> Federic Benelli

Introducció

Ecuaciones de esta

multiparamétric

Antecedentes

Estructura Genera

CEBC 2000

Origen

Estructura

Funciones

reductoras

Sustancia pur

Termino resid

experimentale

Daniel dan

Métodos de a

Comparació

incertidumb

incertidumbi

Punto de roi

Punto burbu

Conclusione

Referencias

Ecuaciones de estado multiparamétricas - GERG 2008

Federico Benelli

IPQA

28 de Junio 2021

Federic Benell

Introducción

Ecuaciones de estad

multiparamétricas

Antecedente

Estructura Gener

GERG 200

Origen

Estructura

Funcio

. . . .

Término re

Ajuste a date

experimentale

Base de dato

_ ...

Comparació

incertid

incertiaumbr

Densida

Velocidad del sor

Conclusione

Referencias

Introducción

Introducción

El conocimiento de propiedades termodinámicas de gases naturales y mezclas de sus compuestos es de indispensable importancia para la ingeniería básica de procesos técnicos.

El procesado, transporte y almacenamiento de gases naturales requiere el cálculo de propiedades para un amplio espectro de composiciones y condiciones de operación.

Estas propiedades pueden ser calculadas mediante Ecuaciones de estado

Introducción Ecuaciones de estado (EOS)

X(P, V, T, ...)

Ecuaciones de estado

Ecuaciones de estad multiparamétricas

Estructura Gener

Estructura Gener

Origen

Origen

Funciones

Sustancia nu

Término resid

Ajuste a dato experimentale

Base de datos

Comparación

incertidumbre

Velocidad del soni Punto de rocío Punto burbuja

Conclusione

Referencias

- EOS Cúbicas
 - Peng-Robinson
 - Redlich-Kwong
 - Soave-Redlich-Kwong
- EOS Moleculares
 - SAFT
- EOS Multiparamétricas
 - AGA8

$$Z = 1 + \frac{\delta B}{K^3} - \delta \sum_{n=1}^{18} C_n^* T^{u_n} (b_n - c_n k_n \delta^{k_n}) \delta^{b_n} \exp(-c_n \delta^{k_n})$$
 (1)

GERG

$$\alpha(\rho, \tau, \overline{x}) = \alpha^{o}(\rho, T, \overline{x}) + \sum_{i=1}^{N} x_{i} \alpha_{oi}^{r}(\delta, \tau) + \Delta \alpha^{r}(\delta, \tau, \overline{x})$$
 (2)

Ecuaciones de estado multiparamétricas

Antecedentes

Benell

Introducció

Ecuaciones de est

Ecuaciones de es multiparamétrica

Antecedentes

Estructura Gener

GERG 20

Origen

Estructura

Funciones

Sustancia pu

Término resi

evperiment

Raco do dat

Métodos de

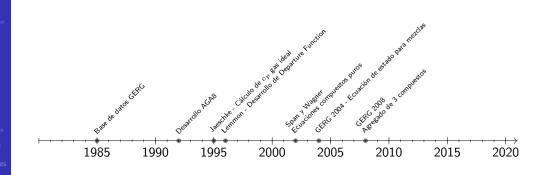
Comparaci de

incertidumbi

Volocidad dol con

Punto de rocío

.



Estructura General

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estad multiparamétricas Antecedentes Estructura General

. . .

Origer

Estructu

Function

Sustancia pi

Término resi

Ajuste a dato experimentale

Base de datos Métodos de aju

de incertidumb

Densidad

Punto de roci

Conclusions

Deferencies

Son ecuaciones que se basan en el ajuste de datos experimentales para describir la energía libre de Helmholtz residual.

Estructura General

$$\frac{A}{RT} = \alpha(\delta, \tau, \overline{x}) = \alpha^{o}(\rho, T, \overline{x}) + \alpha^{r}(\delta, \tau, \overline{x})$$
(3)

GERG 2008

GERG 2008

Federic Benelli

Ecuaciones de estac Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes Estructura General

CERC 2009

Origen Estructura

reductoras Sustancia pura

Ajuste a datos experimentales Base de datos Métodos de a

de incertidumbre

Densidad

Velocidad del sonido

Punto de rocío

Punto burbuia

Conclusione

Referencia

Ecuación AGA8-DC92 (1) limitada a rangos acotados ($250K \le T \le 350K$ y p < 30MPa). Además, presenta mayores incertidumbres al tratar con mezclas inusuales.

Objetivos GERG

- Válida en toda la región de fluidos.
- Incertidumbres \leq a 0,1% en ρ y w.
- Incertidumbres \leq a 1% en otras propiedades.
- Aceptable en rangos con datos de baja calidad.
- Estructura simple.

Benell

Introducci

Ecuaciones de esta multiparamétricas

Estructura Gene

Estructura Gen

Estructura

Funciones

reductora

Término res

Ajuste a dato

Daniel dates

Métodos de ajusto

incertidumh

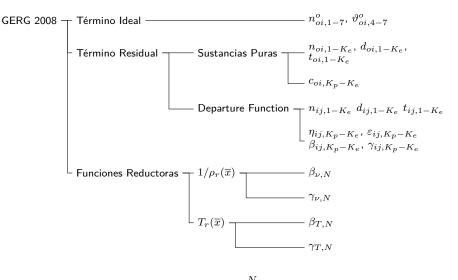
incertidumbi

Velocidad del so

Punto de roci Punto burbui:

Conclusion

Referencias



$$\alpha(\rho, \tau, \overline{x}) = \alpha^{o}(\rho, T, \overline{x}) + \sum_{i=1}^{N} x_{i} \alpha_{oi}^{r}(\delta, \tau) + \Delta \alpha^{r}(\delta, \tau, \overline{x})$$
 (2)

Federic Benelli

Ecuaciones de esta Ecuaciones de esta multiparamétricas

GERG 200

Estructura Funciones reductoras

Sustancia pura Término residua Ajuste a datos experimentales

Comparación de incertidumbre

Densidad Velocidad del sonido Punto de rocío Punto burbuja

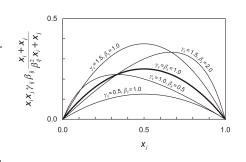
Conclusione

Referencias

Son utilizadas para determinar las variables reducidas de mezclas. Se obtienen ajustando parámetros a datos de mezclas.

Condiciones

- x_i→ 0 debe conectar suavemente a los parámetros de la sustancia pura.
- Describir tanto mezclas binarias como multicomponentes.
- Su forma matemática no debe depender del orden de los componentes.
- Flexible como para describir formas simétricas y asimétricas en mezclas equimolares.
- Deben asegurar valores físicamente razonables al usarse en las propiedades derivadas.



> Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gene

GERG 2

Origen

Funciones

reductoras Sustancia pu

Término residua Ajuste a datos experimentales Base de datos

Comparación

incertidumbre

Velocidad del sonio Punto de rocío Punto burbuja

Conclusiones

Referencias

Las funciones reductoras se utilizan para posteriormente obtener la densidad reducida δ y la temperatura reducida τ .

GERG-2008 utiliza funciones basadas en reglas de mezclado cuadráticas.

$$\frac{1}{\rho_r(\overline{x})} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \beta_{\nu,ij} \gamma_{\nu,ij} \frac{x_i + x_j}{\beta_{\nu,ij}^2 x_i + x_j} \frac{1}{8} \left(\frac{1}{\rho_{c,i}^{1/3}} + \frac{1}{\rho_{c,j}^{1/3}} + \right)^3$$
(4)

$$T_r(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} x_i x_j \beta_{T,ij} \gamma_{T,ij} \frac{x_i + x_j}{\beta_{T,ij}^2 x_i + x_j} (T_{c,i} \cdot T_{c,j})^{0.5}$$
 (5)

En casos donde no haya datos de calidad, los parámetros de ajuste se ajustan a 1, convirtiendo la ecuación a una regla de mezclado clásica.

Federic Benelli

IIItroduccion

Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

SERG 200

. .

Estructura

Sustancia pura

Tármino rocio

Ajuste a datos experimentales Base de datos

Base de datos Métodos de ajuste

incertidumbr

Densidad

Punto de rocío

Conclusione

Referencias

$$\alpha^{o}(\rho, T, \overline{x}) = \sum_{i=1}^{N} x_{i} [\alpha_{oi}^{o}(\rho, T) + \ln x_{i}]$$
(6)

 x_i Fracción molar compuesto i.

 $\alpha_{oi}^o(\rho,T)$ Energía de Helmholtz compuesto puro.

 $\ln x_i$ Entropía de mezclado.

 $\alpha_{oi}^{o}(\rho,T)$ - Sustancia Pura

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estac Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

GERG 2

Origen Estructu

Estructu

Sustancia pura

Ajuste a datos experimentales Base de datos Métodos de aj

de incertidumbr

Velocidad del sor

Conclusione

Referencias

 $\alpha^o_{oi}(\rho,T)$ corresponde a la energía libre de Helmholtz de la sustancia pura. Se obtiene a partir de la definición de la energía libre de Helmholtz:

$$a^{o}(\rho, T) = h^{o}(T) - RT - Ts^{o}(\rho, T)$$

$$\tag{7}$$

Que en el caso de un gas ideal se resuelve como:

$$a^{o}(\rho, T) = \left[\int_{T_0}^{T} c_p^{o} dT + h_0^{o} \right] - RT - T \left[\int_{T_0}^{T} \frac{c_p^{o} - R}{T} dT - R \ln \left(\frac{\rho}{\rho_o^{o}} \right) + s_0^{o} \right]$$
(8)

Federico Benelli

Introducció

Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

GERG 200

Origen

Estruct

Sustancia pura

Ajuste a datos experimentales Base de datos

Comparación de

incertidumbre

Velocidad del son Punto de rocío

Conclusiones

Referencias

Jaeschke y Schley 1996 determinaron coeficientes para el cálculo de c_p . Con la aplicación de estos coeficientes en la integración anterior se obtiene:

$$\alpha_{oi}^{o}(\rho, T) = \ln\left(\frac{\rho}{\rho_{c,i}}\right) + \frac{R^*}{R} \left[n_{oi,1}^o + n_{oi,2} \frac{T_{c,i}}{T} + n_{oi,3}^o \ln\frac{T_{c,i}}{T}\right]$$

$$+ \sum_{k=4,6} n_{oi,k}^o \ln\left(\left|\sinh\left(\vartheta_{oi,k}^o \frac{T_{c,i}}{T}\right)\right|\right)$$
(9)

$$-\sum_{k=5,7} n_{oi,k}^o \ln \left(\cosh \left(\vartheta_{oi,k}^o \frac{T_{c,i}}{T} \right) \right)$$

Benell

Introducció

Ecuaciones de esta multiparamétricas

Estructura Gener

SERG 2008

Origen

Estructi

Funcion

Sustancia ni

Término residual

Término resid

experimentales Base de datos

Métodos de aju

incertiduml

Velocidad del so

Punto de roc

Conclusione

Poforoncia

Término residual

$$\sum_{i=1}^{N} x_i \alpha_{oi}^r(\delta, \tau) + \Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x})$$

- El primer término corresponde a la combinación lineal de los compuesots puros.
- El segundo término corresponde a una función denominada "Departure Function"

$$\sum_{i=1}^{N} x_i \alpha_{oi}^r(\delta, \tau)$$

$$\Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x})$$

 $\alpha^r_{oi}(\delta,\tau)$ - Forma funcional

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gene

GERG

Estructura

reductoras

Término residual

Ajuste a datos experimentales Base de datos Métodos de aju

de incertidumbr

Velocidad del s Punto de rocío

Conclusiones

Referencias

Para poder realizar el ajuste de datos experimentales, es necesario establecer una estructura matemática que describa a la energía residual $\alpha^r_{oi}(\delta,\tau)$.

Se planteó una forma funcional como una combinación de sumatorias de dos tipos de términos:

Términos polinómicos

$$\alpha_i^r = n_i \delta^{d_i} \tau^{t_i} \tag{10}$$

Términos Exponenciales

$$\alpha_i^r = n_i \delta^{d_i} \tau^{t_i} e^{-\delta^{c_i}} \tag{11}$$

Término residual

 $\alpha^r_{oi}(\delta,\tau)$ - Forma funcional

Benell

Introducció

Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gene

GERG

Estructura

reductoras

Término residual

Ajuste a datos experimentales Base de datos

de incertidumbre

Velocidad del sor
Punto de rocío
Punto burbuja

Conclusiones

Referencias

Para poder realizar el ajuste de datos experimentales, es necesario establecer una estructura matemática que describa a la energía residual $\alpha^r_{oi}(\delta,\tau)$.

Se planteó una forma funcional como una combinación de sumatorias de dos tipos de términos:

Términos polinómicos

$$\alpha_i^r = n_i \delta^{d_i} \tau^{t_i} \tag{10}$$

Términos Exponenciales

$$\alpha_i^r = n_i \delta^{d_i} \tau^{t_i} e^{-\delta^{c_i}} \tag{11}$$

Forma funcional

$$\alpha^{r}(\delta, \tau) = \sum_{k=1}^{K_{Pol}} n_{k} \delta^{d_{k}} \tau^{t_{k}} + \sum_{k=K_{Pol}+1}^{K_{Pol}+K_{Exp}} n_{k} \delta^{d_{k}} \tau^{t_{k}} e^{-\delta^{c_{k}}}$$
(12)

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

3ERG 200

Orige

Estructur Funcion

Sustancia p

Término residual

experimentales

Base de datos

Comparación

Densidad

Velocidad del son Punto de rocío

Conclusione

Referencia

 $\Delta lpha^r(\delta, au, \overline{x})$ fue utilizada por primera vez por Tillner-Roth 1993 y Lemmon 1996 con el propósito de mejorar la precisión de modelos multi-fluidos.

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de es

Antocodonto

Estructura G

SERG 2008

Origen

Estructura

Functione

Sustancia ni

Término residual

Ajuste a dato experimental

Base de date

ivietodos de a

de

Densidad

Velocidad del soni

Punto burbu

Conclusione

Referencias

Originalmente se utilizaban en mezclas binarias:

$$\Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x}) = f^{\Delta}(x_1, x_2) \cdot \alpha_{12}^r(\rho, \tau)$$
(13)

Benell

Introducció

Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

Antecedentes Estructura Gener

Origen

Origen

Estructi

reduc

Sustancia

Término residual

Ajuste a dato experimentale

Métodos de ajust

de

incertidumb

Velocidad del son Punto de rocío

Conclusions

Deferencies

Originalmente se utilizaban en mezclas binarias:

$$\Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x}) = f^{\Delta}(x_1, x_2) \cdot \alpha_{12}^r(\rho, \tau)$$
(13)

Forma Generalizada:

$$\Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x}) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} x_i x_j F_{ij} \alpha_{ij}^r(\delta, \tau)$$
 (14)

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estad multiparamétricas Antecedentes

Antecedentes
Estructura Genera

Origen

Fetructu

Estructi

C.........

Término residual

Ajuste a datos experimentales Base de datos

Base de datos Métodos de ajust

incertidumbre

Velocidad del son Punto de rocío

Conclusiones

Referencias

Originalmente se utilizaban en mezclas binarias:

$$\Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x}) = f^{\Delta}(x_1, x_2) \cdot \alpha_{12}^r(\rho, \tau) \tag{13}$$

Forma Generalizada:

$$\Delta \alpha^r(\delta, \tau, \overline{x}) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} x_i x_j F_{ij} \alpha_{ij}^r(\delta, \tau)$$
 (14)

Forma funcional de α_{ij}^r :

$$\alpha_{ij}^{r} = \sum_{k=1}^{K_{Pol,ij}} n_{ij,k} \delta^{d_{ij,k}} \tau^{t_{ij,k}} + \sum_{k=K_{Pol,ij}+1}^{K_{Pol,ij}+K_{exp,ij}} n_{ij,k} \delta^{d_{ij,k}} \tau^{t_{ij,k}}$$

$$\exp \left[-\eta_{ij,k} \left(\delta - \varepsilon_{ij,k} \right)^{2} - \beta_{ij,k} \left(\delta - \gamma_{ij,k} \right) \right]$$
(15)

Federio Benell

Introducció

Ecuaciones de esta Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes Estructura Genera

GERG 20

Origen

Funciones reductoras

Término residu

Ajuste a datos experimentales Base de datos

Métodos de ajust

de incertidumbre

Velocidad del soni
Punto de rocío

Conclusione

Referencias

Tanto la energía de Helmholtz residual (α^r) como la función de salida ($\Delta \alpha^r$) requieren un proceso de ajuste de parámetros:

- 1 Selección de datos.
- 2 Ponderación de datos.
- 3 Precorrelación de cantidades auxiliares.
- 4 Ajuste linear según mínimos cuadrados.
- **5** Ajuste no-linear.

Ajuste a datos experimentales

Base de datos

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

GERG 20

Origen

Estructura

reductoras Sustancia pu

Término resid

Base de datos

Métodos de ajus

incertidumbre

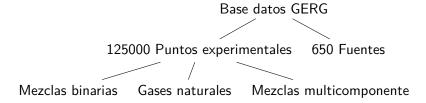
Densidad

Velocidad del se Punto de rocío

Conclusione

Referencias

Desde antes de 1985, el grupo GERG expande continuamente su base de datos relacionada a propiedades de mezclas y compuestos puros.



Rangos de datos

Introducció

Ecuaciones de esta Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes Estructura Genera

GERG 200

Origen Estructura Funciones

Sustancia pura
Término residua

Base de datos

de incertidumbre

Densidad Velocidad del sonid Punto de rocío

Conclusione

Referencias

La base de datos utilizada por GERG cubre tanto regiones de gas homogéneo, líquido y supercrítico como también estados de equilibrio líquido-vapor en rangos de 16 < T < 2500 K y P < 2000 MPa.

Tipos de datos

- $p\rho T$
- ullet Capacidad calorífica isocórica c_v
- Velocidad del sonido: w
- Capacidad calorífica isobárica: c_p
- Diferencias de entalpía: Δh
- Densidad de líquido saturado: ρ'
- VLE: pTxy

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gene

GERG 2008

Origen

Origen

Funciones reductoras

Sustancia pura

Ajuste a datos experimentales

Base de datos Métodos de ajuste

de incertidumbre

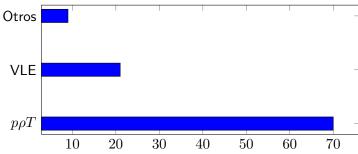
Velocidad del sonio

Conclusione

Referencias

Estos datos se distribuyen como:

- 70 % $p\rho T$.
- 21 % Puntos VLE.
- 9 % Otras propiedades.



Base de datos

Incertidumbres de mediciones

Benell

Introducción

Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

CERC 2008

Origon

Estructui

Funciones

Sustancia p

Término res

experim

Base de datos Métodos de ajuste

Comparació de

incertidumb

Velocidad del soni Punto de rocío

Conclusione

Referencias

Tipo de dato	Propiedad	Incertidumbre relativa (%)
$p\rho T$	$\Delta ho/ ho$	(0,03 a 0,1)
c_v	$\Delta c_v/c_v$	(1 a 2)
w	$\Delta w/w$	(0,02 a 0,01)
c_p	$\Delta c_p/c_p$	(1 a 2)
Δh	$\Delta(\Delta h)/\Delta h$	(0,2 a 0,5)
$ ho^{'}$	$\Delta ho^{'}/ ho^{'}$	(0,1 a 0,3)
VLE	$\Delta p_s/p_s$	(1 a 3)
•		

Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de est multiparamétricas Antecedentes

CEDC (

Origen Estructui

Funciones reductoras Sustancia pui Término resid

experimentales

Base de datos

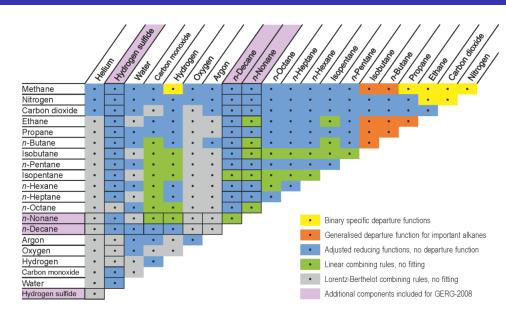
Métodos de ajuste

de incertidumbre

Velocidad del sonio
Punto de rocío

Conclusione

Referencia



Benell

Introducció

Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gen

Origen

Origen

Funcio

Sustancia nu

Término

experim

Métodos de ajuste

de

incertidumb

Velocidad del sor

Punto burbuja

Conclusione

Referencias

La energía libre de Helmholtz no es medible, pero si se pueden obtener variables medibles a través de sus derivadas:

$$\frac{p(\delta, \tau, \overline{x})}{\rho RT} = 1 + \delta \alpha_{\delta}^{r} \tag{16}$$

$$\frac{w^2(\delta, \tau, \overline{x})}{RT}M = 1 + 2\delta\alpha_{\delta}^r + \delta^2\alpha_{\delta\delta}^r - \frac{(1 + \delta\alpha_{\delta}^r - \delta\tau\alpha_{\delta\tau}^r)^2}{\tau^2(\alpha_{\tau\tau}^o + \alpha_{\tau\tau}^r)}$$
(17)

$$\frac{c_v(\delta, \tau, \overline{x})}{R} = -\tau^2 (\alpha_{\tau\tau}^o + \alpha_{\tau\tau}^r)$$
 (18)

$$Z(\delta, \tau, \overline{x}) = 1 + \delta \alpha_{\delta}^{r} \tag{19}$$

Métodos de ajuste

Cálculo de propiedades medibles

Métodos de ajuste

Cálculo de VLE

$$\varphi_{i}^{'}/\varphi_{i}^{''} = x_{i}^{''}/x_{i}^{'} \tag{20}$$

$$K_i = x_i^{"}/x_i^{'} \tag{21}$$

$$f_i = x_i \rho RT \exp\left(\frac{\partial n\alpha^r}{\partial n_i}\right)_{T,V,n_j}$$
 (22)

$$\ln \varphi_i = \left(\frac{\partial n\alpha^r}{\partial n_i}\right)_{T,V,n_j} - \ln Z \tag{23}$$

$$x_{i} = (1 - \beta)x_{i}^{'} + \beta x_{i}^{''} \tag{24}$$

> Federic Benelli

Introducció

Ecuaciones de esta

multiparamétricas

Antecedente

Estructura Ger

ERG 200

Origer

Estructu

Function

. . .

remino resi

experimental

Daniel dan

Métodos de :

Comparación de incertidumbres

Densid:

Velocidad del sor

unto hurbui

Conclusione

Referencias

Comparación de incertidumbres

Federic Benell

Introducción

Ecuaciones de esta

multiparamétrica

Antecedentes

Estructura Gen

GERG 200

Orige

Estructi

Funcio

C....

oustancia p

remino resi

experimenta

Rase de dat

Métodos de

Comparación de

de incertidumbres

Velocidad del soni Punto de rocío

Punto burbuj

Conclusione

Referencias

Comparación de incertidumbres

Se compararon datos experimentales con datos calculados con la ecuación GERG y otras ecuaciones de estado.

Federic Benelli

Introducción

Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gener

GERG

Origen

Funcione

reductoras Sustancia pi

Término resid

experimentales

Base de datos

Base de datos Métodos de ajusti Comparación

de incertidumbres

Densidad

Velocidad del son

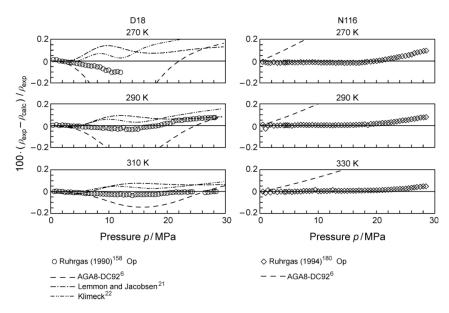
Punto de rocío

Punto burbuja

Conclusione

Referencias

Densidad calculada en gases naturales.



> Federico Benelli

Introducción

Ecuaciones de estad Ecuaciones de estad multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gene

GERG

Estructura Funcione

reductoras Sustancia pur

Ajuste a datos experimentales

Base de datos Métodos de ajusto

Comparación de incertidumbres

Densidad

Velocidad del son

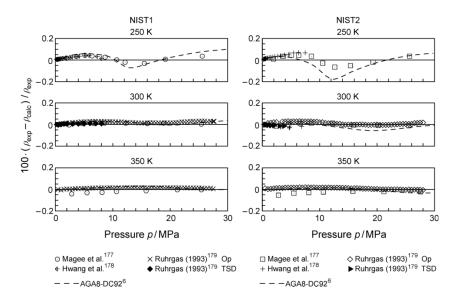
Punto de rocío

Punto hurbuia

Conclusione

Referencias

Densidad calculada en gases naturales.



Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estad multiparamétricas Antecedentes

Estructura Conor

CEBC 2000

0-:---

E-1----

Estruc

reductor

Sustancia pi

Aiusto a

experimentales

Base de datos Métodos de ajuste

Comparación de

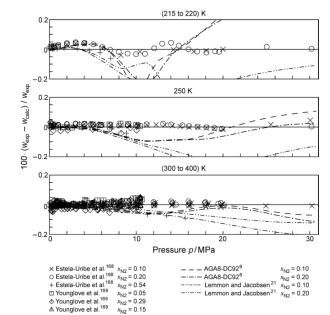
incertidumbres

Velocidad del sonido Punto de rocío

Conclusione

Referencias

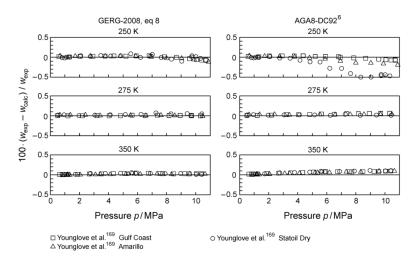
Velocidad del sonido en mezcla Metano-Nitrógeno.



Comparación de incertidumbres

Velocidad del sonido

Velocidad del sonido en gases naturales.



> Federic Benelli

Introducció

Ecuaciones de estac Ecuaciones de estac multiparamétricas Antecedentes

GERG

Origen

Estructura Funciones reductora

Sustancia pur Término resid Ajuste a datos

Base de datos Métodos de ajus

Comparación de incertidumbres

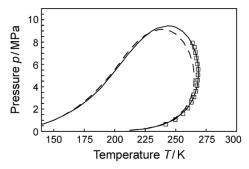
Velocidad del sonio

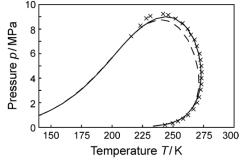
Punto de rocío

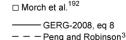
Conclusiones

Referencias

Punto de rocío en mezcla de metano, butano, isobutano y pentano. Y mezcla sintética de $C_1, N_2, CO_2, C_2, C_3, C_4, iC_4, C_5, iC_5, C_6, C_7, C_8$









Federic Benelli

Introducció

Ecuaciones de estado Ecuaciones de estado multiparamétricas Antecedentes

Estructura Gener

GLING

Origen Estructura

Funciones reductoras

Sustancia pur Término resid

Ajuste a datos experimentales

Base de datos Métodos de ajuste

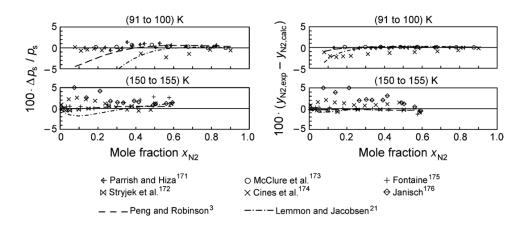
Comparación de incertidumbres

Velocidad del sonio
Punto de rocío
Punto burbuia

Conclusions

Deferencies

Punto de burbuja en mezcla Metano-Nitrógeno



Federic Benelli

Introducció

Ecuaciones de esta Ecuaciones de esta multiparamétricas Antecedentes

GERG 200

Estructura
Funciones
reductoras
Sustancia pura
Término residual
Ajuste a datos
experimentales

Comparación de

> Densidad Velocidad del soni Punto de rocío Punto burbuja

Conclusiones

Referencias

Comparada a otras ecuaciones de estado, la ecuación GERG 2008 logra una descripción precisa de propiedades de diversas mezclas sobre rangos de temperatura, presión y composición más amplios.

Rangos de validez Se dividieron dos secciones:

Rango Normal Puntos entre:

$$90K \le T \le 450K$$
$$p \le 35MPa$$

Entre estos rangos las desviaciones se encontraron entre 0.1 y 0.5 % para la mayoría de las propiedades.

Rango Extendido Puntos entre

$$60K \le T \le 700K$$
$$p < 70MPa$$

Al expandir el rango hay ciertas mezclas en donde la incertidumbre de mediciones de densidad alcanza el 1%. Se considera que puede ser utilizada en casos donde mayores incertidumbres sean aceptables

Federico Benelli

ntroducción

Ecuaciones de estac

Ecuaciones de estac

multiparamétricas

Antecedentes

Estructura General

GERG 200

Origen
Estructura
Funciones
reductoras
Sustancia pur

Término residua Ajuste a datos experimentales Base de datos Métodos de ajus

de incertidumbre

Densidad

Velocidad del sonio

Punto de rocío

Punto burbuja

Referencias

- Jaeschke y Schley (1996). "Ideal-gas thermodynamic properties for natural-gas applications". En.
- Kunz y col. (2007). The GERG-2004 Wide-Range Equation of State for Natural Gases and Other Mixtures.
- Lemmon, W. E. (1996). "A generalized model for the prediction of the thermodynamic properties of mixtures including vapor-liquide equilibrium". En.
- Tillner-Roth (1993). "Die thermodynamicshcen Eigenschaften von R152a R134a und ihren Gemischen-Messungen und Fundamentalgleischungen". En.
- Wagner, Kunz; (2012). "The GERG-2008 Wide-Range Equation of State for Natural Gases and Other Mixtures: An Expansion of GERG-2004". En.

> Federic Benell

Introducció

Ecuaciones de estac

Ecuaciones de esta

.

Estructura Gener

SERG 200

Origer

Estructi

reductor

Sustancia

Término res

Ajuste a dato

experimentale

Base de date

Comparación

incert

incertidumbr

Densida

Velocidad del sor

Conclusione

Referencias

Muchas gracias!