

Inventario de emisiones residenciales de La Rioja

Estudio enmarcado dentro del proyecto InterregSudoe IVB,
Estrategias Ambientales para la Reducción de Emisiones (e-AIRE)



Dirección General de Calidad Ambiental.

Marzo 2012.

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	4
1.1. PROYECTO eAIRE.....	5
1.2. OBJETIVOS.....	7
2. ENERGÍA Y COMBUSTIBLES PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	8
2.1. DERIVADOS DEL PETRÓLEO: gasóleo y fuelóleo.....	14
2.1.1. Fuelóleo.....	14
2.1.2. El gasóleo.	16
2.2. GAS: gas natural, gas propano y gas butano.....	20
2.2.1. El gas natural.....	20
2.2.2. Butano y propano.....	26
2.3. ELECTRICIDAD.....	30
2.4. LA ENERGÍA SOLAR.....	34
2.4.1. Energía solar térmica.....	34
2.4.2. Energía solar fotovoltaica.....	35
2.5. BIOMASA.	37
3. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE LOS DISTINTOS COMBUSTIBLES PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA RIOJA. ...	43
4. EMISIONES DE CALDERAS RESIDENCIALES EN LA RIOJA.	64
4.1. Introducción.....	64
4.2. Herramienta y resultados.	67
4.2.1. Herramienta.	67
4.2.2. Resultados.....	68
5. PROYECTO PILOTO EN LA ZONA URBANA DE LOGROÑO	69
5.1. Antecedentes.....	69
5.2. Metodología de trabajo.	69
5.2.1. Encuesta	70
5.2.2. Mediciones en caldera.	72
5.2.3. Marco de muestreo.....	74
5.3. Protocolo de realización de mediciones.	75
5.3.1. Mediciones con equipo TESTO 350. Funcionamiento básico.	76
5.4. Resumen de resultados.....	77
6. ESTRATEGIAS DE AHORRO DE ENERGÍA Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.	83
7. BIBLIOGRAFÍA.	90
8. ANEXOS.	92

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

Nuestra sociedad actual se caracteriza por una enorme demanda energética, satisfecha fundamentalmente por el aprovechamiento de combustibles fósiles. El uso del vehículo, la luz de nuestros hogares o la calefacción y el agua caliente sanitaria (ACS) que se necesita diariamente deriva del aprovechamiento de los recursos disponibles. Y este aprovechamiento a su vez, genera una serie de impactos directos e indirectos sobre el medio ambiente y la salud humana. Los indicadores de estos impactos son el grado de acidificación provocado por la emisión de los óxidos de azufre (quema de combustibles con azufre como el carbón o el gasoil), la contribución al cambio climático derivada de la combustión doméstica de combustibles, la contribución a la eutrofización debida principalmente de las emisiones de NOx al aire, la formación de oxidantes fotoquímicos, debidos a distintos componentes orgánicos y óxidos de nitrógeno y de azufre, y la destrucción de la capa de ozono, entre otros.

Entre las actividades humanas con impacto notable sobre el medio ambiente atmosférico y que muestran una alta dependencia de la quema de combustibles, destaca la **calefacción para confort y agua caliente sanitaria en el sector residencial**. En este ámbito de estudio, resulta interesante profundizar en la red de distribución de la energía y los combustibles, el consumo de los distintos combustibles, la distribución espacial de los distintos recursos y usos, el cálculo y la medición de emisiones emitidas a la atmósfera y sobre todo las estrategias de ahorro de energía y reducción de la contaminación, la búsqueda de fuentes alternativas, los ecodiseños y los nuevos materiales y tecnologías.

La Dirección General de Calidad Ambiental, preocupada desde hace años por estas cuestiones, participa en el proyecto e-AIRE, del programa Interreg IVB SUDOE, a través del cual se pretende disminuir las emisiones atmosféricas en la Comunidad Autónoma de La Rioja y promover una mejora de la calidad del aire de la región. Las actuaciones a desarrollar dentro del mismo se justificarán según la opción más eficiente en relación a la reducción de contaminantes en los distintos sectores de actividad, como es el sector residencial y las actividades de consumo de combustibles para calefacción y agua caliente sanitaria.

1.1. PROYECTO eAIRE

El proyecto “Estrategias Ambientales Integradas para la Reducción de las Emisiones” (e-AIRE) está incluido en el Programa SUDOE INTERREG IV B dentro de la Prioridad II- Mejora de la sostenibilidad para la Protección y Conservación del Medio Ambiente y el Entorno Natural del SUDOE.

El proyecto tiene como objetivo minimizar y controlar las emisiones con el fin de contribuir a la mejora de la calidad del aire y disminuir las emisiones a la atmósfera de sustancias nocivas, buscando mejorar la calidad ambiental en los espacios urbanos.

La temática principal gira en torno a la lucha contra la contaminación atmosférica y cambio climático, la eficiencia energética y la mejora de la calidad del medio ambiente urbano. El proyecto se plantea como una estrategia destinada a cubrir las necesidades en relación con el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos, para así suavizar los efectos que el cambio climático está produciendo en el espacio (sequía, degradación de espacios naturales, etc.). Igualmente, se pretende evitar la problemática asociada a la alta dependencia de los combustibles fósiles, que tiene graves consecuencias sobre la economía y el entorno atmosférico. Se prestará especial atención a la calidad del aire en zonas urbanas, cada vez más congestionadas.

Dentro de las tareas programadas en el marco del Proyecto e-AIRE, se han considerado las actuaciones sobre las fuentes fijas (focos canalizados, continua o discontinuamente, de partículas o gases) de emisión de contaminantes atmosféricos.

Las calderas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) del sector residencial

son fuentes fijas consumidoras de combustibles que generan durante su funcionamiento emisiones de contaminantes atmosféricos de distinto tipo (SO₂, NO_x, CO, CO₂, partículas...)

- El SO₂ es un gas incoloro no inflamable. Durante su proceso de oxidación en la atmósfera forma sulfatos, es decir, sales que pueden ser transportadas en el material particulado respirable (PM10) y que en presencia de humedad forman ácidos. Estos ácidos son una parte importante del material particulado secundario o fino (PM2,5). El SO₂ se origina en la combustión de carburantes con un cierto contenido en azufre (carbón, fuel, gasóleos...) en instalaciones de combustión de calefacciones.

- Los óxidos de nitrógeno de mayor interés como contaminantes en calidad del aire son el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Las fuentes de emisión principales de NO₂ son los procesos de combustión a altas temperaturas, en los cuales se combinan el oxígeno y el nitrógeno presentes en el aire y dan lugar a NO que, posteriormente, por la acción de oxidantes atmosféricos como el ozono, se convierte en NO₂. En las ciudades, el tráfico y las calefacciones constituyen la principal fuente de emisiones. Los óxidos de nitrógeno (NOx) junto con los compuestos orgánicos volátiles (COV), son los principales precursores del ozono troposférico, uno de los mayores problemas de calidad del aire en muchas ciudades españolas.
- La mayor parte del ozono presente en la atmósfera, en torno a un 90%, se encuentra en la estratosfera. Cuando se forma en la baja troposfera (capa más baja de la atmósfera) se denomina ozono troposférico y se considera un contaminante secundario de origen fotoquímico, pudiendo originar problemas en la salud, sobre todo en ciertos sectores sensibles, causando irritación en los ojos, nariz y garganta. Los daños que provoca son extensibles también a la vegetación y a los materiales.
- El monóxido de carbono (CO) es un gas inflamable, incoloro, insípido, ligeramente menos denso que el aire y altamente tóxico. Entre los orígenes antropogénicos del CO destacan los procesos de combustión, siendo la combustión incompleta en focos fijos (calefacciones, industrias) y la incineración de residuos las principales fuentes de este contaminante.
- Material particulado: el PM10 (de origen fundamentalmente natural) y el PM2.5 (de origen antropogénico) se generan en la combustión de combustibles sólidos como la biomasa madera. Estas partículas tienen unos valores límite de emisión y de inmisión muy rigurosos.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo fundamental que se persigue con la elaboración de este trabajo es el siguiente:

- Apoyo técnico para la realización del inventario de emisiones residenciales de La Rioja.

En concreto, los trabajos estarán encaminados a la recopilación de la siguiente información y la decisión sobre las siguientes cuestiones:

- La red de distribución de la energía y los combustibles.
- Consumo de los distintos combustibles.
- La distribución espacial de los distintos recursos y usos.
- Cálculo y la medición de emisiones emitidas a la atmósfera
- Las estrategias de ahorro de energía y reducción de la contaminación, la búsqueda de fuentes alternativas, los ecodiseños y los nuevos materiales y tecnologías.

En concreto se trabajará lo siguiente:

Descripción de los trabajos	Tareas
Recopilación de datos de calderas residenciales.	Elaboración de encuestas para la consulta de datos a vecinos de la comunidad. Realización de encuestas, recopilación de datos de la DG. De Industria y resultados del estudio de campo.
Mapas de zonificación: nº habitantes/calderas colectivas o individuales/gas natural o no.	Representación de los resultados obtenidos de la fase anterior en tablas y mapas.
Metodología para el cálculo de emisiones.	Estudio de la metodología IPCC para el cálculo de emisiones de combustión en el sector residencial.
Campos de entrada de los datos para la plataforma del proyecto e-AIRE.	Estudio de la plataforma e-AIRE para la determinación de los campos de entrada necesarios en el ámbito de las emisiones residenciales.
Hoja de cálculo sencilla para pruebas de emisiones.	Elaboración de hoja de cálculo sencilla basada en la metodología de cálculo IPCC.
Material de difusión de los resultados.	Elaboración de material de difusión de los resultados.

Tabla 1.- Descripción de los trabajos y de las tareas asociadas.

2. ENERGÍA Y COMBUSTIBLES PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.

Calefacción y agua caliente sanitaria en España.

El consumo de energía final (apta para el usuario final de la cadena energética) en España y por tipos de energía es el siguiente:

- Los derivados del petróleo representan en 2006 (previamente a la crisis económica) el 57.7% del consumo de energía final. Dicho consumo procede básicamente de la demanda de gasóleos y gasolinas de automoción, pero también gasóleo y GLP para los sectores doméstico y terciario.
- El consumo de gas representa en 2006 un 16% de la energía final,
- El consumo de electricidad, el 20.3%,
- Las renovables, el 3.9%
- El carbón representa el 2.1% (consumo en porcentaje de energía final para usos residenciales y terciarios. Fuente: IDAE).

En la lectura de estos datos se debe considerar que las energías primarias son los recursos o fuentes naturales susceptibles de su aprovechamiento energético (energías no renovables como el carbón, el petróleo o el gas y renovables como la energía hidráulica, la solar, la eólica...). La diferencia entre la energía primaria y la energía final es especialmente importante cuando se realizan comparaciones y se considera la electricidad.

En los años previos a la crisis económica, el sector residencial representó el 17% de la energía final consumida en España, por detrás del sector transporte (39%) e industrial (31%).

La demanda energética doméstica viene experimentando un crecimiento constante durante los últimos años, en torno a un 4.5%, debido a variables demográficas, el incremento de la calidad de vida, el incremento de aparatos que antes no eran habituales... Entre la distribución del consumo energético doméstico español, cabe destacar el segmento de los usos en **calefacción y agua caliente sanitaria**.

La demanda en calefacción representa en la mayor parte del territorio el principal foco de consumo de combustibles y fuentes de energía. No obstante, tipificar esta demanda suele ser complicado debido a la gran cantidad de variables que influyen como son:

- Tipo de edificación.
- Envoltente del edificio.
- Situación geográfica.
- Orientación.
- Condiciones de operación.
- Equipos.

Uno de los factores más importantes sobre el que difícilmente se puede influir es la situación geográfica a escala macro. Esta situación geográfica determina las siguientes demandas de refrigeración y calefacción:

Localidad	Zona Climática	Demanda de Calefacción (KWh/m ²)	Demanda de refrigeración (KWh/m ²)	Demanda de ACS (KWh/m ²)
Logroño	D2	47.4	5.9	13.2
Cádiz	A3	9.0	14.6	12.3
Barcelona	C2	28.3	8.0	12.8
Ávila	E1	69.5	0.0	13.7
La Coruña	C1	30.0	0.0	13.0

Tabla 2.- Demandas de refrigeración y calefacción según la zona geográfica.

Para el caso del agua caliente sanitaria o ACS su consumo corresponde a un 12.6% de la demanda energética doméstica. Las variables principales que afectan al valor final de este segmento de consumo suelen ser el número de residentes y los hábitos de consumo. Una residencia de tres personas puede tener una demanda de consumo media de 1175 KW/h/año.

Calefacción y agua caliente sanitaria en La Rioja.

En La Rioja, la población se distribuye en torno a los principales núcleos urbanos, como son Logroño y su área metropolitana, Calahorra, Arnedo, Alfaro, Haro, Nájera, Ezcaray y Santo Domingo.

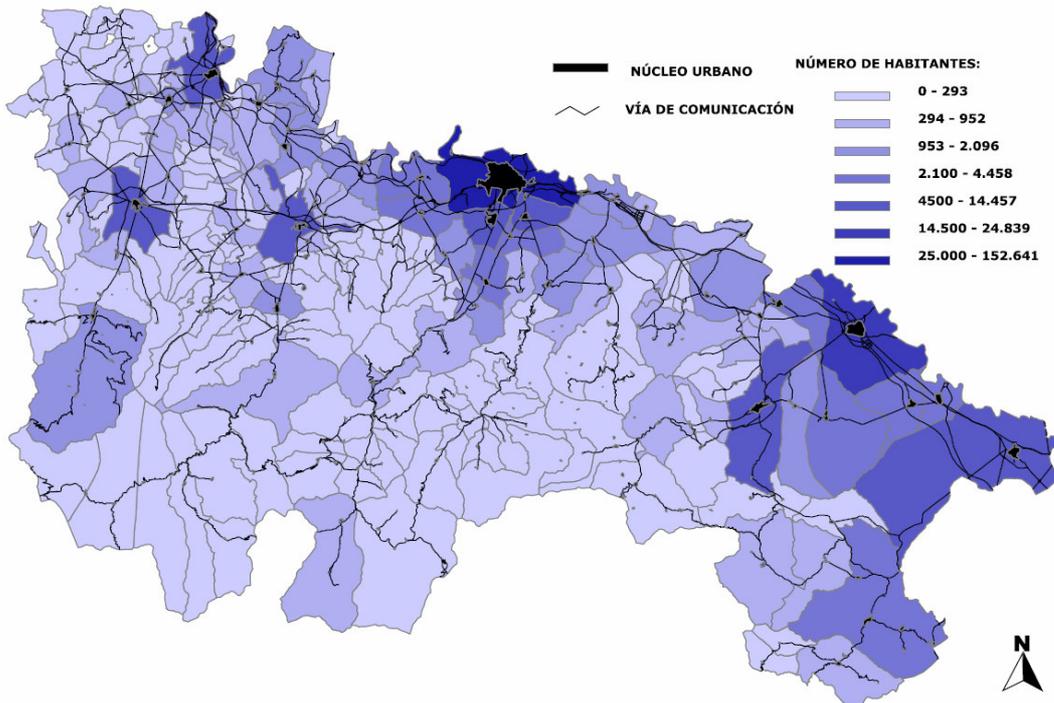


Ilustración 1.- Distribución de la población en La Rioja.

El 97.2% de las viviendas riojanas dispone de calefacción en el total regional, que es un porcentaje muy alto con respecto al resto de las regiones del territorio nacional. Esta distribución por comunidades autónomas está directamente relacionada con la temperatura invernal que se registra en la región, por lo que comunidades como La Rioja, pero también Navarra, Aragón, Castilla y León o Madrid, cuentan con 9 de cada 10 viviendas con calefacción frente al extremo opuesto de Canarias o Andalucía. También la distribución de la calefacción y los consumos de esta depende de los tipos de núcleos familiares de los que se trate (parejas, personas solas, familias con hijos...)

Porcentaje de viviendas según el sistema de calefacción disponible. Año 2008.	España	La Rioja	Diferencia
Disponibilidad de calefacción	70.3	97.2	26.9
Calefacción eléctrica total	18.6	7.8	-10.8
Calefacción eléctrica: individual	4.6	1.1	-3.5
Calefacción eléctrica: radiadores y acumuladores	14	6.3	-7.7
Calefacción eléctrica: hilo radiante	0.7	0.3	-0.4
Calefacción de gas: total	32.3	53.2	20.9
Calefacción de gas: central	6.6	10.0	3.4
Calefacción de gas: individual	23.4	42.5	19.1
Calefacción de gas: no canalizado.	2.5	1.0	-1.5
Calefacción de gasóleo: total	11.7	33.6	21.9
Calefacción individual de gasóleo	7.0	19.6	12.6
Calefacción central de gasóleo	4.8	14.2	9.4
Otros sistemas de calefacción: total	12.8	9.3	-3.5
Otros sistemas de calefacción: total bomba de calor	6.3	1.4	-4.9

Porcentaje de viviendas según el sistema de calefacción disponible. Año 2008.	España	La Rioja	Diferencia
Bomba de calor: canalizado	2.3	0.2	-2.1
Bomba de calor: no canalizado	4.0	1.4	-2.6
Calefacción central de carbón	0.5	0.4	-0.1
Calefacción de madera	2.8	5.9	3.1

Tabla 3.- Porcentaje de viviendas según sistema de calefacción. 2008. Fuente: Encuesta de Hogares y Medio Ambiente. INE.

Según la Encuesta de hogares y medio ambiente del INE referida anteriormente, la fuente de energía más usada para generar calor es el gas (53.2%), que está presente en 7 de cada 10 viviendas de Logroño (en el 70.5% de las viviendas). El gasóleo también es ampliamente consumido, sobre todo en municipios de más pequeño tamaño (52.1% de las energías usadas para calefacción).

También este estudio muestra que las viviendas con salarios más bajos cuenta con las fuentes de energía del tipo electricidad (12.8% de las viviendas), la madera (10.6%) o el carbón (0.8%).

En La Rioja la temperatura que se alcanza en los hogares es de 20.9º C y en el 71% de los casos se cuenta con la disponibilidad de calefacción con termostato (frente al 50% del total de España, teniendo en cuenta todas las regiones).

Fuentes de calor

Las instalaciones que permiten disponer de agua caliente y de calefacción tienen un rendimiento y un sistema de trabajo distinto, según el tipo de instalación. De cada unidad de energía que entra en forma de combustible o electricidad en las calderas, sólo una parte va a servir para calentar el aire o el agua, perdiéndose parte de esta energía en forma de calor en zonas no deseadas. Estas pérdidas se producen a causa de los sistemas de producción de calor (calderas, calentadores...), los sistemas de distribución (conductos de aire, radiadores...) o por una gestión y uso deficiente.

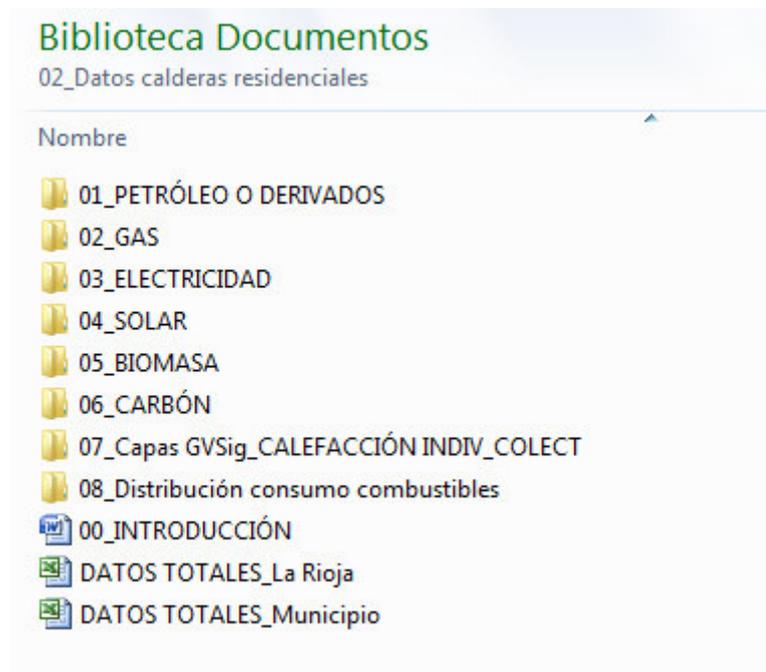
En el caso de los sistemas de producción de calor, el rendimiento tiene que ver con diversas características de los equipos como el sistema de recuperación de los gases de combustión y la calidad de la combustión. Generalmente, la eficiencia del sistema es mayor en instalaciones centralizadas.

De las fuentes de calor existentes las más utilizadas son las calderas con rendimiento entre el 82 y el 99%, siendo las más eficientes las de recuperación de calor (o condensación) y bajas temperaturas. También la centralización de la generación para todo el edificio.

De los combustibles utilizados para alimentar a estos sistemas se distingue clasificaciones por la composición del combustible, diferenciando combustibles sólidos, líquidos y gaseosos:

- **Combustibles sólidos:** se incluye, carbón, paja, turba, madera... Los principales componentes de estos combustibles son carbono, hidrógeno, oxígeno y pequeñas cantidades de azufre y agua. Se diferencian por su poder calorífico, siendo el carbón el de mayor poder seguido por la turba y la madera. El principal inconveniente de su uso es la cantidad de cenizas que se generan, lo que obliga a disponer de medios técnicos para paliar la emisión de partículas.
- **Combustibles líquidos:** son derivados del petróleo mayoritariamente. En calderas de calefacción se usa principalmente gasoil ligero y pesado y también en pequeñas plantas de combustión, siendo idéntico en este caso al fuel. El fuel debe calentarse previo uso, cosa que no ocurre con el gasoil ligero.
- **Combustibles gaseosos:** son una mezcla de gases combustibles y no combustibles. Los componentes combustibles son hidrocarburos como el metano y el butano, el monóxido de carbono y el hidrógeno. El principal combustible gaseoso utilizado hoy en día en calefacción es el gas natural, cuyo componente principal es el metano, aunque una pequeña proporción de hogares usan el gas ciudad, que comprende fundamentalmente hidrógeno, monóxido de carbono y metano, con un poder calorífico un 50% menor que el gas natural.

Toda la información presentada en los siguientes puntos se puede encontrar en la carpeta siguiente de la versión digital de este estudio:



2.1. DERIVADOS DEL PETRÓLEO: gasóleo y fuelóleo.

2.1.1. Fuelóleo.

El fuelóleo es una mezcla de hidrocarburos alifáticos y aromáticos del petróleo (benceno y derivados del benceno). Puede contener también añadidos como el nitrógeno o azufre. La composición química exacta de cada uno de ellos variará dependiendo del origen y de otros factores.

El fuelóleo, según las normas AFNOR (Asociación Francesa de Normalización), se puede clasificar en:

- Fuelóleo n°1 o fuelóleo doméstico
- Fuelóleo n°2 (contenido máximo en azufre: 4%) o fuel de bodega
- Fuelóleo n°2 BTS, bajo contenido de azufre (contenido máximo en azufre: 2%)
- Fuelóleo n°2 TBS, muy bajo contenido de azufre (contenido máximo en azufre: 1%)

Las características que determinan los usos que se le darán al fuel son principalmente:

- Viscosidad: Mide la resistencia de un líquido al flujo.
- Poder calorífico: Representa la cantidad de energía liberada por unidad de masa o volumen del fuelóleo durante la reacción química para lograr una combustión
- Punto de escurrimiento: Es la temperatura más baja a la cual el fuelóleo fluirá bajo condiciones de ensayos estándar.
- Contenido de azufre: El contenido de azufre depende del crudo, del proceso de refinación y del tipo de fuelóleo.
- Contenido de agua y sedimentos: La presencia de agua en el fuelóleo se debe, generalmente, a la condensación de ésta en los tanques de almacenaje, pérdidas de vapor cuando se lo utiliza para la calefacción de los tanques, etc. La presencia de agua y sedimentos puede causar problemas en filtros y quemadores, a su vez puede causar problemas de corrosión en tanques y líneas.

Consumo de fuelóleo.

En las siguientes gráficas se puede apreciar la evolución del consumo de fuel en La Rioja y en España durante los últimos años. Se observa una disminución del consumo, así como una variabilidad del consumo estacionalmente, en función de los requerimientos energéticos para calefacción en épocas de más frío.

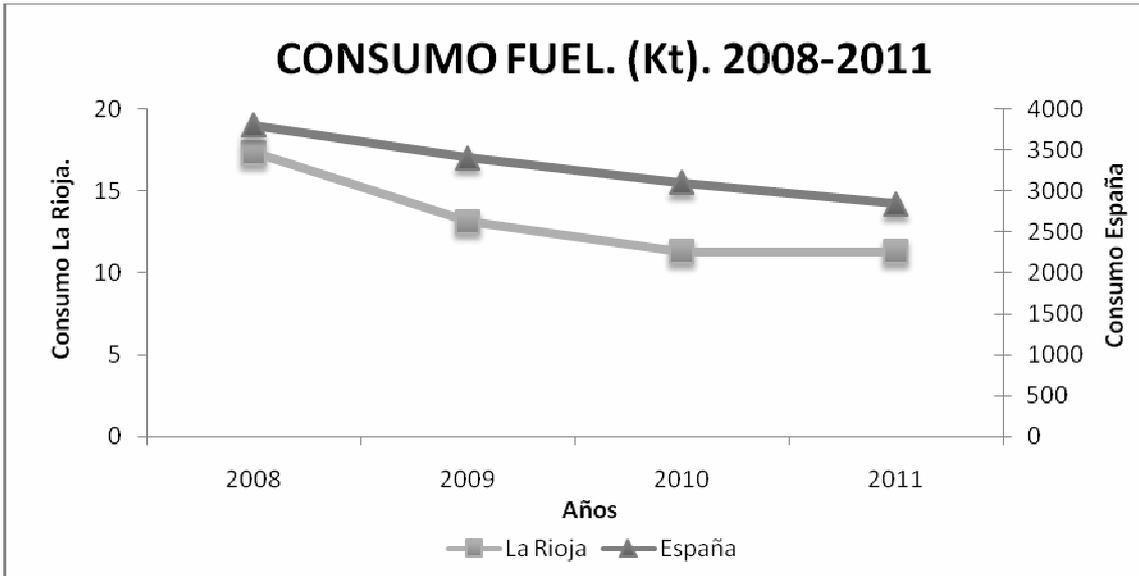


Ilustración 2.- Consumo de fuel entre 2008 y 2011 en España y en La Rioja. Elaboración propia. Fuente de datos: BHE Cores.

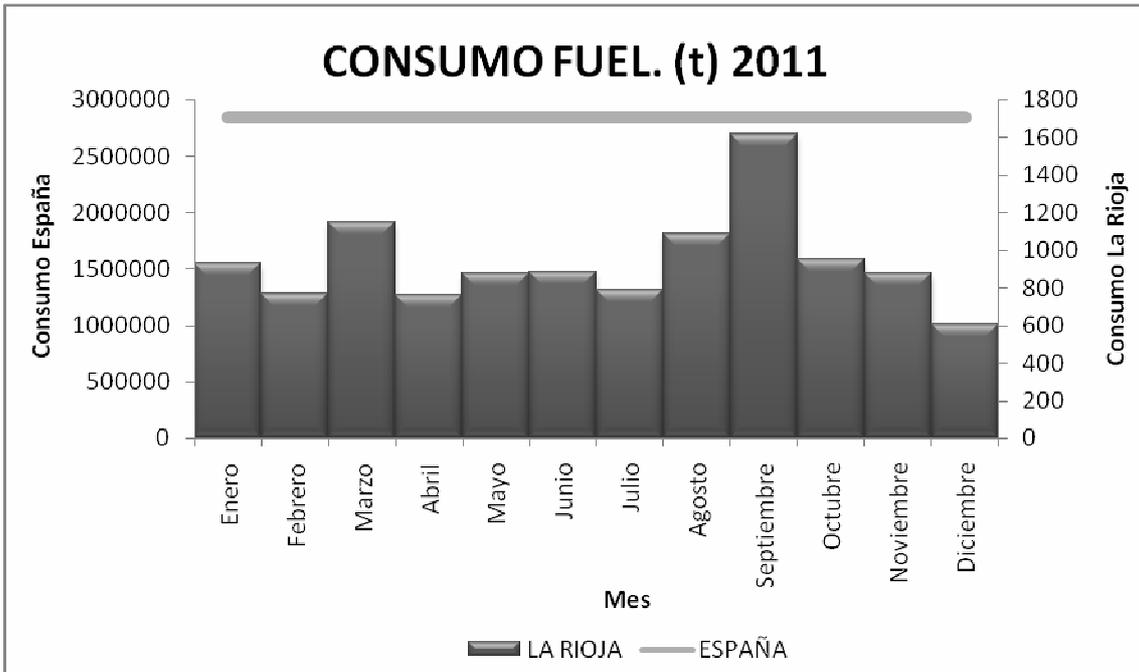


Ilustración 3.- Consumo de fuel en 2011 en España y en La Rioja. Elaboración propia. Fuente de datos: BHE Cores.

2.1.2. El gasóleo.

El gasóleo se impuso en España en el año 1975 como sustitución del consumo de fuelóleo en las ciudades por razones medioambientales.

El gasóleo es uno de los productos procedentes del refinado del petróleo. Es una mezcla líquida volátil de hidrocarburos de 12 a 25 átomos de carbono, denominados parafinas, y utilizado como combustible de motores diésel, quemado en sistemas de calefacción y empleado como materia prima para la industria química.

El gasóleo C de las calderas de calefacción o equipos de producción de calor es un combustible de color azulbonificado por el Estado.

El alto contenido en parafinas disperso en este gasoil aprovecha más el carburante extrayendo un mayor poder calorífico y teniendo un menor consumo, pero requiere de un correcto mantenimiento de los equipos que consumen este combustible para la correcta flotación de parafinas

Las principales propiedades del gasóleo C son:

- Alto rendimiento en la combustión.
- Buenas propiedades anticorrosivas.
- Mejor comportamiento en frío.

Evaluación ambiental del gasóleo.

El ciclo de vida del gasóleo se inicia con la extracción de petróleo de los yacimientos, mediante la perforación de pozos en tierra firme o con plataformas marinas. El fluido extraído es una mezcla de hidrocarburos líquidos, gases, agua u otras impurezas.

El petróleo se separa del agua de este fluido en instalaciones de acondicionamiento y se transporta hasta depósitos portuarios, desde los cuales se distribuye a distintos puntos y de allí a refinerías a través de redes de oleoductos. En las refinerías, el crudo se convierte en productos útiles. Una vez obtenidos los productos, las refinerías los distribuyen a sus clientes.

El consumo total de gasóleo representa en España el 48% del consumo total de productos petrolíferos. Si se observan los datos por sectores de actividad, mientras que el consumo de gasóleos de automoción aumentó en los años de bonanza (debido en gran parte a la dieselización del parque de vehículos), el consumo de gasóleo para

calefacción se ha visto reducido debido a las mejores condiciones climáticas y su progresiva sustitución por el gas natural.

El gasóleo C, sirve como fuente de calor para calefacción y agua caliente sanitaria en el sector doméstico.

Se cuenta con datos de la evaluación ambiental de un KW de energía extraído, transportado, refinado y distribuido para ser consumido en combustión doméstica.

Indicador de IA de la producción de 1 KWh eléctrico (península)	Valor	Unidad
Acidificación	$2.51 * 10^{-3}$	Kg. SO ₂ eq.
Cambio climático	0.317	Kg. CO ₂ eq.
Eutrofización	$5.38 * 10^{-4}$	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.
Toxicidad humana	$4.28 * 10^{-4}$	Kg Pb eq.
Radiación ionizante	$1.54 * 10^{-10}$	DALY
Formación de oxidantes	$6.10 * 10^{-5}$	Kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos.	0.104	Kg petróleo eq.
Destrucción de la capa de ozono	$4.06 * 10^{-8}$	Kg. CFC11 eq.
Consumo de agua dulce.	0.161	Kg. agua eq.

Tabla 4.- Análisis del impacto del gasóleo C. Fuente: Gas Natural Fundación.

En definitiva, el gasóleo C de consumo en calefacción y ACS de los hogares españoles, tiene la siguiente contribución a cada uno de los indicadores:

- La contribución del gasóleo C a la acidificación se debe principalmente a las emisiones de SO₂ y NOx de procesos de combustión. El 79% de este impacto se produce por la combustión doméstica del gasóleo (son más elevadas las emisiones de NOx que de SO₂).
- La contribución del gasóleo C al cambio climático se debe principalmente a las emisiones de CO₂. El 87% de este impacto se genera por la combustión doméstica del gasóleo y el porcentaje restante en las fases de preparación.
- La contribución a la eutrofización se debe principalmente a las emisiones de NOx al aire. El 91% de este impacto se produce por la combustión doméstica
- La contribución a la toxicidad humana procede en un 85% de la fase de combustión doméstica y da lugar a contaminantes en la atmósfera.
- La contribución a la radiación ionizante se debe en un porcentaje mayoritario a las fases de extracción, refino y distribución.
- La contribución a la formación de oxidantes fotoquímicos se debe principalmente a las emisiones de SO₂, CO y NOx al aire y en menor grado, a las emisiones de los

distintos COVs. El 51% del impacto se produce en la fase de combustión doméstica.

- La contribución al agotamiento de los recursos abióticos se debe en un 90% al consumo de petróleo para la producción de gasóleo.
- La contribución a la destrucción de la capa de ozono se debe principalmente a las emisiones de los distintos compuestos metánicos halogenados del proceso de extracción y refinado del petróleo.
- La contribución al consumo de agua dulce se debe en un 100% al proceso de extracción y refinado de petróleo.

Consumo de gasóleo C de calefacción.

Al igual que para el caso del fuel, el consumo de gasóleo en España y en La Rioja ha experimentado una senda de descenso desde el año 2008-2009. En el caso de este combustible, y debido también a su uso mucho más extendido, se puede observar un claro consumo estacional en los meses de invierno, frente a una bajada fuerte del consumo en los meses estivales.

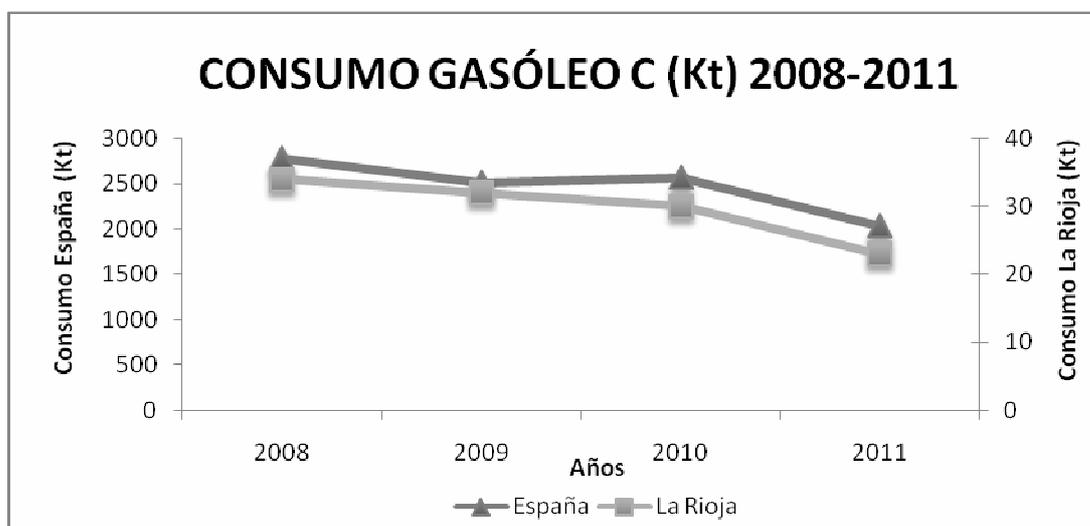


Ilustración 4.- Consumo de gasóleo C entre 2008 y 2011 en España y en La Rioja. Elaboración propia. Fuente de datos: BHE Cores.

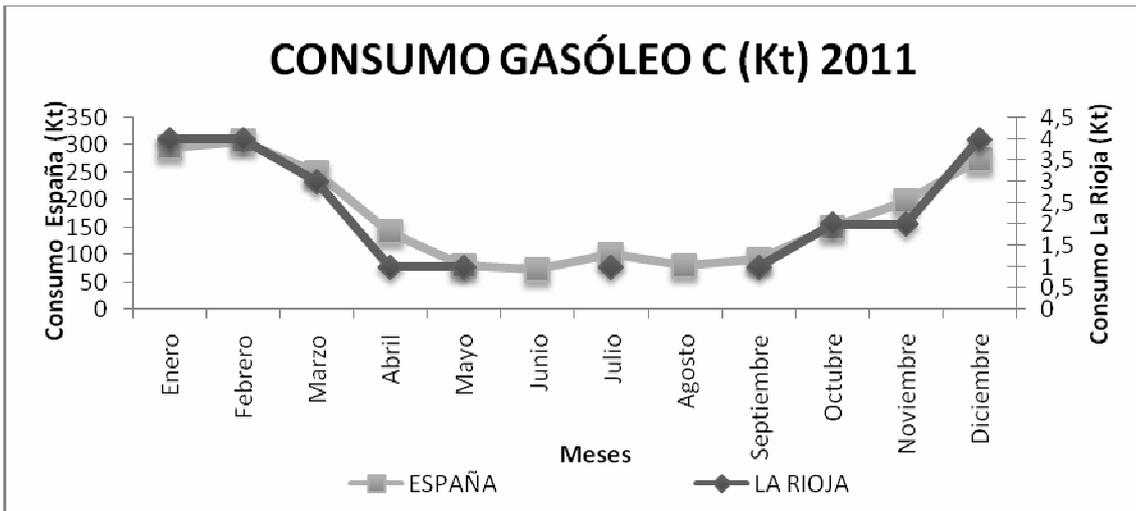


Ilustración 5.- Consumo de gasóleo en España y en La Rioja en 2011. Elaboración propia.

Fuente de datos: BHE Cores.

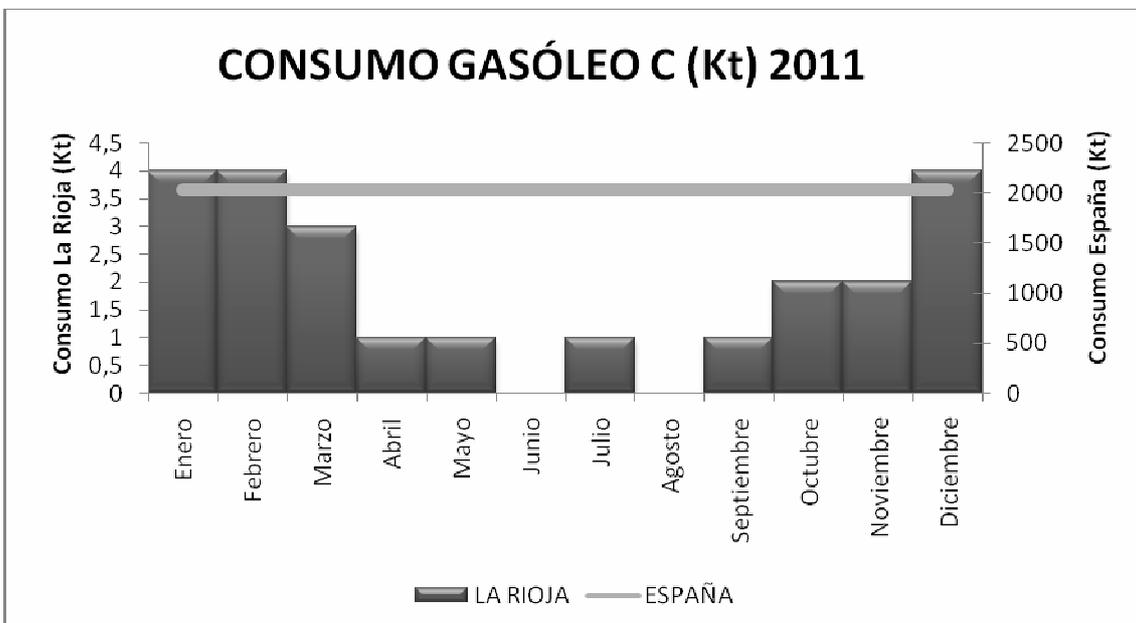
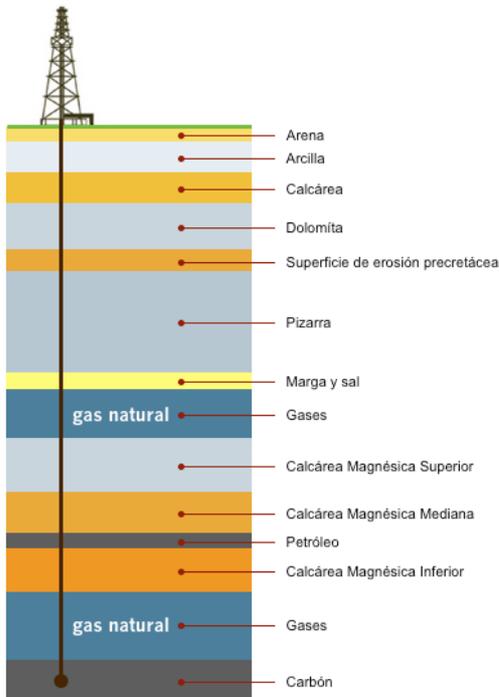


Ilustración 6.- Consumo de gasóleo en 2011 en España y en La Rioja. Elaboración propia.

Fuente de datos: BHE Cores.

2.2. GAS: gas natural, gas propano y gas butano.

2.2.1. El gas natural.



El gas natural es la mezcla de gases, cuyos componentes principales son hidrocarburos gaseosos, en particular metano que se encuentra en proporciones superiores al 70%.

La cadena energética o ciclo de vida del gas natural se inicia con su extracción de yacimiento o producción, continúa con su transporte, su almacenamiento y tratamiento y su distribución a consumidor final.

Actualmente la mayor parte del gas natural que se consume en España procede de Argelia, aunque también de Nigeria, el Golfo Pérsico...

Ilustración 7.- Extracción de gas natural

El transporte de gas natural se puede hacer a gran escala por medio de gaseoducto o como gas natural licuado. Este gas natural se puede usar para alimentar centrales eléctricas de gas, calefacción, producción de ACS, cocción en el sector doméstico o a escala industrial...

El gas natural se encuentra en depósitos subterráneos profundos y se extrae perforando la tierra hasta llegar a los yacimientos, que pueden ser:

- ASOCIADO, cuando en un yacimiento está mezclado con el crudo.
- LIBREoNO ASOCIADO, cuando un yacimiento sólo contiene gas natural

La presencia de sustancias inconvenientes o nocivas, hace necesario tratar el gas natural, o sea, deshidratarlo, purificarlo y separar los compuestos de azufre. Además, se odora adiciéndole sustancias de un aroma fuerte y típico, ya que en su estado natural no posee un olor característico.

Se pueden destacar las siguientes características del gas natural:

- Es un combustible que se distribuye por medio de tuberías localizadas bajo tierra.

- El gas natural se utiliza para el consumo doméstico, como combustible industrial y de automotores.
- Su llama es azul nítida, porque tiene poco contenido de CO₂.
- El gas natural no tiene olor, sin embargo, se le adiciona una sustancia característica, con el fin de que se pueda reconocer y tomar las medidas preventivas en caso de sentir olor a gas en la vivienda.
- Al ser su peso menor que el del aire, el gas natural tiende a localizarse en las partes altas, facilitando su salida hacia la atmósfera por las rejillas y ventanas.
- La utilización de este gas en los hogares, no representa riesgos ni requiere de destrezas especiales para su manipulación, siempre y cuando se tengan en cuenta los cuidados básicos.

En cuanto a los beneficios que puede aportar el uso del gas natural, destacamos los siguientes:

- **Facilidad:** No requiere del tratamiento posterior de residuos ya que no los genera.
- **Seguridad:** Por las características técnicas de la red de distribución, brinda la máxima seguridad a los consumidores.
- **Eficiencia:** La eficiencia térmica del gas natural es muy elevada, a diferencia de la electricidad, el carbón y la leña, el encendido es inmediato lo que se traduce en mayor rapidez.
- **Comodidad:** Se recibe directamente en los domicilios.
- **Limpieza:** Debido a su composición su combustión no produce residuos que causen contaminación.

Evaluación ambiental del gas natural.

Al igual que se ha realizado con otros medios de calefacción y producción de ACS, se cuenta con datos de la evaluación ambiental de un KW de energía extraído, transportado y distribuido para ser consumido en combustión doméstica.

Indicador de IA de la producción de 1 KWh eléctrico (península)	Valor	Unidad
Acidificación	$9.70 * 10^{-5}$	Kg. SO ₂ eq.
Cambio climático	0.256	Kg. CO ₂ eq.
Eutrofización	$2.03*10^{-5}$	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.
Toxicidad humana	$5.78*10^{-5}$	Kg Pb eq.
Radiación ionizante	$5.80*10^{-11}$	DALY
Formación de oxidantes	$1.52*10^{-5}$	Kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos.	0.109	Kg petróleo eq.
Destrucción de la capa de ozono	$2.51*10^{-8}$	Kg. CFC11 eq.
Consumo de agua dulce.	$3.24 * 10^{-2}$	Kg. agua eq.

Tabla 5.- Análisis del impacto del consumo de gas natural. Fuente: Gas Natural Fundación.

El gas natural de consumo en calefacción y ACS de los hogares españoles, tiene la siguiente contribución a cada uno de los indicadores:

- La contribución del gas natural a la acidificación se debe principalmente a las emisiones de NOx principalmente y en menor grado a las de SO2. El 30% de este impacto se produce por la combustión doméstica de gas natural.
- La contribución del gas natural al cambio climático se debe principalmente a las emisiones de CO₂. El 79% de este impacto se genera por la combustión doméstica.
- La contribución a la eutrofización se debe principalmente a las emisiones de NOx al aire. El 34% de este impacto se produce por la combustión doméstica.
- La contribución a la toxicidad humana procede en un 87% de la fase de combustión doméstica y da lugar a contaminantes en la atmósfera.
- La contribución a la radiación ionizante se debe en un porcentaje mayoritario a las fases de extracción, refino y distribución.
- La contribución a la formación de oxidantes fotoquímicos se debe principalmente a las emisiones de SO₂, CO, NOx y COVs. El 38% del impacto se produce en la fase de combustión doméstica.
- La contribución al agotamiento de los recursos abióticos se debe en un 98% al propio consumo del gas natural.
- La contribución a la destrucción de la capa de ozono se debe principalmente a las emisiones de los distintos compuestos metánicos halogenados del proceso de extracción y refino del petróleo.

- La contribución al consumo de agua dulce se debe en un 92% al proceso de producción de GNL y gas natural..

Las consecuencias atmosféricas del uso del gas natural son menores que las de otros combustibles por las siguientes razones:

- La menor cantidad de residuos producidos en la combustión permite su uso como fuente de energía directa en los procesos productivos o en el sector terciario, evitando los procesos de transformación como los que tienen lugar en las plantas de refino del crudo.
- La misma pureza del combustible lo hace apropiado para su empleo con las tecnologías más eficientes: generación de electricidad mediante ciclos combinados, la producción simultánea de calor y electricidad mediante sistemas de cogeneración, climatización mediante dispositivos de compresión y absorción.
- Se puede emplear como combustible para vehículos, tanto privados como públicos, mejorando la calidad medioambiental del aire de las grandes ciudades.

Además es importante reflejar parámetros en los que se observan menores emisiones de gases contaminantes (SO_2 , CO_2 , NO_x y CH_4) por unidad de energía producida.

Emisiones de CO_2 : El gas natural como cualquier otro combustible produce CO_2 ; sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menores que las del carbón y un 25-30% menores de las del fuel-oil.

Emisiones de NO_x : Los óxidos de nitrógeno se producen en la combustión al combinarse radicales de nitrógeno, procedentes del propio combustible o bien, del propio aire, con el oxígeno de la combustión. Este fenómeno tiene lugar en reacciones de elevada temperatura, especialmente procesos industriales y en motores alternativos, alcanzándole proporciones del 95-98% de NO y del 2-5% de NO_2 . Dichos óxidos, por su carácter ácido contribuyen, junto con el SO_2 a la lluvia ácida y a la formación del "smog".

La naturaleza del gas (su combustión tiene lugar en fase gaseosa) permite alcanzar una mezcla mas perfecta con el aire de combustión lo que conduce a combustiones completas y más eficientes, con un menor exceso de aire.

La propia composición del gas natural genera dos veces menos emisiones de NO_x que el carbón y 2,5 veces menos que el fuel-oil. Las modernas instalaciones tienen a reducir las emisiones actuando sobre la temperatura, concentración de nitrógeno y

tiempos de residencia o eliminándolo una vez formado mediante dispositivos de reducción catalítica.

Emisiones de SO₂: Se trata del principal causante de la lluvia ácida, que a su vez es el responsable de la destrucción de los bosques y la acidificación de los lagos. El gas natural tiene un contenido en azufre inferior a las 10ppm (partes por millón) en forma de odorizante, por lo que la emisión de SO₂ en su combustión es 150 veces menor a la del gas-oil, entre 70 y 1.500 veces menor que la del carbón y 2.500 veces menor que la que emite el fuel-oil.

Emisiones de CH₄: El metano, que constituye el principal componente del gas natural, es un causante del efecto invernadero más potente que el CO₂, aunque las moléculas de metano tienen un tiempo de vida en la atmósfera más corto que el del CO₂. De acuerdo con estudios independientes, las pérdidas directas de gas natural durante la extracción, transporte y distribución a nivel mundial, se han estimado en 1% del total del gas transportado.

La mayor parte de las emisiones de metano a la atmósfera son causadas por la actividad ganadera y los arrozales, que suponen alrededor del 50% de las emisiones causadas por el hombre.

Partículas sólidas: El gas natural se caracteriza por la ausencia de cualquier tipo de impurezas y residuos, lo que descarta cualquier emisión de partículas sólidas, hollines, humos, etc. y además permite, en muchos casos el uso de los gases de combustión de forma directa (cogeneración) o el empleo en motores de combustión interna.

Consumo de gas natural.

A continuación se muestran las gráficas de la evolución del consumo de gas natural en España y en La Rioja. Al igual que con los anteriores combustibles, se observa una disminución del consumo de gas natural tanto en el estado como en la región riojana (se trata en todo caso de consumos para usos domésticos). En el consumo mensual también se aprecia cierta estacionalidad relacionada con el incremento o la disminución de los GWh consumidos.

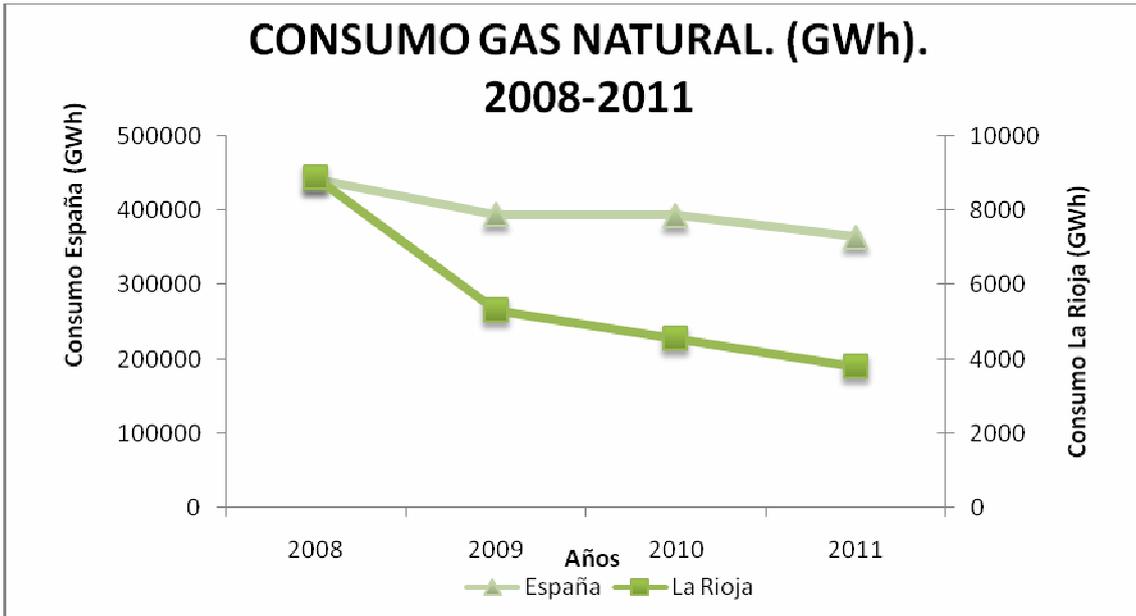


Ilustración 8.- Consumo de gas natural en La Rioja y en España entre 2008 y 2011.

Elaboración propia. Fuente de datos: BHE Cores.

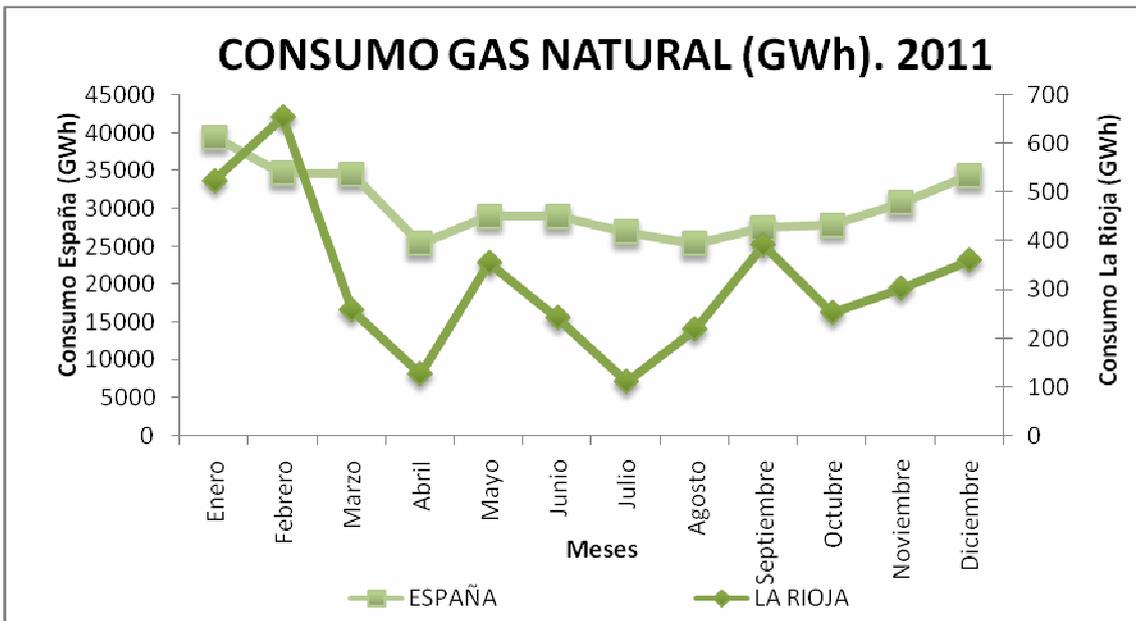


Ilustración 9.- Consumo de gas natural en España y en La Rioja en el año 2011. Elaboración

propia. Fuente de datos: BHE Cores.

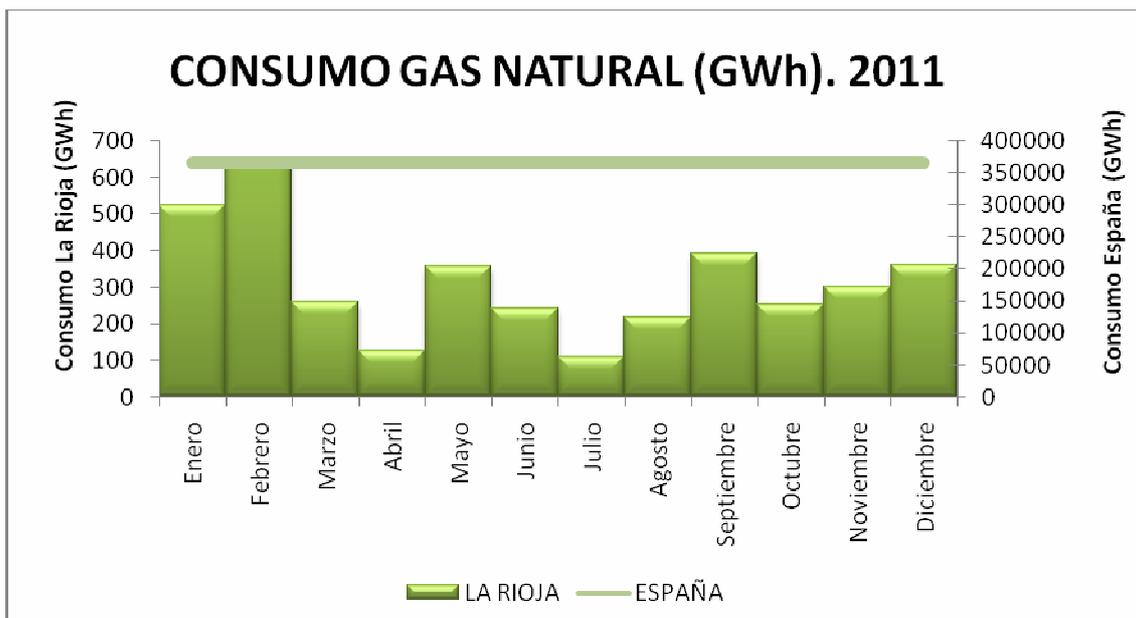


Ilustración 10.- Consumo de gas natural en La Rioja mensualmente respecto a la media de España en 2011. Elaboración propia. Fuente de datos: BHE Cores.

2.2.2. Butano y propano.

Los gases licuados del petróleo (G.L.P.), son aquellos que han sido obtenidos a partir del refinado del petróleo y servido en estado líquido en envases a presión, siendo los más conocidos el butano y el propano.

El butano y el propano son ambos gases licuados del petróleo, pero no son productos puros, sino que se mezclan con otros hidrocarburos para su comercialización. Tienen una serie de diferencias, siendo una de las más importantes en su utilización la temperatura que necesita cada uno de ellos para pasar del estado líquido al gaseoso.

El butano pasa al estado gaseoso por encima de los cero grados centígrados, razón por la cual es aconsejable el tener los envases generalmente dentro de los hogares durante el invierno. El propano, en cambio, para pasar del estado líquido al gaseoso necesita una temperatura por encima de los cuarenta y cuatro grados bajo cero.

Dado que el butano y el propano a una temperatura determinada, y contenidos en un recipiente herméticamente cerrado se encuentran a cierta presión, para poder usarlos, dicha presión debe ser reducida.

El butano debe ser reducido a unas 60 veces la presión en su interior, el propano 130 veces, esto se realiza a través del conocido monorreductor o regulador, que en el caso de la botella doméstica lo lleva incorporado en la boca de la misma. A dicho regulador

es al que se conecta el tubo de plástico de color naranja, que por el otro extremo se unirá a los aparatos de consumo que pueden ser: cocinas, calentadores de agua, estufas, hornos, etc., de esta forma pueden ser utilizados correctamente.

Existe variación en cuanto al contenido y uso de los envases, en los que se distribuyen comercialmente tanto el butano como el propano.

En el caso del butano, las botellas que se utilizan para uso doméstico (la más popular, de color naranja), son de 12,5 kilogramos.

En las botellas usadas como carburantes para motores de explosión, la carga será de 12 a 15 kilogramos.

En el caso del propano, las botellas que se utilizan para uso doméstico, son de 11 kilogramos. Estas botellas son empleadas generalmente en calefacción doméstica individual.

Existen también otras botellas que son las utilizadas para mayor consumo como las usadas en chalets, pequeñas industrias... su carga es de 35 kilogramos.

Igualmente, para el caso del butano y el propano el consumo se puede realizar a granel, ejemplo de ello son las calefacciones centrales, que son abastecidas, por medio de un tanque fijo, y dicho recipiente es abastecido por un camión cisterna y en cantidades variables oscilando entre los 1.000 y 10.000 kilogramos.

Tanto el butano como el propano son inoloros en su estado puro, por ello se requiere para la identificación un olor característico, este olor se consigue añadiéndole cantidades de mercaptano o derivados tiofénicos.

Por otro lado, el peso de estos gases, tanto del butano como del propano, es más ligero que el agua, por lo que ésta quedará depositada en el fondo. Por el contrario como el butano y propano pesan más que el aire, cuando se derraman o hay alguna fuga se depositan en las zonas más bajas, de ahí la gran importancia que tiene el disponer de una rejilla de salida de gases casi a ras de suelo, y otra más alta, que en caso de escape de gas, pueda dar lugar a un «circuito» de forma que deje entrar el aire por arriba, y salga el gas por una rejilla de ras de suelo.

En cuanto a las instalaciones, la botella puede conectarse a través del regulador directamente al aparato de consumo, de dos formas:

- Por medio de un tubo de plástico especial (color naranja)
- Por una conducción rígida general de cobre, que distribuye el gas a varios aparatos de consumo que deberán encontrarse inmovilizados.

Consumo de butano y propano.

En La Rioja, se observa desde el 2008 un descenso acusado del uso de butano, que ha dado paso a la utilización de propano en su lugar. También el propano suele ser apto en calderas compatibles con gas natural.

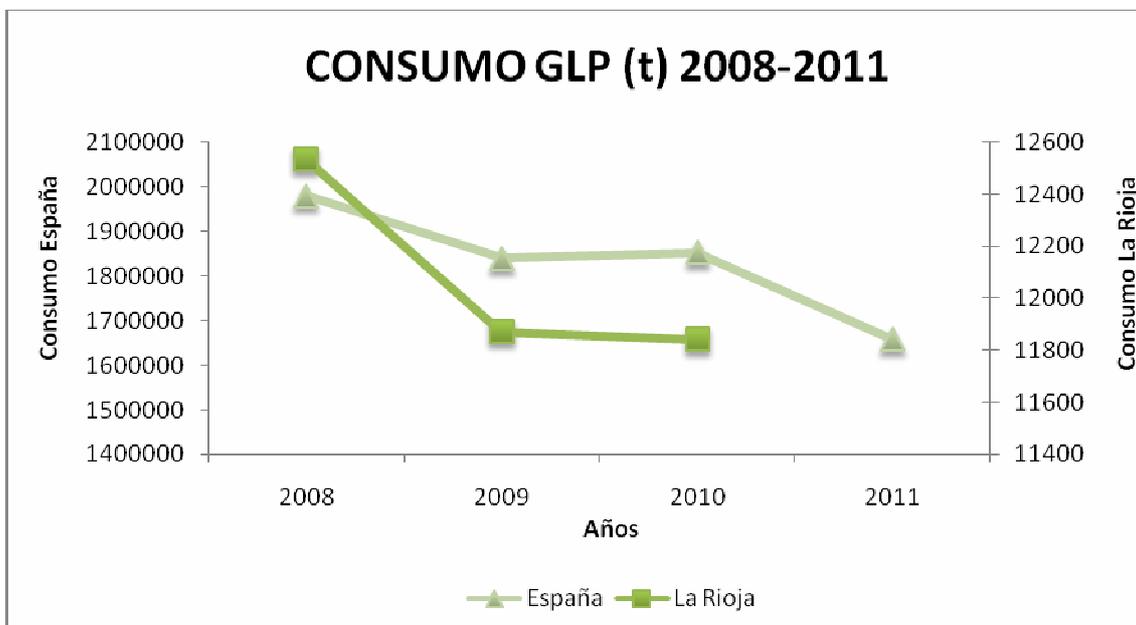


Ilustración 11.-Consumo de GLP entre 2008 y 2011 en La Rioja y en España. Fuente: INE.

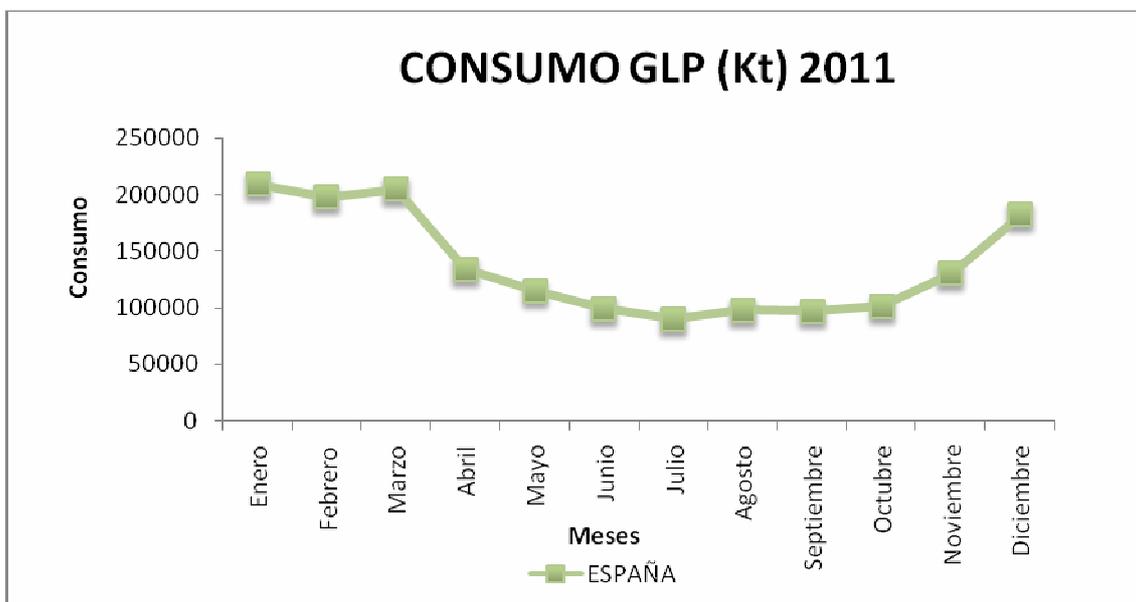


Ilustración 12.- Consumo de GLP en España durante el 2011. Fuente: INE.

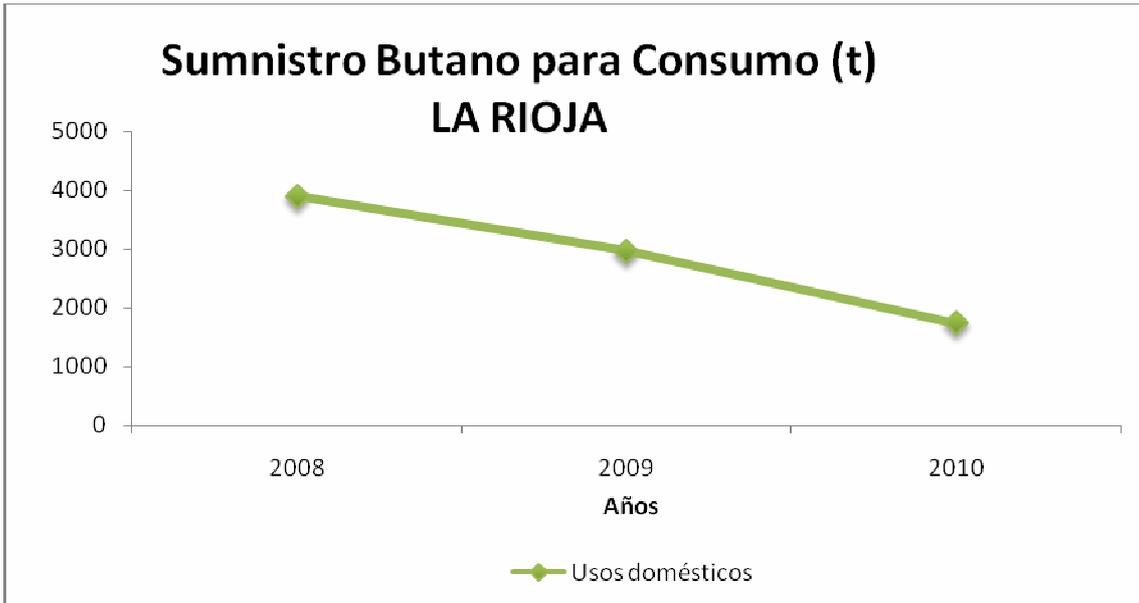


Ilustración 13.- Consumo de butano en La Rioja entre 2008 y 2010. Fuente: INE.

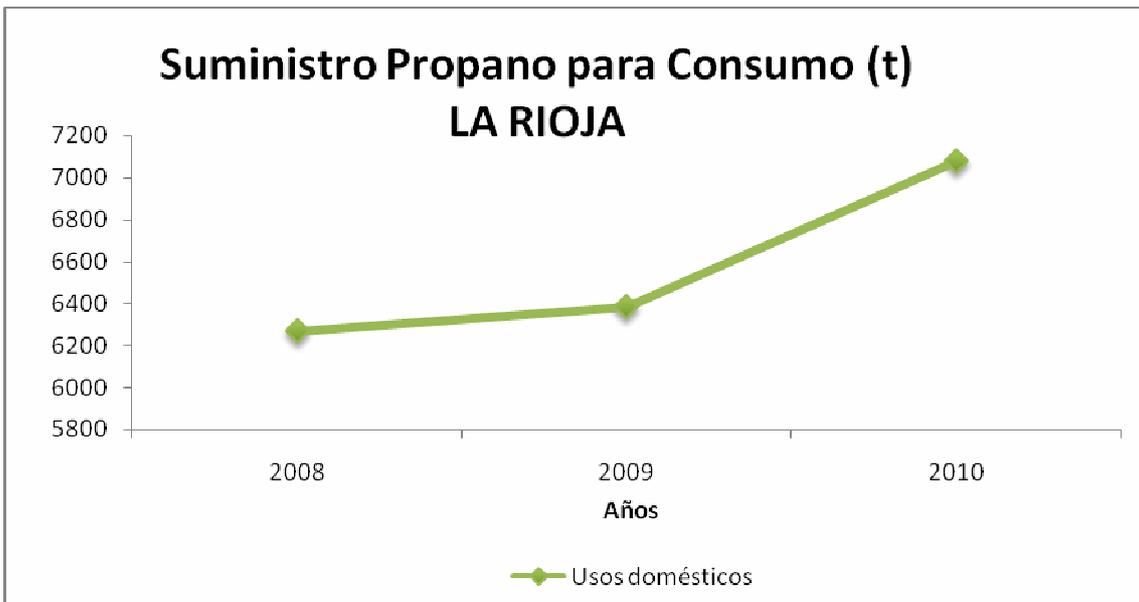


Ilustración 14.- Consumo de propano en La Rioja entre 2008 y 2010. Fuente: INE

2.3. ELECTRICIDAD

La cadena energética de la electricidad en España se inicia con su generación en los dos grandes grupos de recursos existentes para generar electricidad: las renovables y las no renovables. La electricidad que llega a nuestros hogares no procede de una central eléctrica concreta, sino de la combinación de la producción de todas las centrales integrantes del sistema eléctrico español, denominándose a esta electricidad mix eléctrico.

Una vez generada o producida la electricidad, ésta no puede almacenarse en grandes cantidades, pero sí en pilas, baterías, acumuladores... Por ello, en todo momento la producción debe igualarse a su consumo de forma precisa e instantánea.

La electricidad generada en las centrales se vierte a la red de alta tensión y se va reduciendo progresivamente su voltaje, mediante estaciones transformadoras, hasta alcanzar el voltaje requerido por el consumidor final. La red de transporte y distribución tiene tres tipos según la tensión que soporta: líneas de alta tensión (400-30 kV) para el transporte a largas distancias, líneas de media tensión (30-1kV) y líneas de baja tensión (<1kV) para el transporte eléctrico hasta el consumidor final.

Mix Eléctrico Español 2006	GWh
Hidráulica	24761
Nuclear	60184
Carbón	69463
Fuel gas	14253
Ciclo combinado	66986
Régimen ordinario: consumos generación.	235647
Régimen especial: eólica y resto de régimen especial	50755
Generación neta: consumos bombeo e intercambios internacionales	276824
Demanda	268027

Tabla 6.- Composición del mix eléctrico de energía en GWh en el 2006. Fuente: Red Eléctrica Española, año 2007

Evaluación ambiental de la electricidad.

Un proceso completo del ciclo de vida de la electricidad, que abarca desde la generación, transporte, transformación y distribución final hasta el usuario final, tiene los siguientes indicadores de impacto ambiental:

Indicador de IA de la producción de 1 KWh eléctrico (península)	Valor	Unidad
Acidificación	$7.26 * 10^{-3}$	Kg. SO ₂ eq.
Cambio climático	0.643	Kg. CO ₂ eq.
Eutrofización	$2.57*10^{-4}$	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.
Toxicidad humana	$4.97*10^{-4}$	Kg Pb eq.
Radiación ionizante	$7.82*10^{-9}$	DALY
Formación de oxidantes	$2.80*10^{-4}$	Kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos.	0.220	Kg petróleo eq.
Destrucción de la capa de ozono	$2.46*10^{-8}$	Kg. CFC11 eq.
Consumo de agua dulce.	4.52	Kg. agua eq.

Tabla 7.- Impacto del consumo eléctrico. Fuente: Gas Natural Fundación.

Tal y como se ha comentado, la electricidad que llega a nuestras casas se considera procedente de la combinación de distintas fuentes del sistema. Esta electricidad, además de producirse, se debe transportar y transformar, por lo que, además de la evaluación ambiental agregada de la producción de 1 KWh de electricidad, resulta de interés un análisis más detallado:

- La contribución de la electricidad española a la acidificación se debe principalmente a las emisiones de SO₂ y NO_x de procesos de combustión.
- La contribución de la electricidad al cambio climático se debe principalmente a las emisiones de CO₂ al aire de determinadas tecnologías de producción de electricidad (no en la fase de consumo).
- La contribución a la eutrofización se debe principalmente a las emisiones de NO_x al aire y muy minoritariamente a los vertidos de fosfatos y nitratos en las aguas.
- La contribución a la toxicidad humana procede en un 68% de la fase de generación de electricidad y en un 32% de la fase de transporte y transformación de la electricidad.
- La contribución a la radiación ionizante se debe en un 97% a la energía nuclear.
- La contribución a la formación de oxidantes fotoquímicos se debe principalmente a las emisiones de SO₂ y NO_x al aire y muy minoritariamente a las emisiones de CO y metano.
- La contribución al agotamiento de los recursos abióticos se debe principalmente al uso de carbón, gas natural y petróleo por determinadas tecnologías.

- La contribución a la destrucción de la capa de ozono se debe principalmente a las emisiones de los distintos compuestos metánicos y etánicos halogenados al aire procedentes del transporte y distribución de algunos combustibles y de las propias tecnologías de producción de la electricidad.
- La contribución al consumo de agua dulce se debe en un 45% al ciclo de vida de las centrales nucleares, en un 29% al de las centrales térmicas y en un 17% al ciclo de vida de las centrales de ciclo combinado.

Consumo eléctrico.

El consumo eléctrico para usos residenciales también ha experimentado un fuerte incremento en el periodo de 2008 a 2009 en la región de La Rioja, para volver a descender en el año 2010.

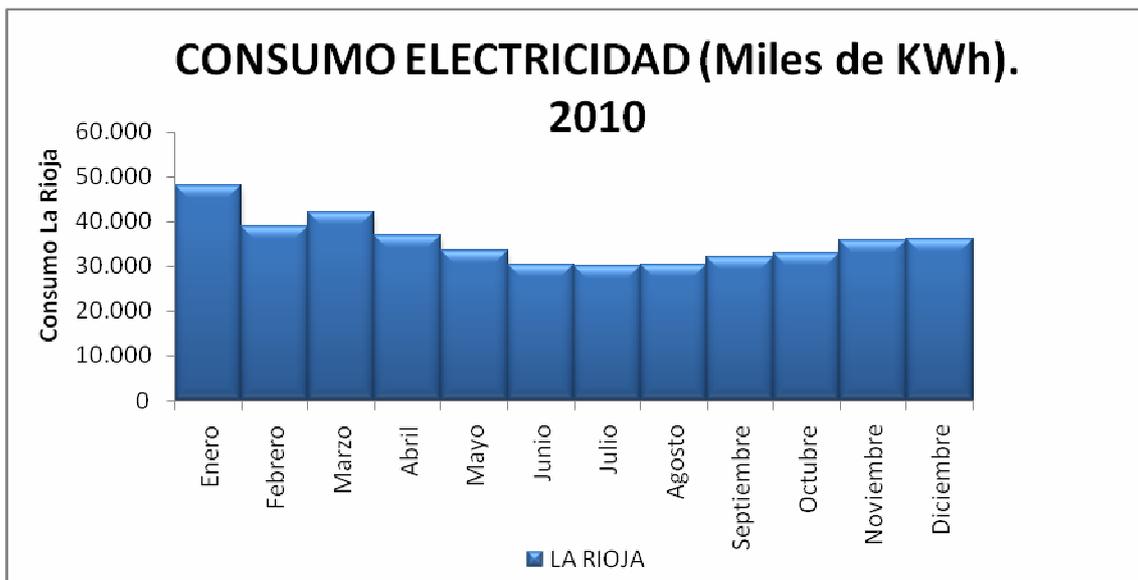
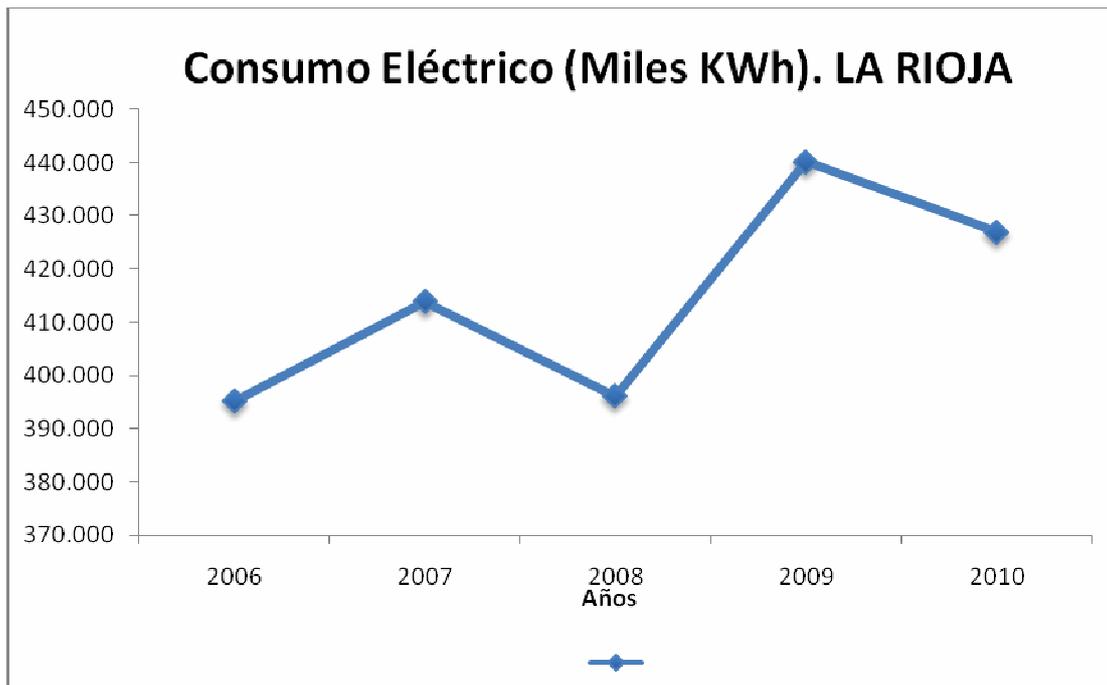


Ilustración 15.- Consumo de electricidad en La Rioja en 2010. Fuente: Iberdrola SAU.

Elaboración propia.



**Ilustración 16.- Consumo eléctrico en La Rioja entre 2006 y 2010. Fuente Iberdrola SAU.
Elaboración propia.**

2.4. LA ENERGÍA SOLAR.

El sol, su luz y calor, es la principal fuente de energía para los procesos terrestres. La tierra de hecho recibe un aporte continuo energético de aproximadamente 1367 W/m² en forma de radiación solar. Sin embargo, sólo 1/3 de la radiación solar regresa al espacio y los 2/3 restantes penetran hasta la superficie.

La localización geográfica, la hora del día, la estación del año y las condiciones atmosféricas o nubosidad son las variables que determinan la cantidad de radiación solar que llega hasta un determinado punto del planeta.

España reúne todos los requisitos para ser unos de los países europeos con mayor potencial para captar y aprovechar la energía solar. La localización geográfica, la climatología, el número de días de sol sin nubes al año, hacen posible que sobre cada metro cuadrado de suelo español incidan una media de 1500 KWh de energía.

Provincia	Energía solar incidente (KW/m ²)	Horas de sol al año
La Rioja	1420	2215
Santa Cruz de Tenerife	1940	2897
Ávila	1530	2749
Vizcaya	1140	1647

Tabla 8.- Incidencia solar en distintas zonas de España. Fuente: Gas Natural Fundación.

2.4.1. Energía solar térmica.

La energía solar térmica aprovecha la radiación solar para calentar un fluido, generalmente agua o aire. La capacidad para transformar la radiación solar en calor es el principio en el que está basado esta fuente renovable.

Los principales elementos que componen una instalación solar térmica de baja temperatura son: los captadores solares, el sistema de distribución, el sistema de almacenamiento y el sistema de apoyo convencional.

Los captadores solares más habituales en España son los denominados planos, que utilizan como fluido el agua, aunque existen otros como los de vacío o los de aire. Estos captadores planos se comportan como una trampa de calor, están recubiertos por una caja hermética y en la cara superior de ésta se encuentra una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda calor. En el interior, hay una placa absorbidora consistente en una disposición, tipo serpentina o paralelo, de tubos metálicos, con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida, en contacto con una placa oscura que transfiere el calor al fluido circulante.

Evaluación ambiental de la energía solar térmica.

Al igual que se ha realizado con otros medios de calefacción y producción de ACS, se cuenta con datos de la evaluación ambiental de un KW de energía procedente de energía solar térmica.

Indicador de IA de la producción de 1 KWh eléctrico (península)	Valor	Unidad
Acidificación	$2.13 * 10^{-5}$	Kg. SO ₂ eq.
Cambio climático	$2.54 * 10^{-3}$	Kg. CO ₂ eq.
Eutrofización	$2.13 * 10^{-6}$	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.
Toxicidad humana	$3.55 * 10^{-5}$	Kg Pb eq.
Radiación ionizante	$1.69 * 10^{-11}$	DALY
Formación de oxidantes	$1.44 * 10^{-6}$	Kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos.	$8.54 * 10^{-4}$	Kg petróleo eq.
Destrucción de la capa de ozono	$3.44 * 10^{-10}$	Kg. CFC11 eq.
Consumo de agua dulce.	$1.76 * 10^{-2}$	Kg. agua eq.

Tabla 9.- Impacto de la energía solar térmica. Fuente: Gas Natural Fundación.

2.4.2. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión de la radiación solar en electricidad. La conversión se basa en el efecto fotoeléctrico, consistente en la transformación de la energía lumínica del Sol en energía eléctrica. Para esta conversión son necesarias las células solares (semiconductor en el que se ha creado un campo eléctrico permanente, de modo que cuando se expone la célula a la luz del sol, se produce la circulación de electrones y la aparición de una corriente eléctrica entre las caras de la célula).

La unidad básica de los sistemas fotovoltaicos es la placa fotovoltaica que suele contener entre 20 y 40 células solares para producir corriente continua.

Evaluación ambiental de la energía solar fotovoltaica.

Al igual que se ha realizado con otros medios de calefacción y producción de ACS, se cuenta con datos de la evaluación ambiental del proceso de producción de 1 KWh de electricidad obtenido con una instalación eléctrica de energía solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

Indicador de IA de la producción de 1 KWh eléctrico (península)	Valor	Unidad
Acidificación	$3.95 * 10^{-4}$	Kg. SO ₂ eq.
Cambio climático	$8.12 * 10^{-2}$	Kg. CO ₂ eq.
Eutrofización	$1.84 * 10^{-4}$	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.
Toxicidad humana	$2.55 * 10^{-4}$	Kg Pb eq.
Radiación ionizante	$4.45 * 10^{-10}$	DALY
Formación de oxidantes	$2.14 * 10^{-5}$	Kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos.	$2.94 * 10^{-2}$	Kg petróleo eq.
Destrucción de la capa de ozono	$9.30 * 10^{-9}$	Kg. CFC11 eq.
Consumo de agua dulce.	9.35	Kg. agua eq.

Tabla 10.- Impacto de la energía solar fotovoltaica. Fuente Gas Natural Fundación.

2.5. BIOMASA.

Entre las energías renovables se encuentra el uso de productos obtenidos a partir de materia orgánica para producir energía. Estos productos componen lo que se conoce como biomasa.

Biomasa es todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de transformación o mineralización. Por tanto, la biomasa abarca un grupo muy diverso de materiales, como los residuos forestales, de cultivos agrícolas, residuos de industrias agroforestales, cultivos con fines energéticos, combustibles líquidos derivados de productos agrícolas...

La energía producida con biomasa puede utilizarse para calefacción y/o producción de ACS. Actualmente está considerada de gran importancia para el equilibrio territorial, en especial en zonas rurales, además de contribuir a la reducción de la dependencia energética del exterior y suponer algunos beneficios ambientales.

La heterogeneidad de los recursos aprovechables es una característica propia de los sistemas de producción de energía a partir de biomasa.

Los recursos más usados en España son los residuos procedentes de industrias agroforestales. Por ejemplo, es muy habitual la producción de pelets para la producción de calor y ACS en el sector doméstico a partir de residuos procedentes de estas industrias.

Las astillas, cortezas, serrín de las industrias de primera y segunda transformación de la madera, los huesos, cascara y otros residuos de las industrias agroalimentarias son la composición más habitual de industrias forestales y agrícolas. La parte de los residuos que no se usa internamente como combustible, es la que entra en el mercado de los biocombustibles. Estos residuos, se someterán a secado, se triturarán, se homogeneizarán y finalmente se peletizarán (en el caso de los pelets).

En biomasa por lo tanto, se pueden distinguir los siguientes tipos de combustibles:

- Biomasa de cultivos energéticos (biodiésel, bioetanol, biogás).
- Biomasa de subproductos y residuos tanto agrícolas como forestales, (alpechín y otros residuos del proceso de elaboración de aceite de oliva, cáscaras de frutos secos como la almendra, restos de carpintería, restos de podas, siegas y limpiezas de montes, serrín, residuos de la industria alimentaria,...).
- Residuos ganaderos: (purines, excrementos del ganado,...)

Para facilitar su uso en las calderas y su manipulación, se transforman en:

- Biocombustible sólido: pellets, briquetas o astillas,...
- Biocombustible líquido: biodiésel o bioetanol.
- Biocombustible gaseoso: biogás.

Los combustibles sólidos en concreto tienen las siguientes características:

- Poder calorífico: es la cantidad de energía producida por un kg de combustible al quemarse. El poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua.
- Densidad: Es el peso del material por unidad de volumen. Aquellas biomásas con alta densidad, favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre cargas o reposiciones de biomasa. Por otro lado, materiales con baja densidad necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y algunas veces, presentan problemas en la alimentación de la caldera, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.
- Contenido de humedad: El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo o de transformación con un contenido de humedad muy superior, que obliga a operaciones de acondicionamiento (secado), antes de poder ser utilizado. Un exceso de humedad en la biomasa, conlleva:
 - Gran cantidad de elementos volátiles, que ofrecen una pérdida en la eficiencia energética.
 - Un bajo poder calorífico, que pondría en entredicho las expectativas en relación a la sustitución de otros combustibles.
 - Cenizas en grandes cantidades. Pueden ocasionar problemas de limpieza en los equipos.
 - Las calderas sufrirían continuos problemas, afectando a la durabilidad de vida de éstas.
 - Contar con mucho más volumen de almacenamiento para la biomasa.
- El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. Igualmente, a mayor porcentaje de cenizas, menores rendimientos energéticos y mayores problemas de mantenimiento y limpieza.

En el siguiente cuadro, se puede comparar el valor energético de los distintos tipos de biomásas en función de sus características y valorar los kilogramos necesarios de cada uno para producir la misma energía que produciría 1 litro de gasoil.

Tipo de combustible	Humedad %	Cenizas %	Kg necesarios para generar la misma energía que un litro de gasoil
Pellets de madera	Máx 10	1	2,10
Astillas de haya/encina	25	1,10	2,88
Astillas de haya/encina	35	1,50	3,47
Astillas de haya/encina	50	1,50	4,80
Serrín y virutas	10	1	1,98
Serrín y virutas	15	1,10	2,29
Serrín y virutas	35	1,10	3,15
Orujillo de oliva	15	7	2,30
Orujillo de oliva	35	7	3,09
Pellets de orujillo	10	8	2,10
Cáscara de almendra	10	1	2,20
Cáscara de almendra	15	1	2,35
Hueso de aceituna	15	1	2,06
Paja de cereal	8	2	2,24
Paja de cereal	10	2	2,39
Paja de cereal	20	2	2,74

Tabla 11.- Comparativa de biomásas con el gasoil como fuentes de calor y energía.

Uno de los biocombustibles que más puede interesar, por las características energéticas del producto final y facilidad de manejo, es el denominado **pelet**. La peletización es el mayor intento de estandarización de las biomásas sólidas. Así se logra mayor uniformidad en el tamaño y en la densidad, llegando hasta los 600 -800 kg/m³, lo que permite una interesante reducción de los costes de transporte del mismo. Generalmente se obtienen de los residuos de serrerías, industrias forestales y madereras. También existen pelets de otras composiciones como pueden ser los pelets de orujillo. Su presentación comercial es muy parecida al aspecto de los piensos, en forma de pequeños cilindros de 1 ó 2 cm de longitud. En los pelets de madera, el material aglomerante más deseable es la propia lignina plastificada por efecto de las temperaturas que se alcanzan en el proceso de elaboración. También aparecen en el mercado pelets con aditivos para su aglomeración y otras sustancias, que pueden llegar a generar problemas en la caldera, mayor porcentaje de cenizas, etc.

En cuanto a las calderas, sólo mencionar que en estos últimos años, las cámaras de combustión se han desarrollado de tal forma que en la actualidad permiten su funcionamiento con rendimientos comparables a las de gasoil. El control automatizado de la temperatura idónea de combustión, durante el máximo tiempo posible y con la máxima turbulencia, son la base de este singular avance.

La alimentación de la caldera se realiza generalmente a través de un sinfín que transporta el combustible y su nivel es controlado automáticamente. El encendido lo es también.

El funcionamiento de una caldera de biomasa se puede resumir en dos circuitos de aire que circunvalan la cámara. El llamado aire primario, inyecta aire en la cámara para aportar oxígeno y así activar y mejorar la combustión. Generalmente, una combustión de este tipo mantiene presencia de cenizas e inquemados volátiles en los gases de combustión. Una elevada magnitud de estos parámetros disminuye el rendimiento de la caldera. Para evitar este fenómeno, por distintas toberas, se inyecta el aire secundario con el fin de provocar una nueva combustión de los gases de destilación y de las partículas sólidas en suspensión.

Con esta información se puede dimensionar el silo de recepción del combustible y definir su ubicación más adecuada tanto con respecto a facilitar la descarga desde el camión, como con respecto a la caldera. Hay que poner la máxima atención en el evitar infiltraciones de agua en el silo de almacenaje para evitar que la biomasa adquiera humedad.

Los sistemas de calefacción de biomasa, se caracterizan por su alto coste de inversión y bajo coste de mantenimiento. De manera general, actualmente una caldera de biomasa viene a salir de unas 3 a 4 veces más cara que una de gasoil a igualdad de potencia, mientras que el combustible viene a salir unas 4 veces más barato. La rentabilidad por lo tanto estará en función del funcionamiento y uso que se le de a la caldera

Evaluación ambiental de la biomasa.

Al igual que se ha realizado con otros medios de calefacción y producción de ACS, se cuenta con datos de la evaluación ambiental de un KW de energía procedente de pelets de residuos de industrias forestales y agrícolas.

Indicador de IA de la producción de 1 KWh eléctrico (península)	Valor	Unidad
Acidificación	$4.97 * 10^{-4}$	Kg. SO ₂ eq.
Cambio climático	$5.60 * 10^{-2}$	Kg. CO ₂ eq.
Eutrofización	$8.00 * 10^{-5}$	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.
Toxicidad humana	$1.03 * 10^{-4}$	Kg Pb eq.
Radiación ionizante	$7.55 * 10^{-10}$	DALY
Formación de oxidantes	$2.32 * 10^{-5}$	Kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos.	$1.82 * 10^{-2}$	Kg petróleo eq.
Destrucción de la capa de ozono	$3.41 * 10^{-9}$	Kg. CFC11 eq.
Consumo de agua dulce.	0.360	Kg. agua eq.

Tabla 12.- Impacto del consumo de biomasa. Fuente: Gas Natural Fundación.

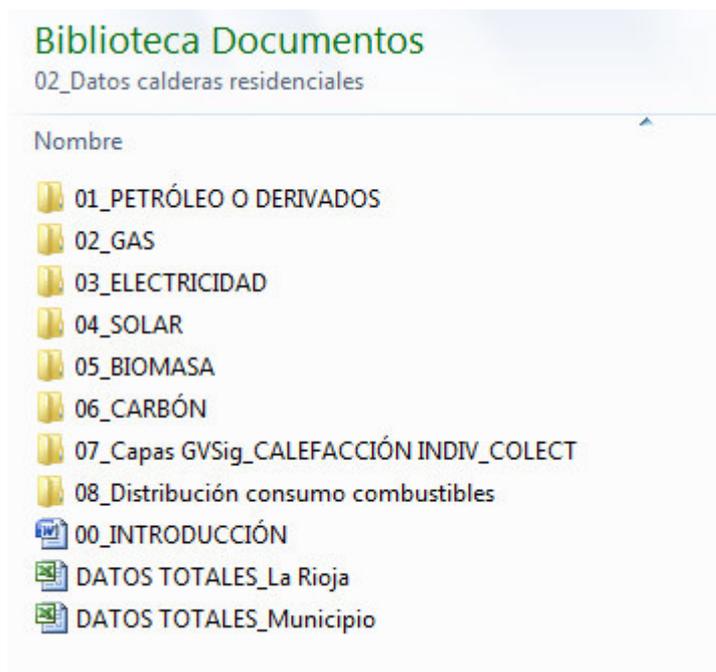
La biomasa como fuente de energía para los sistemas de calefacción y ACS de los hogares españoles, tiene la siguiente contribución a cada uno de los indicadores:

- La contribución de la biomasa a la acidificación se debe principalmente a las emisiones de NOx y SO₂. El 31% de este impacto se produce por la combustión doméstica de biomasa.
- La contribución de la biomasa al cambio climático se debe principalmente a las emisiones de CO₂. El 95% de este impacto se genera en la producción de los pelets.
- La contribución a la eutrofización se debe principalmente a las emisiones de NOx al aire. El 50% de este impacto se produce por la combustión doméstica
- La contribución a la toxicidad humana procede en un 69% de la fase de combustión doméstica y da lugar a contaminantes en la atmósfera.
- La contribución a la radiación ionizante se procede en un 100% a las fases de producción de pelets.
- La contribución a la formación de oxidantes fotoquímicos se debe principalmente a las emisiones de SO₂, CO, NOx y COVs. El 17% del impacto se produce en la fase de combustión doméstica.

- La contribución al agotamiento de los recursos abióticos se debe en un 100% a la fase de producción de pelets, para la cual se emplean otros combustibles fósiles no renovables.
- La contribución a la destrucción de la capa de ozono se debe principalmente a las emisiones de los distintos compuestos metánicos halogenados del proceso de fabricación de pelets.
- La contribución al consumo de agua dulce se debe en un 100% al proceso de producción de pelets.

3. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE LOS DISTINTOS COMBUSTIBLES PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA RIOJA.

Toda la información relativa a la distribución del consumo de los distintos combustibles para calefacción y ACS en La Rioja, se encuentra en la siguiente ruta de carpetas:



En concreto, en cada carpeta hay mapas en formato pdf y todas las capas necesarias para su elaboración, con información relativa al número de viviendas principales que usan un determinado combustible para la calefacción y el ACS, el consumo de un determinado combustible para calefacción y ACS y la información de distribución relativa al total de viviendas principales (%). Igualmente se indica la distribución de sistemas de calefacción individual y colectiva (números absolutos y relativos), así como el grado de acceso a gas natural de los municipios de La Rioja y los accesos previstos más inmediateamente.

Como se podrá observar de los mapas que se presentan a continuación, la distribución poblacional determina en número absolutos el mayor número de viviendas implicadas en el consumo de un combustible y el mayor consumo absoluto de dicho combustible, pero no siempre se observa la misma distribución de uso de los recursos cuando la observación se hace bajo el prisma de valores relativos (% de viviendas que

consumen un combustible, respecto al total de viviendas del municipio con calefacción). De esta manera se observa en líneas generales lo siguiente:

- **Consumo de derivados de petróleo para calefacción y ACS:** en términos absolutos, los municipios con más población, presentan mayor número de viviendas y mayor consumo de estos combustibles. En términos relativos, no ocurre lo mismo y se observa mayor porcentaje de viviendas que usan derivados del petróleo para la calefacción y el ACS en zonas que necesariamente no coinciden con las regiones más pobladas.
- **Consumo de gas (gas natural, butano y propano):** En este caso los términos absolutos y los relativos se parecen un poco más (por el fuerte peso del gas natural en las zonas más pobladas), pero también se observan diferencias en los valores y en la distribución, cuando los datos son relativos.
- **Acceso a gas natural:** se presenta un mapa con los municipios que tienen acceso a este combustible y en los que se prevé su acceso en un plazo relativamente corto. Esto permite la interpretación de los anteriores mapas, en los que todos los combustibles gaseosos se consideraban juntos. Los municipios con acceso a gas natural son:

Agoncillo
Albelda de Iregua
Alberite
Aldeanueva de Ebro
Alesanco
Alfaro
Anguciana
Arnedo
Arrúbal
Autol
Baños de Río Tobía
Calahorra
Casalarreina
Cenicero
Cihuri
Cuzcurrita de Río Tirón
Entrena
Ezcaray
Fuenmayor
Haro
Huércanos
Lardero
Logroño

Navarrete
Quel
Rincón de Soto
Sojuela
Tirgo
Uruñuela
Villamediana de Iregua

- **Electricidad:** en términos absolutos, como en casos anteriores, los municipios con más población, presentan mayor número de viviendas y mayor consumo de este recurso. En términos relativos, no ocurre lo mismo y se observa mayor porcentaje de viviendas que usan electricidad para la calefacción y el ACS en zonas que necesariamente no coinciden con las regiones más pobladas.
- **Biomasa:** en términos absolutos, los municipios con más población, presentan mayor número de viviendas y mayor consumo de este combustible. En términos relativos, se observa que toda la distribución de consumo pasa de las zonas más habitadas a los núcleos más rurales de la sierra, donde la biomasa es una fuente principal de calefacción de los hogares.
- **Carbón:** mientras que en términos absolutos, los municipios con más población, presentan mayor número de viviendas y mayor consumo de este combustible, en términos relativos, se observa mayor porcentaje de viviendas que usan carbón para la calefacción y el ACS en zonas que necesariamente no coinciden con las regiones más pobladas.

En lo referente a la distribución de calderas individuales y colectivas en términos absolutos (número de viviendas con calderas individuales y colectivas en cada municipio) y relativos (número de viviendas con calderas individuales y colectivas respecto al total de viviendas con sistemas de calefacción en cada municipio), se observa igualmente que los datos absolutos no coinciden con las distribuciones porcentuales. En el caso de calderas individuales, mientras que los mayores valores absolutos se observan en las zonas más pobladas, cuando los datos se relativizan, se comprueba que la importancia de las calderas individuales se extiende con más fuerza en el entorno rural (términos relativos), como es lógico, ya que normalmente en estos medios se encuentran hogares en casas individuales.

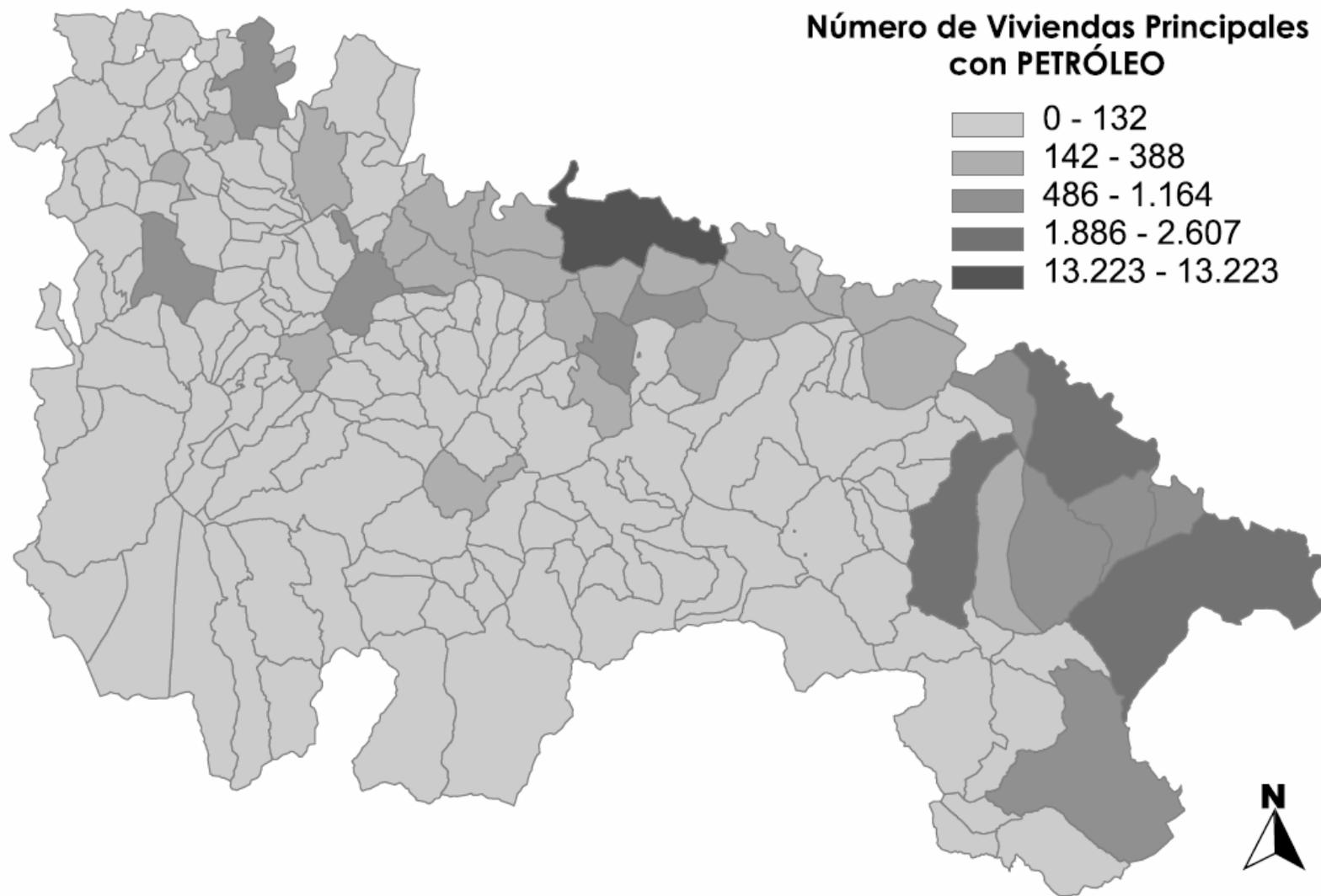


Ilustración 17.- PETRÓLEO: número de viviendas principales en las que se consume petróleo para la calefacción y ACS

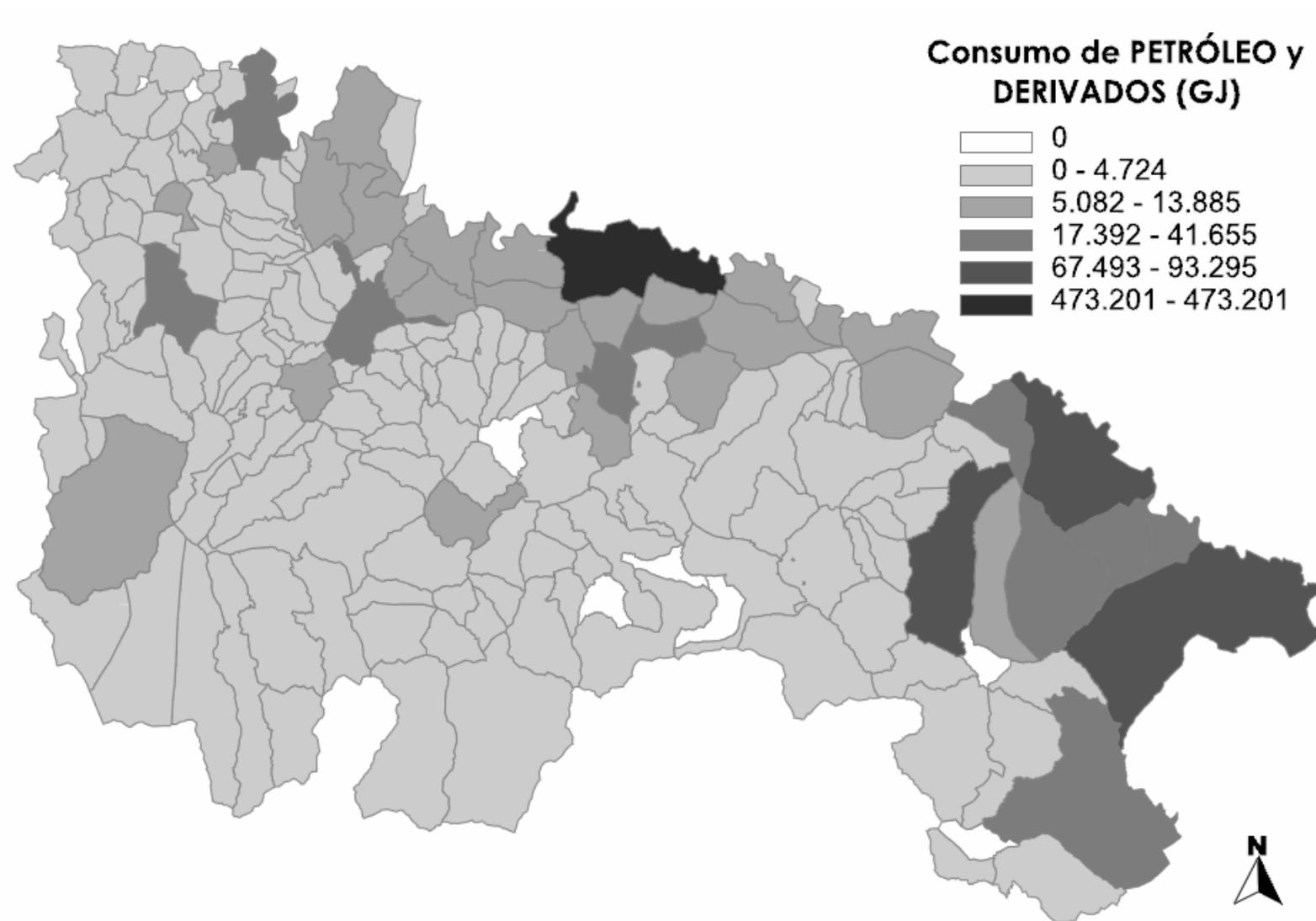


Ilustración 18.- PETRÓLEO: consumo en GJ de energía de petróleo en los distintos municipios de La Rioja.

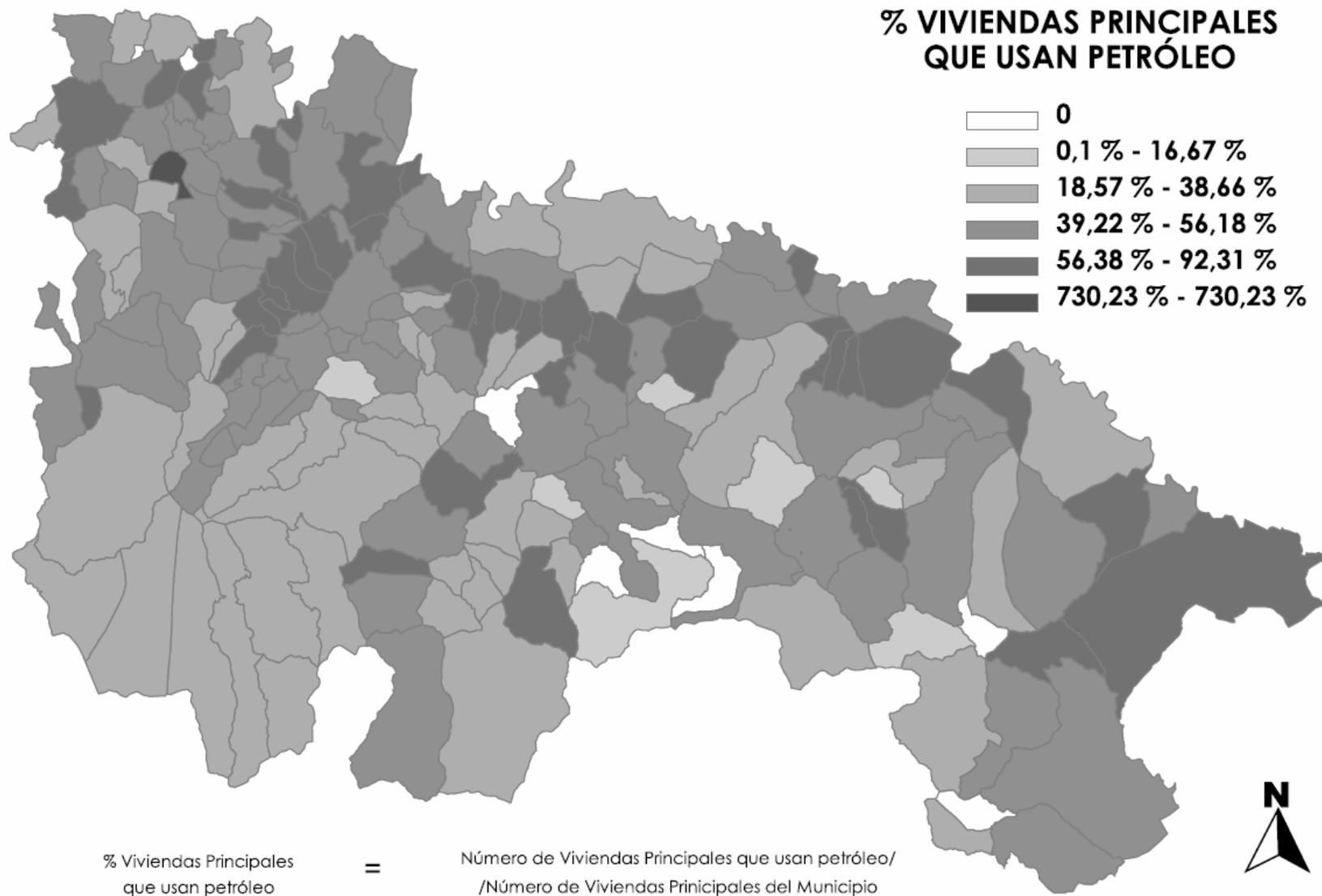


Ilustración 19.- PETRÓLEO: % de viviendas principales que usan petróleo respecto al total de viviendas principales del municipio.

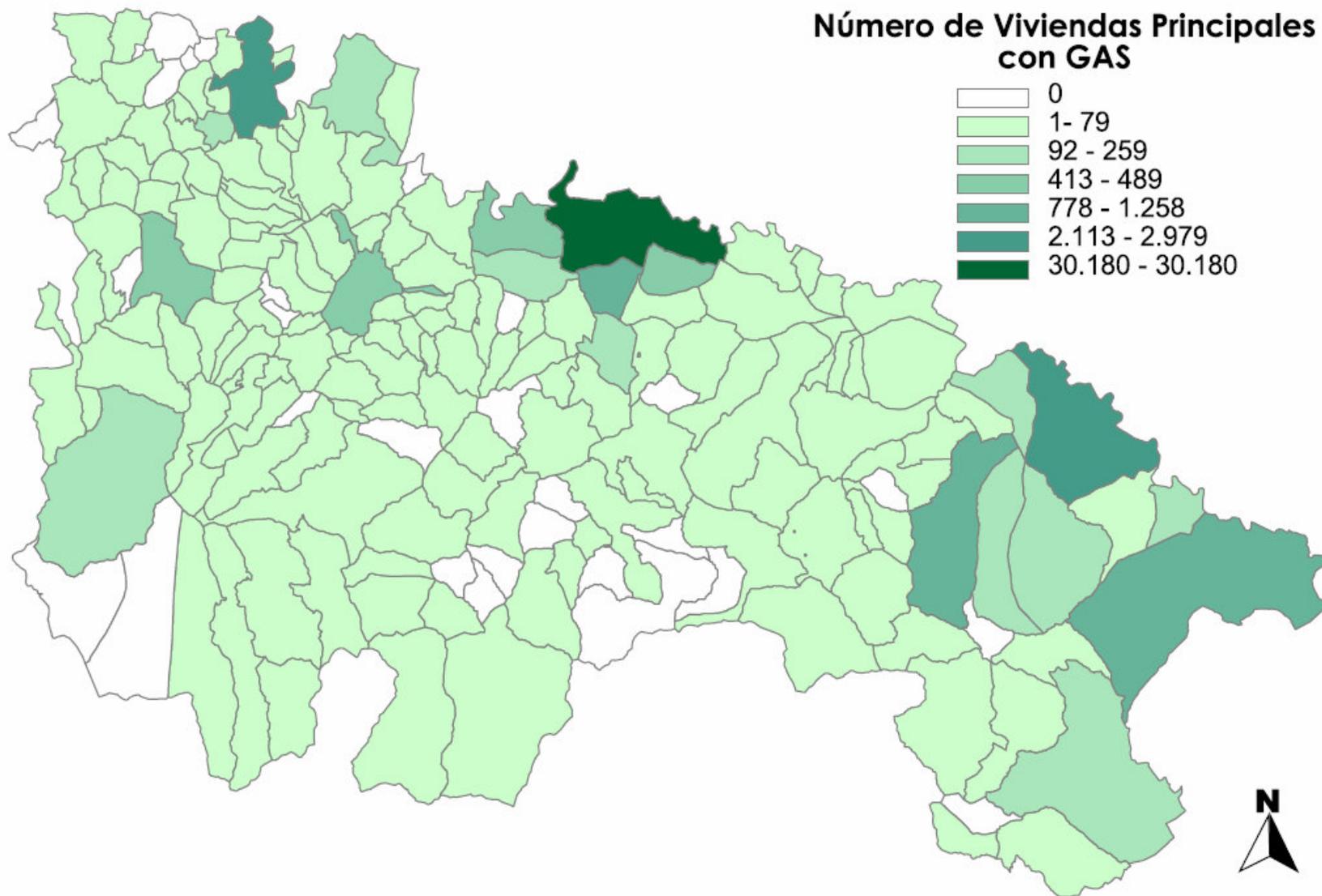


Ilustración 20.- GAS: número de viviendas principales en las que se consume gas para la calefacción y ACS

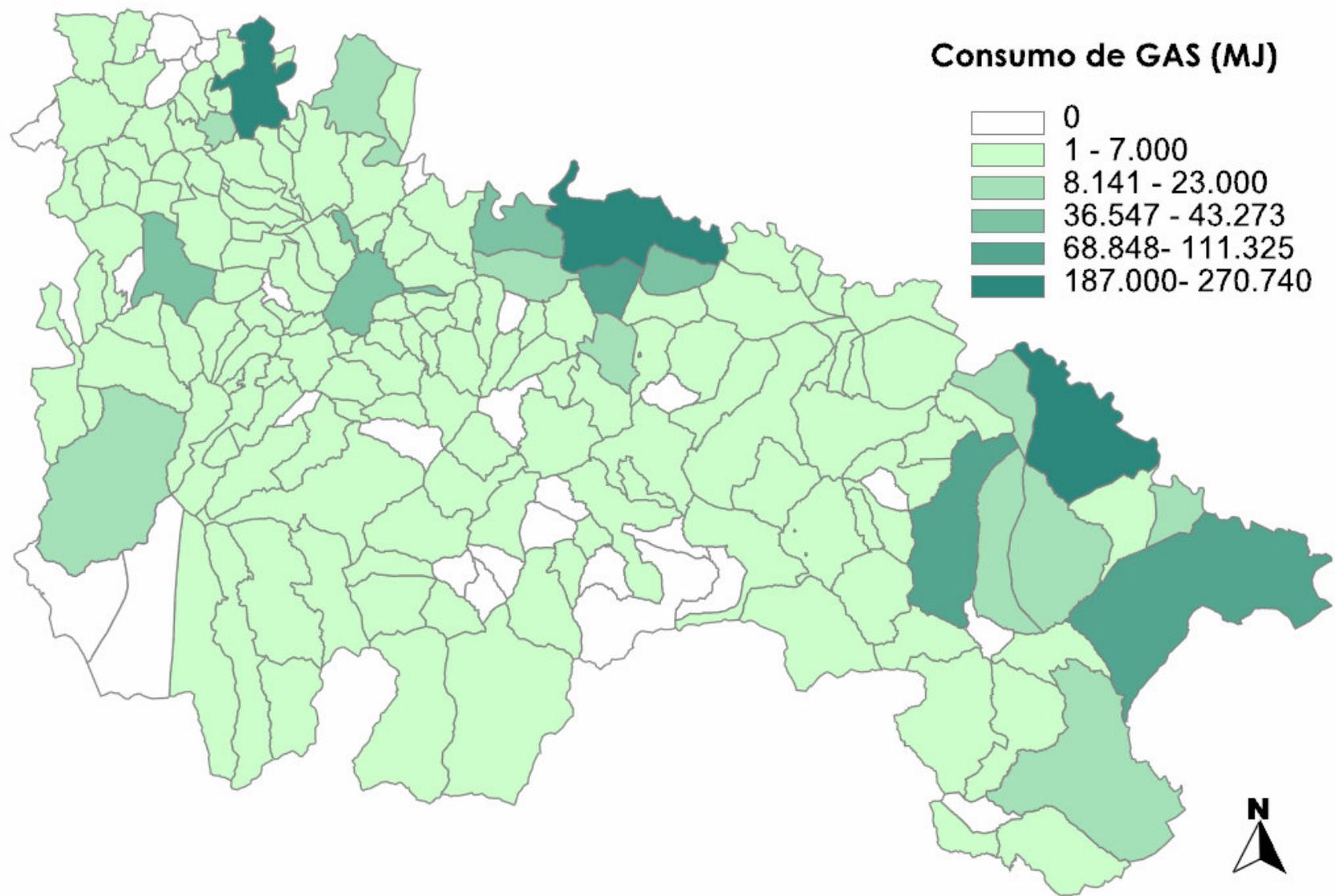


Ilustración 21.- GAS: consumo en MJ de energía de gas en los distintos municipios de La Rioja

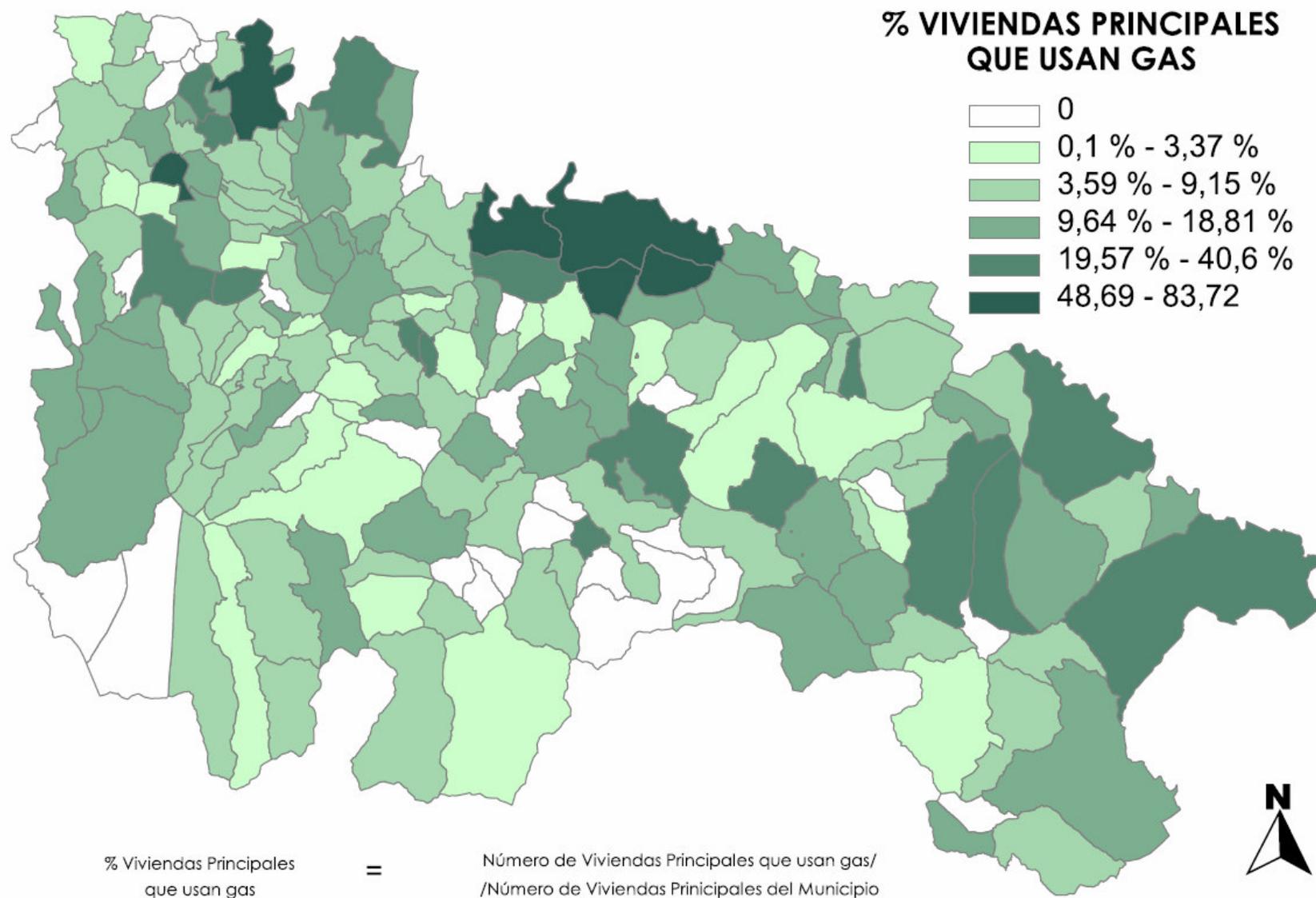


Ilustración 22.- GAS: % de viviendas principales que usan gas respecto al total de viviendas principales del municipio.

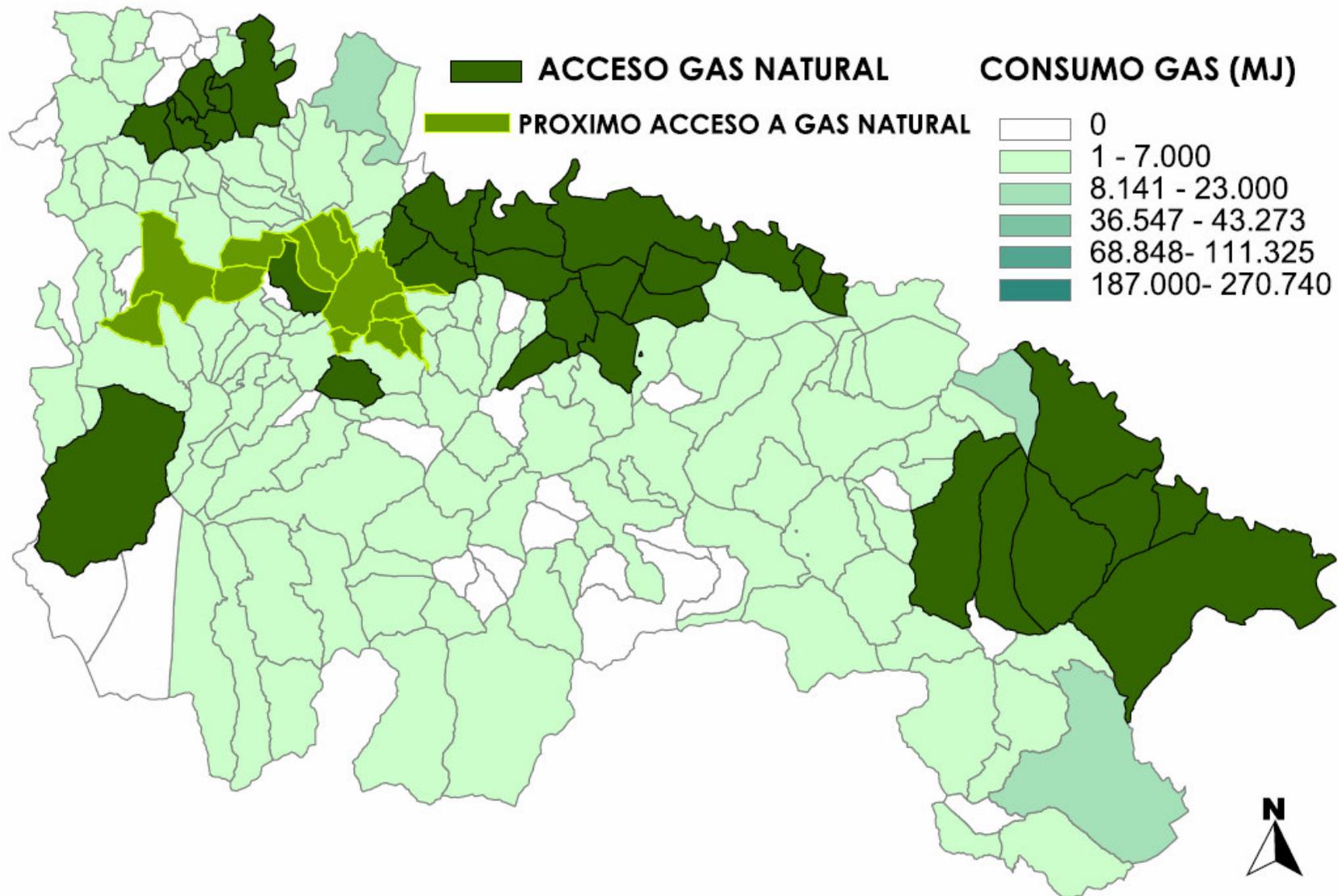


Ilustración 23.- GAS: Municipios con acceso a la red de suministro de gas natural o que próximamente tendrán acceso a él. Datos 2012, Fuente: ENAGAS

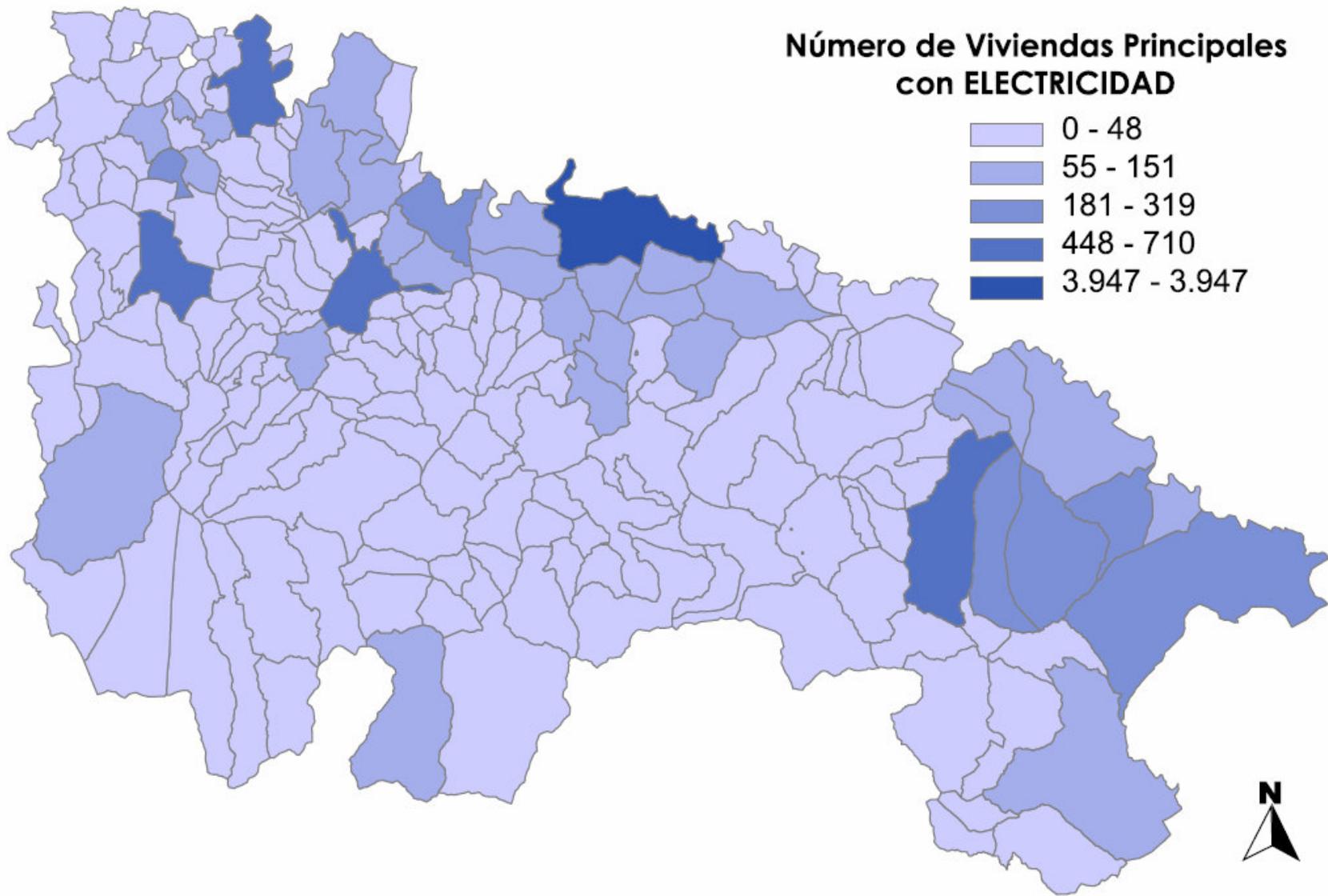


Ilustración 24.- ELECTRICIDAD: número de viviendas principales en las que se consume electricidad para la calefacción y ACS

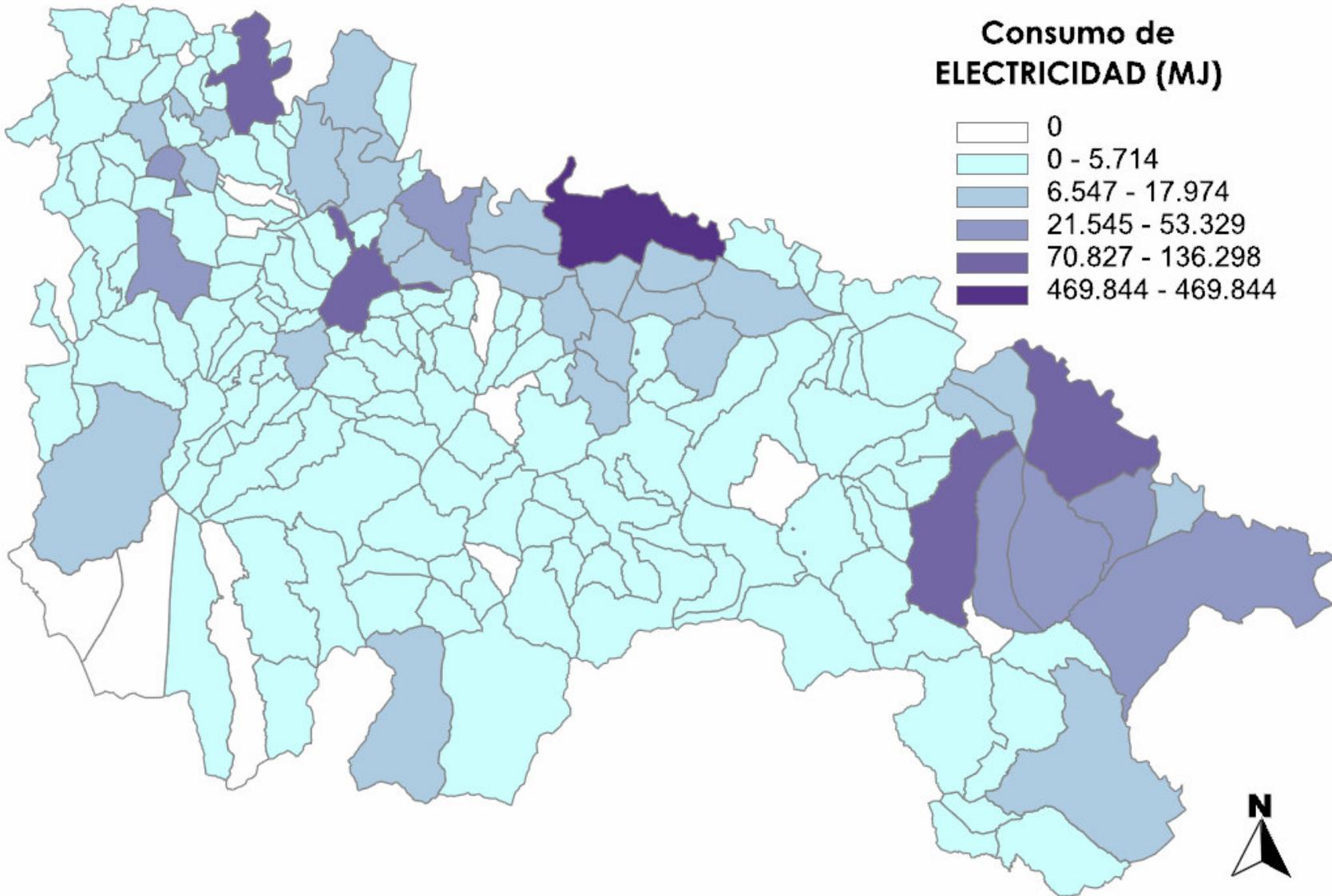


Ilustración 25.- ELECTRICIDAD: consumo en MJ de energía de electricidad en los distintos municipios de La Rioja

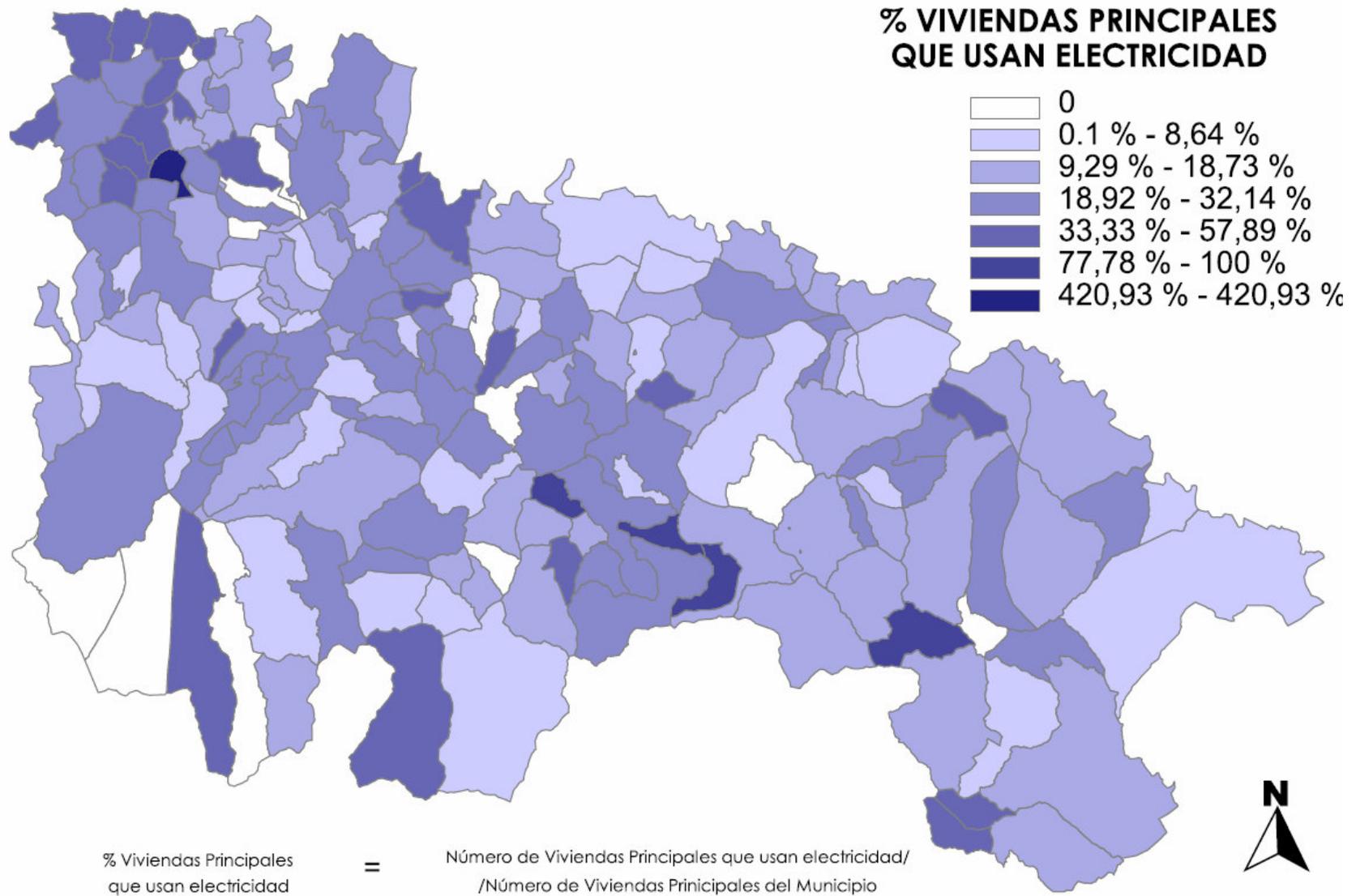


Ilustración 26.- ELECTRICIDAD: % de viviendas principales que usan electricidad respecto al total de viviendas principales del municipio

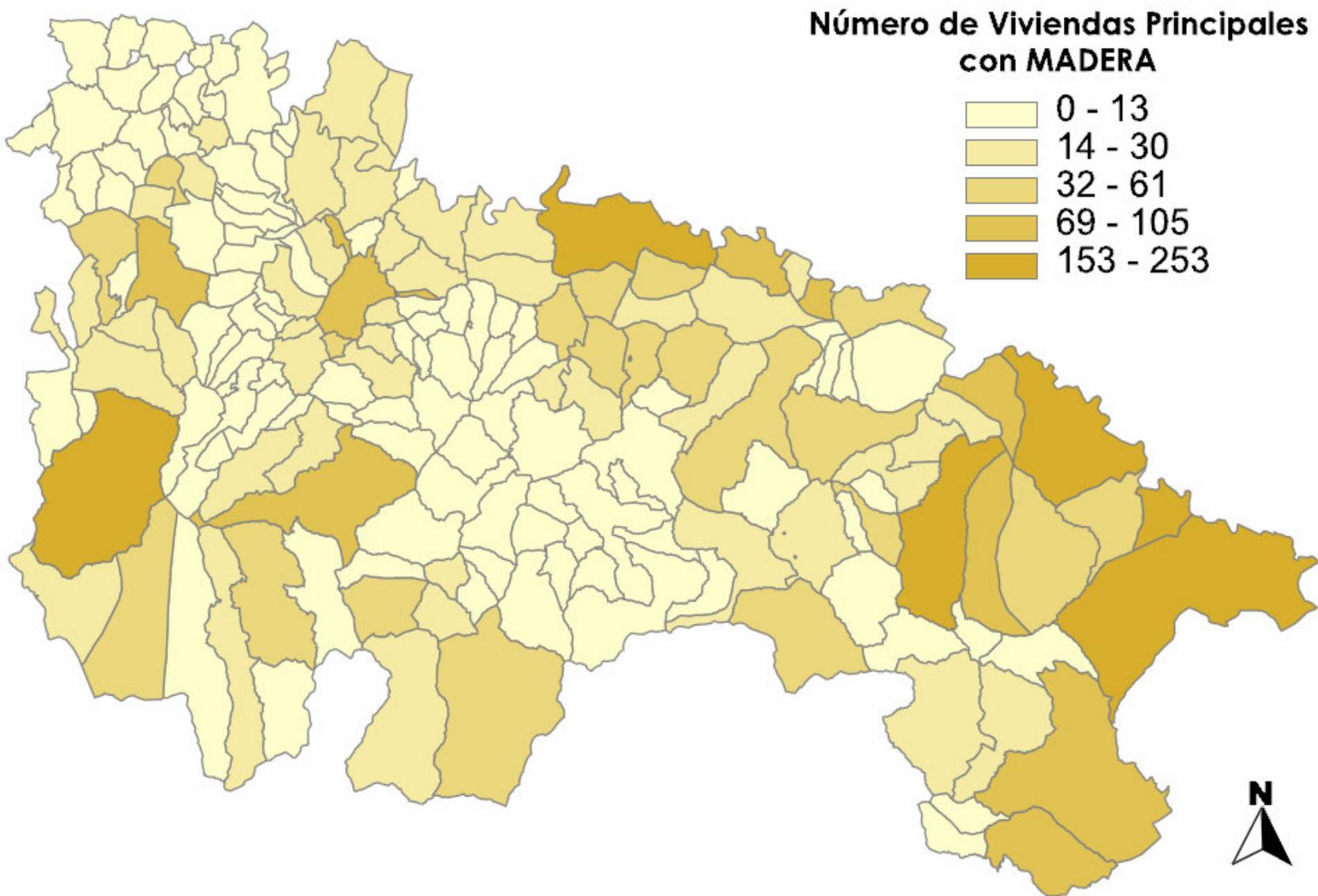


Ilustración 27.- BIOMASA MADERA: número de viviendas principales en las que se consume biomasa para la calefacción y ACS

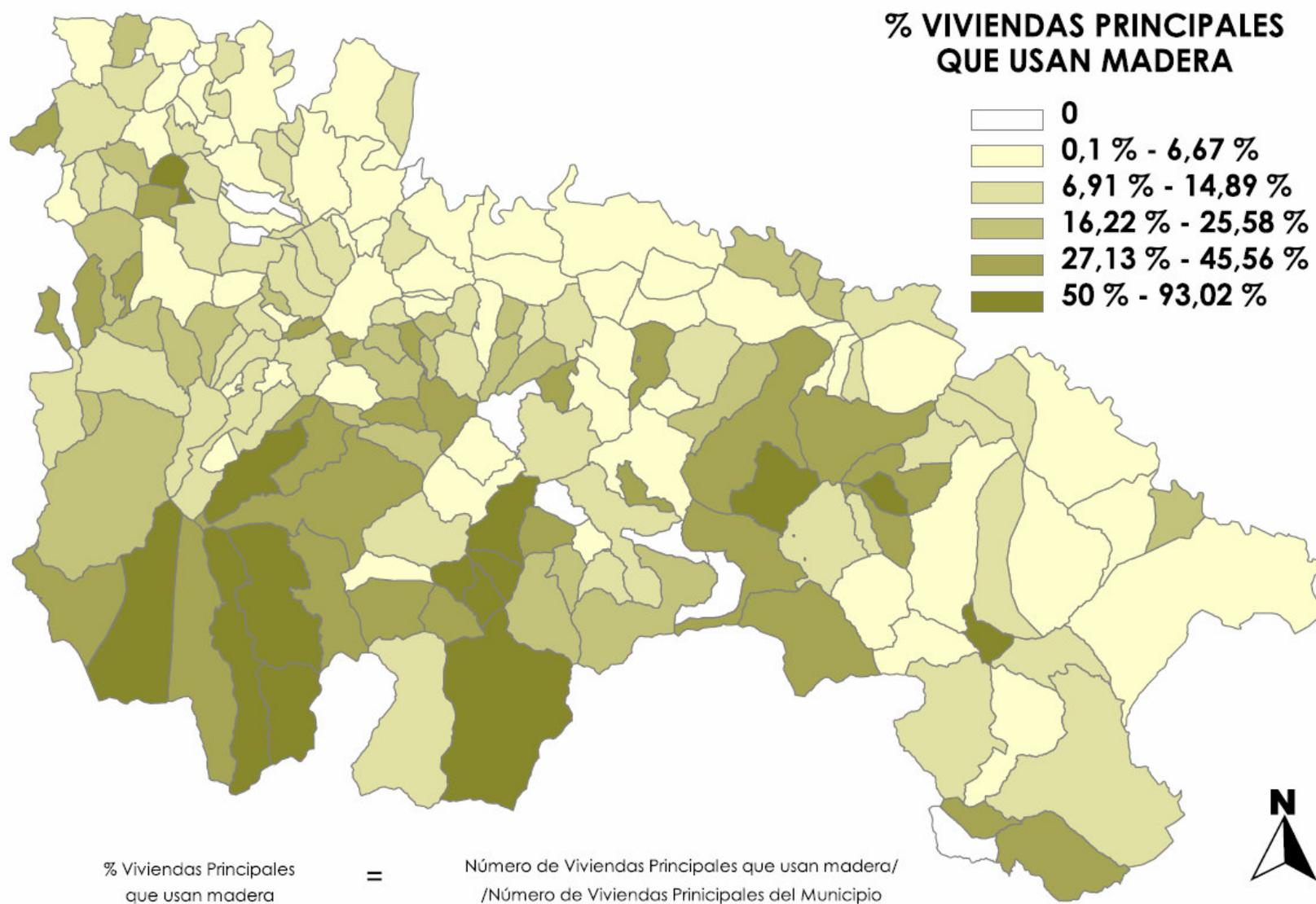


Ilustración 28.- MADERA: % de viviendas principales que usan madera respecto al total de viviendas principales del municipio

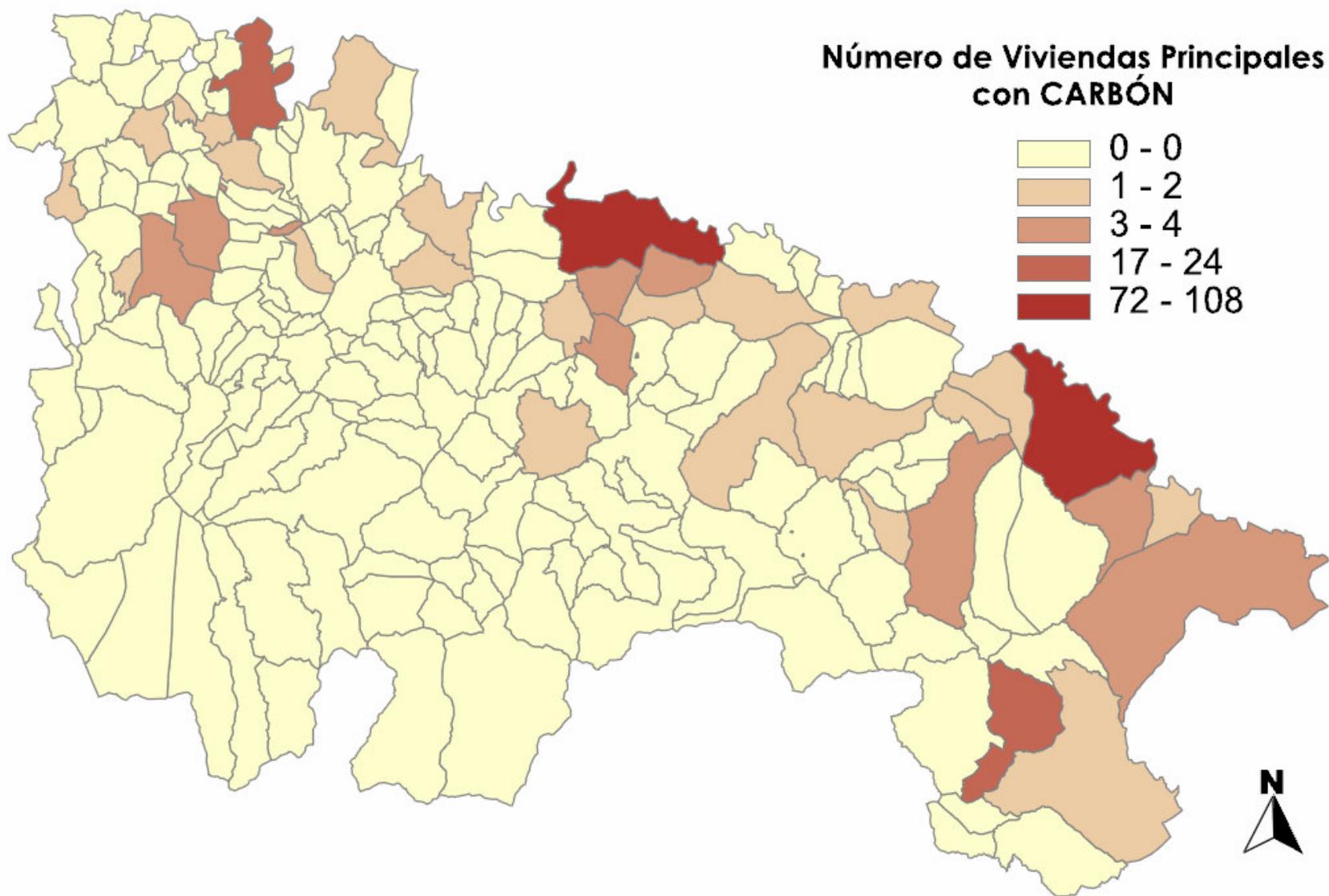


Ilustración 29.- CARBÓN: número de viviendas principales en las que se consume carbón para la calefacción y ACS

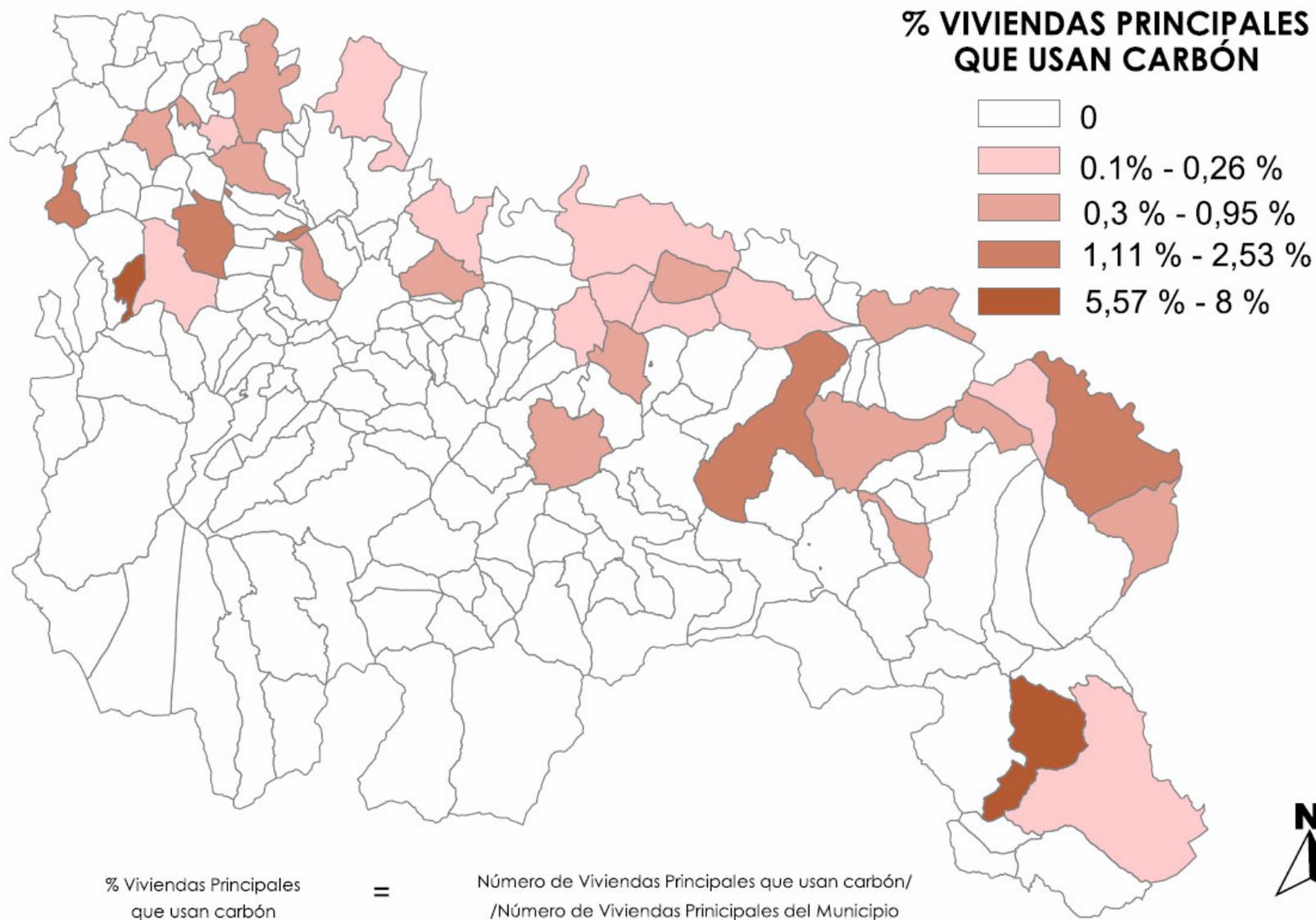


Ilustración 30.- CARBÓN: % de viviendas principales que usan carbón respecto al total de viviendas principales del municipio

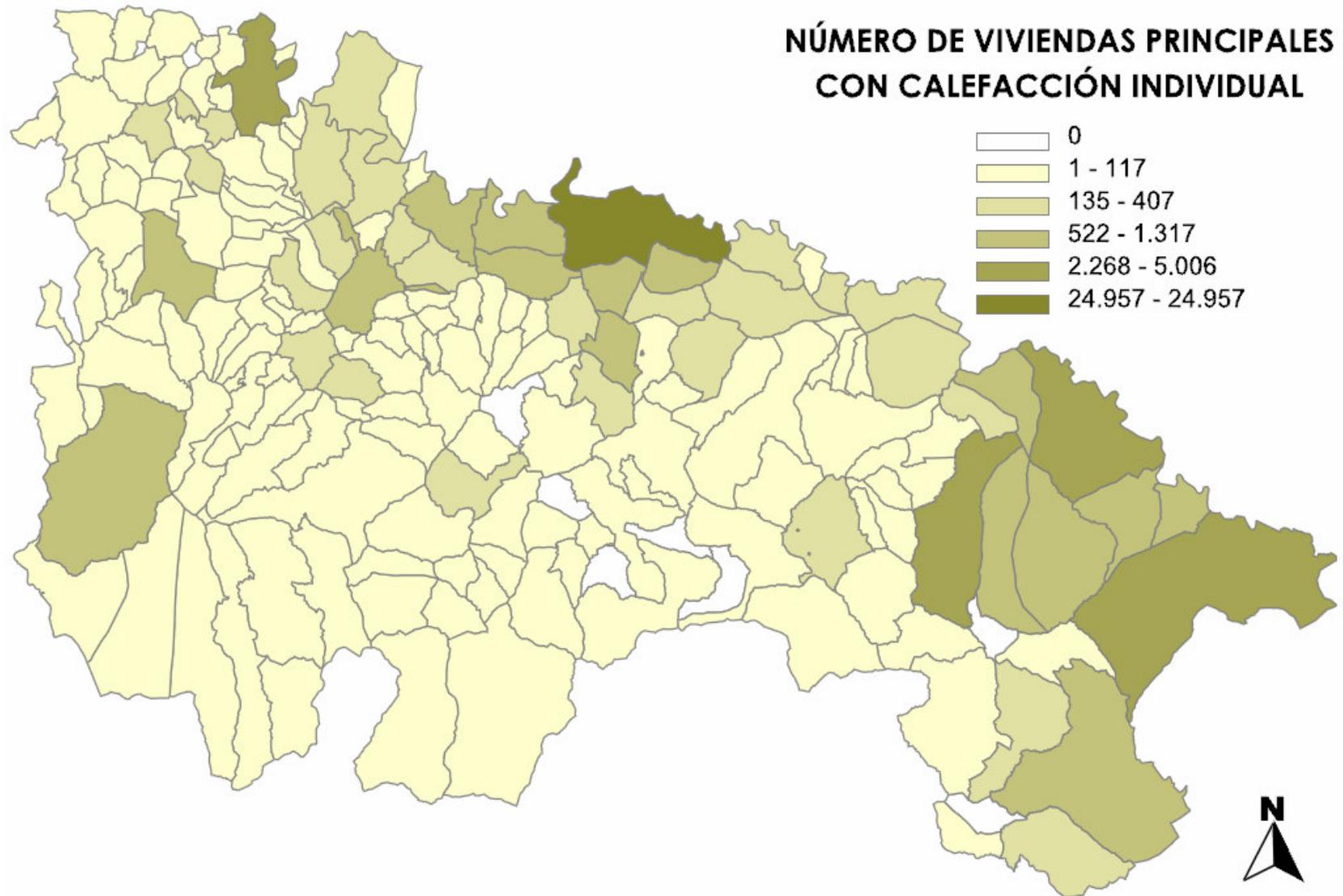


Ilustración 31.- CALEFACCIÓN INDIVIDUAL: número de viviendas con calefacción individual.

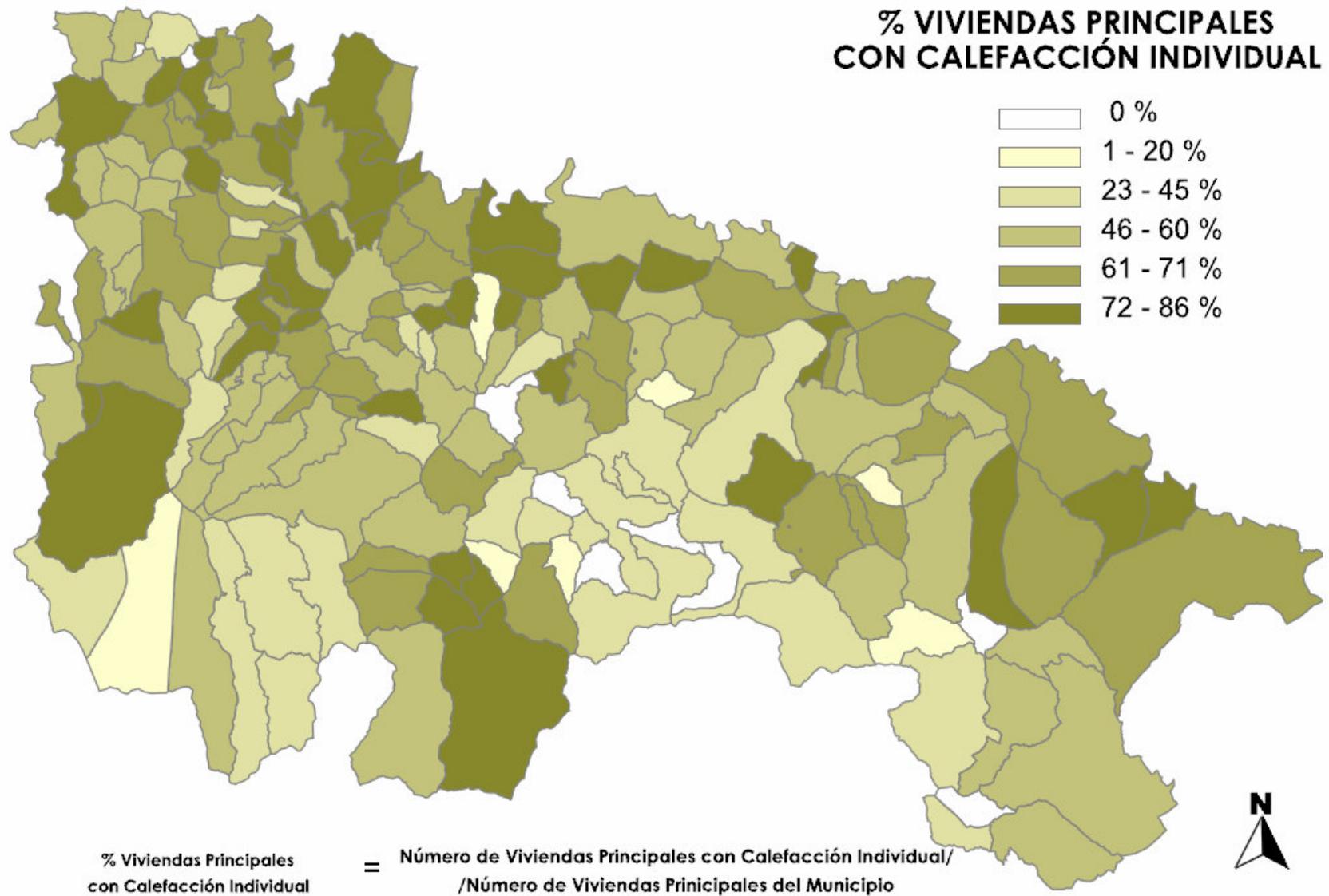


Ilustración 32.- CALEFACCIÓN INDIVIDUAL: % de viviendas principales calefacción individual respecto al total de viviendas principales en un municipio.

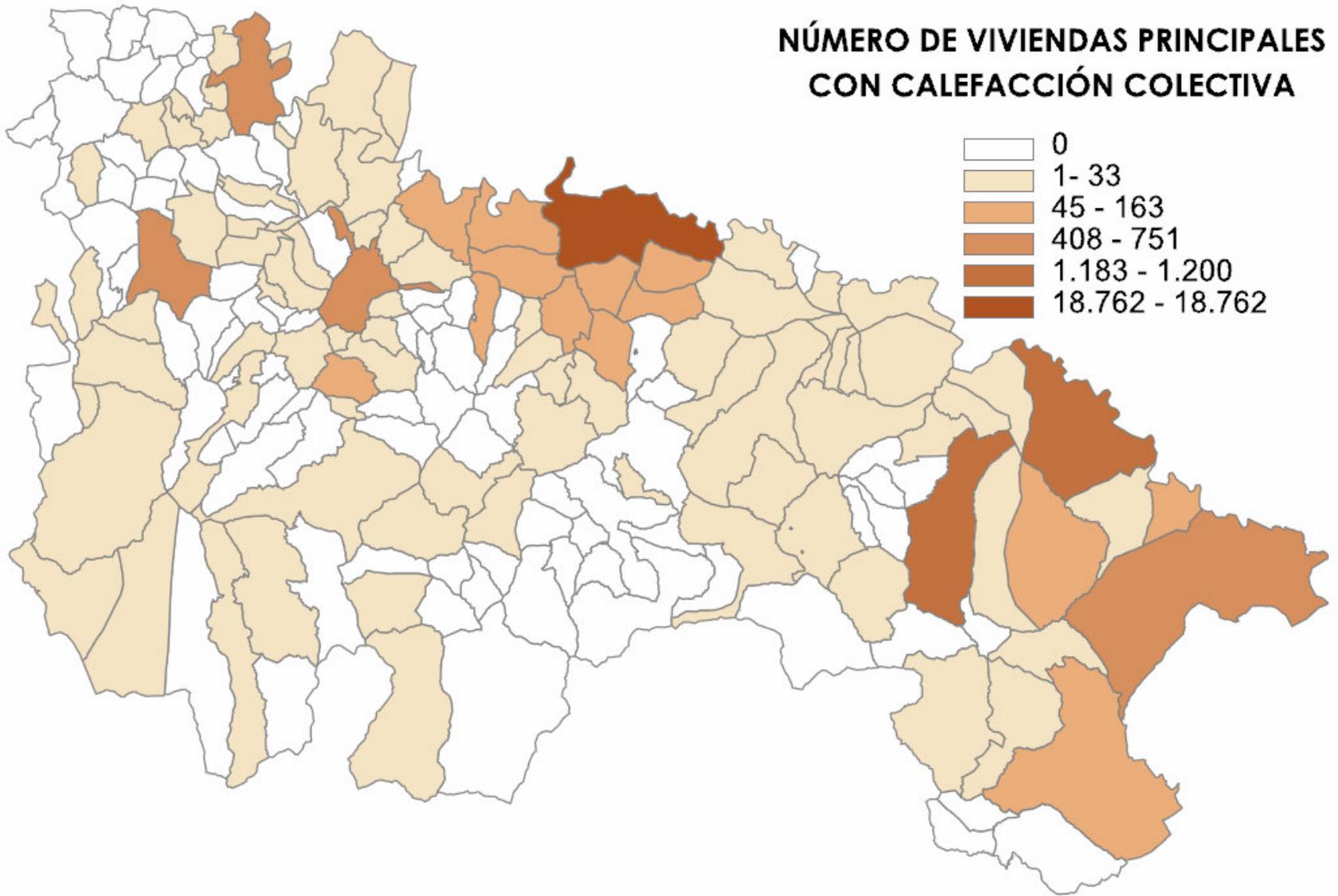


Ilustración 33.- CALEFACCIÓN COLECTIVA: número de viviendas con calefacción colectiva.

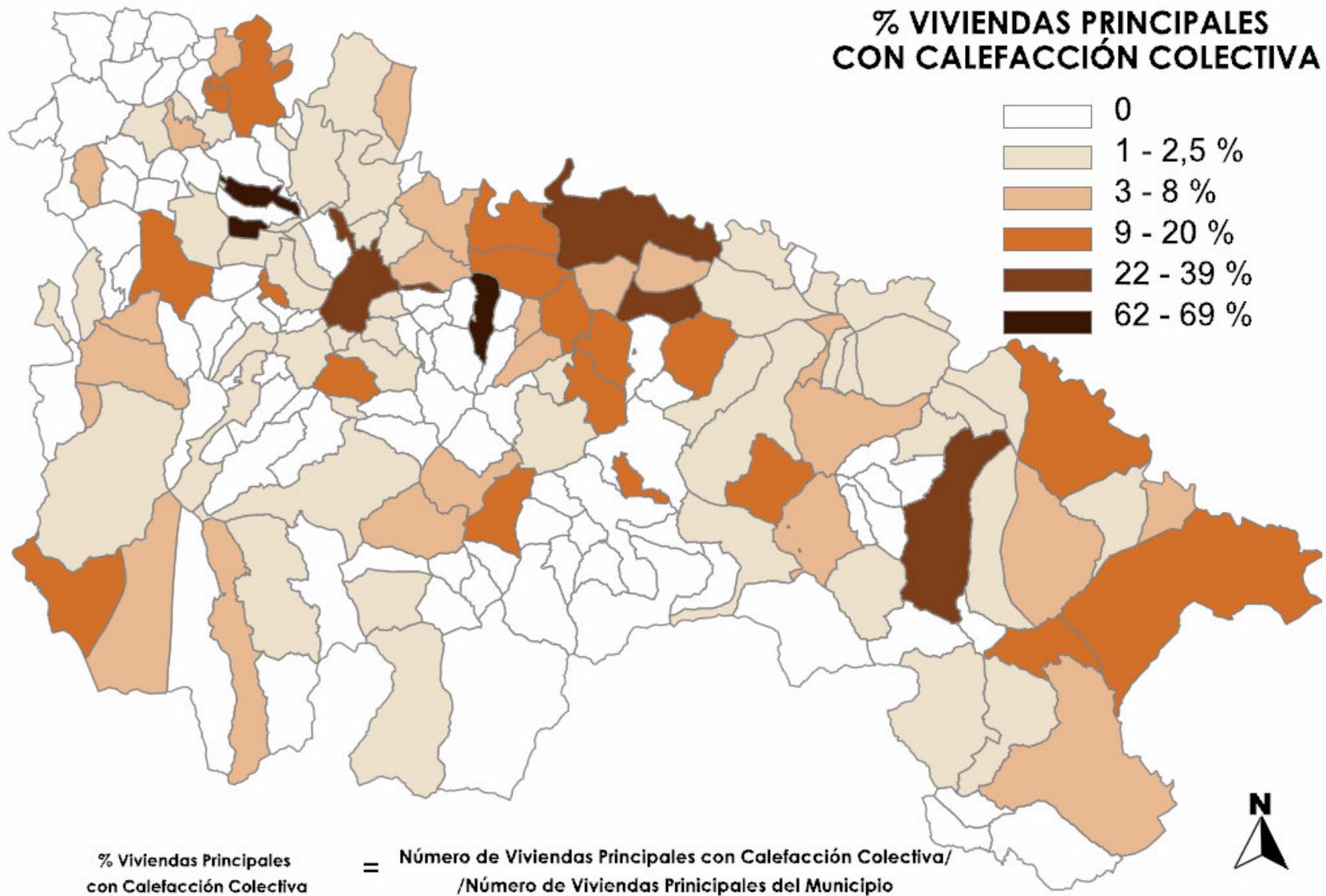


Ilustración 34.- CALEFACCIÓN COLECTIVA: % de viviendas con calefacción colectiva, respecto al total de viviendas principales en cada municipio.

4. EMISIONES DE CALDERAS RESIDENCIALES EN LA RIOJA.

4.1. Introducción.

En este apartado se pretende la caracterización de las emisiones residenciales de la Comunidad Autónoma de La Rioja, mediante el cálculo de emisiones atmosféricas asociadas a las fuentes fijas de calefacción y agua caliente sanitaria del sector residencial de La Rioja.

Para ello se han considerado tres niveles de resolución:

- La resolución espectral, es decir, qué contaminantes se van a tener en cuenta en la herramienta de cálculo: dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno... principalmente.
- La resolución espacial: se ha considerado el territorio de la comunidad y los consumos agregados por tipo de combustible y municipio.
- La resolución temporal, considerándose una distribución en el tiempo de las emisiones.

Los datos de partida empleados para realizar los cálculos de emisiones del sector doméstico, son los correspondientes al parque de viviendas, ya que permiten estimar los requerimientos energéticos de los equipos de combustión domésticos, y los combustibles empleados en el sector residencial. En base a los resultados de este análisis se estimarán las emisiones mediante el empleo de los factores de emisión recogidos en los documentos metodológicos elaborados por EMEP-CORINAIR de la Agencia Europea de Medio Ambiente para la elaboración de inventarios, así como en el Inventario Nacional de Emisiones elaborado por el Ministerio.

Número de hogares y consumos.

Con el objeto de estimar las emisiones a la atmósfera de origen doméstico se ha tenido en cuenta el dato de viviendas según municipio del INE en el censo de 2001, que a su vez ha permitido estimar el consumo energético de las viviendas para algunos combustibles.

Para las viviendas existentes, se puede presuponer según el informe de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012, el siguiente consumo en calefacción y ACS de las viviendas de un municipio:

Consumo en Calefacción y ACS de las viviendas existentes en los municipios.		
	KWh/m2	GJ/m2
Vivienda unifamiliar	99.5	0.3582
Vivienda colectiva	87.9	0.3164

Tabla 13.- Valores típicos de consumo de calefacción y ACS en distintas viviendas de los municipios.

La utilización de esta tabla, requiere de conocer el tipo de vivienda residencial del que se va a realizar el cálculo, la superficie útil, y será necesario el tipo de combustible.

Cálculo de emisiones.

Teniendo en cuenta los requisitos energéticos del sector residencial en las principales fuentes emisoras como son la calefacción y el agua caliente sanitaria, para poder valorar las emisiones adecuadamente resulta preciso conocer cuál es la fuente de energía empleada para la calefacción y para la generación de ACS. En este sentido se emplearán datos del INE (para el cálculo global) o bien datos reales si se disponen de ellos.

Con los datos de consumos de los diferentes combustibles es posible valorar las emisiones de este sector mediante la aplicación de factores de emisión. Estos se muestran de manera resumen a continuación según el tipo de combustible empleado. Estos factores de emisión se corresponden con los indicados en el documento B216 de la metodología establecida por EPER-CORINAIR (Agencia Europea de Medio Ambiente) para la elaboración de inventarios de emisiones.

Factores de emisión para el sector doméstico				
Contaminante (g/GJ)	Carbón	Gas	Petróleo y derivados	Madera
CO	5300	30	60	6100
NOx	130	60	70	80
COVNM	490	10	15	980
CH4	450	2.5	3.5	200
PM	450	1	8	800
N2O	0.0015	0.0001	0.0006	0
NH3	0	0	0	4
CO2	103000	55920	73000	101099
SO2	900	1	140	20
Pb (mg/GJ)	130	0	16	40
Cu (mg/GJ)	22	0	8	9
Cd (mg/GJ)	2	0	1	1

Factores de emisión para el sector doméstico				
Cr (mg/GJ)	11	0	16	3
Ni (mg/GJ)	13	0	240	4
Se (mg/GJ)	120	0	0	1
Zn (mg/GJ)	220	0	9	130
Hg (mg/GJ)	7	0	1	1
Ar (mg/GJ)	2	0	1	1

Tabla 14.- Factores de emisión para el sector residencial y su cálculo de emisiones a la atmósfera.

Igualmente para la realización de la herramienta y para la estimación de emisiones se ha considerado los siguientes documentos y organismos:

- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- INE (Instituto Nacional de Estadística): Censo 2001, en especial toda la información relativa al uso y ocupación de las viviendas, así como las fuentes de energía empleada.
- Ministerio de Economía: Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.
- EMEP-CORINAIR. EmissionInventoryGuidebook. 3rd TechnicalReport nº 30. EuropeanEnvironment Agency, 2002.
- Guía Metodológica para el desarrollo de inventario de emisiones. IV Seminario sobre la calidad del aire en España. 2000.
- Corinair 90. SummaryReport. ReportttotheEuropeanEnvironment Agency fromtheEuropeanTopic Centre on Air Emissions. 1990.

Puesto que de manera global es imposible conocer con exactitud las características de las instalaciones de combustión que se emplean en cada municipio, se ha optado por contemplar los factores de emisión propuestos por la metodología simplificada del libro guía EMEP-CORINAIR para inventarios de emisiones para la fuente 1A4bi: residencial.

4.2. Herramienta y resultados.

4.2.1. Herramienta.

A partir del estudio de los documentos y los factores de emisión indicados en el apartado anterior y con los datos de consumo de combustibles en viviendas principales en los distintos municipios presentados en puntos previos, se puede proceder al cálculo global de las emisiones residenciales de los municipios de La Rioja.

Para ello se ha elaborado una hoja de cálculo en formato Excel muy sencilla en la que se debe indicar la referencia de la fuente de combustión que se trate y el consumo del tipo determinado de combustible en unidades GigaJulios.

En concreto, se ha diseñado una hoja Excel para cálculos globales (municipio) y para cálculos individuales (a nivel caldera):

Cálculos globales: PLANTILLA_Emisiones Globales.xls

- Se debe indicar el municipio y el consumo del combustible que sea en GigaJulios. En cada una de las hojas se calculan las emisiones referentes a un tipo de combustible.

Cálculos individuales: PLANTILLA_Emisiones Individuales.xls.

- Se indicará la caldera, la superficie a la que da servicio y el factor de requerimiento energético medio para calcular el consumo del combustible que sea. En caso de conocer directamente el consumo del combustible que sea, se podrá pasar directamente sin realizar la estimación a partir de los datos indicados anteriormente.

El requerimiento energético medio para las viviendas existentes, como ya se ha indicado previamente, es el siguiente:

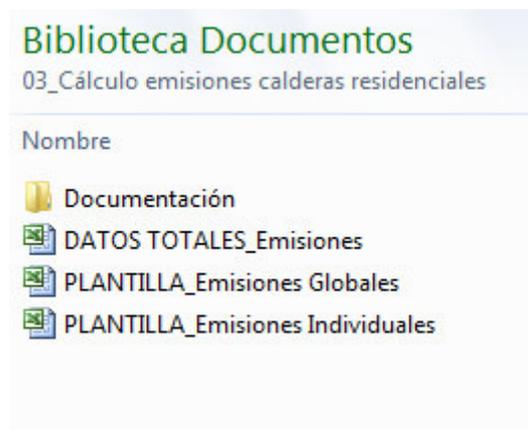
Consumo en Calefacción y ACS de las viviendas existentes en los municipios.		
	KWh/m2	GJ/m2
Vivienda unifamiliar	99.5	0.3582
Vivienda colectiva	87.9	0.3164

Tabla 15.- Valores típicos de consumo de calefacción y ACS en distintas viviendas de los municipios.

4.2.2. Resultados

Para los municipios de La Rioja, se han realizado los cálculos de emisiones correspondientes a los consumos de los distintos combustibles empleados para calefacción y agua caliente sanitaria en el sector residencial. Los resultados se indican en una tabla Excel llamada DATOS TOTALES_Emisiones.

Toda la información relativa al cálculo de emisiones atmosféricas procedentes de fuentes de energía utilizadas en el sector residencial se encuentra organizada en la siguiente carpeta:



5. PROYECTO PILOTO EN LA ZONA URBANA DE LOGROÑO

5.1. Antecedentes.

Enmarcado dentro del proyecto e-AIRE, esta experiencia piloto sirve para completar los datos estadísticos e institucionales, con datos reales tomados en las propias residencias de las personas colaboradoras.

Debido al compromiso con el medio ambiente y la preocupación por el cuidado del entorno, los distintos órganos sociales, particulares, empresas y administración, así como otros organismos y asociaciones, deben estar inmersos cada día más en una cultura que fomente los hábitos de consumo respetuosos con el medio ambiente.

En esta línea de trabajo, la realización de encuestas y mediciones de primera mano, permite conocer los hábitos de las personas en el campo relacionado con las emisiones residenciales, para poder llegar en algún momento, a una interpretación de la preocupación real por la calidad del aire y la medida en la que se está dispuesto o existen medios para mitigar los posibles impactos de las combustiones residenciales.

Con encuestas y mediciones de este tipo, los resultados pueden servir de guía para aquellos agentes sociales que han de tomar medidas, sobre todo cuando los resultados de estudios de este tipo se puedan integrar en plataformas globales, como es el caso del proyecto e-AIRE.

Previamente a esta experiencia, cabe destacar el profundo estudio llevado a cabo en 2008 por el INE con la primera *Encuesta de Hogares y Medio Ambiente*, una de las referencias principales de este trabajo. Esta encuesta se elaboró con el objetivo de conocer de primera mano los hábitos que las personas o los hogares tienen en relación con determinados aspectos (entre los que caben las emisiones residenciales), para poder interpretar la preocupación por el medio ambiente y su disposición para colaborar en su protección.

5.2 Metodología de trabajo.

Esta experiencia piloto está dirigida a 60 hogares de Logroño y sus alrededores, con el objetivo de conocer las calderas y los tipos de combustibles utilizados para la calefacción y el agua caliente sanitaria, así como las emisiones asociadas al uso de los sistemas de calefacción y ACS.

Para la recopilación de la información se realizó una encuesta personalizada a los hogares y también, siempre que fue posible, se procedió a la medición directa en caldera para la cuantificación de los gases emitidos.

5.2.1. Encuesta

Para la obtención de la información requerida se ha utilizado el método de encuesta directa a través de visitas personalizadas en los hogares y también mediante contacto online previo a la visita. En todos los contactos, se ha solicitado una persona de contacto, un domicilio y una vía de contacto (datos protegidos bajo la LOPD). También se ha suministrado, además de verbalmente, por escrito, instrucciones claras de cómo rellenar el formulario y de aspectos a tener en cuenta en caso de duda o desconocimiento (ver anexo el formulario de la encuesta).

La encuesta en concreto se dividió en dos grandes bloques de preguntas:

- **Datos de la caldera:**

- Marca: Haga clic aquí para escribir texto.
- Modelo: Haga clic aquí para escribir texto.
- Potencia (Kw): Haga clic aquí para escribir texto.
- Tipo de caldera
 - Individual.
 - Colectiva con contador individual.
 - Colectiva.
- Número de viviendas a las que da servicio: Haga clic aquí para escribir texto.
- Superficie unitaria de cada una de las viviendas a las que da servicio (m²): Haga clic aquí para escribir texto.
- Combustible de la caldera:
 - Gas natural.
 - Gasoil.
 - Carbón.
 - Biomasa (indicar cuál): Haga clic aquí para escribir texto.
 - Caldera eléctrica.
 - Otras (indicar): Haga clic aquí para escribir texto.
- Consumo de combustibles (en Kw, Kg, euros... indicar claramente la unidad y la referencia temporal de dicha unidad, es decir, si es mensual, anual...)

- Gas natural: Haga clic aquí para escribir texto.
- Gasoil: Haga clic aquí para escribir texto.
- Carbón: Haga clic aquí para escribir texto.
- Biomasa (indicar cuál): Haga clic aquí para escribir texto.
- Caldera eléctrica: Haga clic aquí para escribir texto.
- Otras (indicar): Haga clic aquí para escribir texto.

Tipo de caldera:

- Elegir un uso entre los siguientes:
 - Uso para calefacción
 - Uso para agua caliente sanitaria
 - Uso para calefacción y agua caliente sanitaria.
 - Otros (Indicar) Haga clic aquí para escribir texto.
- Llama piloto:
 - Con llama piloto
 - Sin llama piloto.
- Producción de agua caliente:
 - Producción de agua caliente instantánea.
 - De acumulación.
- Tipo de tiro de la caldera.
 - Tiro natural.
 - Tiro forzado.
- Antigüedad de la caldera (años): Haga clic aquí para escribir texto.
- Antigüedad de la vivienda (años): Haga clic aquí para escribir texto.
- Calderas de gas natural:
 - Calderas de gas atmosféricas
 - Calderas estancas.
- Calderas de gas natural:
 - De condensación.
 - De baja temperatura.
 - Estándar.

- **Mediciones en la caldera:** se pregunta por la disponibilidad de realizar mediciones y por la posibilidad de que se disponga de mediciones previas.

5.2.2. Mediciones en caldera.

En las mediciones en calderas se cuantifican las concentraciones de gases de combustión emitidos a la atmósfera como consecuencia de la actividad de la instalación de calefacción y agua caliente sanitaria para dar servicio al hogar.

Los gases de combustión que se detectan en las mediciones son:

- Nitrógeno: es el principal componente del aire, gas incoloro, inodoro y sin sabor que no interviene en la combustión sino que actúa como un lastre. Entra en la caldera y sale caliente por la chimenea de expulsión de gases. Los valores típicos de emisión en gases de combustión de calderas de gasoil y gas son 78-80%
- Dióxido de carbono: es un gas incoloro, inodoro y con ligero sabor agrio. Los valores típicos en la combustión son de 12.5-14% en calderas de gasoil y de 8-11% en calderas de gas.
- Vapor de agua: el hidrógeno contenido en el combustible se combina con el oxígeno del aire de combustión y se forma la molécula de agua.
- Oxígeno: el oxígeno restante no usado para la combustión se expulsa en los gases de salida. Si se trabaja en exceso de aire, la medida de oxígeno a la salida, determina este funcionamiento, por lo que este parámetro sirve para medir el rendimiento de la combustión. Los valores típicos en calderas de gasoil son 2-5% y en calderas de gas 2-6%.
- Monóxido de carbono: es un gas venenoso al respirar, inodoro e incoloro, y es un producto de una combustión incompleta. Los valores típicos en calderas de gasoil son: 80-150 ppm y en calderas de gas, 80-100 ppm.
- Óxidos de nitrógeno: a altas temperaturas, el nitrógeno presente en la combustión puede combinarse con el oxígeno y formar derivados del nitrógeno como el monóxido de nitrógeno. Valores típicos en calderas de gasoil y de gas son 50-100 ppm.
- Dióxido de azufre: es un gas tóxico de un olor fuerte. Se forma a partir del azufre contenido en el combustible y su valor límite es de 5 ppm. Los valores típicos para este contaminante en calderas de gasoil son de 180-200 ppm.

- Hidrocarburos inquemados: se forman cuando la combustión es incompleta. Los valores típicos en calderas de gasoil están por debajo de 50 ppm.
- Hollín: carbono puro resultante de una combustión. Se mide como número de opacidad: 0-1
- Partículas sólidas. Partículas sólidas de distinto tamaño distribuidas por el aire.

Igualmente resulta determinante tener en cuenta el tipo de caldera con la que se está realizando la combustión, porque la tecnología determina en muchos casos las emisiones. El principio de funcionamiento de todas las calderas es el mismo: un quemador junto con un intercambiador, genera calor. Esto significa que los residuos gaseosos calientes que produce la llama del quemador calientan el agua del circuito, que circula a través de las tuberías como un transporte de calor hasta los consumidores (radiadores). **Los tipos de calderas más comunes son:**

- Calderas de combustibles sólidos: se distingue entre las calderas que usan madera y las que queman carbón. En las calderas de combustibles sólidos, el 80% del aire de combustión se usa para el proceso. El 20% restante (aire secundario), alimenta a los gases residuales que se producen durante la combustión, garantizando una combustión completa. Este gas secundario debe precalentarse para evitar combustiones incompletas.
- Calderas atmosféricas de gas: su principal ventaja es que la combustión no genera residuos y se elimina espacio para la cámara de alimentación del combustible. La combustión del aire está provocada por la capacidad de los gases residuales y la mezcla aire/combustible quemada en la cámara de combustión para que fluyan a través de un tubo extractor de humos.
- Calderas de tiro forzado con quemador de gasoil o de gas: el aire de combustión lo suministra un soplador. Son independientes del tiro de los humos, tienen menor diámetro de chimenea, una combustión estable y un buen rendimiento, con el inconveniente de un mayor consumo de energía.
- Calderas de condensación: utilizan el calor de evaporación además del calor de combustión por medio de un segundo intercambiador de calor. Las temperaturas del gas de combustión en las calderas de condensación son menores que los valores habituales en las calderas convencionales.

Los parámetros a medir en la realización de las mediciones en hogares coinciden con los contaminantes y además se mide temperatura ambiente, temperatura de los gases

de combustión y se calcula pérdidas por chimenea (q_A), exceso de aire (λ), rendimiento y CO-correctado.

- Temperatura ambiente (TA): se mide a la entrada de la caldera.
- Temperatura de combustión (TH): se mide en el lugar más caliente de la corriente de gases. En este punto coincide la temperatura y la concentración de dióxido de carbono con su máximo y el contenido en oxígeno con su mínimo.
- Pérdidas por chimenea (q_A): son la diferencia entre el nivel de calor del gas de salida y el nivel de calor del aire ambiente en relación con el valor del poder calorífico inferior del combustible. El ahorro conseguido mediante un óptimo ajuste del sistema de calefacción basado en los cálculos de las pérdidas de chimenea es obvio: pérdidas por chimenea del 1% suponen consumo adicional de un 1% más de combustible.
- Concentración de dióxido de carbono: da un indicador del rendimiento de la caldera. Para los distintos combustibles, el valor es: 15.4% para gasoil, 11.8% para gas y 18.5% para carbón.
- Exceso de aire (λ): el oxígeno para la combustión se suministra a las calderas a través del aire ambiente. Para conseguir una combustión completa, ésta necesita disponer de exceso de aire respecto al teóricamente necesario. Este ratio es λ . La proporción de aire se determina a partir de la concentración de CO, CO₂ y O₂.
- Rendimiento: se calcula a partir de las pérdidas por chimenea y las pérdidas por inquemados.
- CO-correctado: es la medición de CO exento de aire y de vapor de agua.

5.2.3. Marco de muestreo.

El marco utilizado para la selección de la muestra es un marco de áreas vecinales diseñado específicamente para este trabajo. Para cada una de las áreas vecinales, se ha tratado de tener al menos una medición en calderas o datos de la encuesta.

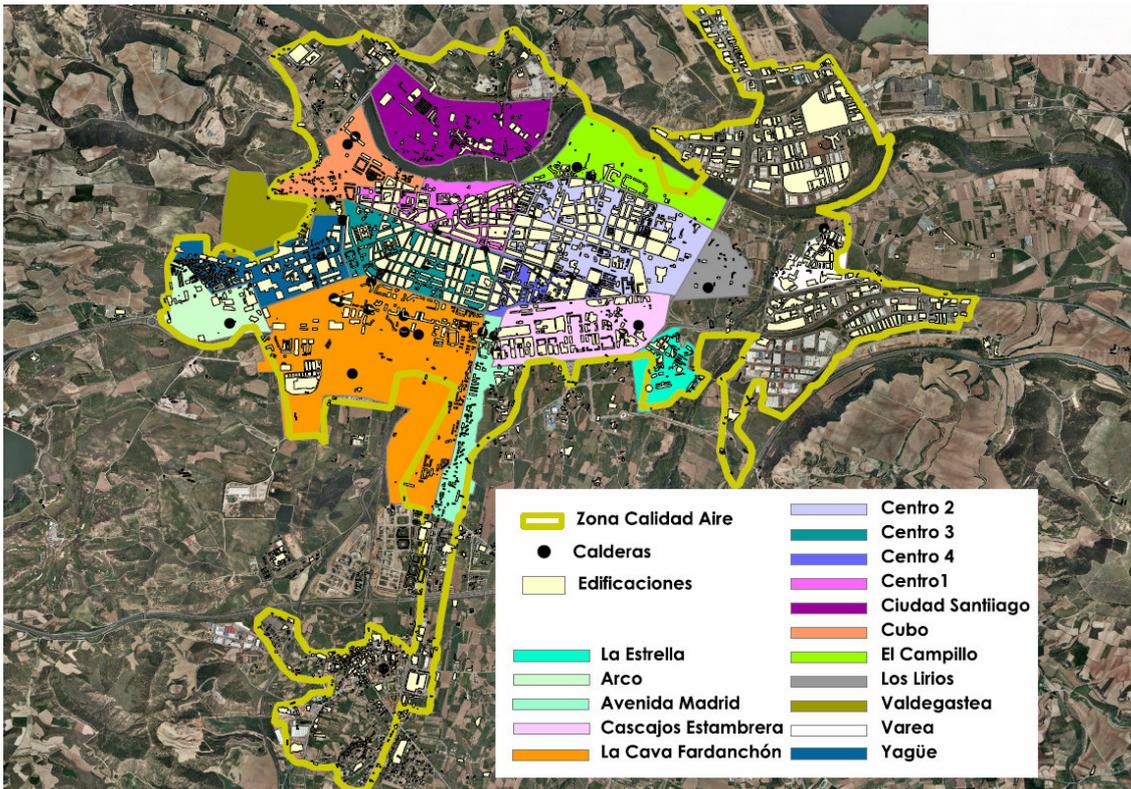


Ilustración 35.- Áreas vecinales diseñadas para el muestreo de campo de las calderas residenciales.

5.3. Protocolo de realización de mediciones.

En quemadores de gas y gasoil se ha tenido en cuenta:

- Medición de la temperatura ambiente: La sonda de combustión del aparato se coloca en la entrada del aire al quemador y se mide la temperatura.
- Medida de las pérdidas de chimenea: la sonda de combustión se coloca en el conducto de salida de los gases. Mediante la medición continua de la temperatura se busca el punto caliente del gas de combustión. Para posicionar la sonda del gas de combustión se utilizan dispositivos mecánicos. La temperatura del gas es medida en la punta de la sonda, el gas de combustión se aspira a través de la sonda, la concentración de oxígeno se mide y a partir de ésta, se calcula la concentración de dióxido de carbono. Las pérdidas en chimenea se calculan a partir de estos valores medidos.
- Medición de CO en calderas de gas: para proteger la seguridad de los operadores de calderas de gas se asegura que los gases de combustión se emiten a través del orificio de salida para estos. Esto es particularmente importante para las calderas de gas sin tiro forzado, ya que los gases de combustión sólo se eliminan

a través del tiro natural. Para prevenir el peligro de la salida de los gases a la sala de la caldera, se mide la concentración de monóxido de carbono en las calderas de cámara de combustión abierta y en calderas sin ventilador, sobre todo.

- Medición de los óxidos de nitrógeno en los quemadores de gas: estos óxidos representan el total del monóxido de nitrógeno y de dióxido de nitrógeno, teniendo una concentración constante de 97% NO y 3% NO₂. Por ello una medición de NO resulta suficiente para determinar la concentración de NO_x. No obstante, si se usan combustibles mezclados en la caldera, las proporciones se alteran y se han de medir por separado.

5.3.1. Mediciones con equipo TESTO 350. Funcionamiento básico.

Para todos los parámetros indicados previamente y para el resto de ellos (SO₂, CO₂...) se ha utilizado un equipo automático de medición TESTO 350:

Los equipos TESTO son sistemas de medición con tecnología alemana. Básicamente el instrumento se compone de una unidad de control, una caja analizadora y una sonda de gases de combustión que varía de acuerdo a las necesidades del profesional.

La unidad de control del **TESTO 350** tiene como función controlar el sistema de medición y leer datos.

En cuanto a la caja analizadora puede decirse que es el “corazón” del sistema de medición. Está equipada con un módulo de O₂ y otro módulo de NO, NO₂, SO₂, CO y CO₂. Los parámetros habituales como rendimiento, exceso de aire, pérdidas por chimeneas, etc. se calculan al mismo tiempo que se miden la temperatura y la presión diferencial.

Su funcionamiento básico se resume en los siguientes pasos:

- Encendido mediante botón de “encendido-apagado”: al encenderse el aparato realiza un autotest a temperatura ambiente. Los parámetros normales son: temperatura ambiente (TA) de 21 °C y tiempo de autotest de 60 segundos. El equipo dispone de acumulador de energía, por lo que es recomendable cargarlo previamente a su utilización.
- En segundo lugar y tras el autotest, se deberá elegir el combustible a medir entre las opciones ofrecidas por el aparato (gasóleo A, C, fuel oleo N1, N2 y BIA, gas natural, propano, butano, madera, coque, briqueta, lignito, antracita, hulla, gas de

coque y gas ciudad). El movimiento a través de las opciones se hace con las flechas de subir y bajar y la elección mediante el botón “E”.

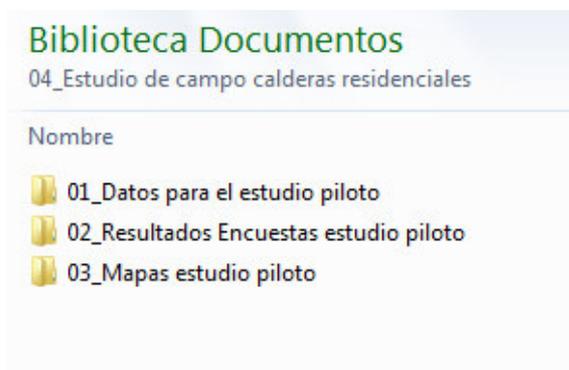
- Para comenzar a medir, con la sonda previamente colocada de manera correcta en la tubería de salida de humos, introducida hasta la parte central del tubo y fijada con los elementos mecánicos dispuestos para tal fin, se presiona el botón “Start/Stop”. Cuando se estabilice la medida, se puede parar esta, presionando nuevamente el mismo botón.
- Cuando se ha acabado la medición, se puede volver a ésta presionando el botón O₂... El botón con un “LIBRO” da la opción de transmitir a la impresora portátil los datos para su impresión, tiene la librería de los combustibles y otros factores. El botón con el sol, es la luz de la pantalla.

Este analizador en concreto se compone de:

- Maletín para su transporte.
- Impresora Hewletpackard: no se ha usado.
- Analizador TESTO 350: caja del analizador y mando de visualización de datos, así como del control de éstos.
- Sonda de TESTO 350: se une al analizador mediante dos entradas de color rojo y azul, que enganchan en el lugar correspondiente del analizador. Además tiene un tercer cable negro que engancha con el analizador (bomba de aire).
- Cable de conexión a la red de suministro de energía eléctrica: se engancha al analizador y sirve de fuente de alimentación, así como para recargar la batería.

5.4. Resumen de resultados.

Toda la información relativa a este estudio de campo para las calderas residenciales de la Comunidad Autónoma de La Rioja se encuentra disponible en la siguiente carpeta de información:



Los datos recogidos de las 60 encuestas realizadas del inventario de calderas domésticas, se presentan a continuación:

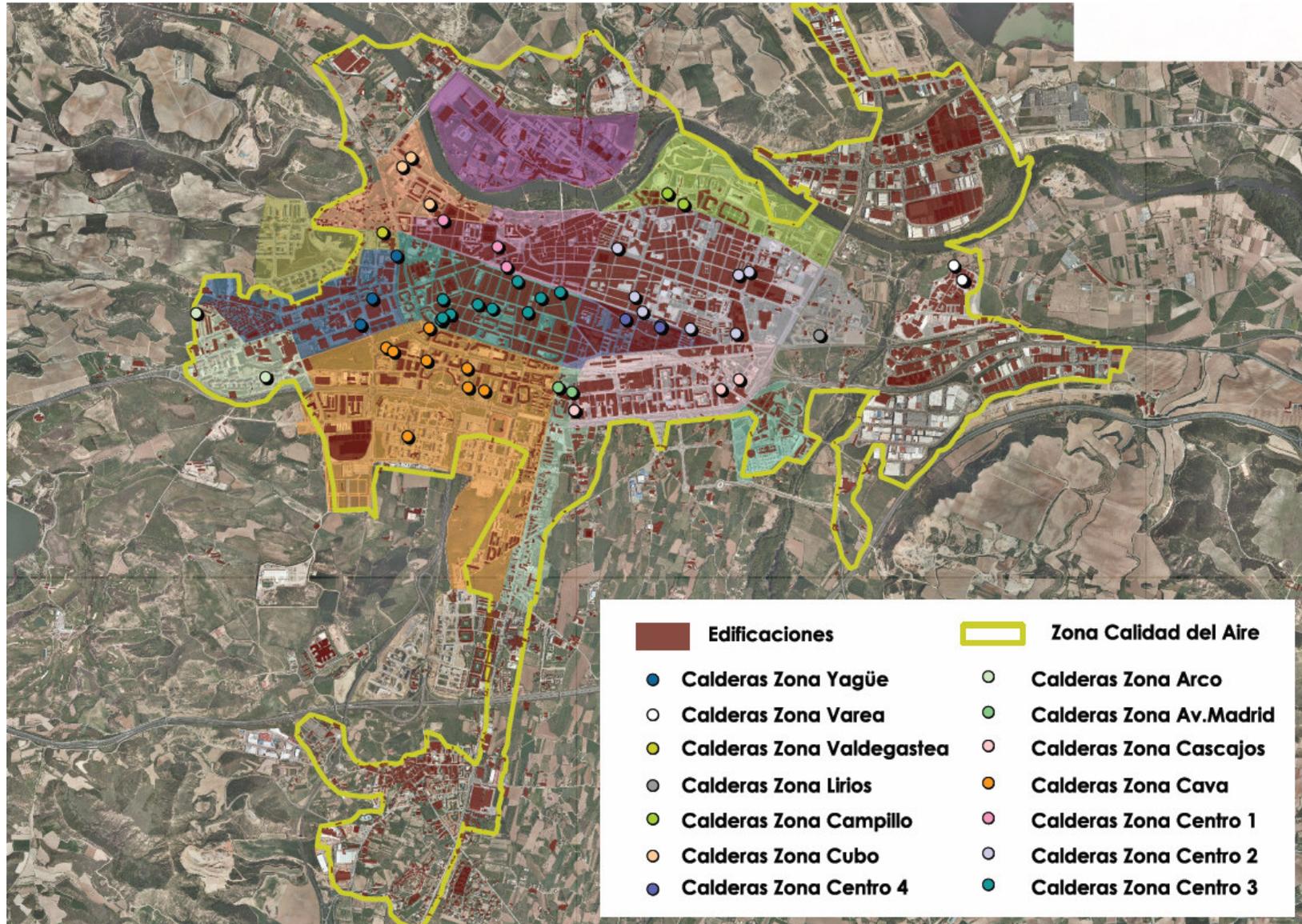


Ilustración 36.- Mapa con la zonificación de la zona urbana de la calidad del aire, la división en áreas vecinales para el estudio y las calderas encuestadas/muestreadas.

En los edificios analizados existen tanto calderas individuales como colectivas y estas últimas pueden presentar además contador individual:

TIPO DE CALDERA	INDIVIDUAL	COLECTIVA	
		SIN CONTADOR INDIVIDUAL	CONTADOR INDIVIDUAL
NÚMERO DE CALDERAS	41	12	7

Tabla 16.- Calderas encuestadas por tipo individual y colectiva.

En las encuestas realizadas se han registrado calderas que usan los siguientes combustibles: biomasa, electricidad, gas butano o propano, gas natural y gasoil. De cada una de ellas, se disponen igualmente de datos del uso dado a dicha caldera, es decir, si la caldera se utiliza para agua caliente, calefacción o para ambos usos.

TIPO DE COMBUSTIBLE	AGUA CALIENTE	CALEFACCIÓN	AMBOS USOS	TOTAL
BIOMASA		1	1	2
ELECTRICIDAD			4	4
GAS BUTANO/PROPANO			1	1
GAS NATURAL	1	2	41	44
GASÓLEO		1	7	8

Tabla 17.- Calderas encuestadas por tipo de combustible.

Teniendo en cuenta las características de las calderas, éstas pueden presentar llama piloto o carecer de ella. Cabe señalar que aquellas que cuentan con dicha llama, la tienen continuamente encendida para que, en el momento en el que se requiera el funcionamiento de la caldera, se inicie la combustión.

LLAMA PILOTO	Nº DE CALDERAS
CON LLAMA PILOTO	7
SIN LLAMA PILOTO	28

Tabla 18.- Calderas encuestadas por tipo de llama piloto.

Según la procedencia del aire utilizado por la caldera, éstas pueden ser calderas estancas o de gas atmosférico. Estas últimas utilizan el aire de la misma estancia donde se sitúa la caldera y, en cambio, las calderas estancas utilizan el aire del exterior.

	Nº DE CALDERAS
CALDERAS ESTANCAS	33
CALDERAS DE GAS ATMOSFÉRICAS	2

Tabla 19.- Calderas encuestadas por tipo de caldera según el aire de procedencia.

Existe otro tipo de calderas clasificada en función de si produce el agua caliente de manera instantánea, es decir, si se dispone de agua caliente desde el momento en el

que se abre el grifo, o mediante acumulación, es decir, que el agua se calienta de manera continua y se acumula en un depósito a una determinada temperatura.

AGUA CALIENTE SANITARIA	Nº DE CALDERAS
Producción de Agua Caliente Instantánea	29
Producción de Agua Caliente por Acumulación	8

Tabla 20.- Calderas encuestadas según su producción instantánea o no de ACS.

Para completar las características de las calderas, simplemente mencionar que pueden presentar dos tipos de tiros, natural; si tanto la entrada de aire como la salida del aire se realiza de manera natural, o forzado; si para la entrada del aire y la salida es necesario un dispositivo ventilador.

TIPO DE TIRO	Nº DE CALDERAS
NATURAL	21
FORZADO	11

Tabla 21.- Calderas encuestadas según tiro de aire.

Considerando el funcionamiento de las calderas, éstas pueden ser principalmente de 3 tipos: De condensación, de baja temperatura y estándar. De manera previa a la presentación de los datos recogidos en las diferentes encuestas, se explicará brevemente en qué consiste cada uno de los tipos de calderas según su funcionamiento:

- De condensación: Condensan una gran cantidad de vapor de agua de los gases de combustión y el calor extraído de esta condensación es aprovechado por la caldera.
- De baja temperatura: Necesitan una alimentación de agua a una temperatura de entre 35 y 40 °C, pudiendo, en ocasiones, producir condensación.
- Estándar: Necesitan calentar el agua mucho más que las calderas anteriores.

TIPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CALDERA	Nº DE CALDERAS
DE CONDENSACIÓN	5
DE BAJA TEMPERATURA	-
ESTÁNDAR	11

Tabla 22.- Calderas encuestadas según tipo de caldera.

En algunos casos, no se dispone de información por falta de datos en la encuesta de la persona colaboradora. Toda esta información está en la tabla resumen de todas las encuestas llevadas a cabo.

Paralelamente, siempre que ha sido posible, se han realizado mediciones según el procedimiento y con los equipos indicados anteriormente. Los resultados resumidos se muestran a continuación en gráficas de contaminantes analizados.

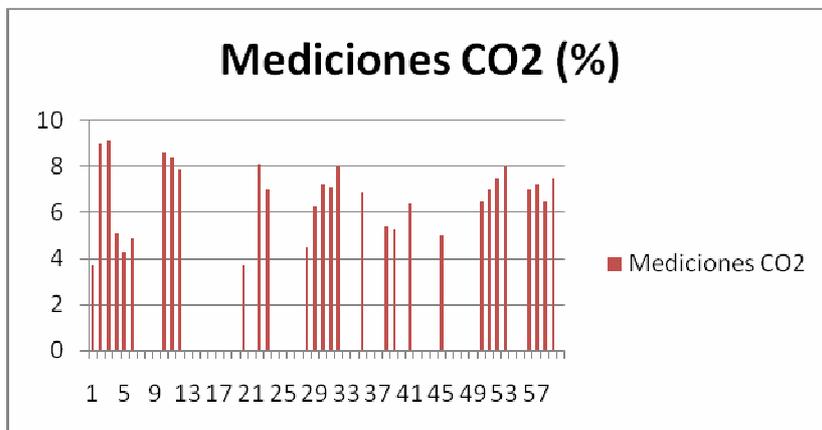


Ilustración 37.- CO2: datos de las mediciones tomadas en las 60 calderas encuestadas (cuando ha sido posible).

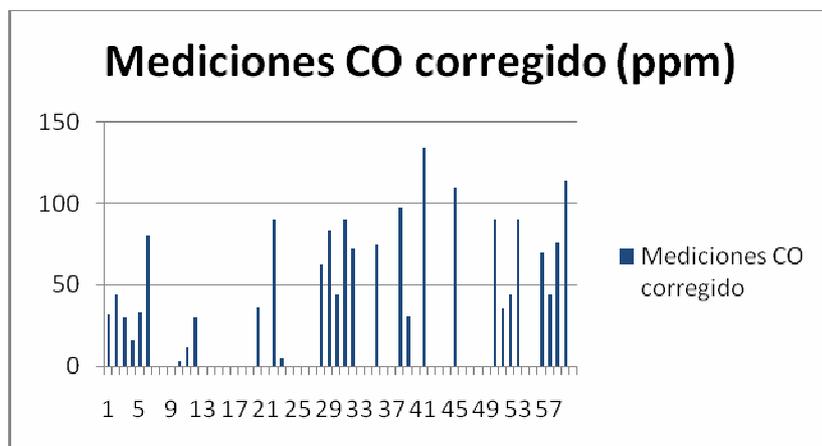


Ilustración 38.- CO corregido: datos de las mediciones tomadas en las 60 calderas encuestadas (cuando ha sido posible).

6. ESTRATEGIAS DE AHORRO DE ENERGÍA Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.

Como se ha ido observando a lo largo de este trabajo, el impacto de los sistemas de calefacción sobre la calidad del aire urbano es relevante, pero las emisiones varían de forma importante en función de los combustibles y tecnologías utilizados.

En el punto descriptivo de las diferentes fuentes de generación de energía para los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria (punto 2 de este trabajo), ya se ha indicado el tipo de impacto generado por el consumo de cada combustible. Ahora cabe centrarse en la comparativa de los diferentes recursos empleados en los sistemas domésticos para conocer las ventajas e inconvenientes a nivel ambiental y operativo:

- a) Derivados del petróleo gasóleo: En las ventajas ambientales destaca las bajas emisiones de CO e hidrocarburos inquemados y en las operativas la fácil regulación y ajuste de potencias y dosificaciones. Pero entre los inconvenientes está la dependencia del petróleo, las altas emisiones de otros contaminantes como NO_x y SO₂, partículas y hollín, los requerimientos de espacio para los depósitos y la bajada de eficiencia por la presencia de partículas e inquemados.
- b) Gas propano: ambientalmente es un combustible con bajas emisiones y elevada eficiencia energética. Operativamente, los sistemas son de fácil regulación y no generan olores en la combustión. Pero por otro lado, también es un combustible dependiente del petróleo, que igualmente requiere de espacio para su depósito y que no cuenta con una red generalizada de distribución.
- c) Gas natural: Este combustible que reduce ligeramente la dependencia del petróleo, emite menores niveles de contaminantes y es altamente eficiente en sistemas colectivos de calderas de calefacción. Entre las ventajas operativas cabe destacar que no requiere espacio para su almacenaje y tiene menor riesgo en toda la cadena de uso. Entre los inconvenientes destacan las fugas de metano en la distribución y aplicación muy limitada a zonas urbanas con red de distribución.
- d) Electricidad: Aunque las emisiones son reducidas en el lugar de consumo (no así en el lugar de generación) y la instalación tiene bajo coste y requiere un mínimo mantenimiento, es energía para calefacción y ACS de baja eficiencia,

con altas emisiones en el punto de generación y elevado coste económico para el consumidor.

- e) Carbón: entre las ventajas ambientales y operativas destaca la importancia del carbón para las economías locales y su abundancia. Las emisiones, en cambio, son muy elevadas, tiene bajo rendimiento y difícil regulación.

En el volumen 13 de la Fundación Gas Natural “*El consumo de energía y el medio ambiente en la vivienda de España. Análisis del ciclo de vida (ACV)*” se presenta una comparativa ambiental de varios escenarios energéticos domésticos muy interesante. En dicha comparativa se tuvieron en cuenta los indicadores de impacto ambiental relatados en el punto 2 de este trabajo y 5 escenarios energéticos domésticos: hogar 100% eléctrico, hogar eléctrico y 70% de energía solar térmica, hogar 100% renovable, hogar máximo gas natural y hogar máximo gas natural y 70% solar térmica.

% de contribución a cada fase del ciclo de vida.						
Indicador	Unidad	100% eléctrico	Eléctrico y 70% solar	100% renovable	Máximo gas natural	Gas natural y 70% solar t.
Acidificación	Kg. SO ₂ eq.	48	38.7	3.60	17.8	17.7
Cambio climático	Kg. CO ₂ eq.	4.25*10 ⁺³	3.43*10 ⁺³	557	3.24*10 ⁺³	2.96*10 ⁺³
Eutrofización	Kg. PO ₄ ⁻³ eq.	1.70	1.37	1.07	0.741	0.721
Toxicidad humana	Kg Pb eq.	3.29	2.69	1.49	1.56	1.53
Radiación ionizante	DALY	5.17*10 ⁻⁵	4.17*10 ⁻⁵	4.81*10 ⁻⁶	1.88*10 ⁻⁵	1.88*10 ⁻⁵
Formación de oxidantes	Kg etileno eq.	1.85	1.50	0.180	0.763	0.748
Agotamiento de recursos abióticos.	Kg petróleo eq.	1.45*10 ⁺³	1.17*10 ⁺³	194	1.25*10 ⁺³	1.13*10 ⁺³
Destrucción de la capa de ozono	Kg. CFC11 eq.	1.63*10 ⁻⁴	1.32*10 ⁻⁴	5.20*10 ⁻⁵	2.27*10 ⁻⁴	2*10 ⁻⁴
Consumo de agua dulce.	Kg. agua eq.	2.99*10 ⁺⁴	2.14*10 ⁺⁴	3.99*10 ⁺⁴	1.09*10 ⁺⁴	1.09*10 ⁺⁴

Tabla 23.- Comparativa de la contribución de cada uno de los escenarios energéticos domésticos a los 9 indicadores del ACV.

De la comparativa de los escenarios en el estudio citado, se concluye (indicadores: acidificación, cambio climático, eutrofización, toxicidad humana, radiación ionizante, formación de oxidantes fotoquímicos, agotamiento de recursos abióticos, destrucción de la capa de ozono, consumo de agua dulce):

- Considerando los 5 escenarios del estudio, el hogar 100% eléctrico presenta el mayor impacto ambiental potencial en siete de los nueve indicadores evaluados.
- El hogar 100% renovable presenta el menor impacto ambiental en siete de los nueve indicadores utilizados.

Cómo disminuir el impacto de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria.

En calefacción y ACS se puede llegar a ahorros de hasta el 40% de la energía necesaria y en consecuencia en el ámbito de la emisión de gases a la atmósfera, poniendo en marcha acciones inmediatas y acciones dependientes de inversión como las siguientes:

a) Acciones inmediatas:

- Controlar la estanqueidad de las carpinterías para evitar la infiltración de aire.
- Cerrar persianas y cortinas por la noche.
- Aprovechar las horas de luz solar para generar calor natural.
- Ventilar sólo 10 minutos y hacerlo en el momento más cálido del día y con la calefacción apagada (invierno).
- Apagar la calefacción por la noche y en periodos largos de ausencia. Regular a 20°C los termostatos generales y a 17°C los de los dormitorios y reducir a 15°C cuando se esté ausente.

b) Acciones que requieren de inversión:

- Antes de modificar la instalación consultar con un técnico las mejores opciones disponibles en cuanto a: aumentar la eficiencia cambiando calderas (por ejemplo, atmosféricas por condensación) y combustibles (por ejemplo, electricidad por gas), mejorar el aislamiento térmico de las carpinterías instalando doble vidrio o sustituyéndolas cuando no sean estancas o sus marcos presenten problemas, mejorar el aislamiento térmico de los muros, proponiendo a la Comunidad de vecinos la rehabilitación de la fachada, o bien realizándolo por el interior.

Resulta de utilidad tener en cuenta, a la hora de emprender un cambio en los sistemas de calefacción y ACS, los programas de ayuda estatal, comunitaria, regional y local: renovación de calderas y mejora de aislamiento térmico, acciones de eficiencia y rehabilitación energética en edificios...

- Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía (IDAE).
- <http://www.larioja.org/industria>. Actualmente no existe ninguna convocatoria abierta.

Tres resultados prácticos:

Ahorro de energía para ACS utilizando gas natural, gasoil o energía solar: el ahorro de energía cuando se comparan sistemas convencionales con la energía solar, depende en gran medida de la zona climática en la que se ejecute la instalación. Tomando tres localidades como referencia para el ejemplo práctico, se realizan los cálculos de demanda de una instalación típica para un edificio de 24 viviendas con caudal mínimo de 35 litros por persona y día, temperatura del agua caliente de 45°C, factor de simultaneidad de 1 y fracción solar anual del 60%. Las tres localidades se corresponden con zonas climáticas distintas: La Coruña, Salamanca y Sevilla.

La instalación de energía solar térmica en edificios permite reducir el consumo de energía convencional, representando un ahorro energético y en consecuencia un ahorro en términos de emisiones a la atmósfera:

Ahorro de emisiones de CO ₂ de la energía solar térmica respecto a otras fuentes convencionales (ACV completo).			
Zona	Electricidad	Gas Natural	Gasóleo C
La Coruña	23813	13206	18111
Salamanca	25657	14229	19514
Sevilla	23522	13044	17889

Tabla 24.- Ahorro de emisiones de CO₂ en Kg CO₂/m² placa.año. Fuente: Fundación Gas Natural.

Sustitución de calderas de carbón por gas natural en Madrid: en la Comunidad de Madrid, se han ido adoptando medidas para la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera, como la sustitución de calderas de carbón por gas natural. El método que se ha desarrollado para el cálculo de dicha reducción de contaminantes, se hace en función de los siguientes parámetros:

- Índice de sustitución anual de calderas.
- Coeficiente de emisión de CO₂ del carbón.
- Coeficiente de emisión de CO₂ del gas natural.
- Consumo anual de energía.

- Vida media de las calderas.
- Calderas sustituidas en el primer año.
- Duración de la sustitución.

Los escenarios estimados consideran tres índices anuales de sustitución:

Índice anual de sustitución (%)	Ahorro medio anual de CO2 (t CO2/año)	Ahorro medio de SO2 (tSO2/año)
12.5	105.1*10+3	613
25	150.9*10+3	880
37.5	211.5*10+3	1233

Tabla 25.- Escenario de reducción de emisiones para tres índices anuales de sustitución de combustibles.

Sustitución de calderas de combustibles convencionales por gas natural en Vitoria: El gas natural se introdujo en Vitoria en el 1980, momento desde el cual se va registrando un notable descenso de los valores de inmisión de SO₂ en la atmósfera. Los datos de las mediciones de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire permiten observar la disminución progresiva de las emisiones de SO₂ y de los valores registrados en las medidas de inmisión de la calidad del aire al tiempo que aumenta el consumo de gas natural para usos residenciales.

Cambios en calefacción y agua caliente sanitaria.

Fuentes de calor: Las más utilizadas son las calderas con rendimientos entre el 82% y el 99%, siendo las más eficientes las de recuperación de calor (condensación) y bajas temperaturas. También la centralización de la generación para todo el edificio contribuye a la eficiencia. Las bombas de calor tipo aire-aire puede que no sean muy eficientes en lugares donde las diferencias invierno-verano son grandes. La cogeneración (generación eléctrica que recupera calor), es de difícil aprovechamiento en vivienda si no se prevé el uso continuo de este último recurso.

La opción más eficiente por lo tanto en cuanto a fuentes de calor, es la caldera de condensación, con recuperación de calor contenido en el vapor de agua de los gases quemados, y las de baja temperatura, que funcionan con temperaturas del agua de alimentación de entre 35 y 40°C. Su precio inicial es elevado pero el coste extra se amortiza en entre 5 y ocho años.

Los combustibles: se puede calentar agua caliente sanitaria y generar calor con muchas fuentes de energía renovables y no renovables. Las placas térmicas solares y las calderas de biomasa son las mejores opciones desde el punto de vista ambiental y los sistemas que asocian energías renovables con algunas fuentes convencionales como los sistemas gas-solar, mejoran su comportamiento con respecto a los sistemas que sólo usan renovables.

La cantidad de calor por unidad de energía producida por los distintos combustibles es diferente. El precio más bajo por KWh generado en calderas es el del gas natural, seguido por el del gasóleo C y finalmente por la electricidad. Pero es importante tener en cuenta la necesidad de evitar el uso de electricidad para calefacción y ACS debido a su ineficiencia, así como la importancia de promover las energías renovables como la solar, debido a su menor impacto ambiental.

La regulación y el uso: Desde el año 1998 es exigible instalar contadores de energía térmica para cada usuario de instalaciones colectivas, para que cada vecino pague sólo lo que consume, ahorrándose entre un 20 y un 30% del total de energía. También que las instalaciones individuales cuenten con un termostato y que las de caldera central posean un sistema de regulación. Más del 10% de la energía se pierde a través de tuberías que distribuyen el calor, de modo que los trazados y su aislamiento también tienen una repercusión importante. Los sistemas domóticos ajustan simultáneamente los consumos a las necesidades, ahorrando a través de la zonificación y la regulación de la temperatura, la desconexión selectiva de cargas eléctricas y la detección de presencia de usuarios y fugas.

La suma de un buen mantenimiento y un buen sistema de regulación permite, en los servicios comunes, ahorros de energía superiores al 20% y la repercusión económica puede llegar a ser de al menos un 12% del total. Es importante en este sentido regular los termostatos a la baja en invierno y a la alta en verano, ahorrando así mucha energía, y apagar y dejar al mínimo la calefacción en periodos de ausencia y de sueño respectivamente.

La gestión y el uso: En la gestión y uso de los sistemas de calefacción y ACS es posible la actuación manual sobre válvulas, termostatos, temporizadores... que permiten adecuar las respuestas del sistema a la variación de las condiciones de clima y suelo, hasta la actuación programada a través de sistemas automatizados.

En este aspecto resulta difícil establecer un porcentaje que pueda ajustarse a las realidades tan distintas como la gestión domótica o manual, las instalaciones centralizadas e individuales y el grado de participación de los usuarios, aunque puede

afirmarse que como mínimo aquí se pone en juego entre un 5 y un 10% del total del gasto de energía del edificio.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Fundación Gas Natural. Volumen 13. El consumo de energía y el medio ambiente en la vivienda de España. Análisis del Ciclo de vida (ACV). 2008.
- Fundación Gas Natural. Volumen 16. Redes energéticas y ordenación del territorio. 2009.
- Fundación Gas Natural. Volumen 9. Guía de la eficiencia energética para Administradores de Fincas. 2007.
- Instituto Nacional de Estadística de La Rioja. Hogares y Medio Ambiente. La Rioja. 2008.
- Fundación Gas Natural. Energía y Medio ambiente: movilidad y medio ambiente. Zaragoza, 2009.
- EMEP-CORINAIR. EmissionInventoryGuidebook. 3rd TechnicalReport nº 30. EuropeanEnvironment Agency, 2002.
- Guía Metodológica para el desarrollo de inventario de emisiones. IV Seminario sobre la calidad del aire en España. 2000.
- Corinair 90. SummaryReport. ReportttotheEuropeanEnvironment Agency fromtheEuropeanTopic Centre on Air Emissions. 1990.
- Ministerio de Economía: Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.
- Proyecto Sectorial "COMPLEJO ASISTENCIAL Y RESIDENCIAL PARA PERSONAS MAYORES, DE INTERÉS SOCIAL, TURÍSTICO, HOTELERO Y DOCENTE, CIUDAD VERDE", 2011
- ESTUDIO DE EVALUACIÓN CONJUNTA DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REVISIÓN DE LAS N.S.P.M. DE LEMOA. 2005.
- Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2: Energía.
- CONAMA. Implicaciones medioambientales de combustibles de origen biomásico utilizados con fines energéticos. 2011
- TESTO. Manual práctico Tecnología de medición en calderas.
- IDAE. Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y agua caliente sanitaria en edificios de viviendas. 2011
- IDAE. Guía Técnica. Instalaciones de biomasa térmica en edificios. 2009.
- Red Eléctrica Española. El Sistema eléctrico español´. 2008-2011

- Ministerio de Industria, Energía y Comercio. La Energía en España. 2008,2009 y 2010.
- COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA: <http://www.cne.es>
- AGENCIA EUROPEA DE MEDIOAMBIENTE:
<http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5/page011.html>
- BHE Cores: http://www.cores.es/esp/boletines/anteriores_2011.html
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía):
<http://idae.electura.es/resultados/>
- INE (Instituto Nacional de Estadística) www.ine.es
- Consejería de Industria y energía de La Rioja: <http://www.larioja.org/industria>.
- Instituto de Estadística de La Rioja: <http://www.larioja.org/estadistica>
- <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/MareasNegras/ComposicionPetroleo.asp>
- CEPSA: <http://www.cepsa.com>
- CLH: <http://www.clh.es>
- Gas Natural FENOSA: <http://www.gasnaturalfenosa.es>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo: <http://www.minetur.gob.es>
- ITG AGRÍCOLA: <http://www.itga.com/>
- CECU: <http://www.ceu.es>
- ECYL: <http://www.ercyl.com/biomasa.php>
- EMPRESA EFICIENTE: <http://www.empresaeficiente.com/>
- ENAGAS: <http://www.enagas.es>

8. ANEXOS.

REALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE CALDERAS DOMÉSTICAS.

A través del proyecto Europeo InterregSudoe IVB, “Estrategias Ambientales para la Reducción de Emisiones” (e-AIRE), la Dirección General de Calidad Ambiental de La Rioja tiene previsto en este año 2012 la realización de un **inventario de emisiones residenciales** (calderas domésticas e institucionales/comerciales de agua caliente y calefacción).

Por ello se solicita colaboración para recopilar la información de la encuesta adjunta.

Recomendaciones previas a la encuesta:

DATOS DE CONTACTO: persona de contacto, medio de contacto (teléfono o email) y datos de ubicación de la caldera (dirección completa con domicilio, número, C.P. y población). Son datos muy importantes.

DATOS DE LA CALDERA: Siempre que sea posible, se tratará de completar los datos de marca, modelo, potencia y tipo (normalmente estos datos de marca, modelo y potencia aparecen en la parte delantera de la caldera).

Tipo de caldera: Son datos complicados en la mayoría de los casos, pero se ruega tener en cuenta las siguientes premisas para completar esta información en la medida de lo posible.

- Pueden ser centralizadas sin contador, centralizada con contador individual o individual.
- Pueden usarse sólo para calefacción o sólo para agua caliente sanitaria o para calefacción y agua caliente sanitaria.
- Pueden ser calderas con llama piloto o sin llama piloto: Las calderas con llama piloto tienen la llama continuamente encendida para que, en el momento en que se requiera el funcionamiento de la caldera, se inicie la combustión.
- Pueden ser calderas de gas atmosféricas o estancas según la procedencia del aire de combustión: en las calderas de gas atmosféricas el aire viene de la misma estancia donde está ubicada la caldera; en las calderas estancas se toma el aire del exterior.
- Las calderas mixtas pueden ser de producción de agua caliente instantánea o de acumulación: En las primeras, el agua caliente se empieza a producir al abrir el grifo, aunque con un caudal limitado. En las segundas, el agua se calienta de forma continua y se acumula en un depósito a una temperatura determinada. La acumulación permite disponer de un mayor caudal de agua caliente y sin variaciones de temperatura, pero, a cambio, la pérdida de calor y el coste son mayores.
- Según su forma de funcionamiento, las calderas pueden ser:
 - De condensación. Se denominan así porque son capaces de condensar una parte importante del vapor de agua contenido en sus gases de combustión. El calor extraído por la condensación de los gases es aprovechado por la propia caldera. Gracias a éste sistema, y también a la baja temperatura a la que se expulsan los gases, los rendimientos de estas calderas son más altos que los de las calderas

estándar o de baja temperatura. Aunque su precio de compra es alto, se recupera con el uso y más rápidamente cuanto más frío es el clima.

- De baja temperatura. Pueden funcionar de forma continua, con una temperatura del agua de alimentación entre 35 y 40 °C. En algunas circunstancias pueden producir condensación. Su rendimiento es superior al de las calderas estándar (que necesitan calentar el agua a temperaturas superiores), pero inferior al de las calderas de condensación. Gastan más electricidad que las estándar.
 - Estándar. Para funcionar necesitan calentar el agua mucho más que las calderas anteriores por eso tienen un rendimiento inferior.
- El tiro de la caldera puede ser:
- Natural, si la entrada de aire para la combustión y la salida de los productos de la misma se realiza, como su nombre indica, de una forma natural.
 - Forzado, cuando la entrada de aire para la combustión o la salida de los productos de combustión es realizada de forma forzada, mediante un dispositivo tipo ventilador.

Será importante indicar los datos de: individual/colectiva con contador individual o colectiva (individual: si es una caldera para nuestra casa y colectiva: si es una caldera para toda la comunidad de vecinos), número de viviendas a las que da servicio (importante en el caso de calderas colectivas), superficie unitaria de las viviendas a las que da servicio la caldera (en m²), combustible utilizado (gas natural, gasoil, madera, cáscara de almendra...) y antigüedad de la caldera (en años).

MEDICIONES EN LA CALDERA: En lo que se refiere a las mediciones en la caldera, en este documento se solicita la disponibilidad de la persona encuestada para la toma de muestra de gas en su caldera (se deberá indicar Sí en caso de tener disponibilidad para la toma de muestra o No en caso contrario. Esto no significa que se vaya a ir al domicilio, pero sí que se tiene en cuenta para la campaña).

La realización de mediciones en la caldera supone una visita al domicilio. Para el muestreo y la medición, la caldera deberá encenderse durante unos minutos. La muestra tomada se procesa mediante un equipo portátil que ofrece resultados casi instantáneos de contaminantes atmosféricos (CO, NO_x, SO₂, CO₂) y que estarán a disposición de la persona propietaria de la caldera.

La muestra se tomaría del tubo de salida de los gases de combustión, normalmente situado en la parte superior de la caldera, sólo en caso de que dicho tubo tenga orificio de toma de muestras (no se realizará perforaciones como en el caso de las inspecciones de empresas autorizadas de control y seguimiento). Por ello, también se solicita, que en caso de que sea posible por el encuestado, éste indique si existe dicho orificio de toma de muestra.

Igualmente, si se dispone de alguna **medición de un control realizada en la caldera por organismos autorizados (es una especie de ticket)**, sería de gran ayuda para el inventario el poder disponer de una copia de dicho recibo para tomar nota de los valores de emisión registrados en un control rutinario.

En todos los casos, toda la información recibida será bienvenida. Se ruega que ésta se remita con la mayor rapidez posible.

Dirección para enviar la información: marianroldan2@hotmail.com

ENCUESTA

DATOS DE CONTACTO:

Nombre de la persona de contacto: Haga clic aquí para escribir texto.

Dirección. (calle, plaza...): Haga clic aquí para escribir texto.

CP: Haga clic aquí para escribir texto.

Localidad: Haga clic aquí para escribir texto.

Contacto:

Email: Haga clic aquí para escribir texto.

Teléfono: Haga clic aquí para escribir texto.

DATOS DE LA CALDERA Y LOS COMBUSTIBLES

- Marca: Haga clic aquí para escribir texto.
- Modelo: Haga clic aquí para escribir texto.
- Potencia (Kw): Haga clic aquí para escribir texto.
- Tipo de caldera
 - Individual.
 - Colectiva con contador individual.
 - Colectiva.
- Número de viviendas a las que da servicio: Haga clic aquí para escribir texto.
- Superficie unitaria de cada una de las viviendas a las que da servicio (m2): Haga clic aquí para escribir texto.
- Combustible de la caldera:
 - Gas natural.
 - Gasoil.
 - Carbón.
 - Biomasa (indicar cuál): Haga clic aquí para escribir texto.
 - Caldera eléctrica.
 - Otras (indicar): Haga clic aquí para escribir texto.
- Consumo de combustibles (en Kw, Kg, euros... indicar claramente la unidad y la referencia temporal de dicha unidad, es decir, si es mensual, anual...)
- Gas natural: Haga clic aquí para escribir texto.
- Gasoil: Haga clic aquí para escribir texto.
- Carbón: Haga clic aquí para escribir texto.

- Biomasa (indicar cuál): Haga clic aquí para escribir texto.
- Caldera eléctrica: Haga clic aquí para escribir texto.
- Otras (indicar): Haga clic aquí para escribir texto.

Tipo de caldera:

- Elegir un uso entre los siguientes:
 - Uso para calefacción
 - Uso para agua caliente sanitaria
 - Uso para calefacción y agua caliente sanitaria.
 - Otros (Indicar) Haga clic aquí para escribir texto.
- Llama piloto:
 - Con llama piloto
 - Sin llama piloto.
- Producción de agua caliente:
 - Producción de agua caliente instantánea.
 - De acumulación.
- Tipo de tiro de la caldera.
 - Tiro natural.
 - Tiro forzado.
- Antigüedad de la caldera (años): Haga clic aquí para escribir texto.
- Antigüedad de la vivienda (años): Haga clic aquí para escribir texto.
- Calderas de gas natural:
 - Calderas de gas atmosféricas
 - Calderas estancas.
- Calderas de gas natural:
 - De condensación.
 - De baja temperatura.
 - Estándar.

REALIZACIÓN DE MEDICIONES EN LA CALDERA:

Disponibilidad para la realización de mediciones: Sí No

Días y Horario más conveniente para la visita: Haga clic aquí para escribir texto.

¿Existe orificio para la toma de muestra en el tubo de salida de los gases? Sí No

IMPORTANTE: Si dispone de alguna medición de un control realizado en su caldera por organismos autorizados (es una especie de ticket), le agradeceríamos que pusiera a nuestra disposición una copia de dicho recibo para tomar nota de los valores de emisión registrados en un control rutinario.

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

En relación al cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de Diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), le informamos que los datos personales facilitados por Ud. en el presente formulario serán incluidos en unos ficheros de titularidad y responsabilidad de La Dirección General de Calidad Ambiental y serán tratados por métodos automatizados con la única finalidad de permitir la realización del inventario de calderas domésticas y de emisiones derivadas de usos residenciales, comerciales e institucionales. La Dirección General de Calidad Ambiental de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente se hace responsable del tratamiento de los datos reflejados y como tal garantiza el ejercicio de todos los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición de los datos facilitados, para lo cual debe dirigirse por escrito a dicho órgano sito en c/Prado Viejo 62-bis. 26071. Logroño. La Rioja (España)

Se declara por tanto el respeto y cumplimiento de las disposiciones recogidas en la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD). Por ello, se le informa de su política de protección de datos, para que Ud. determine voluntariamente si desea facilitar sus datos personales.