

INFORME DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA
PARA LABORATORIOS AMBIENTALES DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE EMISIONES A
LA ATMÓSFERA DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-085-SEMARNAT-1994.

CNM-EA-630-004/2011



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
DIRECCIÓN DE METROLOGÍA DE MATERIALES

DICIEMBRE DE 2011

**INFORME DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA
PARA LABORATORIOS AMBIENTALES DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE EMISIONES A
LA ATMÓSFERA DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM - 085-SEMARNAT-1994.**

CNM-EA-630-004/2011

CONTENIDO

	PÁGINA
1. PRESENTACIÓN	1
2. CONTENIDO	2
3. RESUMEN	3
4. INTRODUCCIÓN	3
5. IMPORTANCIA DEL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA	3
6. PROCESO DE MEDICIÓN	4
7. MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN EL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA	5
8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	6
9. CRITERIO DE EVALUACIÓN	7
10. CONCLUSIONES	9

**INFORME DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA DE
LABORATORIOS AMBIENTALES DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE EMISIONES A LA
ATMÓSFERA DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM- 085-SEMARNAT-1994.**

CNM-EA-630-004/2011

RESUMEN

Este informe contiene los resultados del Ensayo de Aptitud Técnica CNM-EA-630-004/2011, de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994, para la cual se prepararon específicamente los materiales de referencia certificados para dar los valores de referencia por parte del CENAM, de acuerdo a los procedimientos internos de aseguramiento de calidad, de manera que las muestras analizadas están garantizadas por el CENAM en sus valores de concentración.

Se presentan los resultados proporcionados por los participantes en los formatos establecidos en el protocolo CNM-EA-630-004/2011, por medio de gráficas y tablas de resultados. Se presentan los resultados de evaluación, aplicando el criterio descrito en el protocolo mencionado.

1. INTRODUCCIÓN

El CENAM, en un plan de apoyo a la mejora de las mediciones en metrología en química, organiza una serie de ensayos de aptitud, dentro de las cuales se incluyen las mediciones de emisiones a la atmósfera, para los laboratorios que pueden participar de forma abierta. En esta ocasión la Dirección de Metrología de Materiales, convocó por medio de la página WEB del CENAM, a participar en el Ensayo de Aptitud Técnica CNM-EA-630-004/2011, a los laboratorios ambientales de medición y análisis de emisiones a la atmósfera por fuentes fijas bajo la norma oficial NOM-085-SEMARNAT-1994.

En el proceso de la organización de este ensayo interlaboratorio, el CENAM, consideró adecuado el uso de mezclas de gases certificadas en cantidad de sustancia así como el uso de gases de la mas alta pureza y que por medio de un mezclador/dilusor (mezclador dinámico de gases), debidamente caracterizado, se produjera una serie de secuencias de mezclas simulando emisiones en campo que representaran algunos estados de combustión.

1.1 IMPORTANCIA DEL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA

La participación en este ensayo de aptitud técnica, les permite a los laboratorios demostrar su desempeño analítico por medio de las mediciones que se realizan y/o mejorarlo al comparar sus valores con los resultados de la referencia y con los de otros laboratorios participantes y vislumbrar el alcance de su competencia técnica de medición. Como se puede observar en este informe la evaluación se basa en la comparación de los resultados generados por los participantes con los valores de referencia proporcionados por el CENAM. Existen diferentes esquemas para establecer esta relación, pero en este caso, los ensayos se diseñaron de tal manera que se pudieran comparar con los valores que establece el CENAM, o sea con respecto a los valores de referencia de las mezclas generadas, las cuales se caracterizaron utilizando materiales de referencia certificados o materiales de referencia primarios de mezclas de gases, siendo de principal importancia la confiabilidad de las referencias utilizadas en el ensayo.

1.2 PROCESO DE MEDICIÓN

1.2.1 Sistema para la generación de mezclas de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) en nitrógeno (N₂).

1.2.1.1 Diseño del experimento

Para la realización del ensayo de aptitud técnica de medición de gases contaminantes emitidos a la atmósfera por fuentes fijas, se diseñó e instaló un sistema experimental de medición, para generar un flujo de gases conteniendo las mezclas de CO, O₂ y N₂. Las muestras de gases son generadas con un mezclador/dilusor (mezclador dinámico de gases) con un flujo menor a 4 L/min; se proporciona una secuencia diferente de concentración a medir para cada laboratorio. Una secuencia consta de 4 combinaciones de gases aleatoriamente seleccionadas de los 8 estados posibles, lo que permite dar un grado de dificultad al ensayo, al simular diferentes estados de combustión que podrían presentarse en una caldera de capacidad inferior a 5 250 MJ/h.

1.2.1.2 El sistema experimental consta de un sistema computarizado mezclador/dilusor de gases, un puerto de muestreo y 3 cilindros conteniendo gases especiales a presión con las siguientes composiciones:

- a) Mezcla de CO en N₂; a una concentración de $5008 \pm 50 \mu\text{mol/mol}$
- b) Mezcla de O₂ en N₂; a una concentración de $21.01 \pm 0.21 \text{ cmol/mol}$
- c) Nitrógeno con 99.999 % de pureza.

La configuración del sistema de medición para el ensayo se presenta en la siguiente figura:

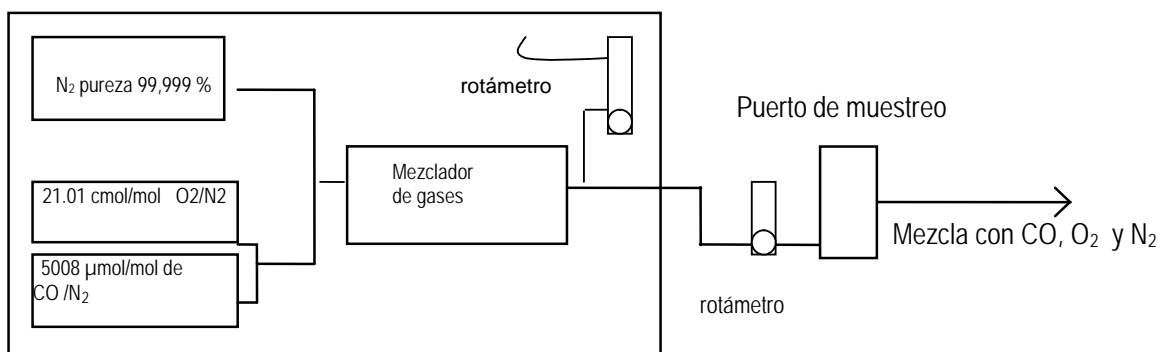


FIGURA 1. SISTEMA DE GENERACIÓN Y MEDICIÓN DE MEZCLAS DE GASES

1.3 MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN EL ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA

Para que todos los laboratorios pudieran medir bajo condiciones equitativas y sin interferencias, se utilizan mezclas de monóxido de carbono certificadas por el CENAM y oxígeno de la más alta pureza, La concentración de dicha mezcla se indica en la tabla 1.

TABLA 1. Mezcla de CO/N₂ utilizado

COMPUESTO	CONCENTRACIÓN	INCERTIDUMBRE U K=2
Monóxido de Carbono/N ₂	5008 µmol/mol	50 µmol/mol

1.3.1 Los valores de referencia para las mezclas que generaron los estados de combustión para ser medidos por cada laboratorio fueron obtenidos por CENAM de acuerdo a sus métodos de medición y análisis así como a la experiencia de los metrólogos participantes.

En la tabla 2 se presentan e identifican con una letra mayúscula los valores de referencia (R) para cada estado de combustión y su incertidumbre U con un factor de cobertura k=2.

TABLA 2. Valores de referencia (R) e incertidumbre para cada valor de concentración en los estados de combustión del Ensayo de Aptitud Técnica CNM-EA-630-004/2011, para CO y O₂, en analizadores de un flujo menor a 4 L/min

ESTADO	CO µmol/mol	INCERTIDUMBRE U µmol/mol k=2	ESTADO	O ₂ cmol/mol	INCERTIDUMBRE U cmol/mol k=2
A	185	15	A	2.48	0.20
B	246	20	B	3.29	0.27
C	307	25	C	4.12	0.33
D	367	30	D	4.94	0.40
E	427	35	E	9.12	0.74
F	484	39	F	9.88	0.80
G	543	44	G	10.70	0.87
H	602	49	H	11.50	0.93

1.3.2 Calibración de los analizadores

Las concentraciones de referencia de las mezclas generadas, correspondientes a cada estado de combustión medido por los laboratorios participantes, se caracterizaron usando un analizador infrarrojo no dispersivo y un analizador paramagnético, para CO y O₂ respectivamente. Los analizadores fueron calibrados analíticamente empleando materiales de referencia primarios elaborados por CENAM o materiales de referencia certificados por CENAM.

1.3.3 Diseño de la secuencia

Se generaron ocho mezclas de O_2 y CO en N_2 (tabla 3) para analizadores que manejan un flujo menor a 4 L/min, con la finalidad de producir secuencias de estados de combustión a partir de la combinación aleatoria entre las concentraciones de CO y O_2 , lo cual permitió asegurar una secuencia de medición única para cada uno de los participantes durante el desarrollo del ensayo de aptitud técnica.

La secuencia medida por cada laboratorio consistió de tres repeticiones aleatorias de cada una de las cuatro concentraciones o estados de combustión asignados, las cuales fueron medidas en el lapso de 37 minutos.

En las tablas y gráficas de resultados de este informe, las secuencias asignadas por el CENAM a cada laboratorio están representadas de la forma como se muestra en el ejemplo siguiente:

AA BB CC DD BB CC DD AA DD CC BB AA

En donde la primera letra de cada par corresponde a la concentración de CO y la segunda a la de O_2 .

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A partir de la información reportada por cada laboratorio participante, se presentan las tablas comparativas de resultados de las mediciones de CO (tabla 5) y O_2 (tabla 6); la tabla comparativa de resultados del cálculo del exceso de aire (tabla 7); la gráfica y la tabla de resultados individuales de cada laboratorio participante para CO y O_2 ; la tabla comparativa de todos los equipos empleados en el ensayo de aptitud técnica (tabla 8) y la tabla de los resultados del examen escrito (tabla 9).

El número de código asignado aleatoriamente a cada laboratorio es para facilitar la identificación de los laboratorios y para garantizar la confidencialidad de los resultados de cada uno de los participantes.

2.1 Definiciones:

Promedio reportado es el resultado registrado y reportado por cada participante de acuerdo a su juicio, calculado para cada estado de combustión correspondiente a la secuencia seguida.

Promedio calculado es el resultado de promediar las tres repeticiones de cada estado de combustión correspondiente a la secuencia correcta asignada por el CENAM a cada participante.

Los resultados se presentan en este informe de la siguiente manera:

2.1.1 Las tablas 5 (**CO**) y 6 (**O_2**) presentan los parámetros de regresión lineal: (la pendiente, **m**; y la ordenada al origen, **b**) de la curva de calibración obtenida a partir del promedio calculado de cada uno de los estados de combustión y los valores esperados por dicha curva en las concentraciones de interés, cuyos resultados se deben situar entre los límites de aceptación para los estados de combustión de referencia más bajo y más alto. En la última columna de ambas tablas se indica si se encuentra totalmente dentro o no de los límites de aceptación, con la palabra SI o la palabra NO.

2.1.2 En la tabla 7 se muestra el valor de exceso de aire de referencia, para los cuatro estados de combustión asignados a cada participante en el ensayo y sus límites de aceptación (\pm LA) superior e inferior, también se presenta por cada estado de combustión el exceso de aire reportado y se indica si como mínimo tres de los cuatro valores de exceso de aire se encuentran totalmente dentro de los intervalos de confianza, con la palabra SI o la palabra NO.

2.1.3 En la gráfica y tabla de resultados de CO y O₂ de cada uno de los laboratorios participantes, se presenta la siguiente información: los valores de concentración de referencia para los cuatro estados de combustión asignados a cada laboratorio y se identifican con una letra mayúscula de la A hasta la H, las doce mediciones y promedios reportados durante el ensayo por el laboratorio y el cálculo del promedio de las tres repeticiones de cada estado de combustión correspondiente a la secuencia correcta asignada por el CENAM a cada participante.

La secuencia correcta asignada por el CENAM está representada por doce pares de letras (como se comenta en el punto 1.3.3.), la primera letra de cada par corresponde a la concentración de CO y la segunda a la concentración de O₂, cuyas concentraciones esperadas corresponden a las señaladas en la tabla 2 del respectivo componente.

En las gráficas de resultados de CO y O₂ de cada uno de los laboratorios participantes se muestra gráficamente el intervalo de concentración R (valor de referencia) \pm LA (ver tabla 3).

2.1.4 La tabla 8 presenta las características más importantes de los equipos usados por los laboratorios participantes: código, marca, modelo, número de serie, intervalo de concentración para monóxido de carbono, para bióxido de carbono y para oxígeno, tiempo de respuesta, flujo, frecuencia de mantenimiento y fecha de la última calibración.

2.1.5 La tabla 9 presenta los resultados del examen escrito presentado por los analistas durante la evaluación.

3. CRITERIO DE EVALUACIÓN

El criterio de aceptación para los resultados de CO y O₂, consiste de un intervalo de concentración delimitado por \pm un número de veces la incertidumbre estimada por el CENAM correspondiente a cada estado de combustión, tabla 2. A dicho intervalo de concentración se le denomina Límite de Aceptación (\pm LA), tabla 3.

TABLA 3. Valores de referencia (R) y Límites de Aceptación (LA) para cada valor de concentración en los estados de combustión del Ensayo de Aptitud Técnica CNM-EA-630-004/2011 para CO y O₂, en analizadores de un flujo menor a 4 L/min

ESTADO	CO μmol/mol	LIMITES DE ACEPTACIÓN μmol/mol	ESTADO	O ₂ cmol/mol	LIMITES DE ACEPTACIÓN cmol/mol
A	185	160.36 – 208.66	A	2.48	2.16 – 2.80
B	246	214.03 – 278.37	B	3.29	2.87 – 3.72
C	307	267.16 – 347.20	C	4.12	3.59 - 4.65
D	367	319.71 – 415.10	D	4.94	4.30 – 5.58
E	427	371.59 – 482.45	E	9.12	7.94 – 10.30
F	484	420.97 – 546.69	F	9.88	8.61 - 11.16
G	543	472.42 – 613.89	G	10.70	9.31 – 12.08
H	602	523.80 – 680.58	H	11.50	10.02 - 12.99

3.1 El laboratorio se considera capacitado técnicamente para dictaminar sobre mediciones de gases contaminantes emitidos por fuentes fijas, si cumple con los puntos siguientes:

3.1.1 Para monóxido de carbono. Que su curva de regresión se encuentre dentro de los límites del intervalo de aceptación (\pm LA), o sea que las concentraciones esperadas usando la curva de calibración de promedio calculado de cada laboratorio en los estados de combustión extremos (tabla 4) se sitúen dentro de los límites de aceptación para la concentración del estado de combustión más bajo comprendido entre **160.36 a 208.66** μmol/mol y más alto entre **523.80 a 680.58** μmol/mol, para analizadores con un flujo menor a 4 L/min

3.1.2 Para oxígeno. Que su curva de regresión se encuentre dentro de los límites de aceptación (\pm LA), o sea que las concentraciones esperadas usando la curva de calibración de promedio calculado de cada laboratorio en los estados de combustión extremos (tabla 4) se sitúen dentro de los límites de aceptación para la concentración del estado de combustión más bajo comprendido entre **2.16 a 2.80** cmol/mol y más alto entre **10.02 a 12.99** cmol/mol para analizadores con un flujo menor a 4 L/min.

TABLA 4. Concentraciones aceptables para los estados de combustión extremos en analizadores de un flujo menor a 4 L/min

GAS	ESTADO DE COMBUSTIÓN EXTREMO \pm LA	CONCENTRACIÓN DE INTERÉS USANDO CURVA DE CALIBRACIÓN DE PROMEDIO CALCULADO
Monóxido de carbono μmol/mol (ppm)	602 \pm LA 185 \pm LA	$Y_{602} = m(602) + b$ $Y_{185} = m(185) + b$
Oxígeno cmol/mol (%)	11.50 \pm LA 2.48 \pm LA	$y_{11.50} = m(11.50) + b$ $y_{2.48} = m(2.48) + b$

3.1.3 Para exceso de aire. Que el exceso de aire calculado de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994, para tres de los cuatro estados de combustión reportados por el laboratorio participante, se encuentren entre los límites de aceptación en los excesos de aire de referencia correspondientes.

3.1.4 Para el resultado del examen de conocimientos técnicos, un mínimo de 80 % de respuestas correctas se considera la calificación aprobatoria.

4. CONCLUSIONES

1.- El presente ensayo de aptitud ayuda a los laboratorios que miden emisiones de fuentes fijas a tomar las acciones que le permitan implementar en sus sistemas de calidad, programas de verificación y mantenimiento periódico del funcionamiento de su analizador. Para esto último puede ser de utilidad el documento denominado **“GUIA SOBRE LA CALIFICACIÓN DE EQUIPO DE INSTRUMENTOS ANALITICOS”**, el cual se encuentra disponible en publicaciones gratuitas en la página WEB del CENAM.

2.- De los resultados obtenidos por los participantes en este ensayo, se observa que todos los laboratorios se encuentran dentro de los límites de aceptación establecidos por el CENAM para los parámetros evaluados O₂, CO y Exceso de Aire.

3.- El laboratorio con código 322836 no obtuvo la calificación mínima aprobatoria requerida en el examen de conocimientos técnicos por lo que se recomienda que se actualice en el conocimiento de la norma oficial mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994.

TABLA 5
ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA CNM-EA-630-004/2011; CO
Analizadores con flujo menor a 4 L/min
 Intervalo de confianza para el estado de carburación más bajo: 160.36 - 208.66 $\mu\text{mol/mol}$
 Intervalo de confianza para el estado de carburación más alto: 523.80 - 680.58 $\mu\text{mol/mol}$

No. de laboratorio	Código	y=mx+b a partir de los promedios calculados		y/185	y/602	¿Se encuentra totalmente en los intervalos de confianza?
		Pendiente	Ordenada			
1	322401	1.01	-3.36	183.3	606.0	SI
2	322488	1.02	3.09	192.0	619.7	SI
3	322575	1.02	-3.82	184.1	609.5	SI
4	322662	1.04	-3.41	187.7	620.5	SI
5	322749	0.91	2.39	170.8	551.9	SI
6	322836	1.00	-2.15	183.1	602.4	SI
7	322923	1.05	13.09	207.6	647.8	SI
8	323010	0.93	22.08	194.3	584.0	SI
9	323097	1.01	-13.39	173.1	595.2	SI
10	323184	0.94	1.00	174.6	567.6	SI
11	323445	1.05	9.42	204.0	644.4	SI
12	323532	0.95	5.09	181.1	579.6	SI
13	323619	0.94	4.22	177.5	569.7	SI
14	323706	1.01	-3.14	183.7	606.8	SI
15	323793	1.02	-1.13	187.8	615.3	SI

TABLA 6
ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA CNM-EA-630-004/2011; O₂
Analizadores con flujo menor a 4 L/min
 Intervalo de confianza para el estado de carburación más bajo: 2.16 - 2.80 cmol/mol
 Intervalo de confianza para el estado de carburación más alto: 10.02 - 12.99 cmol/mol

No. de laboratorio	Código	y=mx+b a partir de los promedios calculados		y/2.48	y/11.50	¿Se encuentra totalmente en los intervalos de confianza?
		Pendiente	Ordenada			
1	322401	1.01	0.05	2.54	11.61	SI
2	322488	0.98	0.06	2.49	11.32	SI
3	322575	1.01	-0.15	2.36	11.48	SI
4	322662	1.02	-0.01	2.53	11.75	SI
5	322749	1.02	-0.04	2.48	11.68	SI
6	322836	0.97	-0.12	2.29	11.04	SI
7	322923	0.98	0.22	2.65	11.49	SI
8	323010	0.96	0.19	2.58	11.25	SI
9	323097	0.89	0.05	2.26	10.33	SI
10	323184	1.02	-0.22	2.32	11.53	SI
11	323445	0.99	-0.18	2.29	11.24	SI
12	323532	0.97	0.22	2.62	11.37	SI
13	323619	0.97	0.21	2.61	11.32	SI
14	323706	0.99	-0.01	2.45	11.38	SI
15	323793	0.99	-0.08	2.38	11.31	SI

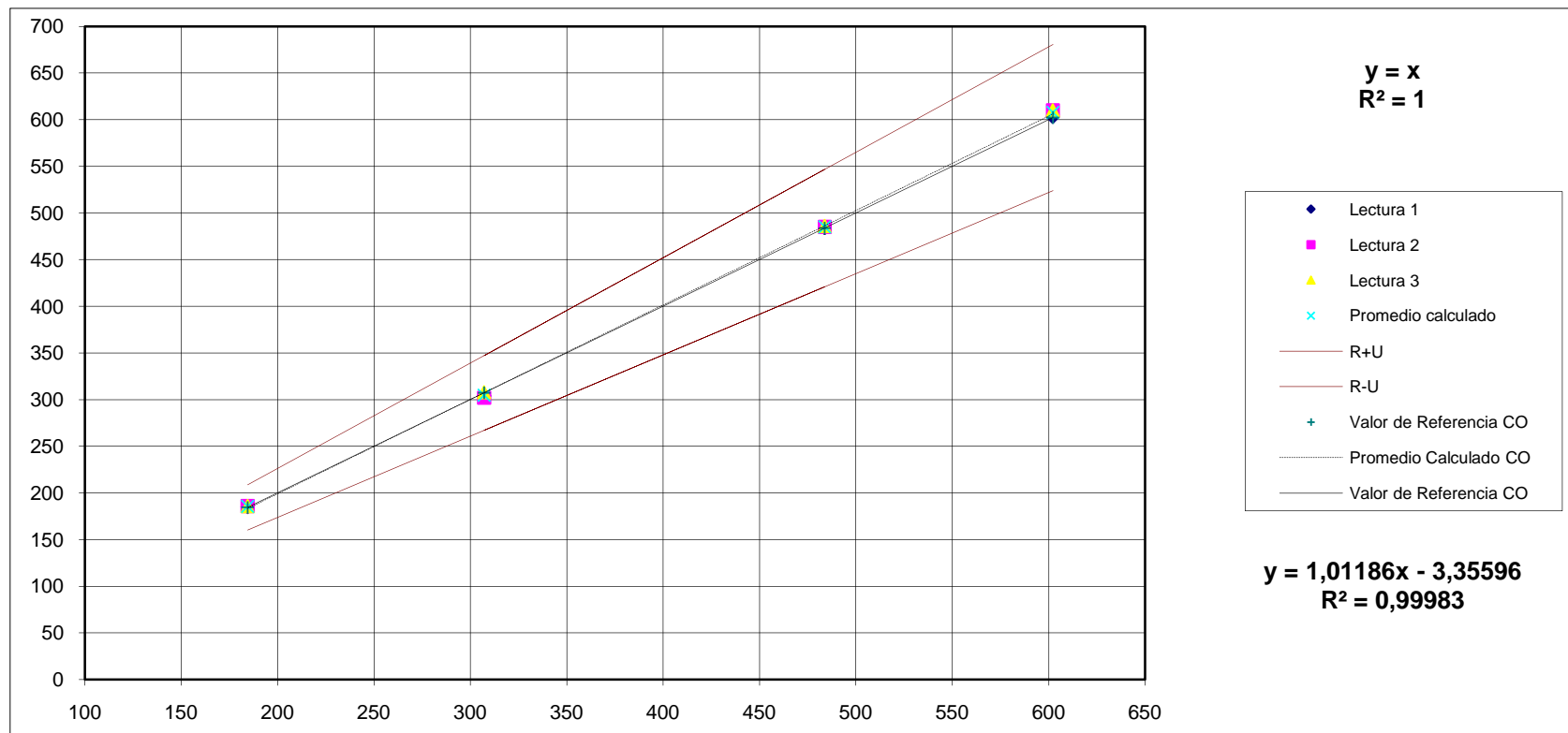
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA CNM-EA-630-004/2011; EXCESO DE AIRE
TABLA 7

No. de Laboratorio	Código	Exceso de Aire de referencia (%)	Límite de aceptación superior (%)	Límite de aceptación inferior (%)	Exceso de Aire reportado (%)	Dentro del intervalo
1	322401	17	22	12	17.07	SI
		12	16	8	12.27	
		110	170	49	111.68	
		80	118	43	82.25	
2	322488	17	22	12	16.62	SI
		110	170	49	106.19	
		80	118	42	77.73	
		12	16	9	12.03	
3	322575	110	170	49	109.71	SI
		12	15	8	11.45	
		80	118	42	79.72	
		17	22	12	15.95	
4	322662	12	16	8	12.21	SI
		17	22	12	17.04	
		80	118	42	83.51	
		110	170	49	115.26	
5	322749	110	170	49	113.99	SI
		17	22	12	16.77	
		80	118	42	82.03	
		12	15	8	12.07	
6	322836	17	22	12	15.60	SI
		12	16	9	10.51	
		80	118	42	73.22	
		110	170	49	100.16	
7	322923	22	29	15	22.51	SI
		80	118	42	80.52	
		110	170	49	109.65	
		12	15	8	13.15	
8	323010	12	16	9	12.1062	SI
		22	29	15	22.6741	
		80	118	43	78.4076	
		110	170	49	103.7293	
9	323097	22	29	15	19.61	SI
		80	118	42	65.67	
		12	15	8	10.55	
		110	170	49	87.10	
10	323184	80	118	42	81.02	SI
		22	29	15	21.25	
		12	15	8	11.01	
		110	170	49	110.17	
11	323445	69	100	39	65.05	SI
		110	170	49	105.57	
		12	15	8	10.99	
		17	22	12	15.47	
12	323532	69	100	39	69.27	SI
		17	22	12	17.99	
		12	15	8	12.06	
		110	170	49	105.66	
13	323619	12	15	8	12.84	SI
		17	22	12	17.06	
		69	100	39	67.81	
		110	170	49	106.02	

No. de Laboratorio	Código	Exceso de Aire de referencia (%)	Límite de aceptación superior (%)	Límite de aceptación inferior (%)	Exceso de Aire reportado (%)	Dentro del intervalo
14	323706	69	100	39	67.49	SI
		17	22	12	16.34	
		110	170	49	107.59	
		12	16	9	11.90	
15	323793	110	170	49	105.90	SI
		12	15	8	11.48	
		69	100	39	66.84	
		17	22	12	15.93	

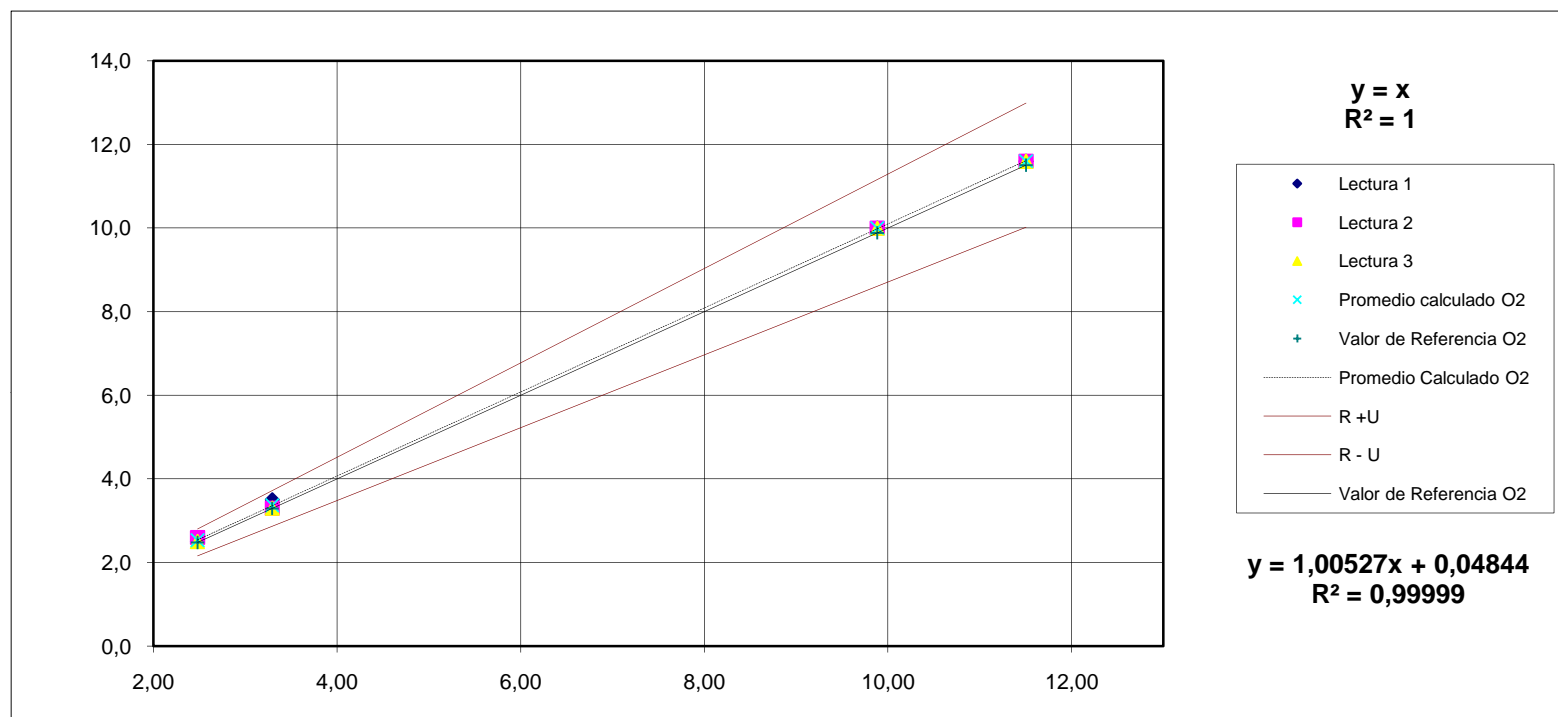
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322401	H	602	603	610	610	607.67	607.67
	C	307	304	302	308	304.67	304.67
	F	484	484	485	486	485.00	485.00
	A	185	185	186	186	185.67	185.67

SU SECUENCIA: HB CA FH AF CA HB AF FH CA AF FH HE



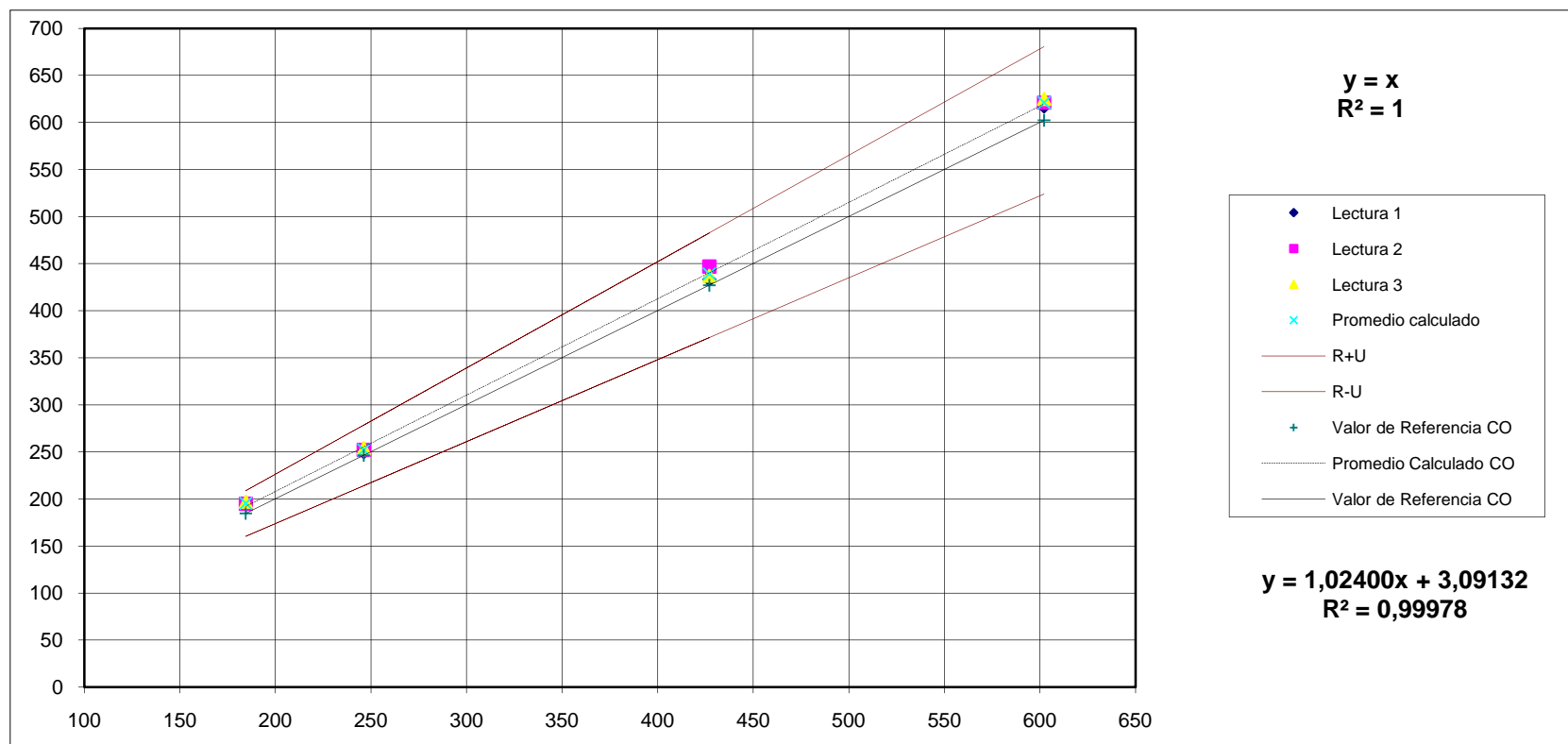
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322401	B	3.29	3.5	3.3	3.3	3.37	9.82	86.75	17.07	3.37
	A	2.48	2.5	2.6	2.5	2.53	10.29	87.15	12.27	2.53
	H	11.50	11.6	11.6	11.6	11.60	5.24	83.11	111.68	11.60
	F	9.88	10.0	10.0	10.0	10.00	6.13	83.85	82.25	10.00

SU SECUENCIA: HB CA FH AF CA HB AF FH CA AF FH HB



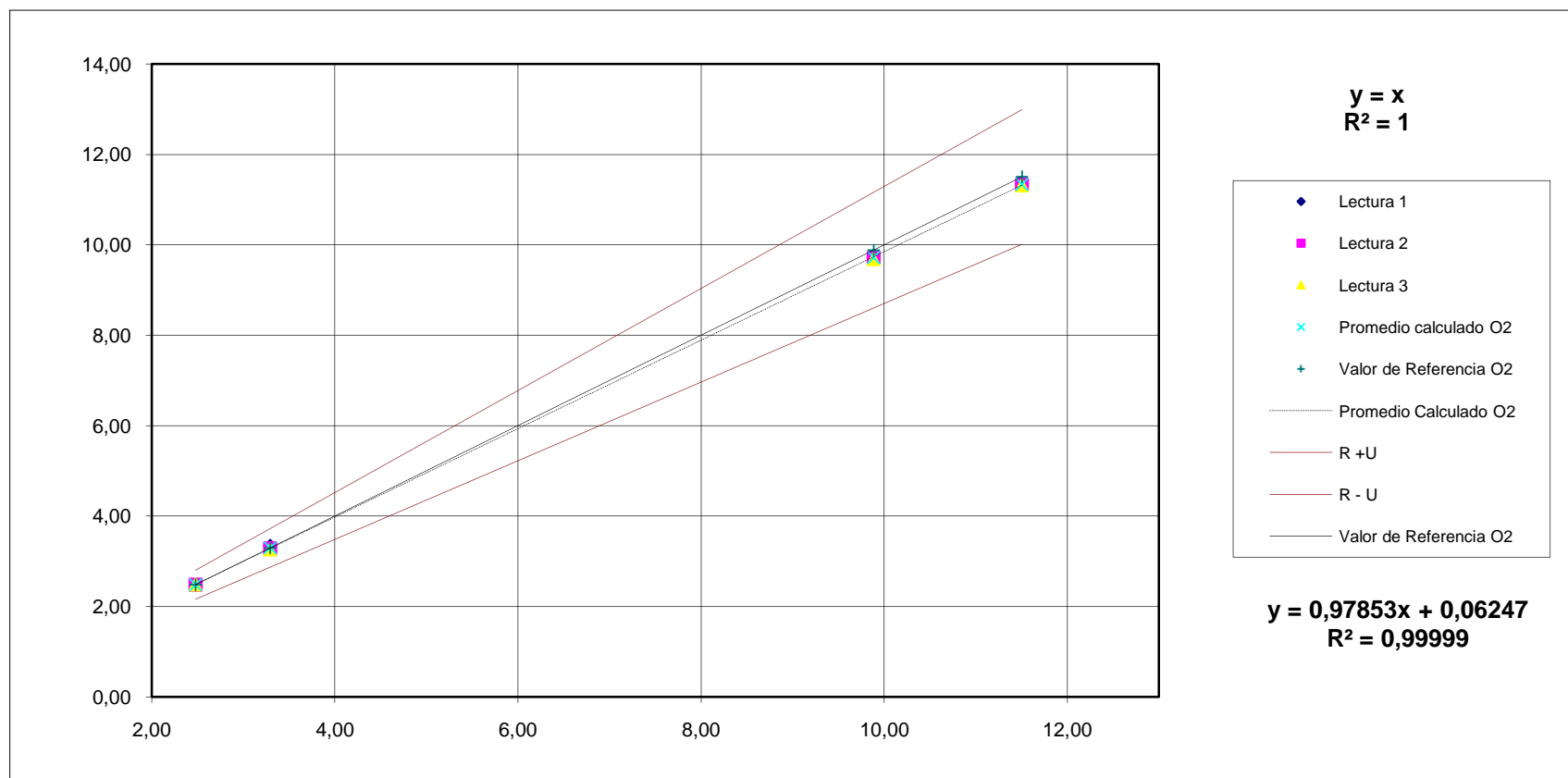
Código	Estado	Valor de Referencia CO $\mu\text{mol/mol}$	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322488	H	602	617	621	625	621	621.00
	A	185	194	195	197	195	195.33
	E	427	433	447	437	439	439.00
	B	246	250	252	254	252	252.00

SU SECUENCIA: HB AH EF BA AH HB EF BA EF HB AH BA



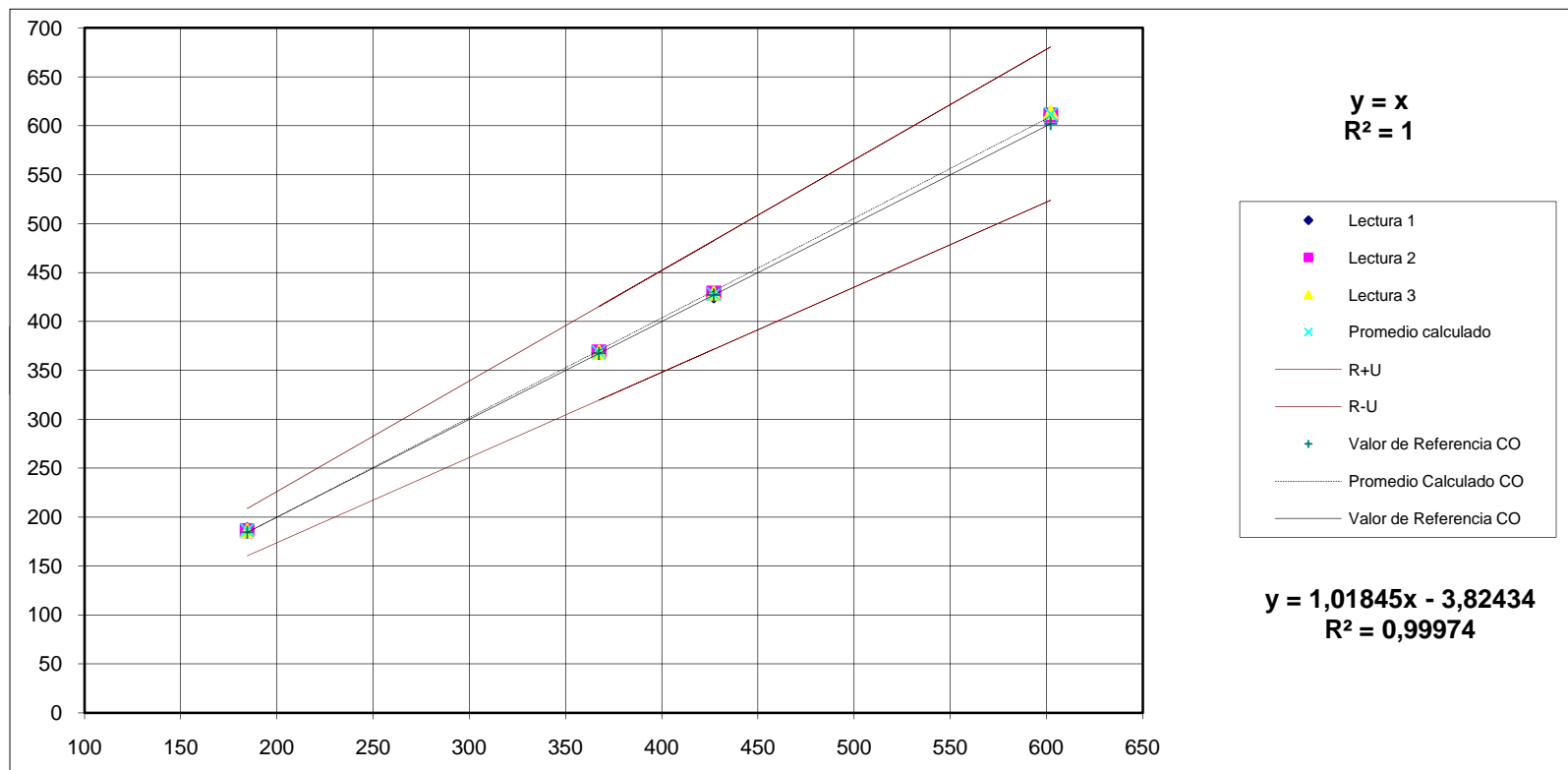
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322488	B	3.29	3.34	3.29	3.26	3.30	9.86	86.81	16.62	3.3
	H	11.50	11.35	11.33	11.32	11.33	5.36	83.28	106.19	11.3
	F	9.88	9.74	9.72	9.69	9.72	6.27	83.97	77.73	9.7
	A	2.48	2.48	2.48	2.49	2.48	10.32	87.17	12.03	2.5

SU SECUENCIA: HB AH EF BA AH HB EF BA EF HB AH BA



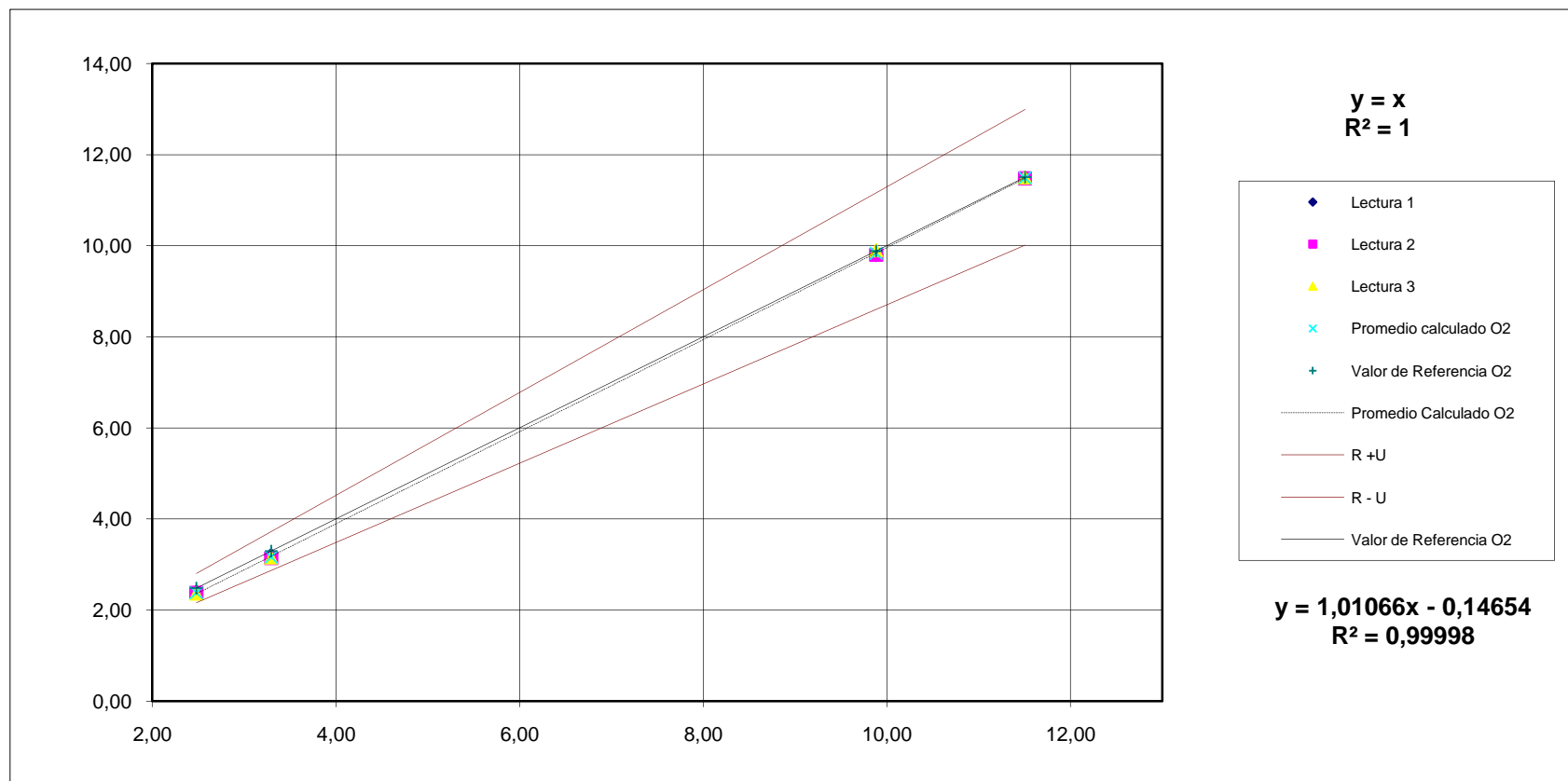
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322575	E	427	426	429	429	428	428.00
	D	367	368	369	369	369	368.67
	H	602	611	611	614	612	612.00
	A	185	187	186	186	186	186.33

SU SECUENCIA: EH DA HF AB HF DA AB EH DA AB EH HF



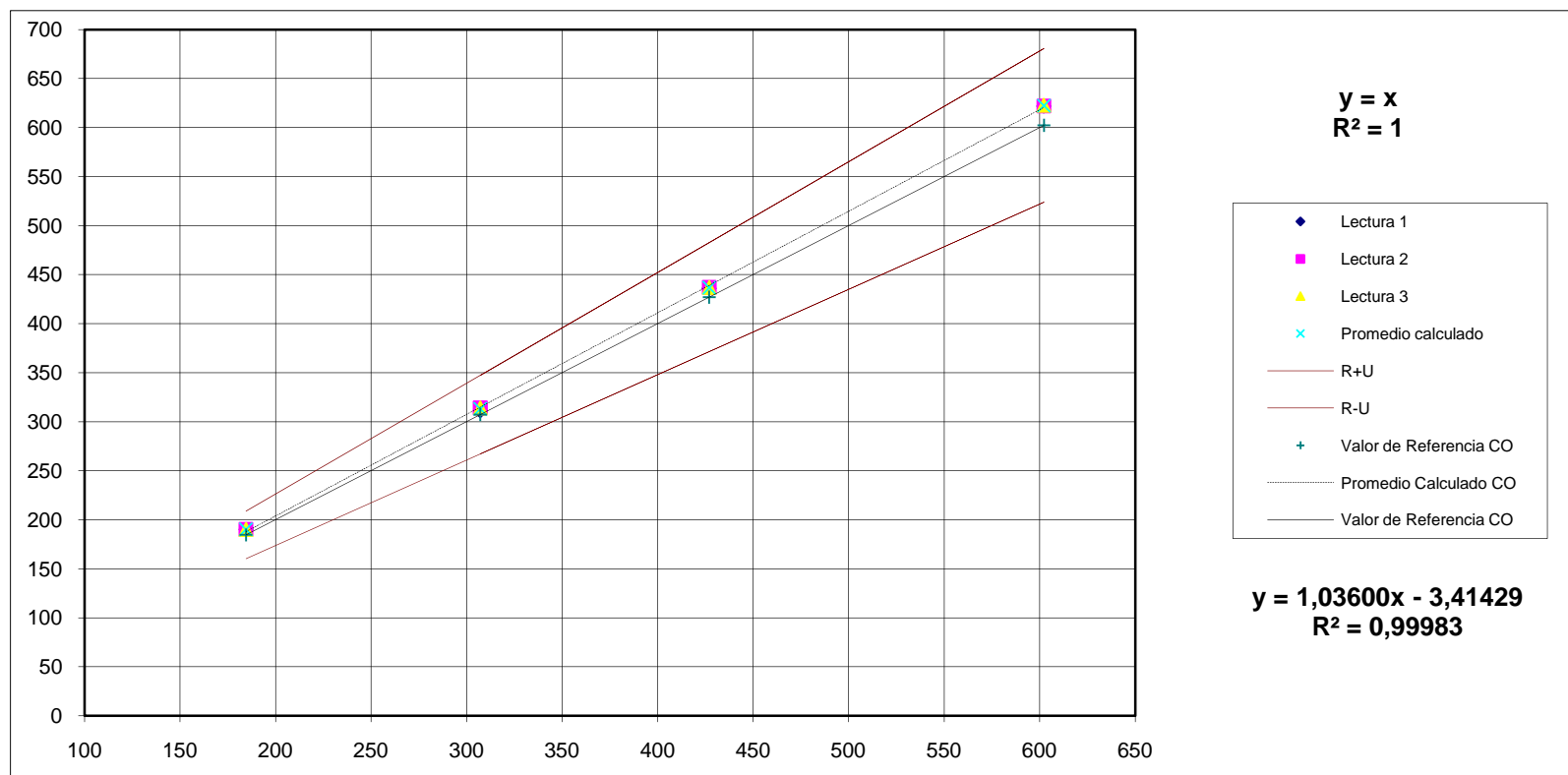
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322575	H	11.50	11.49	11.48	11.50	11.49	5.266	83.196	109.71	11.5
	A	2.48	2.40	2.38	2.36	2.38	10.37	87.213	11.45	2.4
	F	9.88	9.80	9.80	9.90	9.83	6.19	83.91	79.72	9.8
	B	3.29	3.20	3.14	3.15	3.163	9.93	86.89	15.95	3.2

SU SECUENCIA: EH DA HF AB HF DA AB EH DA AB EH HF



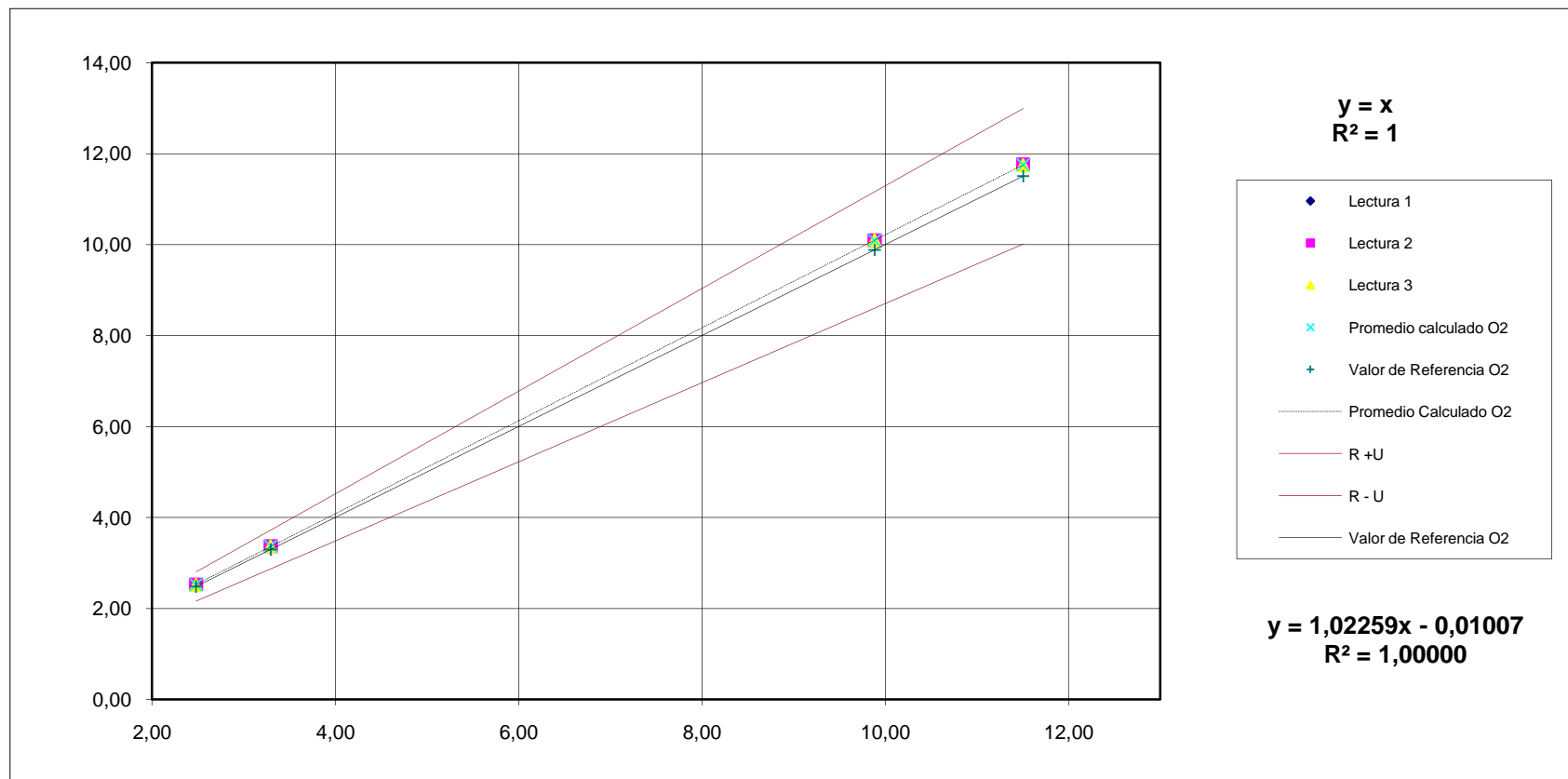
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322662	C	307	311	314	314	313	313.00
	H	602	622	622	623	622.33	622.33
	E	427	436	437	437	436.67	436.67
	A	185	190	190	190	190	190.00

SU SECUENCIA: CA HB EF AH HB CA EF AH EF CA AH HE



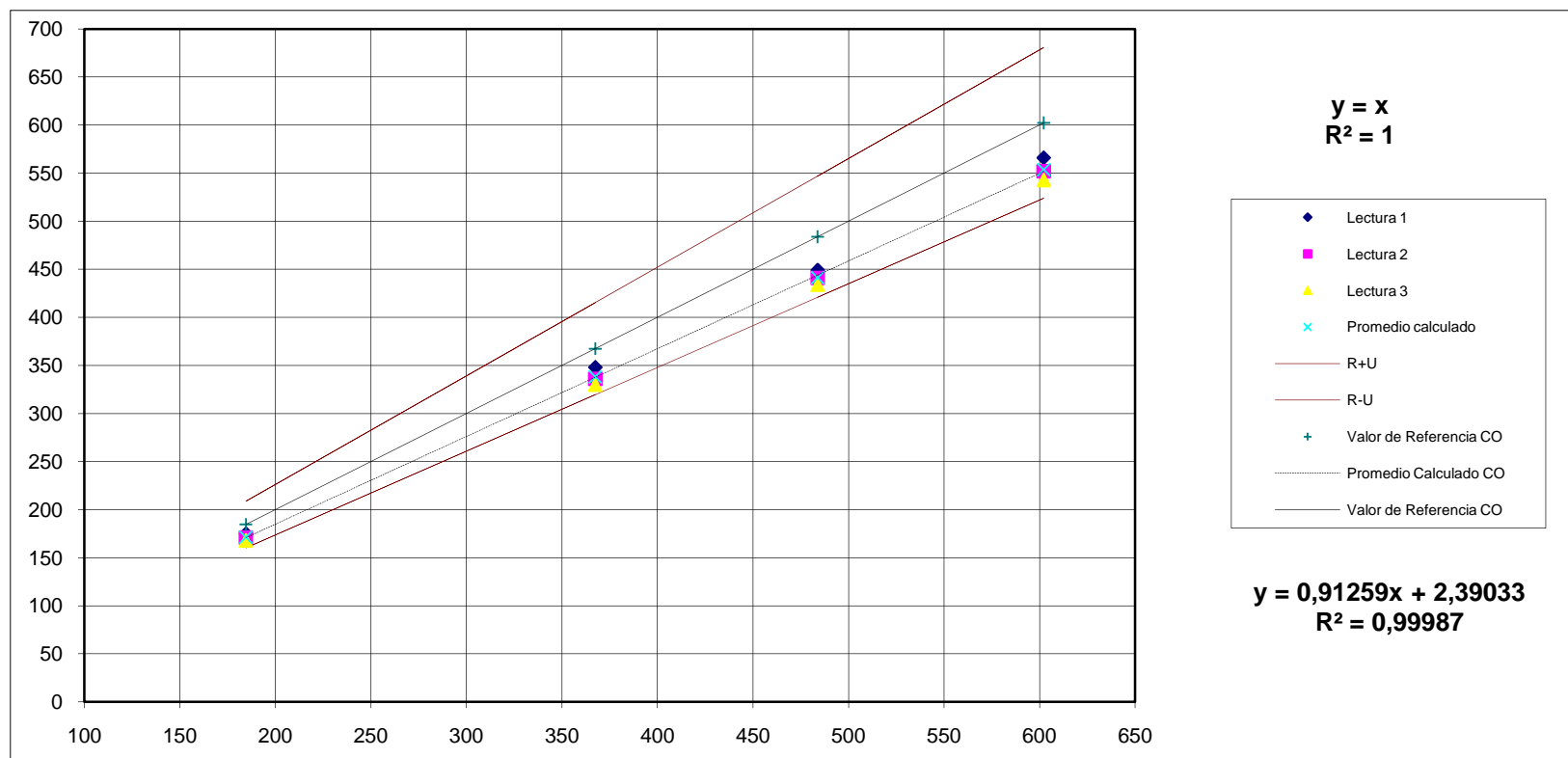
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322662	A	2.48	2.52	2.52	2.52	2.52	10.27	87.18	12.21	2.5
	B	3.29	3.36	3.37	3.37	3.37	9.77	86.80	17.04	3.4
	F	9.88	10.09	10.09	10.10	10.09	6.03	83.83	83.51	10.1
	H	11.50	11.76	11.76	11.75	11.76	5.12	83.10	115.26	11.8

SU SECUENCIA: CA HB EF AH HB CA EF AH EF CA AH HB



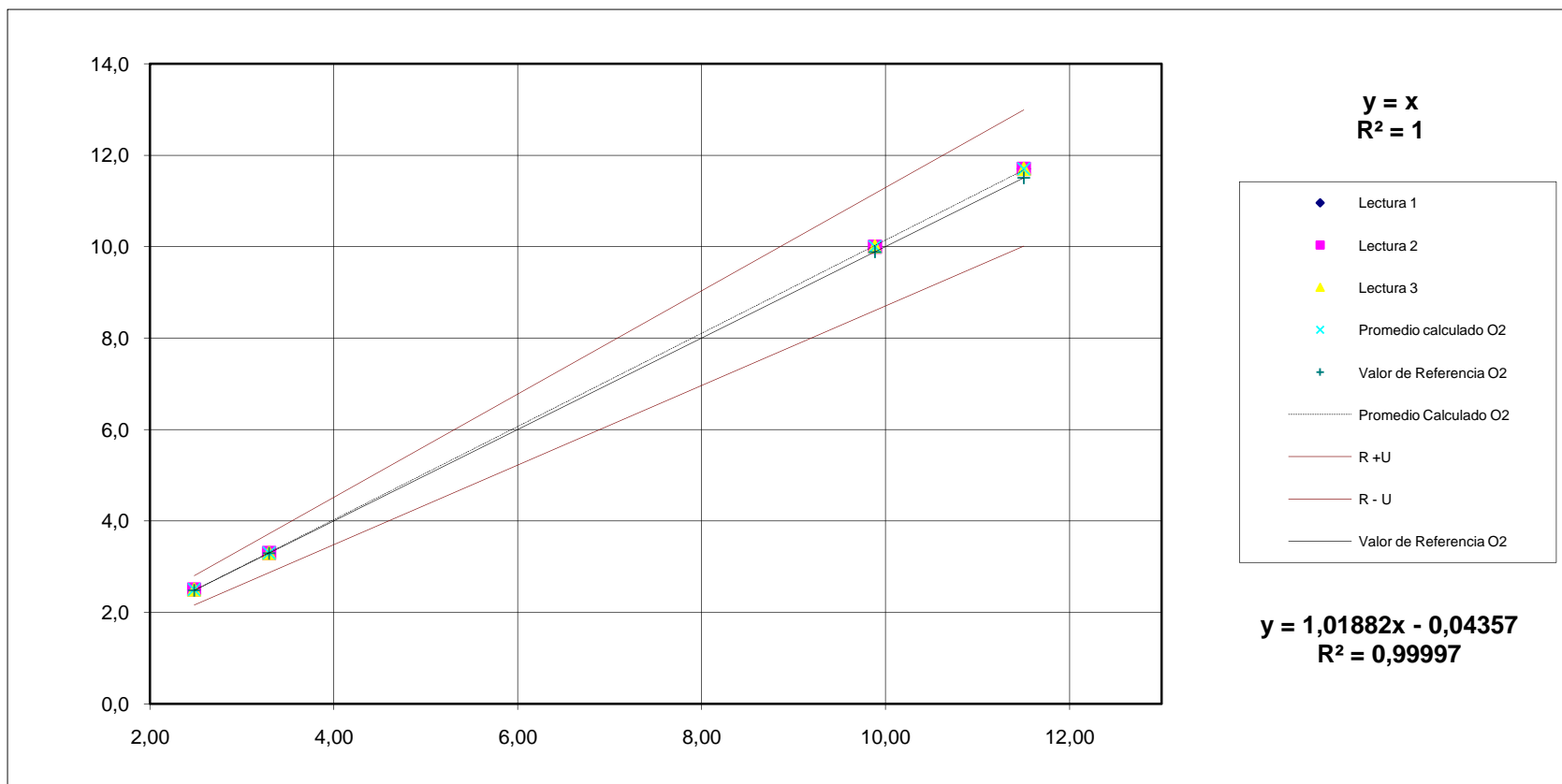
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322749	D	367	348	336	330	338	338.00
	A	185	175	171	168	171	171.33
	H	602	566	552	543	554	553.67
	F	484	449	441	434	441	441.33

SU SECUENCIA: DH AB HF FA DH AB HF FA DH AB HF FA



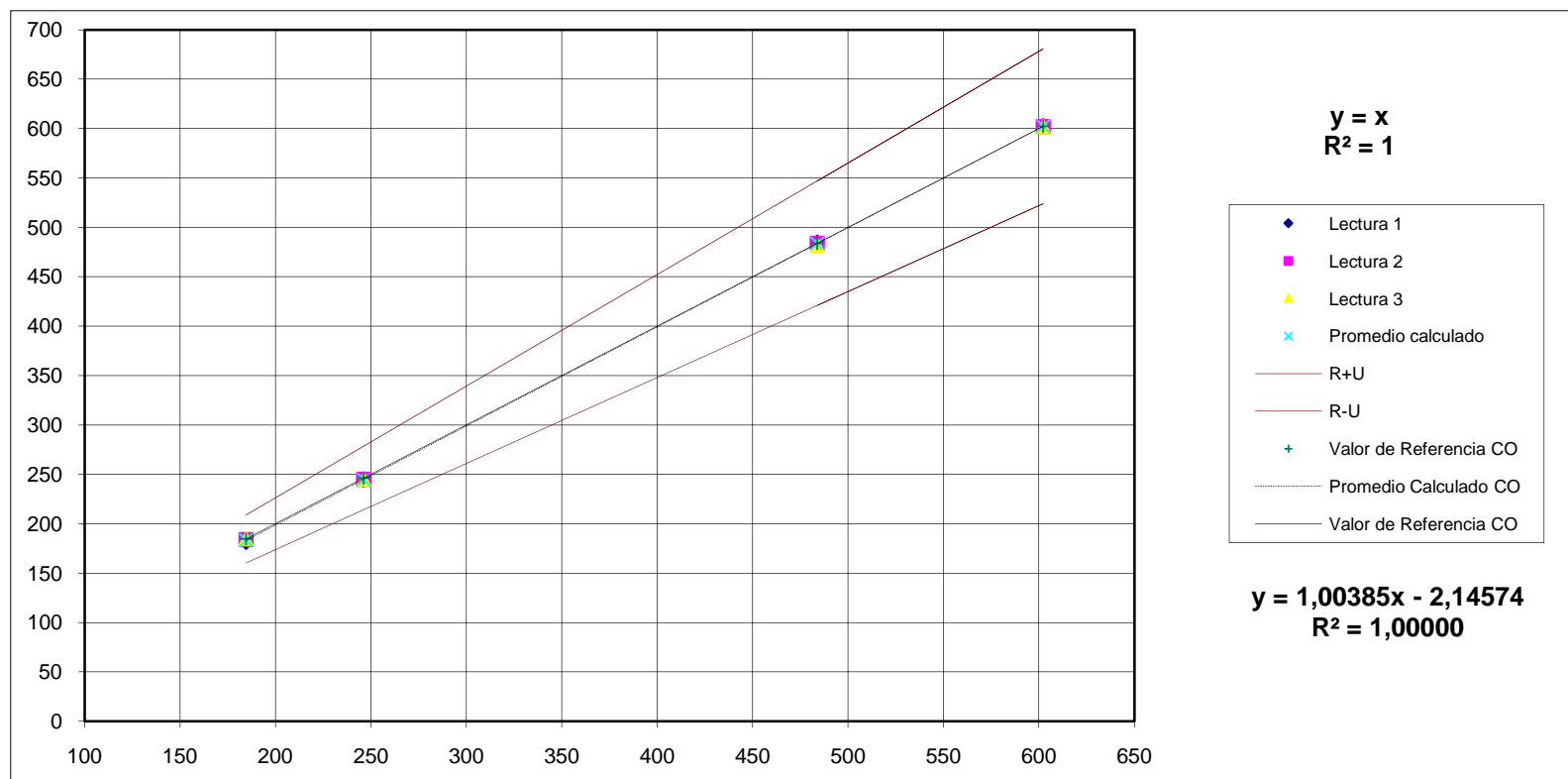
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmolmol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322749	H	11.50	11.7	11.7	11.7	11.70	5.19	83.08	113.99	11.7
	B	3.29	3.3	3.3	3.3	3.30	9.86	86.82	16.77	3.3
	F	9.88	10.0	10.0	10.0	10.00	6.12	83.82	82.03	10.0
	A	2.48	2.5	2.5	2.5	2.50	10.30	87.16	12.07	2.5

SU SECUENCIA: DH AB HF FA DH AB HF FA DH AB HF FA



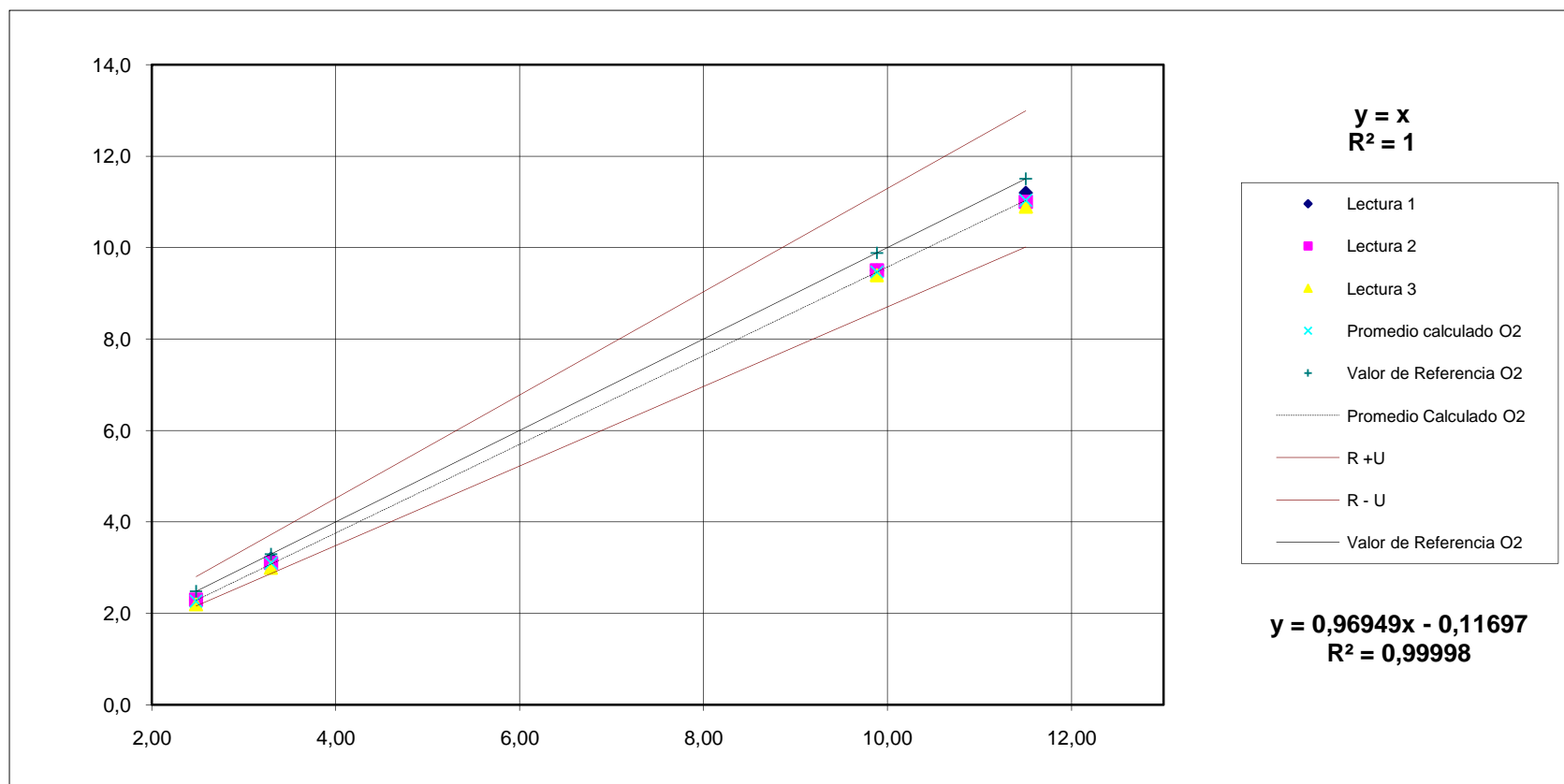
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322836	A	185	181	184	185	183.33	183.33
	B	246	244	245	245	244.66	244.67
	H	602	603	602	602	602.33	602.33
	F	484	485	484	482	483.66	483.67

SU SECUENCIA: AB BA HF FH BA AB HF FH HF AB FH BA



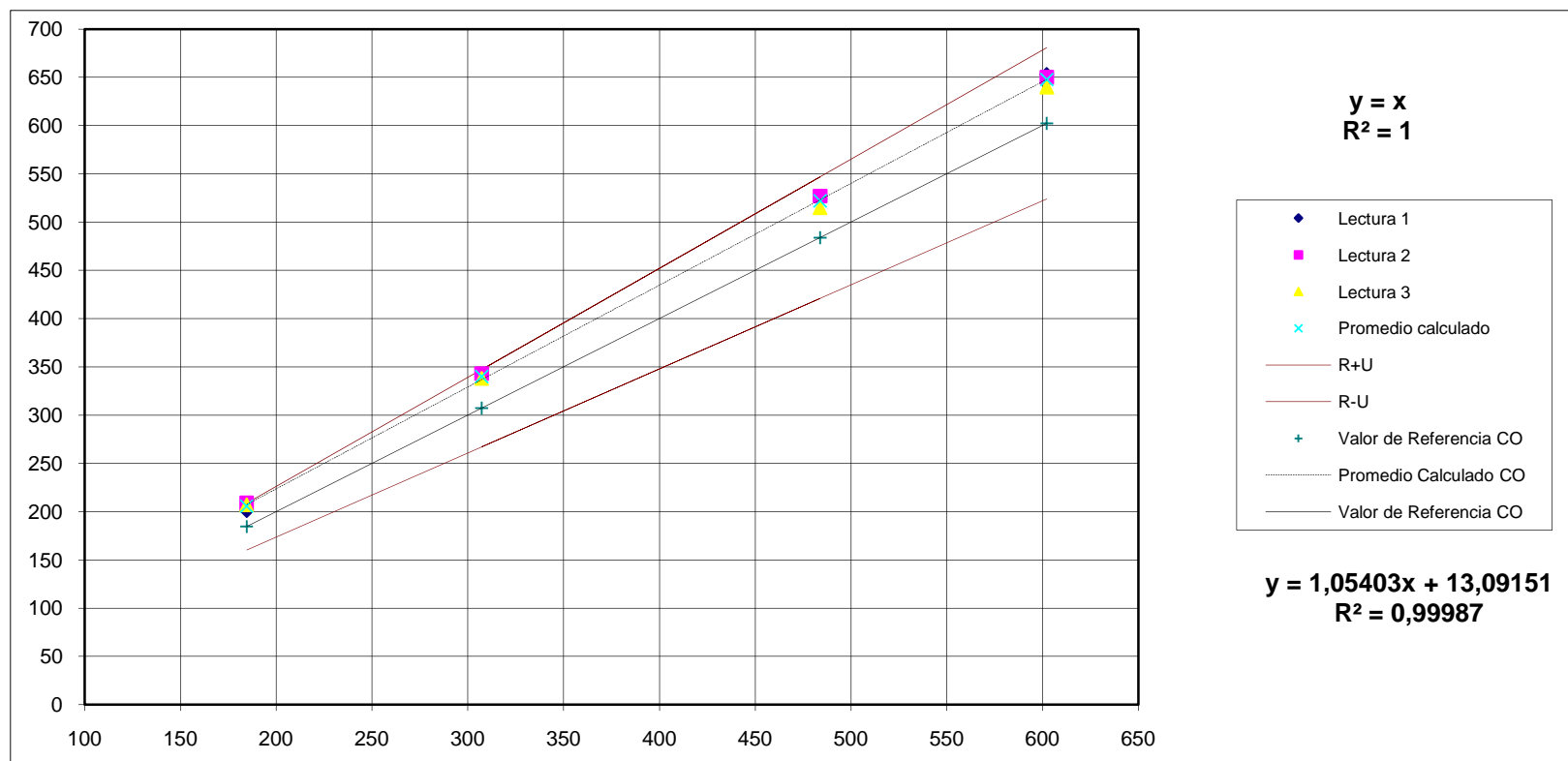
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322836	B	3.29	3.2	3.1	3	3.1	10.13	86.74	15.60	3.1
	A	2.48	2.3	2.3	2.2	2.2	10.6	87.10	10.51	2.3
	F	9.88	9.5	9.5	9.4	9.4	6.5	83.96	73.22	9.5
	H	11.50	11.2	11	10.9	11.0	5.6	83.31	100.16	11.0

SU SECUENCIA: AB BA HF FH BA AB HF FH HF AB FH BA



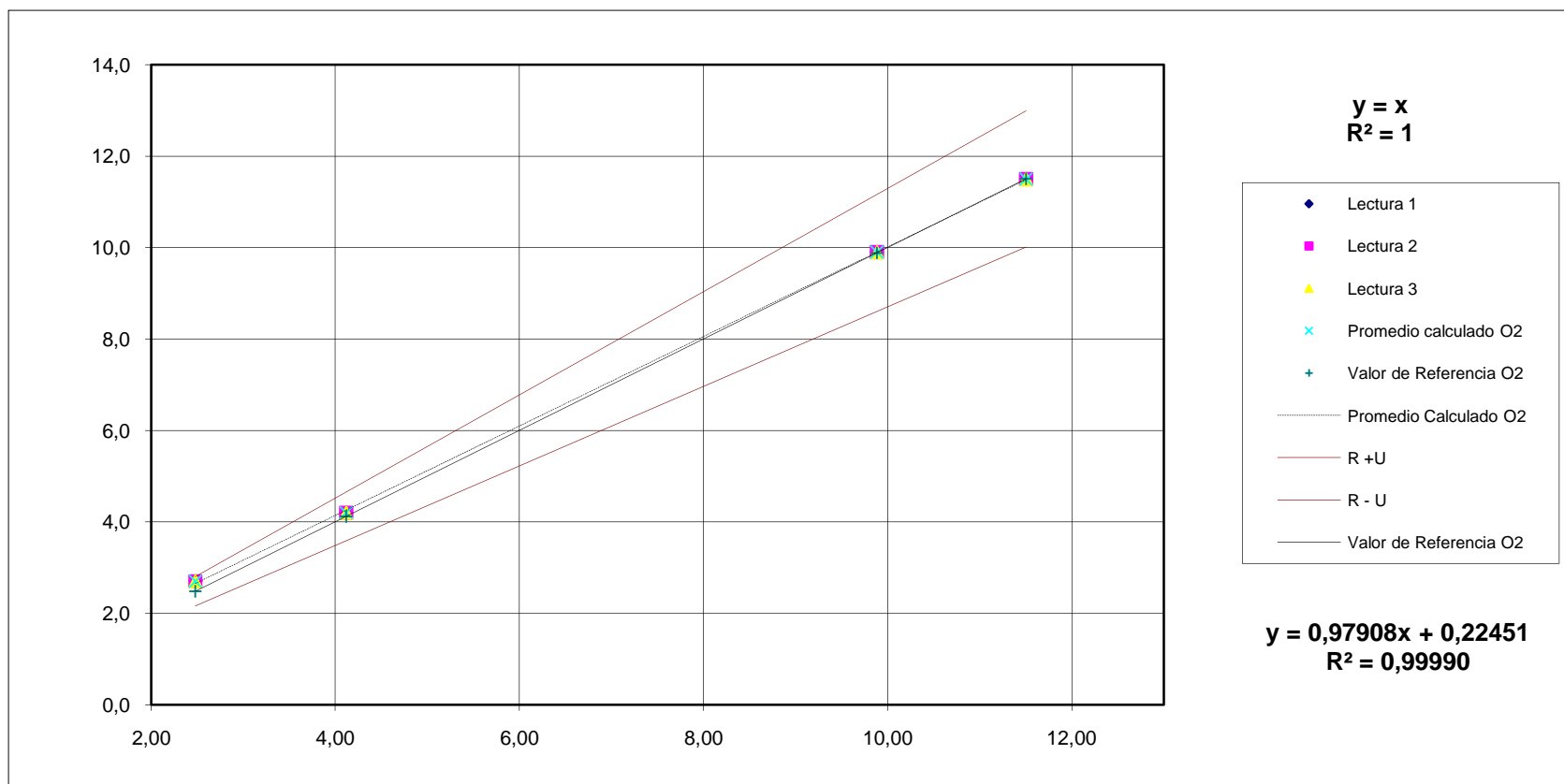
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
322923	A	185	201	209	207	206	205.67
	F	484	524	527	515	522	522.00
	C	307	339	343	338	340	340.00
	H	602	653	650	640	648	647.67

SU SECUENCIA: AC FF CH HA FF HA CH AC FF HA CH AC



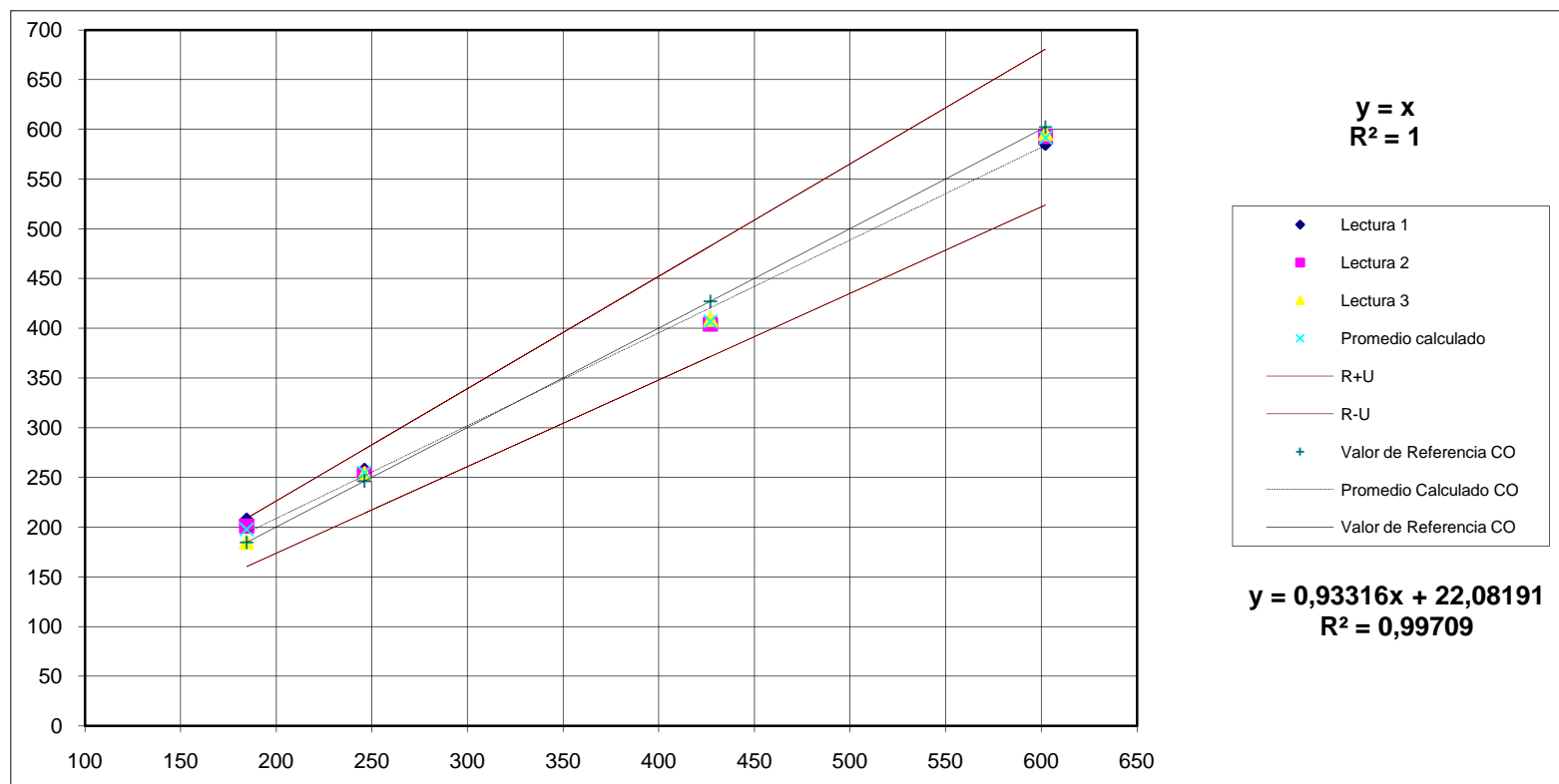
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
322923	C	4.12	4.2	4.2	4.2	4.2	9.4	86.38	22.51	4.2
	F	9.88	9.9	9.9	9.9	9.9	6.2	83.85	80.52	9.9
	H	11.50	11.5	11.5	11.5	11.5	5.3	83.17	109.65	11.5
	A	2.48	2.7	2.7	2.7	2.7	10.3	86.94	13.15	2.7

SU SECUENCIA: AC FF CH HA FF HA CH AC FF HA CH AC



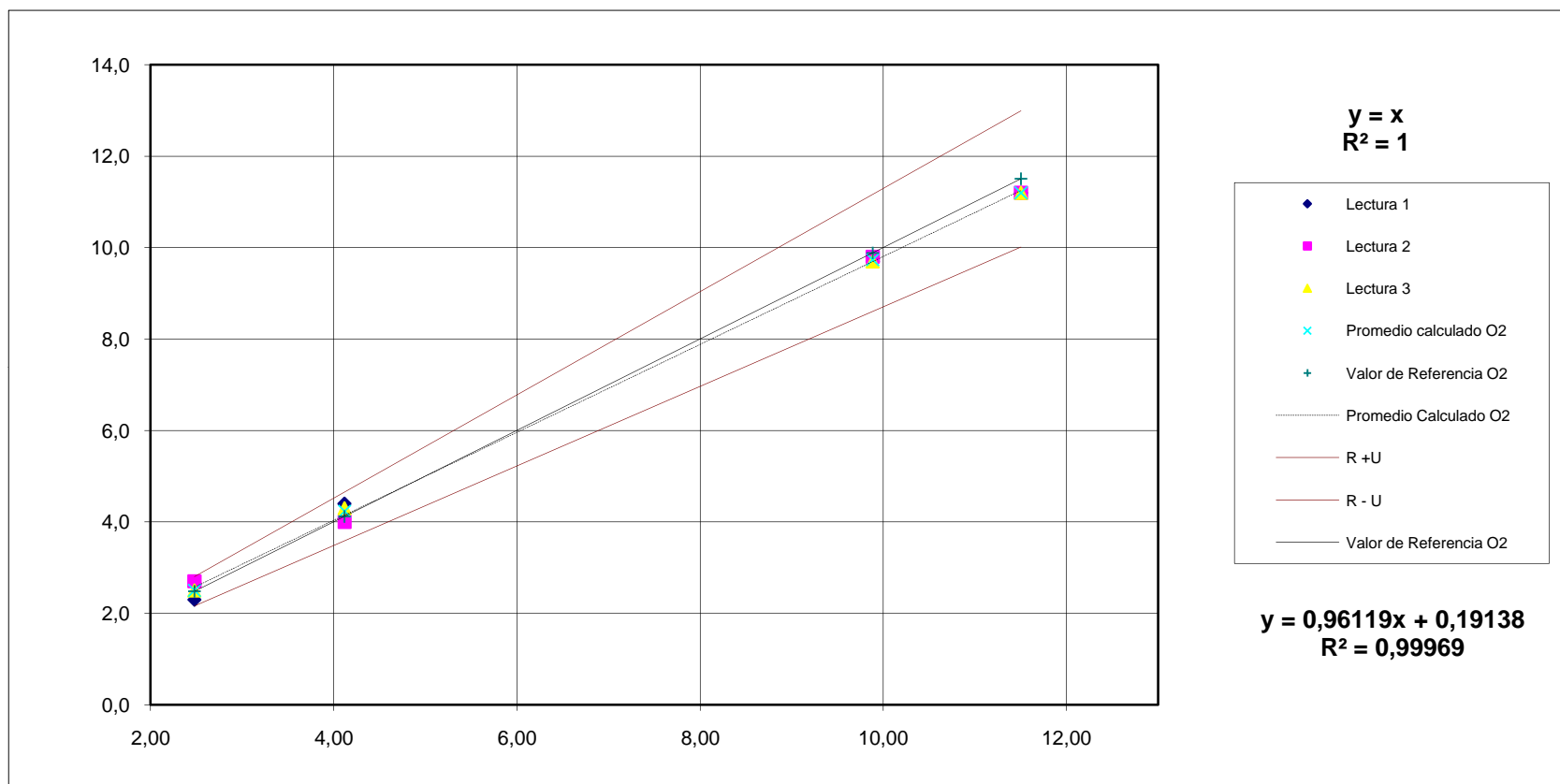
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323010	B	246	257	253	254	255	254.67
	H	602	586	593	596	592	591.67
	A	185	207	201	185	198	197.67
	E	427	407	404	409	407	406.67

SU SECUENCIA: BA HC AF EH AF EH BA HC EH HC BA AF



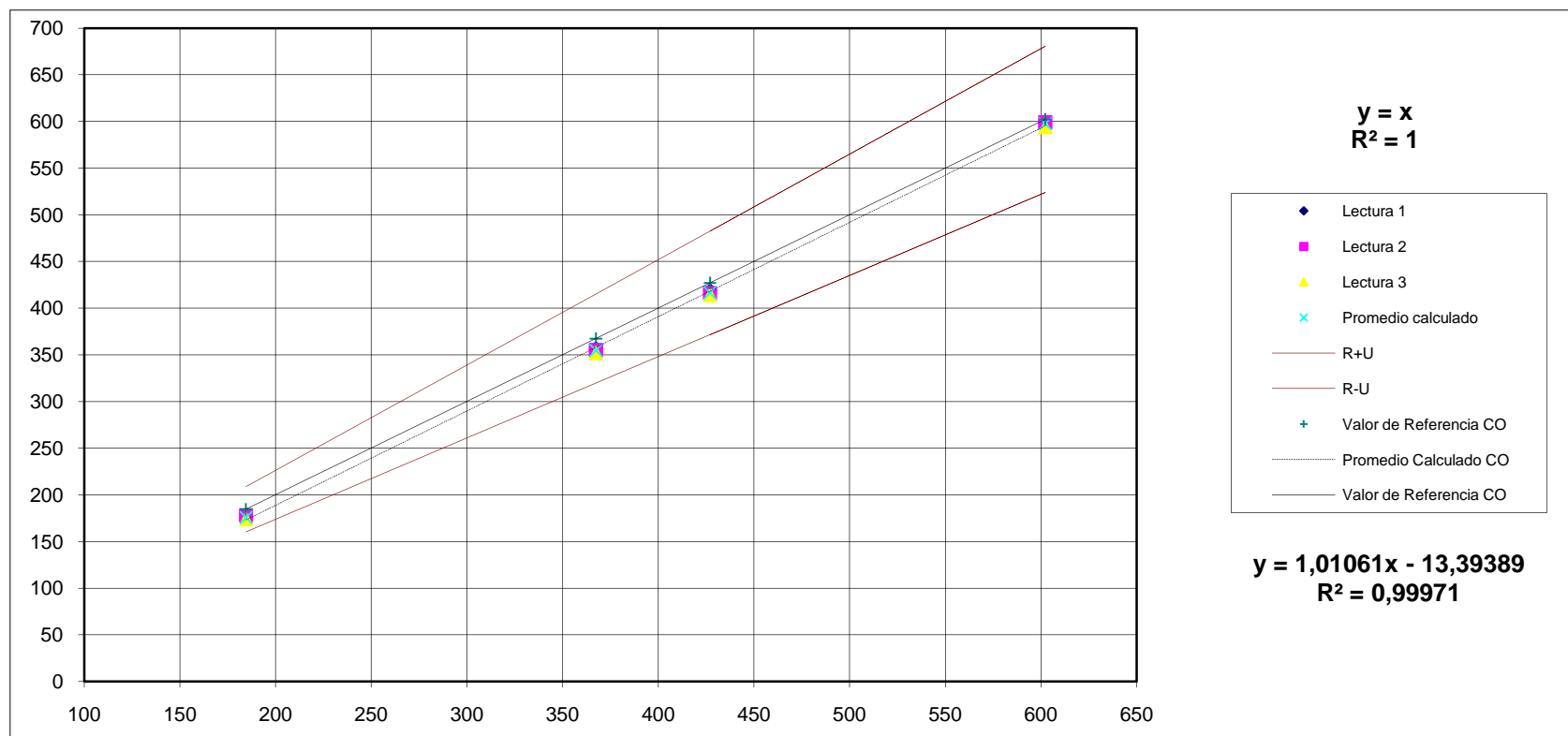
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323010	A	2.48	2.3	2.7	2.5	2.5	10.1	87.3412	12.1062	2.5
	C	4.12	4.4	4.0	4.3	4.2	9.3	86.3742	22.6741	4.2
	F	9.88	9.7	9.8	9.7	9.7	6.4	83.8802	78.4076	9.7
	H	11.50	11.2	11.2	11.2	11.2	5.4	83.3260	103.7293	11.2

SU SECUENCIA: BA HC AF EH AF EH BA HC EH HC BA AF



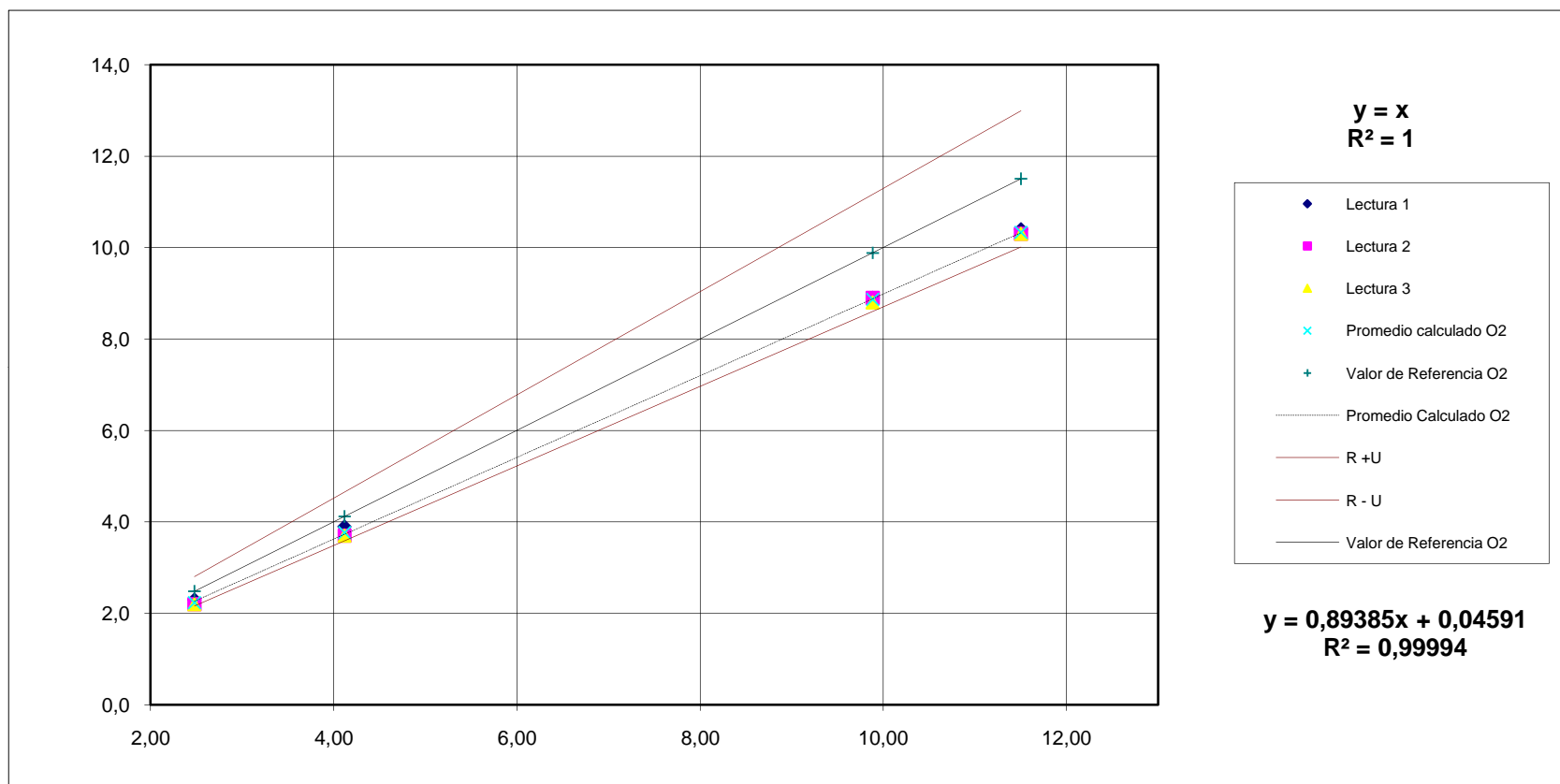
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323097	A	185	175	178	174	175.66	175.67
	D	367	357	355	352	354.66	354.67
	H	602	600	599	594	597.66	597.67
	E	427	419	416	414	416.33	416.33

SU SECUENCIA: AC DF HA EH AC DF HA EH AC DF HA EH



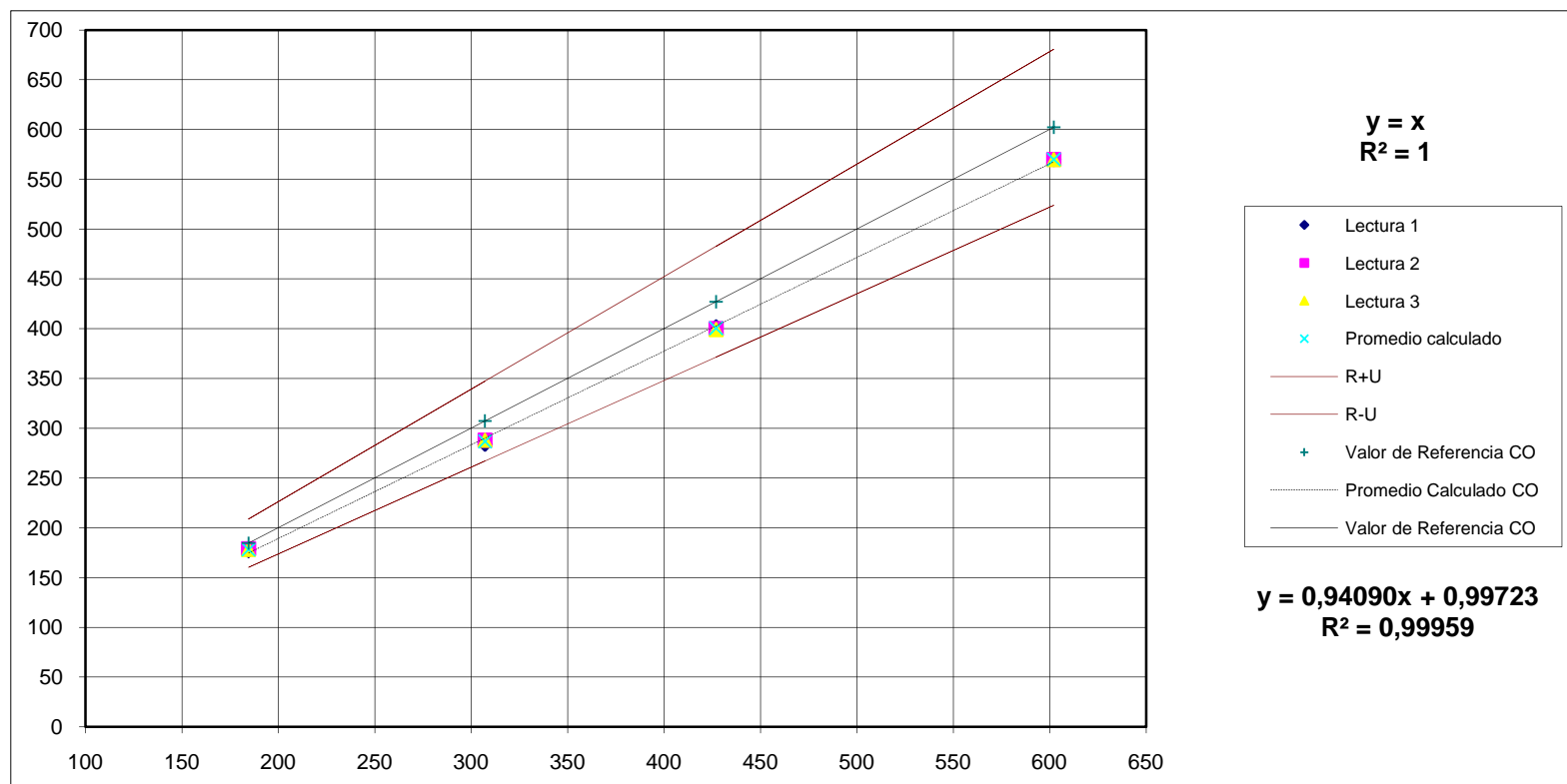
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323097	C	4.12	3.9	3.7	3.7	3.76	9.56	86.64	19.61	3.8
	F	9.88	8.9	8.9	8.8	8.86	6.6	84.49	65.67	8.9
	A	2.48	2.3	2.2	2.2	2.23	10.4	87.30	10.55	2.2
	H	11.50	10.4	10.3	10.3	10.33	5.73	83.88	87.10	10.3

SU SECUENCIA: AC DF HA EH AC DF HA EH AC DF HA EH



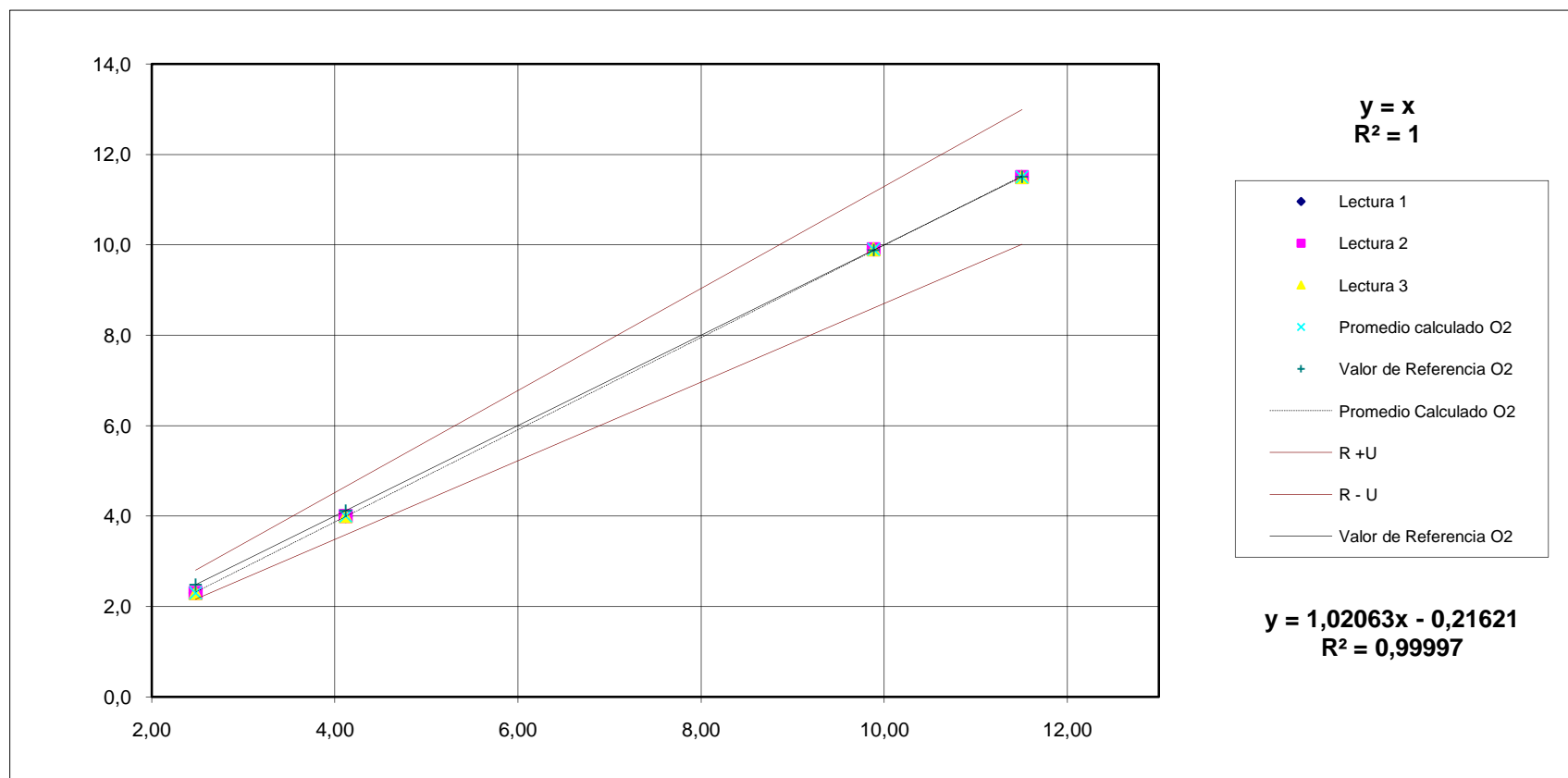
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323184	C	307	284	288	288	286.66	286.67
	A	185	177	179	178	178	178.00
	H	602	570	570	570	570	570.00
	E	427	402	400	399	400.33	400.33

SU SECUENCIA: CF AC HA EH HA AC CF EH AC EH CF HA



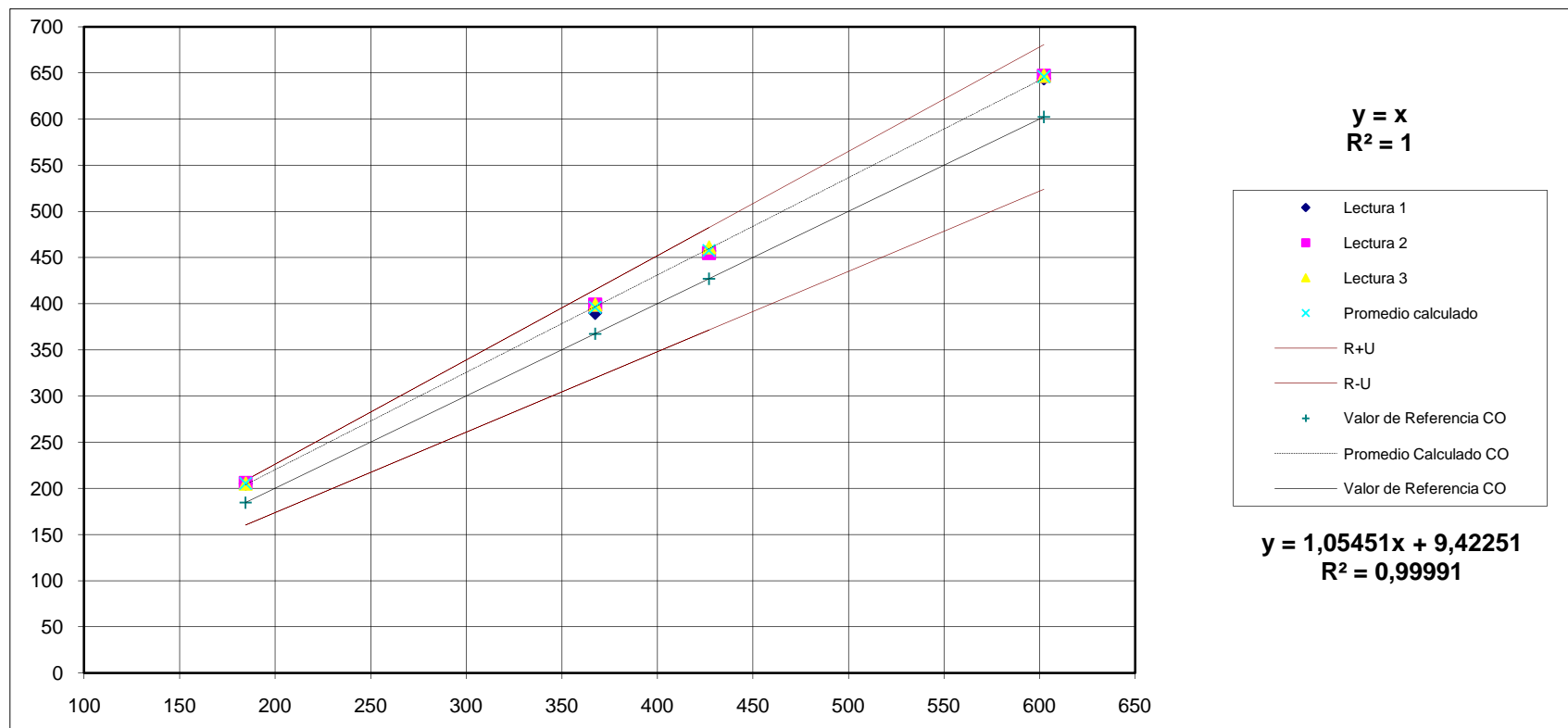
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323184	F	9.88	9.9	9.9	9.9	9.9	6.3	83.77	81.02	9.9
	C	4.12	4.0	4.0	4.0	4	9.63	86.34	21.25	4.0
	A	2.48	2.3	2.3	2.3	2.3	10.6	87.04	11.01	2.3
	H	11.50	11.5	11.5	11.5	11.5	5.33	83.12	110.17	11.5

SU SECUENCIA: CF AC HA EH HA AC CF EH AC EH CF HA



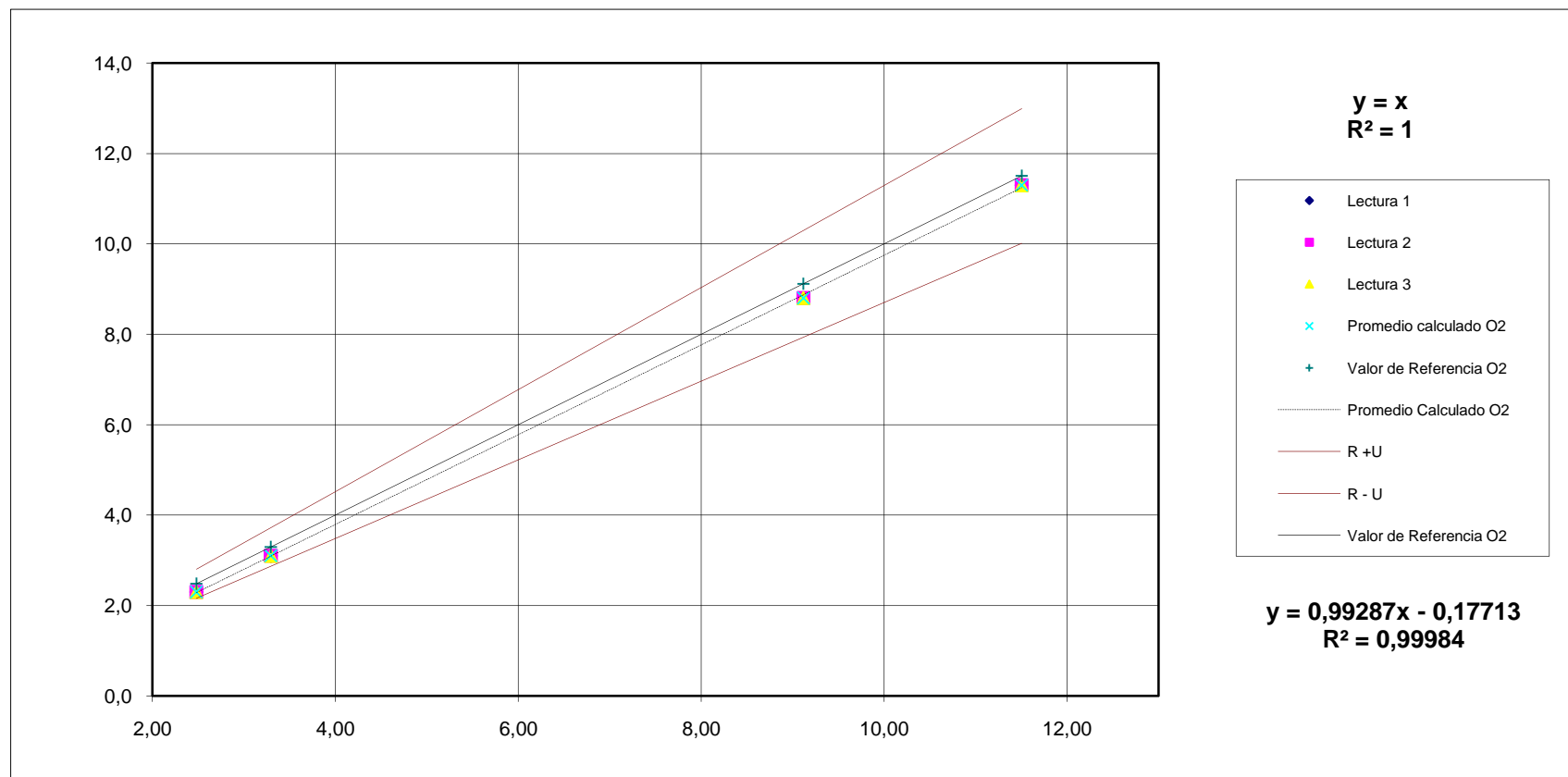
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323445	E	427	457	455	461	457.66	457.67
	A	185	205	206	205	205.33	205.33
	D	367	390	399	399	396	396.00
	H	602	644	647	647	646	646.00

SU SECUENCIA: EE AH DA HB DA AH EE HB DA HB EE AH



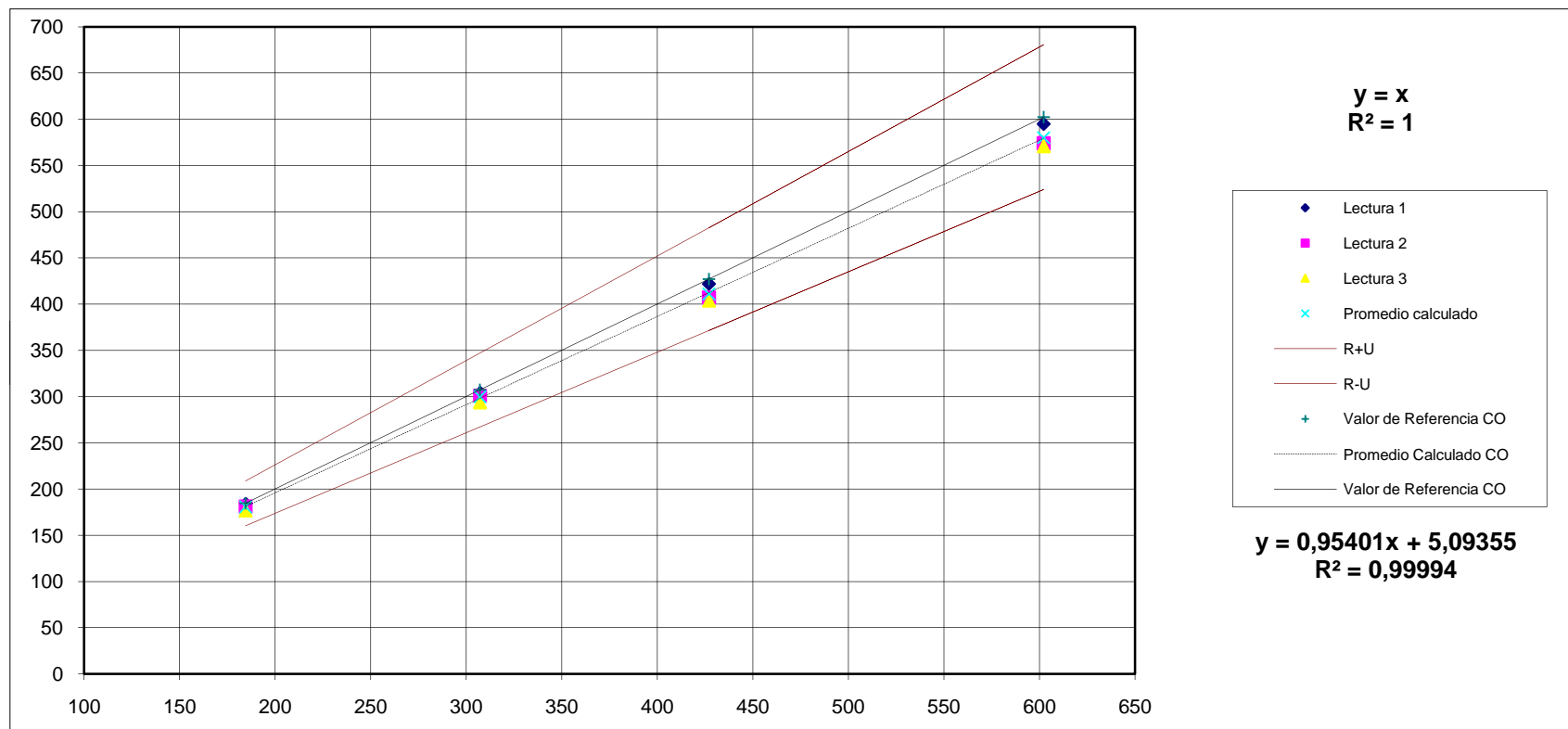
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323445	E	9.12	8.8	8.8	8.8	8.8	6.8	84.35	65.05	8.8
	H	11.50	11.3	11.3	11.3	11.3	5.4	83.27	105.57	11.3
	A	2.48	2.3	2.3	2.3	2.3	10.5	87.16	10.99	2.3
	B	3.29	3.1	3.1	3.1	3.1	10.1	86.73	15.47	3.1

SU SECUENCIA: EE AH DA HB DA AH EE HB DA HB EE AH



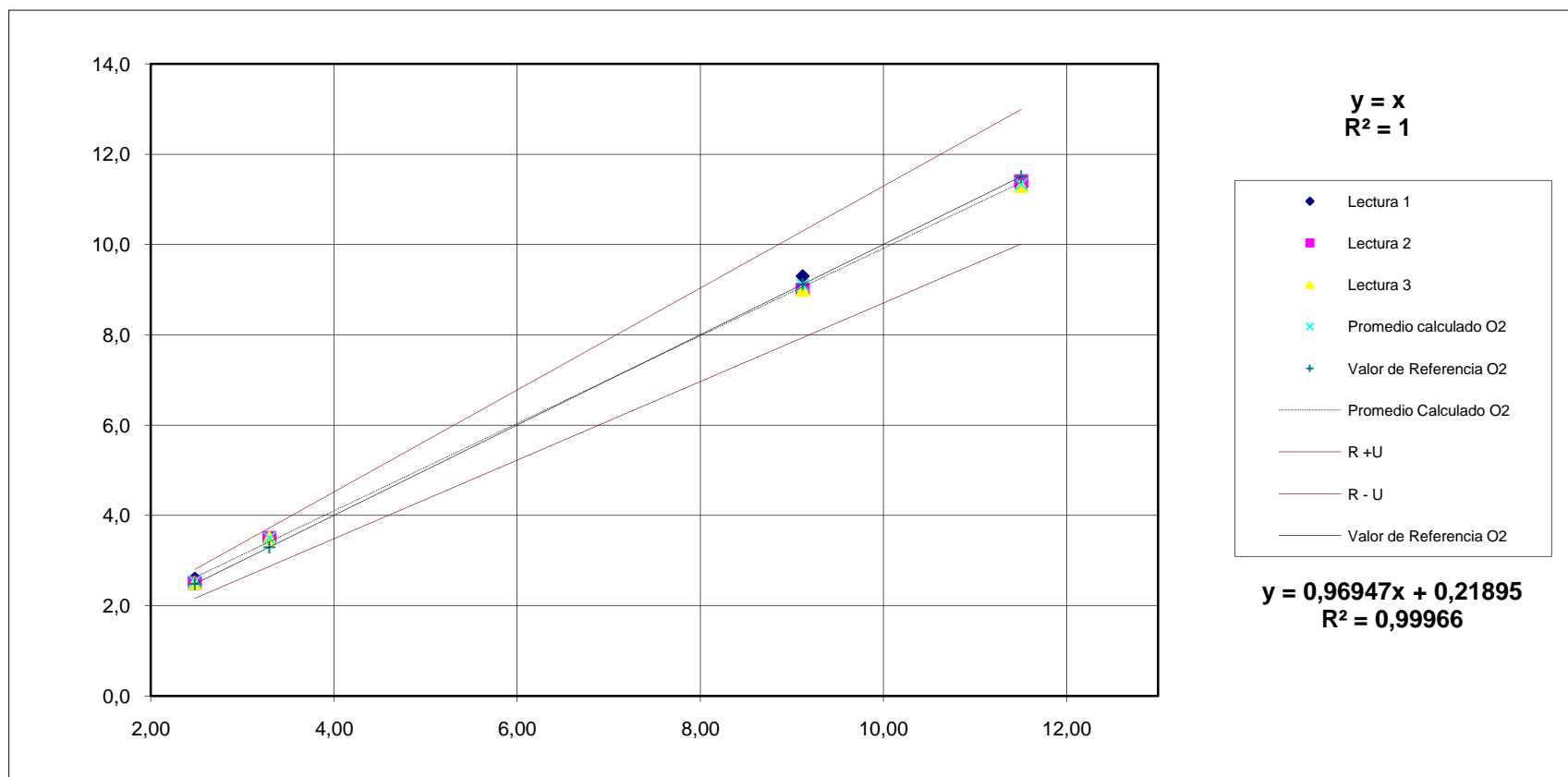
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323532	A	185	184	181	177	181	180.67
	C	307	304	301	294	300	299.67
	H	602	595	574	571	580	580.00
	E	427	422	407	404	411	411.00

SU SECUENCIA: **AE CB HA EH CB HA AE EH CB AE HA EH**



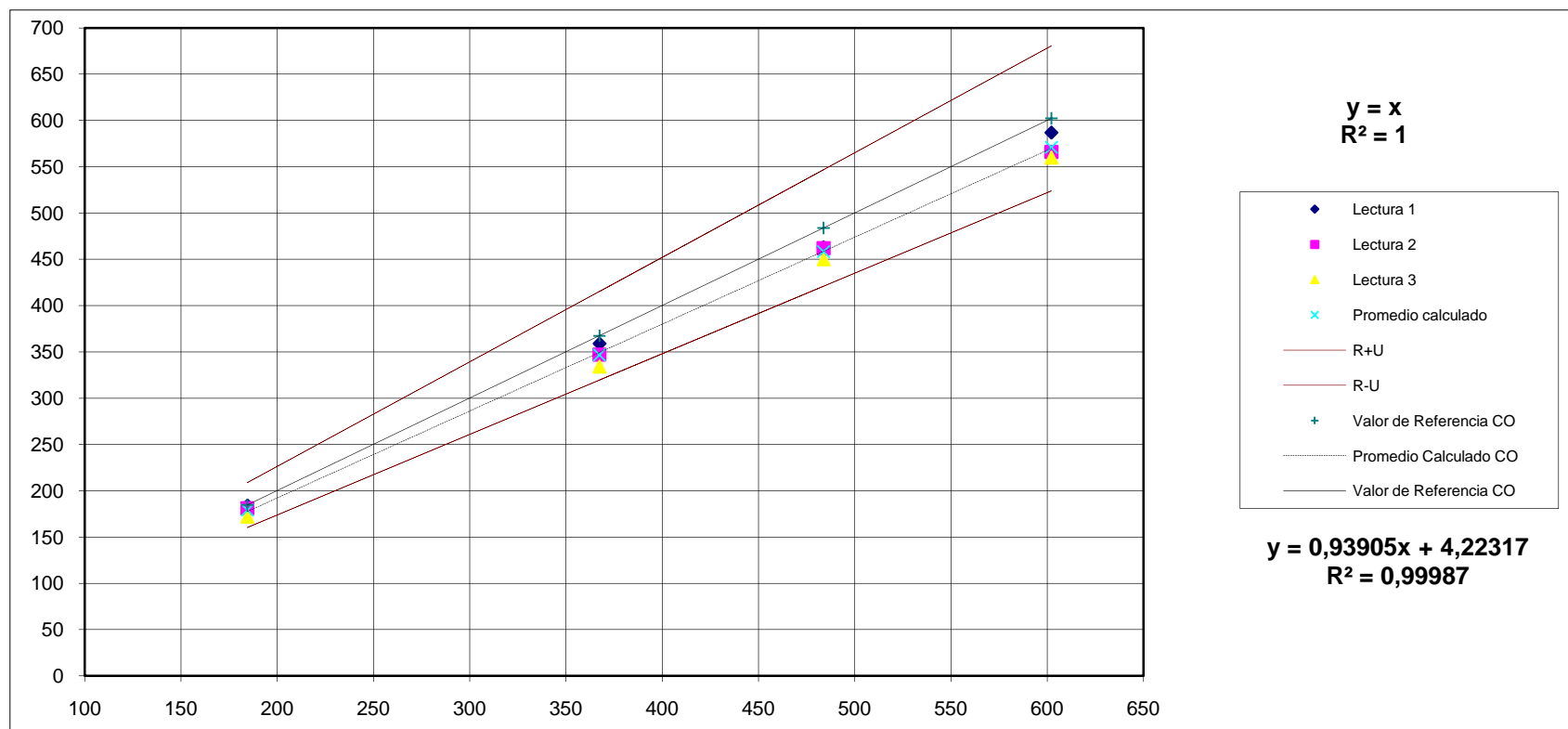
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323532	E	9.12	9.3	9.0	9.0	9.1	6.73	84.15	69.27	9.1
	B	3.29	3.5	3.5	3.5	3.5	9.90	86.57	17.99	3.5
	A	2.48	2.6	2.5	2.5	2.5	10.47	86.94	12.06	2.5
	H	11.50	11.3	11.4	11.3	11.3	5.47	83.16	105.66	11.3

SU SECUENCIA: AE CB HA EH CB HA AE EH CB AE HA EH



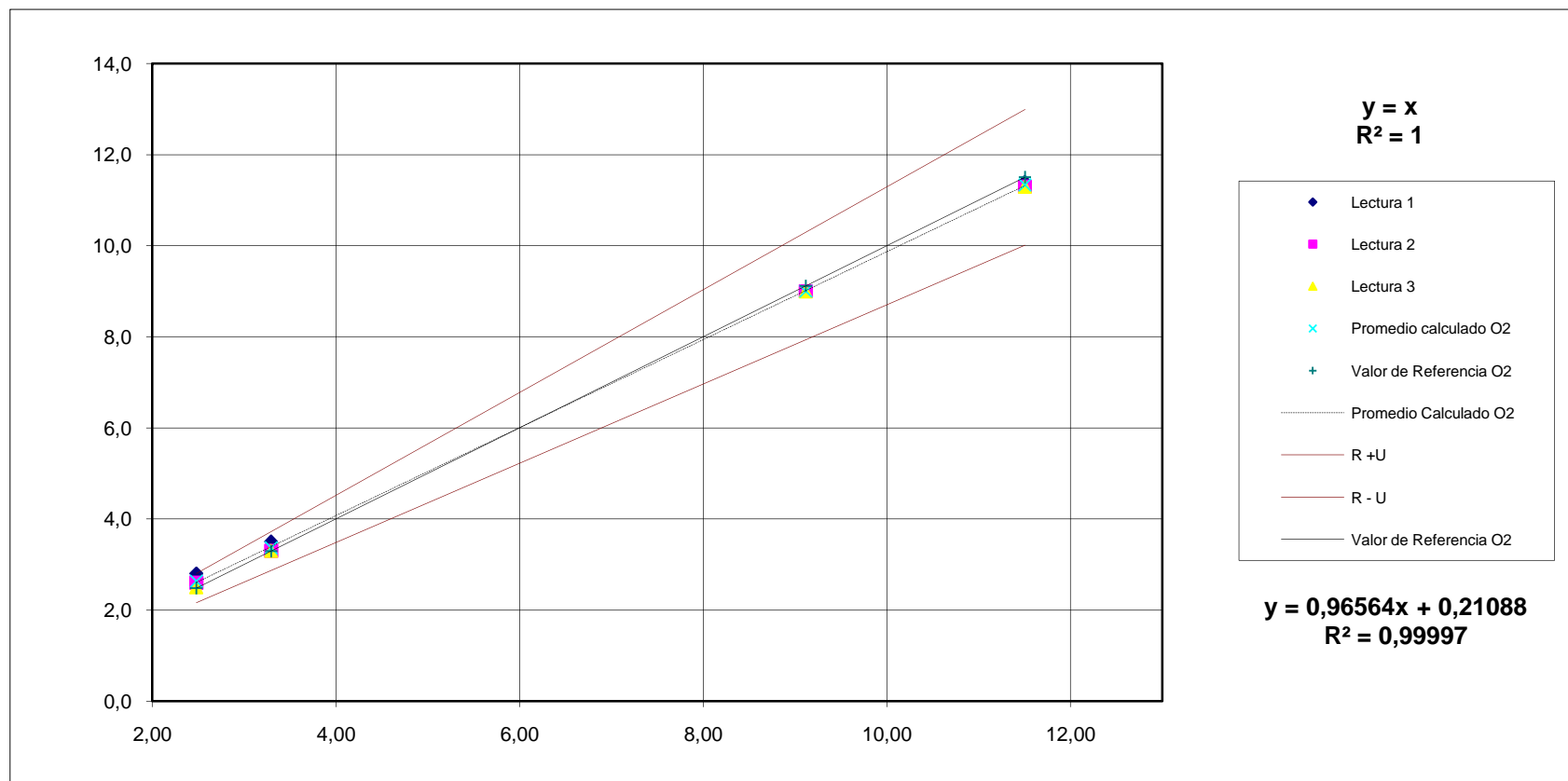
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323619	D	367	359	347	334	346.67	346.67
	H	602	587	566	560	571.00	571.00
	A	185	184	181	172	179.00	179.00
	F	484	463	462	450	458.33	458.33

SU SECUENCIA: DA HB AE FH AE FH DA HB FH AE HB DA



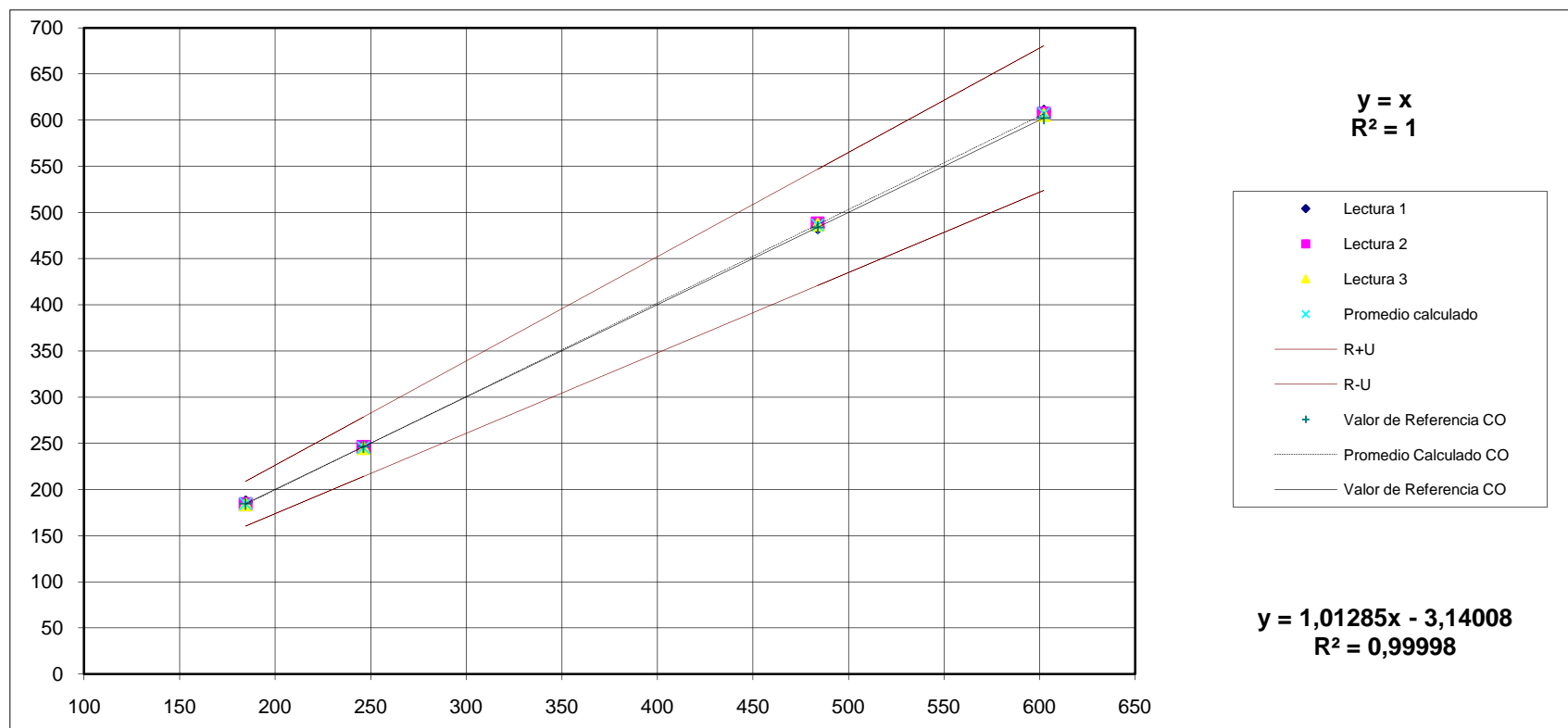
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323619	A	2.48	2.8	2.6	2.5	2.63	10.23	87.10	12.84	2.6
	B	3.29	3.5	3.3	3.3	3.37	9.80	86.77	17.06	3.4
	E	9.12	9.0	9.0	9.0	9.00	6.7	84.28	67.81	9.0
	H	11.50	11.4	11.3	11.3	11.33	5.37	83.25	106.02	11.3

SU SECUENCIA: DA HB AE FH AE FH DA HB FH AE HB DA



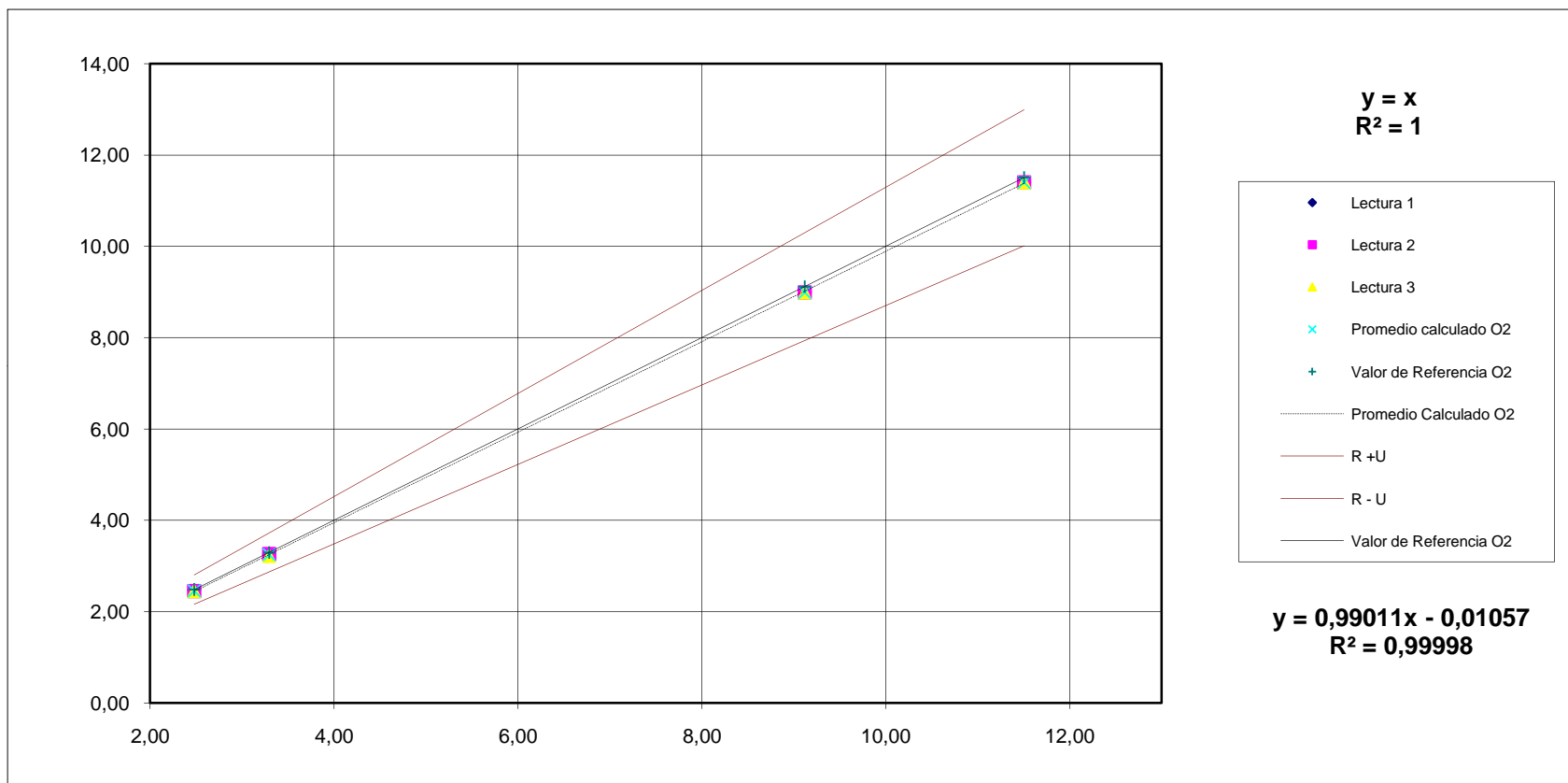
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323706	F	484	484	488	487	486.33	486.33
	H	602	609	607	606	607.33	607.33
	A	185	186	184	184	184.67	184.67
	B	246	245	246	245	245.33	245.33

SU SECUENCIA: FE HB AH BA AH HB FE BA HB FE BA AH



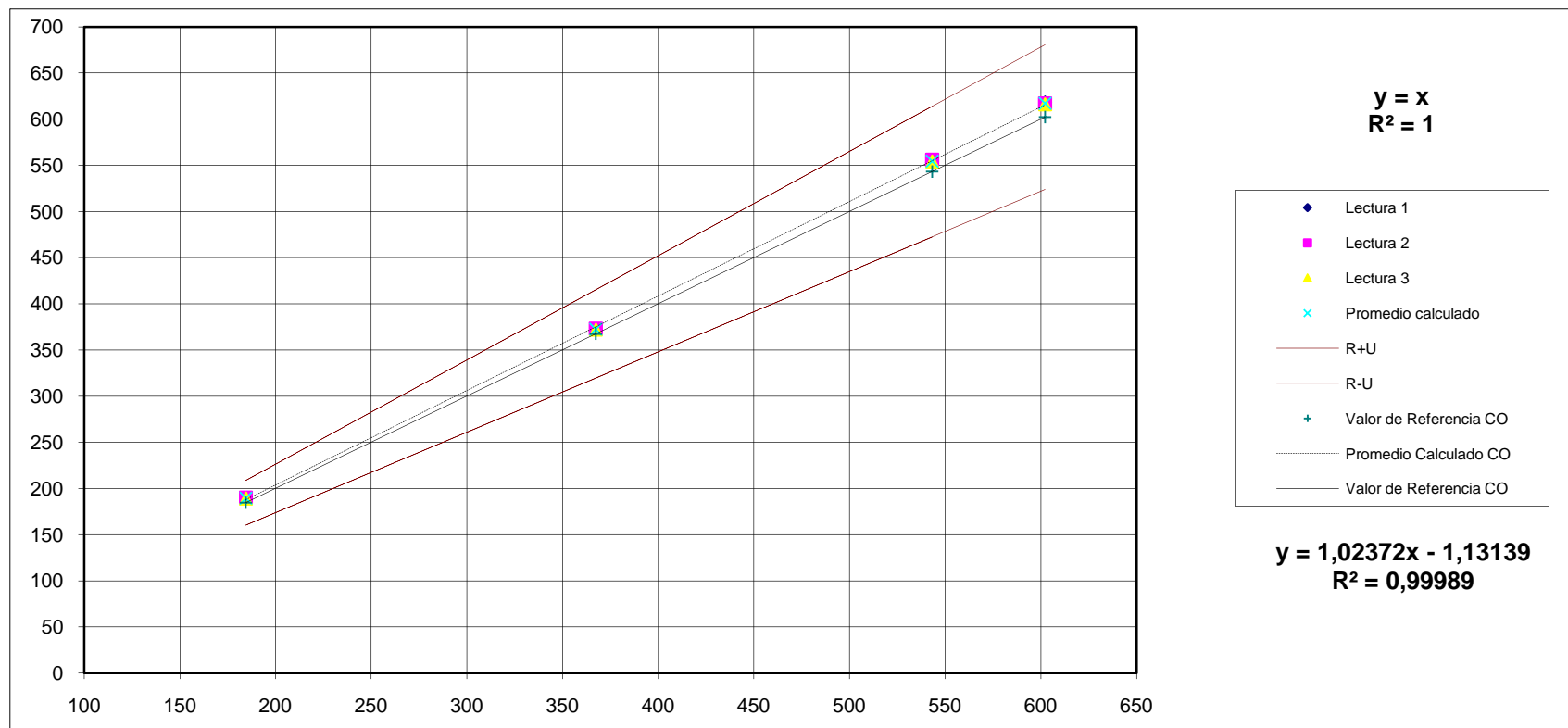
Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323706	E	9.12	8.99	8.99	8.99	8.99	6.68	84.28	67.49	9.0
	B	3.29	3.26	3.26	3.22	3.25	9.89	86.81	16.34	3.2
	H	11.50	11.40	11.40	11.40	11.40	5.33	83.25	107.59	11.4
	A	2.48	2.47	2.45	2.45	2.46	10.33	87.20	11.90	2.5

SU SECUENCIA: FE HB AH BA AH HB FE BA HB FE BA AH



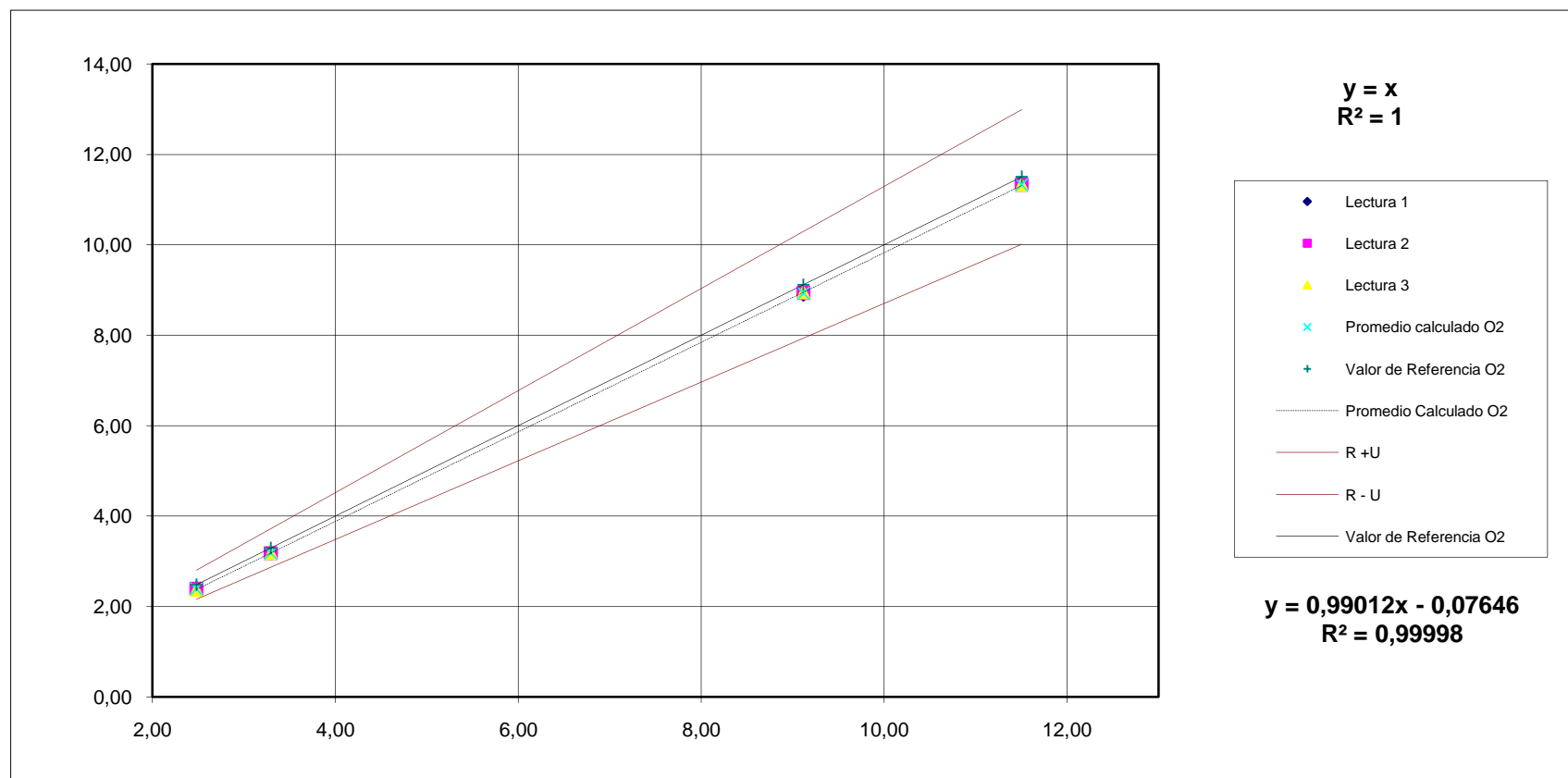
Código	Estado	Valor de Referencia CO μmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado	Promedio calculado
323793	G	543	553	556	554	554.33	554.33
	D	367	372	373	372	372.33	372.33
	A	185	189	190	189	189.33	189.33
	H	602	618	617	616	617.00	617.00

SU SECUENCIA: GH DA AE HB DA GH AE HB DA GH AE HB



Código	Estado	Valor referencia O ₂ cmol/mol	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio reportado O ₂	CO ₂ Reportado	N ₂ Reportado %	E.A. Reportado %	Promedio calculado O ₂
323793	H	11.50	11.33	11.33	11.33	11.33	5.37	83.24	105.90	11.3
	A	2.48	2.41	2.39	2.37	2.39	10.36	87.21	11.48	2.4
	E	9.12	8.90	8.94	8.95	8.93	6.71	84.34	66.84	8.9
	B	3.29	3.18	3.18	3.18	3.18	9.92	86.82	15.93	3.2

SU SECUENCIA: GH DA AE HB DA GH AE HB DA GH AE HB



ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA CNM-EA-630-004/2011

TABLA COMPARATIVA DE EQUIPO

TABLA 8

Código	Marca	Modelo	No. de serie	Flujo L / min	Intervalo de concentración			Tiempo de respuesta	Frecuencia de Mantenimiento	Fecha de última calibración	Reparación / Sustitución
					CO	CO2	O2				
322401	Testo	330-1LL	01433816/710	0-0.5 L/min	0 - 4000 ppm	N/A	0-21 % volumen (0-21 cmol/mol)	1	1	2011-09-13	Celdad de CO y O2
322488	Testo	T 350 XL	1694670	1	0 - 1000 ppm (µmol/mol)	0 - 50 % (cmol/mol)	0 - 25 % (cmol/mol)	CO: 0.66 min ; CO2: 0.66 min ; O2 : 0.33 min	2	10 Octubre 2011	Sustitución de Celda de Oxígeno
322575	Horiba	PG 250	XJCOABS	de 0.3 a 0.5 lt/min	de 0 - 5000 ppm	0 - 20 %	0 - 25 %	3 min a 5 min Estabilización muestra y 3 seg respuesta	2	6 Julio 2011	Filtro de humedad / sensor de O2
322662	TESTO	T-335	012773601610	0.75 L/min	0 - 10000 µmol/mol	0 - 20 % mol/mol	0 - 25 % mol/mol	0.58 min	Bimestral	2007-09-17	-
322749	TESTO	327-1	01728136	No especificado	0 a 4000 ppm	Se calcula	0 a 21 %	0.5 a 1	DOS	10 DE MAYO DEL 2011	NINGUNA SE TRATA DE UN EQUIPO NUEVO
322836	Testo	342-1	40271280002 Gb	1	0.0 - 10 000 umol/mol	0 - 21 %	0.0 - 20.9 %	0.083	2	2011- Septiembre-19	Celdas de CO y O2
322923	Bacharach	PCA-20	KQ1023	2 L/min	0 a 2000 ppm	0.1 a max %	0.1 a 20.9 %	2 minutos	2 Mantos preventivos al año de acuerdo a programa	2010-10-25	Cambio de Celdas de Oxígeno y Monóxido de Carbono
323010	Testo	300 M-I	01071536/504	0.8 l/min	0 - 10 000 ppm	0 - max %	0 - 25 %	1.5 min	Cada 6 meses	Octubre -2011	Cambio de sensores de CO y O2
323097	TESTO	350	# DE IDENTIFICACIÓN TAI-1047	1 L/min	0 - 20 000 ppm	-	0 - 21 %	1 min	DOS VECES AL AÑO	7 DE OCTUBRE DEL 2011	SE REMPLAZARON LAS CELDA EN SEPTIEMBRE DEL 2011
323184	Telegan	SPRINT V1	V100EI12063	2 L/min	0 - 10 000 ppm	0.1 - 25 %	0 - 25 %	0.5 min	Mantenimientos Internos Trimestrales o cuando se requiera	Verificación mensual / Calib Externa Enero 2011	Cambio de Bateria y sensor de CO

ENSAYO DE APTITUD TÉCNICA CNM-EA-630-004/2011

TABLA COMPARATIVA DE EQUIPO

TABLA 8

Código	Marca	Modelo	No. de serie	Flujo L / min	Intervalo de concentración			Tiempo de respuesta	Frecuencia de Mantenimiento	Fecha de última calibración	Reparación / Sustitución
					CO	CO2	O2				
323445	BACHARACH	PCA 2 225	QU1003	0.2 L/min	0 A 4000 ppm	----	0 A 20.9 %	Mide directamente	CADA 6 MESES	14 - SEPTIEMBRE- 2011	NINGUNA
323532	TESTO	300 M-I	00576882/109	0.8	0 - 10000 ppm	0 - 20.6 %	0 - 25 %	0.20 - 0.40	2 VECES AL AÑO	27-05-2011	CAMBIO DE CELDAS ELECTROQUIMICA S
323619	TESTO	TESTO 300 M I	00844175/306	1.5 L/min	0 a 4000 ppm	0 - CO2 Max %	0 - 21 %	60 segundos	Trimestral (4 veces al año)	12 de octubre de 2011	Cambio de Pilas
323706	MADUR	SENSONIC 1400	15268129	0.8 L/min	de 0 a 4000 ppm	de 0 a 15.7 %	DE 0 a 25 %	0.50 min	cada 6 meses	17 mayo 2011	cambio de CO y O2
323793	TESTO	350 - XL	01860283/006	1.0 L/min	0 a 10 000 ppm	0 a 15.7 %	de 0 - 25 %	0.66 min	cada 6 meses	6 Oct 2011	cambio celdas de CO y O2

TABLA 9
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
CNM-EA-630-004/2011
RESULTADOS DE EXAMEN ESCRITO

No. DE LABORATORIO	CÓDIGO	Analista 1		Analista 2	
		Aciertos de 20	%	Aciertos de 20	%
1	322401	20	100	NA	NA
2	322488	18	90	20	100
3	322575	19	95	16	80
4	322662	19	95	NA	NA
5	322749	20	100	20	100
6	322836	17	85	13	65
7	322923	20	100	NA	NA
8	323010	20	100	18	90
9	323097	19	95	NA	NA
10	323184	19	95	NA	NA
11	323445	20	100	20	100
12	323532	19	95	17	85
13	323619	20	100	20	100
14	323706	20	100	20	100
15	323793	20	100	17	85

NA: No aplica

AGRADECIMIENTOS

La dirección de Metrología de Materiales del CENAM, le agradece a la Compañía PRAXAIR México, S.A. DE C.V., por las facilidades prestadas para el uso del instrumental analítico de su compañía y por el apoyo técnico de su personal, dentro del marco del Convenio de Colaboración para el desarrollo de la Metrología de Gases en México, en el desarrollo de la presente prueba.