

ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE ALCOHOL ETÍLICO (BIOETANOL) EN TANQUES CILÍNDRICOS VERTICALES EN DESTILERÍAS CON MATERIAS PRIMAS DERIVADAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Víctor Manuel González Morales,
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Roberto Estévez Báez,
Grupo de Derivados. MINAZ Nacional.

Reinier Dueñas Álvarez,
Destilería ALFICSA, Cienfuegos.

Recibido:

Aceptado:

Se presenta un método montado sobre hoja de trabajo Excel Office 2003 que establece las relaciones entre las funciones matemáticas que expresan las correlaciones entre los factores de pérdidas y las variables: temperatura, tiempo transcurrido y dimensiones del recipiente y permite de manera sencilla la estimación de las pérdidas del alcohol etílico derivado de la caña de azúcar (bioetanol). Se demostró que utilizar (por acuerdo) un 3 % anual es excesivo y se asumen pérdidas que pueden solapar otras causas.

Palabras Clave: Alcohol etílico, Bioetanol, factores de pérdidas, tanques cilíndricos verticales.

titulo en ingles

A mounted method is presented on work leaf Excel Office 2003 that it establishes the relationships among the mathematical functions that express the correlations among the factors of lost and the variables: temperature, lapsed time and dimensions of the recipient and it allows in a simple way the estimate of the lost ones of the derived ethylic alcohol of the cane of sugar (bioetanol). it was demonstrated that to use (for agreement) 3 annual% is excessive and losses are assumed that can overlap other causes.

Key words: Bioetanol, ethylic Alcohol, factors of losses, vertical cylindrical tanks.

INTRODUCCIÓN

En general en la industria de procesos químicos, siempre que se tengan que manipular líquidos volátiles, se presenta el problema de estimar las pérdidas que se

producen por evaporación a través del tiempo en almacén y poder actualizar los inventarios que se tienen en almacenamiento. Las destilerías cubanas de alcohol etílico del Ministerio del Azúcar han podido utilizar desde 1997 un procedimiento, que de forma manual,

les permite estimar con buena aproximación las pérdidas.³ La destilería ALFICSA ha utilizado hasta la fecha el valor del 3 % anual para estimar las pérdidas, calculadas de forma lineal, lo induce la sobre valoración de las pérdidas, en este trabajo se demuestra que hacerlo así es un gran error.

DESARROLLO

El presente método para estimar los valores permisibles de pérdidas durante el almacenamiento de alcohol, se basa en los valores establecidos para este concepto de acuerdo con el Gauging Manual de 1939.¹

Los valores originales se muestran corregidos, para adaptarlos a las unidades de medidas que para el alcohol se utilizan en Cuba según la NC 83-31: 87,² así como con la corrección necesaria que toma en cuenta la geometría de los recipientes originales, para los que fueron establecidos.

Este método se presenta como una alternativa de estimación razonable ante la inexistencia de Normas oficiales para dicho objetivo. Los factores permisibles de pérdidas (ya debidamente modificados) requieren ser multiplicados por dos factores de corrección. El primero de ellos tiene en cuenta la relación geométrica existente entre la superficie de evaporación y el volumen del líquido en el recipiente; y el segundo la influencia de la temperatura de almacenaje.

El factor geométrico de corrección se expresa en las unidades m^2/m^3 o sea m^{-1} y el factor de temperatura es adimensional, al estar definido por la relación entre la presión de vapor del alcohol a la temperatura media durante el período de almacenaje, con respecto a la que posee el mismo a la temperatura de referencia de 15 °C.

La Tabla de factores de pérdidas permisibles por fuga y evaporación de alcohol (Fp),³ que presenta el factor de pérdidas en % Volumen.m a diferentes periodos de tiempo (desde 0-2 meses hasta 80 meses), ha sido procesada en el STATGRAPHICS 5.0 y la regresión lineal ofrece la siguiente función:

$$Fp = 0,122882 + 0,0250564 * \text{Meses} - 0,0000809891 * \text{Meses}^2$$

Donde el factor de pérdidas Fp está expresado como: Volumen de alcohol a 100 ° GL y 15 ° C perdido por cada 100 volúmenes de alcohol contenido y metro, o sea % .m

Corrección por geometría del recipiente

Con el fin de aplicar los factores de pérdidas a un caso concreto, es necesario multiplicar este por la relación existente en el recipiente de almacenaje por el cociente entre el área de evaporación y el volumen de líquido contenido.

Para un tanque cilíndrico esta relación vendrá dada por $= 3.1416 D_i^2 / 4 / 3.1416 D_i^2 H_i / 4$

Donde

D_i es el diámetro interior del tanque y

H_i es la altura del líquido, o sea:

$$F_g = 1 / H_i ; m^{-1}$$

Por ello en un tanque cilíndrico vertical el porcentaje de pérdidas es función de la esbeltez del mismo, pero el volumen de pérdidas es constante para un tanque dado.

Para otra forma geométrica la relación tendrá que ser determinada según el caso.

Corrección por temperatura

Se hace imprescindible realizar una corrección por temperatura, al estar expresado el factor de pérdidas con referencia a 15 °C. Para ello se introduce un factor que toma en cuenta las presiones de vapor del alcohol a la temperatura media de almacenaje, con respecto a la que éste posee a la temperatura de referencia. Este factor será adimensional siempre que se expresen ambas presiones en iguales unidades. Si se toma como base la presión de vapor a 15 °C en mm de Hg, tal como se expresa en el gráfico de Cox,⁴ con un valor de 32 mm de Hg; el factor de corrección por temperatura sería:

$$F_t = P_v / 32$$

Donde P_v será la presión de vapor del alcohol a la temperatura media durante el periodo de almacenaje, expresada en mm de Hg. Es de destacar

la importancia de determinar el valor de la temperatura promedio, ya que durante el día y la noche, así como a través de distintas épocas del año este valor varía apreciablemente, también en función de si el tanque se encuentra al aire libre, bajo techo o soterrado, pintado o no, etc.

Porcentaje de pérdidas

Este valor vendrá dado entonces por la siguiente expresión:

$$\% = F_p * F_g * F_t$$

Por ello es imprescindible la colocación de termómetros en lugares adecuados en el recipiente y registrar la temperatura promedio del día y de ahí determinar el promedio de todo el período.

En donde % expresa: Volúmenes de alcohol a 100^o GL y 15 °C perdidos por cada 100 volúmenes de alcohol originalmente almacenados.

La data de Presión de Vapor del etanol con la temperatura tomada de Perry⁵, fue procesada en el STATGRAPHICS 5.0 y se obtuvo la siguiente función:

La hoja de trabajo requiere como datos de entrada:
 - El periodo que se evalúa (en meses)
 - La altura de llenado del tanque (en m)
 - La temperatura promedio registrada en el periodo (en °C)

$$\text{Log } P_v = -41,8394 - 17,6003 \text{ Log } (1/T)$$

Y se ofrece como resultado el % y el volumen perdido

Estimación de las pérdidas de alcohol

$$F_p = 0,122882 + 0,0250564 * \text{meses} - 0,0000809891 * \text{meses}^2$$

$$F_t = \text{Exp} (-96,3367 - 17,5999 \text{ Ln } (1/T)) / 32$$

$$F_g = 1/HL$$

DATOS

IDENTIFICAR TANQUE		Alcohol extrafino		Diámetro	1000 cm	
Fecha inicio llenado		Alcohol	Altura	1275 cm		
01-Dic-08		Volumen	1001382 Litros			
Fecha	Meses	HL	Temp. Med	Fp	Ln (1/T)	Ft
30/09/2008	1	5	26,1	0,147857	-5,7008	1,696532
30/10/2008	2	5,5	22,7	0,147857	-5,6893	1,387321
30/11/2008	3	6	22,6	0,147857	-5,6890	1,379087
30/12/2008	4	6,5	22,7	0,147857	-5,6893	1,387321
30/01/2009	5	7	21,6	0,147857	-5,6856	1,299242
28/02/2009	6	7,5	23,3	0,147857	-5,6914	1,437708
31/03/2009	7	8	23,8	0,147857	-5,6931	1,481010
30/04/2009	8	9	24,2	0,147857	-5,6944	1,516535
30/05/2009	9	10	26,7	0,147857	-5,7028	1,757437

Vol. Llenado	%	Período	H F Litros	Con 3 % anual	Constante	Vf/Vest
		Litros	Vol Perdido	Período	HF Litros	
		Pérdida		Litros		
392699,00	0,05017	197,01	197,01	968,30	968,30	4,9
431968,90	0,03730	161,11	358,12	1065,13	2033,43	5,7
471238,80	0,03398	160,15	518,27	1161,96	3195,39	6,2
510508,70	0,03156	161,11	679,37	1258,79	4454,17	6,6

549778,60	0,02744	150,88	830,25	1355,62	5809,79	7,0
589048,50	0,02834	166,96	997,21	1452,45	7262,24	7,3
628318,40	0,02737	171,99	1169,19	1549,28	8811,52	7,5
706858,20	0,02491	176,11	1345,30	1742,94	10554,46	7,8
785398,00	0,02599	204,09	1549,39	1936,60	12491,06	8,1

CONCLUSIONES

1. El método actual que se aplica, 3 % anual, por acuerdo entre las partes (dueño del alcohol y almacén) da valores de pérdidas muy por encima de las esperadas en cualquiera de los periodos considerados.
2. Se presentan y argumentan los elementos técnicos esenciales para elaborar la propuesta de Norma a la Oficina Nacional de Normalización y Metrología.

BIBLIOGRAFÍA

1. GAUGING: *Manual del Buro de Recaudación Interna (Impuestos) del Departamento del Tesoro de E.U.A. de 1938*, en su edición de 1939.
2. NORMA CUBANA: Especificaciones de calidad del alcohol etílico NC 83-31 de 1987.
3. ESTÉVEZ, ROBERTO: "Estimación de pérdidas permisibles por fugas y evaporación en recipientes de alcohol", Documento del Dpto. de alcohol del MINAZ, 1997.
4. HOUGEN, O. A., K. M. WATSON Y R. A. RAGATZ: *Chemical Process Principles*, 1962.
5. PERRY'S AND CHILTON: *Chemical Engineers Handbook*, 4th Edición, pp. 3-52.