



# UF0611: Puesta en marcha y regulación de instalaciones caloríficas

**Certificado de Profesionalidad**  
**IMAR0408 - Montaje y mantenimiento**  
**de instalaciones caloríficas**



IMAR0408 > MF1156\_2 > UF0611

**Puesta en marcha  
y regulación de  
instalaciones caloríficas  
IMAR0408**

José Gustavo Jiménez Pérez

**ic** editorial

## **Puesta en marcha y regulación de instalaciones caloríficas. IMAR0408**

© José Gustavo Jiménez Pérez

1ª Edición

© IC Editorial, 2022

Editado por: IC Editorial  
c/ Cueva de Viera, 2, Local 3  
Centro Negocios CADI  
29200 Antequera (Málaga)  
Teléfono: 952 70 60 04  
Fax: 952 84 55 03  
Correo electrónico: [iceditorial@iceditorial.com](mailto:iceditorial@iceditorial.com)  
Internet: [www.iceditorial.com](http://www.iceditorial.com)

**IC Editorial** ha puesto el máximo empeño en ofrecer una información completa y precisa. Sin embargo, no asume ninguna responsabilidad derivada de su uso, ni tampoco la violación de patentes ni otros derechos de terceras partes que pudieran ocurrir. Mediante esta publicación se pretende proporcionar unos conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado. Su venta no supone para

**IC Editorial** ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo.

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Según el Código Penal vigente ninguna parte de este o cualquier otro libro puede ser reproducida, grabada en alguno de los sistemas de almacenamiento existentes o transmitida por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de IC EDITORIAL;

su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

ISBN: 978-84-1103-326-8

## **Presentación del manual**

El **Certificado de Profesionalidad** es el instrumento de acreditación, en el ámbito de la Administración laboral, de las cualificaciones profesionales del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales adquiridas a través de procesos formativos o del proceso de reconocimiento de la experiencia laboral y de vías no formales de formación.

El elemento mínimo acreditable es la **Unidad de Competencia**. La suma de las acreditaciones de las unidades de competencia conforma la acreditación de la competencia general.

Una **Unidad de Competencia** se define como una agrupación de tareas productivas específica que realiza el profesional. Las diferentes unidades de competencia de un certificado de profesionalidad conforman la **Competencia General**, definiendo el conjunto de conocimientos y capacidades que permiten el ejercicio de una actividad profesional determinada.

Cada **Unidad de Competencia** lleva asociado un **Módulo Formativo**, donde se describe la formación necesaria para adquirir esa **Unidad de Competencia**, pudiendo dividirse en **Unidades Formativas**.

El presente manual desarrolla la Unidad Formativa **UF0611: Puesta en marcha y regulación de instalaciones caloríficas**,

perteneciente al Módulo Formativo **MF1156\_2: Montaje de instalaciones caloríficas**,

asociado a la unidad de competencia **UC1156\_2: Montar instalaciones caloríficas**,

del Certificado de Profesionalidad **Montaje y mantenimiento de instalaciones caloríficas**.

# Índice

**Portada**

**Título**

**Copyright**

**Presentación del manual**

**Índice**

Capítulo 1

**Combustibles**

- 1. Introducción**
  - 2. Denominación y clasificación**
  - 3. Características y propiedades**
  - 4. Seguridad en el manejo, almacenamiento y distribución conforme a normativa y reglamentos vigentes**
  - 5. Reacciones de combustión. Productos de la combustión**
  - 6. Resumen**
- Ejercicios de repaso y autoevaluación**

Capítulo 2

**Fluidos caloportadores**

- 1. Introducción**
- 2. Agua: pH, acidez, corrosión, cal e incrustaciones. Legionella**
- 3. Anticongelantes: tipos, características y propiedades. Viscosidad, toxicidad y temperatura de trabajo**

- 4. Aceites térmicos: tipos, características y propiedades. Viscosidad, factor de transporte, calor específico e inercia térmica**
- 5. Resumen**  
**Ejercicios de repaso y autoevaluación**

### Capítulo 3

## **Puesta en marcha y mediciones reglamentarias de las instalaciones caloríficas**

- 1. Introducción**
- 2. Prueba hidráulica de recipientes de almacenamiento**
- 3. Prueba de presión de calderas**
- 4. Prueba de estanqueidad y resistencia mecánica del circuito de transporte de fluidos**
- 5. Prueba de circulación de fluidos y dilatación**
- 6. Prueba de equilibrado hidráulico y térmico**
- 7. Pruebas de funcionamiento de los actuadores eléctricos**
- 8. Pruebas de confort y ahorro energético**
- 9. Pruebas y medidas anticontaminantes. Análisis de combustión**
- 10. Pruebas de medición de tiro en chimeneas y conductos de evacuación de productos de la combustión**
- 11. Medición de presiones, temperaturas y caudales del fluido caloportador**
- 12. Medición de ruidos y comprobación de vibraciones**
- 13. Pruebas de seguridad de los aislamientos y conexionado de elementos, equipos y máquinas de las instalaciones caloríficas**
- 14. Resumen**  
**Ejercicios de repaso y autoevaluación**

## Capítulo 4

### **Técnicas de medida, control y eficiencia en instalaciones caloríficas**

- 1. Introducción**
  - 2. Aplicación en la medida de parámetros de la instalación calorífica**
  - 3. Gráfica de la temperatura ambiente**
  - 4. Indicador de estado de ánodos de sacrificio y/o corrientes galvánicas**
  - 5. Indicador de niveles de productos de la combustión. Opacidad**
  - 6. Instrucciones y técnicas para el ahorro energético de las instalaciones caloríficas**
  - 7. Resumen**
- Ejercicios de repaso y autoevaluación**

## Capítulo 5

### **Programación, regulación y control de automatismos en instalaciones caloríficas**

- 1. Introducción**
  - 2. Programación, ajuste y control de automatismos en instalaciones caloríficas**
  - 3. Regulación, modificación, ajuste y comprobación de parámetros de las instalaciones**
  - 4. Comprobación y pruebas de funcionamiento de automatismos de las instalaciones caloríficas**
  - 5. Comprobación y pruebas de resistencia, aislamiento y seguridad del sistema eléctrico para la puesta en marcha de instalaciones caloríficas**
  - 6. Resumen**
- Ejercicios de repaso y autoevaluación**

## Capítulo 6

# **Explotación y puesta en servicio de instalaciones caloríficas**

- 1. Introducción**
- 2. Comprobación y regulación del confort ambiental**
- 3. Control de sensores: sensaciones térmicas**
- 4. Control de parámetros ambientales de la instalación**
- 5. Regulación de ruidos**
- 6. Eficiencia energética en las instalaciones: consumos de combustibles, energía eléctrica y agua**
- 7. Instrucciones de puesta en marcha, funcionamiento, parada, comprobación de parámetros y ajuste en las instalaciones caloríficas**
- 8. Instrucciones de mantenimiento de las instalaciones**
- 9. Instrucciones de seguridad y alerta de las instalaciones**
- 10. Cumplimentación de documentación y formularios normalizados de la puesta en servicio de instalaciones**
- 11. Certificados de instalación y memorias descriptivas**
- 12. Resumen**  
**Ejercicios de repaso y autoevaluación**

Glosario

Bibliografía

# Capítulo 1

## **Combustibles**

### **Contenido**

1. Introducción
2. Denominación y clasificación
3. Características y propiedades
4. Seguridad en el manejo, almacenamiento y distribución conforme a normativa y reglamentos vigentes
5. Reacciones de combustión. Productos de la combustión
6. Resumen

## **1. Introducción**

A la hora de la puesta en marcha de una instalación calorífica, es necesario conocer todos los elementos que forman parte del proceso de producción y transporte del calor.

Los combustibles son, sin duda, un elemento fundamental, ya que son los encargados de proporcionar la energía en forma de calor.

Para el correcto funcionamiento de cada instalación, es necesario conocer qué combustible utiliza, cuáles son sus propiedades y qué requisitos debe cumplir para que no se produzcan problemas.

Por ello, en este capítulo, se analizan los distintos combustibles usados en las instalaciones caloríficas actuales. A partir de este análisis, se establece una clasificación y se dan a conocer sus principales características, siempre teniendo en mente que el objetivo es su aplicación en instalaciones caloríficas.

## **2. Denominación y clasificación**

En el proceso de producción de calor, pueden ser utilizados diversos combustibles con distintas características y, por ello, es importante conocerlos y comprender cómo se clasifican.

A la hora de realizar una clasificación de los distintos combustibles, pueden tenerse en cuenta diversos aspectos que permiten hacer distintas clasificaciones, como se verá a continuación.

En primer lugar, es conveniente diferenciar entre combustibles fósiles, que son aquellos derivados del petróleo y que, por los largos periodos de tiempo que se requieren para su formación, pueden considerarse como fuentes de energía no renovable, y los combustibles que sí son renovables, ya que el tiempo necesario para su generación es suficientemente corto.

Dentro de los combustibles renovables, se encuentran los que provienen de la biomasa, de gran importancia en la actualidad y cuya definición se encuentra en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE):

*Biomasa: cualquier combustible sólido, líquido o gaseoso, no fósil, compuesto por materia vegetal o*

*animal, o producido a partir de la misma mediante procesos físicos o químicos, susceptible de ser utilizado en aplicaciones energéticas, como, por ejemplo, las astillas, el metiléster de girasol o el biogás procedente de una digestión anaerobia.*

En segundo lugar, según se deduce del RITE, los combustibles utilizados para la generación de calor pueden clasificarse según la forma física en que se presentan como:

- Combustibles sólidos.
- Combustibles líquidos.
- Combustibles gaseosos.

Dentro de cada una de estas categorías, los combustibles pueden provenir de fuentes fósiles o de fuentes renovables, principalmente, de la biomasa.



### **Recuerde**

---

Los combustibles procedentes de la biomasa pueden clasificarse como combustibles renovables, ya que la naturaleza los produce de forma continua.

---

A continuación, va a prestarse atención a la segunda clasificación definiendo y proporcionando ejemplos de los combustibles principales que se incluyen en estas categorías.

## **2.1. Combustibles sólidos**

Son aquellos que se presentan en fase sólida para su uso en las calderas de generación de calor.

Dentro de los combustibles sólidos, se encuentran el carbón, la madera, los *pellets* y otros de menor uso, como los huesos de aceituna, las cáscaras de almendra, etc.

Los dos primeros se han usado de forma tradicional para la producción de calor, mientras que los *pellets* son un combustible más moderno, aunque su uso está extendiéndose rápidamente.

Con respecto a la madera y el *pellet*, estos se consideran combustibles sólidos no fósiles, también denominados **biocombustibles sólidos**, como se extrae de la definición que, en el RITE, se hace de este tipo de combustibles:

*Biocombustibles sólidos: aquellos combustibles sólidos no fósiles compuestos por materia vegetal o animal, o producidos a partir de la misma mediante procesos físicos o químicos, susceptibles de ser utilizados en aplicaciones energéticas, como, por ejemplo, los huesos de aceituna, las cáscaras de almendra, los pellets, las astillas y los orujillos.*

A continuación, se comentan algunos aspectos básicos de estos combustibles.

## **Madera**

Es un combustible sólido que, además, se incluye dentro de los combustibles de biomasa y, por lo tanto, también es considerado como un combustible de energía renovable.



### **Sabía que...**

---

El CO<sub>2</sub> que se produce en el proceso de combustión de la madera es el mismo que el que la planta

consume en su ciclo vital y por lo tanto se puede considerar como una fuente de energía ecológica.

---

La madera en forma de leña puede emplearse tanto para la generación de calor por medio de su combustión como para la generación de agua caliente sanitaria.

En las zonas rurales donde esta es abundante y, por lo tanto, fácil de obtener, se convierte en el principal combustible.



*Madera seca*

## **Pellet**

El *pellet* es un combustible obtenido de la madera virgen por medio de un sistema de prensado de serrín. Tras este proceso de prensado, se obtienen pequeños cilindros. En el proceso de creación de los cilindros prensados, no se hace uso de ningún tipo de aditivo, ya que es la propia lignina de la madera la que permite su aglomerado.

Al proceder de la madera, también es un combustible de biomasa, pero, a diferencia de esta, puede obtenerse de

desperdicios de poda y basura de madera, lo que evita la necesidad de talar árboles.



*Pellet*

## **Carbón**

Es un combustible tradicionalmente usado para la producción de calor. El carbón es un combustible sólido de origen fósil y, por lo tanto, **no es un combustible renovable**, ya que la cantidad de carbón está limitada debido a que el proceso natural de producción de este mineral es extremadamente largo.

El CO<sub>2</sub> producido por el carbón en el proceso de combustión proporciona un aumento de la concentración de este en la atmósfera, por lo que **no es un combustible ecológico**, a diferencia de lo que ocurre con la madera o los *pellets*.



*Carbón mineral*



### **Sabía que...**

---

El uso de combustibles sólidos de origen fósil (carbón) está prohibido por ley en instalaciones térmicas de edificios a partir del 1 de enero del 2012.

---

## **2.2. Combustibles fluidos**

Los combustibles fluidos son los que se presentan en forma de líquido para ser quemados en calderas con el objetivo de producir calor.

Entre ellos, al igual que sucedía con los combustibles sólidos, pueden encontrarse combustibles de origen fósil, como el gasoil, y biocombustibles, como el biodiésel o el bioetanol.

### **Gasoil**

El principal combustible fluido utilizado en producción de calor es el gasoil, que es un combustible de los denominados fósiles extraídos del petróleo.

Cuando se habla de gasóleo para producción de calor, tiene que distinguirse entre:

- **Gasóleo B:** aunque su principal uso es como combustible de automoción para vehículos, como camiones y maquinaria agrícola, también se utiliza en pequeñas calderas para calefacción de hogares, por lo general, unifamiliares.
- **Gasóleo C:** destinado específicamente a la producción de calor en instalaciones caloríficas, también suele ser usado en calderas de mayor tamaño para la producción de calefacción en edificios, así como en equipos de producción de calor a nivel industrial.



### Nota

---

El gasóleo A se utiliza solo en automoción como carburante de los motores diésel.

---

## Bioetanol

Es una alternativa para conseguir la reducción del consumo de combustibles derivados del petróleo y se usa, principalmente, en pequeñas calderas.

La producción de bioetanol se lleva a cabo por medio de la fermentación de determinados azúcares, que pueden provenir o no de material biológico. Dichos azúcares se convierten en un tipo de alcohol denominado *etanol*.

Cuando los productos de los que provienen los azúcares que se hacen fermentar para obtener el etanol proceden de la biomasa, el etanol se denomina bioetanol.

## **Biodiésel**

Otro combustible que puede usarse en calefacción es el biodiésel. Para ello, suele mezclarse con aceite en una relación del 20 % de biodiésel y el 80 % de aceite.

La obtención del biodiésel se realiza a partir de grasas naturales, como el aceite vegetal, o grasas de animales por medio de dos procesos químicos denominados esterificación y transesterificación.



### **Actividades**

---

1. Busque en las fuentes que considere necesaria cómo se llevan a cabo los procesos de esterificación y transesterificación, de forma que se adquiriera un conocimiento más profundo de la producción de biodiésel.
- 

Las características que debe poseer el biodiésel para su uso en instalaciones caloríficas vienen establecidas en la norma UNE-EN 14214, donde se dan los valores máximos de los distintos elementos que puede contener.

## **2.3. Combustibles gaseosos**

La tercera forma en la que pueden presentarse los combustibles para la producción de calor es en forma de gases.

El principal combustible gaseoso usado en calefacción es el gas natural, pero existen otros como los gases licuados del petróleo (GLP).

## Gas natural

El gas natural es un combustible de origen fósil que se produce en la naturaleza. Dentro de los distintos tipos de combustibles fósiles, puede decirse que el gas natural es el menos contaminante.

Una característica importante es que este se consume en las instalaciones de producción de calor con un procesamiento previo mínimo, básicamente, el de la extracción, pero sin alteraciones químicas.

El gas natural se compone de una mezcla de hidrocarburos.



### Definición

---

#### **Hidrocarburo**

Compuesto constituido por átomos de hidrógeno y de carbono.

---

El principal componente del gas natural es el metanol, aunque, dependiendo del yacimiento de extracción, puede contener otros componentes.

## **Gases licuados del petróleo (GLP)**

Los gases licuados del petróleo son, al igual que el gas natural, una mezcla de hidrocarburos, principalmente, butano y propano. En este caso es un subproducto obtenido por una parte a partir de la extracción del gas natural y del petróleo en crudo y, por otra, a partir del refinamiento del petróleo.



*Bombonas contenedoras de GLP (© Fotografía: John And Penny / Shutterstock.com)*

Los principales GLP utilizados en instalaciones caloríficas, tanto para calefacción como para agua sanitaria caliente, son el propano y el butano.

Es importante saber que ambos gases siempre se encuentran mezclados, de forma que, comercialmente, se dice que el combustible usado es **propano** cuando existe una mezcla del 80 % de este gas con un máximo de un 20 % de gas butano y que el combustible usado es **butano** cuando la mezcla es del 80 % de gas butano y un 20 %, como máximo, de propano.

### **3. Características y propiedades**

A la hora de elegir un combustible para un sistema concreto de producción de calor, debe tenerse en cuenta

una serie de características y propiedades, entre las cuales destacan las que se describen a continuación.

### **3.1. Poder calorífico de un combustible**

La forma de comparar los distintos combustibles en función de su capacidad de generar calor en las instalaciones térmicas es por medio de un parámetro denominado **poder calorífico**.

#### **¿Qué es el poder calorífico?**

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de calor que es capaz de producir, en el proceso de combustión, en condiciones ideales.

Cuando se habla de condiciones ideales, se hace referencia a las condiciones sobre las que se evalúa el poder calorífico de un combustible.

El poder calorífico es una magnitud constante para cada combustible, siendo su valor obtenido **a presión atmosférica (1 atm)**. Sin embargo, desde el punto de vista de la obtención de calor en las instalaciones térmicas, se definen dos límites para el valor del poder calorífico de cada combustible: el **poder calorífico superior (PCS)** y el **poder calorífico inferior (PCI)**.

Como se verá más adelante, uno de los productos de la combustión es el agua. En el proceso de combustión, el agua se genera en forma de vapor, si este vapor generado se condensa, es decir, vuelve de nuevo a su estado líquido en forma de agua, el calor que se libera en dicha condensación puede ser aprovechado.

Teniendo en cuenta esta propiedad, se establece la diferencia entre ambos poderes caloríficos, de forma tal que dicha diferencia dependerá de si, en su medida, se tiene en cuenta el calor desprendido en la condensación del agua que se produce en la combustión o no.

El poder calorífico inferior puede considerarse como el calor útil en la reacción de combustión, ya que, en general, el agua se pierde en forma de vapor sin llegar a condensarse, mientras que el calor específico superior puede considerarse como el calor real generado del cual una parte se invierte en la evaporación del agua del combustible, es decir, en su cambio de fase.

Para cada combustible, la diferencia entre ambos calores específicos dependerá de la cantidad de átomos de carbono e hidrógeno que componen cada combustible, así como de la humedad de estos.



### **Sabía que...**

---

La medida del poder calorífico se realiza con una bomba calorimétrica.

---

## **Unidades de medida del poder calorífico**

Un punto muy importante a la hora de comparar de forma correcta cualquier parámetro es que estos deben estar en las mismas unidades.

Las unidades consideradas para expresar el poder calorífico dependen del combustible usado, pero, en la siguiente tabla, se definen las que se utilizan principalmente.

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Unidad usual</b>
Combustibles sólidos	kWh/kg
Combustibles líquidos	kWh/kg o kWh/l
Combustibles gaseosos	kWh/kg o kWh/Nm <sup>3</sup>

Donde kWh es kilovatio hora; kg, kilogramo de combustible; l, litro de combustible, y Nm<sup>3</sup>, normal metro cúbico.

En cuanto a las unidades, debe tenerse en cuenta que, en muchas fuentes de información, las unidades pueden cambiar, así, por ejemplo, pueden usarse kcal/kg o kcal/m<sup>3</sup> en lugar de kWh/kg o kWh/m<sup>3</sup> o usar kJ/kg, donde J es símbolo de julio.

A continuación, se muestran diferentes relaciones entre unidades de calor:

- 1 kWh = 859 kcal
- 1 kWh = 3.600 kJ



### **Aplicación práctica**

---

**Supóngase que, en una caldera, se dispone de 25 kg de un combustible cuyo poder calorífico es de 11.000 kWh/kg, calcule cuántos julios de energía será capaz de producir la caldera.**

### **SOLUCIÓN**

En primer lugar, atendiendo al factor de conversión de kilovatios hora a kilojulios, se sabe que 1 kWh =

3.600 kJ.

Como el poder calorífico del combustible empleado es de 11.000 kWh/kg, expresando este en kilojulios, se obtendrá que el combustible presenta un poder calorífico de:

$$11.000 \cdot 3.600 = 39.600.000 \text{ kJ/kg} = 39,6 \cdot 10^6 \text{ kJ/kg}$$

Como la cantidad de combustible a quemar en la caldera es de 25 kg, se habrán obtenido:

$$39,6 \cdot 10^6 \text{ kJ/kg} \cdot 25 \text{ kg} = 990 \cdot 10^6 \text{ J}$$

---

## 3.2. Precio

Aunque el calor específico es un factor clave a la hora de realizar una instalación calorífica, el precio del combustible también será un factor importante, ya que, en ocasiones, será mejor escoger una instalación para un combustible más barato, aunque este proporcione menos poder calorífico.



### Actividades

---

2. Localice el precio de los distintos tipos de combustibles vistos en los apartados anteriores y genere una tabla comparativa para tener una idea inicial del coste de combustible que puede tener una instalación calorífica.
-

### **3.3. Características y propiedades de los combustibles sólidos como combustible en la producción de calor**

Como ya se ha visto, dentro de los combustibles sólidos, están los combustibles procedentes de la biomasa, como la madera o el *pellet*, y los combustibles fósiles, como el carbón.

#### **Características y propiedades de la madera**

La madera ha sido usada durante mucho tiempo, debido a que ha sido un combustible económico y eficiente.

Cuando se habla de la madera como combustible, hay que decir que existen multitud de tipos de madera y que cada uno de ellos tendrá sus propiedades a la hora de la combustión.

Las maderas consideradas duras tienen mayor poder calorífico que las consideradas como blandas.

Además, un elemento que influye considerablemente en el poder calorífico de la madera es la humedad, que, como ya se ha visto, absorbe parte del calor que no se recupera si no hay condensación.



#### **Recuerde**

---

La madera se considera como un combustible ecológico, ya que el CO<sub>2</sub> generado en su combustión es equivalente al que la planta necesita para su ciclo vital.

---

## **Características y propiedades del *pellet***

El *pellet* está adquiriendo, en la actualidad, más importancia como combustible en instalaciones térmicas.

Su poder calorífico también depende de la humedad y se encuentra en rangos de 4.600 kcal/kg.

### **3.4. Características y propiedades de los combustibles líquidos como combustible en la producción de calor**

Dentro de los combustibles líquidos más usados, están el gasóleo y el biodiésel.

Como se comentó anteriormente, existen dos tipos de gasóleo para la producción de calor: el gasóleo B y el gasóleo C.

El poder calorífico de ambos gasóleos es parecido y está en torno a las 10.250 kcal/kg.

La diferencia de ambos combustibles está en la densidad, que, en el gasóleo B, es de 830 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la del gasóleo C es de 880 kg/m<sup>3</sup>. Esta pequeña diferencia de densidad implica que se requiera algo menos de gasóleo C para producir el mismo calor que de gasóleo B.

### **3.5. Características y propiedades de los gases como combustible en la producción de calor**

Al hablar de gases para la obtención de calor en instalaciones térmicas, es necesario hablar de otro parámetro: la **densidad relativa**.

## Densidad relativa

La densidad relativa de un gas viene dada por la relación entre la densidad absoluta del gas y la densidad relativa del aire en condiciones normales (0 °C de temperatura y 1 atm de presión).



### Definición

---

#### **Densidad absoluta de un gas**

Cantidad de masa de dicho gas que está contenida en una unidad de volumen en condiciones normales. Si la unidad de volumen es el metro cúbico, la densidad viene expresada en el sistema internacional como  $\text{kg/m}^3$ .

---

Este parámetro se define, básicamente, por la seguridad de las instalaciones. Cuando se usan combustibles gaseosos, es muy importante evitar posibles fugas. Por tanto, la densidad relativa es una propiedad con utilidad solo en combustibles gaseosos.

## Poder calorífico de los gases combustibles

Al igual que para el resto de combustibles, para los gases, se define el poder calorífico superior y el inferior.



### Recuerde

---

El poder calorífico inferior puede considerarse como el calor útil en la reacción de combustión, ya que, en general, el agua se pierde en forma de vapor sin llegar a condensarse, mientras que el calor específico

superior puede considerarse como el calor real generado del cual una parte se invierte en la evaporación del agua del combustible, es decir, en su cambio de fase.

---

Como se ha visto en un apartado anterior, los principales gases usados como combustibles en instalaciones caloríficas son el gas natural y el GLP.

En la siguiente tabla, se muestran los valores caloríficos aproximados de poder calorífico inferior y poder calorífico superior de estos dos gases.

<b>GAS</b>		<b>PCI (kcal/kg)</b>	<b>PCS (kcal/kg)</b>
<b>Gas Natural</b>		9.000	11.000
<b>GLP</b>	<b>Propano</b>	11.063	12.052
	<b>Butano</b>	10.723	11.867



## **Actividades**

---

3. Exprese los poderes caloríficos de los distintos gases de la tabla anterior en kJ/kg.
- 

## **Índice de Wobbe**

Las dos propiedades que se han visto hasta el momento permiten caracterizar en cierto modo los gases como

combustibles. Existe una relación entre ambos parámetros que permite hacer una clasificación de estos.

Esta relación es la expresada por el índice de Wobbe, que viene dado por el cociente del poder calorífico entre la raíz cuadrada de la densidad relativa:

$$W = \frac{PC}{\sqrt{Dr}}$$

El valor del índice dependerá de si, para su obtención, se usa el poder calorífico superior o el inferior.

Por otro lado, este índice permite establecer una clasificación en tres grupos o familias de los gases combustibles, de forma que, dentro de cada grupo, los gases pueden ser intercambiados sin necesidad de variar los elementos que componen la infraestructura de la instalación calorífica.

Si se intercambian gases de distinta familia, pueden producirse problemas en la combustión y, por lo tanto, originar un mal funcionamiento del sistema.

<b>Familia</b>	<b>Índice de Wobbe (kcal/Nm<sup>3</sup>)</b>
Primera	5.700-7.500
Segunda	9.680-13.850
Tercera	18.500-22.070



## Aplicación práctica

---

Teniendo en cuenta que el poder calorífico del gas natural es de 9.000 kcal/m<sup>3</sup> y que su densidad relativa es de 0,6. Indique en cuál de las tres familias se incluiría según el índice de Wobbe.

### SOLUCIÓN

Para saber a qué familia pertenece el gas, debe calcularse el índice de Wobbe.

Aplicando la fórmula para el cálculo de dicho índice y teniendo en cuenta los datos del problema, se obtiene que:

$$W = \frac{PC}{\sqrt{Dr}} = \frac{9.000}{\sqrt{0,6}} = 11.619 \text{ kcal/Nm}^3$$

A partir del resultado obtenido, puede verse que el gas natural está incluido dentro de la segunda familia.

---

## 4. Seguridad en el manejo, almacenamiento y distribución conforme a normativa y reglamentos vigentes

Aunque existen algunos requisitos generales para el manejo, almacenamiento y distribución de los combustibles

para calefacción, hay que tener en cuenta que, debido a que el comportamiento de cada tipo de combustible, sólido, líquido o gaseoso, es distinto, muchos de los requisitos establecidos dependerán del tipo concreto de combustible.

Debido a la peligrosidad de este tipo de materias, todos los combustibles se consideran como materia inflamable, ya que esta es la propiedad que se busca para su uso en instalaciones caloríficas, y su manejo, almacenamiento y distribución están regulados por ley.

Haciendo referencia a la normativa básica en este sentido, a la hora de establecer los requisitos legales para el manejo, almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos, hay que atender al Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.



## **Actividades**

---

4. Analice las instrucciones técnicas complementarias aprobadas en el reglamento técnico de distribución de combustibles gaseosos y apunte los aspectos fundamentales.

---

Esta norma hace una diferenciación clara entre la distribución de gas por canalizaciones, como ocurre con el gas natural, y la distribución por medio de envases de distintos tipos, como pasa con los GLP.

La distribución del gas natural por medio de canalizaciones, denominadas gasoductos, requiere la compresión de este a 72 kg/cm<sup>2</sup>, sin perder el estado