

**DETERMINACIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN
LOS SECTORES RESIDENCIAL URBANO Y COMERCIAL
Y
DETERMINACIÓN DE CONSUMOS PARA EQUIPOS
DOMÉSTICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS**

RESUMEN EJECUTIVO

Presentado a:



Por:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento de Física**

Bogotá, 11 Junio de 2006



TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	1
1.1	INTRODUCCION	1
1.2	METODOLOGÍA.....	2
1.3	COMPARATIVO SOBRE TENENCIA DE ELECTRO Y GASODOMÉSTICOS	3
1.4	COMPARATIVO USO DE LOS ELECTRO Y GASODOMÉSTICOS	12
1.5	MENÚS TÍPICOS	14
1.6	CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PREPARACIÓN DE MENÚS TÍPICOS.....	18
1.7	MEDICIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y GAS NATURAL EN HOGARES.....	19
1.8	ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS NATURAL EN HOGARES	22
1.9	CONSUMOS ESPECÍFICOS DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS	24
1.10	CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y GAS NATURAL EN PEQUEÑOS Y MEDIANOS NEGOCIOS	25
1.11	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES	28
1.12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29



TABLAS

Tabla 1-1 Tenencia de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades	4
Tabla 1-2 Electro y gasodomésticos con una tenencia superior al 70%	4
Tabla 1-3 Composición de luminarias por tecnología.....	5
Tabla 1-4 Promedio de luminarias/hogar	6
Tabla 1-5 Promedio de uso mensual de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades.....	13
Tabla 1-6 Promedio de uso diario de electro y gasodomésticos	14
Tabla 1-7 Resumen de los menús más comunes para cada comida y cada ciudad ..	15
Tabla 1-8 Número promedio de hornillas utilizadas para preparar cada comida.....	16
Tabla 1-9 Tiempo promedio para preparar cada comida	17
Tabla 1-10 Rangos de consumos de gas para la preparación de los menús típicos..	18
Tabla 1-11 Consumo de energía en la preparación de menús típicos	18
Tabla 1-12 Método de estimación del consumo de energía eléctrica.....	19
Tabla 1-13 Bogotá. Rangos de consumo de gas natural por uso y por tipo.....	24
Tabla 1-14 Consumo promedio mensual de energía en los estratos 1, 2, y 3	29



FIGURAS

Figura 1-1 Tenencia de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades	3
Figura 1-2 Composición de las luminarias por tecnología	5
Figura 1-3 Número de luminarias por hogar en las cuatro ciudades	6
Figura 1-4 Composición por potencia de las luminarias incandescentes	7
Figura 1-5 Composición de las estufas por tecnología en las cuatro ciudades	7
Figura 1-6 Tenencia de televisor por tamaño	8
Figura 1-7 Tenencia de nevera según tamaño	8
Figura 1-8 Tenencia de neveras por edad	9
Figura 1-9 Tenencia de plancha según potencia	9
Figura 1-10 Tenencia de licuadora según potencia	10
Figura 1-11 Tenencia de lavadoras de ropa según tamaño	10
Figura 1-12 Tenencia de lavadoras por edad	11
Figura 1-13 Tenencia de calentadores de agua por tecnología	12
Figura 1-14 Promedio de uso mensual de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades	13
Figura 1-15 Promedio de uso diario de electro y gasodomésticos	14
Figura 1-16 Número promedio de hornillas utilizadas para preparar cada comida	16
Figura 1-17 Tiempo promedio para preparar cada comida	17
Figura 1-18 Consumo promedio de electricidad de las neveras con ciclo medidas por ciudad y capacidad	20
Figura 1-19 Consumo de corriente Neveras, con ciclo y sin ciclo	20
Figura 1-20 Consumo mensual promedio de las lavadoras medidas por ciudad y capacidad (libras)	21
Figura 1-21 Consumo de electricidad por persona, estrato y ciudad	23
Figura 1-22 Índice de Manzanas por Minimercado	26
Figura 1-23 Consumo mensual promedio de energía eléctrica por tipo de negocio y ciudad	27
Figura 1-24 Consumo de energía por tipo de uso, negocio y ciudad	28



ABREVIATURAS

CEDENAR	Centrales Eléctricas de Nariño
COP	Coefficient of Performance
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
EE	Energía Eléctrica
EEPPM	Empresas Públicas de Medellín
ELECTRICARIBE	Electrificadora del Caribe
FC	Factor de Carga
GLP	Gas Licuado de Propano
GN	Gas Natural
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas
kWh	Kilovatio/hora
lb	Libra
LFC	Lámpara Fluorescente Compacta
lt	Litro
NTC	Norma Técnica Colombiana
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SIU	Sistema Único de Información
UNAL	Universidad Nacional
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
W	Vatio



1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1 INTRODUCCION

Con el fin de realizar las proyecciones de demanda en los sectores residencial y comercial es pertinente conocer, para cada fuente energética, los porcentajes que los usuarios emplean en cada uno de los usos finales, tales como refrigeración iluminación, cocción, entre otros. Este tipo de caracterización es empleado en los modelos analíticos para proyectar la demanda empleando variables explicativas de energía útil, que en general sólo se acoplan con PIB y Población, reduciendo las incertidumbre econométricas asociadas a elasticidades cruzadas y precios así como con los cambios tecnológicos que son tenidos en cuenta posteriormente mediante la eficiencia de los equipos de uso final.

Las estrategias de Uso Racional y Eficiente de la Energía en los sectores residencial urbano y comercial deben dirigirse hacia los equipos de uso final de mayor intensidad energética, con el fin de orientar a los usuarios finales sobre la adopción de electrodomésticos y gasodomésticos eficientes.

Los estudios realizados en Colombia para los sectores residencial urbano y comercial han estado encaminados hacia la determinación del consumo final de energía, e inclusive hasta la determinación del equipamiento energético de los usuarios. Como es conocido, el consumo energía final no sólo se ve influenciado por la eficiencia termodinámica de los aparatos, sino que además, intervienen factores físicos externos como el clima y la altura sobre el nivel del mar. Finalmente, las costumbres sociales, alimenticias y hábitos de los usuarios también impactan de manera importante el consumo. Sólo en el estudio de EURCOELERG de 1990, se realizó una aproximación hacia la energía útil en el sector residencial, así como un estudio realizado por la UPME en 1999 sobre la eficiencia energética de las estufas empleadas en el sector residencial rural.

Los hábitos de uso de equipos domésticos también son completamente desconocidos en la actualidad y así como la influencia de las costumbres alimenticias sobre el consumo de estufas, neveras, licuadoras y hornos.

Con el fin de mejorar las proyecciones de demanda en los sectores residencial y comercial así como para desarrollar un programa efectivo de Uso Racional y Eficiente de la Energía en estos sectores, es necesario realizar una investigación que capture los aspectos más importantes, tanto físicos como culturales, que influyen en el consumo energético de los hogares y los comercios.



El presente estudio es el resultado del contrato de consultoría No 1517 de Noviembre de 2005 entre la Universidad Nacional de Colombia y la UPME.

Este estudio está dirigido a determinar principalmente el uso final que se le da a la energía en hogares y pequeños comercios en cuatro ciudades, Bogotá, Medellín, Barranquilla y Pasto.

El presente estudio se fundamenta en encuestas sobre el consumo de energía realizadas a los hogares de los 6 estratos en las diferentes ciudades y también realiza mediciones sobre el consumo de energía en los electrodomésticos en operación normal dentro de los hogares.

1.2 METODOLOGÍA

Dentro de la caracterización del consumo final en el sector residencial urbano y comercios pequeños, se tuvieron en cuenta dos aspectos importantes. por una parte, la caracterización del consumo final de energía el cual depende de la dotación de aparatos electrodomésticos y gasodomésticos empleados en el sector residencial y de otra parte la determinación del consumo específico de energía eléctrica y gas natural de los principales equipos domésticos.

Para la caracterización del consumo final se estudio la población del sector residencial a través de una encuesta en una muestra aleatoria de hogares. La encuesta investiga en una primera parte las dotaciones de electrodomésticos en los hogares y los hábitos de uso de estos aparatos en términos de duración y frecuencia. Para efectos de una caracterización coherente con la estructura de la población se tiene en cuenta como variable de clasificación el estrato y algunas características .específicas de los aparatos como el tamaño, la capacidad, la edad del aparato, entre otras.

La caracterización del uso de equipos eléctricos y a gas se hace mediante la observación del porcentaje de población que los usa, en este sentido, entre mayor sea dicha proporción se acepta que es un hábito o uso dominante de la población.

En una segunda parte de la encuesta realizada a los hogares se investiga sobre los hábitos de las comidas principales (desayuno, almuerzo y cena). para evitar problemas de memorias o opiniones subjetivas del encuestado la encuesta precisa sobre las comidas del día anterior y, en cada caso se mira por los hábitos de comida de los platos principales conocidos en la región en el desayuno, el almuerzo y la cena.



El universo estuvo conformado por los hogares urbanos de las ciudades correspondientes (Bogotá, Medellín, Barranquilla y Pasto). el tamaño de dicho universo se determinó mediante las estadísticas de usuarios del servicio de energía eléctrica en el mes de enero del 2006 disponibles en sistema único de información –SUI- de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

La muestra de usuarios del sector residencial es una muestra aleatoria, probabilística, representativa por ciudad y estrato socioeconómico en las siguientes ciudades: Bogotá, Medellín, Barranquilla y Pasto

1.3 COMPARATIVO SOBRE TENENCIA DE ELECTRO Y GASODOMÉSTICOS

A continuación se muestran gráficamente los principales resultados del análisis de tenencia de electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades estudiadas.

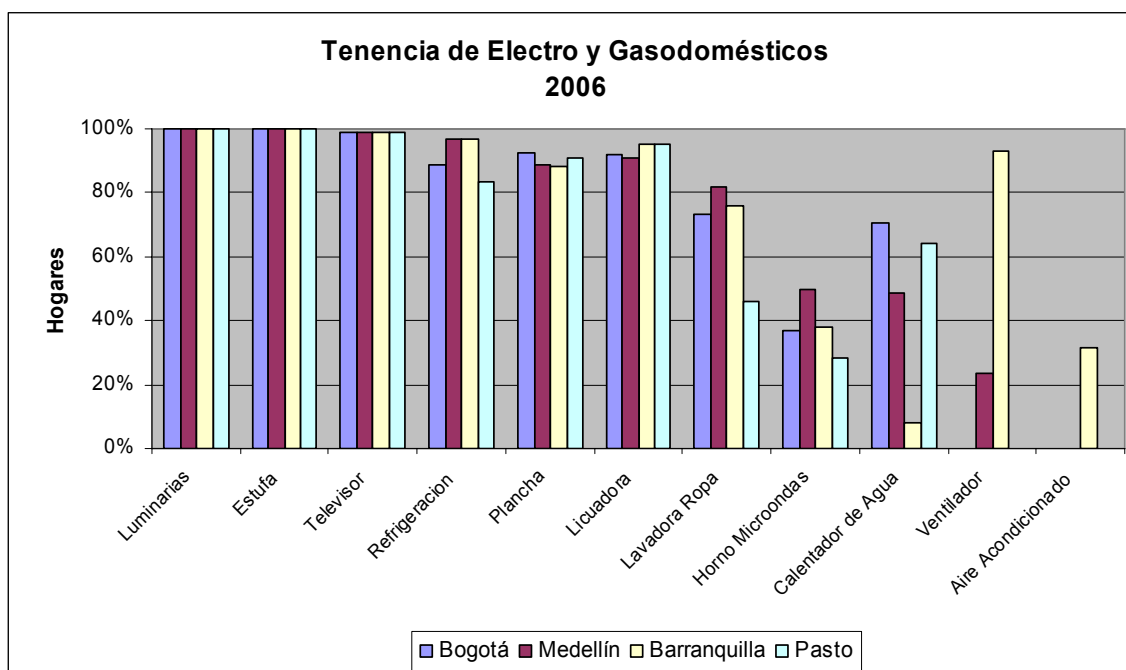


Figura 1-1 Tenencia de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades



Tabla 1-1 Tenencia de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades

Tenencia de Electro y Gasodomésticos				
Electro o Gasodoméstico	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Luminarias	100%	100%	100%	100%
Estufa	100%	100%	100%	100%
Televisor	98.9%	98.9%	98.9%	98.9%
Refrigeracion	89.0%	96.8%	96.8%	83.3%
Plancha	92.6%	88.8%	88.3%	90.7%
Licuadaora	92.2%	91.0%	95.0%	95.5%
Lavadora Ropa	73.5%	81.6%	75.9%	45.8%
Horno Microondas	36.7%	49.8%	37.9%	28.4%
Calentador de Agua	70.8%	48.9%	7.8%	64.3%
Ventilador	0.0%	23.5%	93.3%	0.0%

El estudio realizó con detalle la tenencia por ciudad y por estrato, aunque este resumen de tenencia de electro y gasodomésticos considera a manera de resumen comparativo la tenencia de aparatos sobre el 100% de los encuestados en las cuatro ciudades estudiadas.

Según estos resultados, existen electro y gasodomésticos que los poseen más del 70% como se presenta a continuación:

Tabla 1-2 Electro y gasodomésticos con una tenencia superior al 70%

Electro y gasodomésticos con tenencia superior al 70%			
Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Luminarias	Luminarias	Luminarias	Luminarias
Estufa	Estufa	Estufa	Estufa
Televisor	Televisor	Televisor	Televisor
Nevera	Nevera	Nevera	Nevera
Plancha	Plancha	Plancha	Plancha
Licuadaora	Licuadaora	Licuadaora	Licuadaora
Lavadora Ropa	Lavadora Ropa	Lavadora Ropa	
Calentador de Agua			Calentador de Agua
		Ventilador	

Las figuras a continuación muestran las principales características de estos aparatos eléctricos y a gas.

- **Luminarias**



La tenencia de luminarias por tecnología en las cuatro ciudades se puede comparar en la figura y en la tabla siguiente.

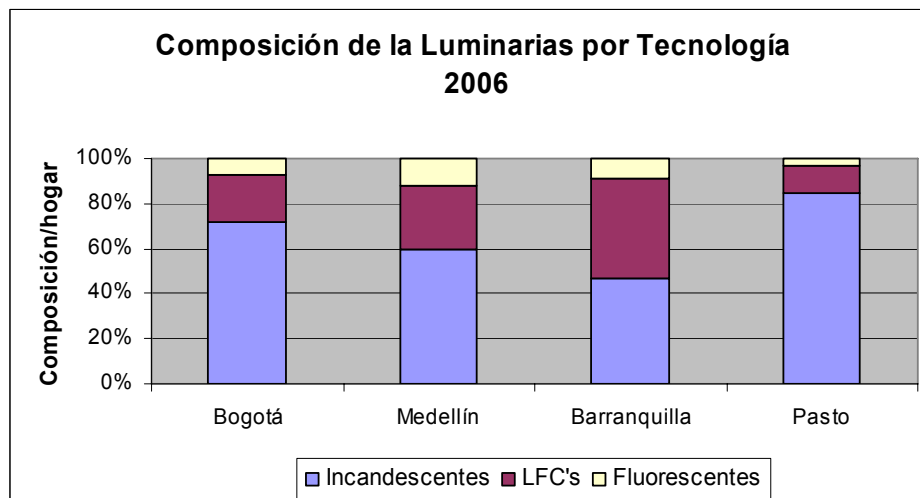


Figura 1-2 Composición de las luminarias por tecnología

Se observa un alto porcentaje de luminarias incandescentes sobre todo en Bogotá y Pasto, al mismo tiempo que se debe destacar la penetración de LFC's en Barranquilla y Medellín. De aquí se puede advertir el gran potencial de ahorro en potencia y energía con la sustitución de luminarias incandescentes por LFC's.

Tabla 1-3 Composición de luminarias por tecnología

Composición de las Luminarias por Tecnología				
Tipo	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Incandescentes	71.9%	59.5%	46.7%	85.1%
LFC's	21.0%	28.7%	44.6%	11.3%
Fluorescentes	7.1%	11.8%	8.7%	3.6%
Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006				

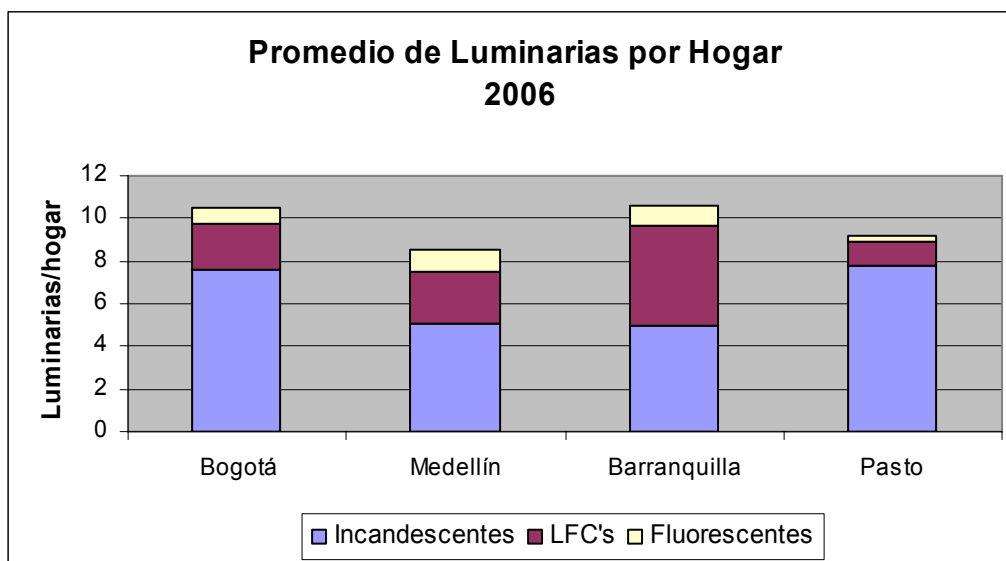


Figura 1-3 Número de luminarias por hogar en las cuatro ciudades

El número promedio de luminarias varía de ciudad a ciudad, en el numeral correspondiente a cada ciudad se puede ver la variación de estrato a estrato. El promedio de luminarias incandescentes por hogar está entre 5 en Medellín y Barranquilla y 7.8 en Bogotá y Pasto. Estas cifras permiten hacer estimativos de ahorro de energía y potencia.

Tabla 1-4 Promedio de luminarias/hogar

Promedio de Luminarias/hogar				
Tipo	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Incandescentes	7.6	5.1	5.0	7.8
LFC's	2.2	2.4	4.7	1.0
Fluorescentes	0.8	1.0	0.9	0.3
Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006				

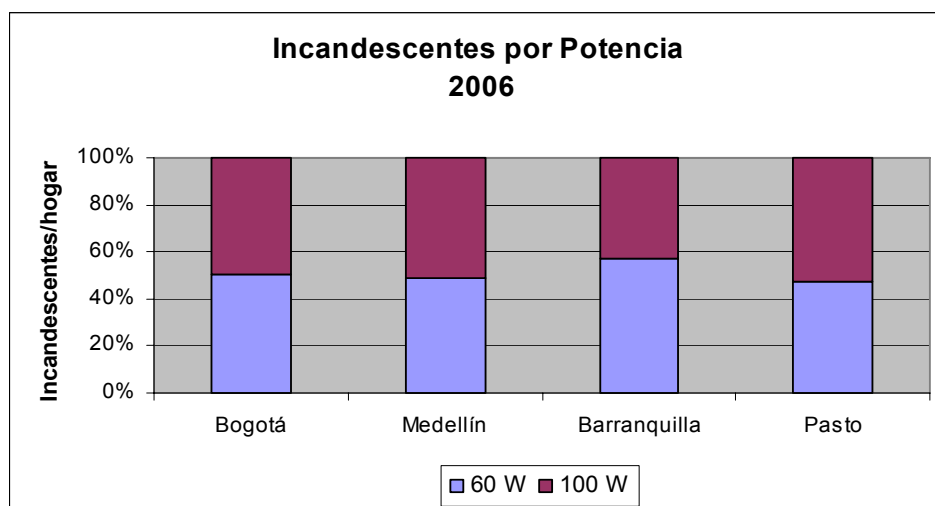


Figura 1-4 Composición por potencia de las luminarias incandescentes

Se puede concluir que el número de luminarias incandescentes de 100W en promedio es igual al número de luminarias incandescentes de 60W.

- **Estufa**

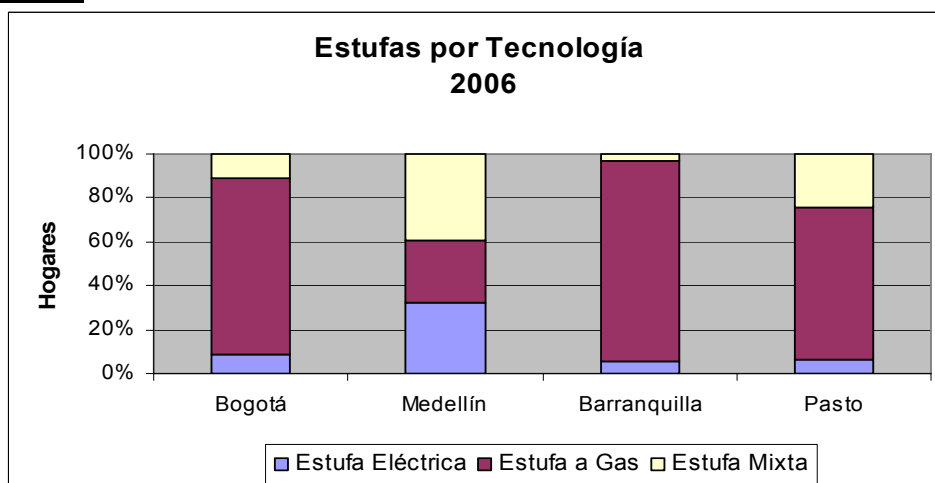


Figura 1-5 Composición de las estufas por tecnología en las cuatro ciudades

Se observa que las estufas eléctricas desaparecieron en ciudades como Bogotá, Barranquilla y Pasto y fueron sustituidas por estufas a gas natural en las dos primeras ciudades y por GLP en Pasto. En la ciudad de Medellín aún existe un 30% de hogares con estufa eléctrica y están principalmente en los estratos 1, 2 y 3. Las estufas mixtas en la ciudad de Medellín son a gas con una o dos hornillas



auxiliares eléctricas. El gas en Medellín es GLP en los estratos bajos y gas natural en los estratos altos.

- **Televisor**

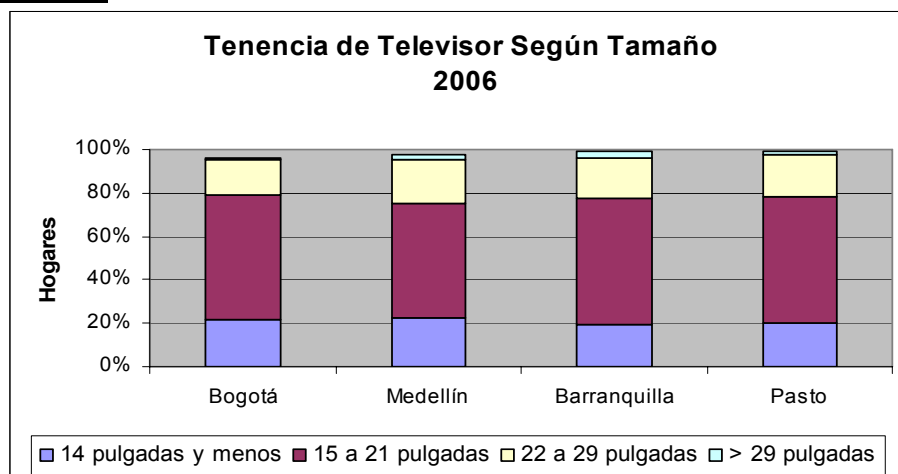


Figura 1-6 Tenencia de televisor por tamaño

Casi el 100% de los hogares posee televisor en todas las ciudades y el tamaño mas común es el de la categoría de 15 a 21 pulgadas.

- **Nevera**

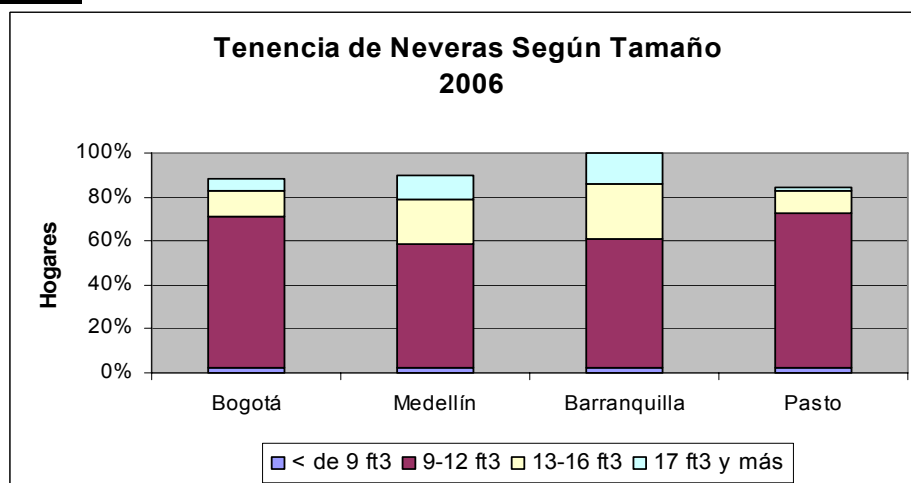


Figura 1-7 Tenencia de nevera según tamaño



Se observa que en promedio más del 85% de los hogares poseen nevera en todas las ciudades estudiadas. El tamaño más común de nevera es el de la categoría de 9 a 12 pies cúbicos.

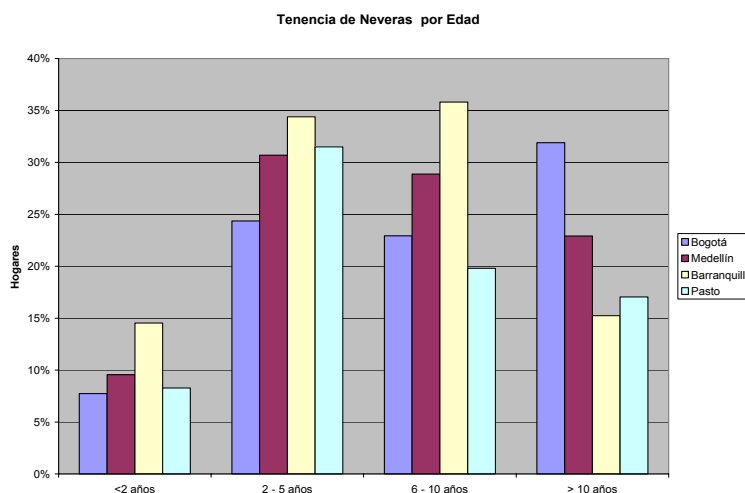


Figura 1-8 Tenencia de neveras por edad

Esta figura muestra la composición de la edad de la nevera en las cuatro ciudades. Las neveras de más de 10 años de edad se encuentran principalmente en Bogotá. En Barranquilla la mayor parte de las neveras tienen entre 6 y 10 años de edad.

- **Plancha**

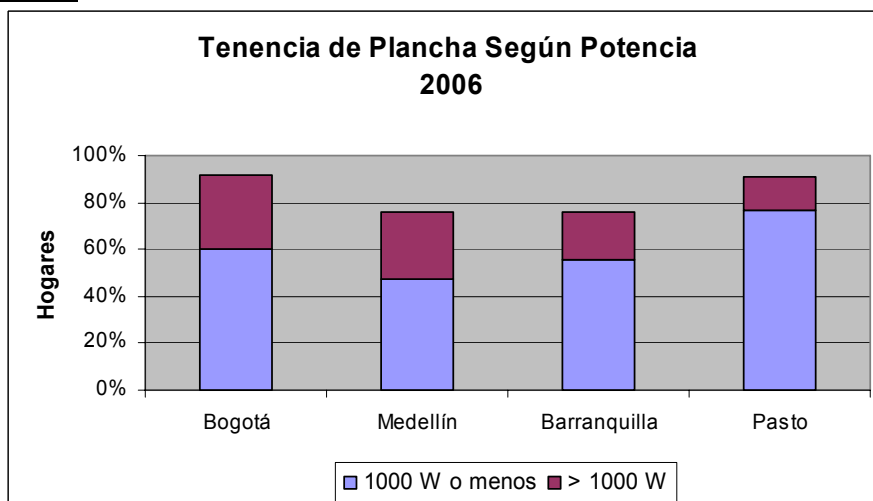


Figura 1-9 Tenencia de plancha según potencia



En Bogotá y Pasto más del 90% de los hogares tienen este electrodoméstico y en Medellín y Pasto más del 75% lo poseen. El tamaño de plancha más común es el de 1000W de potencia en las cuatro ciudades.

- **Licuadora**

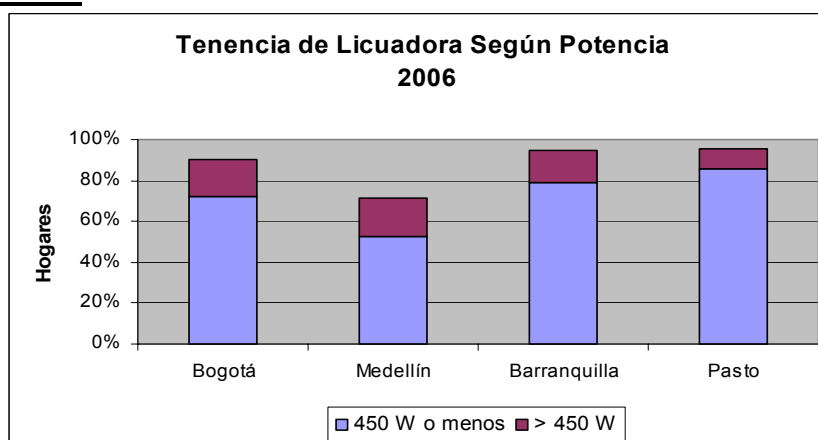


Figura 1-10 Tenencia de licuadora según potencia

En las ciudades de Bogotá, Medellín y Pasto cerca del 90% de los hogares poseen este electrodoméstico y en la ciudad de Medellín solo el 70% de los hogares lo tienen. El tamaño preferido en las cuatro ciudades es el de la categoría de 450W o menos.

- **Lavadora de ropa**

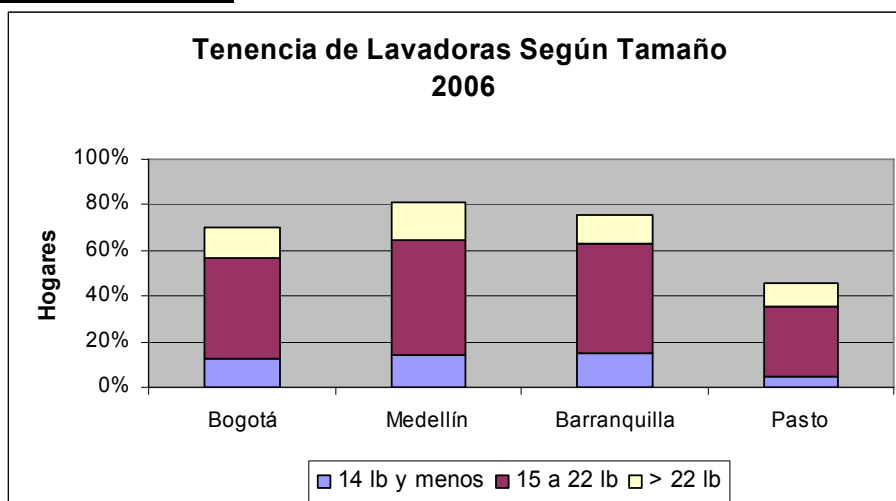


Figura 1-11 Tenencia de lavadoras de ropa según tamaño



Más del 70% de los hogares en las ciudades de Bogotá, Medellín y Barranquilla tienen lavadora de ropa, en la ciudad de Pasto este porcentaje es de apenas el 45%. El tamaño más corriente es el de la categoría de 15 a 22 libras.

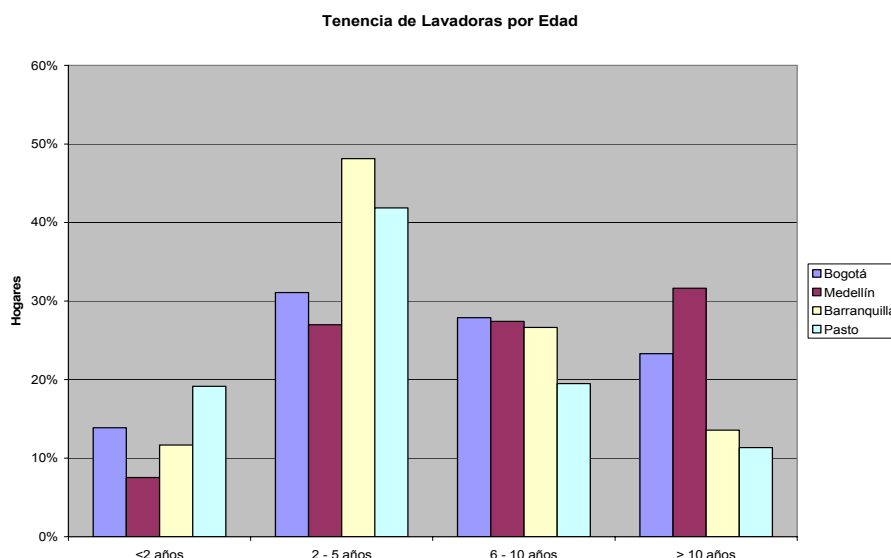


Figura 1-12 Tenencia de lavadoras por edad

La figura muestra la composición de las edades de las lavadoras. En las ciudades de Barranquilla y Pasto casi la mitad de estos electrodomésticos tiene menos de 5 años de edad, las lavadoras mas antiguas están en las ciudades de Bogotá y Medellín.

- **Calentador de agua**

La figura muestra la tenencia de calentador de agua por tecnología en las cuatro ciudades

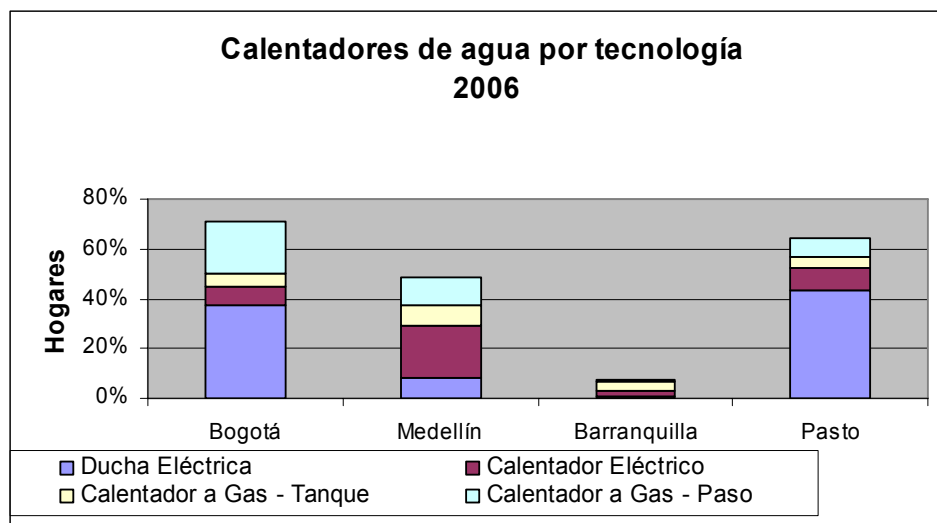


Figura 1-13 Tenencia de calentadores de agua por tecnología

Se observa que el calentador de agua en Bogotá lo tiene más del 70% de los hogares y en Pasto más del 65%. Se destaca el alto porcentaje de hogares con ducha eléctrica en Bogotá y Pasto. Los calentadores de paso a gas están logrando una penetración importante en Bogotá y Medellín, pero estos se encuentran principalmente en los estratos 4, 5 y 6, seguramente por su costo de adquisición e instalación.

1.4 COMPARATIVO USO DE LOS ELECTRO Y GASODOMÉSTICOS

A continuación se muestran gráficamente los principales resultados del análisis del uso de electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades estudiadas.

Este resumen de uso de los electro y gasodomésticos considera los usos de aparatos sobre el 100% de los encuestados en las cuatro ciudades estudiadas.

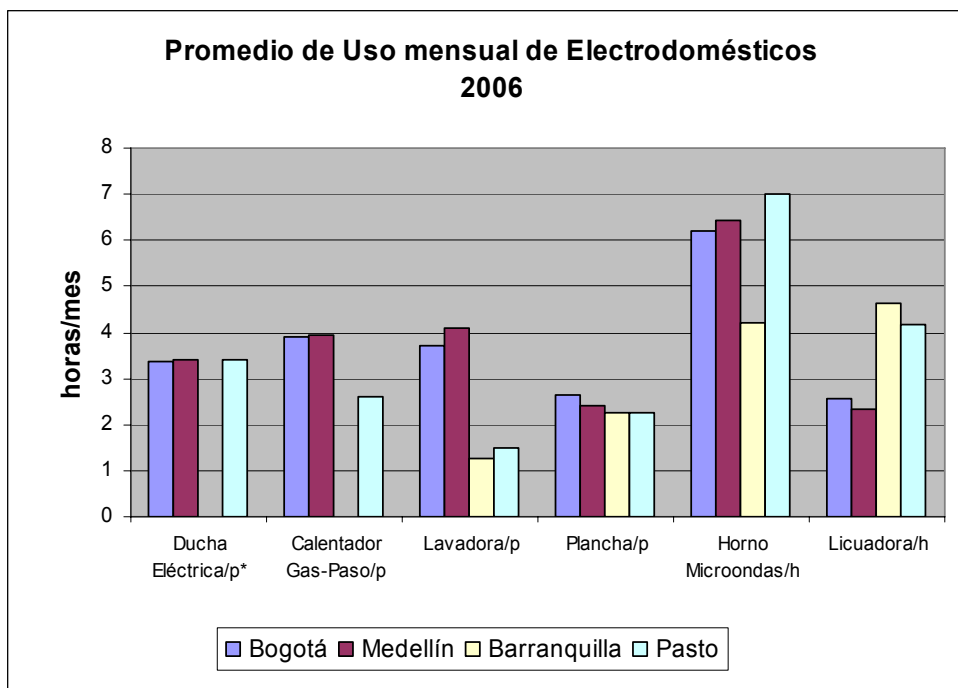


Figura 1-14 Promedio de uso mensual de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades

La figura resume en forma comparativa los patrones de uso de los principales electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades estudiadas. El tiempo promedio de uso al mes de la ducha, el calentador de paso a gas, la lavadora y la plancha se da en forma específica en términos de horas/mes/persona. El tiempo promedio de uso del horno microondas y de la licuadora se da en horas/mes/hogar.

Tabla 1-5 Promedio de uso mensual de Electro y gasodomésticos en las cuatro ciudades

Tiempo Promedio de Uso Mensual de Electrodomésticos (horas/mes/persona)				
Electrodoméstico/Ciudad	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Ducha Eléctrica/p*	3.4	3.4	0.0	3.4
Calentador Gas-Paso/p	3.9	3.9	0.0	2.6
Lavadora/p	3.7	4.1	1.3	1.5
Plancha/p	2.7	2.4	2.2	2.2
Horno Microondas/h	6.2	6.4	4.2	7.0
Licuadora/h	2.6	2.3	4.6	4.2
p: persona - h: hogar				
Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006				

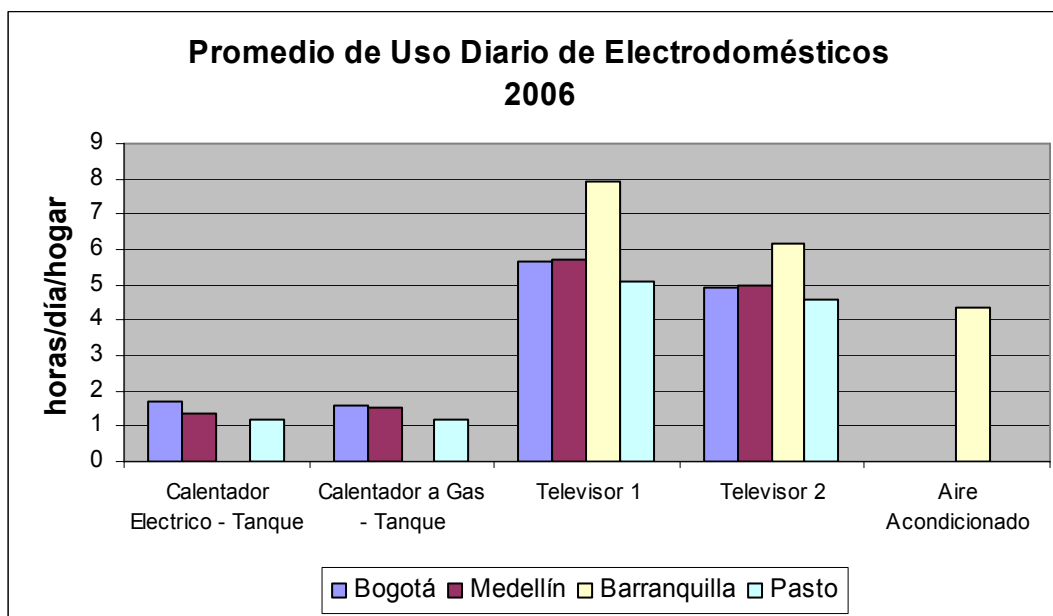


Figura 1-15 Promedio de uso diario de electro y gasodomésticos

Por ser la escala diferente se resume el patrón de uso de estos electro y gasodomésticos en forma comparativa para las ciudades estudiadas en horas/día/hogar.

Tabla 1-6 Promedio de uso diario de electro y gasodomésticos

Promedios Diarios de Uso de Electrodomésticos (horas/día/hogar)				
Electrodoméstico/Ciudad	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Calentador Electrico - Tanque	1.7	1.4		1.2
Calentador a Gas - Tanque	1.6	1.5		1.2
Televisor 1	5.6	5.7	7.9	5.1
Televisor 2	4.9	5.0	6.2	4.6
Aire Acondicionado			4.4	
Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006				

1.5 MENÚ TÍPICOS



Se entiende por menú típico el menú más común, en términos estadísticos, de acuerdo a la proporción de la población con hábitos de consumo de algún alimento en proporción mayor o igual al 40%. A continuación se muestran gráficamente los principales resultados del análisis de las respuestas a las preguntas sobre el menú típico de las tres comidas en las cuatro ciudades estudiadas.

Tabla 1-7 Resumen de los menús más comunes para cada comida y cada ciudad

Menú mas común en cada comida en cada ciudad			
Ciudad/Menú	Desayuno	Almuerzo	Cena
Bogotá	jugo, huevos, y una bebida caliente que puede ser café con leche, chocolate o tinto	carne o pollo, papa, arroz blanco principio y jugo	calentado de arroz, papa, carne o pollo y jugo
Medellín	huevos, arepa asada y una bebida caliente que puede ser chocolate, café con leche o aguadepanela	sancocho, jugo, carne y arroz blanco	calentado, arepa, jugo y carne
Barranquilla	En estratos 1, 2 y 3 jugo, huevos o yuca con queso o guineo con queso y una bebida caliente. En estratos 4, 5 y 6 huevos con jugo y una bebida caliente	carne o pollo, arroz blanco y jugo. En los tres primeros estratos también es muy común el sancocho que normalmente se acompaña de arroz blanco y ensalada	se calienta de lo que quedó del almuerzo con patacón o yuca o deditos de queso
Pasto	jugo, huevos, y una bebida caliente que puede ser café con leche, chocolate, tinto o avena caliente	sopa, carne o pollo, papa, arroz blanco y jugo	calentado de arroz, papa, carne o pollo y jugo

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006

A continuación resumimos en términos comparativos el análisis de las respuestas a las preguntas formuladas en la encuesta sobre número de hornillas usadas y tiempo de uso para la preparación de cada comida en cada una de las ciudades estudiadas.

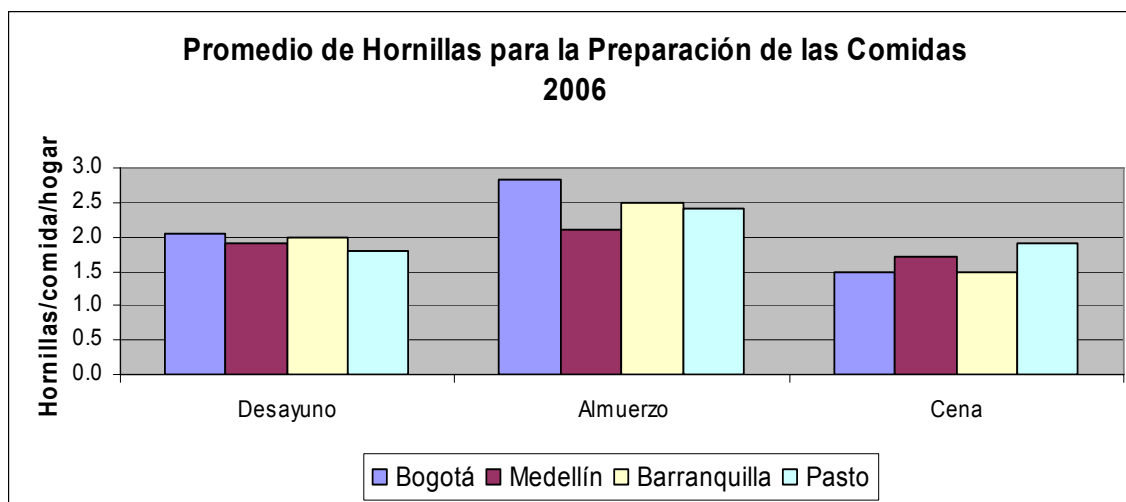


Figura 1-16 Número promedio de hornillas utilizadas para preparar cada comida

La figura resume en forma comparativa el promedio del número de hornillas utilizadas en la preparación de cada comida, sin importar el tipo de estufa. Se nota la gran uniformidad del número de hornillas usadas en cada comida/hogar.

Tabla 1-8 Número promedio de hornillas utilizadas para preparar cada comida

Promedio de Hornillas para la Preparación de las Comidas			
Ciudad/Comida	Desayuno	Almuerzo	Cena
Bogotá	2.0	2.8	1.5
Medellín	1.9	2.1	1.7
Barranquilla	2.0	2.5	1.5
Pasto	1.8	2.4	1.9
Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006			

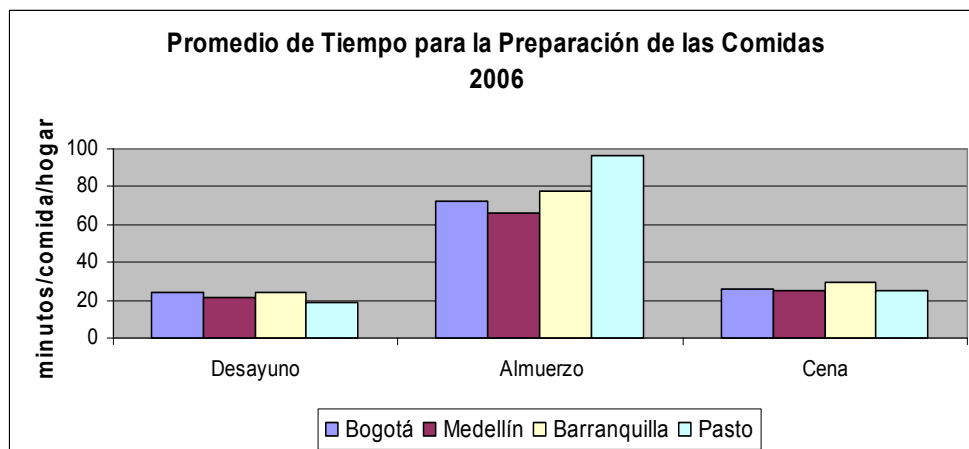


Figura 1-17 Tiempo promedio para preparar cada comida

La figura resume en forma comparativa el tiempo promedio gastado en la preparación de cada comida, sin importar el tipo de estufa. Se nota nuevamente la gran uniformidad de este tiempo en cada comida/hogar.

Tabla 1-9 Tiempo promedio para preparar cada comida

Promedio de Tiempo para la Preparación de las Comidas (minutos/hogar)			
Ciudad/Comida	Desayuno	Almuerzo	Cena
Bogotá	24	72	25.6
Medellín	21	66	25.1
Barranquilla	24	78	29.8
Pasto	19	96	25.1
Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial - UPME - UNAL, 2006			

Para la determinación del consumo de energía requerido para la preparación de los menús típicos, se realizaron mediciones en estufas a gas natural en Bogotá, Medellín y Barranquilla y además se realizaron pruebas de laboratorio en Bogotá preparando el mismo menú con estufas a gas natural y eléctricas, lo que permitió establecer una relación de eficiencia entre ellas que resulta ser de 1 a 2, la estufa eléctrica tiene el doble de eficiencia que la estufa a gas natural. En términos energéticos el mismo menú preparado con gas natural requiere el doble de energía con gas que con electricidad.

La tabla siguiente muestra los resultados de los consumos de gas natural para las tres ciudades medidas.



Tabla 1-10 Rangos de consumos de gas para la preparación de los menús típicos

	Desayuno	Almuerzo	Comida	Total/día	Personas/hogar	
	lts/persona/día	lts/persona/día	lts/persona/día	lts/persona/día		m3/mes/hogar
Bogotá	20 - 25	90 - 140	20 - 30	130 -195	5.1	20 - 30
Medellín	25 - 35	80 - 110	20 - 30	125 - 175	4.3	16 - 22
Barranquilla	20 - 30	50 - 70	10 - 30.	80 - 130	4.9	12 - 19

1.6 CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PREPARACIÓN DE MENÚS TÍPICOS

Bajo el nombre de menú típico se denomina el menú más frecuentemente consumido en una ciudad determinada (no el menú folclórico). Estos menús fueron preparados en cada ciudad empleando los ingredientes propios del menú, la estufa y batería de cocina de uso frecuente, y elaborado por un(a) cocinero(a) del lugar. La tabla siguiente muestra los resultados para la preparación del almuerzo.

Tabla 1-11 Consumo de energía en la preparación de menús típicos

Ciudad	Menú	Preparado para número de personas	Electricidad	Gas Natural	
			kWh/persona	lt/persona	Electricidad equivalente segun poder calorífico kWh/persona
Bogotá	Sancocho con pollo	7 personas		75	0.697
Bogotá	Ajiaco	4 personas		79	0.731
Bogotá	Lengua en salsa	7 personas		93	0.862
Bogotá	Almuerzo corriente pollo	6 personas		102	0.943
Bogotá	Almuerzo corriente carne guisada	4 personas		103	0.951
Bogotá	Cordero	6 personas		108	1.005
Bogotá	Almuerzo corriente carne sudada	7 personas		164	1.518
Bogotá	Pollo con champiñones	4 personas		91	0.844
Bogotá	Pollo con champiñones	4 personas	0.430		
Bogotá	Carne desmenuzada	4 personas	0.428		
Medellín	Frijolada	7 personas	0.591		
Medellín	Sopa de patacón envuelto	4 personas	0.550		
Barranquilla	Sancocho de guandúl	10 personas		56	0.526
Pasto	Sancocho	9 personas	0.687		

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Es importante observar que en el caso de Bogotá se preparó en dos ocasiones el mismo menú empleando energía eléctrica y gas. La relación de los consumos de energía es de 1 a 2 indicando que la eficiencia de la estufa a gas es la mitad de la eficiencia de la estufa eléctrica. Esta observación ya ha sido planteada en el pasado en otros estudios realizados para la UPME.



1.7 MEDICIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y GAS NATURAL EN HOGARES

La metodología desarrollada consistió esencialmente en la medición in situ (medición de campo) del consumo de potencia y/o energía de electrodomésticos en condiciones normales de operación en los hogares colombianos. Se midieron los equipos usados en las casas visitadas (303 electrodomésticos), los cuales fueron seleccionadas al azar (106 hogares=4 hogares/estrato*6 estratos/ciudad* 4ciudades + 10 adicionales en la ciudad de Pasto).

La medición de la potencia se realizó midiendo la corriente demandada por el equipo y midiendo la tensión. Para equipos que trabajan en ciclos se midió el comportamiento de la corriente en el ciclo, se calculó la energía demandada durante el ciclo o periodo de medición.

Tabla 1-12 Método de estimación del consumo de energía eléctrica

ORIGEN DE LA INFORMACIÓN					
Demanda de potencia	Estimación	Encuesta	Medición	Encuesta	Factor
Constante	$E1(kWh/mes) = n \text{ (unidad)} \times P \text{ (W/unidad)} \times$			Uso diario (hora/día) x	30 (día/mes)
Intermitente	$E2(kWh/mes) =$		$E \text{ (Wh/día)} \times$		30 (día/mes)
Variable	$E3(kWh/mes) =$		$E \text{ (Wh/ciclo)} \times$	Uso semanal (ciclo/semana) x	30/7 (semana/mes)
$E \text{ total (kWh/mes)} = \sum Ei$					

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Neveras. Las mediciones mostraron que el compresor de numerosas neveras, principalmente en Barranquilla, opera continuamente (sin ciclo) y que requieren de mantenimiento. En las neveras que operan con ciclo, el consumo depende de la capacidad y del piso térmico. Este oscila entre 28.6 kWh/mes y 51.8 para neveras de 11 ft³ que operan con ciclo.

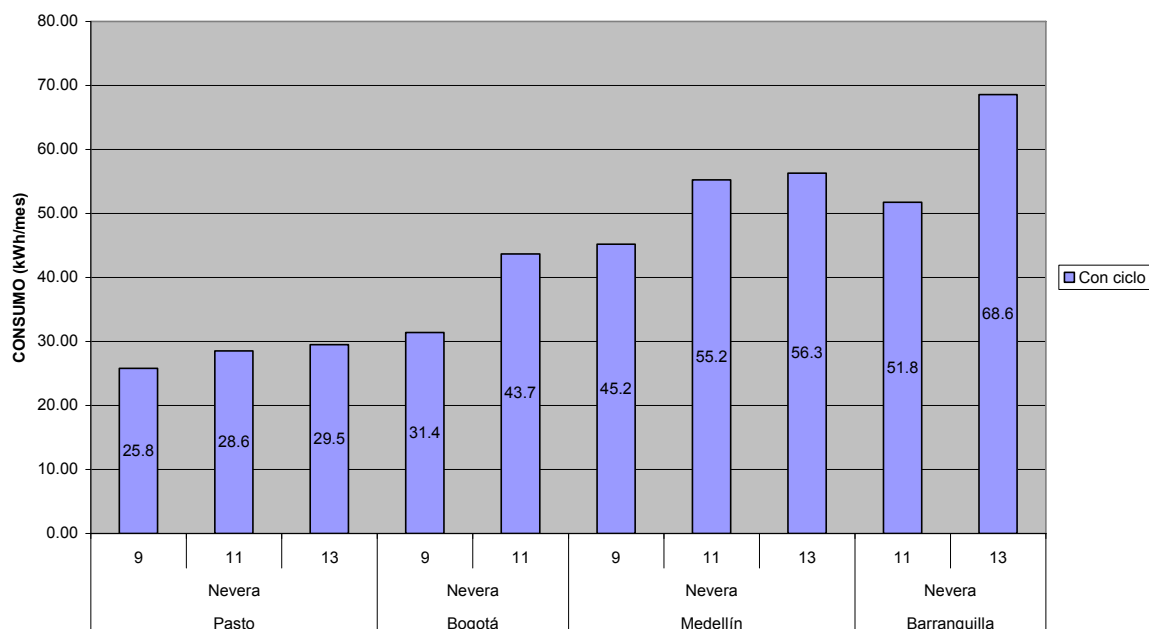


Figura 1-18 Consumo promedio de electricidad de las neveras con ciclo medidas por ciudad y capacidad

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Un elemento importante es el comportamiento de las neveras con y sin ciclo en la siguiente figura muestra a manera de ilustración el consumo de corriente de dos neveras de 9ft³ en Medellín, la una trabajando cíclicamente y la otra sin ciclo, con la consiguiente consecuencia sobre el consumo que es proporcional al área debajo de cada curva (con ciclo: 44.18 kWh/mes, y sin ciclo: 128.95 kWh/mes).

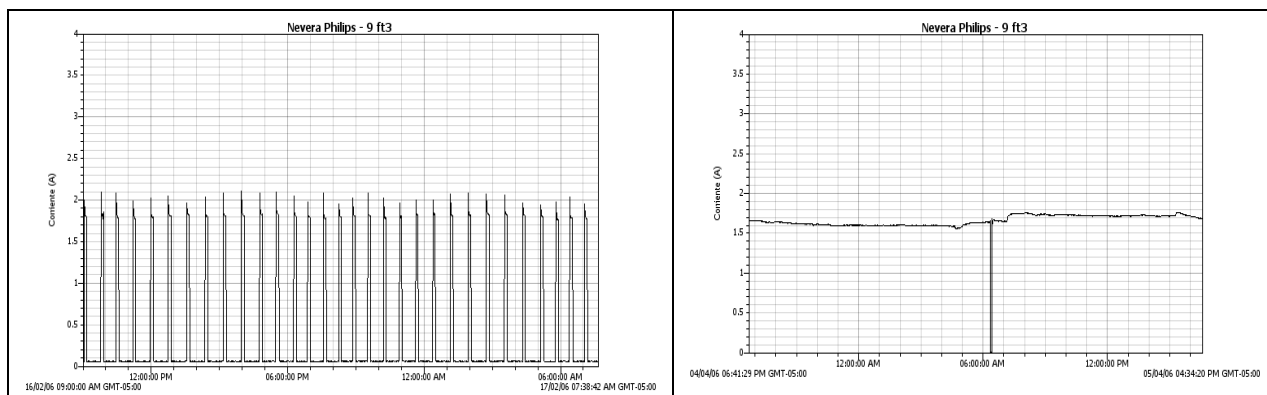


Figura 1-19 Consumo de corriente Neveras, con ciclo y sin ciclo

Es de observar:



- En cada ciudad, el consumo promedio aumenta con la capacidad de la nevera
- El consumo promedio de las neveras aumenta en el orden Pasto, Bogotá, Medellín y Barranquilla. Esta tendencia se debe al aumento de las temperaturas ambientales en las cuales trabajan las neveras e indican una incidencia del piso térmico en el consumo.

Lavadoras. Las mediciones muestran que el consumo promedio de las lavadoras trabajando en ciclo normal depende de la capacidad (lb), como se muestra en la gráfica siguiente en donde la lavadora de 822 Wh/ciclo es una lavadora antigua de 18 lb y la de 83 Wh/ciclo es una muy moderna y eficiente de 14 lb.

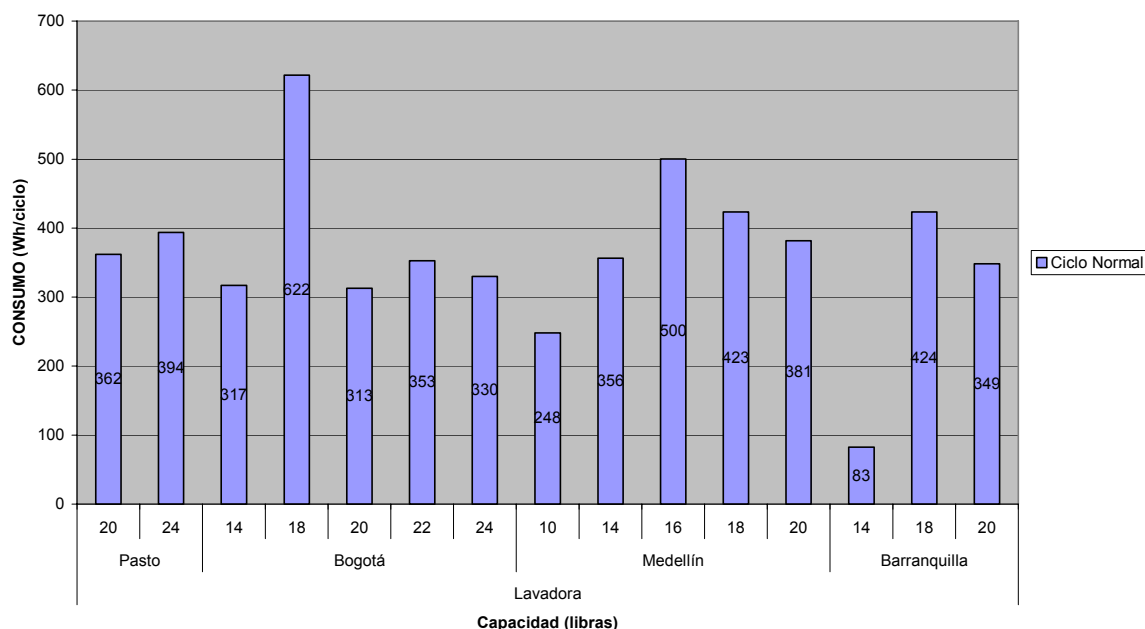


Figura 1-20 Consumo mensual promedio de las lavadoras medidas por ciudad y capacidad (libras)

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Ducha eléctrica. La potencia media demandada es de 3.75 kW.

TV La demanda de potencia de los TV aumenta con el tamaño de la pantalla y el volumen de sonido. Para un TV de 21" a volumen normal se encontró un consumo promedio de 45 W.



Ventiladores. Las mediciones de campo mostraron un consumo promedio de 89 W.

Licadoras. Las mediciones de campo mostraron una demanda media de potencia de 669.5 W. Las familias en tierra caliente tienen una tendencia a comprar licadoras de mayor potencia.

1.8 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS NATURAL EN HOGARES

Uno de los aspectos sobresalientes de la metodología empleada es que permitió “reconstruir las facturas mensuales de electricidad y gas” en términos del consumo en kWh y en m³, pero desagregando los usos que se le da a la energía en el hogar. Este ejercicio se realizó 106 veces, con desviaciones muy pequeñas entre el estimado por agregación de usos y el total de la factura de la distribuidora de electricidad o gas natural.

Metodológicamente se trata de una combinación de a) mediciones in situ de la potencia demandada por los equipos del hogar (para todos aquellos equipos de demanda de potencia constante); b) medición in situ de la potencia demandada por equipos de demanda variable (cíclica o intermitente) como neveras y lavadoras para periodos de 1 día y un ciclo normal, respectivamente; c) información sobre el patrón de uso de los equipos en la entrevista en el hogar; y d) estimación del consumo mensual de energía de cada equipo.

Consumo de electricidad por persona

El consumo de electricidad en un hogar se encontró mejor correlacionado con el número de personas que lo componen, razón por la cual se determinó el consumo de energía eléctrica por persona y mes.

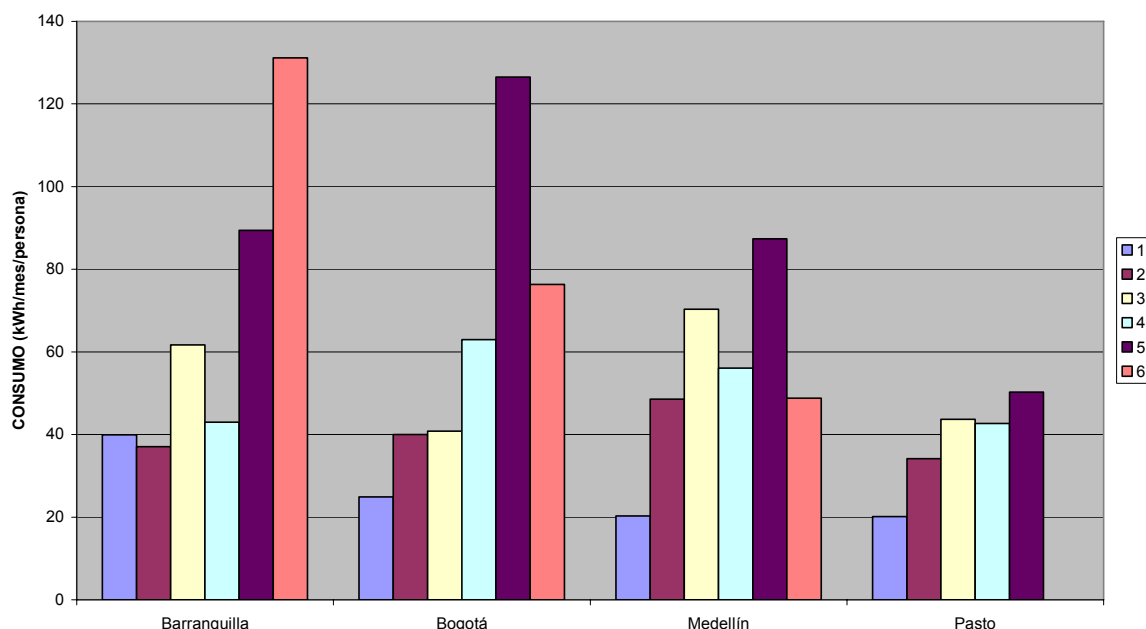


Figura 1-21 Consumo de electricidad por persona, estrato y ciudad

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Se observa como el consumo aumenta por estrato y con diferencias entre las ciudades del país. El consumo varía entre 20 y 130 kWh/mes/persona al considerar los diferentes estratos y ciudades del país.

De manera similar se calcularon a partir de las mediciones de campo los consumos de electricidad para iluminación, refrigeración, calentamiento de agua (con calentadores tipo tanque), calentamiento de agua (en duchas eléctricas), estufas eléctricas, aire acondicionado, TV y otros electrodomésticos, considerando cada estrato y cada ciudad.

Rangos de consumo de gas natural

Se determinaron a partir de las mediciones y la elaboración de los menús típicos anteriormente mencionados, y además otros preparados, los rangos de consumo de gas natural para las cuatro ciudades estudiadas. La figura siguiente muestra el caso particular de Bogotá



Tabla 1-13 Bogotá. Rangos de consumo de gas natural por uso y por tipo

Uso Gas Natural	Cod	Tipo	Rango Consumo Gas Natural		
			lt/persona/día		
Desayuno	B1	Bebida caliente (café con leche, té, tinto, otro)	15	a	20
	B2	Bebida caliente + huevos+pan	20	a	25
	B3	Bebida caliente + huevos+arepa	25	a	35
Onces	O1	Bebida caliente (café con leche, té, tinto, otro)	15	a	20
Almuerzo	A1	Solo sopa	60	a	90
	A2	Solo seco	70	a	90
	A3	Sopa + seco simple	100	a	140
Comida	C1	Bebida caliente (café con leche, té, tinto, otro)	15	a	20
	C2	Calentado	20	a	30
Aseo personal	D1	Ducha	85	a	190
			lt/día		
Otros usos	U1		90	a	350

También en este estudio se “reconstruyó la factura de gas natural” en tres ítems: Cocción de alimentos, aseo personal y otros usos. Los resultados muestran que la estimación corresponde con el consumo según la factura promedio.

1.9 CONSUMOS ESPECÍFICOS DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS

Se determinaron en condiciones de laboratorio las demandas de potencia y energía de los siguientes electrodomésticos: Bombillos, ventiladores, licuadoras, estufas y neveras. Los equipos medidos fueron en general equipos que llevan varios años de uso. Las mediciones efectuadas fueron de tres tipos: a) de potencia para equipos de demanda de potencia constante, b) de energía para equipos de trabajo por ciclos.

Bombillos, LFC's y Fluorescentes. En caso de los dispositivos de iluminación se encontró que las potencias de los bombillos son ligeramente inferiores a las nominales de los mismos (inferior a -10%). En las LFC's, la potencia nominal es inferior a la nominal, hasta en un 25%. En el caso de los tubos fluorescentes se encontró que la demanda de potencia del sistema fluorescente está fuertemente



influenciada por la demanda del balastro. En las mediciones se encontraron consumos de hasta 73% del consumo nominal del tubo fluorescentes.

Ventilador. Se determinó la potencia para un ventilador de uso estándar con potencias de 30.8 W (velocidad baja), 52 W (velocidad media) y 72.2 W (velocidad alta).

Licuada. Se determinó la potencia de una licuadora de uso estándar como es la de 300 W nominales, arrojando demandas de potencia de 160 W (velocidad baja), 204 W (velocidad media) y 255 W (velocidad alta).

Estufas. Las estufas fueron medidas en relación con los menús típicos. Se realizó la medición del consumo de gas y electricidad para el calentamiento de 0.5 de agua de la temperatura ambiental hasta la ebullición a 91.6 °C en Bogotá, tanto en una estufa a gas como en una estufa eléctrica. La energía eléctrica consumida en el proceso fue de 0.49 MJ (0.136 kWh), mientras que con gas natural fue de 1,005 MJ (30.1 lt * 33.4 MJ/m³). Nuevamente este factor 2 muestra que la estufa eléctrica es en términos energéticos 2 veces más eficiente que la estufa a gas para este proceso.

Neveras.. En el trabajo de laboratorio se buscó determinar el COP (Coeficient of Performace) midiendo la temperatura ambiental, la del congelador y la del refrigerador, así como la demanda de energía. El resultado es el que el COP en Barranquilla es de 1.2 en una nevera de 5 ft3, entre 1.3 y 1.5 en Medellín y Barranquilla para neveras entre 8 y 15 ft3 y de 1.85 para una nevera de 5 ft3 en Pasto. Lo anterior pone de manifiesto las dificultades ambientales en las que las neveras en Barranquilla trabajan pero en general el COP medido es bastante bajo.

1.10 CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y GAS NATURAL EN PEQUEÑOS Y MEDIANOS NEGOCIOS

En total fueron medidos los consumos de 105 equipos 24 pequeños y medianos negocios, seleccionados al azar. Se trató de negocios con un número reducido de empleados (menos de 10) y con equipos intensivos en consumo de energía (restaurantes, panaderías, etc.). También se levantó un inventario de estos negocios por barrio de estratos 1 a 6 para determinar las frecuencias de los negocios y tipificar el número de negocios mejor por “numero de manzanas servidas por cada tipo de negocio”. Así se determinaron los índices de manzanas servidas por minimercados, panaderías, cigarrerías, restaurantes, comidas rápidas, carnicerías, etc. También se determinó que los negocios más frecuentes



son minimercados, panaderías, cigarrerías, restaurantes, comidas rápidas y carnicerías, en ese orden. La figura siguiente muestra el índice de manzanas servidas por minimercado, en donde se observa existe una gran variación entre estratos de cada ciudad y entre ciudades.

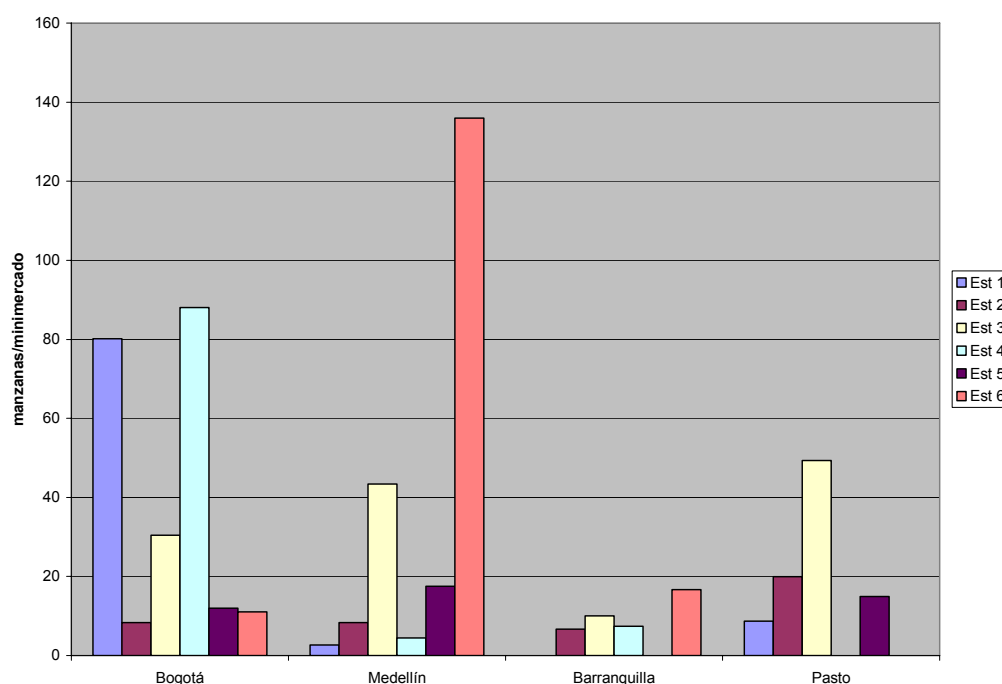


Figura 1-22 Índice de Manzanas por Minimercado

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Se midió también el consumo de electricidad de 105 equipos en estos 24 negocios. Especial atención se dio a los equipos refrigerados porque estos tienen una gran participación en el consumo de electricidad de los negocios. Los resultados demuestran un consumo excesivo de electricidad por parte de estos equipos.

Empleando la metodología mencionada anteriormente se “reconstruyó la factura de electricidad. El consumo de energía agregado por tipo de negocio oscila entre 100 kWh/mes para una pequeña cafetería en Pasto y hasta 2725 kWh para una panadería en Medellín.

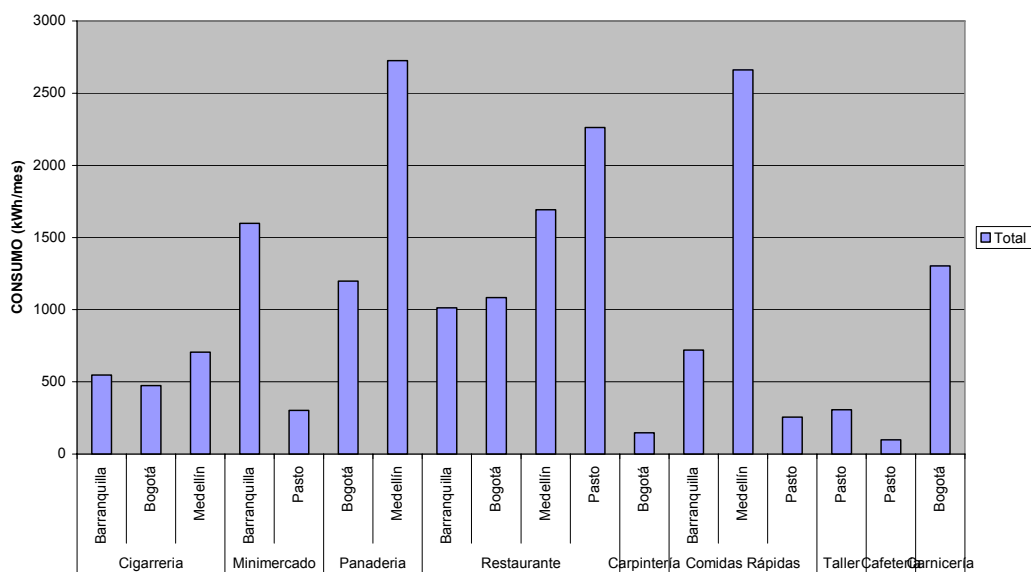


Figura 1-23 Consumo mensual promedio de energía eléctrica por tipo de negocio y ciudad.

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Ahora, el consumo de refrigeración representa más del 50% y hasta el 80% del valor de la factura en los negocios, exceptuando los casos de las carpinterías y talleres de ornamentación.

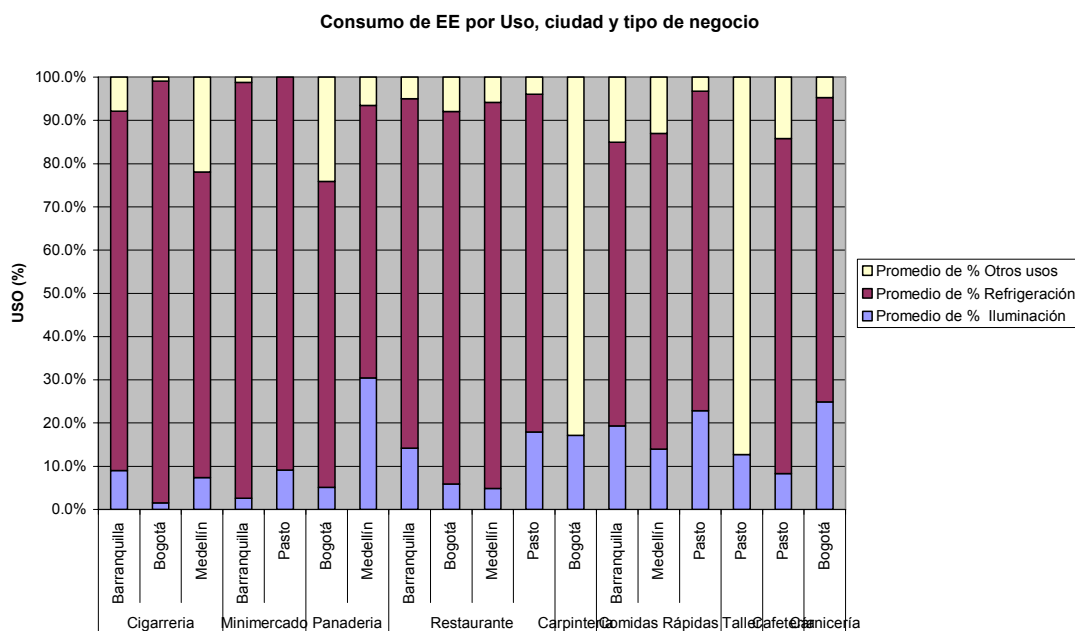


Figura 1-24 Consumo de energía por tipo de uso, negocio y ciudad

Fuente: Determinación Consumo Final Energía Sector Residencial – UPME - UNAL, 2006

Es de anotar que es conveniente desarrollar indicadores apropiados para buscar correlaciones entre energía eléctrica consumida y por ejemplo, número de personas atendidas, o área del local o ventas mensuales.

La metodología desarrollada para gas permitió igualmente “reconstruir la factura de gas natural por agregación del consumo” a partir del consumo en Horno/cuarto de crecimiento en panaderías y la cocción de alimentos en restaurantes y pizzerías. Esta reconstrucción es muy directa porque no se encontró en los negocios medidos que se presentaran los dos usos simultáneamente.

1.11 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES

Tomando en cuenta los resultados de la encuesta en cuanto a tenencia, tiempos promedio de uso y capacidades más comunes de los electrodomésticos, junto con las mediciones realizadas sobre consumo específico de cada electrodoméstico en cada ciudad, se puede calcular el consumo de energía promedio mensual por hogar y por cada uno de los usos finales.



La tabla siguiente muestra los resultados del cálculo promediando los tres primeros estratos por cada uso y en cada ciudad.

Tabla 1-14 Consumo promedio mensual de energía en los estratos 1, 2, y 3

Equipo	Consumo kWh/mes/hogar en cada ciudad			
	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Iluminación	36.2	25.0	24.8	34.3
Televisor	8.2	7.8	11.7	6.9
Nevera	44.1	55.0	60.0	29.0
Plancha	10.7	9.4	9.0	7.7
Licuada	1.2	1.0	1.9	1.7
Lavadora	12.7	12.7	3.8	5.2
Ducha electrica	63.1			62.8
Ventilador			42.7	
Total	176.2	111.0	153.9	147.6

1.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La encuesta sobre tenencia de electrodomésticos realizada en las cuatro ciudades estudiadas revela que el parque de electrodomésticos es dinámico y está en permanente cambio. Por ejemplo existen electrodomésticos que están desapareciendo, tal como es el caso de la estufa eléctrica en las cuatro ciudades, en Barranquilla y Bogotá fue sustituida por la estufa a gas natural, en Medellín está siendo sustituida en parte por estufas a gas natural y en parte por estufas a GLP y en Pasto fue sustituida completamente por GLP.
- También existen electrodomésticos que están siendo adquiridos por la gran mayoría de la población, tal como la lavadora de ropa que de acuerdo con la encuesta de calidad de vida del DANE en el año 1997 la poseía el 26% de los hogares y en el año 2003 este porcentaje ascendió al 32% y ahora en la encuesta actual este porcentaje está arriba del 73% para Bogotá, Medellín y Barranquilla. El calentador de agua y la ducha eléctrica también han aumentado los porcentajes de tenencia especialmente en los estratos bajos en las ciudades de Bogotá y Pasto.
- La encuesta revela también que las luminarias eficientes están siendo adquiridas especialmente por los estratos altos en todas las ciudades y muy



tímidamente en los estratos bajos. Sin embargo la proporción del total de luminarias incandescentes reemplazadas en cada ciudad es apreciable, por ejemplo en Bogotá este porcentaje es de 21%, en Medellín es de 29% y en Barranquilla es de 45%. Existe todavía un gran potencial de ahorro de energía en cada ciudad por este concepto ya que la sustitución es rentable para el usuario y puede seguir creciendo en forma acelerada a corto plazo.

- d. La sustitución de las estufas eléctricas por estufas a gas es un primer paso en el camino de búsqueda de uso racional y eficiente de la energía, sin embargo, tal como lo revelan las medidas de consumo de energía para la preparación de los menús típicos en el presente estudio, y como lo había revelado otro estudio anterior (1998, UNAL - UPME) la eficiencia térmica del sistema de cocción con estufas de gas natural estaba alrededor del 40%, con la de GLP cerca del 43% y con la eléctrica cerca del 80%. Nuevamente en este estudio se confirmó que la relación de eficiencias entre la estufa a gas y la de electricidad es de 2 a 1. Se recomienda realizar investigaciones a fondo para diseñar mejor el quemador de las estufas, la estufa misma y para diseñar una batería de ollas adecuadas para la cocción con gas, a fin de mejorar la eficiencia de las estufas y aprovechar adecuadamente los energéticos.
- e. Más del 30% de las neveras en la ciudad de Bogotá tienen una edad superior a los 10 años y en Medellín esta fracción es del 23%. En particular este es un electrodoméstico al cual se le realiza mantenimiento solamente cuando deja de enfriar. Las neveras con la edad se deterioran en sus empaques, en el control de temperatura, klystron y en el buen funcionamiento del compresor.
- f. Un elemento importante es la instrucción que reciben los técnicos de mantenimiento, dado que están formados para atender daños en las unidades o en el sistema eléctrico, más no en la revisión de los empaques, esto conlleva a que se realicen mantenimientos y reparaciones parciales que permiten la nevera funcione pero con un consumo excesivo de energía.
- g. Los sistemas de iluminación fluorescentes presentan con frecuencia elevado consumo de electricidad de todo el sistema a causa del ineficiente balastro que se usa en estos sistemas. Como medida de uso racional se recomienda la utilización de los tubos T8 en lugar de los T12 y de balastros electrónicos.
- h. La metodología de medición de la corriente demandada en el tiempo y la tensión, permite determinar de una manera práctica y confiable la demanda de energía y registrar (via data logger de corriente) el comportamiento de la potencia y energía demandada. Se recomienda emplear este método en



futuros estudios por su simplicidad, no ser intrusivo, de bajo costo, flexible y con facilidades de transferencia y análisis de la información.

- i. Las neveras se han convertido en los dispositivos de mayor consumo de electricidad en los hogares que tienen gas natural para cocción y calentamiento de agua. A pesar de que el funcionamiento normal de las neveras es cíclico, la nevera puede prestar su servicio sin que el usuario note que el compresor no se detiene, como se determinó en varias de las visitas realizadas, presentando así una operación defectuosa la cual conlleva a un elevado consumo de electricidad. Es recomendable que las neveras sean revisadas frecuentemente, mantenida su empaquetadura y situadas apropiadamente (no expuestas al calor solar o de estufas u hornos), principalmente en ciudades de clima cálido como por ejemplo Barranquilla, en donde la gran mayoría de las neveras medidas estaba en condición de operación anómala.
- j. El consumo de electricidad en los equipos refrigerados de los pequeños y medianos negocios pone nuevamente de manifiesto el problema encontrado en las neveras de uso doméstico. Este elevado consumo incide de manera muy importante en el costo de la energía eléctrica de estos negocios. Por ello es recomendable que se trabaje en un programa con las empresas que manufacturan estos equipos para mejorar la eficiencia de sus productos. También se recomienda la capacitación de técnicos para que se les de a los equipos un mantenimiento apropiado, tareas que pueden ser lideradas por instituciones del gobierno como el Sena con el apoyo de la industria de refrigeración del país.
- k. Las metodologías desarrolladas en este proyecto han demostrado su enorme potencial que permite que ellas se pueden emplear en nuevos estudios de caracterización de demanda de equipos eléctricos y de gas en diferentes sectores de la economía nacional.
- l. Se recomienda finalmente que estudios de esta naturaleza se realicen periódicamente para determinar los cambios en los equipos, hábitos de uso, respuesta a las políticas y medidas de uso racional y eficiente de energía, y la evolución del consumo de energía del sector considerado.