestionarios “cerrados”, considerando los ajustes con β_{shi} . El cálculo final de la energía útil, por fuentes y usos, se realiza aplicando el factor de expansión de la muestra de encuestas al universo y el factor de ajuste al BEN, como se explica en las secciones 6.7, 6.8 y 6.9.

La energía útil del cálculo provisorio queda determinada por la siguiente expresión:

$$EU_{shijk}^* = CN_{shijk}^* \cdot \eta_{shijk}$$

Es decir, la energía útil se calcula a partir del consumo neto ajustado y del rendimiento del equipo.

6.5 Determinación de Rendimientos de los Equipos

Para determinar los rendimientos de los equipos se usarán rendimientos prefijados de una tabla elaborada a partir de referencias bibliográficas y la experiencia

6.6 Cálculo del Consumo Neto por Fuentes y Usos

El consumo neto por fuente i y uso j de cada obra h , se obtendrá sumando los consumos netos ajustados de todos los equipos k que consumen la fuente i y que corresponden a un mismo uso energético j :

$$CN_{shij}^* = \sum_k CN_{shijk}^*$$

El resultado para la muestra del subsector construcción se obtiene sumando este resultado en las empresas encuestadas:

$$CN_{sij}^* = \sum_h CN_{shij}^*$$

6.7 Cálculo de la Energía Útil por Fuentes y Usos

La energía útil por fuente i y uso j de cada obra h , se obtendrá sumando la energía útil ajustada de todos los equipos k que consumen la fuente i y que corresponden a un mismo uso energético j :

$$EU_{shij}^* = \sum_k EU_{shijk}^*$$

El resultado para la muestra del subsector Construcción se obtiene sumando este resultado en las empresas encuestadas:

$$EU_{sij}^* = \sum_h EU_{shij}^*$$

6.8 Expansión de los Resultados al Universo del Subsector Construcción

Una vez calculados los consumos de energía neta y la energía útil en todas las empresas encuestadas, por fuente de energía y por uso energético, se expanden los resultados obtenidos al universo del subsector Construcción multiplicándolos por el factor de expansión ε_s del subsector respectivo.

El factor de expansión corresponde a la razón entre el valor de la variable de expansión para el universo del subsector construcción (VE_U) y su valor para la muestra del subsector respectivo (VE_m):

$$\varepsilon_s = \frac{VE_{Us}}{VE_{ms}}$$

La variable de expansión será “el valor estimado de construcción anual”. El valor de la variable de expansión para el universo del subsector es conocido. El valor para la muestra se obtiene sumando los valores de las empresas encuestadas.

Luego los consumos de energía neta y energía útil expandidos al universo de cada subsector de la construcción son los siguientes:

$$CN_{sij} = \varepsilon_s \cdot CN_{sij}^*$$

$$EU_{sij} = \varepsilon_s \cdot EU_{sij}^*$$

6.9 Ajuste del Consumo Neto por Fuentes al BEN

Ya que los consumos de energía neta de la Construcción, están incluidos en Agro, Industria o Transporte, según la fuente que se trate, este proyecto agrega este sector al BEN y no se requiere usar un factor de expansión.

Por lo tanto las matrices de consumos de energía neta y útil por fuentes y usos en cada subsector de la construcción estarán conformadas por los valores que definen las dos expresiones anteriores. Si suman las matrices de los distintos subsectores se obtienen las respectivas matrices para la totalidad del sector construcción:

$$CN_{ij} = \sum_s CN_{sij}$$

$$EU_{ij} = \sum_s EU_{sij}$$