

Informe Final del Ensayo de Aptitud
para Análisis de Composición de
Mezcla de Gases – 5ª ronda
Gas Natural en Bolivia



Inmetro

Diretoria de Metrologia Científica e Industrial

PEP-Dimci

Programa de ensaios de proficiência em metrologia científica e industrial

**ENSAYO DE APTITUD PARA ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN DE MEZCLA DE
GASES – 5ª RONDA – GAS NATURAL**

(EXCLUSIVO PARA LABORATORIOS DE BOLIVIA Y PERÚ)

INFORME FINAL – RESULTADOS DE BOLIVIA – Nº 005/11

ORGANIZACIÓN PROMOTORA DEL ENSAYO DE APTITUD



Instituto Nacional de Metrologia, Normalización y Calidad Industrial - Inmetro
Dirección de Metrología Científica e Industrial - Dimci
Dirección: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias
RJ – Brasil – CEP: 25250-020
E-mail para contacto: pep-dimci@inmetro.gov.br

COMITÉ DE ORGANIZACIÓN

Damare da Silva Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)
Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)
Valnei Smarçaro Cunha (Inmetro/Dimci/Dquim)

COMITÉ TÉCNICO

Claudia Cipriano Ribeiro (Inmetro/Dimci/Dquim)
Cristiane Rodrigues Augusto (Inmetro/Dimci/Dquim)
Joyce Costa Andrade (Inmetro/Dimci/Dicep)
Valnei Smarçaro da Cunha (Inmetro/Dimci/Dquim)

INDICE

1. Introducción	2
2. Materiales y Métodos	3
2.1. Item de Ensayo	3
2.2. Metodología.....	4
3. Análisis Estadístico	6
3.1. Grado de equivalencia.....	6
3.2. Índice z.....	6
4. Evaluación de Desempeño	7
4.1. Resultados de los laboratorios.....	7
4.2. Índice z.....	22
5. Conclusiones	300
6. Agradecimientos	30
7. Laboratorios Participantes	31
8. Referencias Bibliográficas.....	33

1. Introducción

El gas natural es producido a partir de un gas extraído de reservorios, consistiendo de una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano, etano y propano (y cantidades más pequeñas de hidrocarburos superiores), que siguen en estado gaseoso bajo condiciones de temperatura y presión ambientes. Este energético puede aún presentar otras sustancias relacionadas, principalmente dióxido de carbono, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, bisulfuro de carbono y agua, que en el proceso de transformación del gas natural bruto en gas natural procesado, deben ser retirados la mayor cantidad posible. La composición del gas natural puede variar bastante de acuerdo con el sitio que es extraído y procesado. (VALLE, M.L.M., 2007).

La comercialización del gas natural está basada en la energía consumida, o sea, el cálculo del precio del gas natural es producto del poder calorífico y del volumen transferido. Todas las empresas que realizan actividades de producción, transporte y/o distribución de gas natural necesitan medir el poder calorífico del gas natural que está siendo transferido/adquirido, ya que están involucrados en la cadena de transferencia de custodia del gas natural. La forma más precisa para determinación del poder calorífico del gas natural es por análisis cromatográfico de la composición de la mezcla del gas.

La composición del gas natural se puede obtener mediante un análisis cromatográfico, que es ampliamente utilizado en la industria petrolera para la caracterización de mezclas de gases. La cromatografía de gases es una técnica que se basa en el principio de la velocidad diferencial de la migración de los componentes gaseosos a través de un medio poroso. La identificación de la composición de las fracciones se produce dentro de los equipos denominados cromatógrafos. Generalmente, el análisis cromatográfico se lleva a cabo sobre una base seca, es decir, sin tener en cuenta la humedad de la mezcla de gases. Por lo tanto, la composición final, en seco, sin tener en cuenta la presencia de agua. En general, el análisis cromatográfico no es utilizado para determinar el nivel de H₂S y otros compuestos de azufre que pueden existir en el gas natural. En estos casos, son utilizados métodos específicos para determinar las respectivas composiciones (VAZ, C.E.M.; MAIA, J.L.P.; SANTOS, W.G., 2008).

En vista de la importancia de la medición de composición de gas natural, el “Proyecto Cooperación Triangular - Metrología en Gas Natural en América Latina” del PTB-OEA/INMETRO-INDECOPI-IBMETRO ha solicitado la organización del ensayo de aptitud para la determinación del desempeño de laboratorios en la medición de composición de gas natural por cromatografía en fase gaseosa.

Los Ensayos de Aptitud (EA) son una herramienta para la determinación del desempeño de laboratorios en ensayos o calibraciones a través de comparaciones interlaboratoriales, y, son

indispensables para la evaluación de la competencia técnica de laboratorios. La importancia de la realización de programas de ensayo de aptitud (PEA) en el país es fundamental para el aumento de la credibilidad de los resultados de las mediciones y, consecuentemente, facilitar el comercio internacional y prevenir barreras técnicas.

La Junta de Metrología Científica e Industrial (Dimci) del Instituto Nacional de Metrología, Normalización y Calidad Industrial (Inmetro), a través de la División de Comparaciones Interlaboratoriales y Ensayos de Aptitud (Dicep) y de la División de Metrología Química (Dquim), en el Proyecto PTB-OEA/INMETRO-INDECOPI-IBMETRO, y con el apoyo logístico de Praxair Inc., promovió el Ensayo de Aptitud para Análisis de Composición de Mezcla de Gases – 5ª ronda – Determinación de Composición de Gas Natural (Laboratorios de Bolivia), siguiendo las directrices de la ABNT ISO/IEC GUIA 43-1:1999

Este EA, entonces, tiene el fin de determinar el desempeño de los laboratorios para el ensayo propuesto, monitorear el desempeño continuo de los laboratorios para la medición en el área de composición de gas natural, contribuir en la identificación de problemas en los laboratorios y en la implementación y adopción de acciones correctivas por parte de los laboratorios participantes.

Este informe presenta los resultados de los laboratorios participantes del Ensayo de Aptitud para Análisis de Composición de Mezcla de Gases – 5ª ronda – Determinación de Composición de Gas Natural (Laboratorios de Bolivia).

2. Materiales y Métodos

2.1. Item del ensayo

Fueron circulados entre los laboratorios participantes, 2 cilindros con una mezcla de gas natural con composición representativa de la media de los países (Bolivia y Perú fueran considerados) producidos por la empresa Praxair Inc. a través del método gravimétrico. Cada laboratorio participante recibió un cilindro, debidamente identificado, con el regulador de presión. La Tabla 1 presenta un rango de composición nominal de los cilindros conteniendo las mezclas de gas natural utilizadas en este EA.

Tabla 1 – Rango nominal de concentración de los cilindros conteniendo mezclas de gas natural

Componentes	Concentración nominal (% mol/mol)
metano	88,0
etano	6,8
propano	2,0
i-Butano	0,3
n-butano	0,4
i-pentano	0,1
n-pentano	0,1
n-hexano	0,1
Nitrógeno	1,1
Dióxido de carburo	1,0

2.2. Metodología

Inicialmente, los cilindros fueran almacenados en el Laboratorio de Análisis de Gases (Labag) de la División de Metrología Química (Dquim) de Inmetro bajo condiciones de climatización del laboratorio, (20 ± 2) °C.

La composición de las mezclas de gases que contienen los componentes de gas natural en los dos cilindros fue determinada por Inmetro por cromatografía de gases, en comparación con los materiales de referencia certificados, utilizando un cromatógrafo de gases, modelo GC3800 SP - Varian. El método de integración elegido fue el que utiliza el área de los picos cromatográficos y para el método de cuantificación fue utilizado el método estándar externo.

Para trazar las curvas de calibración para cada componente del gas natural que fueron determinados, fueron seleccionados materiales de referencia certificados gaseosos producidos por gravimetría como se describe en la norma internacional ISO 6142:2001, con concentraciones conocidas y distintas.

Cabe señalar que un material de referencia certificado es definido como un material suficientemente homogéneo y estable, listo para adaptarse a una medición, acompañado de documentos expedidos por un organismo autorizado, que presenta uno o más valores de las propiedades especificadas en las incertidumbres y trazabilidades asociadas, utilizando procedimientos válidos (VIM, 2008).

Los materiales de referencia certificados gaseosos utilizados fueron producidos por los Institutos Nacionales de Metrología (VSL y NPL) y tienen los mismos componentes de los cilindros

utilizados en este EA: metano, etano, propano, n-butano, iso-butano, n-pentano, iso-pentano, n-pentano, hexano, dióxido de carbono y nitrógeno.

Los dos cilindros de este EA fueron analizados con un número suficiente de repeticiones de los resultados durante la duración total de la prueba. Las mediciones fueron organizadas y realizadas en condiciones de repetibilidad y reproducibilidad, es decir, en poco tiempo y sin ningún tipo de recalibración intermedia del aparato.

Inmetro ha analizado ambos cilindros antes del envío de los mismos para los laboratorios participantes de este EA y después del retorno de estos a Inmetro, con el fin de verificar si las mezclas de gas natural se mantenían estables, o sea, si la composición de los cilindros no cambió a lo largo de este estudio. Por lo tanto, Inmetro ha demostrado que no hay cambios significativos en la composición de las mezclas de gas natural contenidas en los cilindros.

La Tabla 2 presenta el valor certificado de composición por el Laboratorio de Análisis de Gases de Inmetro (Labag/Inmetro) para los dos cilindros conteniendo las mezclas de gas natural utilizadas en este EA.

Tabla 2 – Valor certificado de composición de los cilindros conteniendo las mezclas de gas natural utilizadas en este EA

Componentes	Número de los cilindros					
	Cilindro 26193			Cilindro 382874		
	Concentración (%mol/mol)	U_{exp} (k=2, 95%)	U_{exp} (%)	Concentración (%mol/mol)	U_{exp} (k=2, 95%)	U_{exp} (%)
Metano	88,038	0,441	0,50	88,057	0,456	0,52
Etano	6,830	0,036	0,53	6,792	0,051	0,76
Propano	2,036	0,011	0,53	2,028	0,015	0,72
i-Butano	0,3027	0,0018	0,60	0,3024	0,0019	0,64
n-Butano	0,3981	0,0022	0,55	0,3980	0,0023	0,59
i-Pentano	0,0996	0,0009	0,89	0,0994	0,0010	1,05
n-Pentano	0,0992	0,0009	0,93	0,0961	0,0009	0,98
n-Hexano	0,0992	0,0009	0,91	0,0980	0,0012	1,21
Nitrógeno	1,112	0,006	0,53	1,121	0,005	0,47
Dióxido de Carbono	0,999	0,005	0,46	0,996	0,006	0,57

Leyenda:

U_{exp} – incertidumbre expandida

k = factor de cobertura

Inmetro contó con el apoyo de la empresa Praxair Inc para circulación de los cilindros entre los participantes.

3. Análisis Estadístico

3.1. Grado de equivalencia

El grado de equivalencia es definido como la diferencia entre el resultado de cada laboratorio participante en el Ensayo de Aptitud y el valor certificado de composición para cada componente del gas natural.

El grado de equivalencia de este EA fue calculado segundo la Ecuación 1.

$$D_i = y_i - y_{ref} \quad (1)$$

Donde:

y_i - resultado del laboratorio i;

y_{ref} - valor de referencia designado por Labag/Dquim/Inmetro;

3.2. Índice z

El desempeño de cada laboratorio participante en el Ensayo de Aptitud fue evaluado con el uso del z-score, representando una medida de la distancia relativa del laboratorio en relación al valor de referencia.

Fue utilizado en los cálculos del desempeño, el valor certificado de composición por el Laboratorio de Análisis de Gases de Inmetro (Labag/Inmetro) para los dos cilindros conteniendo las mezclas de gas natural utilizadas en este EA.

El índice z para este EA fue calculado conforme la Ecuación 2.

$$z_i = \frac{y_i - y_{ref}}{s} \quad (2)$$

Donde:

y_{ref} - valor de referencia designado por el Labag/Dquim/Inmetro;

y_i - resultado del laboratorio i;

s - incertidumbre patrón combinada del valor de referencia designado por Inmetro/Dquim/Labag.

El valor del z-score para cada participante será informado y el desempeño del laboratorio será clasificado como SATISFACTORIO, INSATISFACTORIO o CUESTIONABLE, a partir de la interpretación del z-score que es presentado a continuación:

$|z| \leq 2$ - Resultado Satisfactorio

$2 < |z| < 3$ - Resultado Cuestionable

$|z| \geq 3$ - Resultado Insatisfactorio

4. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

4.1. Resultados de los Laboratorios

Todos los resultados de la medición para cada componente en la mezcla de gas natural enviado por los laboratorios a través del formulario de registro de los resultados, fueron compilados en las tablas siguientes. Cabe señalar que cada laboratorio participante fue identificado sólo por la numeración final de su código de identificación en los cuadros y gráficos presentados en este informe.

Las Tablas 3 a 12 presentan todos los resultados de medición para cada componente, de cada laboratorio participante (**los resultados están expresados con el número de cifras decimales enviadas por cada participante**), así como los resultados de los promedios de la concentración, las desviaciones estándar, las desviaciones estándar relativas y los grados de equivalencia calculados según ecuación 1. Los grados de equivalencia son presentados gráficamente en las Figuras de 1 a 10, donde están presentados los laboratorios participantes identificados apenas por la numeración final del código de identificación.

Tabla 3 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente Metano

METANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			Y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Y _{ref} (%mol/mol)	Di
	Y ₁	Y ₂	Y ₃					
14	88,0152	88,009	88,0094	88,0112	0,0035	0,0039%	88,038	-0,0268
28	87,8807	87,9228	87,9351	87,9129	0,0285	0,0325%	88,038	-0,1251
45	87,91894265	87,92189143	87,92689712	87,922577068	0,004021314	0,004573699%	88,038	-0,1154
60	88,1284	88,1352	88,1483	88,1373	0,0101	0,0115%	88,038	0,0993
71	88,0695	87,9895	87,6051	87,8880	0,2483	0,2825%	88,038	-0,1500
87	88,021	88,0198	88,0152	88,0187	0,0031	0,0035%	88,038	-0,0193
88	90,5513	91,8808	NA	91,2161	0,9401	1,0306%	88,038	3,1781
92	88,02993136	88,01486415	88,0072089	88,01733480	0,011560955	0,013134862%	88,038	-0,0207
2	87,7836	87,7654	87,7612	87,77006667	0,0119	0,0136%	88,057	-0,2869
5	88,0843	88,0834	88,0849	88,0842	0,0008	0,0009%	88,057	0,0272
11	88,4723	88,4934	88,4133	88,4597	0,0415	0,0469%	88,057	0,4027
17	88,1603	88,162	88,1629	88,1617	0,0013	0,0015%	88,057	0,1047
23	88,1043	88,1034	88,1027	88,1035	0,0008	0,0009%	88,057	0,0465
32	88,055	88,051	88,057	88,054	0,003	0,003%	88,057	-0,0027
49	88,0679	88,0676	88,0689	88,0681	0,0007	0,0008%	88,057	0,0111
50	88,1721	88,1764	88,1771	88,1752	0,0027	0,0031%	88,057	0,1182
56	88,125	88,123	88,1226	88,1235	0,0013	0,0015%	88,057	0,0665
75	88,0807	88,0849	88,0861	88,0839	0,0028	0,0032%	88,057	0,0269
96	88,1966	88,1735	88,1745	88,1815	0,0131	0,0148%	88,057	0,1245

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

NA – No analizado

Tabla 4 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente Etano

ETANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			Y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Y _{ref} (%mol/mol)	Di
	Y ₁	Y ₂	Y ₃					
14	6,8279	6,8287	6,8252	6,8273	0,0018	0,0269%	6,830	-0,0027
28	6,8326	6,836	6,8378	6,8355	0,0026	0,0386%	6,830	0,0055
45	6,905874579	6,90555176	6,899597105	6,903674481	0,003534798	0,051201695%	6,830	0,0737
60	6,7719	6,7749	6,7752	6,7740	0,0018	0,0269%	6,830	-0,0560
71	6,8552	6,9552	7,1234	6,9779	0,1355	1,9424%	6,830	0,1479
87	6,8145	6,8157	6,8186	6,8163	0,0021	0,0309%	6,830	-0,0137
88	6,6612	6,7521	NA	6,7067	0,0643	0,9584%	6,830	-0,1234
92	6,842517941	6,842837323	6,840805996	6,842053754	0,001092325	0,015964875%	6,830	0,0121
2	6,8413	6,8397	6,8397	6,840	0,001	0,014%	6,792	0,0482
5	6,7686	6,7691	6,7688	6,7688	0,0003	0,004%	6,792	-0,0232
11	6,3783	6,3565	6,4373	6,3907	0,0418	0,654%	6,792	-0,4013
17	6,8064	6,8049	6,802	6,8044	0,0022	0,0329%	6,792	0,0124
23	6,7707	6,7721	6,7724	6,7717	0,0009	0,0134%	6,792	-0,0203
32	6,783	6,788	6,785	6,785	0,003	0,037%	6,792	-0,0067
49	6,7678	6,7684	6,7703	6,7688	0,0013	0,0193%	6,792	-0,0232
50	6,6782	6,6764	6,6772	6,6773	0,0009	0,0135%	6,792	-0,1147
56	6,7191	6,7211	6,7209	6,7204	0,0011	0,0164%	6,792	-0,0716
75	6,7448	6,7488	6,7476	6,7471	0,0021	0,0304%	6,792	-0,0449
96	6,6587	6,6842	6,6813	6,6747	0,0140	0,2092%	6,792	-0,1173

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

NA – No analizado

Tabla 5 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente Propano

PROPANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	y _{ref} (%mol/mol)	Di
	y ₁	y ₂	y ₃					
14	2,0391	2,0393	2,0384	2,0389	0,0005	0,0232%	2,036	0,0029
28	2,0437	2,0474	2,049	2,0467	0,0027	0,1328%	2,036	0,0107
45	2,046096199	2,045422376	2,045622308	2,045713628	0,000346069	0,016916796%	2,036	0,0097
60	2,0205	2,0102	1,9961	2,0089	0,0122	0,6097%	2,036	-0,0271
71	1,9757	1,9757	2,0576	2,0030	0,0473	2,3607%	2,036	-0,0330
87	2,0304	2,0308	2,0307	2,0306	0,0002	0,0103%	2,036	-0,0054
92	2,043007452	2,043747282	2,045668313	2,044141016	0,001373432	0,067188704%	2,036	0,0081
2	2,075	2,0759	2,0767	2,0759	0,0009	0,0410%	2,028	0,0479
5	2,0286	2,0288	2,028	2,0285	0,0004	0,021%	2,028	0,0005
11	2,0383	2,0396	2,0377	2,0385	0,0010	0,0476%	2,028	0,0105
17	1,9885	1,9895	1,9901	1,9894	0,0008	0,0406%	2,028	-0,0386
23	2,0258	2,0261	2,0251	2,0257	0,0005	0,0253%	2,028	-0,0023
32	2,011	2,014	2,02	2,015	0,005	0,227%	2,028	-0,0130
49	2,0282	2,0287	2,0268	2,0279	0,0010	0,0486%	2,028	-0,0001
50	2,0298	2,0298	2,0298	2,0298	0,0000	0,0000%	2,028	0,0018
56	2,0328	2,0309	2,0321	2,0319	0,0010	0,0473%	2,028	0,0039
75	2,031	2,0304	2,0302	2,0305	0,0004	0,0205%	2,028	0,0025
96	2,033	2,0314	2,0328	2,0324	0,0009	0,0429%	2,028	0,0044

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

Tabla 6 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente i-Butano

i-BUTANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	y _{ref} (%mol/mol)	Di
	y ₁	y ₂	y ₃					
14	0,3061	0,3045	0,3071	0,3059	0,0013	0,4287%	0,3027	0,0032
28	0,3007	0,3017	0,3021	0,3015	0,0007	0,2392%	0,3027	-0,0012
45	0,29942134	0,30055482	0,300313701	0,300096620	0,000597107	0,198971719%	0,3027	-0,0026
60	0,3037	0,3038	0,3037	0,3037	0,0001	0,0190%	0,3027	0,0010
71	0,2992	0,2892	0,3126	0,3003	0,0117	3,9094%	0,3027	-0,0024
87	0,3014	0,3015	0,3013	0,3014	0,0001	0,0332%	0,3027	-0,0013
92	0,30147389	0,301752693	0,301563198	0,3015965939	0,000142370	0,047205489%	0,3027	-0,0011
2	0,3022	0,3023	0,3024	0,3023	0,0001	0,0331%	0,3024	-0,0001
5	0,3046	0,3044	0,3047	0,3046	0,0002	0,0502%	0,3024	0,0022
11	0,3048	0,3049	0,3048	0,3048	0,0001	0,0189%	0,3024	0,0024
17	0,2997	0,3	0,3004	0,300	0,000	0,117%	0,3024	-0,0024
23	0,2985	0,2982	0,2985	0,2984	0,0002	0,0580%	0,3024	-0,0040
32	0,288	0,285	0,284	0,286	0,002	0,729%	0,3024	-0,0167
49	0,3109	0,3113	0,3099	0,3107	0,0007	0,2321%	0,3024	0,0083
50	0,3025	0,3027	0,3026	0,3026	0,0001	0,0330%	0,3024	0,0002
56	0,3045	0,3044	0,3043	0,3044	0,0001	0,0329%	0,3024	0,0020
75	0,3041	0,3035	0,3037	0,3038	0,0003	0,1006%	0,3024	0,0014
96	0,3047	0,3046	0,3046	0,3046	0,0001	0,0190%	0,3024	0,0022
Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante								

Tabla 7 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente n-Butano

n-BUTANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			Y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Y _{ref} (%mol/mol)	Di
	Y ₁	Y ₂	Y ₃					
14	0,4012	0,4011	0,4028	0,4017	0,0010	0,2375%	0,3981	0,0036
28	0,3964	0,3967	0,397	0,397	0,0003	0,076%	0,3981	-0,0014
45	0,400615108	0,400044148	0,400329358	0,4003295381	0,000285480	0,071311210%	0,3981	0,0022
60	0,3967	0,3971	0,3972	0,3970	0,0003	0,0666%	0,3981	-0,0011
71	0,3917	0,3817	0,409	0,394	0,014	3,504%	0,3981	-0,0040
87	0,3974	0,3977	0,3972	0,3974	0,0003	0,0633%	0,3981	-0,0007
92	0,397315714	0,397863395	0,397128527	0,3974358788	0,000381887	0,096087641%	0,3981	-0,0007
2	0,4091	0,4108	0,4105	0,4101	0,0009	0,2212%	0,3980	0,0121
5	0,4005	0,4011	0,401	0,401	0,0003	0,080%	0,3980	0,0029
11	0,3932	0,3928	0,3938	0,3933	0,0005	0,1280%	0,3980	-0,0047
17	0,3833	0,3838	0,3838	0,3836	0,0003	0,0752%	0,3980	-0,0144
23	0,3969	0,3966	0,3968	0,3968	0,0002	0,0385%	0,3980	-0,0012
32	0,387	0,383	0,382	0,38	0,003	0,69%	0,3980	-0,0140
49	0,4071	0,408	0,4061	0,4071	0,0010	0,2335%	0,3980	0,0091
50	0,3974	0,3975	0,3974	0,3974	0,0001	0,0145%	0,3980	-0,0006
56	0,3991	0,3995	0,3992	0,3993	0,0002	0,0521%	0,3980	0,0013
75	0,3988	0,3984	0,3986	0,3986	0,0002	0,0502%	0,3980	0,0006
96	0,3972	0,3966	0,3966	0,3968	0,0003	0,0873%	0,3980	-0,0012

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

Tabla 8 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente i-Pentano

i-PENTANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	y _{ref} (%mol/mol)	Di
	y ₁	y ₂	y ₃					
14	0,099	0,0991	0,0991	0,0991	0,0001	0,0583%	0,0996	-0,0005
28	0,0988	0,0986	0,0984	0,0986	0,0002	0,2028%	0,0996	-0,0010
45	0,09880533	0,098569555	0,098653796	0,0986762268	0,000119477	0,121079912%	0,0996	-0,0009
60	0,1003	0,1005	0,1007	0,1005	0,0002	0,1990%	0,0996	0,0009
71	0,1007	0,1006	0,1042	0,1018	0,0021	2,0133%	0,0996	0,0022
87	0,0988	0,0984	0,0988	0,0987	0,0002	0,2341%	0,0996	-0,0009
92	0,098446398	0,09850908	0,098343886	0,0984331211	0,000083393	0,084720868%	0,0996	-0,0012
2	0,1056	0,1067	0,1067	0,106333333	0,0006	0,5973%	0,0994	0,0069
5	0,1014	0,1016	0,1015	0,1015	0,0001	0,0985%	0,0994	0,0021
11	0,1006	0,1001	0,1007	0,1005	0,0003	0,3200%	0,0994	0,0011
17	0,097	0,0967	0,0978	0,0972	0,0006	0,5852%	0,0994	-0,0022
23	0,0994	0,0997	0,0995	0,099533333	0,0002	0,1535%	0,0994	0,0001
32	0,093	0,093	0,092	0,093	0,001	0,623%	0,0994	-0,0067
49	0,0998	0,0989	0,0997	0,0995	0,0005	0,4959%	0,0994	0,0001
50	0,0995	0,0995	0,0997	0,0996	0,0001	0,1160%	0,0994	0,0002
56	0,0995	0,0998	0,1	0,0998	0,0003	0,2522%	0,0994	0,0004
75	0,0992	0,1	0,099	0,0994	0,0005	0,5323%	0,0994	0,0000
96	0,0999	0,1013	0,1017	0,1010	0,0009	0,9361%	0,0994	0,0016

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

Tabla 9 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente n-Pentano

n-PENTANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			y_{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	y_{ref} (%mol/mol)	Di
	y_1	y_2	y_3					
14	0,0981	0,0983	0,0983	0,0982	0,0001	0,1175%	0,0992	-0,0010
28	0,0988	0,0992	0,0991	0,0990	0,0002	0,2102%	0,0992	-0,0002
45	0,099128306	0,098625142	0,098888192	0,098880547	0,000251669	0,254518076%	0,0992	-0,0003
60	0,0979	0,0982	0,0983	0,0981	0,0002	0,2121%	0,0992	-0,0011
71	0,1004	0,1005	0,1041	0,1017	0,0021	2,0734%	0,0992	0,0025
87	0,0989	0,099	0,0989	0,0989	0,0001	0,0584%	0,0992	-0,0003
92	0,098670427	0,098849682	0,09853861	0,098686240	0,000156138	0,158216283%	0,0992	-0,0005
2	0,1051	0,1059	0,1062	0,1057	0,0006	0,5378%	0,0961	0,0096
5	0,103	0,1031	0,1027	0,1029	0,0002	0,2022%	0,0961	0,0068
11	0,0993	0,0985	0,0997	0,0992	0,0006	0,6161%	0,0961	0,0031
17	0,0991	0,098	0,0988	0,0986	0,0006	0,5765%	0,0961	0,0025
23	0,1019	0,102	0,1026	0,1022	0,0004	0,3706%	0,0961	0,0061
32	0,095	0,095	0,094	0,095	0,001	0,610%	0,0961	-0,0014
49	0,0994	0,0985	0,0994	0,0991	0,0005	0,5243%	0,0961	0,0030
50	0,1016	0,1015	0,1015	0,1015	0,0001	0,0569%	0,0961	0,0054
56	0,0995	0,1003	0,1001	0,1000	0,0004	0,4165%	0,0961	0,0039
75	0,0988	0,0993	0,0985	0,0989	0,0004	0,4088%	0,0961	0,0028
96	0,0981	0,1015	0,1013	0,1003	0,0019	1,9022%	0,0961	0,0042
Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante								

Tabla 10 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente n-Hexano

n-HEXANO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			Y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	Y _{ref} (%mol/mol)	Di
	Y ₁	Y ₂	Y ₃					
14	0,099378091	0,0987	0,0996	0,0992	0,0005	0,4725%	0,0992	0,00003
28	0,0915	0,0907	0,0901	0,0908	0,0007	0,0077	0,0992	-0,0084
45	0,099378091	0,099015453	0,098959014	0,099117520	0,000227419	0,002294436	0,0992	-0,0001
60	0,0999	0,0999	0,1	0,0999	0,0001	0,0006	0,0992	0,0007
71	0,0958	0,0958	0,0996	0,0971	0,0022	0,0226	0,0992	-0,0021
87	0,0921	0,0919	0,0922	0,0921	0,0002	0,0017	0,0992	-0,0071
92	0,097213466	0,097041036	0,096832609	0,097029037	0,000190712	0,001965513	0,0992	-0,0022
2	0,1098	0,1112	0,1119	0,1110	0,0011	0,0096	0,0992	0,0118
5	0,0991	0,0992	0,0993	0,0992	0,0001	0,0010	0,0980	0,0012
11	0,0992	0,0993	0,099	0,0992	0,0002	0,0015	0,0980	0,0012
17	0,0758	0,0757	0,0761	0,0759	0,0002	0,0027	0,0980	-0,0221
23	0,0994	0,0994	0,0994	0,0994	0,0000	0,0000	0,0980	0,0014
32	0,081	0,082	0,08	0,081	0,001	0,012	0,0980	-0,0170
49	0,1006	0,1004	0,1005	0,1005	0,0001	0,0010	0,0980	0,0025
50	0,0984	0,0985	0,0984	0,0984	0,0001	0,0006	0,0980	0,0004
56	0,0994	0,0992	0,0992	0,0993	0,0001	0,0012	0,0980	0,0013
75	0,0999	0,0994	0,0999	0,0997	0,0003	0,0029	0,0980	0,0017
96	0,1005	0,1002	0,1008	0,1005	0,0003	0,0030	0,0980	0,0025
Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante								

Tabla 11 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente Nitrógeno

NITRÓGENO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	y _{ref} (%mol/mol)	Di
	y ₁	y ₂	y ₃					
14	1,1216	1,1226	1,1218	1,1220	0,0005	0,0005	1,112	0,0100
28	1,2517	1,2027	1,188	1,2141	0,0334	0,0275	1,112	0,1021
45	1,12658362	1,12653042	1,12687038	1,126661473	0,000182863	0,000162306	1,112	0,0147
60	1,0787	1,0785	1,0786	1,0786	0,0001	0,0001	1,112	-0,0334
71	1,1234	1,1234	1,1512	1,1327	0,0161	0,0142	1,112	0,0207
87	1,1446	1,1443	1,1466	1,1452	0,0013	0,0011	1,112	0,0332
92	1,098000186	1,103964602	1,11739043	1,106451739	0,009931505	0,008975994	1,112	-0,0055
2	1,2891	1,2937	1,2977	1,2935	0,0043	0,0033	1,112	0,1815
5	1,1212	1,1204	1,1201	1,1206	0,0006	0,0005	1,121	-0,0004
11	1,1207	1,1208	1,1201	1,1205	0,0004	0,0003	1,121	-0,0005
17	1,0884	1,0877	1,0869	1,0877	0,0008	0,0007	1,121	-0,0333
23	1,1164	1,1162	1,1168	1,1165	0,0003	0,0003	1,121	-0,0045
32	1,202	1,204	1,198	1,201	0,003	0,003	1,121	0,0803
49	1,1284	1,1275	1,127	1,1276	0,0007	0,0006	1,121	0,0066
50	1,1244	1,1217	1,1201	1,1221	0,0022	0,0019	1,121	0,0011
56	1,1205	1,1215	1,1206	1,1209	0,0006	0,0005	1,121	-0,0001
75	1,1529	1,1489	1,1475	1,1498	0,0028	0,0024	1,121	0,0288
96	1,1164	1,1131	0,9931	1,0742	0,0703	0,0654	1,121	-0,0468

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

Tabla 12 – Resultados de los laboratorios participantes para el componente Dióxido de Carbono

DIOXIDO DE CARBONO								
Laboratorio	Resultados en Concentración (%mol/mol)			y _{media}	Desviación Estándar	Desviación Estándar Relativa (%)	y _{ref} (%mol/mol)	Di
	y ₁	y ₂	y ₃					
14	0,9989	0,9987	0,9983	0,9986	0,0003	0,0003	0,999	-0,0004
28	1,005	1,0043	1,0033	1,0042	0,0009	0,0009	0,999	0,0052
45	1,005154773	1,003794899	1,003869023	1,004272898	0,000764625	0,000761372	0,999	0,0053
60	1,0021	1,0017	1,002	1,0019	0,0002	0,0002	0,999	0,0029
71	0,9884	0,9884	1,0332	1,0033	0,0259	0,0258	0,999	0,0043
87	1,0007	1,0009	1,0005	1,0007	0,0002	0,0002	0,999	0,0017
88	0,9837	0,998	NA	0,9909	0,0101	0,0102	0,999	-0,0081
92	0,993423163	1,00057076	0,996519529	0,996837818	0,003584413	0,003595783	0,999	-0,0022
2	0,9791	0,9884	0,987	0,9848	0,0050	0,0051	0,996	-0,0112
5	0,9886	0,9889	0,9891	0,9889	0,0003	0,0003	0,996	-0,0071
11	0,9933	0,9941	0,9935	0,9936	0,0004	0,0004	0,996	-0,0024
17	1,0014	0,0017	0,0013	0,3348	0,5773	1,7243	0,996	-0,6612
23	0,9868	0,9862	0,9861	0,9864	0,0004	0,0004	0,996	-0,0096
32	1,003	1,004	1,006	1,004333333	0,00152753	0,152%	0,996	0,0083
49	0,9899	0,9906	0,9914	0,9906	0,0008	0,0008	0,996	-0,0054
50	0,9961	0,9961	0,9961	0,9961	0,0000	0,0000	0,996	0,0001
56	1,0005	1,0004	1,001	1,0006	0,0003	0,0003	0,996	0,0046
75	0,9899	0,9863	0,9889	0,9884	0,0019	0,0019	0,996	-0,0076
96	0,9926	0,9924	0,9931	0,9927	0,0004	0,0004	0,996	-0,0033

Observación: Resultados expresados según fueron enviados por cada laboratorio participante

NA – No analizado

Las Figuras de 1 a 10 presentan gráficamente los grados de equivalencia de los resultados de los componentes enviados por los laboratorios participantes de este EA calculados según descrito en la ecuación 1.

Un gráfico de dispersión es un gráfico cartesiano, donde en el eje horizontal están presentados los laboratorios participantes identificados apenas por la numeración final del código de identificación, en el eje vertical están los grados de equivalencia y las barras de errores son las desviaciones estándar de los resultados calculados para todos los laboratorios participantes de este EA.

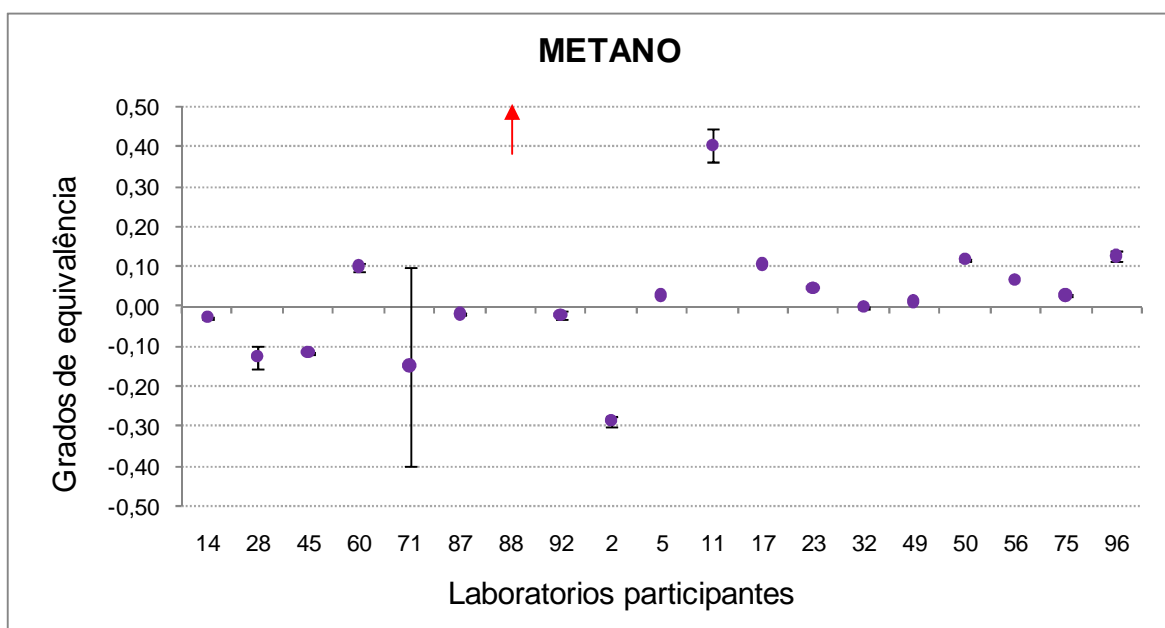


Figura 1 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para Metano

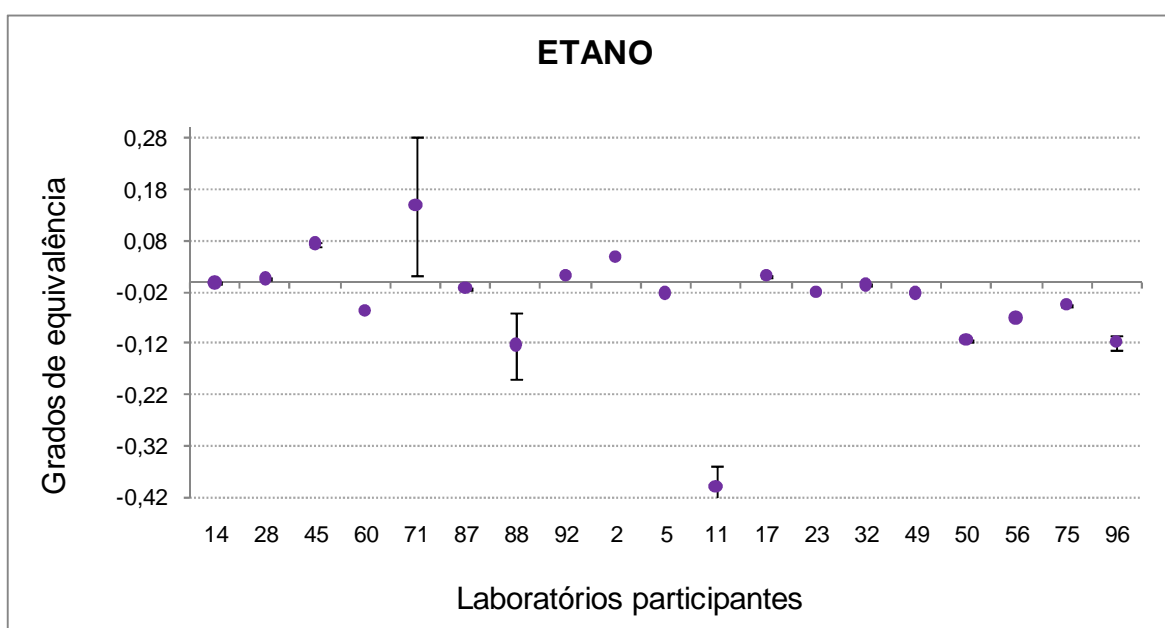


Figura 2 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para Etano

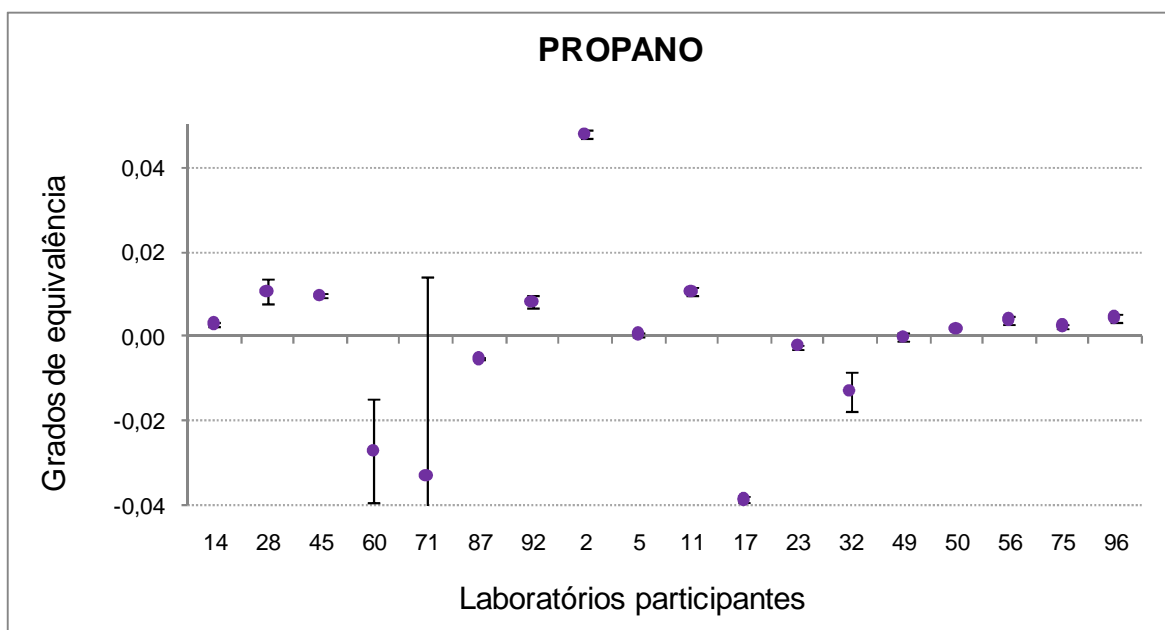


Figura 3 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para Propano

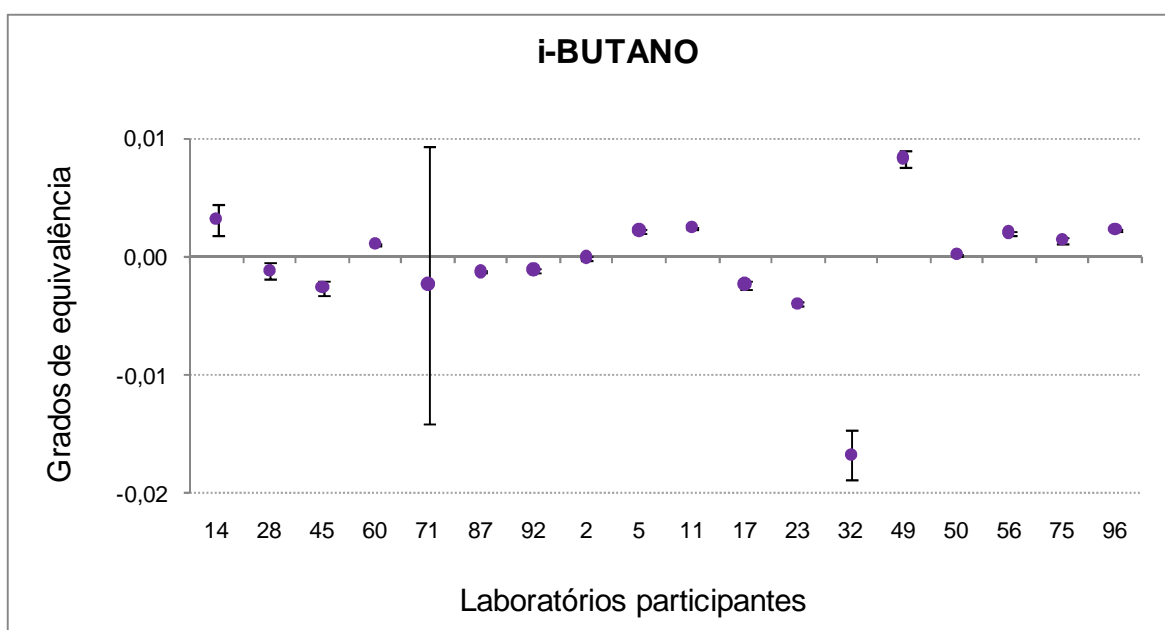


Figura 4 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para i-Butano

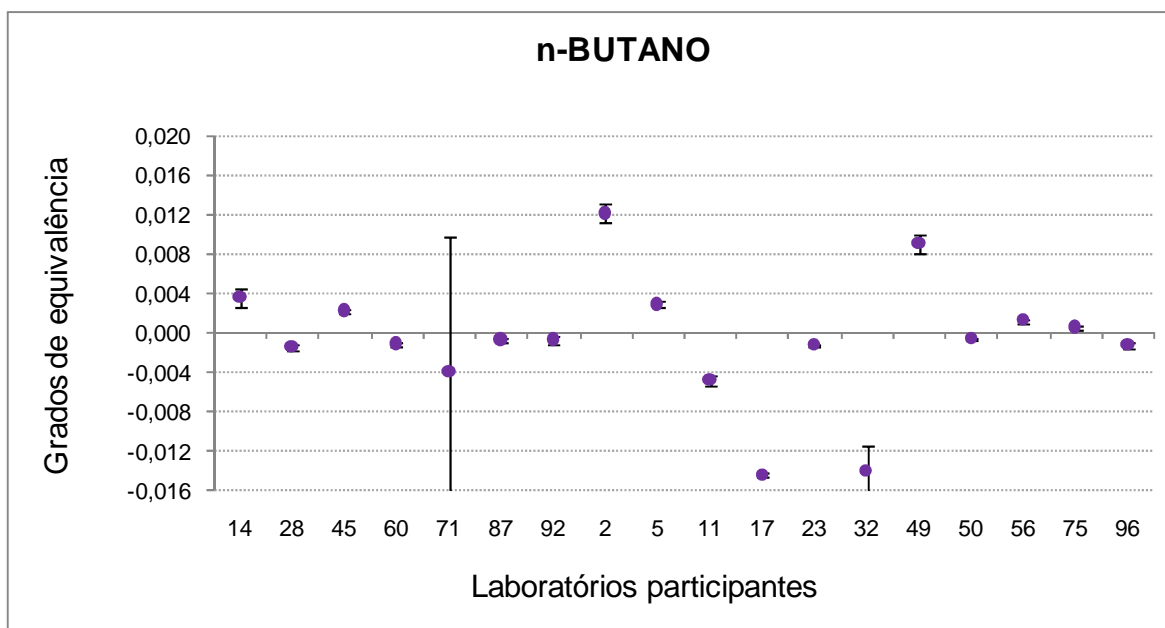


Figura 5 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para n-Butano

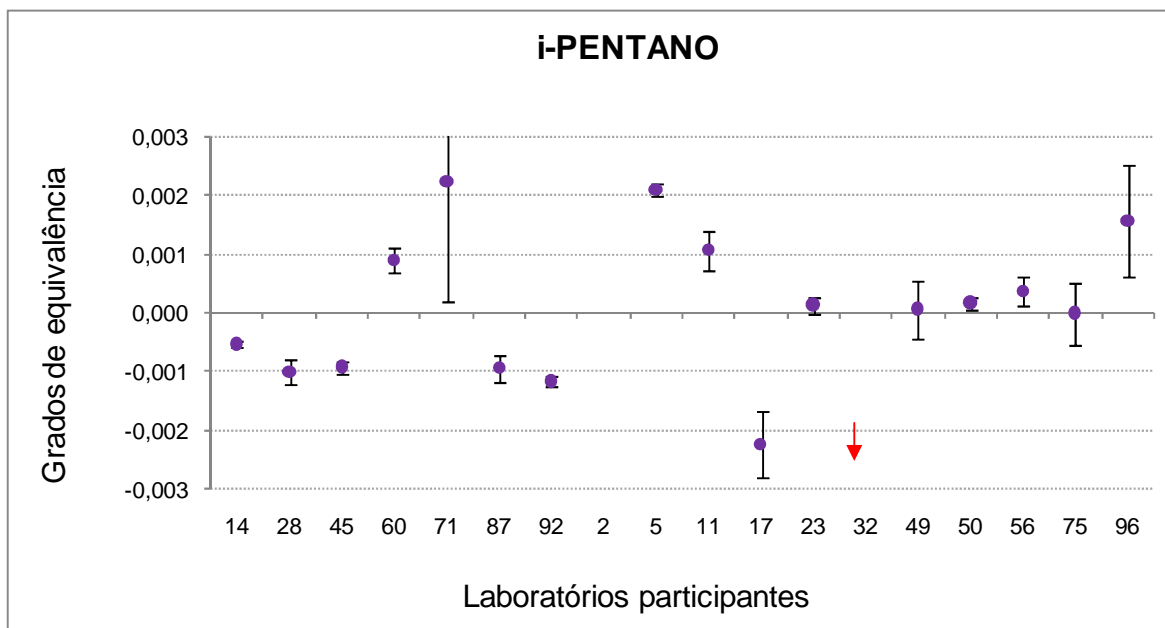


Figura 6 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para i-Pentano

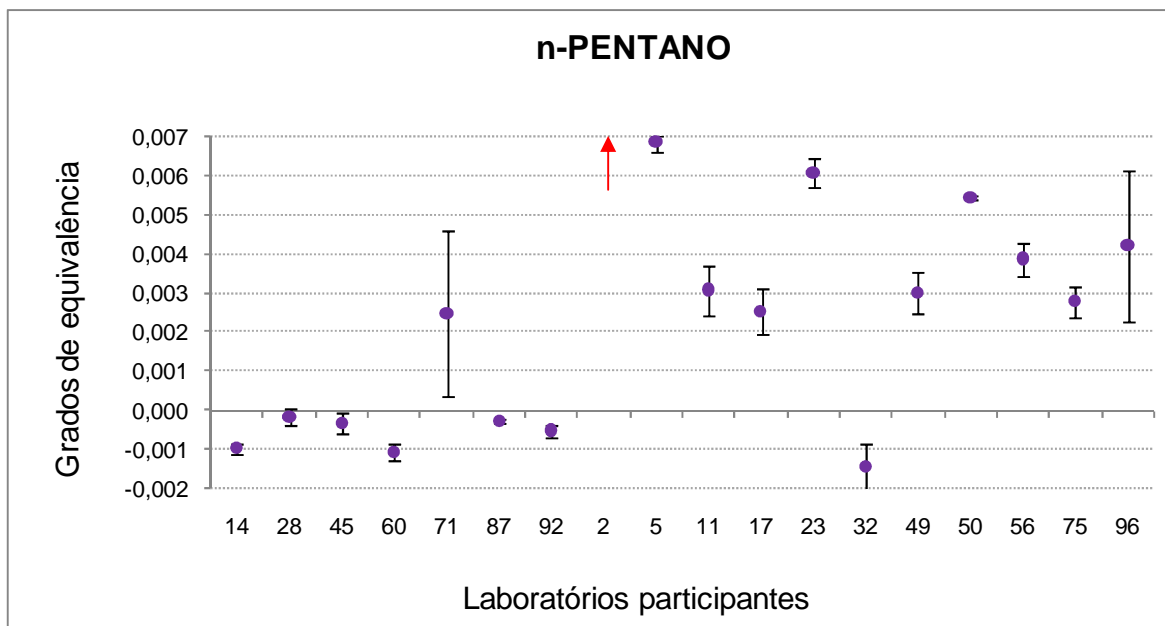


Figura 7 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para n-Pentano

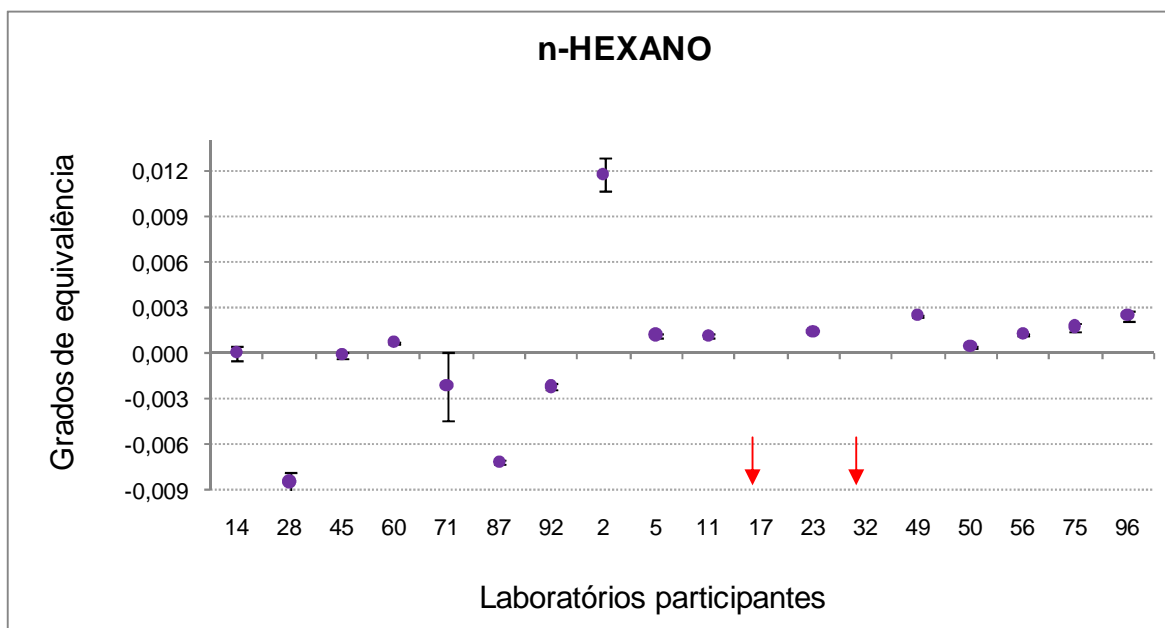


Figura 8 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para n-Hexano

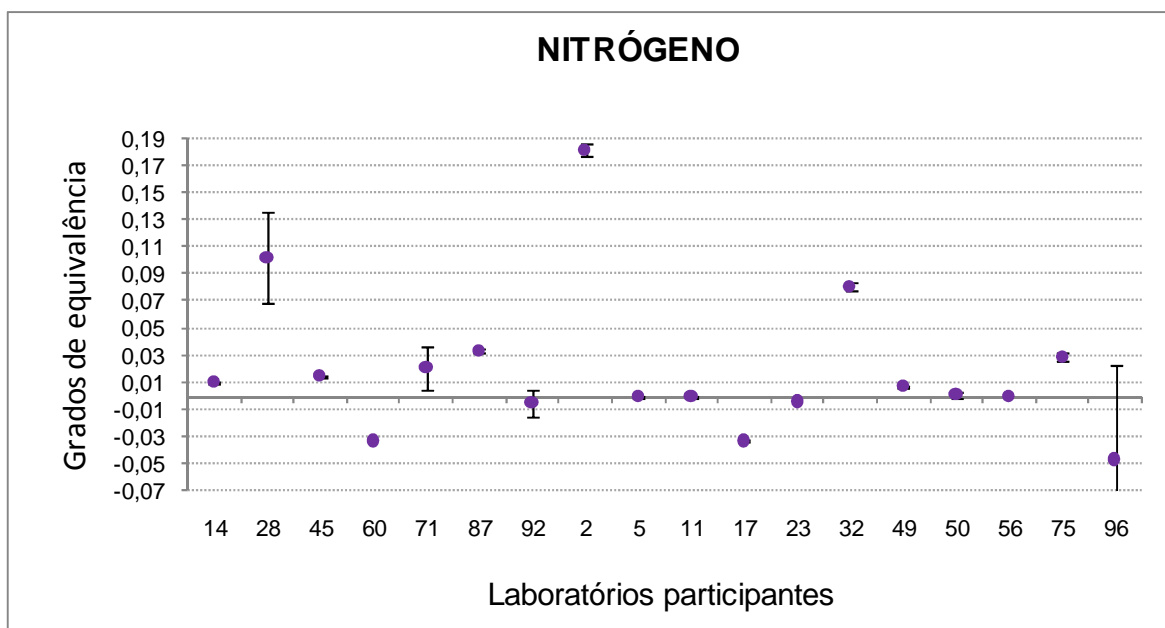


Figura 9 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para Nitrógeno

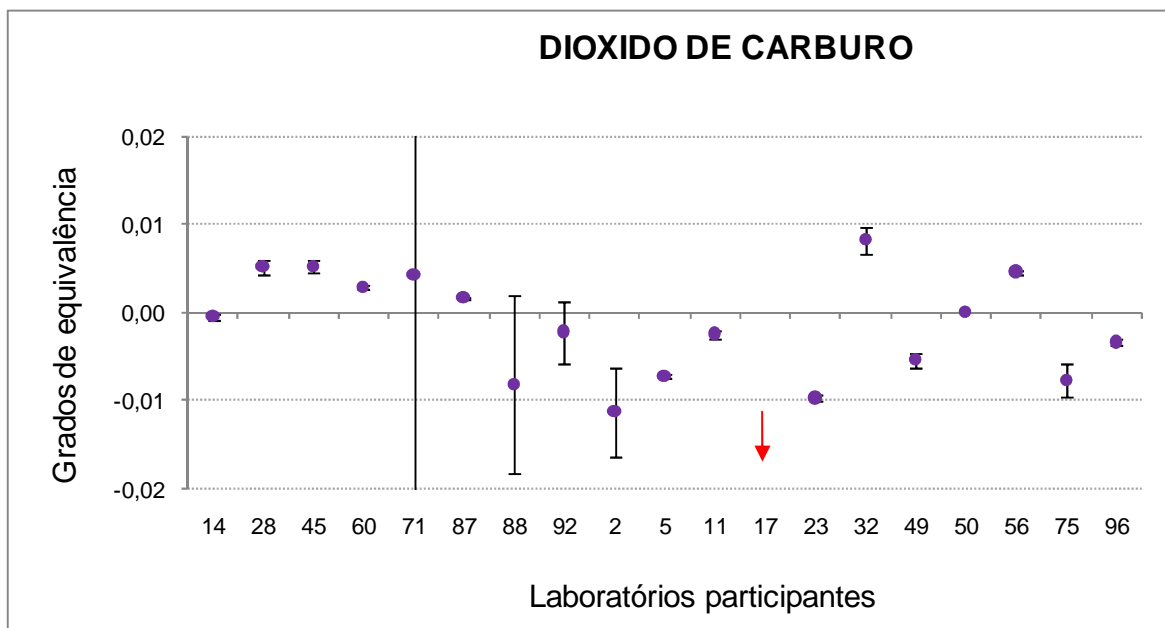


Figura 10 – Gráfico de dispersión de los resultados de los participantes para Dióxido de Carbono

4.2. Índice z

Para la evaluación del desempeño de los laboratorios fueron calculados los valores del índice z, que están presentados en las Figuras 11 a 20 y en la tabla 13.

Tabla 13 – Valores del índice z

Metano		Etano		Propano		i-Butano		n-Butano		i-Pentano		n-Pentano		n-Hexano		Nitrógeno		Dioxido de Carburo	
Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z	Lab	Índice z
2	-1,3	2	1,9	2	6,4	2	-0,1	2	10,6	2	13,9	2	21,4	2	21,6	2	69,0	2	-3,7
5	0,1	5	-0,9	5	0,1	5	2,3	5	2,5	5	4,2	5	15,2	5	2,0	5	-0,2	5	-2,4
11	1,8	11	-15,7	11	1,4	11	2,6	11	-4,1	11	2,1	11	6,8	11	1,9	11	-0,2	11	-0,8
14	-0,1	14	-0,2	14	0,5	14	3,6	14	3,3	14	-1,2	14	-2,1	14	0,1	14	3,3	14	-0,1
17	0,5	17	0,5	17	-5,2	17	-2,5	17	-12,5	17	-4,5	17	5,6	17	-36,9	17	-13,3	17	-220,4
23	0,2	23	-0,8	23	-0,3	23	-4,2	23	-1,1	23	0,3	23	13,5	23	2,3	23	-1,8	23	-3,2
28	-0,6	28	0,3	28	1,9	28	-1,3	28	-1,3	28	-2,2	28	-0,4	28	-18,7	28	34,0	28	2,1
32	0,0	32	-0,3	32	-1,7	32	-17,6	32	-12,2	32	-13,5	32	-3,2	32	-28,3	32	32,1	32	2,8
45	-0,5	45	4,1	45	1,8	45	-2,9	45	2,0	45	-2,1	45	-0,7	45	-0,2	45	4,9	45	2,1
49	0,0	49	-0,9	49	0,0	49	8,7	49	7,9	49	0,1	49	6,7	49	4,2	49	2,7	49	-1,8
50	0,5	50	-4,5	50	0,2	50	0,2	50	-0,5	50	0,3	50	12,1	50	0,7	50	0,4	50	0,0
56	0,3	56	-2,8	56	0,5	56	2,1	56	1,1	56	0,7	56	8,6	56	2,1	56	-0,1	56	1,5
60	0,5	60	-3,1	60	-4,9	60	1,1	60	-1,0	60	2,0	60	-2,4	60	1,6	60	-11,1	60	1,2
71	-0,7	71	8,2	71	-6,0	71	-2,6	71	-3,6	71	5,0	71	5,5	71	-4,7	71	6,9	71	1,7
75	0,1	75	-1,8	75	0,3	75	1,4	75	0,5	75	0,0	75	6,1	75	2,9	75	11,5	75	-2,5
87	-0,1	87	-0,8	87	-1,0	87	-1,4	87	-0,6	87	-2,1	87	-0,6	87	-15,9	87	11,1	87	0,7
88	14,4	88	-6,9	88	---	88	---	88	---	88	---	88	---	88	---	88	---	88	-3,3
92	-0,1	92	0,7	92	1,5	92	-1,2	92	-0,6	92	-2,6	92	-1,1	92	-4,8	92	-1,8	92	-0,9
96	0,5	96	-4,6	96	0,6	96	2,4	96	-1,0	96	3,1	96	9,3	96	4,2	96	-18,7	96	-1,1

En rojo están destacados los valores dispersos y en azul los valores cuestionables.

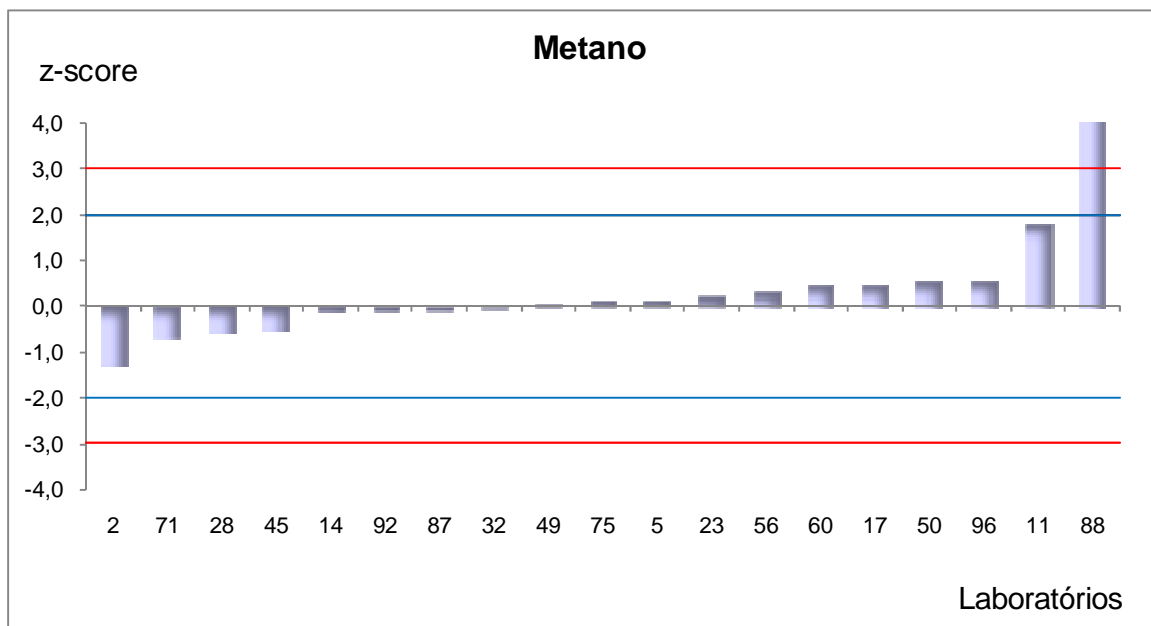


Figura 11 – Gráfico del índice z referente a la medición de Metano

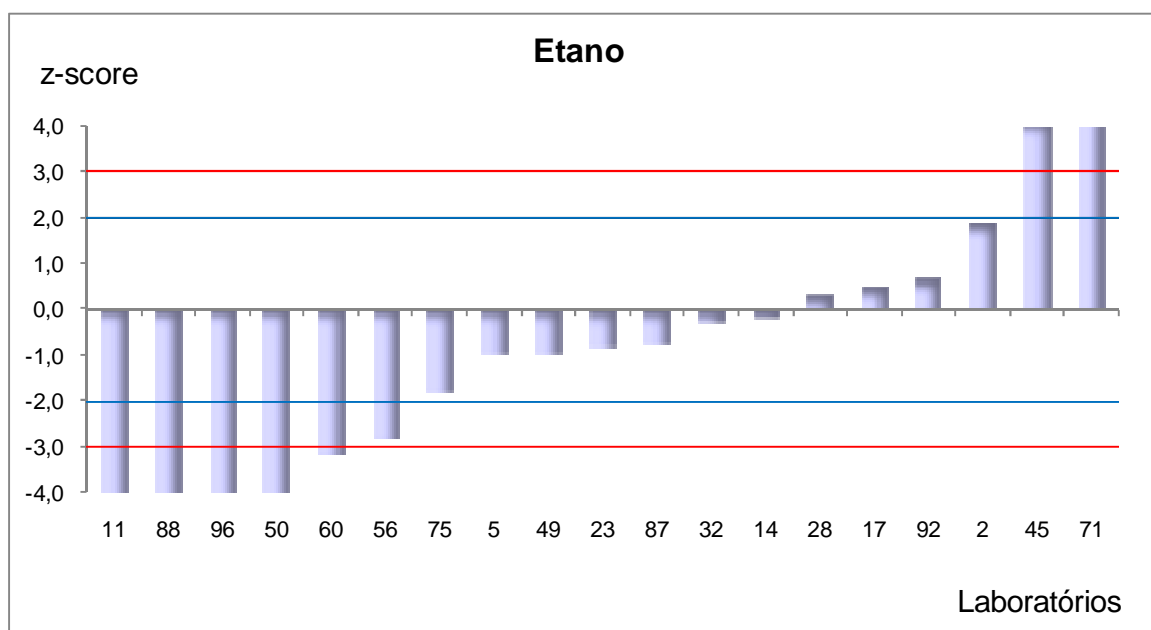


Figura 12 – Gráfico del índice z referente a la medición de Etano

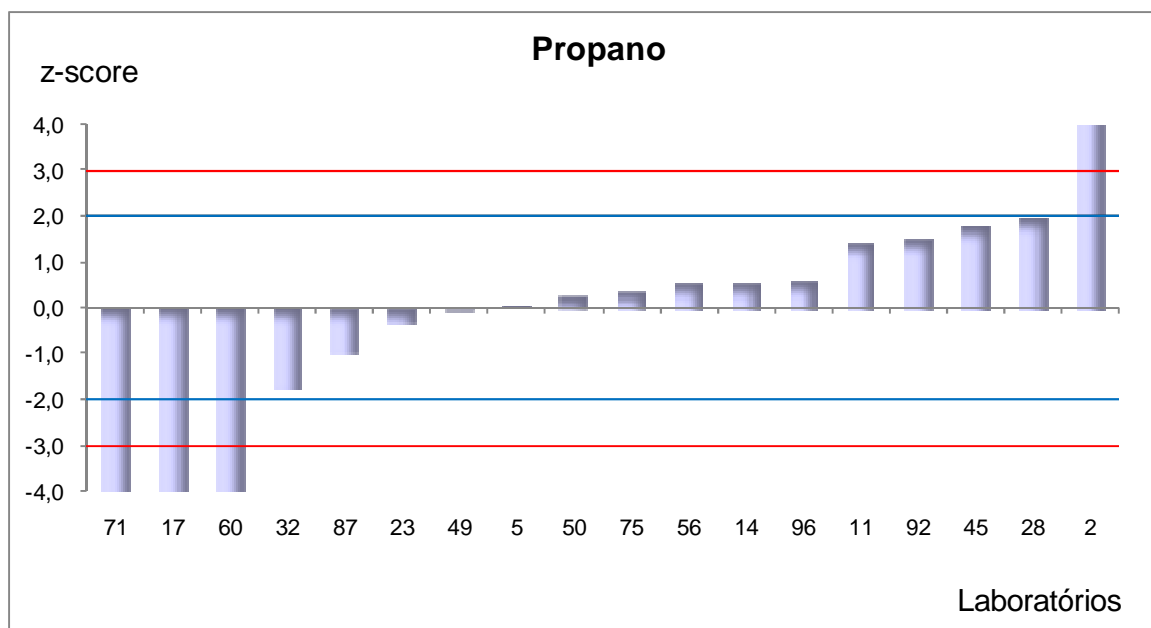


Figura 13 – Gráfico del índice z referente a la medición de Propano

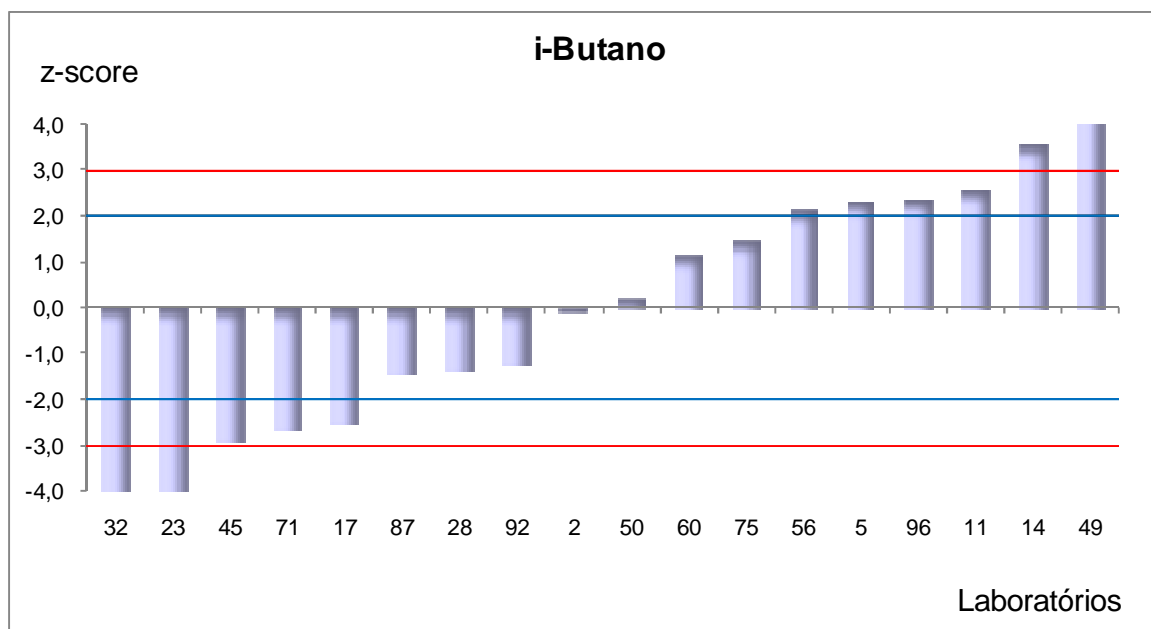


Figura 14 – Gráfico del índice z referente a la medición de i-Butano

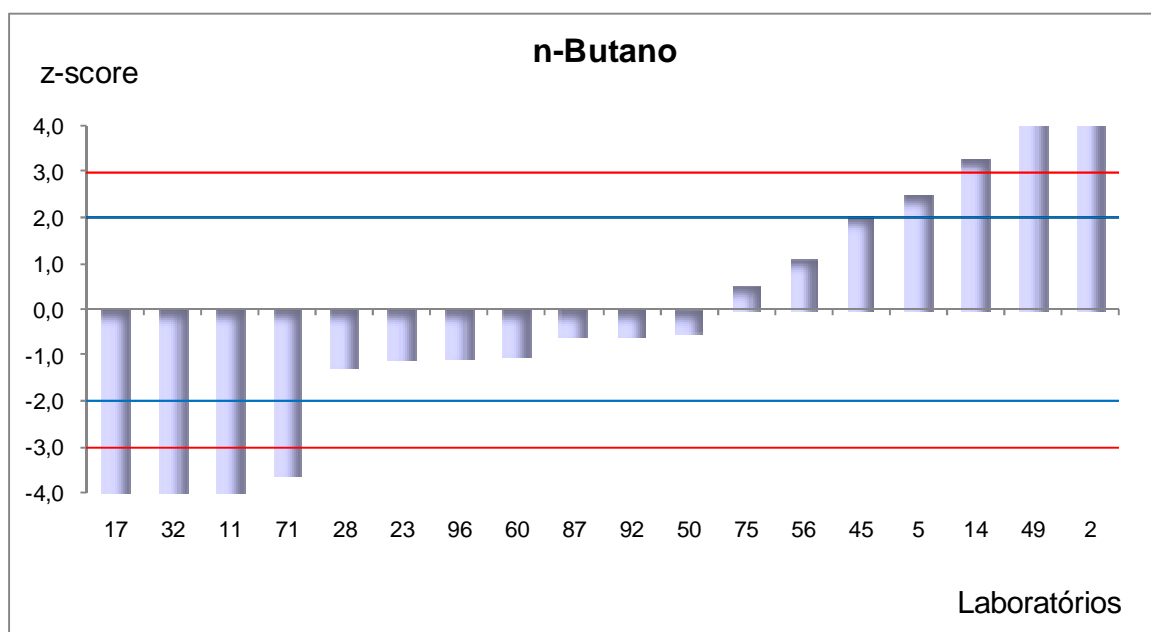


Figura 15 – Gráfico del índice z referente a la medición de n-Butano

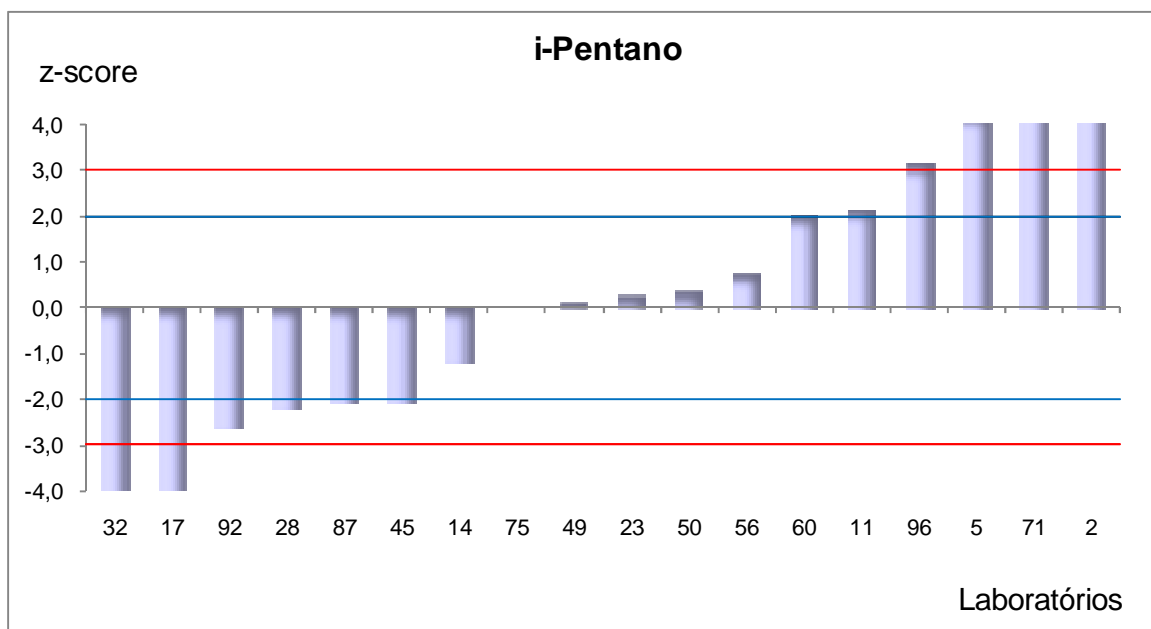


Figura 16 – Gráfico del índice z referente a la medición de i-Pentano

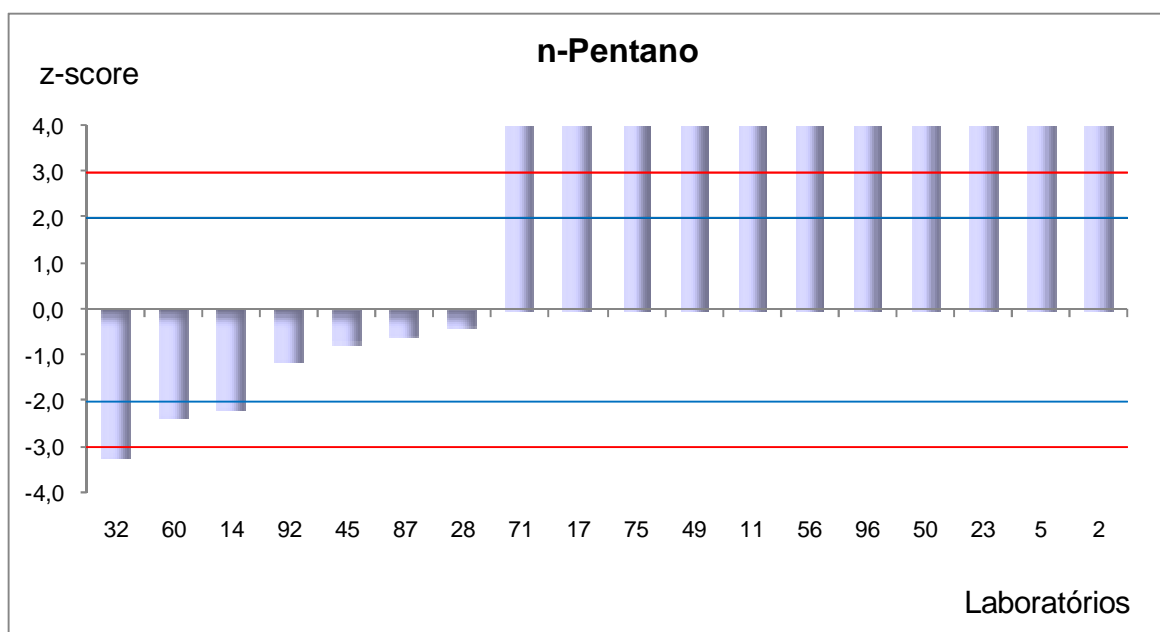


Figura 17 – Gráfico del índice z referente a la medición de n-Pentano

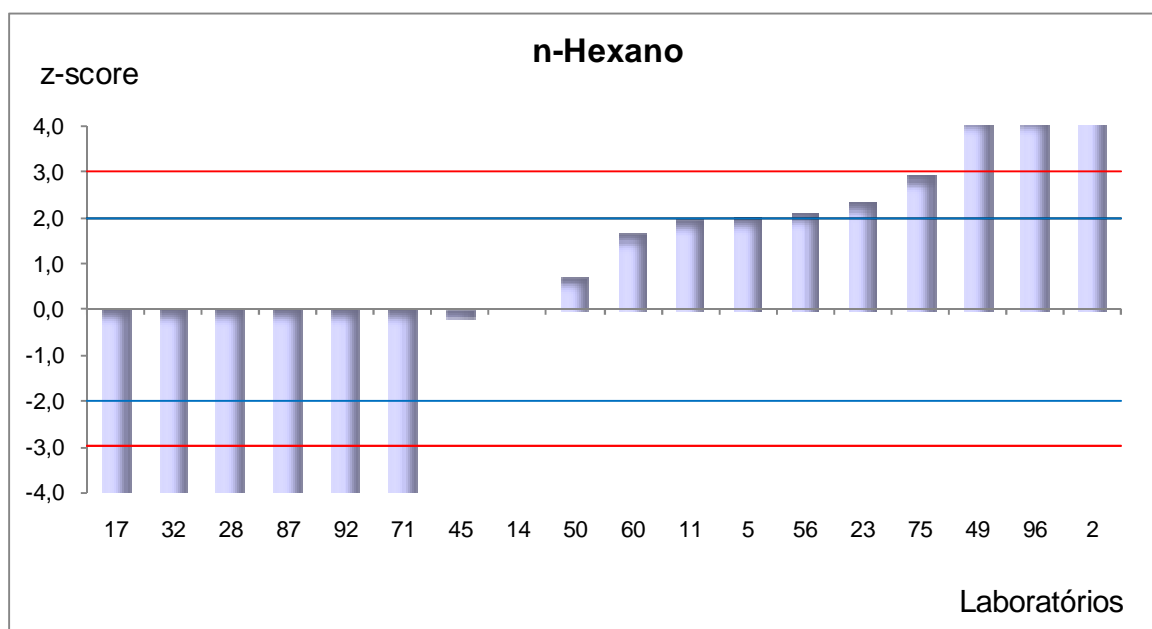


Figura 18 – Gráfico del índice z referente a la medición de n-Hexano

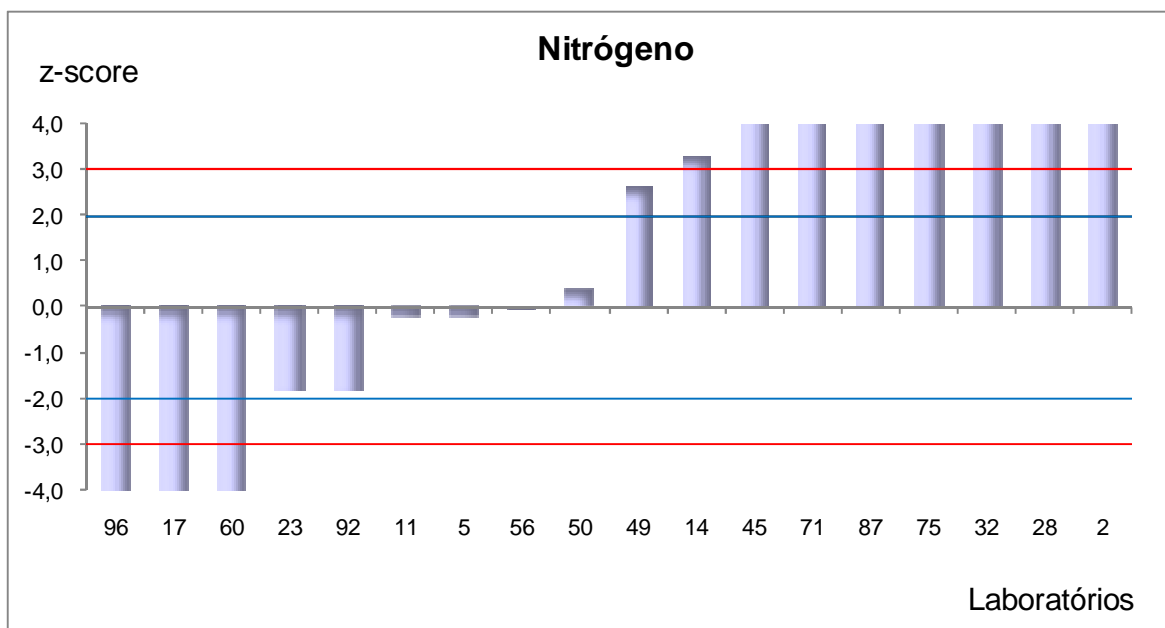


Figura 19 – Gráfico del índice z referente a la medición de Nitrógeno

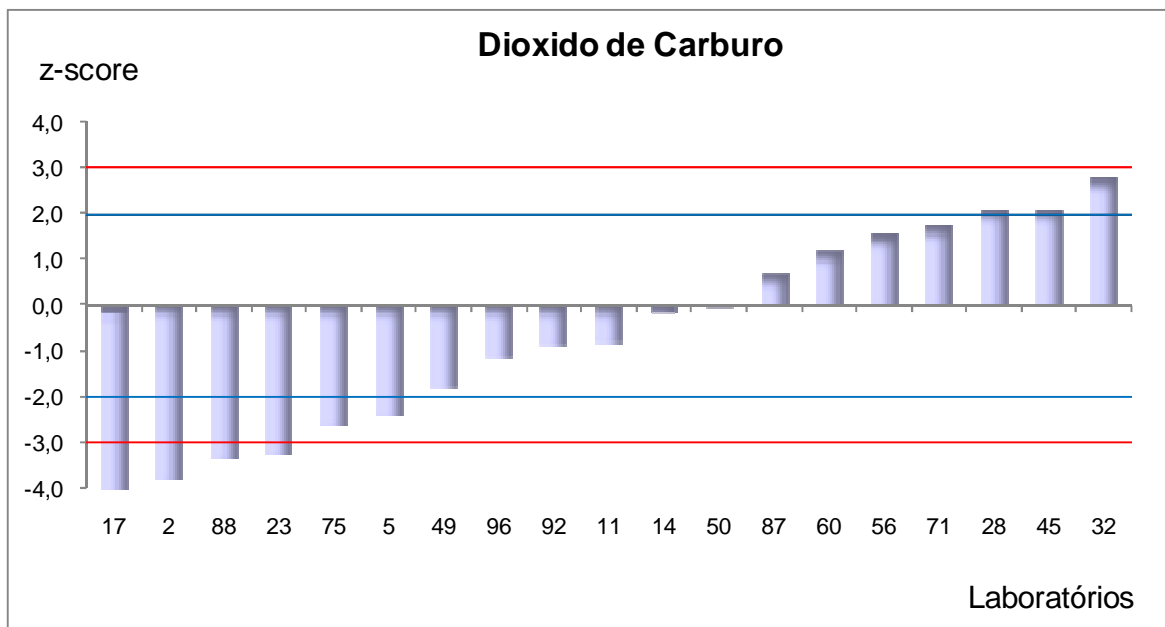


Figura 20 – Gráfico del índice z referente a la medición de Dióxido de Carbono

A través del análisis de los gráficos de las Figuras de 11 a 20 del índice z, se puede observar que:

- Metano: solamente el laboratorio 88 presentó resultados insatisfactorios.
- Etano: los laboratorios 11, 45, 50, 60, 71, 88 y 96 presentaron resultados insatisfactorios y el laboratorio 56 presentó resultado cuestionable.
- Propano: los laboratorios 2, 17, 60 y 71 presentaron resultados insatisfactorios.
- i-Butano: los laboratorios 14, 17, 23, 32, y 49 presentaron resultados insatisfactorios y los laboratorios 5, 11, 45, 56, 71 y 96 presentaron resultados cuestionables.
- n-Butano: los laboratorios 2, 11, 14, 17, 32, 49 y 71 presentaron resultados insatisfactorios y el laboratorio 5 presentó resultado cuestionable.
- i-Pentano: los laboratorios 2, 5, 17, 32, 71 y 96 presentaron resultados insatisfactorios y los laboratorios 11, 28, 45, 87 y 92 presentaron resultados cuestionables.
- n-Pentano: los laboratorios 2, 5, 11, 17, 23, 32, 49, 50, 56, 71, 75 y 96 presentaron resultados insatisfactorios y los laboratorios 14 y 60 presentaron resultados cuestionables.
- n-Hexano: los laboratorios 2, 17, 28, 32, 49, 71, 87, 92 y 96 presentaron resultados insatisfactorios y los laboratorios 23, 56 y 75 presentaron resultados cuestionables.
- Nitrógeno: los laboratorios 2, 14, 17, 28, 32, 45, 60, 71, 75 y 87 presentaron resultados insatisfactorios y los laboratorios 96 y 49 presentaron resultados cuestionables.
- Dióxido de Carbono: los laboratorios 2, 17, 23 y 88 presentaron resultados insatisfactorios y los laboratorios 5, 28, 32, 45 y 75 presentaron resultados cuestionables.

5. Conclusiones

Este EA alcanzó su objetivo de determinación del desempeño de los laboratorios participantes en la obtención de la composición química del gas natural en fase gaseosa a través del método de cromatografía de gas.

Con el fin de evaluar el desempeño de los laboratorios, fueron calculados los valores de índice z, los cuales están presentados gráficamente en las figuras de 11 a 20. Cada componente del gas natural fue considerado un parámetro de este EA y, de esta forma, los cálculos fueron realizados para cada componente del gas natural separadamente. Así, un resultado de un laboratorio para un determinado componente del gas natural puede ser considerado un valor cuestionable o hasta insatisfactorio por el método del z-score, todavía para el otro componente puede ser un valor satisfactorio.

Los resultados de algunos laboratorios sugieren la existencia de errores sistemáticos en la determinación de la composición química del gas natural en fase gaseosa por el método de cromatografía de gas, que en el caso del componente nitrógeno la ocurrencia puede estar relacionada con problemas en el muestreo y pequeñas fugas en las líneas. Sugerimos la revisión de los procedimientos aplicados y de los cálculos efectuados.

Se resalta que un EA es una herramienta de la calidad que tiene, entre otras funciones, la identificación de diferencias interlaboratoriales. Todavía, la evaluación tiene carácter puntual, siendo necesario un análisis crítico por parte del laboratorio sobre sus resultados, siendo que toda la experiencia del laboratorio debe ser considerada. Luego, el ejercicio del EA, de modo sistemático, puede garantizar al laboratorio informaciones sobre su capacidad de medición, siendo de gran importancia para el seguimiento de la validez de sus resultados.

6. Agradecimientos

A los señores Carl Felix Wolff y Christian Goethner de Physikalisch-Technische Bundesanstalt - PTB, al señor Juan Carlos Castillo y a la señora Mabel Delgado de Instituto Boliviano de Metrología - IBMETRO por el apoyo en la organización de este EA y a las empresas White Martins Gases Industriais Ltda y PRAXAIR Bolivia S.R.L. por el apoyo logístico.

7. Laboratorios Participantes

Diecinueve laboratorios Bolivianos fueron inscritos en la 5a Ronda del Programa de Ensayo de Aptitud para Análisis de Composición de Mezcla de Gases – Gas Natural.

La lista de los laboratorios Bolivianos que enviaron los resultados a la coordinación de este EP es presentada en la Tabla 14. Es importante resaltar que la numeración de la tabla es solamente un indicativo de el número de laboratorios participantes en el EA, no estando, en hipótesis alguna, asociada a la identificación de los laboratorios en la presentación de los resultados.

Tabla 14 – Laboratorios Participantes

Institución	
1.	BG Bolivia Corporation Planta Gas La Vertiente – Tarija
2.	Gas TransBoliviano Estación de Medición Río Grande, Cromatógrafo de Línea
3.	Gas TransBoliviano Estación de Medición Mutun, Cromatógrafo de Línea
4.	Gas TransBoliviano Estación de Medición Mutun cromatógrafo de Banco # 1
5.	Gas TransBoliviano Estación de Medición Mutun cromatógrafo de Banco # 2
6.	Gas TransBoliviano Estación de Medición Río Grande, cromatógrafo de Banco # 1
7.	Gas TransBoliviano Estación de Medición Río Grande, cromatógrafo de Banco # 2
8.	Gas TransBoliviano Estación de Compresión y medición Chiquitos, cromatógrafo de Línea
9.	PETROBRAS BOLIVIA SAN ANTONIO - Cromatografo GAS VENTA
10.	PETROBRAS BOLIVIA SAN ANTONIO – AMINAS
11.	Petrobras Bolivia S.A. Lab PEB Campo SAL – AGILENT6890
12.	Petrobras Bolivia S.A. Lab PEB Campo SAL - Cromatografo ON-LINE FASE 1
13.	Petrobras Bolivia S.A. Lab PEB Campo SAL - Cromatografo ON-LINE FASE 2
14.	Petrobras Bolivia S.A. San Antonio

15.	Universidad Mayor de San Simón Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental
16.	YPFB Transporte S.A. Flexibilización – Rio Grande
17.	YPFB Transporte S.A. Campo Grande (empalme San Alberto)
18.	YPFB Transporte S.A. Pocitos – Exportation Argentina
19.	YPFB Transporte S.A. Laboratorio de Control de Calidad de Gas Natural

Total de participantes: 19 laboratorios Bolivianos.

7. Referencias Bibliográficas

- INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION - ILAC G13. Guidelines for the requirements for the competence of providers of proficiency testing schemes, 2007
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO/IEC 17043 - Conformity assessment – General requirements for proficiency testing. 2010.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO 5725 (E), “Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results”, 1994.
- VALLE, M.L.M. **Produtos do setor de combustíveis e lubrificantes**. Editora Publit, 2007.
- VAZ, C.E.M.; MAIA, J.L.P.; SANTOS, W.G. **A indústria do gás natural**. Editora Bluncher, 2008.
- VIM, Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM, 2008). 1ª. Edição Brasileira. Rio de Janeiro, 2009.



Programa de Ensaios de Proficiência da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial - PEP Dimci
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém / Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250 - 020
Fax: +55 21 2679-9745 / www.inmetro.gov.br / pep-dimci@inmetro.gov.br