

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3150:1995**

**COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN.
CÁLCULO DEL CALOR DE
COMBUSTIÓN**



PDVSA



PRÓLOGO

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en el país. Para llevar a cabo el trabajo de elaboración de normas, la COVENIN constituye Comités y Comisiones Técnicas de Normalización, donde participan organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con un área específica.

La presente norma fue elaborada bajo los lineamientos del Comité Técnico de Normalización **CT4: Petróleo, Gas y sus Derivados** por el Subcomité Técnico **SC5: Métodos de Ensayo** a través del convenio de cooperación suscrito entre **Petróleos de Venezuela, S. A. (PDVSA)** y **FONDONORMA**, siendo aprobada por la **COVENIN** en su reunión No. 133 de fecha 04-04-95.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades: MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, PETRÓLEOS DE VENEZUELA, S.A. (PDVSA); COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA; INTEVEP, S.A.; LAGOVEN, S.A.; MARAVEN, S.A.; CORPOVEN, S.A.

Esta norma coincide en todas sus partes con la norma **PDVSA 3013**.

**NORMA VENEZOLANA
COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN.
CÁLCULO DEL CALOR
DE COMBUSTIÓN NETO**

**COVENIN
3150:1995**

1 OBJETO

1.1 Esta Norma Venezolana establece el método para la estimación del calor de combustión neto a una presión constante en unidades métricas (SI), megajoules por kilogramo (MJ/kg).

1.2 Este método es empírico y se aplica únicamente a combustibles de hidrocarburos líquidos, derivados de procesos comunes de refinación de crudo convencional, que se ajuste a los requerimientos de las especificaciones para gasolinas de aviación o turbina de aeronaves y combustibles para motores de jet de intervalos de ebullición limitados, y con las composiciones descritas en la nota 1.

NOTA 1: La estimación del calor de combustión neto de un combustible a partir de su punto de anilina y densidad, sólo se justifica cuando el combustible pertenece a un grupo bien definido, para el cual se ha obtenido una relación entre estas cantidades, a partir de mediciones experimentales precisas en muestras representativas de ese grupo. Aún así, se debe considerar la posibilidad de que, para combustibles específicos, los estimados pueden presentar un gran margen de error. El combustible JP-8, a pesar de no haber sido probado experimentalmente, presenta propiedades similares a las de los combustibles JP-5 y Jet A, y puede considerarse de la misma clase.

El calor de combustión neto también puede estimarse con el método descrito en la Norma Venezolana COVENIN 1098. Este método requiere el cálculo de una de cuatro ecuaciones según el tipo de combustible, con la precisión equivalente a la del presente método de ensayo.

NOTA 2: A continuación se muestran las designaciones típicas de combustibles:

Gasolina de aviación	Combustible de turbina de aviación, grado JP-4	Combustible de turbina de aviación, grado JP-5
turbokerosene	Combustible de turbina de aviación, grado JP-8	Combustible de turbina de aviación, tipo Jet A, Jet A1

1.3 El propósito de este método de ensayo es servir de guía en aquellos casos en los que no se dispone o no se puede hacer una determinación experimental conveniente del calor de combustión, así como en casos, en los cuales un estimado se considera satisfactorio. Su propósito no es sustituir las mediciones experimentales de calor de combustión (véase nota 3).

NOTA 3: El procedimiento para la determinación experimental de los calores de combustión bruto y neto, se describe en la Norma Venezolana COVENIN 1097.

1.4 El calor de combustión neto es un factor de rendimiento de todos los combustibles de aviación. Debido a que el escape de los motores de aeronaves contiene vapores de agua no condensados, la energía liberada por el combustible en el agua de vaporización, no puede recuperarse y, por lo tanto, se debe sustraer de las determinaciones del calor de combustión bruto para calcular el calor de combustión neto. Para aeronaves de bajo peso y alto rendimiento, el calor de combustión neto por unidad de masa y la masa de combustible cargado, determinan el intervalo total de seguridad. El funcionamiento adecuado del motor de la aeronave también requiere un mínimo de energía de combustión neta por unidad de volumen de combustible liberado.

1.5 Debido a que el calor de combustión de mezclas de combustibles de hidrocarburos varía lentamente y es una función de las propiedades físicas de las mezclas, generalmente se puede estimar con precisión el calor de combustión de las mezclas a través de simples pruebas de campo de densidad y del punto de anilina, sin tener que emplear el complicado equipo utilizado en calorimetría.

1.6 La ecuación cuadrática empírica para el calor de combustión neto de un combustible libre de azufre, se derivó del método de mínimos cuadrados de mediciones precisas hechas en combustibles, donde la mayoría se ajustaba a las especificaciones para combustibles presentadas en la nota 1 y dichos combustibles se seleccionaron para cubrir el intervalo de valores de propiedades. Por otra parte, aquellos combustibles que no cumplieran con las especificaciones, se

seleccionaron para extender el intervalo de densidades y del punto de anilina por encima y por debajo de los límites de especificación para evitar efectos de acabado. La corrección de azufre se obtuvo por un análisis de regresión simultánea de mínimos cuadrados de aquellos combustibles con contenido de azufre que se encontraban entre los que estaban siendo sometidos a prueba.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda, a aquéllos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente.

- COVENIN 0870-82 Método para la determinación del contenido de azufre en productos del petróleo. Método de la lámpara.
- COVENIN 1090-93 Productos derivados del petróleo. Determinación del punto de anilina y punto de anilina mixto.
- COVENIN 1097:1994 Combustibles. Determinación del calor de combustión por medio de la bomba calorimétrica.
- COVENIN 1098:1994 Combustibles de aviación. Estimación del calor de combustión neto.
- COVENIN 1143-88 Crudo y sus derivados. Determinación de densidad relativa (peso específico) y gravedad API. Método del hidrómetro.
- COVENIN 1676-82 Azufre en crudo y productos del petróleo. Método de la bomba.
- COVENIN 1826-93 Productos del petróleo. Determinación del contenido de azufre por espectrometría de rayos X.
- COVENIN 3401:1998 Productos derivados del petróleo. Determinación de la densidad y densidad relativa por densimetría digital.

3 RESUMEN

El punto de anilina, la densidad y el contenido de azufre de la muestra, se determinan a través de métodos de ensayo experimentales. El calor de combustión neto se calcula utilizando los valores obtenidos por tales métodos, basados en las correlaciones presentadas.

4 PROCEDIMIENTO

- 4.1 Se determina la temperatura del punto de anilina de la muestra con aproximación al 0,05 °C más cercano, como se describe en la Norma Venezolana COVENIN 1090.
- 4.2 Se determina la densidad de la muestra a 15 °C con aproximación al $0,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ más cercano, como se describe en las Normas Venezolanas COVENIN 1143 y 4:6-473.
- 4.3 Se determina el contenido de azufre de la muestra con aproximación al 0,02% más cercano al porcentaje en peso de azufre, como se describe en las Normas Venezolanas COVENIN 1676, 870 y 1826.

5 CÁLCULOS

Se calcula el calor de combustión neto utilizando el procedimiento A o B.

5.1 **Procedimiento A** (según ecuación). Se introducen los valores medidos de la ecuación (1) y se calcula, el calor de combustión neto a una presión constante sobre una base libre de azufre, Q_p (véase nota 4).

$$Q_p = 22,9596 - 0,0126587 A + 26640,9 (1/\rho) + 32,622 (A/\rho) - 6,69030 \times 10^{-5} (A)^2 - 9217760 (1/\rho)^2 \quad (1)$$

donde:

ρ es la densidad a 15 °C, $\text{kg/m}^3 \times 10^{-3}$

A es el punto de anilina, °C.

Q_p es el calor de combustión neto sobre base libre de azufre, MJ/kg.

NOTA 4: En unidades SI el calor de combustión tiene la unidad J/kg; sin embargo, para fines prácticos es más conveniente un múltiplo. El megajoule por kilogramo (MJ/kg) es 10^6 J/kg y se utiliza comúnmente para representar calores de combustión de combustibles del petróleo, en particular para mezclas como las que se incluyen en esta norma.

5.2 Procedimiento B (según tabla 1). Se hace una interpolación lineal entre filas, cerrando entre corchetes la densidad y entre columnas, cerrando entre corchetes, el punto de anilina de la muestra. Luego, para obtener Q_p , se realiza una interpolación lineal para el punto de anilina dentro de la fila para la densidad calculada.

5.3 Se calcula el calor de combustión neto corregido, Q'_p , para el contenido de azufre de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q'_p = Q_p - 0,1163 S \quad (2)$$

donde:

S es el contenido de azufre, % p/p.

5.4 Se calcula el calor de combustión neto volumétrico, q_p , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$q_p = Q'_p \times \rho \times 10^{-3}, \quad (3)$$

donde:

q_p es el calor de combustión volumétrico, MJ/L.

6 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 El calor de combustión neto, (Q_p), expresado en MJ/kg, se indica con aproximación al 0,001 más cercano.

6.2 El calor de combustión neto volumétrico, (q_p), expresado en MJ/L, se indica con aproximación al 0,001 más cercano, si es necesario.

7 INFORME

El informe debe contener como mínimo lo siguiente:

7.1 Fecha de realización del ensayo.

7.2 Identificación del analista.

7.3 Realizado de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 3150.

7.4 Identificación de la muestra.

7.5 Resultados parciales y/o finales.

8 PRECISIÓN

Los siguientes criterios deben ser considerados para juzgar la aceptabilidad de los resultados estimados del calor de combustión (95% de confiabilidad), cuando se utilizan datos del punto de anilina, la densidad y el contenido de azufre de un combustible determinado por las Normas Venezolanas COVENIN 1090, 1193 y 1676 respectivamente (véase nota 5).

8.1 Repetibilidad. La diferencia entre los resultados de dos pruebas, obtenidos por un mismo operador, con el mismo equipo, bajo condiciones de operación constantes, con el mismo material de ensayo y con aplicación normal y correcta del método de ensayo, podría exceder los siguientes valores sólo en uno de veinte casos:

Repetibilidad 0,012 MJ/kg

8.2 Reproducibilidad. La diferencia entre dos resultados independientes, obtenidos por diferentes operadores de diferentes laboratorios, con el mismo material de ensayo y con aplicación normal y correcta del método de ensayo, podría exceder los siguientes valores sólo en uno de veinte casos:

Reproducibilidad 0,035 MJ/kg

NOTA 5: El uso de datos de propiedades de combustible obtenidos con mayor o menor precisión que con los métodos de prueba señalados, tendrá una tendencia similar en la precisión del calor de combustión predicho.

9 TIEMPO DE ANÁLISIS

9.1 Se requieren 15 min para la realización de este cálculo.

9.2 Se requieren 0,25 horas-hombre para la realización de este cálculo.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM D 4529-90 Standard Test Method for Estimation of Net Heat of Combustion of Aviation Fuels; Annual Book of ASTM Standards, Vol. 05.02, 1994.

Tabla 1 - Calor de combustión neto

Todos los combustibles [ρ] (kg/m ³ x 10 ³)	Q _p ' (MJ/kg) A/(° C)						
	20	30	40	50	60	70	80
0,65	42,8522	43,1941	43,5225	43,8376	44,1393	44,4276	44,7026
0,66	42,8721	43,2064	43,5272	43,8347	44,1288	44,4095	44,6768
0,67	42,8819	43,2087	43,5222	43,8223	44,1090	44,3824	44,6423
0,68	42,8823	43,2020	43,5083	43,8013	44,0808	44,3470	44,5998
0,69	42,8743	43,1870	43,4864	43,7723	44,0449	44,3042	44,5500
0,7	42,8684	43,1644	43,4570	43,7362	44,0021	44,2545	44,4936
0,71	42,8354	43,1348	43,4209	43,6935	43,9528	44,1987	44,4313
0,72	42,8059	43,0990	43,3786	43,6449	43,8973	44,1373	44,3635
0,73	42,7704	43,0573	43,3307	43,5908	43,8375	44,0708	44,2908
0,74	42,7295	43,0103	43,2778	43,5318	43,7725	43,9997	44,2136
0,75	42,6837	42,9586	43,2201	43,4683	43,7031	43,9245	44,1325
0,76	42,6332	42,9024	43,1582	43,4007	43,6297	43,8454	44,0477
0,77	42,5787	42,8423	43,0925	43,3294	43,5529	43,7630	43,9597
0,78	42,5203	42,7785	43,0233	43,2547	43,4728	43,6775	43,8687
0,79	42,4585	42,7114	42,9509	43,1771	43,3898	43,5892	43,7752
0,8	42,3936	42,6413	42,8757	43,0967	43,3043	43,4985	43,6793
0,81	42,3258	42,5685	42,7978	43,0138	43,2163	43,4055	43,5813
0,82	42,2555	42,4933	42,7177	42,9287	43,1264	43,3106	43,4815
0,83	42,1828	42,4458	42,6354	42,8417	43,0345	43,2140	43,3801
0,84	42,1080	42,3363	42,5513	42,7528	42,9410	43,1158	43,2772
0,85	42,0313	42,2551	42,4655	42,6624	42,8460	43,0163	43,1731
0,86	41,9529	42,1722	42,3781	42,5707	42,7498	42,9156	43,0650
0,87	41,8730	42,0879	42,2895	42,4777	42,6524	42,8138	42,9619
0,88	41,7917	42,0024	42,4497	42,3836	42,5541	42,7112	42,8550
0,89	41,7092	41,9157	42,1085	42,2886	42,4549	42,6079	42,7475

COVENIN
3150:1995

CATEGORÍA
B

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES
MINISTERIO DE FOMENTO

Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12

Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12
CARACAS

publicación de:



I.C.S: 75.160.20

ISBN: 980-06-1470-2

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Combustible, hidrocarburo, turbina.