

300618

13
2y.



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
Incorporada a la U.N.A.M.

LA SALLE

**OBTENCION DE AMINOETILANOLAMINA MEDIANTE LA
ETOXILACION DE LA ETILENDIAMINA UTILIZANDO
UN PROCESO POR LOTES**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de :
INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a

HUGO ALEJANDRO LARA GARCIA

DIRECTOR: ADOLFO OBAYA VALDIVIA

México, D. F.

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	3
1.1 DEFINICION DE UN AGENTE SURFACTANTE	3
1.2 TENSION SUPERFICIAL	4
1.3 DETERGENCIA	5
1.4 CLASIFICACION DE LOS SURFACTANTES	6
1.5 LA IMIDAZOLINA Y SUS PROPIEDADES	12
1.6 PROPIEDADES FISICAS Y PRINCIPALES APLICACIONES DE LA AMINOETILETANOLAMINA	14
CAPITULO II: DIFERENTES METODOS DE OBTENCION DE LA AMINOETILETANOLAMINA	18
2.1 OBTENCION DE LA AMINOETILETANOLAMINA COMO SUBPRO- DUCTO DE LA AMONOLISIS DE LA MONOETANOLAMINA ..	18
2.2 OBTENCION DE LA AMINOETILETANOLAMINA MEDIANTE LA DIMERIZACION DE LA MONOETANOLAMINA EN PRESENCIA DE UN CATALIZADOR METALICO	22
CAPITULO III: OBTENCION DE LA AMINOETILETANOLAMINA MEDIANTE LA ETOXILACION DE LA ETILEN- DIAMINA	27
3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO	27
3.2 DISENO DE EXPERIMENTOS	29
3.3 OBJETIVO DEL EXPERIMENTO	29
3.4 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO	29
3.5 RESULTADOS	30
3.6 CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL PROCESO POR LOTES	31

CAPITULO IV: SELECCION DE EQUIPO	46
4.1 CRITERIOS DE SELECCION	46
4.2 USO DE LA ECUACION DE RALEIGH PARA DETERMINAR LA MASA A CONDENSAR	50
4.3 CHEQUEO DE LAS UNIDADES EXISTENTES	55
4.3.1 CALCULO DE LA CHAQUETA	55
4.3.2 CHEQUEO DEL CAMBIADOR COMO CONDENSADOR ..	59
4.3.3 CHEQUEO DEL CAMBIADOR COMO ENFRIADOR	62
4.4 NOMENCLATURA DEL CAPITULO	66
 CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO	 68
5.1 COSTO DE OPERACION	68
5.2 COSTO DE LAS MATERIAS PRIMAS	72
5.3 COSTO DE PRODUCCION	74
5.4 COSTO INTERNACIONAL DE LA AMINOETILETANOLAMINA.	74
 CONCLUSIONES	 76
BIBLIOGRAFIA	78
APENDICE	80
BANCO DE DATOS	87

INTRODUCCION

En los últimos años la Industria de los surfactantes ha tenido un desarrollo muy importante en México, lo que ha provocado un aumento en la demanda de las materias primas y de los intermediarios usados en la fabricación de los diferentes tipos de agentes de superficie activa.

Como sucede en muchas industrias una gran cantidad de las materias primas e intermediarios no son de fabricación Nacional y por lo tanto tienen que ser importados, trayendo esto como consecuencia una serie de inconvenientes como son: Manejo de inventarios altos, Incertidumbre en los tiempos de entrega, pago de impuestos, etc, pudiendo evitarse todo esto si se contara con un proveedor Nacional.

Uno de los muchos intermediarios que actualmente no se fabrica en nuestro país es la Aminoetiletanolamina (AEEA), la cual se utiliza dentro de la Industria de los surfactantes en la manufactura de agentes secuestrantes, materias primas para Shampoos, suavizantes catiónicos, inhibidores de corrosión y en la fabricación de insecticidas por mencionar solo algunos de sus usos.

la fabricación de insecticidas por mencionar solo algunos de sus usos.

En los últimos 3 años la demanda Nacional de este material a tenido un incremento significativo.

Actualmente la demanda Nacional de la AEEA se estima alrededor de 250 Toneladas anuales, con una tendencia a crecer de aproximadamente 6% anual, motivo por el cual puede ser interesante para una compañía en el ramo de las especialidades químicas la fabricación de este producto en México.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo es realizar un estudio para determinar la posibilidad de fabricación de la AEEA en México utilizando las instalaciones de la Compañía Christianson S.A. de C.V.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1) DEFINICION DE UN AGENTE SURFACTANTE

La palabra surfactante es una abreviación del término agente de superficie activa.

Los agentes de superficie activa son compuestos que tienden a concentrarse en la superficie e interfase de una solución acuosa y modifican la tensión superficial de la misma.

Los agentes de superficie activa o surfactantes presentan dentro de su estructura molecular un grupo hidrofóbico y otro hidrofílico. La presencia del grupo hidrofílico provoca que los agentes surfactantes sean parcialmente solubles en agua, mientras que el grupo hidrofóbico es rechazado por el agua, tendiendo esta parte de la molecula a salir de la fase acuosa.

Las moléculas del surfactante se orientan con su grupo hidrofílico hacia el agua y los grupos hidrófobos se extienden lo mas lejos posible en la dirección opuesta. Todo esto sucede manteniendo la relación geométrica y las fuerzas de interacción molecular. El resultado de esta orientación es la reducción de la tensión superficial del agua y una tendencia a la formación de burbujas o espuma.

1.2) TENSION SUPERFICIAL:

Al estado de fuerza interno que existe cuando las fuerzas que tienden a separar las partículas de un cuerpo estan equilibradas por la propia atracción entre ellas, se le llama tensión superficial. Su valor viene dado por la fuerza total en dinas con que las moléculas superficiales a lo largo de una línea recta de 1 cm de la longitud atraen y son atraídas por sus vecinas a la derecha y a la izquierda de esa línea.

La tensión superficial se expresa tambien por el trabajo total en ergios que debe gastarse en aumentar la superficie del líquido en 1 cm. cuadrado. La tensión superficial se mide por métodos indirectos, de los cuales el más sencillo es el que determina la fuerza necesaria para separar de la superficie del líquido un anillo de platino que esta justamente en contacto con ella.

A medida que la temperatura de un líquido aumenta, su tensión superficial disminuye, y a la temperatura crítica se hace igual a cero.

Lo anterior se debe a que a mayor temperatura el movimiento de las moléculas se hace mas rápido, lo que ocasiona la perdida gradual de la orientación que favorece el empaquetamiento y las fuerzas atractivas de las moléculas superficiales.

1.3) DETERGENCIA

Todo trabajo relacionado con agentes de superficie activa quedaría incompleto si no se definiera el término de detergencia.

La detergencia es un proceso que consiste en remover tierra, grasa, u otro tipo de materia orgánica adherida a un sustrato inmerso en algun medio, esto se logra generalmente aplicando una fuerza mecánica en presencia de alguna sustancia química que disminuya la fuerza de adhesión de la materia orgánica al sustrato, el proceso termina cuando la suciedad es mantenida en suspensión en el medio en donde fue sumergido el sustrato para finalmente ser eliminada.

El término detergente se aplica a todo producto o formulación destinada al lavado o limpieza. Actualmente los detergentes contienen entre 10 y 30 % de agentes de superficie activa a los cuales se le llama ingrediente activo, y el resto es lo que se conoce como base, por ejemplo: Tripolifosfito de sodio o algún otro agente quelante.

1.4) CLASIFICACION DE LOS SURFACTANTES

La existencia de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, así como las posibilidades de unión que existen entre ellos dan como resultado que las combinaciones para crear surfactantes sean ilimitadas. Debido a esto los surfactantes se han clasificado en diferentes grupos según su composición química:

- 1) Aniónicos
- 2) Catiónicos
- 3) No-Iónicos
- 4) Anfotéricos

1) Surfactantes Aniónicos:

Los surfactantes Aniónicos son aquellos que en soluciones acuosas ceden un ión de carga negativa. Generalmente son moléculas hidrofóbicas sulfonadas o sulfatadas.

Los alquil-bencen sulfonados son un ejemplo de los surfactantes aniónicos, son los de mayor uso debido a sus excelentes propiedades detergentes, su bajo costo y las atractivas propiedades físicas que presentan sus formulaciones.

Los alquil-bencen sulfonados se obtienen reaccionando un alquil-benceno con ácido sulfúrico o trióxido de azufre, para formar ácido sulfónico que después es neutralizado con una sal que generalmente es hidróxido de sodio.

Otros ejemplos de surfactantes aniónicos son las parafinas, olefinas, ésteres, amidas y ácidos grasos sulfonados, así como alquil sulfatos primarios y secundarios.

2) Surfactantes Catiónicos:

Los surfactantes cationicos son aquellos que en solución ceden un ión de carga positiva, generalmente son derivados de sales cuaternarias de amonio.

Son de gran interés para la industria de los detergentes, ya que actúan como suavizantes y poseen propiedades germicidas. Como detergentes en si no son buenos, y tan solo representan el 10% del mercado de los surfactantes.

Dentro de las sales cuaternarias de amonio destacan 5 tipos:

- 1) Alquil trimetil amonio
- 2) Alquil bencen dimetil amonio
- 3) Dialquil dimetil amonio
- 4) Alquil piridolina
- 5) Alquil imidazolina

De estos 5 tipos, el tercero y el quinto son ampliamente usados en la industria de los detergentes como suavizantes, son practicamente insolubles en agua y provienen generalmente de un ácido graso. Los otros tres tipos de compuestos son un poco solubles en agua y son usados como antisépticos y germicidas.

Otros ejemplos de surfactantes catiónicos son: Oxido de dimetil amina, Alquil aminas y Alquil aminas etoxiladas.

3) Surfactantes No-Iónicos:

Este tipos de surfactantes contiene grupos hidrofílicos que no se Ionizan apreciablemente en soluciones acuosas.

Los surfactantes no-iónicos tienen la ventaja de que son estables frente a la mayoría de los productos químicos en las concentraciones usuales de empleo, ya que al no ionizarse en agua, no forman sales y son efectivos tanto en aguas blandas como duras.

Su naturaleza química los hace compatibles con otros tensoactivos catiónicos o aniónicos.

Los surfactantes no-iónicos de mayor interés comercial contienen un polieter hidrófilo derivado del óxido de etileno, este tipo de surfactantes comprende la tercera parte del mercado de los surfactantes usados en la formulación de detergentes industriales.

El grupo polioxietilen hidrófilo puede ser introducido en un grupo hidrófobo que contenga un hidrógeno activo como es el caso de los grupos hidroxil, carboxílico o amino.

Una cadena de poliglicol del tamaño que se quiera se puede formar reaccionando óxido de etileno hasta tener el tamaño de molécula deseado. Los tipos más comerciales de estos materiales están en el orden de 7 a 20 moles de óxido de etileno por una mol del grupo hidrófobo.

Los surfactantes No- iónicos pueden clasificarse en 4 grupos:

- 1) Alcoholes grasos etoxilados
- 2) Alquil fenoles etoxilados
- 3) Acidos grasos etoxilados
- 4) Mezclas de óxido de etileno y propileno

4) Surfactantes Anfotéricos:

Los surfactantes anfotéricos son agentes activos que contienen grupos aniónicos y catiónicos, son grupos funcionales capaces de llevar las dos cargas iónicas.

El término surfactante anfotérico debe referirse mas específicamente a los materiales que pueden aceptar o donar un protón. Aunque estos materiales representan menos del 1% de la producción de surfactantes en E.U, sus usos en el mercado se estan incrementando dramaticamente a causa de las propiedades únicas del compuesto.

Los surfactantes anfotéricos disponibles en el mercado son derivados de la imidazolina e invariablemente sintetizados a partir de la 2-alkil-2-imidazolina.

Bajo condiciones ácidas o alcalinas, el comportamiento de estos surfactantes puede ser de naturaleza catiónica o aniónica, mientras que por otro lado pueden presentar funcionalidad de un sal cuaternaria de amonio, las cuales son practicamente inmunes a los cambios de pH.

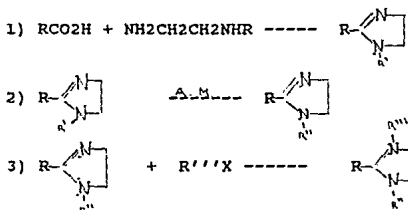
Los surfactantes anfotéricos fueron explotados comercialmente hasta que la compañía Miranol Chemical empezó su manufactura en los años de 1947 y 48, pero no fue hasta 1954 que se descubrió que no causaban daño a la piel ni a los ojos, siendo esta propiedad la que los lanzo a la fama.

De hecho en aquellos tiempos estos materiales eran los únicos que podían ofrecer las ventajas ya mencionadas de no irritabilidad de piel y ojos.

1.5) LA IMIDAZOLINA Y SUS PROPIEDADES:

1) Preparación de las Imidazolinas:

Los compuestos imidazolinicos se pueden preparar en varias etapas como se muestra a continuación:

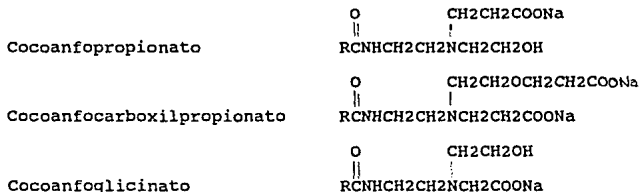


En el paso 1, un derivado de la etilen diamina generalmente la dietilen triamina o la aminoetiletanolamina es reaccionado con un ácido carboxílico, esto deja libre a un grupo amino o hidroxilo en un lado de la cadena que puede ser modificado por esterificación en el paso número 2, o en su defecto reaccionar con un grupo epóxico.

Muchos derivados de imidazolina se conocen como compuestos anfotéricos, su preparación depende de la introducción de un grupo aniónico en el paso número 2, lo cual se logra reaccionando la imidazolina con algún sulfonado o Lactona.

La alquilación de la imidazolina en el paso número 3 produce un surfactante catiónico, siendo los halogenuros de alquilo de cadena larga o corta los usados para este paso; como ejemplo podemos citar el cloro acetato de etilo o el dimetil sulfato.

Muchos de los surfactantes anfotéricos derivados de la imidazolina son producto de la alquilación de esta, lo que trae como consecuencia la apertura del anillo para formar estructuras como las que se muestran a continuación:



R representa el ácido graso, en este caso de Coco.

Los compuestos carboximetilados listados anteriormente son llamados betainas y son ampliamente usados en la industria de los cosméticos; Usualmente también se les llama etanoatos.

1.6) PROPIEDADES FISICAS Y PRINCIPALES
APLICACIONES DE LA AMINOETILETANOLAMINA:

1) PROPIEDADES FISICAS DE LA AEEA:

La Aminoetiletanolamina, también conocida como N-(2-hidroxi-etil-etilendiamina), es un líquido ligeramente viscoso soluble en agua que posee un fuerte aroma amoniacal.

Su fórmula general es la siguiente:



Como su estructura lo indica, la AEEA puede presentar reacciones de amina primaria y secundaria, al igual que reacciones de alcohol primario.

La AEEA es un intermediario útil en la preparación de muchos productos como: Químicos para textiles, agentes quelantes, intermediarios para la agricultura, cosméticos, e inhibidores de corrosión por citar algunos.

Especificaciones Comerciales:

Peso Molecular	104.5
G.E 20\20 C	1.0304
P.eb. C 1atm	243.7
Rango de eb. 1atm	242-246 C
P.de vap. 20C (mmHg)	< 0.01
Viscosidad 20C	141 Cp

La AEEA no tiene un punto de congelamiento definido, pero la viscosidad se vuelve tan alta a los 35 grados^F, que no puede ser bombeada satisfactoriamente.

La AEEA se oxida y decolora cuando se expone al aire por un periodo de tiempo prolongado. Para prevenir esto el tanque de almacenamiento debe presentar una atmósfera inherte, que generalmente se produce con gas nitrógeno.

2) PRINCIPALES APLICACIONES DE LA AEEA

La principal aplicación de este material gira en torno a sus reacciones con ácidos grasos para producir tanto amidas como imidazolinias.

A continuación se presentaran algunas de las aplicaciones mas importantes de este material en la industria:

-Industria de los Cosméticos: Se usa en la fabricación de buenos agentes espumantes y no irritantes derivados de la imidazolina para la fabricación de shampoos.

-Industria Textil: Se utiliza como intermediario en la fabricación de emulsificantes, suavizantes, y agentes humectantes.

-Industria Agroquímica: La AEEA se utiliza como intermediario en la producción de fungicidas e insecticidas. Los compuestos metálicos de la AEEA son usados como reguladores del crecimiento de plantas.

-Industria Farmacéutica: La AEEA se usa en la preparación de diuréticos, analgésicos, antiestaminicos y anti-inflamatorios.

La AEEA tambien es un excelente intermediario en la fabricación de agentes quelantes tales como la sal de sodio del ácido hidroxietiltilendiaminotriacético (Na3HEDTA), que se usa particularmente para el control de los iones férricos en un rango de pH de 8 a 11.

La AEEA encuentra otras aplicaciones como intermediario: En la fabricación de inhibidores de la corrosión, agentes curantes para sistemas epóxicos, recubrimientos tipo praimer para metales y como aditivo en la formulación de adhesivos.

CAPITULO II

DIFERENTES METODOS DE OBTENCION DE LA AMINOETILETANOLAMINA

Actualmente se conocen 3 métodos por los cuales se puede obtener AEEA. En este capítulo hablaremos de 2 de ellos y el porque no fueron seleccionados para nuestro trabajo.

2.1) OBTENCION DE LA AEEA COMO SUBPRODUCTO EN LA REACCION DE AMONOLISIS DE LA MONOETANOLAMINA (MEA) PARA PRODUCIR ETILENDIAMINA (EDA):

La amonólisis de la MEA es una reacción muy complicada que presenta un gran número de reacciones secundarias en donde el producto principal es la Etilendiamina y los principales subproductos son la Piperazina, la Dietilentriamina y la Aminoetiletanolamina. Una secuencia de los diferentes caminos que puede seguir esta reacción se presenta en el diagrama # 1.

Actualmente existen mas de 50 patentes de la Amonólisis de la Monoetanolamina para producir Etilendiamina.

Cada una de estas patentes presenta diferentes condiciones de operación, diferentes equipos y distintos tipos de catalizadores. Los resultados de selectividad de cada una de las patentes se presentan en la Tabla # 1.

Hace algunos años investigadores de la Universidad de Texas realizaron una serie de pruebas de esta reacción variando las condiciones de operación y utilizando diferentes tipos de catalizadores con la finalidad de disminuir la formación de subproductos y orientar la reacción a la máxima formación de Etilendiamina.

El punto mas importante que consideraron fue el de realizar la reacción a baja presión.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Existen 6 productos principales de esta reacción a baja presión que son: Etilendiamina, Piperazina, Aminoetiletanolamina, Hidroxiethylpiperazina y Dietilentriamina.

Cualquiera de los 3 primeros puede ser el producto principal dependiendo de las condiciones de operación,

TABLA # 1

PATENTES DE LA AMONOLISIS DE LA MEA:
CONDICIONES DE OPERACION Y RESULTADOS

PAT.	CAT.	T °C	Patm	R.M	%MEA	%EDA	%PP	%DETA	%HEEDA
US 2754330	Ru	230	910	14:1					
US 2861995	Ni	195	133	3:5	75	24	30	15	
US 2861995	Ni	165	133	3:3		51	13	5	
US 2861995	Ni	165	102	5:6	56	61	0	16	
US 3037023	NiCr	235	197	5:0	80	21	43		
US 3037023	NiCuCr	238		5:0	79	20	42		
US 3037023	NiCuCr	242		5:0	97	22	32		
US 3037023	NiCuCr	240		3:0	85	8	50		
US 3037023	NiCuCr	242		5:0	84	21	35		
US 3037023	NiMnCr	240		2:0	47	2	18		
US 3037023	CuCr	222		2:0	49	8	19		
US 3068290	Ni	180	150	11:3	54	73	5		
US 3068290	Ni	200	170	11:3	52	73	3		
US 3068290	Ni	180	81	2:3	37	42	11	17	22
US 3068290	Ni	200	130	2:9	11	43	6	13	
US 3068290	Ni	180	125	9:0	43	41			
US 3068290	Ni	200	145	10:3	59	77	3		
US 3068290	Ni	200	120	3:3	43	54			
US 3068290	Co	180	110	2:7	60	44	17		
US 3068290	NiMg	180	145	5:0	29	80	13		
US 3151115	NiCuCr	199	190	5:6	54	41	14	7	23
US 3151115	NiCuCr	198	190	6:2	75	36	23	9	13
US 3151115	NiCuCr	227	190	1:1	54	15	58	3	
US 3151115	Co	220	136	1:0	75	25	15		
US 3151115	Co	220	136	1:0	22	21	25		
US 3151115	NiCuCr	270	184	1:0	20	18	19		
US 3151115	NiCuCr	270	184	15:0	53	36	24		
US 3520953	NiCoCr	160	300	2:0	28	71	18		
US 3682919	NiMg	225	130	2:0	84	33	8		

EDA = ETILENDIAMINA
PP = PIPERAZINA
DETA = DIETILENTRIAMINA

HEEDA = HIDROXIETILETILENDIAMINA
MEA = MONOETANOLAMINA

mientras que los otros 3 se pueden encontrar en porcentajes del 30%.

Cabe mencionar que la idea de el trabajo de los investigadores de la Universidad de Texas esta enfocado a la producción de EDA y que no existen estudios para orientar la reacción a la formación de Piperazina o Aminoetiletanolamina.

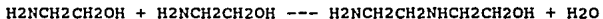
Por lo tanto si se quisiera tratar de producir AEEA mediante la Amonólisis de la Monoetanolamina se necesitaria realizar una investigación muy profunda de la reacción para encontrar las condiciones de operación con las cuales se puede orientar la reacción para que el producto principal sea la AEEA, objetivo que no fue el planteado en este trabajo.

2.2) OBTENCION DE LA AEEA MEDIANTE LA DIMERIZACION DE LA MONOETANOLAMINA EN PRESENCIA DE UN CATALIZADOR METALICO:

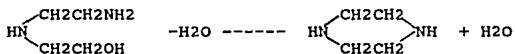
Existe una patente en los Estados Unidos la cual reporta que se puede obtener AEEA mediante la reacción de dimerización de la MEA en presencia de un catalizador que contiene una cantidad considerable de Nickel, cobre y una pequeña cantidad de óxido de cromo,

óxido de manganeso, óxido de molibdeno y/o óxido de Torio a una temperatura de 150 a 250 °C y una presión que va de 2000 a 4000 psig obteniendo una conversión total del 10 al 30 % de la MEA.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Sin embargo se sabe que la AEEA puede convertirse a Piperazina como resultado de una deshidratación como se muestra a continuación:



Normalmente la conversión de la AEEA a Piperazina se lleva a cabo en presencia de una hidrogenación catalítica, por lo que la reacción de dimerización de la MEA en presencia de un catalizador metálico se considera un acercamiento bastante pobre para una producción significativa de AEEA por la tendencia de esta a ciclizarse.

Sin embargo bajo ciertas condiciones de operación es posible lograr que la reacción tienda a la formación de AEEA en vez de formar Piperazina.

Las condiciones a las cuales la reacción de dimerización se puede orientar a la formación de AEEA son las siguientes: La presión de operación esta entre 2500 y 3000 Psias a una temperatura que varia de 175 a 200°C utilizando un catalizador de Nickel-Cobre-Cromo con las siguientes composiciones en % mol: 72 a 75% de Nickel, 20 a 25% de Cobre y 1 a 3% de Cromo.

En información presentada en la patente de este proceso se habla de dos tipos de catalizadores, uno es el ya mencionado y el otro contiene Cobalto en lugar de Nickel, las proporciones del catalizador son las mismas.

En la Tabla # 2 . se presentan los resultados obtenidos con los dos tipos de catalizador utilizando las mismas condiciones de operación.

Para poder producir AEEA utilizando el método descrito es necesario tener un equipo para alta presión, mismo con el que no se cuenta. Pero no solo eso, la misma patente considera que este proceso es un acercamiento bastante pobre para obtener AEEA, por la tendencia de esta a ciclizarse.

LECCIÓN

TABLA # 2

RESULTADOS DE SELECTIVIDAD
CATALIZADOR DE NIQUEL

MEAS	H2O	T °C	MEAS	AEEA	DETA	EDA	PP	AEP	HEP
80	20	150	14	75.5	0.7	5.8	15.7	1.4	0.9
100		160	15	75.5	0.4	11.9	11.6	0.3	0.3
80	20	165	21	53.3	0.7	5.5	24.0	2.6	0.7
80	20	165	30	50.5	0.6	8.6	30.3	6.6	3.2
80	20	180	15	31.0	0.8	2.3	41.8	15.3	8.8
80	20	180	50	28.6	3.1	10.4	37.5	9.6	10.7

RESULTADOS DE SELECTIVIDAD
CATALIZADOR DE COBALTO

MEAS	H2O	T °C	MEAS	AEEA	DETA	EDA	PP	AEP	HEP
67	33	150	23	47.4	0.9	10.7	25.8	11.2	3.9
67	33	135	24	24.1		8.4	24.1	8.4	3.6
80	20	152	25	47.8	1.7	6.1	31.0	8.1	5.2
100		153	26	45.6	1.1	8.1	28.8	8.9	7.5
67	33	150	33	29.6		7.8	41.2	11.9	9.5
67	33	168	38	25.7	1.0	7.6	43.8	12.6	9.3
67	33	165	53	12.5	0.9	5.6	51.5	13.4	10.2

MEAS = MONOETANOLAMINA
 AEEA = AMINOETILETANOLAMINA
 DETAS = DIETILENTRIAMINA
 HEP = HIDROXIETILPIPERAZINA

EDAS = ETILENDIAMINA
 PP = PIPERAZINA
 AEP = AMINOETILPIPERAZINA

Despues de analizar los 2 métodos es obvio el porque ninguno de estos métodos fue seleccionado para nuestro trabajo.

En el primer proceso presentado la AEEA se obtiene como un subproducto de una reacción, motivo más que suficiente para descartar este método.

En el segundo proceso que analizamos, es necesario un catalizador muy especial de alto costo, al igual que un equipo para alta presión, mismo con el que no se cuenta.

CAPITULO III

OBTENCION DE LA AEEA MEDIANTE LA ETOXILACION DE LA ETILENDIAMINA.

3.1) DESCRIPCION DEL PROCESO.

Generalmente las hidroxietilalquilen-diaminas son preparadas condensando óxido de etileno con un exceso de una alquilenamina. Para nuestro trabajo la hidroxietilalquilen-diamina sera la AEEA y la alquilenamina sera la Etilendiamina.

Según se reporta en la patente, la reacción se lleva a cabo normalmente a 100 grados centigrados en una autoclave en la cual se carga la EDA y se lleva a la temperatura mencionada, después se bombea a 15 libras de presión el óxido de etileno (OE) de tal manera que después de 5 horas se tenga una relación 5:1 de EDA y OE.

Una vez que todo el óxido de etileno ha sido bombeado, el material dentro del autoclave es agitado por espacio de una hora a la temperatura de 100 grados centigrados.

Al terminar la reacción en la autoclave se tienen dos productos, uno de ellos es la EDA que no reacciona, y el otro es la AEEA. Finalmente esta mezcla se pasa a un equipo de separación, en donde la EDA sin reaccionar es separada por el domo mientras que en el fondo nos queda la AEEA practicamente pura.

Como lo indica la patente, el proceso consiste en una etoxilación muy sencilla y fácil de controlar.

El siguiente paso fue llevar a cabo la reacción en una planta piloto tal y como indicaba la patente, pero los resultados no fueron los esperados, ya que sí se presento la formación de subproductos y la conversión a AEEA fue baja.

Como este proceso definitivamente es el más factible de llevar a cabo en las instalaciones de la planta, decidimos diseñar un experimento con el fin de tratar de evitar la formación de subproductos y obtener la mayor conversión posible a AEEA.

A continuación se presenta el experimento que se diseño para la optimización de las variables del proceso.

3.2) DISEÑO DE EXPERIMENTOS:

Como se comentó anteriormente la tendencia a la formación de subproductos se promueve a temperaturas y presiones altas, en este caso la presión no es un factor crítico ya que las etoxilaciones se llevan a cabo a una presión máxima de 60 lbs.

Las siguientes variables que podrían influir en la formación de los subproductos son la Temperatura y la relación molar entre la EDA y el Óxido de Etileno.

3.3) OBJETIVO DEL DISEÑO DEL EXPERIMENTO:

El objetivo de el experimento es encontrar la Temperatura de operación y la relación molar adecuada para evitar o minimizar la formación de subproductos y obtener una mayor conversión a AEEA.

3.4) DESARROLLO DEL EXPERIMENTO:

El procedimiento fue el siguiente:

Se fijó una temperatura mínima de 30 grados Centígrados y una relación molar de 5:1 de Etilendiamina y Óxido de etileno respectivamente. Estos datos fueron el punto de partida para las siguientes pruebas.

Cada una de las corridas fue monitoreada mediante un análisis cromatográfico el cual nos indicaba el % de AEEA producido el % de EDA sin reaccionar y el % de pesados obtenido en cada uno de los experimentos.

3.5) Resultados de los experimentos:

Cada uno de los experimentos se llevo a cabo en la misma autoclave.

La autoclave tiene una capacidad igual a 5 Kg.

La carga para cada uno de los experimentos se calculo de la siguiente manera considerando la capacidad de la autoclave al 60% :

	PM	Moles	Total	%	Carga
EDA	60.1	3	180.30	80.36	2,410.8
O.E	44.05	1	44.05	19.64	589.2

En la tabla # 3 se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los experimentos:

TABLA # 3

Exp.	T °C	P ° lb	R.Molar	%AEEA	%EDA	%Pesados
1	30	35	5:1	38.92	59.47	1.605
2	37	35	4:1	25.88	72.09	2.031
3	35	40	3:1	39.28	59.28	1.445
4	40	50	3:1	42.32	56.98	0.700
5	35	50	3:1	46.65	52.72	0.625

Los resultados presentados en la tabla anterior nos llevaron a determinar las condiciones a las cuales se obtiene la mayor conversión a AEEA y la menor formación de subproductos.

Las condiciones optimas son las siguientes:

Presión = 50 Psi
Temperatura = 35 - 40 ^C
Relación molar = 3:1

Al final de este capitulo se presentan los resultados obtenidos por cromatografía.

El cromatógrafo usado fue un modelo HP-5890 con una columna capilar Carbowax 20,000.

3.6) Selección del proceso por Lotes :

Teóricamente un proceso continuo es factible para la producción de la AEEA mediante la etoxilación de la EDA.

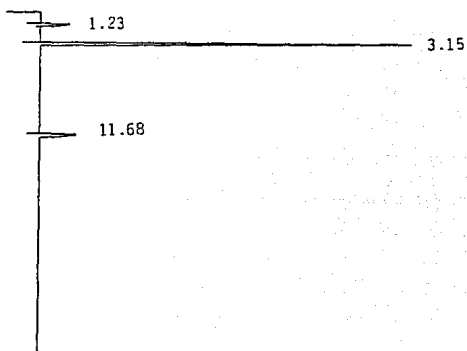
La principal razón por la que se decidió utilizar un proceso por Lotes en lugar del continuo es que simplemente la demanda de la AEEA no justifica la inversión de una planta continua.

ANALISIS

CROMATOGRAFICO

EXPERIMENTO # 1

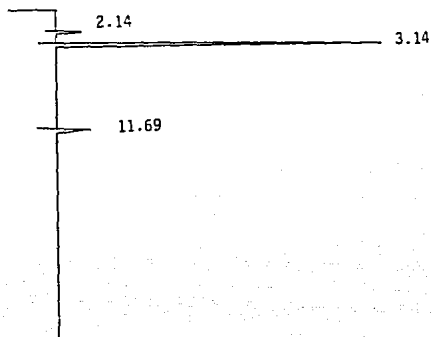
MUESTRA # 1



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
1.232	PESADOS	2.35
3.150	EDA	79.77
11.680	AEEA	16.54

EXPERIMENTO # 1

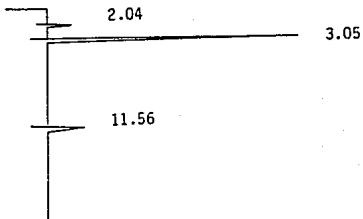
MUESTRA # 2



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.14	PESADOS	1.95
3.14	EDA	78.40
11.69	AEEA	19.65

EXPERIMENTO # 1

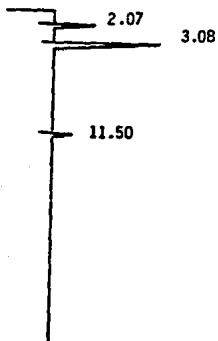
MUESTRA # 3



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.04	PESADOS	1.605
3.05	EDA	59.473
11.56	AEEA	38.921

EXPERIMENTO # 2

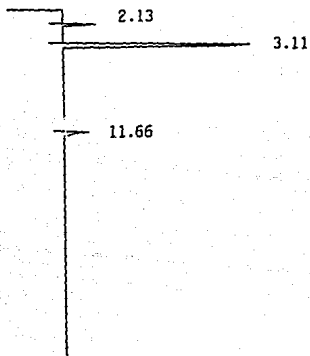
MUESTRA # 1



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.07	PESADOS	2.447
3.08	EDA	74.709
11.50	AEEA	11.621

EXPERIMENTO # 2

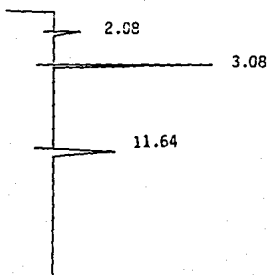
MUESTRA # 2



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.13	PESADOS	1.666
3.11	EDA	73.658
11.66	AEEA	20.735

EXPERIMENTO = 2

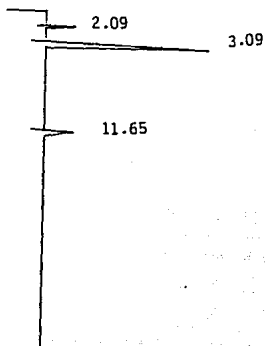
MUESTRA = 3



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.08	PESADOS	1.889
3.08	EDA	72.505
11.64	AEEA	25.615

EXPERIMENTO # 2

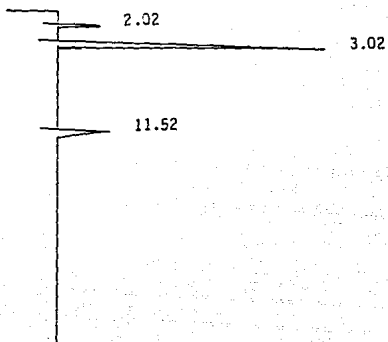
MUESTRA # 4



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.09	PESADOS	2.031
3.09	EDA	72.090
11.65	AEEA	25.879

EXPERIMENTO = 3

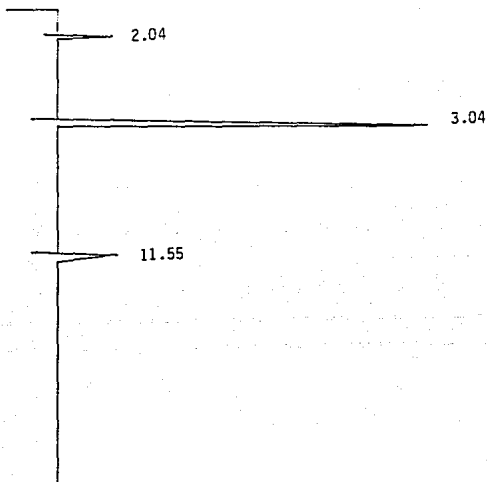
MUESTRA = 1



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.02	PESADOS	1.873
3.02	EDA	60.086
11.52	AEEA	38.011

EXPERIMENTO # 3

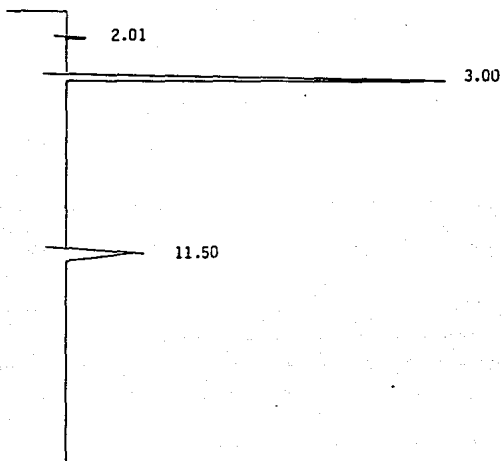
MUESTRA # 2



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.04	PESADOS	1.445
3.04	EDA	59.273
11.55	AEEA	39.282

EXPERIMENTO = 4

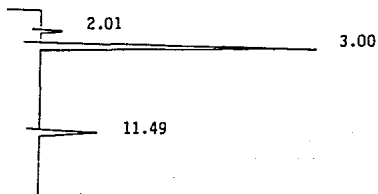
MUESTRA # 1



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.01	PESADOS	1.789
3.00	EDA	56.183
11.50	AEEA	42.023

EXPERIMENTO # 4

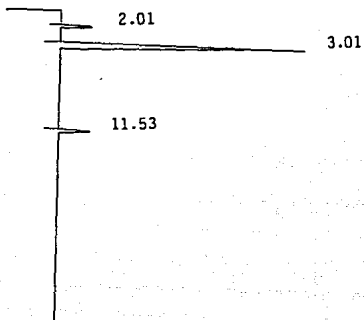
MUESTRA # 2



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.01	PESADOS	1.829
3.00	EDA	56.494
11.49	AEEA	41.685

EXPERIMENTO # 4

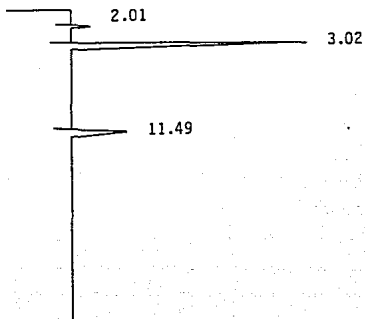
MUESTRA # 3



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.01	PESADOS	0.700
3.01	EDA	56.977
11.53	AEEA	42.323

EXPERIMENTO # 5

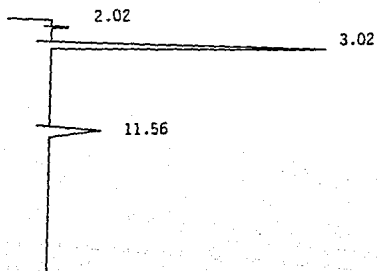
MUESTRA # 1



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.01	PESADOS	1.035
3.02	EDA	58.636
11.49	AEEA	40.329

EXPERIMENTO # 5

MUESTRA # 2



TIEMPO DE RETENCION	COMPUESTO	%
2.02	PESADOS	0.778
3.02	EDA	52.327
11.56	AEEA	46.895

CAPITULO IV

SELECCION DEL EQUIPO

4.1) CRITERIOS DE SELECCION:

Para llevar a cabo el proceso de selección de equipo, se aplicaron los siguientes criterios.

a) Reacción.- La primera parte del proceso consiste en una reacción de etoxilación.

La compañía Christianson cuenta con nueve reactores etoxiladores diseñados para trabajar a una presión de 90 lb/ft^2 . Como nuestra reacción se lleva a cabo a una presión de 50 lb/ft^2 máximo cualquiera de los reactores podría ser utilizado.

Por otro lado la temperatura a la cual se produce la reacción esta entre 35 y 40 $^{\circ}\text{C}$.

Debido a que la reacción es sumamente exotérmica es necesario tener un buen sistema para el control de la temperatura, lo cual fue reduciendo las posibilidades en los diferentes reactores, hasta que finalmente se decidió probar con el reactor número 6

que esta equipado con un sistema de enfriamiento como el que se muestra en el diagrama de flujo del proceso.

Al iniciar la adición de óxido de etileno, la mezcla de reacción es recirculada a través de una válvula de 3 vías de regreso al reactor.

Esta válvula está equipada con un control de temperatura automático, y cuando la temperatura de la mezcla de reacción alcanza un set point determinado, la válvula se cierra y envía el material hacia un intercambiador de calor y de regreso al reactor, manteniendo la temperatura entre 35 y 40 °C.

En caso de que hubiera una falla o que la temperatura subiera repentinamente se tiene otro control que mandaría una señal a la válvula de entrada de óxido de etileno y la adición de este se detendría hasta recuperar la temperatura deseada.

La capacidad de este reactor es de 10,000.00 lts, y está equipado con una chaqueta para calentamiento con un área de transferencia de 45 ft². El vapor con el que se cuenta es de 7 Kg de presión.

-88-

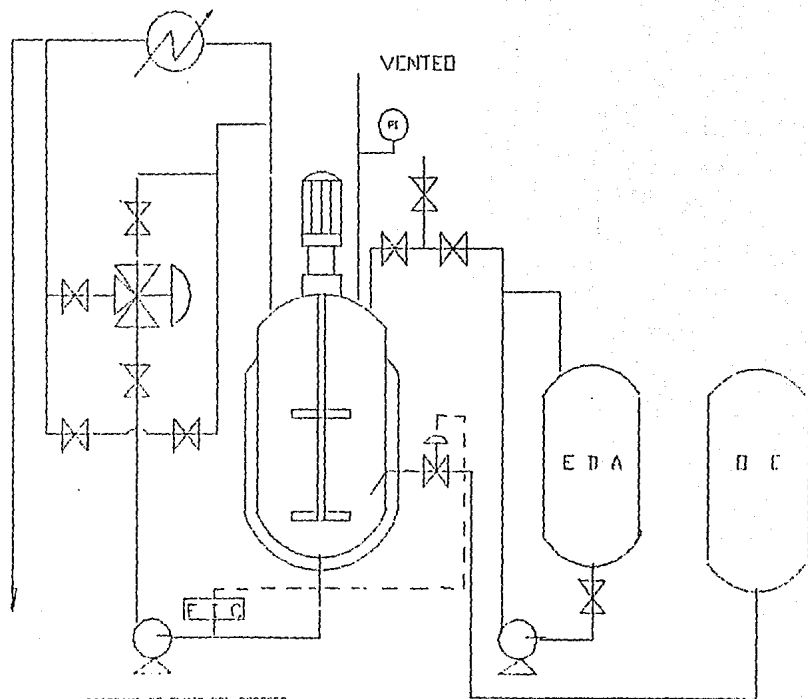


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

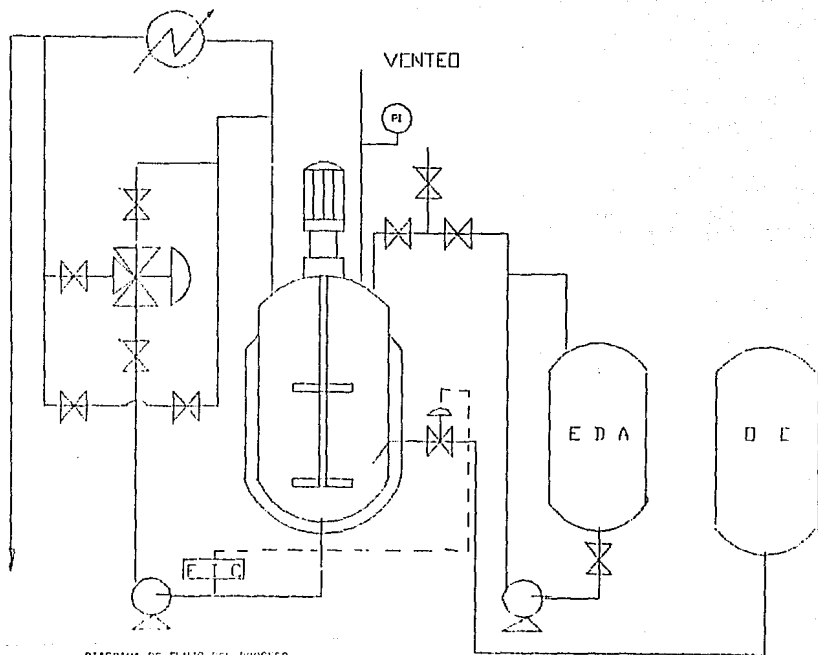


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

b) Separación.- Inicialmente se pensó que sería necesaria una torre de destilación para separar la EDA que no reaccionó.

Aunque los puntos de ebullición de la EDA y la AEEA difieren en más de 110 °C se construyó una curva de equilibrio para determinar si era necesaria una torre y obtener el número de etapas teóricas necesarias para la separación.

Los datos usados para construir la curva de equilibrio se presentan en la tabla 4.1.

TABLA 4.1
DATOS DE EQUILIBRIO

T(°C)	PE	PA	XE	YE
118	760.0	3.0	1.0000	1.0000
120	826.8	3.4	0.9190	0.9996
130	1113.5	6.2	0.6808	0.9975
140	1478.3	10.8	0.5105	0.9930
150	1936.6	18.1	0.3867	0.9854
160	2505.5	29.7	0.2950	0.9725
170	3204.1	47.3	0.2253	0.9519
180	4053.1	73.4	0.1725	0.9200
190	5075.4	111.4	0.1307	0.8728
200	6295.5	165.6	0.0970	0.8035
210	7739.5	241.4	0.0692	0.7047
220	9435.3	345.5	0.0456	0.5661
230	11412.5	486.2	0.0251	0.3769
240	13702.0	673.6	0.0066	0.1190
243	14465.2	760.0	0.0000	0.0000

PE = Presión de vapor de la Etilendiamina

PA = Presión de vapor de la Aminoetiletanolamina

XE = Fracción mol en la fase líquida de la Etilendiamina

YE = Fracción mol en la fase vapor de la Etilendiamina

Como se puede apreciar en la gráfica 4.1, tan solo se necesita una etapa teórica para llevar a cabo la separación, por lo cual se descarto el uso de una torre de destilación.

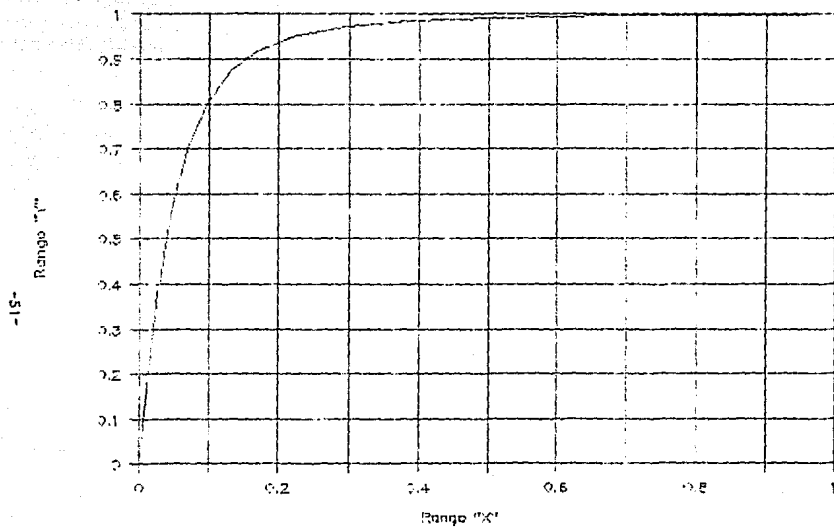
Debido a que existe una diferencia de más de 120 grados entre los compuestos de la mezcla, se penso llevar a cabo una simple vaporización utilizando el mismo reactor como rehervidor, y el intercambiador de calor con el que cuenta el reactor para enfriar la mezcla se utilizaría para condensar la EDA que quedo sin reaccionar.

4.2) USO DE LA ECUACION DE RALEIGH PARA DETERMINAR LA MASA A CONDENSAR:

Para determinar la masa de EDA a condensar se consideró una vaporización simple y por lo tanto utilizamos la ecuación de Raleigh.

$$\ln M_i/M_f = \int dx \frac{Y-X}{X}$$

CURVA DE EQUILIBRIO " X , Y "



Gráfica 4.1: Curva de Equilibrio X vs. Y

Donde M_i es igual a las moles totales al final de la reacción y M_f son las moles en el reactor al final de la vaporización.

Para resolver el lado derecho de la ecuación graficamos: $1/(Y-X)$ vs. X :

$1/(Y-X)$	X
0.00	1.00
12.40	0.92
3.16	0.68
2.01	0.51
1.67	0.39
1.47	0.30
1.37	0.23
1.34	0.17
1.35	0.13
1.42	0.097
1.57	0.070
1.92	0.045
2.84	0.025
8.90	0.066
0.00	0.000

Los experimentos efectuados en la planta piloto daban como resultado una mezcla final teórica de 46.34% de AEEA y 53.66% de EDA. Para utilizar la ecuación de Raleigh calculamos las moles totales de la mezcla de reacción.

Densidad de la mezcla:

$$dm = 0.667(0.8875g/cm^3) + 0.333(1.0141g/cm^3) = 0.92814$$

Cap. del Reactor: 10,000lts(0.92814Kg\lts) = 9,281.4 Kg

Carga:

	P.M	# moles	Total	%	Kg(80%)
EDA	60.1	3	180.3	80.37	5,967.6
O.E	44.05	1	44.05	19.63	<u>1,457.5</u>
					7,425.1

Rendimiento Teórico:

$1,457.5 \text{ KgOE} (104 \text{ Kg} \backslash \text{molAEEA} \backslash 44.05 \text{ Kg} \backslash \text{molOE}) = 3,441.1 \text{ KgAEEA}$

$7425.1 - 3,441.1 = 3,984 \text{ KgEDA}$

Moles totales:

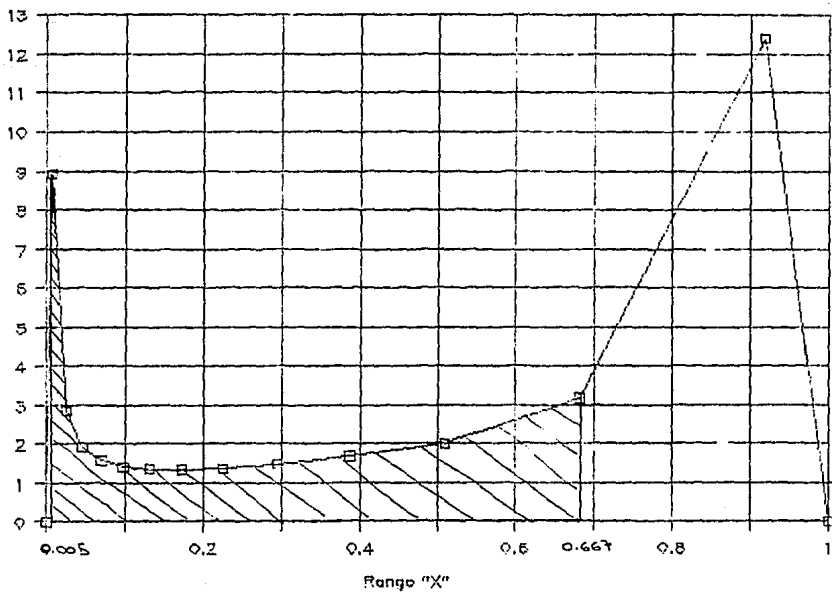
$3,441.1 \backslash 104 = 33.0875$	$\% \text{mol} = 33.3$
$3,984 \backslash 60.1 = 66.2895$	$\% \text{mol} = 66.7$
<u>99.3770</u>	

Como se desea obtener un producto final con 99% mínimo de pureza, es necesario destilar practicamente toda la EDA que quedo sin reaccionar; por lo tanto para resolver la ecuación de Raleigh integramos desde 0.667 mol hasta 0.005 mol.

Resolviendo la Ec. de Raleigh por el método de Simpson obtuvimos los siguientes resultados:

$\ln M_i \backslash M_f = 1.09582$; $M_f = 99.377 \backslash 2.99163 = 33.218$

INTEGRACION DE LA ECUACION DE RALEIGH



$(U-X) / 1$

Balance de masa:

Fondos:

$$\begin{aligned} \text{EDA: } & 33.128(0.005) = 0.16609 \\ \text{AEEA: } & 33.128 - 0.16609 = 32.9619 \end{aligned}$$

Destilado:

$$99.377 - 33.128 = 66.159$$

$$\text{AEEA: } 33.0875 - 32.9619 = 0.1256$$

$$\text{EDA : } 66.159 - 0.1256 = 66.0334$$

$$\text{-----}$$
$$66.1590$$

Por lo tanto se necesitan evaporar 66.0334 moles de EDA que quedaron sin reaccionar y tendremos una pérdida de 0.1256 moles de AEEA.

Lo anterior significa que : $66.0334 * 60.1 \backslash .454$ son las libras de EDA que necesitamos condensar = 8,741.5 lbs.

4.3) CHEQUEO DE LAS UNIDADES EXISTENTES:

4.3.1) CALCULO DE LA CHAQUETA.-

Lo primero que revisamos fue que la chaqueta contara con el área suficiente para transferir el calor necesario para evaporar la EDA que quedo sin reaccionar y poder llegar a la especificación de pureza del producto final.

Fijamos un tiempo para la separación de 5 Horas.

Los datos del equipo que se presentan a continuación fueron proporcionados por Christianson S.A. de C.V.

Datos: $P_v = 7\text{Kg} = 99.5\text{ lb}$
 $A = 45\text{ft}^2$
 $T_v = 327\text{ }^\circ\text{F}$
 $l_v = 889\text{ BTU}\backslash\text{lb}$
 $t = 5\text{ Hrs.}$
 $W = 8800\backslash 5 = 1760\text{ lb}\backslash\text{hr}$
 $C_p = 0.983\text{ BTU}\backslash\text{lb }^\circ\text{F}$
 $T_b = 130\text{ }^\circ\text{C}$ (Temperatura de Burbuja)

Balance de calor:

El calor total va a ser la suma del calor necesario para evaporar a la EDA + el calor necesario para llevar a la mezcla de 40°C a la temperatura de burbuja de la mezcla.

Cálculo de la temperatura de Burbuja:

AEEA: .33% mol $P = 1\text{ atm}$

EDA: .66% mol $\zeta\text{kizi} = 1$

$T^* = 118^\circ\text{C} = 391^\circ\text{K}$

PAEEA = 0.059 Psi $k_{\text{AEEA}} = 0.00401$

PEDA = 14.70 Psi $k_{\text{EDA}} = 1.00000$

$\zeta\text{kizi} = 0.33(1) + 0.66(0.00401) = 0.3327$

$$T^* = 130^{\circ}\text{C} = 403^{\circ}\text{K}$$

$$\text{PAEEA} = 0.12 \text{ Psi} \quad \text{KAEEA} = 0.00816$$

$$\text{PEDA} = 21.53 \text{ Psi} \quad \text{KEDA} = 1.46460$$

$$k_{kizi} = 0.33(0.00816) + 0.66(1.5150) = 1.00259$$

$$\text{Temperatura de Burbuja} = 130^{\circ}\text{C}$$

Calor latente de vaporización:

$$\text{QE} = 1760(289.6) = 509,696 \text{ BTU}\backslash\text{hr}$$

Calor sensible para llevar la mezcla de 40°C a 130°C :

$$\text{QM} = m\text{MCpM}(T_2 - T_1)$$

$$\text{QM} = 1760.0(0.983)(266 - 104) = 280,272.9 \text{ BTU}\backslash\text{hr}$$

$$\text{QTotal} = 509,696 + 280,272.9 = 789,968.96 \text{ BTU}\backslash\text{hr}$$

Masa de vapor requerida:

$$\text{Qv} = m\text{v} \text{ ; } m\text{v} = 789,968.96\backslash 889 = 888.6 \text{ lb}\backslash\text{hr}$$

Chequeo del área de transferencia:

Para el chequeo del área de transferencia se utilizó el método sugerido por Kern:

Datos: $L = 2.25\text{ft}$ (long. del agitador)

$$N = 3.600 \text{ R.P.H}$$

$$T = 104^{\circ}\text{F}$$

$$d = 58.000 \text{ lb}\backslash\text{ft}^3$$

$$v = 2.75 \text{ lb}\backslash\text{hrft}$$

$$K = 0.13210 \text{ BTU}\backslash\text{hrft}^{\circ}\text{F}$$

$$C = 0.983 \text{ BTU}\backslash\text{lb}^{\circ}\text{F}$$

$$D_j = 6.75 \text{ ft}$$

$$Re = L^2 N d \sqrt{v} = (2.25)^2 (3600) (58.000) \sqrt{2.75} = 384381$$

De la figura # 1 del apendice:

$$jH = 3000$$

$$hc = j K \sqrt{D(Cv/K)^{.333}(v/vw)^{-0.14}}$$

$$(v/vw)^{-0.14} = 1 \text{ para H}_2\text{O}$$

$$hc = 3000(0.13210 \sqrt{6.75})(0.983 + 2.75 \sqrt{0.13210})^{0.333}$$

$$hc = 160.572 \text{ BTU/hrft}^2\text{F}$$

$$\text{Para vapor: hoi} = 1500 ; U_c = 160.572 + 1500 \sqrt{160.572 + 1500}$$

$$U_c = 145.04 \text{ BTU/hrft}^2\text{F}$$

$$Rd = 0.005 ; Hd = 1/Rd = 200 ; 1/U_d = 1/U_c + Rd$$

$$U_d = 84.1 \text{ BTU/hrft}^2\text{F}$$

Area requerida para la transferencia de calor:

$$A = 789,968.9 \sqrt{84.1(327-104)} = \underline{\underline{42.12 \text{ ft}^2}}$$

$$A \text{ disponible} = \underline{\underline{45 \text{ ft}^2}}$$

Area requerida para calentar la mezcla de 40°C a la temperatura de burbuja de la mezcla:

$$A = 280,272.9 \sqrt{84.1(266-104)} = \underline{\underline{20.57 \text{ ft}^2}}$$

4.3.2) CHEQUEO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR:

Se pretende utilizar el intercambiador como condensador para la EDA que quedo sin reaccionar:

Datos del intercambiador:

D.I = 15.25 in ,
Nt = 91, 12 BWG y lin
pt = Triangular de 1.25 in
L = 10 ft
P = 2 pasos por los tubos
t = 5 hrs
W = 1760 lb\hr
T1 = 77 ^F(Salida de la torre de enfriamiento)
mH2O= 200 G.P.M = 99,960lb\hr (capacidad bomba)

Balance de calor:

$$\text{EDA: } Q = 1760(289.6) = 509,696 \text{ BTU\hr}$$

$$\text{H2O: } 509,696 = 99,960(1)(T2 - 77)$$

$$T2 = 82.1^{\circ}\text{F}$$

LMTD:	F.Cal.	F.Frio	Dif.
AT1	266^{\circ}\text{F T. Alt.}	82^{\circ}\text{F}	183.9
AT2	250^{\circ}\text{F T. Baj.}	77^{\circ}\text{F}	173.0

$$\text{LMTD} = \text{AT2} - \text{AT1} \ \ln \text{AT2} \ \text{AT1} = 178.4^{\circ}\text{F}$$

$$A \text{ disponible} = 91(10)(0.2618) = 238 \text{ ft}^2$$

Fluido frío: H2O

$$\text{G.P.M} = 99,960.0 \text{ lb\hr} \ (8.33)(60) = 200 = \text{al gasto máximo de la bomba.}$$

$$\text{Area de flujo por tubo: } 0.479 \ \sqrt{144} = 0.00333 \text{ ft}^2 \ \text{tubo}$$

Area de flujo por paso: $0.00333(91\sqrt{2}) = 0.1497 \text{ ft}^2$

Velocidad del H2O:

$$200.0\sqrt{(60)(7.48)(0.14970)} = 2.97 \text{ ft}\sqrt{\text{seg}}$$

Coefficiente por el lado de los tubos:

De la fig. # 3 del Apendice: a $2.97 \text{ ft}\sqrt{\text{seg}}$ y 77°F

$$h_{io} = 720 \text{ BTU}\sqrt{\text{hrft}^2\text{F}}$$

Correccion por D.int del tubo: 0.782 in ; $F_w = .98$

$$h_{io} = 720(0.94)(0.834)\sqrt{.98} = 575.9 \text{ BTU}\sqrt{\text{hrft}^2\text{F}}$$

Fluido Caliente: EDA por la coraza

$$G'' = W\sqrt{L N t^2}\sqrt{3}$$

$$G'' = 1760\sqrt{10(91)^2}\sqrt{3} = 8.7 \text{ lb}\sqrt{\text{hrft}}$$

Suponiendo $h = h_o = 200$

$$t_a = 82.1 + 77\sqrt{2} = 79.55^\circ\text{F}$$

$$t_v = 250^\circ\text{F}$$

$$t_w = t_a + h_o\sqrt{h_o + h_{io}}(t_v - t_a)$$

$$t_w = 79.55 + 200\sqrt{200 + 575}(250 - 79.5) = 123.55^\circ\text{F}$$

$$a \text{ a } 123.55^\circ\text{F} : s = 0.9$$

$$v = 1.04 \text{ cp}$$

$$k = 0.1220$$

De la fig # 6 del apendice: Solución gráfica para la siguiente ecuación:

$$h(v^2\sqrt{k^2 d^3 g})^{.333} = 1.51(4 * G''\sqrt{v})^{-.3333}$$

obtenemos: $h = h_o = 405 \text{ BTU}\sqrt{\text{hrft}^2\text{F}}$

$$U = 1 \sqrt{1 \sqrt{575.9 + 0.001 + 0.002 + 1 \sqrt{405}}} = 138.7 \text{ BTU} \sqrt{\text{hr ft}^2 \text{ F}}$$

$$\text{Area requerida: } A = 509,696 \sqrt{(138.7)(178.4)} = 20.5 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area disponible: } A = (91)(0.2618)(10) = 238.23 \text{ ft}^2$$

Caidas de presión:

$$\text{Lado de la coraza: } AP = f(G)^2 D_s (N_c + 1) \sqrt{5.22 * 10^{10} D_e (s)}$$

$$f = 0.0019$$

$$G = 13,849.50$$

$$D_s = 15.25 \sqrt{12} = 1.27 \text{ ft}$$

$$N_c = 20$$

$$D_e = 0.06 \text{ ft}$$

$$s = 0.0018$$

$$AP = 1.65 \text{ psi}$$

Lado de los tubos:

De la fig. # 4 del Apendice:

$$AP_r = 0.54 \text{ psia}$$

$$AP_t = f(G)^2 L_n \sqrt{5.22 * 10^{10} (D) dt}$$

$$w = 99,960.01 \text{ lb} \sqrt{\text{hr}} ; \text{ at} = 0.479 \sqrt{144} = 0.00333 \text{ ft}^2$$

$$0.00333 \text{ ft}^2 (91 \sqrt{2}) = 0.14970 \text{ ft}^2$$

$$G = 99,960.0 \sqrt{0.14970} = 667,735.5 \text{ lb} \sqrt{\text{hr ft}^2}$$

$$Re = 55,096.1$$

$$f = 0.00019$$

$$L = 10 \text{ ft}$$

$$n = 2$$

$$D = 0.870 \sqrt{12} = 0.0725$$

$$dt = 1$$

$$v = 1.0 \text{ cp}$$

$$A_{Pt} = 0.46 \text{ psia}$$

$$A_{P\text{Total}} = A_{Pt} + A_{Pr}$$

$$A_{P\text{Total}} = 0.46 + 1.65 = \underline{\underline{2.11 \text{ Psi}}}$$

4.3.3) CHEQUEO DEL INTERCAMBIADOR COMO ENFRIADOR:

Balance de calor:

La EDA es cargada al reactor a una temperatura de 25°C. Al iniciar la adición de óxido de etileno la temperatura aumenta rápidamente, y el calor producido durante la reacción tiene que ser disipado de alguna forma, en este caso se hará con el intercambiador de calor tal y como se mostró en el diagrama de flujo del proceso.

Es necesario considerar para los cálculos que una parte del calor de reacción no se elimina ya que se utiliza para mantener la reacción entre 35 y 40 °C.

Para nuestros cálculos utilizaremos una temperatura promedio de 38°C.

$$Q = mC_pM(T_2 - T_1)$$

Para la masa de la mezcla consideramos la masa total al final de la reacción.

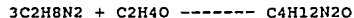
$$Q = 16,354.8(.983)(100.4-77) = 376,197 \text{ BTU}$$

El tiempo de la reacción es de 6 Horas ya que se alimentan aproximadamente 250 Kg\hr de OE.

$$Q = 376,197 \div 6 = 62,699.5 \text{ BTU\hr}$$

Calor de reacción:

$$\text{AHR } 25^{\circ}\text{C} = \text{AHfProd} - \text{AHfReac.}$$



$$\text{AHR} = \text{AHfAEEA} - (\text{AHfOE} + 3*\text{AHfEDA})$$

$$\text{AHR} = -65.8 - (-23.33 + 3*(-4.79)) = -28.10 \text{ Kcal\gmol}$$

$$\text{AHR } 40^{\circ}\text{C} = \text{AHR } 25^{\circ}\text{C} + \text{CpdT Prod} - \text{CpdT Reac.}$$

$$\text{AHR } 40^{\circ}\text{C} = -28.10 + (0.01652 - 0.02193)$$

$$\text{AHR} = -28.0955 \text{ Kcal\gmol} = \underline{\underline{-56,614.85 \text{ BTU\lbmol}}}$$

$$\text{AHR por lb de OE} = 56,614.85 \div 44.01 = 1,150.0 \text{ BTU\lb}$$

Si alimentamos 250Kg\hr = 550.66 lb\hr de OE

$$Q = 550.66 * 1,150.00 = 633,259.92 \text{ BTU\hr}$$

Para calcular el calor que necesitamos remover con el cambiador , al calor de reacción le restamos el calor que se necesita para mantener la temperatura de la mezcla en 38°C.

$$Q = 633,259.92 - 62,699.5 = 570,560.42 \text{ BTU\hr}$$

Chequeo de la unidad:

Tomamos como flujo máximo para el agua de enfriamiento
el gasto de la Bomba = 200 GPM.

Calculo de la Temperatura de salida del agua:

$$570,560.42 = 99,960(1)(T2-77)$$

$$T2 = 82.7^{\circ}\text{F}$$

Calculo del LMTD:

	F.cal	F.Frio	Dif.
AT1	100.4	82.7	17.7
AT2	95.0	77.0	18.0

$$\text{LMTD} = 17.85^{\circ}\text{F}$$

$$as = 15.25(.25)(6)\sqrt{1.25(144)} = 0.12708 \text{ ft}^2$$

El flujo máximo que tendremos en el cambiador de calor
es el gasto que tiene la bomba de recirculación:

$$100 \text{ GPM} = 49.980 \text{ lb/hr}(.92814) = 46,388.44 \text{ lb/hr}$$

$$Gs = 46,388.44 / 0.12708 = 365,033.37 \text{ lb/hrft}^2$$

Datos de la mezcla: $v = 2.75 \text{ lb/hrft}$
 $Ka = 0.13210 \text{ BTU/hrft}^{\circ}\text{F}$
 $Cp = 0.983 \text{ BTU/lb}^{\circ}\text{F}$

$$Re = DeGs/v = (0.06)(365,033.37)/2.75 = 7,964.36$$

$$jH = 55$$

$$ho = 55(0.13210/0.06)(0.983*2.75/0.13210)^{0.3333}$$

$$ho = \frac{331.21 \text{ BTU/hrft}^2}{\text{-----}}^{\circ}\text{F}$$

Fluido frio:

Velocidad del agua:

$$V = 200 \text{ GPM} \cdot 60(7.48)(0.15135) = 2.94 \text{ ft}\backslash\text{seg}$$

De la fig.# 3 del Apendice: 2.94 ft\seg y 77°F:

$$h_i = 720 \text{ BTU}\backslash\text{hrft}^2\text{F}$$

Corrección por tubos: 0.782 in Fw = 0.98

$$h_{io} = 720(0.94)(0.834)\backslash 0.98 = 575.9 \text{ BTU}\backslash\text{hrft}^2\text{F}$$

$$U = 1\backslash 1\backslash 575.9 + .001 + .002 + 1\backslash 331.21 = 128.94 \text{ BTU}\backslash\text{hrft}^2\text{F}$$

$$A_{\text{req}} = 570,560.42\backslash 128.94(20.42) = \underline{\underline{216.8 \text{ ft}^2}}$$

$$A_{\text{disp}} = 238 \text{ ft}^2$$

El cambiador si cumple con las necesidades del proceso para remover el calor de reacción y mantener la temperatura de la reacción por debajo de los 40 °C.

Lo anterior es cierto para el tiempo de adición de óxido de etileno, ya que si quisieramos bajar el tiempo de la reacción aumentando la adición de óxido de etileno, el cambiador no sería suficiente para remover el calor producido por la reacción, esto se debe que al aumentar el flujo de óxido de etileno por hora los BTU generados por hora tambien se incrementan y el área del cambiador no lograría disipar ese calor.

4.4) NOMENCLATURA DEL CAPITULO

EDA = Etilendiamina

O.E = Óxido de Etileno

T = Temperatura

PE = Presión de vapor de la Etilendiamina

PA = Presión de vapor de la Aminoetiletanolamina

XE = Fracción mol de la Etilendiamina

Pv = Presión del vapor de calentamiento

A = Area

Tv = Temperatura del vapor

lv = Calor latente de vaporización

t = Tiempo

W = Flujo Lb\hr

Cp = Capacidad Calorífica BTU\lb°F

Tb = Temperatura de Burbuja

QE = Calor de la Etilendiamina

QM = Calor de la mezcla

QV = Calor de vaporización

mv = Masa de vapor

L = Longitud del agitador

N = Revoluciones por minuto

d = densidad

v = viscosidad

K = Constante de transferencia de calor BTU\hrft°F

C = Capacidad calorífica de la mezcla

Re = Reynolds

hc = Coeficiente de transferencia de Calor
Uc = Coeficiente Global de Transferencia de Calor
D.I = Diámetro de la Coraza
Nt = Número de tubos
pt = Pitch
as = Area de flujo
De = Diámetro equivalente
n = Numero de pasos por los tubos
Gs = Gasto lb\hr ft²
f = Factor de fricción
Apr = Caida de presión por retorno
Apt = Caida de presión por el lado de los tubos
v = velocidad
mM = Masa de la mezcla
CpM = Capacidad Calorífica de la mezcla
AHR = Calor de Reacción
AHfProd = Calor de formación de los productos
AHfReac = Calor de formación de los Reactivos

CAPITULO V
ANALISIS ECONOMICO

El siguiente paso es determinar si la producción de este material utilizando el equipo antes mencionado es lo suficientemente económico para poder competir contra el precio de las importaciones a México.

Como se comprobó que todo el equipo existente puede ser utilizado sin ningún problema, no existe la necesidad de invertir en equipo nuevo o en modificaciones al equipo existente.

5.1) COSTO DE OPERACION:

El costo de operación equivale a la energía eléctrica para mover los motores del equipo involucrado así como el costo del vapor y de la mano de obra.

Los equipos involucrados durante el proceso son:

- 1) Agitador del reactor ; Motor = 7.5 HP
- 2) Ventilador torre de enfriamiento ; Motor = 7.5 HP
- 3) Bomba de agua del intercambiador ; Motor = 30 HP
- 4) Bomba de recirculación ; Motor = 15 HP
- 5) Bomba para cargar al reactor ; Motor = 3 HP

La caldera de vapor produce 3,136 Kg de vapor por hora a un costo de \$ 14,122.00 por hora de vapor. Por lo tanto el costo por kilogramo de vapor es de \$ 4.50 Kg El costo de 1Kw-Hr es de \$ 116.89, y el factor que utilizamos para convertir de HP a Kw-Hr es de 0.746

Para poder determinar el costo de operación de una forma mas exacta hemos dividido el proceso en 3 etapas:

- a) Carga
- b) Reacción
- c) Separación

a) Carga:

Durante la carga solo se utiliza una bomba con un motor de 3 HP. durante 30 min. por lo que el costo de cargar la EDA al reactor es el siguiente:

$$3HP(0.746)(116.89)(.5) = \$ 130.91$$

b) Reacción:

Durante la reacción intervienen los siguientes equipos:

- 1) Agitador
- 2) Bomba de agua para enfriamiento
- 3) Bomba de recirculación
- 4) Ventilador de la Torre de enfriamiento

El tiempo de la reacción es de 6 Horas.

Agitador: $7.5(0.746)(116.89)(6) = \$ 3,923.99$

Bomba H2O: $30(0.746)(116.89)(6) = \$ 15,695.98$

Bomba Rec: $15(0.746)(116.89)(6) = \$ 7,847.98$

V. Torre: $7.5(0.746)(116.89)(6) = \$ 3,923.99$

Costo total: $\$ 31,391.94$

c) Separación:

Durante la separación intervienen los siguientes
equipos: 1) Agitador

2) Bomba H2O

3) Ventilador

Se utilizan 886lb\hr de vapor y la separación dura 5
horas.

Agitador: $7.5(0.746)(116.89)(5) = \$ 3,272.92$

Bomba H2O: $30(0.746)(116.89)(5) = \$ 13,079.99$

V. Torre: $7.5(0.746)(116.89)(5) = \$ 3,272.92$

Costo Total: $\$ 19,625.83$

Mano de obra:

Se necesita un operador clase A que tiene un sueldo de 35,897 pesos diarios y un obrero con el sueldo mínimo de 8,405 pesos diarios, lo que nos da un costo total de mano de obra igual a \$ 44,302.00 por ocho horas.

Si consideramos 14 horas desde que se carga la EDA al reactor hasta que se baja el producto final a tambores; entonces el costo de la mano de obra sera el siguiente:

$$C.M.O = 44,302 \times 14 = \$ 77,528.5$$

Costo del vapor:

Si utilizamos 888.6lb/hr de vapor durante 5 horas, y el costo por Kg de vapor es de \$ 4.50 (Dato CHISA)

$$C.V = 888.6 \times 4.54 \times 4.50 \times 5 = \$ 9,056.62$$

Por lo tanto si sumamos todos los costos calculados podremos obtener el costo de operación por lote de AEEA producida.

Costo de operación = \$	130.91-----Carga
	\$ 31,391.94-----Reacción
	\$ 19,625.83-----Separación
	\$ 77,528.50-----Mano de obra
	\$ 9,056.62-----Vapor

	\$ 137,733.80

5.2) COSTO DE MATERIAS PRIMAS:

Las dos materias primas utilizadas para el proceso

- son: 1) EDA (Etilendiamina)
 2) OE (Oxido de etileno)

Costo de la EDA:

La Etilendiamina es un producto de importación que se cotizó a Christianson S.A. de C.V. en 0.96 Centavos de Dolar la libra F.O.B. frontera, para un volumen de 10 Tons.

Este material paga el 10% de Arancel + Flete + Gastos de Aduana. Por lo tanto el costo es:

$$\text{\$ EDA} = 0.96(2.2)(2,840)(1.10) = \text{\$ 6,597.88}$$

A este precio se le debe sumar un 2% aproximadamente por gastos de aduana mas el flete a CIVAC que es del orden de \$ 100.00 Kg.

De esta manera el precio por kilogramo puesto en la planta es aproximadamente de : \$ 6,830.00

Costo del OE:

El óxido de etileno de Pemex se esta recibiendo en Carros tanque en la planta a \$ 943.00 Kg.

Carga de los materiales:

Al reactor se cargan 5,967.6 Kg de EDA y 1,457.5 Kg de OE.

Considerando el rendimiento teórico de la reacción obtenemos 3,441.1 Kg de AEEA.

Teoricamente se pueden recuperar 3,984 Kg de EDA, por lo que consideramos que solo reaccionan 1,983.6 Kg de EDA.

COSTO DE MATERIAS PRIMAS POR LOTE:

EDA: 1,983.6 Kg(6,830) = \$ 13,543,890.00

OE: 1547.5 Kg(943) = \$ 1,459,292.00

\$ 15,003,182.00

5.3) COSTO DE PRODUCCION:

Para obtener el costo de producción por lote de AEEA sumamos el costo de operación mas el costo de las materias primas:

Costo de Producción = \$ 15,003,182.00 ----- M.Primas
\$ 137,733.80 ----- Operación

\$ 15,140,915.80

Costo por Kg producido:

\$ 15,140,915.80 \ 3,441.1 Kg = \$ 4,400.02 Kg

5.) PRECIO INTERNACIONAL DE LA AEEA:

El último dato sobre el precio de importación de este material fue proporcionado por NOPCO Industrial en base a una compra realizada en el mes de Abril de 1990.

El precio puesto en la planta de NOPCO fue de \$8,710Kg para un volumen de 3 Tons.

Otra referencia del precio de este material fue proporcionada por CANACINTRA y corresponde al primer semestre de 1989:

En este semestre el precio promedio de las importaciones fue de 2.74 Dolares por Kg lo que al tipo de cambio actual (2,840 pesos por dolar) significa un costo de \$ 7,781.6 Kg promedio.

El precio al cual Nopco Industrial compró en el pasado mes de Abril nos da como resultado un Incremento de 11% con respecto al precio promedio de las importaciones del primer semestre de 1989.

Si tomamos el último precio de referencia de NOPCO de \$ 8,710 Kg y lo comparamos contra el Costo de producción de \$ 4,400.02 Kg, definitivamente podemos concluir que Christianson S.A. de C.V. esta en posición de ofertar un producto en el mercado Nacional a un precio más atractivo que el de los productores Internacionales manteniendo un margen de utilidad bastante atractivo.

CONCLUSIONES

Los agentes de superficie activa o surfactantes son productos de gran importancia en la industria a nivel mundial.

La AEEA es un importante intermediario para la fabricación de surfactantes que van dirigidos a diversas áreas de gran importancia Industrial como la Textil, Cosmética, de Detergentes, y Farmacéutica.

La utilización de un proceso continuo para la fabricación de la AEEA en México queda descartado hasta que la demanda no lo justifique.

El proceso seleccionado es el que más se apega a las condiciones con las que se cuenta en la planta.

Los tiempos de reacción y de separación son consecuencia de las dimensiones del equipo seleccionado.

El equipo seleccionado cumple con todos los requisitos para llevar a cabo el proceso.

El costo de producción permite que el producto final se pueda comercializar a un precio más atractivo que el de las importaciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Afgan N. & Schundler E.U.
HEAT EXCHANGERS: DESIGN AND THEORY SOURCEBOOK
McGraw Hill Book Co. 1974
- 2.- Barnes Charles M & Rase Howard
ETHYLENDIAMINE BY LOW PRESSURE AMMONOLYSIS OF
MONOETHANOLAMINE
Department of Chemical Engineering of
The University of Texas
Austin ,Texas , 1981
- 3.- Cutler W.C. & Davis R.C
DETERGENCY: THEORY AND TEST METHOD
Surfactant Science Series
Marcel Dekker Inc New York, 1970
- 4.- Cremer & Davis
CHEMICAL ENGINEERING PRACTICE
Vol 1
Butlerworths Publications, London 1956
- 5.- Himmelblau David M.
PRINCIPIOS Y CALCULOS BASICOS DE LA INGENIERIA
QUIMICA
Cia. Editorial Continental, S.A. 1970
- 6.- Jungerman Eric
CATIONIC SURFACTANTS
Surfactant Science Series
Marcel Dekker Inc.
New York, 1970
- 7.- Kern Donald Q.
PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
Compania Editorial Continental S.A. de C.V.
Mexico, Noviembre de 1984
- 8.- Levenspiel Octave
CHEMICAL REACTION ENGINEERING
Jonh Wiley & Sons, Inc
New York, 1972
- 9.- Lichtenwalter Myrl
METHOD FOR DE PREPARATION OF
AMINOETHYLETHANOLAMINE
United States Patente Office, 3,383417
Austin ,Texas, 1969

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 10.- Ludwig Ernest E.
APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND
PETROCHEMICAL PLANTS
Volume 3, Second Edition
Gulf Publishing Co. 1983.
- 11.- Perry Robert H. & Green Don
PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK
Sixth Edition
McGraw Hill Book Co.
- 12.- Schwartz , Perry & Berch.
SURFACE ACTIVE AGENTS AND DETERGENTS
Interscience Publishers Inc.
New York, 1958
- 13.- Treybal Robert E.
OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA
McGraw Hill de Mexico, 1981
- 14.- Van Winkle Matthew
DISTILLATION
McGraw Hill Book Co. 1967
- 15.- Vogel's
TEXTBOOK OF PRACTICAL ORGANIC CHEMISTRY
Longman New York, 1978

A P E N D I C E

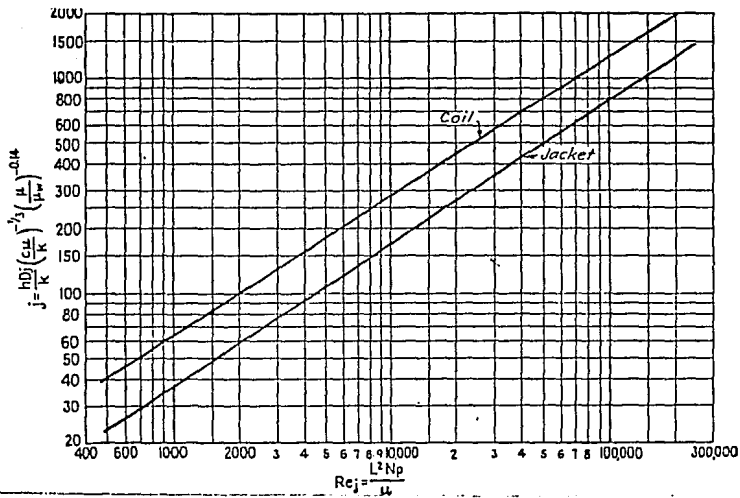


FIGURA # 1: COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA CHAQUETAS

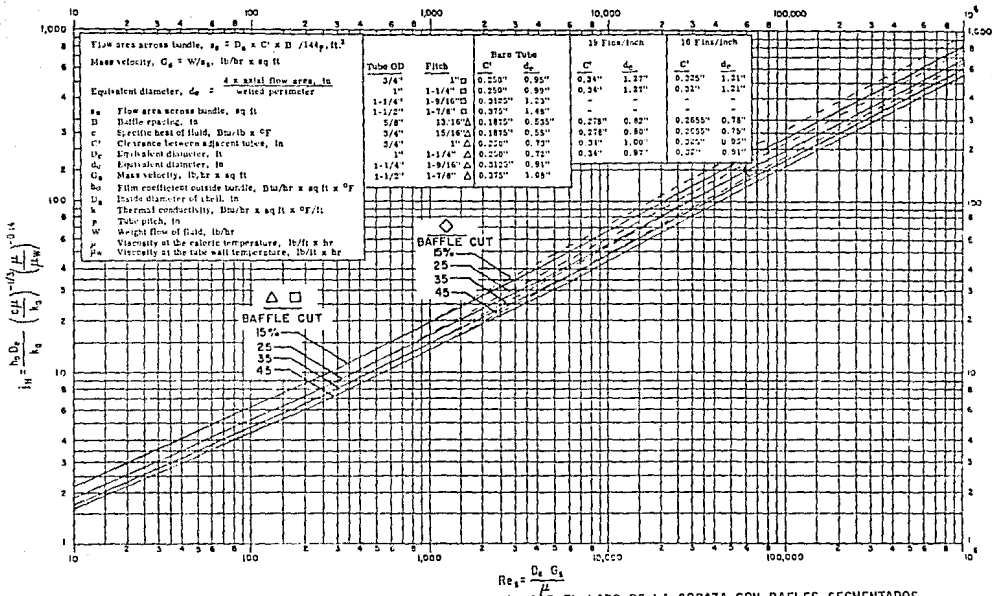


FIGURA # 2 : COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR EL LADO DE LA CORAZA CON BAFLES SEGMENTADOS

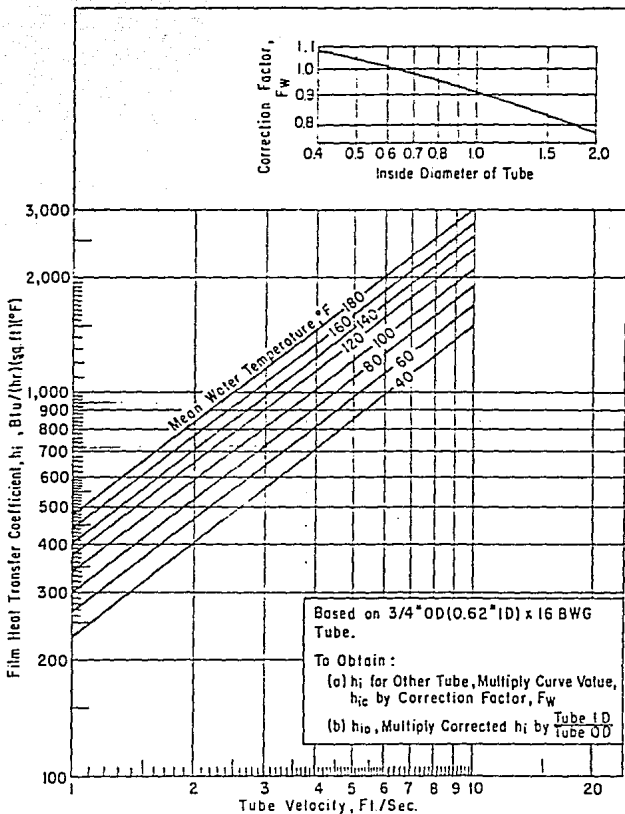


FIGURA # 3: COEFICIENTE DE PELICULA PARA EL AGUA POR EL LADO DE LOS TUBOS

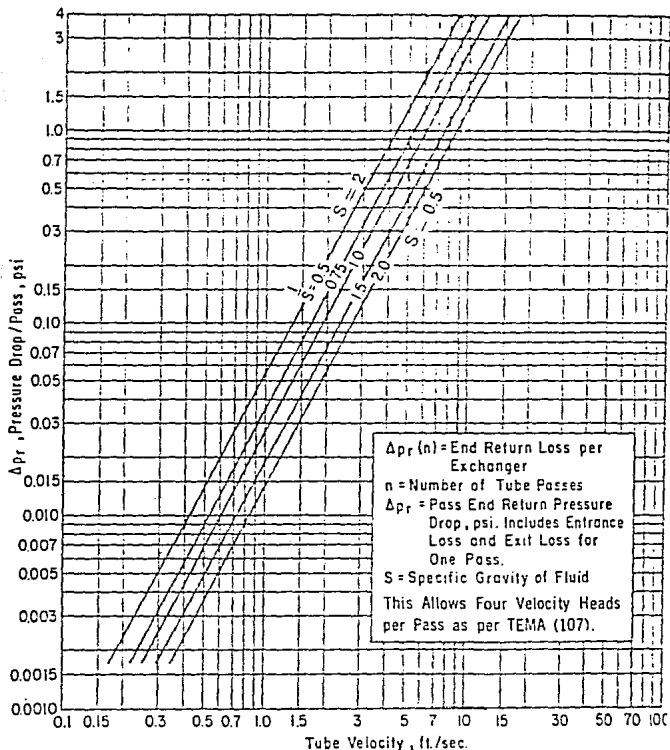


FIGURA # 4: CAIDAS DE PRESION POR RETORNO POR PASO EN LIQUIDOS CON VISCOSIDAD CERCAINA A LA DEL AGUA

Tube OD. in.	BWG	Wall thick- ness, in.	ID. in.	Flow area per tube, in. ²	Surface per lin. ft., ft ²		Weight per lin. ft., lb steel
					Outside	Inside	
1/2	12	0.109	0.252	0.0625	0.1309	0.0748	0.493
	14	0.083	0.234	0.0875		0.0574	0.403
	16	0.065	0.210	0.1076		0.0969	0.329
	18	0.049	0.202	0.127		0.1052	0.258
	20	0.033	0.430	0.145		0.1125	0.190
3/4	10	0.134	0.452	0.152	0.1963	0.1263	0.965
	11	0.120	0.310	0.204		0.1335	0.884
	12	0.109	0.332	0.223		0.1393	0.817
	13	0.095	0.360	0.247		0.1466	0.727
	14	0.083	0.554	0.265		0.1529	0.647
	15	0.072	0.606	0.289		0.1557	0.571
	16	0.065	0.620	0.302		0.1623	0.520
	17	0.055	0.634	0.314		0.1650	0.469
	18	0.049	0.652	0.334		0.1707	0.401
1	8	0.165	0.670	0.355	0.2618	0.1754	1.61
	9	0.148	0.704	0.389		0.1843	1.47
	10	0.134	0.732	0.421		0.1916	1.36
	11	0.120	0.760	0.455		0.1990	1.23
	12	0.109	0.782	0.479		0.2048	1.14
	13	0.095	0.810	0.513		0.2121	1.00
	14	0.083	0.834	0.546		0.2183	0.890
	15	0.072	0.856	0.576		0.2241	0.781
	16	0.065	0.870	0.594		0.2277	0.710
17	0.055	0.884	0.613	0.2314	0.639		
18	0.049	0.902	0.639	0.2361	0.545		
1 1/4	8	0.165	0.920	0.665	0.3271	0.2409	2.09
	9	0.148	0.954	0.714		0.2498	1.91
	10	0.134	0.982	0.757		0.2572	1.75
	11	0.120	1.01	0.800		0.2644	1.58
	12	0.109	1.03	0.836		0.2701	1.45
	13	0.095	1.06	0.884		0.2773	1.28
	14	0.083	1.08	0.923		0.2839	1.13
	15	0.072	1.11	0.960		0.2896	0.991
	16	0.065	1.12	0.985		0.2932	0.900
17	0.055	1.13	1.01	0.2969	0.808		
18	0.049	1.15	1.04	0.3015	0.688		
1 1/2	8	0.165	1.17	1.075	0.3925	0.3063	2.57
	9	0.148	1.20	1.14		0.3152	2.34
	10	0.134	1.23	1.19		0.3225	2.14
	11	0.120	1.26	1.25		0.3299	1.98
	12	0.109	1.28	1.29		0.3356	1.77
	13	0.095	1.31	1.35		0.3430	1.56
	14	0.083	1.33	1.40		0.3492	1.37
	15	0.072	1.36	1.44		0.3555	1.20
	16	0.065	1.37	1.47		0.3557	1.09
17	0.055	1.38	1.50	0.3623	0.973		
18	0.049	1.40	1.54	0.3670	0.831		

FIGURA # 5: DATOS DE TUBOS PARA INTERCAMBIADORES Y CONDENSADORES

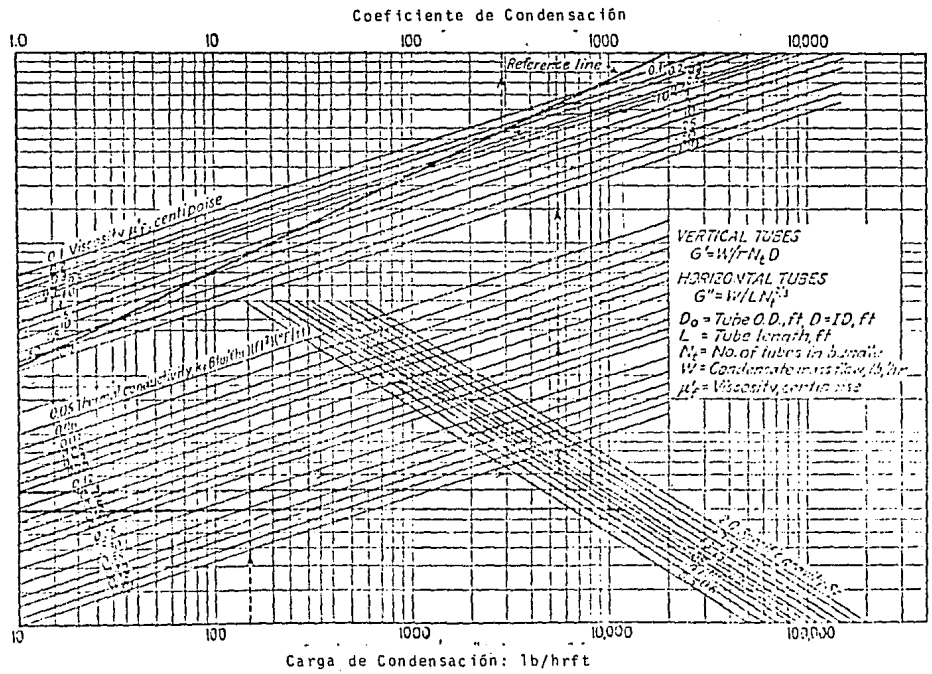


Figura # 6: Solucion grafica para cálculo del coeficiente de Condensación

BANCO DE DATOS

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

527

PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF

5

ETHYLENE DIAMINE

(527) 05-02-70-0.

INPUT

CONSTANTS IN LIQUID HEAT CAPACITY EQUATION $CP(CAL/G MOL K)=A+BT+CT^2+D$

A1	R1 X 10**3	C1 X 10**6	D1 X 10**9	UPPER LIMIT,K
19.72864682	152.3179152L	-392.87918421	448.5141098	477.7433

A2	B2 X 10**3	C2 X 10**6	D2 X 10**9
-6214.7130251837256.33140411	-73936.529504942997.66999767		

CONSTANTS IN VAPOR VISCOSITY EQUATION $\mu(C.P.)=AT=1.5/(B+T)$

A1 X 10**3	R1	UPPER LIMIT,K	A2 X 10**3	B2
1.10233593	469.86718750	633.16	1.15669427	528.26342773

CONSTANTS IN LIQUID VISCOSITY EQUATION $\mu(C.P.)=EXP(A+B/T+C/T^2)$

A1	R1	C1	UPPER LIMIT,K
-5.48549747	1903.57031250	-37385.2187500423.16	

A2	B2	C2
-7.85912704	4001.28051759	-499709.0000

CONSTANTS IN VAPOR THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION $K(CAL/SEC-CM-K)=A+BT+C$

A1 X 10**6	R1 X 10**9	C1 X 10**10	UPPER LIMIT,K
-5.91819096	5.39630127	1.88333321	783.16

A2 X 10**6	B2 X 10**9	C2 X 10**10
-15.71605301	8.12794304	1.69318962

CONSTANTS IN LIQ. THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION $K(CAL/SEC-CM-S)=A+BT+CT$

A1 X 10**3	R1 X 10**6	C1 X 10**9	UPPER LIMIT,K
0.69004202	-0.49762261	-0.27822918	423.16

A2 X 10**3	B2 X 10**6	C2 X 10**9	DELTA TC, DEG K
-0.97301706	2.01505909	-4.08174419	

CONST. HEAT OF VAP. $HV=HV1((TC-DTC-T1)/(TC-DTC-T11))^{A+BT+CT^2+DT^3+ET^4}$

A	R X 10**3	C X 10**6	D X 10**9	E X 10**12
0.41				

CONSTANTS IN SURFACE TENSION EQUATION $\gamma(M)=A(T-TC)^B$

A1	N1	UPPER LIMIT,K	A2	N2
0.02744094	1.27037430	403.16	0.03160949	1.24859905

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOIS	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
0.00	32.00	0.002582	0.00670	0.0000229	1.1261
2.00	35.60	0.002662	0.00675	0.0000232	1.1254
4.00	39.20	0.002643	0.00681	0.0000235	1.1248
6.00	42.80	0.002624	0.00686	0.0000238	1.1243
8.00	46.40	0.002605	0.00692	0.0000241	1.1237
10.00	50.00	0.002587	0.00698	0.0000245	1.1231
12.00	53.60	0.002569	0.00703	0.0000248	1.1226
14.00	57.20	0.002551	0.00709	0.0000251	1.1220
16.00	60.80	0.002533	0.00714	0.0000254	1.1215
18.00	64.40	0.002516	0.00720	0.0000258	1.1209
20.00	68.00	0.002499	0.00725	0.0000261	1.1204
22.00	71.60	0.002482	0.00731	0.0000264	1.1199
24.00	75.20	0.002465	0.00736	0.0000267	1.1194
26.00	78.80	0.002448	0.00742	0.0000271	1.1189
28.00	82.40	0.002432	0.00747	0.0000274	1.1184
30.00	86.00	0.002416	0.00753	0.0000278	1.1179
32.00	89.60	0.002400	0.00758	0.0000281	1.1174
34.00	93.20	0.002385	0.00764	0.0000284	1.1169
36.00	96.80	0.002369	0.00769	0.0000288	1.1164
38.00	100.40	0.002354	0.00775	0.0000291	1.1159
40.00	104.00	0.002339	0.00780	0.0000295	1.1154
42.00	107.60	0.002324	0.00786	0.0000298	1.1150
44.00	111.20	0.002309	0.00791	0.0000301	1.1145
46.00	114.80	0.002295	0.00797	0.0000305	1.1140
48.00	118.40	0.002281	0.00802	0.0000308	1.1135
50.00	122.00	0.002267	0.00808	0.0000312	1.1130
52.00	125.60	0.002253	0.00813	0.0000315	1.1126
54.00	129.20	0.002239	0.00818	0.0000319	1.1121
56.00	132.80	0.002225	0.00824	0.0000322	1.1116
58.00	136.40	0.002212	0.00829	0.0000326	1.1111
60.00	140.00	0.002199	0.00835	0.0000330	1.1106
62.00	143.60	0.002185	0.00840	0.0000333	1.1101
64.00	147.20	0.002173	0.00846	0.0000337	1.1097
66.00	150.80	0.002160	0.00851	0.0000340	1.1092
68.00	154.40	0.002147	0.00856	0.0000344	1.1087
70.00	158.00	0.002135	0.00862	0.0000348	1.1082
72.00	161.60	0.002122	0.00867	0.0000351	1.1077
74.00	165.20	0.002110	0.00873	0.0000355	1.1072
76.00	168.80	0.002098	0.00879	0.0000359	1.1067
78.00	172.40	0.002086	0.00884	0.0000363	1.1062
80.00	176.00	0.002074	0.00889	0.0000366	1.1057
82.00	179.60	0.002062	0.00894	0.0000370	1.1052

CONTINUED

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG. C	TEMP. DEG. F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOISE	THERMAL K CAL/5-CM-C	PRANDTL NUMBER
84.00	183.20	0.002051	0.00900	0.0000374	1.1047
86.00	186.80	0.002039	0.00905	0.0000378	1.1042
88.00	190.40	0.002028	0.00910	0.0000381	1.1037
90.00	194.00	0.002017	0.00916	0.0000385	1.1031
92.00	197.60	0.002006	0.00921	0.0000389	1.1026
94.00	201.20	0.001995	0.00927	0.0000393	1.1021
96.00	204.80	0.001984	0.00932	0.0000397	1.1016
98.00	208.40	0.001973	0.00937	0.0000401	1.1010
100.00	212.00	0.001963	0.00943	0.0000404	1.1005
102.00	215.60	0.001952	0.00948	0.0000408	1.1000
104.00	219.20	0.001942	0.00953	0.0000412	1.0994
106.00	222.80	0.001932	0.00959	0.0000416	1.0989
108.00	226.40	0.001922	0.00964	0.0000420	1.0983
110.00	230.00	0.001912	0.00969	0.0000424	1.0978
112.00	233.60	0.001902	0.00975	0.0000428	1.0972
114.00	237.20	0.001892	0.00980	0.0000432	1.0966
116.00	240.80	0.001882	0.00985	0.0000436	1.0961
117.27	243.08	0.001876	0.00989	0.0000439	1.0957
120.00	248.00	0.001863	0.00996	0.0000444	1.0949
125.00	257.00	0.001840	0.01009	0.0000454	1.0934
130.00	266.00	0.001817	0.01022	0.0000464	1.0919
135.00	275.00	0.001795	0.01035	0.0000475	1.0904
140.00	284.00	0.001773	0.01049	0.0000485	1.0889
145.00	293.00	0.001752	0.01061	0.0000496	1.0873
150.00	302.00	0.001731	0.01074	0.0000506	1.0857
155.00	311.00	0.001711	0.01088	0.0000517	1.0840
160.00	320.00	0.001691	0.01100	0.0000528	1.0824
165.00	329.00	0.001672	0.01113	0.0000539	1.0807
170.00	338.00	0.001653	0.01126	0.0000550	1.0789
175.00	347.00	0.001634	0.01139	0.0000561	1.0772
180.00	356.00	0.001616	0.01152	0.0000572	1.0754
185.00	365.00	0.001599	0.01165	0.0000583	1.0736
190.00	374.00	0.001581	0.01178	0.0000595	1.0718
195.00	383.00	0.001565	0.01190	0.0000606	1.0699
200.00	392.00	0.001549	0.01203	0.0000618	1.0680
205.00	401.00	0.001532	0.01216	0.0000629	1.0661
210.00	410.00	0.001516	0.01229	0.0000641	1.0641
215.00	419.00	0.001500	0.01241	0.0000653	1.0622
220.00	428.00	0.001485	0.01254	0.0000665	1.0602
225.00	437.00	0.001470	0.01266	0.0000677	1.0582
230.00	446.00	0.001455	0.01279	0.0000689	1.0561
235.00	455.00	0.001441	0.01291	0.0000701	1.0541

CONTINUED

PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF

ETHYLENE DIAMINE

(527) C6-02-70-0.

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOIS	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
240.00	464.00	0.001427	0.01304	0.0000714	1.0520
245.00	473.00	0.001414	0.01316	0.0000726	1.0499
250.00	482.00	0.001400	0.01328	0.0000739	1.0478
255.00	491.00	0.001387	0.01341	0.0000751	1.0456
260.00	500.00	0.001374	0.01353	0.0000764	1.0434
265.00	509.00	0.001361	0.01365	0.0000777	1.0412
270.00	518.00	0.001349	0.01377	0.0000790	1.0390
275.00	527.00	0.001336	0.01390	0.0000803	1.0369
280.00	536.00	0.001324	0.01402	0.0000816	1.0346
285.00	545.00	0.001312	0.01414	0.0000829	1.0323
290.00	554.00	0.001301	0.01426	0.0000842	1.0300
295.00	563.00	0.001289	0.01438	0.0000855	1.0277
300.00	572.00	0.001278	0.01450	0.0000869	1.0254
305.00	581.00	0.001267	0.01462	0.0000882	1.0231
310.00	590.00	0.001255	0.01474	0.0000896	1.0207
315.00	599.00	0.001245	0.01486	0.0000910	1.0183
320.00	608.00	0.001235	0.01498	0.0000924	1.0160
330.00	626.00	0.001214	0.01522	0.0000951	1.0112
340.00	644.00	0.001195	0.01545	0.0000980	1.0063
350.00	662.00	0.001175	0.01569	0.0001009	1.0014
360.00	680.00	0.001157	0.01592	0.0001038	0.9965
370.00	698.00	0.001139	0.01613	0.0001067	0.9920
380.00	716.00	0.001121	0.01637	0.0001097	0.9876
390.00	734.00	0.001105	0.01661	0.0001127	0.9810
400.00	752.00	0.001088	0.01684	0.0001157	0.9753
410.00	770.00	0.001072	0.01708	0.0001188	0.9716
420.00	788.00	0.001057	0.01731	0.0001220	0.9669
430.00	806.00	0.001042	0.01754	0.0001251	0.9621
440.00	824.00	0.001027	0.01778	0.0001284	0.9573
450.00	842.00	0.001013	0.01801	0.0001316	0.9524
460.00	860.00	0.000999	0.01824	0.0001349	0.9476
470.00	878.00	0.000985	0.01846	0.0001382	0.9427
480.00	896.00	0.000973	0.01869	0.0001416	0.9378
490.00	914.00	0.000962	0.01892	0.0001450	0.9329
500.00	932.00	0.000951	0.01914	0.0001484	0.9279
510.00	950.00	0.000940	0.01936	0.0001519	0.9229
520.00	968.00	0.000929	0.01959	0.0001553	0.9180
530.00	986.00	0.000919	0.01981	0.0001588	0.9130
540.00	1004.00	0.000909	0.02003	0.0001623	0.9080
550.00	1022.00	0.000899	0.02025	0.0001659	0.9031
560.00	1040.00	0.000889	0.02047	0.0001695	0.8981
570.00	1058.00	0.000879	0.02069	0.0001732	0.8932

CONTINUED

527

PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF

ETHYLENE DIAMINE

(527) 06-C2-70-3.

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOISE	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
580.00	1076.00	0.000859	0.02090	0.0001769	0.8890
590.00	1094.00	0.000849	0.02112	0.0001806	0.8834
600.00	1112.00	0.000839	0.02133	0.0001843	0.8778
610.00	1130.00	0.000829	0.02155	0.0001881	0.8721
620.00	1148.00	0.000820	0.02176	0.0001920	0.8664

END

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		VAPOR PRESSURE		SAT.	VISCO	THERMAL K	SURFACE
DEG.C	DEG.F	MM HG	PSIA	DENSITY	SITY	CAL/SEC	TENSION
				GM/CC	CP	-CM-DEG.C	DYNE/CM
11.00	51.80	4.69	0.091	0.9191	2.118	0.0005252	39.91
12.00	53.60	5.04	0.097	0.9180	2.075	0.0005255	39.74
14.00	57.20	5.80	0.11	0.9158	1.994	0.0005242	39.41
16.00	60.80	6.67	0.13	0.9137	1.915	0.0005229	39.07
18.00	64.40	7.65	0.15	0.9115	1.843	0.0005216	38.73
20.00	68.00	8.75	0.17	0.9093	1.773	0.0005202	38.40
22.00	71.60	9.98	0.19	0.9071	1.707	0.0005189	38.11
24.00	75.20	11.35	0.22	0.9049	1.644	0.0005176	37.77
26.00	78.80	12.89	0.25	0.9028	1.584	0.0005163	37.48
28.00	82.40	14.61	0.28	0.9006	1.527	0.0005149	37.14
30.00	86.00	16.51	0.32	0.8984	1.472	0.0005136	36.81
32.00	89.60	18.62	0.36	0.8962	1.420	0.0005123	36.48
34.00	93.20	20.94	0.41	0.8941	1.371	0.0005109	36.17
36.00	96.80	23.55	0.46	0.8919	1.324	0.0005096	35.85
38.00	100.40	26.40	0.51	0.8897	1.279	0.0005083	35.55
40.00	104.00	29.54	0.57	0.8875	1.236	0.0005069	35.21
42.00	107.60	32.99	0.64	0.8853	1.195	0.0005056	34.85
44.00	111.20	36.78	0.71	0.8831	1.155	0.0005042	34.57
46.00	114.80	40.93	0.79	0.8810	1.118	0.0005029	34.25
48.00	118.40	45.46	0.88	0.8788	1.082	0.0005015	33.93
50.00	122.00	50.42	0.97	0.8766	1.048	0.0005002	33.62
52.00	125.60	55.82	1.08	0.8744	1.015	0.0004988	33.30
54.00	129.20	61.70	1.19	0.8722	0.984	0.0004975	32.98
56.00	132.80	68.09	1.32	0.8700	0.954	0.0004961	32.67
58.00	136.40	75.03	1.45	0.8678	0.925	0.0004947	32.35
60.00	140.00	82.55	1.60	0.8656	0.897	0.0004934	32.03
62.00	143.60	90.69	1.75	0.8634	0.870	0.0004920	31.71
64.00	147.20	99.50	1.92	0.8612	0.845	0.0004906	31.40
66.00	150.80	109.00	2.11	0.8590	0.820	0.0004893	31.11
68.00	154.40	119.24	2.31	0.8568	0.797	0.0004879	30.77
70.00	158.00	130.27	2.52	0.8546	0.774	0.0004865	30.44
72.00	161.60	142.14	2.75	0.8524	0.753	0.0004851	30.11
74.00	165.20	154.89	3.00	0.8502	0.732	0.0004838	29.78
76.00	168.80	168.57	3.26	0.8480	0.712	0.0004824	29.50
78.00	172.40	183.23	3.54	0.8458	0.692	0.0004810	29.22
80.00	176.00	198.92	3.85	0.8436	0.674	0.0004796	28.95
82.00	179.60	215.71	4.17	0.8414	0.655	0.0004782	28.68
84.00	183.20	233.65	4.52	0.8391	0.633	0.0004768	28.41
86.00	186.80	252.79	4.89	0.8369	0.622	0.0004754	28.15
88.00	190.40	273.19	5.28	0.8347	0.609	0.0004740	27.77
90.00	194.00	294.93	5.70	0.8325	0.599	0.0004726	27.44
92.00	197.60	318.05	6.15	0.8302	0.575	0.0004712	27.11

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE DEG.C	TEMPERATURE DEG.F	VAPOR PRESSURE MM HG	VAPOR PRESSURE PSIA	SAT. DENSITY GM/CC	VISCO -SITY CP	THERMAL K CAL/SEC -CM-DEG.C	SURFACE TENSION DYNE/CM
94.00	201.20	342.64	6.63	0.8290	0.561	.0004698	26.81
96.00	204.80	368.75	7.13	0.8258	0.547	.0004684	26.51
98.00	208.40	396.46	7.67	0.8235	0.534	.0004670	26.21
100.00	212.00	425.93	8.23	0.8213	0.521	.0004656	25.91
102.00	215.60	456.99	8.84	0.8190	0.508	.0004642	25.61
104.00	219.20	489.85	9.47	0.8168	0.496	.0004628	25.31
106.00	222.80	524.65	10.15	0.8145	0.484	.0004614	25.01
108.00	226.40	561.47	10.86	0.8122	0.473	.0004599	24.71
110.00	230.00	600.30	11.61	0.8100	0.462	.0004585	24.41
112.00	233.60	641.25	12.40	0.8077	0.451	.0004571	24.11
114.00	237.20	684.44	13.23	0.8054	0.441	.0004557	23.81
116.00	240.80	729.92	14.11	0.8031	0.431	.0004543	23.51
117.27	243.05	759.99	14.70	0.8017	0.425	.0004533	23.35
120.00	248.00	826.68	15.59	0.7986	0.412	.0004514	22.95
125.00	257.00	961.23	18.59	0.7928	0.390	.0004478	22.21
130.00	266.00	1113.49	21.53	0.7870	0.370	.0004442	21.50
135.00	275.00	1285.24	24.95	0.7812	0.351	.0004406	21.37
140.00	284.00	1478.33	28.59	0.7753	0.334	.0004370	20.65
145.00	293.00	1694.76	32.77	0.7694	0.318	.0004333	19.95
150.00	302.00	1936.60	37.45	0.7634	0.302	.0004296	19.21
155.00	311.00	2206.58	42.66	0.7574	0.289	.0004268	18.50
160.00	320.00	2505.50	48.45	0.7513	0.277	.0004238	17.87
165.00	329.00	2837.30	54.85	0.7451	0.264	.0004206	17.11
170.00	338.00	3204.05	61.96	0.7389	0.253	.0004172	16.44
175.00	347.00	3609.40	69.78	0.7325	0.242	.0004134	15.75
180.00	356.00	4053.14	78.37	0.7261	0.232	.0004098	15.05
185.00	365.00	4541.16	87.81	0.7196	0.222	.0004057	14.41
190.00	374.00	5075.45	99.14	0.7130	0.212	.0004015	13.74
195.00	383.00	5659.15	109.43	0.7062	0.203	.0003971	13.05
200.00	392.00	6295.48	121.73	0.6994	0.195	.0003925	12.40
205.00	401.00	6987.76	135.12	0.6924	0.187	.0003875	11.77
210.00	410.00	7739.44	149.56	0.6852	0.179	.0003826	11.15
215.00	419.00	8554.09	165.41	0.6779	0.172	.0003773	10.57
220.00	428.00	9435.29	182.45	0.6704	0.165	.0003719	9.93
225.00	437.00	10386.80	200.95	0.6627	0.159	.0003662	9.25
230.00	446.00	11412.44	220.55	0.6548	0.152	.0003603	8.67
235.00	455.00	12516.20	242.02	0.6467	0.147	.0003543	8.07
240.00	464.00	13702.01	264.95	0.6383	0.141	.0003482	7.48
245.00	473.00	14973.06	289.55	0.6296	0.136	.0003415	6.90
250.00	482.00	16336.37	315.89	0.6206	0.130	.0003349	6.33
255.00	491.00	17793.14	344.06	0.6112	0.125	.0003280	5.77
260.00	500.00	19348.93	374.15	0.6013	0.121	.0003209	5.20

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE DEG.C	TEMPERATURE DEG.F	VAPOR PRESSURE MM HG	PRESSURE PSIA	SAT. DENSITY GM/CC	VISCO SITY CP	THERMAL K CAL/SEC -CM-DEG.C	SURFA TFNSI DYNE/
265.00	509.00	21008.00	406.23	0.5911	0.117	.0003136	4.
270.00	518.00	22774.77	440.39	0.5803	0.112	.0003061	4.
275.00	527.00	24653.83	476.73	0.5689	0.108	.0002984	3.
280.00	536.00	26649.70	515.32	0.5568	0.104	.0002905	3.
285.00	545.00	28766.99	556.26	0.5439	0.101	.0002824	2.
290.00	554.00	31010.31	599.64	0.5300	0.097	.0002741	2.
295.00	563.00	33384.52	645.55	0.5147	0.094	.0002656	1.
300.00	572.00	35894.19	694.08	0.4976	0.091	.0002569	1.
305.00	581.00	38544.22	745.92	0.4775	0.088	.0002480	0.
310.00	590.00	41339.30	799.37	0.4528	0.085	.0002388	0.
315.00	599.00	44284.45	856.32	0.4198	0.082	.0002295	0.
319.70	607.46	47195.70	912.62	0.3744	0.080	.0002205	0.

END

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		LATENT HEAT		CP CAL/DEG.C		LIQUID	SATURATE
DEG.C	DEG.F	CAL/GMOL	BTU/LB	MOL	GM	ENTHALPY	VAPOR
						BTU/LB	ENTHALPY
11.00	51.80	11496.05	344.31	41.58	0.6919	0.0	344.307
12.00	53.60	11480.76	343.85	41.62	0.6925	1.246	345.097
14.00	57.20	11450.11	342.93	41.69	0.6937	3.741	346.671
16.00	60.80	11419.34	342.01	41.77	0.6950	6.241	348.251
18.00	64.40	11388.44	341.08	41.84	0.6962	8.745	349.825
20.00	68.00	11357.43	340.16	41.92	0.6975	11.253	351.401
22.00	71.60	11326.29	339.22	41.99	0.6987	13.766	352.975
24.00	75.20	11295.03	338.29	42.07	0.7000	16.284	354.571
26.00	78.80	11263.65	337.35	42.14	0.7012	18.806	356.151
28.00	82.40	11232.14	336.40	42.22	0.7025	21.333	357.731
30.00	86.00	11200.50	335.46	42.29	0.7037	23.864	359.311
32.00	89.60	11168.73	334.50	42.37	0.7050	26.400	360.901
34.00	93.20	11136.83	333.55	42.45	0.7062	28.940	362.481
36.00	96.80	11104.80	332.59	42.52	0.7075	31.485	364.071
38.00	100.40	11072.64	331.63	42.60	0.7088	34.034	365.661
40.00	104.00	11040.34	330.66	42.67	0.7100	36.588	367.241
42.00	107.60	11007.91	329.69	42.75	0.7113	39.146	368.831
44.00	111.20	10975.33	328.71	42.83	0.7126	41.709	370.421
46.00	114.80	10942.62	327.73	42.90	0.7139	44.277	372.001
48.00	118.40	10909.76	326.75	42.98	0.7152	46.849	373.591
50.00	122.00	10876.76	325.76	43.06	0.7165	49.426	375.181
52.00	125.60	10843.62	324.77	43.14	0.7178	52.008	376.771
54.00	129.20	10810.33	323.77	43.22	0.7191	54.594	378.361
56.00	132.80	10776.99	322.77	43.29	0.7204	57.185	379.951
58.00	136.40	10743.31	321.76	43.37	0.7217	59.781	381.541
60.00	140.00	10709.57	320.75	43.45	0.7230	62.381	383.131
62.00	143.60	10675.68	319.74	43.53	0.7243	64.986	384.721
64.00	147.20	10641.64	318.72	43.61	0.7257	67.596	386.311
66.00	150.80	10607.43	317.69	43.69	0.7270	70.211	387.901
68.00	154.40	10573.06	316.66	43.78	0.7284	72.831	389.491
70.00	158.00	10538.54	315.63	43.86	0.7297	75.454	391.081
72.00	161.60	10503.85	314.59	43.94	0.7311	78.085	392.671
74.00	165.20	10469.00	313.55	44.02	0.7325	80.720	394.261
76.00	168.80	10433.97	312.50	44.11	0.7339	83.359	395.851
78.00	172.40	10398.78	311.44	44.19	0.7353	86.004	397.441
80.00	176.00	10363.41	310.38	44.28	0.7367	88.653	399.031
82.00	179.60	10327.87	309.32	44.36	0.7381	91.308	400.621
84.00	183.20	10292.15	308.25	44.45	0.7396	93.968	402.211
86.00	186.80	10256.26	307.18	44.54	0.7410	96.633	403.801
88.00	190.40	10220.18	306.09	44.62	0.7425	99.303	405.391
90.00	194.00	10183.92	305.01	44.71	0.7440	101.979	406.981
92.00	197.60	10147.48	303.92	44.80	0.7454	104.660	408.571
94.00	201.20	10110.83	302.82	44.89	0.7469	107.346	410.161

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		LATENT HEAT		CP CAL/DEG.C		LIQUID		SATURATE
DEG.C	DEG.F	CAL/GMOL	BTU/LB	MDL	GM	ENTHALPY	ENTHALP	VAPOR
						BTU/LB	BTU/LB	
96.00	204.80	10074.00	301.72	44.98	0.7484	110.037	411.754	
98.00	208.40	10036.97	300.61	45.07	0.7500	112.735	413.343	
100.00	212.00	9999.76	299.49	45.17	0.7515	115.437	414.931	
102.00	215.60	9962.33	298.37	45.26	0.7531	118.145	416.515	
104.00	219.20	9924.71	297.25	45.35	0.7546	120.859	418.105	
106.00	222.80	9886.88	296.11	45.45	0.7562	123.579	419.691	
108.00	226.40	9848.83	294.97	45.54	0.7578	126.304	421.277	
110.00	230.00	9810.58	293.83	45.64	0.7594	129.035	422.862	
112.00	233.60	9772.11	292.68	45.74	0.7611	131.772	424.447	
114.00	237.20	9733.42	291.52	45.84	0.7627	134.515	426.031	
116.00	240.80	9694.50	290.35	45.94	0.7644	137.263	427.614	
117.27	243.08	9669.71	289.61	46.00	0.7654	139.010	428.618	
120.00	249.00	9616.00	288.00	46.14	0.7678	142.779	430.775	
125.00	257.00	9516.55	285.02	46.40	0.7721	149.703	434.725	
130.00	266.00	9415.56	282.00	46.67	0.7765	156.677	438.674	
135.00	275.00	9313.03	278.93	46.95	0.7811	163.686	442.612	
140.00	284.00	9208.93	275.80	47.23	0.7858	170.738	446.542	
145.00	293.00	9102.90	272.63	47.52	0.7907	177.832	450.464	
150.00	302.00	8995.17	269.41	47.82	0.7956	184.970	454.375	
155.00	311.00	8885.55	266.12	48.13	0.8008	192.154	458.275	
160.00	320.00	8773.95	262.78	48.44	0.8061	199.384	462.165	
165.00	329.00	8660.27	259.38	48.77	0.8115	206.663	466.035	
170.00	338.00	8544.39	255.91	49.11	0.8171	213.992	469.897	
175.00	347.00	8426.21	252.37	49.45	0.8229	221.372	473.747	
180.00	356.00	8305.60	248.75	49.81	0.8288	228.804	477.585	
185.00	365.00	8192.41	245.06	50.18	0.8349	236.291	481.354	
190.00	374.00	8056.49	241.29	50.56	0.8413	243.833	485.122	
195.00	383.00	7927.68	237.43	50.95	0.8478	251.434	488.865	
200.00	392.00	7795.78	233.45	51.35	0.8545	259.094	492.575	
205.00	401.00	7660.59	229.44	51.80	0.8620	266.820	496.255	
210.00	410.00	7521.83	225.38	52.50	0.8706	274.541	499.922	
215.00	419.00	7379.38	221.01	53.07	0.8800	282.234	503.547	
220.00	428.00	7232.31	216.62	53.51	0.8903	290.522	507.145	
225.00	437.00	7081.83	212.10	53.88	0.8966	298.956	510.557	
230.00	446.00	6929.08	207.44	54.22	0.9021	306.656	514.003	
235.00	455.00	6765.11	202.62	54.57	0.9079	314.787	517.450	
240.00	464.00	6598.44	197.62	54.84	0.9141	322.986	520.610	
245.00	473.00	6425.47	192.44	55.39	0.9217	331.237	523.661	
250.00	482.00	6245.54	187.05	55.95	0.9310	339.577	526.631	
255.00	491.00	6057.81	181.43	56.68	0.9430	348.011	529.447	
260.00	500.00	5861.31	175.55	57.47	0.9579	356.545	532.097	
265.00	509.00	5654.85	169.36	58.48	0.9764	365.250	534.611	
270.00	518.00	5438.93	162.84	60.07	0.9984	374.143	537.007	

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		LATENT HEAT		CP CAL/DEG.C		LIQUID	SATURATE
DEG.C	DEG.F	CAL/GMOL	BTU/LB	MOL	GM	ENTHALPY	VAPOR
						BTU/LB	ENTHALP
							BTU/LB
275.00	527.00	5205.64	155.91	61.73	1.0271	383.276	539.188
280.00	536.00	4958.54	148.51	63.74	1.0606	392.686	541.194
285.00	545.00	4692.31	140.53	66.11	1.1000	402.337	542.872
290.00	554.00	4402.35	131.85	68.89	1.1463	412.445	544.291
295.00	563.00	4081.91	122.25	72.11	1.1998	423.025	545.271
300.00	572.00	3720.44	111.43	75.82	1.2615	434.092	545.511
305.00	581.00	3299.68	98.83	80.02	1.3315	445.772	544.591
310.00	590.00	2782.70	83.34	84.80	1.4109	458.074	541.411

END

INPUT

NAME	EXT	PROJ-FUNCT	DATE	ITEM
MINA PALTIN	2348	2116 430	07-07-82	

COMPOUND NAME	FILE NUMBER	DATE	REV
AMINOETHYL ETHANGL AMINE	929.	07-07-82	0

CHEMICAL FORMULA	CHEMICAL STRUCTURE

NORMAL BOILING POINT	HT. OF VAPOR-IZATION AT NB	STATE AT 20 C AND 1 ATM	SPECIFIC GRAVITY	HEAT CAPACITY
517.15991	0.0	2.00000	0.0	0.0
MELTING POINT,C	HEAT OF FUSION	STANDARD HEAT OF FORMATION	ABSOLUTE ENTROPY	STANDARD FREE ENERGY OF FORM
0.0	0.0	-65.79597	99.29596	-17.00436

SOLUBILITY IN WATER	SOLUBILITY IN OTHER SOLUTIONS

DECOMPOSITION TEMPERATURE	CRITICAL TEMPERATURE	CRITICAL PRESSURE	CRITICAL VOLUME	MOLECULAR WEIGHT
0.0	698.08740	44.02955	343.00000	104.14999

POLARITY	ACENTRIC FACTOR	SUTHERLAND CONSTANT	HEAT OF VAPORIZATION CAL/G MOL	AT DEG K
2.000	1.055	775.740	21619.246	293.160

CONSTANTS IN VAPOR PRESSURE EQUATION $\text{LOG} P = A - B / (T(\text{DEG C}) + C)$

A1	B1	C1	UPPER LIMIT	1.000
8.842	2614.671	194.794	517.160	
A2	B2	C2	TERMINAL TEMP	ENTHALPY REF. TEMP.
8.460	2429.199	191.462	0.0	273.15991

CONSTANTS IN LIQUID DENSITY EQUATION $\text{RHO} = \text{LIQ.} \frac{\text{GM}}{\text{CC}} \times \frac{\text{A} + \text{BT} + \text{CT} + \text{DT}}{\text{E} - \text{RHOG}}$

A1	B1 X 10**3	C1 X 10**6	UPPER LIMIT,K	BEGIN TEMP.,K
1.34502864	-1.05835602	-0.00079157	583.15791211	0.0
A2	B2 X 10**3	C2 X 10**6	B.P.CODE	0.0
1.18863922	-0.54383981	-0.41871030	0.0	

CONSTANT IN IDEAL VAPOR HEAT CAPACITY EQ. $\text{CP} = \frac{\text{CAL}}{\text{GH MOL}} \times \frac{\text{A} + \text{BT} + \text{CT} + \text{DT}}{\text{E}}$

A1	B1 X 10**3	C1 X 10**6	D1 X 10**9	ENTHALPY CORRECTION
9.27767	116.42170	-42.19364	0.03606	0.0
A2	B2 X 10**3	C2 X 10**6	D2 X 10**9	LOWER LIMIT,K
9.20559	116.66783	-42.45114	0.10836	623.15991

AMINOETHYL ETHANOL AMINE

1929< 07-07-82- 0

INPUT

CONSTANTS IN LIQUID HEAT CAPACITY EQUATION $C_P \text{ CAL/G MOL } K \langle A + BT + CT^{**2} + DT^{**3}$

A1	B1 X 10**3	C1 X 10**6	D1 X 10**9	UPPER LIMIT,K
13.12140	231.52908	-308.93127	279.50543	583.15991
A2	B2 X 10**3	C2 X 10**6	D2 X 10**9	
-2180.89709	11885.22056	-20961.85125	12491.58249	0.0

CONSTANTS IN VAPOR VISCOSITY EQUATION $\mu \text{ CG } P \langle A + BT + CT^{**1.5} + DT^{**2}$

A1 X 10**3	B1	UPPER LIMIT,K	A2 X 10**3	B2
1.08478069	604.97802734	653.15991211	1.06015110	587.31250000

CONSTANTS IN LIQUID VISCOSITY EQUATION $\mu \text{ CG } P \langle A + BT + CT^{**2}$

A1	B1	C1	UPPER LIMIT,K
-5.62377	2346.93872	-31893.76953	483.15991
A2	B2	C2	
-7.92920	4674.25000	-617678.31250	0.0

CONSTANTS IN VAPOR THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION $k \text{ CAL/SEC-CM } K \langle A + BT + CT^{**2}$

A1 X 10**6	B1 X 10**8	C1 X 10**10	UPPER LIMIT,K
-4.60828590	4.15822601	1.42432308	853.15991211
A2 X 10**6	B2 X 10**8	C2 X 10**10	
-11.49311638	6.08579254	1.29088688	0.0

CONSTANTS IN LIQ. THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION $k \text{ CAL/SEC-CM } K \langle A + BT + CT^{**2}$

A1 X 10**3	B1 X 10**6	C1 X 10**9	UPPER LIMIT,K
1.31052971	-3.05972767	2.38089943	483.15991211
A2 X 10**3	B2 X 10**6	C2 X 10**9	DELTA TC, DEG K
1.03188515	-1.77728271	0.91057134	0.0

CONST. HEAT OF VAP. $HV \text{ HV} \langle A + BT + CT^{**2} + DT^{**3} + ET^{**4}$

A	B X 10**3	C X 10**6	D X 10**9	E X 10**12
-2.93015631	25.04943318	-69.12037422	83.09097458	-30.88092942

CONSTANTS IN SURFACE TENSION EQUATION $\gamma \text{ T } K \langle A + BT + CT^{**2}$

A1	N1	UPPER LIMIT,K	A2	N2
0.01010042	1.40127945	483.15991211	0.03838030	1.16418171

AMINOETHYL ETHANOL AMINE

1929< 07-07-82- 0

PAGE

CHEMICAL FORMULA			
CHEMICAL STRUCTURE			
MOLECULAR WEIGHT	104.150		
NORMAL BOILING POINT	244.00 DEG C	471.20 DEG F	
	517.16 DEG K	930.89 DEG R	
MELTING POINT	0.0 DEG C	32.00 DEG F	
DECOMPOSITION TEMPERATURE	DEG C	DEG F	
CRITICAL TEMPERATURE	424.93 DEG C	796.87 DEG F	
	698.09 DEG K	1256.56 DEG R	
CRITICAL PRESSURE	44.03 ATM.	647.06 PSIA	
	33462.75 MM HG	45.49 KG/CM2	
CRITICAL VOLUME	343.00 ML/GMOL	5.49 CU.FT/LB M	
	0.343 LT/GMOL	3.293 CC/GM	
CRITICAL DENSITY	0.304 GM/ML	18.956 LB/CU.FT	
CRITICAL COMPRESSIBILITY	0.2636		
STATE AT 20 C AND 1 ATM.	LIQUID		
SPECIFIC GRAVITY AT 20 C		REF TO WATER AT 4 C<	
HEAT CAPACITY AT 20 C		CAL/GM C	CAL/G MOL C
HEAT OF VAPORIZATION AT NORMAL BOILING		CAL/G MOL CAL/GM	BTU/LB MOL BTU/LB
HEAT OF FUSION AT MELTING POINT		CAL/G MOL CAL/GM	BTU/LB MOL BTU/LB
STANDARD HEAT OF FORMATION OF VAPOR AT 25 C			-65.800 KCAL/G MOL
ABSOLUTE ENTROPY OF VAPOR AT 25 C			99.300 CAL/G MOL C
STANDARD FREE ENERGY OF FORMATION OF VAPOR AT 25 C			-17.004 KCAL/G MOL
POLARITY	POLAR		
ACENTRIC FACTOR<OMEGA<	1.0550		
SUTHERLAND CONSTANT	775.74 DEG K		
SOLUBILITY IN WATER			
SOLUBILITY IN OTHER SOLVENTS			

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOIS	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
0.0	32.00	0.004647	0.00558	0.0000174	1.1688
2.00	35.60	0.004613	0.00563	0.0000176	1.1687
4.00	39.20	0.004580	0.00567	0.0000179	1.1686
6.00	42.80	0.004547	0.00572	0.0000181	1.1685
8.00	46.40	0.004515	0.00577	0.0000183	1.1684
10.00	50.00	0.004483	0.00582	0.0000186	1.1684
12.00	53.60	0.004451	0.00587	0.0000188	1.1683
14.00	57.20	0.004420	0.00592	0.0000191	1.1683
16.00	60.80	0.004390	0.00597	0.0000193	1.1682
18.00	64.40	0.004360	0.00601	0.0000196	1.1682
20.00	68.00	0.004330	0.00606	0.0000198	1.1682
22.00	71.60	0.004301	0.00611	0.0000201	1.1682
24.00	75.20	0.004272	0.00616	0.0000203	1.1682
26.00	78.80	0.004243	0.00621	0.0000206	1.1682
28.00	82.40	0.004215	0.00626	0.0000208	1.1682
30.00	86.00	0.004187	0.00631	0.0000211	1.1683
32.00	89.60	0.004160	0.00635	0.0000213	1.1683
34.00	93.20	0.004133	0.00640	0.0000216	1.1683
36.00	96.80	0.004106	0.00645	0.0000219	1.1684
38.00	100.40	0.004079	0.00650	0.0000221	1.1684
40.00	104.00	0.004053	0.00655	0.0000224	1.1685
42.00	107.60	0.004028	0.00660	0.0000226	1.1685
44.00	111.20	0.004002	0.00664	0.0000229	1.1686
46.00	114.80	0.003977	0.00669	0.0000232	1.1686
48.00	118.40	0.003952	0.00674	0.0000234	1.1687
50.00	122.00	0.003928	0.00679	0.0000237	1.1687
52.00	125.60	0.003904	0.00684	0.0000240	1.1688
54.00	129.20	0.003880	0.00689	0.0000242	1.1689
56.00	132.80	0.003856	0.00693	0.0000245	1.1689
58.00	136.40	0.003833	0.00698	0.0000248	1.1690
60.00	140.00	0.003810	0.00703	0.0000251	1.1690
62.00	143.60	0.003787	0.00708	0.0000253	1.1691
64.00	147.20	0.003765	0.00713	0.0000256	1.1691
66.00	150.80	0.003743	0.00718	0.0000259	1.1692
68.00	154.40	0.003721	0.00722	0.0000262	1.1692
70.00	158.00	0.003699	0.00727	0.0000264	1.1693
72.00	161.60	0.003678	0.00732	0.0000267	1.1693
74.00	165.20	0.003656	0.00737	0.0000270	1.1694
76.00	168.80	0.003635	0.00742	0.0000273	1.1694
78.00	172.40	0.003615	0.00747	0.0000276	1.1695
80.00	176.00	0.003594	0.00751	0.0000278	1.1695
82.00	179.60	0.003574	0.00756	0.0000281	1.1696

CONTINUED

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOIS	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
84.00	183.20	0.003554	0.00761	0.0000284	1.1696
86.00	186.80	0.003534	0.00766	0.0000287	1.1696
88.00	190.40	0.003515	0.00771	0.0000290	1.1696
90.00	194.00	0.003495	0.00775	0.0000293	1.1697
92.00	197.60	0.003476	0.00780	0.0000296	1.1697
94.00	201.20	0.003457	0.00785	0.0000299	1.1697
96.00	204.80	0.003438	0.00790	0.0000302	1.1697
98.00	208.40	0.003420	0.00795	0.0000304	1.1697
100.00	212.00	0.003402	0.00799	0.0000307	1.1697
102.00	215.60	0.003383	0.00804	0.0000310	1.1697
104.00	219.20	0.003366	0.00809	0.0000313	1.1697
106.00	222.80	0.003348	0.00814	0.0000316	1.1697
108.00	226.40	0.003330	0.00819	0.0000319	1.1697
110.00	230.00	0.003313	0.00823	0.0000322	1.1697
112.00	233.60	0.003296	0.00828	0.0000325	1.1696
114.00	237.20	0.003279	0.00833	0.0000328	1.1696
116.00	240.80	0.003262	0.00838	0.0000331	1.1696
118.00	244.40	0.003245	0.00842	0.0000334	1.1695
120.00	248.00	0.003229	0.00847	0.0000338	1.1695
122.00	251.60	0.003212	0.00852	0.0000341	1.1694
124.00	255.20	0.003196	0.00857	0.0000344	1.1694
126.00	258.80	0.003180	0.00862	0.0000347	1.1693
128.00	262.40	0.003164	0.00866	0.0000350	1.1693
130.00	266.00	0.003148	0.00871	0.0000353	1.1692
132.00	269.60	0.003133	0.00876	0.0000356	1.1691
134.00	273.20	0.003118	0.00881	0.0000359	1.1690
136.00	276.80	0.003102	0.00885	0.0000363	1.1689
138.00	280.40	0.003087	0.00890	0.0000366	1.1688
140.00	284.00	0.003072	0.00895	0.0000369	1.1687
142.00	287.60	0.003057	0.00900	0.0000372	1.1686
144.00	291.20	0.003043	0.00904	0.0000375	1.1685
146.00	294.80	0.003028	0.00909	0.0000378	1.1684
148.00	298.40	0.003014	0.00914	0.0000382	1.1683
150.00	302.00	0.003000	0.00918	0.0000385	1.1682
152.00	305.60	0.002986	0.00923	0.0000388	1.1680
154.00	309.20	0.002972	0.00928	0.0000391	1.1679
156.00	312.80	0.002958	0.00933	0.0000395	1.1677
158.00	316.40	0.002944	0.00937	0.0000398	1.1676
160.00	320.00	0.002930	0.00942	0.0000401	1.1674
162.00	323.60	0.002917	0.00947	0.0000405	1.1673
164.00	327.20	0.002904	0.00951	0.0000408	1.1671
166.00	330.80	0.002890	0.00956	0.0000411	1.1669

CONTINUED

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOIS	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
168.00	334.40	0.002877	0.00961	0.0000415	1.1667
170.00	338.00	0.002864	0.00966	0.0000418	1.1665
172.00	341.60	0.002851	0.00970	0.0000421	1.1663
174.00	345.20	0.002839	0.00975	0.0000425	1.1661
176.00	348.80	0.002826	0.00980	0.0000428	1.1659
178.00	352.40	0.002814	0.00984	0.0000431	1.1657
180.00	356.00	0.002801	0.00989	0.0000435	1.1655
182.00	359.60	0.002789	0.00994	0.0000438	1.1653
184.00	363.20	0.002777	0.00998	0.0000442	1.1651
186.00	366.80	0.002765	0.01003	0.0000445	1.1648
188.00	370.40	0.002753	0.01008	0.0000449	1.1646
190.00	374.00	0.002741	0.01012	0.0000452	1.1643
192.00	377.60	0.002729	0.01017	0.0000456	1.1641
194.00	381.20	0.002717	0.01022	0.0000459	1.1638
196.00	384.80	0.002706	0.01026	0.0000463	1.1636
198.00	388.40	0.002694	0.01031	0.0000466	1.1633
200.00	392.00	0.002683	0.01036	0.0000470	1.1630
202.00	395.60	0.002671	0.01040	0.0000473	1.1627
204.00	399.20	0.002660	0.01045	0.0000477	1.1624
206.00	402.80	0.002649	0.01049	0.0000480	1.1621
208.00	406.40	0.002638	0.01054	0.0000484	1.1618
210.00	410.00	0.002627	0.01059	0.0000487	1.1615
212.00	413.60	0.002616	0.01063	0.0000491	1.1612
214.00	417.20	0.002606	0.01068	0.0000495	1.1609
216.00	420.80	0.002595	0.01073	0.0000498	1.1606
218.00	424.40	0.002584	0.01077	0.0000502	1.1603
220.00	428.00	0.002574	0.01082	0.0000505	1.1599
222.00	431.60	0.002564	0.01086	0.0000509	1.1596
224.00	435.20	0.002553	0.01091	0.0000513	1.1592
226.00	438.80	0.002543	0.01096	0.0000516	1.1589
228.00	442.40	0.002533	0.01100	0.0000520	1.1585
230.00	446.00	0.002523	0.01105	0.0000524	1.1582
232.00	449.60	0.002513	0.01109	0.0000527	1.1578
234.00	453.20	0.002503	0.01114	0.0000531	1.1574
236.00	456.80	0.002493	0.01119	0.0000535	1.1570
238.00	460.40	0.002483	0.01123	0.0000539	1.1567
240.00	464.00	0.002474	0.01128	0.0000542	1.1563
242.00	467.60	0.002464	0.01132	0.0000546	1.1559
244.00	471.20	0.002454	0.01137	0.0000550	1.1555
245.00	473.00	0.002450	0.01139	0.0000552	1.1553
250.00	482.00	0.002426	0.01151	0.0000561	1.1542
255.00	491.00	0.002403	0.01162	0.0000571	1.1532

CONTINUED

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG.C	TEMP. DEG.F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOISE	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
260.00	500.00	0.002381	0.01173	0.0000580	1.1521
265.00	509.00	0.002359	0.01185	0.0000590	1.1509
270.00	518.00	0.002337	0.01196	0.0000600	1.1498
275.00	527.00	0.002316	0.01207	0.0000610	1.1486
280.00	536.00	0.002295	0.01219	0.0000620	1.1473
285.00	545.00	0.002274	0.01230	0.0000630	1.1461
290.00	554.00	0.002254	0.01241	0.0000640	1.1448
295.00	563.00	0.002234	0.01252	0.0000650	1.1435
300.00	572.00	0.002215	0.01263	0.0000660	1.1421
305.00	581.00	0.002195	0.01275	0.0000670	1.1407
310.00	590.00	0.002177	0.01286	0.0000681	1.1393
315.00	599.00	0.002158	0.01297	0.0000691	1.1379
320.00	608.00	0.002140	0.01308	0.0000702	1.1366
325.00	617.00	0.002122	0.01319	0.0000712	1.1349
330.00	626.00	0.002104	0.01330	0.0000723	1.1334
335.00	635.00	0.002087	0.01341	0.0000734	1.1318
340.00	644.00	0.002070	0.01352	0.0000744	1.1303
345.00	653.00	0.002053	0.01363	0.0000755	1.1287
350.00	662.00	0.002037	0.01374	0.0000766	1.1270
355.00	671.00	0.002021	0.01385	0.0000777	1.1254
360.00	680.00	0.002005	0.01396	0.0000788	1.1237
365.00	689.00	0.001989	0.01407	0.0000799	1.1220
370.00	698.00	0.001974	0.01418	0.0000811	1.1203
375.00	707.00	0.001958	0.01428	0.0000822	1.1185
380.00	716.00	0.001943	0.01439	0.0000833	1.1167
385.00	725.00	0.001929	0.01437	0.0000845	1.1051
390.00	734.00	0.001914	0.01448	0.0000856	1.1032
395.00	743.00	0.001900	0.01458	0.0000868	1.1013
400.00	752.00	0.001886	0.01469	0.0000879	1.0994
405.00	761.00	0.001872	0.01479	0.0000891	1.0975
410.00	770.00	0.001858	0.01490	0.0000903	1.0956
415.00	779.00	0.001845	0.01500	0.0000915	1.0936
420.00	788.00	0.001831	0.01511	0.0000926	1.0916
425.00	797.00	0.001818	0.01521	0.0000938	1.0896
430.00	806.00	0.001805	0.01532	0.0000951	1.0876
440.00	824.00	0.001780	0.01553	0.0000775	1.0835
450.00	842.00	0.001755	0.01573	0.0000999	1.0793
460.00	860.00	0.001731	0.01594	0.0001024	1.0751
470.00	878.00	0.001708	0.01614	0.0001050	1.0708
480.00	896.00	0.001685	0.01635	0.0001075	1.0664
490.00	914.00	0.001663	0.01655	0.0001101	1.0620
500.00	932.00	0.001642	0.01675	0.0001127	1.0575

CONTINUED

VAPOR PROPERTIES AT ONE ATMOSPHERIC PRESSURE

TEMP. DEG. C	TEMP. DEG. F	DENSITY GRAM/CC	VISCOSITY CENTIPOISE	THERMAL K CAL/S-CM-C	PRANDTL NUMBER
510.00	950.00	0.001621	0.01695	0.0001153	1.0529
520.00	968.00	0.001600	0.01715	0.0001180	1.0463
530.00	986.00	0.001580	0.01735	0.0001207	1.0437
540.00	1004.00	0.001561	0.01755	0.0001234	1.0390
550.00	1022.00	0.001542	0.01775	0.0001261	1.0342
560.00	1040.00	0.001524	0.01795	0.0001289	1.0294
570.00	1058.00	0.001505	0.01814	0.0001317	1.0246
580.00	1076.00	0.001486	0.01834	0.0001345	1.0197
590.00	1094.00	0.001471	0.01854	0.0001372	1.0162
600.00	1112.00	0.001454	0.01873	0.0001401	1.0115
610.00	1130.00	0.001437	0.01892	0.0001429	1.0067
620.00	1148.00	0.001421	0.01911	0.0001458	1.0020
630.00	1166.00	0.001405	0.01931	0.0001488	0.9971
640.00	1184.00	0.001390	0.01950	0.0001517	0.9923
650.00	1202.00	0.001375	0.01969	0.0001547	0.9875
660.00	1220.00	0.001360	0.01988	0.0001577	0.9826
670.00	1238.00	0.001346	0.02006	0.0001607	0.9776
680.00	1256.00	0.001332	0.02025	0.0001638	0.9727
690.00	1274.00	0.001318	0.02044	0.0001669	0.9677
700.00	1292.00	0.001304	0.02062	0.0001700	0.9627
710.00	1310.00	0.001291	0.02081	0.0001731	0.9577
720.00	1328.00	0.001278	0.02099	0.0001763	0.9527
730.00	1346.00	0.001265	0.02118	0.0001795	0.9476
740.00	1364.00	0.001253	0.02136	0.0001827	0.9425
750.00	1382.00	0.001241	0.02154	0.0001859	0.9374
760.00	1400.00	0.001229	0.02173	0.0001892	0.9323
770.00	1418.00	0.001217	0.02191	0.0001925	0.9272

END

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		VAPOR PRESSURE		SAT.	VISCO	THERMAL K	SURFACE
DEG.C	DEG.F	MM HG	PSIA	DENSITY	-SITY	CAL/SEC	TENSION
				GM/CC	CP	-CM-DEG.C	DYNE/CM
0.0	32.00	0.0000	0.00000	1.0564	12.687	0.0006524	48.68
2.00	35.60	0.0000	0.00000	1.0543	11.993	0.0006489	48.36
4.00	39.20	0.0000	0.00000	1.0522	11.346	0.0006454	48.04
6.00	42.80	0.0001	0.00000	1.0501	10.742	0.0006419	47.72
8.00	46.40	0.0001	0.00000	1.0480	10.177	0.0006385	47.40
10.00	50.00	0.0001	0.00000	1.0458	9.649	0.0006350	47.08
12.00	53.60	0.0002	0.00000	1.0437	9.155	0.0006316	46.76
14.00	57.20	0.0002	0.00000	1.0416	8.692	0.0006282	46.45
16.00	60.80	0.0003	0.00001	1.0395	8.258	0.0006249	46.13
18.00	64.40	0.0004	0.00001	1.0374	7.851	0.0006215	45.81
20.00	68.00	0.0005	0.00001	1.0353	7.469	0.0006182	45.50
22.00	71.60	0.0006	0.00001	1.0332	7.110	0.0006148	45.18
24.00	75.20	0.0008	0.00002	1.0311	6.773	0.0006115	44.87
26.00	78.80	0.0010	0.00002	1.0289	6.456	0.0006083	44.56
28.00	82.40	0.0013	0.00002	1.0268	6.157	0.0006050	44.24
30.00	86.00	0.0016	0.00003	1.0247	5.875	0.0006018	43.93
32.00	89.60	0.0021	0.00004	1.0226	5.610	0.0005985	43.62
34.00	93.20	0.0026	0.00005	1.0205	5.360	0.0005953	43.31
36.00	96.80	0.0033	0.00006	1.0184	5.124	0.0005922	43.00
38.00	100.40	0.0041	0.00008	1.0163	4.901	0.0005890	42.69
40.00	104.00	0.0051	0.00010	1.0141	4.690	0.0005858	42.38
42.00	107.60	0.0063	0.00012	1.0120	4.490	0.0005827	42.07
44.00	111.20	0.0078	0.00015	1.0099	4.302	0.0005796	41.77
46.00	114.80	0.0096	0.00019	1.0078	4.123	0.0005765	41.46
48.00	118.40	0.0118	0.00023	1.0057	3.954	0.0005734	41.15
50.00	122.00	0.0145	0.00028	1.0036	3.794	0.0005704	40.85
52.00	125.60	0.0177	0.00034	1.0015	3.641	0.0005674	40.54
54.00	129.20	0.0215	0.00042	0.9993	3.497	0.0005643	40.24
56.00	132.80	0.0261	0.00050	0.9972	3.360	0.0005614	39.93
58.00	136.40	0.0315	0.00061	0.9951	3.230	0.0005584	39.63
60.00	140.00	0.0380	0.00074	0.9930	3.106	0.0005554	39.33
62.00	143.60	0.0457	0.00088	0.9909	2.988	0.0005525	39.03
64.00	147.20	0.055	0.0011	0.9888	2.876	0.0005496	38.73
66.00	150.80	0.065	0.0013	0.9867	2.770	0.0005467	38.43
68.00	154.40	0.078	0.0015	0.9845	2.668	0.0005438	38.13
70.00	158.00	0.093	0.0018	0.9824	2.572	0.0005409	37.83
72.00	161.60	0.110	0.0021	0.9803	2.480	0.0005381	37.53
74.00	165.20	0.130	0.0025	0.9782	2.392	0.0005353	37.23
76.00	168.80	0.154	0.0030	0.9761	2.308	0.0005325	36.93
78.00	172.40	0.181	0.0035	0.9740	2.228	0.0005297	36.64
80.00	176.00	0.212	0.0041	0.9719	2.151	0.0005269	36.34
82.00	179.60	0.249	0.0048	0.9698	2.078	0.0005242	36.05

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		VAPOR PRESSURE		SAT.	VISCO	THERMAL K	SURFACE
DEG.C	DEG.F	MM HG	PSIA	DENSITY GM/CC	-SITY CP	CAL/SEC -CM-DEC.C	TENSION DYNE/CH
84.00	183.20	0.291	0.0056	0.9676	2.008	0.0005214	35.75
86.00	186.80	0.339	0.0066	0.9655	1.942	0.0005187	35.46
88.00	190.40	0.395	0.0076	0.9634	1.878	0.0005160	35.17
90.00	194.00	0.456	0.0089	0.9613	1.817	0.0005134	34.87
92.00	197.60	0.53	0.010	0.9592	1.758	0.0005107	34.58
94.00	201.20	0.61	0.012	0.9571	1.702	0.0005081	34.29
96.00	204.80	0.71	0.014	0.9550	1.648	0.0005055	34.00
98.00	208.40	0.82	0.016	0.9528	1.597	0.0005029	33.71
100.00	212.00	0.94	0.018	0.9507	1.547	0.0005003	33.42
102.00	215.60	1.08	0.021	0.9486	1.500	0.0004977	33.14
104.00	219.20	1.23	0.024	0.9465	1.455	0.0004952	32.85
106.00	222.80	1.41	0.027	0.9444	1.411	0.0004927	32.56
108.00	226.40	1.61	0.031	0.9423	1.369	0.0004902	32.28
110.00	230.00	1.83	0.035	0.9402	1.329	0.0004877	31.99
112.00	233.60	2.09	0.040	0.9380	1.290	0.0004852	31.71
114.00	237.20	2.37	0.046	0.9359	1.253	0.0004828	31.42
116.00	240.80	2.69	0.052	0.9338	1.217	0.0004804	31.14
118.00	244.40	3.04	0.059	0.9317	1.183	0.0004780	30.86
120.00	248.00	3.44	0.066	0.9296	1.149	0.0004756	30.58
122.00	251.60	3.88	0.075	0.9275	1.118	0.0004732	30.30
124.00	255.20	4.37	0.084	0.9253	1.087	0.0004709	30.02
126.00	258.80	4.91	0.095	0.9232	1.057	0.0004686	29.74
128.00	262.40	5.52	0.11	0.9211	1.029	0.0004662	29.46
130.00	266.00	6.19	0.12	0.9190	1.001	0.0004640	29.18
132.00	269.60	6.93	0.13	0.9169	0.975	0.0004617	28.90
134.00	273.20	7.76	0.15	0.9148	0.949	0.0004594	28.63
136.00	276.80	8.67	0.17	0.9126	0.925	0.0004572	28.35
138.00	280.40	9.67	0.19	0.9105	0.901	0.0004550	28.08
140.00	284.00	10.77	0.21	0.9084	0.878	0.0004528	27.83
142.00	287.60	11.98	0.23	0.9063	0.856	0.0004506	27.53
144.00	291.20	13.32	0.26	0.9042	0.834	0.0004485	27.26
146.00	294.80	14.78	0.29	0.9020	0.814	0.0004463	26.99
148.00	298.40	16.39	0.32	0.8999	0.794	0.0004442	26.72
150.00	302.00	18.14	0.35	0.8978	0.774	0.0004421	26.45
152.00	305.60	20.07	0.39	0.8957	0.756	0.0004400	26.18
154.00	309.20	22.17	0.43	0.8936	0.738	0.0004380	25.91
156.00	312.80	24.46	0.47	0.8914	0.720	0.0004359	25.64
158.00	316.40	26.96	0.52	0.8893	0.703	0.0004339	25.37
160.00	320.00	29.68	0.57	0.8872	0.687	0.0004319	25.11
162.00	323.60	32.64	0.63	0.8851	0.671	0.0004299	24.84
164.00	327.20	35.86	0.69	0.8829	0.656	0.0004280	24.58
166.00	330.80	39.36	0.76	0.8808	0.641	0.0004260	24.32

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		VAPOR PRESSURE		SAT.	VISCO	THERMAL K	SURFACE
DEG.C	DEG.F	MM HG	PSIA	DENSITY	SITY	CAL/SEC	TENSION
				GM/CC	CP	-CM-DEG.C	DYNE/CM
168.00	334.40	43.15	0.83	0.8787	0.626	.0004241	24.05
170.00	338.00	47.26	0.91	0.8766	0.612	.0004222	23.79
172.00	341.60	51.71	1.00	0.8744	0.599	.0004203	23.53
174.00	345.20	56.52	1.09	0.8723	0.586	.0004184	23.27
176.00	348.80	61.72	1.19	0.8702	0.573	.0004166	23.01
178.00	352.40	67.34	1.30	0.8680	0.561	.0004147	22.75
180.00	356.00	73.40	1.42	0.8659	0.549	.0004129	22.49
182.00	359.60	79.94	1.55	0.8638	0.537	.0004111	22.24
184.00	363.20	86.97	1.63	0.8616	0.526	.0004093	21.98
186.00	366.80	94.54	1.83	0.8595	0.515	.0004076	21.72
188.00	370.40	102.69	1.99	0.8573	0.504	.0004058	21.47
190.00	374.00	111.43	2.15	0.8552	0.494	.0004041	21.22
192.00	377.60	120.82	2.34	0.8530	0.484	.0004024	20.96
194.00	381.20	130.89	2.53	0.8509	0.474	.0004008	20.71
196.00	384.80	141.69	2.74	0.8487	0.465	.0003991	20.46
198.00	388.40	153.25	2.96	0.8466	0.456	.0003974	20.21
200.00	392.00	165.62	3.20	0.8444	0.447	.0003958	19.96
202.00	395.60	178.86	3.46	0.8423	0.438	.0003942	19.71
204.00	399.20	193.00	3.73	0.8401	0.429	.0003926	19.47
206.00	402.80	208.10	4.02	0.8379	0.421	.0003911	19.22
208.00	406.40	224.21	4.34	0.8358	0.413	.0003895	18.97
210.00	410.00	241.40	4.67	0.8336	0.406	.0003880	18.73
212.00	413.60	259.71	5.02	0.8314	0.399	.0003864	18.49
214.00	417.20	279.21	5.40	0.8292	0.392	.0003848	18.25
216.00	420.80	299.97	5.80	0.8271	0.385	.0003832	18.01
218.00	424.40	322.04	6.23	0.8249	0.378	.0003816	17.77
220.00	428.00	345.51	6.68	0.8227	0.371	.0003800	17.53
222.00	431.60	370.43	7.16	0.8205	0.365	.0003784	17.29
224.00	435.20	396.88	7.67	0.8183	0.358	.0003768	17.05
226.00	438.80	424.95	8.22	0.8161	0.352	.0003752	16.81
228.00	442.40	454.71	8.79	0.8139	0.346	.0003736	16.57
230.00	446.00	486.24	9.40	0.8116	0.340	.0003720	16.33
232.00	449.60	519.63	10.05	0.8094	0.334	.0003704	16.09
234.00	453.20	554.97	10.73	0.8072	0.328	.0003688	15.85
236.00	456.80	592.35	11.45	0.8049	0.323	.0003672	15.61
238.00	460.40	631.86	12.22	0.8027	0.317	.0003656	15.37
240.00	464.00	673.62	13.03	0.8005	0.312	.0003640	15.13
242.00	467.60	717.71	13.88	0.7982	0.306	.0003624	14.89
244.00	471.20	764.24	14.78	0.7959	0.301	.0003608	14.65
245.00	473.00	784.04	15.16	0.7948	0.299	.0003603	14.60
250.00	482.00	906.51	17.53	0.7891	0.286	.0003513	15.67
255.00	491.00	1044.72	20.20	0.7834	0.274	.0003472	15.15

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE DEG.C	TEMPERATURE DEG.F	VAPOR PRESSURE MM HG	VAPOR PRESSURE PSIA	SAT. DENSITY GM/CC	VISCO -SITY CP	THERMAL K CAL/SEC -CM-DEG.C	SURFACE TENSION DYNE/CM
760.00	500.00	1200.21	23.21	0.7777	0.263	.0003431	14.64
765.00	509.00	1374.67	26.58	0.7718	0.253	.0003391	14.12
770.00	518.00	1569.86	30.36	0.7659	0.242	.0003352	13.61
775.00	527.00	1787.67	34.57	0.7600	0.233	.0003313	13.10
780.00	536.00	2030.10	39.26	0.7539	0.224	.0003274	12.59
785.00	545.00	2299.29	44.44	0.7478	0.215	.0003236	12.09
790.00	554.00	2597.38	50.23	0.7416	0.207	.0003198	11.59
795.00	563.00	2926.80	56.59	0.7353	0.199	.0003160	11.09
800.00	572.00	3290.01	63.62	0.7288	0.191	.0003124	10.59
805.00	581.00	3689.58	71.34	0.7223	0.184	.0003087	10.10
810.00	590.00	4128.23	79.83	0.7156	0.177	.0003051	9.61
815.00	599.00	4608.00	89.12	0.7092	0.171	.0003016	9.13
820.00	608.00	5134.25	99.28	0.7023	0.165	.0002980	8.65
825.00	617.00	5707.67	110.37	0.6952	0.159	.0002946	8.17
830.00	626.00	6332.25	122.45	0.6879	0.153	.0002912	7.69
835.00	635.00	7011.34	135.58	0.6804	0.148	.0002878	7.22
840.00	644.00	7748.39	149.83	0.6725	0.142	.0002845	6.76
845.00	653.00	8546.98	165.27	0.6644	0.138	.0002812	6.30
850.00	662.00	9410.82	181.98	0.6560	0.133	.0002780	5.84
855.00	671.00	10343.73	200.02	0.6471	0.128	.0002748	5.39
860.00	680.00	11349.64	219.47	0.6379	0.124	.0002716	4.94
865.00	689.00	12432.61	240.41	0.6282	0.120	.0002685	4.50
870.00	698.00	13596.83	262.92	0.6180	0.116	.0002655	4.07
875.00	707.00	14846.59	287.09	0.6072	0.112	.0002625	3.64
880.00	716.00	16186.32	312.99	0.5958	0.109	.0002595	3.22
885.00	725.00	17620.49	340.72	0.5836	0.105	.0002566	2.81
890.00	734.00	19153.75	370.37	0.5705	0.102	.0002537	2.40
895.00	743.00	20790.89	402.03	0.5563	0.099	.0002509	2.01
900.00	752.00	22536.64	435.79	0.5407	0.096	.0002481	1.62
905.00	761.00	24395.93	471.74	0.5231	0.093	.0002454	1.25
910.00	770.00	26373.86	509.99	0.5027	0.090	.0002427	0.89
915.00	779.00	28475.55	550.63	0.4777	0.087	.0002400	0.56
920.00	788.00	30706.70	593.76	0.4445	0.084	.0002374	0.25
924.93	796.87	33055.73	638.81	0.3957	0.082	.0002349	0.00

LHO

ERROR 1-PROPERTY ABOVE USUAL RANGE
 ERROR 2-PROPERTY BELOW USUAL RANGE
 ERROR 3-PROPERTY ABOVE GENERALLY ACCEPTABLE RANGE
 ERROR 4-PROPERTY BELOW GENERALLY ACCEPTABLE RANGE
 ERROR 5-VALUE INCREASING WHEN IT USUALLY DECREASES
 ERROR 6-VALUE DECREASING WHEN IT USUALLY INCREASES

TCEN VP KL UL TH ST

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE		LATENT CAL/GMOL	HEAT BTU/LB	CP MOL	CAL/DEG.C GM	LIQUID		SATURATED	
DEG.C	DEG.F					BTU/LB	ENTHALPY BTU/LB	ENTHALPY BTU/LB	
172.00	341.60	17866.95	308.79	79.63	0.7645	206.173	514.963		
174.00	345.20	17811.43	307.83	79.87	0.7669	208.929	516.760		
176.00	348.80	17755.86	306.87	80.12	0.7692	211.694	518.564		
178.00	352.40	17700.19	305.91	80.36	0.7716	214.468	520.376		
180.00	356.00	17644.38	304.94	80.61	0.7740	217.250	522.194		
182.00	359.60	17588.52	303.98	80.86	0.7764	220.041	524.019		
184.00	363.20	17532.51	303.01	81.11	0.7788	222.840	525.850		
186.00	366.80	17476.41	302.04	81.36	0.7811	225.648	527.688		
188.00	370.40	17420.16	301.07	81.61	0.7835	228.464	529.532		
190.00	374.00	17363.77	300.09	81.86	0.7859	231.289	531.383		
192.00	377.60	17307.25	299.12	82.11	0.7884	234.123	533.240		
194.00	381.20	17250.58	298.14	82.36	0.7908	236.965	535.103		
196.00	384.80	17193.75	297.16	82.61	0.7932	239.817	536.972		
198.00	388.40	17136.74	296.17	82.86	0.7956	242.676	538.846		
200.00	392.00	17079.59	295.18	83.12	0.7980	245.545	540.727		
202.00	395.60	17022.23	294.19	83.37	0.8005	248.422	542.613		
204.00	399.20	16964.71	293.20	83.63	0.8029	251.308	544.505		
206.00	402.80	16906.93	292.20	83.88	0.8054	254.203	546.402		
208.00	406.40	16848.84	291.19	84.14	0.8078	257.107	548.302		
210.00	410.00	16790.75	290.19	84.39	0.8103	260.020	550.210		
212.00	413.60	16732.38	289.18	84.65	0.8128	262.941	552.123		
214.00	417.20	16673.79	288.17	84.91	0.8153	265.872	554.041		
216.00	420.80	16614.87	287.15	85.17	0.8178	268.812	555.962		
218.00	424.40	16555.64	286.13	85.43	0.8203	271.760	557.887		
220.00	428.00	16496.26	285.10	85.69	0.8228	274.718	559.818		
222.00	431.60	16436.59	284.07	85.95	0.8253	277.684	561.753		
224.00	435.20	16376.54	283.03	86.22	0.8278	280.659	563.691		
226.00	438.80	16316.16	281.99	86.48	0.8303	283.644	565.632		
228.00	442.40	16255.63	280.94	86.74	0.8329	286.638	567.580		
230.00	446.00	16194.67	279.89	87.01	0.8354	289.641	569.529		
232.00	449.60	16133.36	278.83	87.28	0.8380	292.653	571.482		
234.00	453.20	16071.61	277.76	87.54	0.8406	295.674	573.436		
236.00	456.80	16009.68	276.69	87.81	0.8431	298.705	575.396		
238.00	460.40	15947.31	275.61	88.08	0.8457	301.745	577.358		
240.00	464.00	15884.48	274.53	88.35	0.8483	304.794	579.322		
242.00	467.60	15821.29	273.44	88.62	0.8509	307.853	581.288		
244.00	471.20	15757.77	272.34	88.89	0.8535	310.920	583.256		
245.00	473.00	15725.79	271.78	89.03	0.8548	312.458	584.243		
250.00	482.00	15564.18	268.99	89.72	0.8614	320.181	589.173		
255.00	491.00	15399.70	266.15	90.41	0.8681	327.964	594.113		
260.00	500.00	15231.90	263.25	91.11	0.8748	335.807	599.056		
265.00	509.00	15060.52	260.29	91.81	0.8815	343.710	603.997		
270.00	518.00	14885.74	257.27	92.53	0.8884	351.675	608.941		

CONTINUED

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

ERROR 1-PROPERTY ABOVE USUAL RANGE
 ERROR 2-PROPERTY BELOW USUAL RANGE
 ERROR 3-PROPERTY ABOVE GENERALLY ACCEPTABLE RANGE
 ERROR 4-PROPERTY BELOW GENERALLY ACCEPTABLE RANGE
 ERROR 5-VALUE INCREASING WHEN IT USUALLY DECREASES
 ERROR 6-VALUE DECREASING WHEN IT USUALLY INCREASES

TEMPERATURE		LATENT HEAT		CP CAL/DEG.C		LIQUID ENTHALPY		SATURATED VAPOR ENTHALPY		ICEN	HV	CPLTS ENTIB
MLG.C	DEG.F	CAL/GMOL	BTU/LB	MLG	GM	BTU/LB	BTU/LB	BTU/LB				
0.0	32.00	21874.07	378.04	59.01	0.5666	0.000	378.046				1	
2.00	35.60	21854.41	377.70	59.26	0.5690	2.044	379.749				1	
4.00	39.20	21833.36	377.34	59.51	0.5714	4.087	381.438				1	
6.00	42.80	21810.95	376.95	59.76	0.5738	6.158	383.111				1	
8.00	46.40	21787.21	376.54	60.01	0.5762	8.228	384.771				1	
10.00	50.00	21762.20	376.11	60.26	0.5786	10.307	386.417				1	
12.00	53.60	21735.94	375.66	60.50	0.5809	12.394	388.051				1	
14.00	57.20	21708.47	375.18	60.75	0.5833	14.490	389.672				1	
16.00	60.80	21679.86	374.69	61.00	0.5857	16.594	391.281				1	
18.00	64.40	21650.11	374.17	61.24	0.5880	18.706	392.880				1	
20.00	68.00	21619.24	373.64	61.49	0.5904	20.828	394.468				1	
22.00	71.60	21587.32	373.09	61.73	0.5927	22.957	396.045				1	
24.00	75.20	21554.38	372.52	61.98	0.5951	25.095	397.614				1	
26.00	78.80	21520.44	371.93	62.22	0.5974	27.242	399.174				1	
28.00	82.40	21485.54	371.33	62.46	0.5998	29.397	400.726				1	
30.00	86.00	21449.71	370.71	62.71	0.6021	31.560	402.270				1	
32.00	89.60	21412.99	370.08	62.95	0.6044	33.732	403.801				1	
34.00	93.20	21375.41	369.43	63.19	0.6067	35.912	405.337				1	
36.00	96.80	21336.99	368.76	63.43	0.6091	38.100	406.862				1	
38.00	100.40	21297.77	368.08	63.67	0.6114	40.297	408.381				1	
40.00	104.00	21257.78	367.39	63.91	0.6137	42.502	409.895				1	
42.00	107.60	21217.05	366.69	64.15	0.6160	44.715	411.404				1	
44.00	111.20	21175.60	365.97	64.39	0.6183	46.937	412.909				1	
46.00	114.80	21133.45	365.24	64.63	0.6206	49.167	414.411				1	
48.00	118.40	21090.66	364.50	64.87	0.6229	51.405	415.910				1	
50.00	122.00	21047.23	363.75	65.11	0.6252	53.652	417.406				1	
52.00	125.60	21003.18	362.99	65.35	0.6275	55.906	418.899				1	
54.00	129.20	20958.56	362.22	65.59	0.6298	58.169	420.391				1	
56.00	132.80	20913.38	361.44	65.83	0.6321	60.441	421.881				1	
58.00	136.40	20867.65	360.65	66.07	0.6343	62.720	423.371				1	
60.00	140.00	20821.43	359.85	66.30	0.6366	65.008	424.859				1	
62.00	143.60	20774.71	359.04	66.54	0.6389	67.304	426.348				1	
64.00	147.20	20727.52	358.23	66.78	0.6412	69.608	427.836				1	
66.00	150.80	20679.89	357.41	67.02	0.6434	71.920	429.326				1	
68.00	154.40	20631.84	356.57	67.25	0.6457	74.241	430.815				1	
70.00	158.00	20583.38	355.74	67.49	0.6480	76.569	432.307				1	
72.00	161.60	20534.54	354.89	67.72	0.6503	78.906	433.799				1	
74.00	165.20	20485.33	354.04	67.96	0.6525	81.251	435.294				1	
76.00	168.80	20435.78	353.19	68.20	0.6548	83.604	436.791				1	
78.00	172.40	20385.88	352.32	68.43	0.6571	85.966	438.290				1	
80.00	176.00	20335.69	351.46	68.67	0.6593	88.335	439.792				1	
82.00	179.60	20285.19	350.58	68.90	0.6616	90.713	441.297				1	
84.00	183.20	20234.41	349.71	69.14	0.6639	93.099	442.805				1	

CONTINUED

929

PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF

AMINOMETHYL ETHANOL AMINE 19291 07-01-82-0

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

929

ERR04 1-PROPERTY ABOVE USUAL RANGE
 ERR04 2-PROPERTY BELOW USUAL RANGE
 ERR04 3-PROPERTY ABOVE GENERALLY ACCEPTABLE RANGE
 ERR04 4-PROPERTY BELOW GENERALLY ACCEPTABLE RANGE
 ERR04 5-VALUE INCREASING WHEN IT USUALLY DECREASES
 ERR04 6-VALUE DECREASING WHEN IT USUALLY INCREASES

PAGE 17

TEMPERATURE		LATENT HEAT		CP CAL/DEG.C		LIQUID ENTHALPY		SATURATED VAPOR ENTHALPY		TCEN	HW	CPLTS	ENTHB
DEG.C	DEG.F	CAL/GMOL	BTU/LB	CP CAL/DEG.C	MOL	GM	BTU/LB	BTU/LB					
86.00	186.80	20183.37	348.82	69.38	0.6661	95.493	445.317	445.317	1				
88.00	190.40	20132.07	347.94	69.61	0.6685	97.895	445.312	445.312	1				
90.00	194.00	20080.54	347.05	69.85	0.6706	100.305	447.352	447.352	1				
92.00	197.60	20028.79	346.15	70.08	0.6729	102.723	448.876	448.876	1				
94.00	201.20	19976.83	345.25	70.32	0.6752	105.150	450.405	450.405	1				
96.00	204.80	19924.66	344.35	70.55	0.6774	107.585	451.938	451.938	1				
98.00	208.40	19872.32	343.45	70.79	0.6797	110.027	453.475	453.475	1				
100.00	212.00	19819.80	342.54	71.02	0.6819	112.478	455.019	455.019	1				
102.00	215.60	19767.11	341.63	71.26	0.6842	114.937	456.567	456.567	1				
104.00	219.20	19714.27	340.72	71.50	0.6865	117.404	458.121	458.121	1				
106.00	222.80	19661.29	339.80	71.73	0.6887	119.880	459.681	459.681	1				
108.00	226.40	19608.18	338.88	71.97	0.6910	122.363	461.247	461.247	1				
110.00	230.00	19554.93	337.96	72.20	0.6933	124.855	462.818	462.818	1				
112.00	233.60	19501.57	337.04	72.44	0.6955	127.355	464.396	464.396	1				
114.00	237.20	19448.10	336.12	72.67	0.6978	129.863	465.979	465.979	1				
116.00	240.80	19394.52	335.19	72.91	0.7000	132.379	467.569	467.569	1				
118.00	244.40	19340.84	334.26	73.15	0.7023	134.903	469.166	469.166	1				
120.00	248.00	19287.05	333.33	73.38	0.7046	137.436	470.769	470.769	1				
122.00	251.60	19233.23	332.40	73.62	0.7069	139.976	472.379	472.379	1				
124.00	255.20	19179.30	331.47	73.86	0.7091	142.525	473.996	473.996	1				
126.00	258.80	19125.30	330.54	74.07	0.7114	145.082	475.620	475.620	1				
128.00	262.40	19071.24	329.60	74.33	0.7137	147.647	477.250	477.250	1				
130.00	266.00	19017.10	328.67	74.57	0.7160	150.220	478.885	478.885	1				
132.00	269.60	18962.89	327.73	74.80	0.7182	152.802	480.533	480.533	1				
134.00	273.20	18908.61	326.79	75.04	0.7205	155.392	482.185	482.185	1				
136.00	276.80	18854.30	325.85	75.28	0.7229	157.990	483.844	483.844	1				
138.00	280.40	18800.00	324.91	75.52	0.7251	160.596	485.510	485.510	1				
140.00	284.00	18745.50	323.97	75.76	0.7274	163.210	487.184	487.184	1				
142.00	287.60	18691.00	323.03	76.00	0.7297	165.833	488.865	488.865	1				
144.00	291.20	18636.46	322.09	76.24	0.7320	168.464	490.553	490.553	1				
146.00	294.80	18581.88	321.15	76.48	0.7343	171.103	492.249	492.249	1				
148.00	298.40	18527.22	320.20	76.72	0.7366	173.751	493.952	493.952	1				
150.00	302.00	18472.54	319.26	76.96	0.7389	176.408	495.663	495.663	1				
152.00	305.60	18417.78	318.31	77.20	0.7412	179.071	497.381	497.381	1				
154.00	309.20	18362.94	317.36	77.44	0.7435	181.743	499.106	499.106	1				
156.00	312.80	18308.12	316.41	77.68	0.7459	184.424	500.839	500.839	1				
158.00	316.40	18253.22	315.47	77.92	0.7482	187.113	502.579	502.579	1				
160.00	320.00	18198.24	314.52	78.16	0.7505	189.811	504.327	504.327	1				
162.00	323.60	18143.20	313.56	78.41	0.7528	192.517	506.081	506.081	1				
164.00	327.20	18088.10	312.61	78.65	0.7551	195.231	507.844	507.844	1				
166.00	330.80	18032.91	311.66	78.89	0.7575	197.954	509.612	509.612	1				
168.00	334.40	17977.67	310.70	79.14	0.7599	200.685	511.389	511.389	1				
170.00	338.00	17922.38	309.75	79.38	0.7622	203.425	513.172	513.172	1				

LUNTIMED

929

PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF

AMINOETHYL ETHANOL AMINE

[929] 07-07-82- 0

LIQUID PROPERTIES AT SATURATED PRESSURE

TEMPERATURE DEG.C	LATENT HEAT Btu/LB	HEAT OF FUSION CAL/CM3	CP CAL/DEG.C G	LIQUID ENTHALPY BTU/LB	LIQUID ENTHALPY BTU/LB		
275.00	527.00	14706.73	254.17	93.25	0.8953	359.701	613.874
280.00	536.00	14523.55	251.01	93.97	0.9023	367.791	618.797
285.00	545.00	14335.90	247.76	94.71	0.9094	375.943	623.707
290.00	554.00	14143.31	244.44	95.45	0.9165	384.159	628.594
295.00	563.00	13945.70	241.02	96.20	0.9237	392.440	633.460
300.00	572.00	13742.57	237.51	96.97	0.9310	400.786	638.298
305.00	581.00	13533.71	233.90	97.73	0.9384	409.199	643.098
310.00	590.00	13318.27	230.18	98.79	0.9465	417.674	647.850
315.00	599.00	13096.66	226.35	99.72	0.9574	426.252	652.599
320.00	608.00	12867.41	222.38	100.70	0.9669	434.913	657.297
325.00	617.00	12630.88	218.30	101.75	0.9769	443.660	661.954
330.00	626.00	12386.20	214.07	102.87	0.9877	452.501	666.568
335.00	635.00	12132.86	209.69	104.07	0.9992	461.439	671.129
340.00	644.00	11869.85	205.14	105.36	1.0117	470.466	675.630
345.00	653.00	11596.80	200.42	106.76	1.0251	479.653	680.078
350.00	662.00	11312.67	195.51	108.27	1.0395	488.945	684.459
355.00	671.00	11015.89	190.38	109.89	1.0551	498.372	688.754
360.00	680.00	10706.14	185.03	111.64	1.0719	507.942	692.973
365.00	689.00	10391.15	179.41	113.53	1.0901	517.671	697.086
370.00	698.00	10071.17	173.50	115.57	1.1097	527.569	701.073
375.00	707.00	9745.45	167.25	117.77	1.1307	537.649	704.902
380.00	716.00	9293.98	160.63	120.13	1.1534	547.931	708.566
385.00	725.00	8833.39	153.53	122.67	1.1778	558.419	711.949
390.00	734.00	8440.71	145.00	125.39	1.2040	569.158	715.037
395.00	743.00	7997.60	135.53	128.31	1.2320	580.088	717.620
400.00	752.00	7423.68	125.30	131.43	1.2619	591.328	719.629
405.00	761.00	6818.06	117.85	134.77	1.2940	602.826	720.615
410.00	770.00	6172.49	105.64	138.33	1.3281	614.613	720.254
415.00	779.00	5238.82	90.54	142.11	1.3645	626.731	717.272

END

929

ERROR 1-PROPERTY ABOVE USUAL RANGE

ERROR 2-PROPERTY BELOW USUAL RANGE

ERROR 3-PROPERTY ABOVE GENERALLY ACCEPTABLE RANGE

ERROR 4-PROPERTY BELOW GENERALLY ACCEPTABLE RANGE

ERROR 5-VALUE INCREASING WHEN IT USUALLY DECREASES

ERROR 6-VALUE DECREASING WHEN IT USUALLY INCREASES

PAGE 19

SATURATED

TEMPERATURE

PRESSURE

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ENTHALPY

ETHYLENE DIAMINE

(527) 66-72-70-0.

CHEMICAL FORMULA	C2H8N2		
CHEMICAL STRUCTURE	H2NCH2CH2NH2		
MOLECULAR WEIGHT	60.100		
NORMAL BOILING POINT	117.27 DEG C	243.08 DEG F	
	390.43 DEG K	702.77 DEG R	
MELTING POINT	11.00 DEG C	51.80 DEG F	
DECOMPOSITION TEMPERATURE	DEG C	DEG F	
CRITICAL TEMPERATURE	319.70 DEG C	607.46 DEG F	
	592.85 DEG K	1067.15 DEG R	
CRITICAL PRESSURE	62.10 ATM.	912.62 PSIA	
	47195.99 MM HG	64.16 KG/CM2	
CRITICAL VOLUME	209.06 ML/GMOL	3.35 CU.FT/LB	
	0.209 LT/GMOL	3.479 CC/GM	
CRITICAL DENSITY	0.287 GM/ML	17.947 LB/CU.FT	
CRITICAL COMPRESSIBILITY	0.2669		
STATE AT 20 C AND 1 ATM	LIQUID		
SPECIFIC GRAVITY AT 20 C	0.5093 (REF TO WATER AT 4 C)		
HEAT CAPACITY AT 20 C	0.697 CAL/GM C	41.920 CAL/G MO	
HEAT OF VAPORIZATION AT NORMAL BOILING POINT	9669.71 CAL/G MOL	17405.46 BTU/LB M	
	160.894 CAL/GM	289.608 BTU/LB	
HEAT OF FUSION AT MELTING POINT	CAL/G MOL	BTU/LB M	
	CAL/GM	BTU/LB	
STANDARD HEAT OF FORMATION OF VAPOR AT 25 C		-4.793 KCAL/G M	
ABSOLUTE ENTROPY OF VAPOR AT 25 C		64.300 CAL/G MO	
STANDARD FREE ENERGY OF FORMATION OF VAPOR AT 25 C		37.300 KCAL/G M	
POLARITY	POLAR		
ACENTRIC FACTOR (OMEGA)	0.4821		
SUTHERLAND CONSTANT	585.54 DEG K		
SOLUBILITY IN WATER	VERY SOLUBLE		
SOLUBILITY IN OTHER SOLVENTS	MISCIBLE-ALCOHOL, INSOL IN ETHER AND C6H6		

NAME ARLD C SWANSON	EXT 474	PROJ-FUNCT 3154 520	DATE 07-08-70	ITEM	
COMPOUND NAME ETHYLENE DIAMINE	FILE NUMBER 527.	DATE 06-02-70	REV 0.		
CHEMICAL FORMULA C2H8N2	CHEMICAL STRUCTURE H2NCH2CH2NH2				
NORMAL BOILING POINT 390.42R29	HT. OF VAPOR- IZATION AT NB 9669.71	STATE AT 20 C AND 1 ATM 2.0	SPECIFIC GRAVITY 0.9093	HEAT CAPACITY 0.6975	
MELTING POINT, C 11.	HEAT OF FUSION	STANDARD HEAT OF FORMATION 4.79	ABSOLUTE ENTROPY 64.300	STANDARD FREE ENERGY OF FORM 37.3	
SOLUBILITY IN WATER VERY SOLUBLE	SOLUBILITY IN OTHER SOLUTIONS MISCIBLE-ALCOHOL, INSOL IN ETHER AND C6H6				
DECOMPOSITION TEMPERATURE	CRITICAL TEMPERATURE 592.663	CRITICAL PRESSURE 62.100	CRITICAL VOLUME 209.6A0	MOLECULAR WEIGHT 60.100	
POLARITY 2.	ACENTRIC FACTOR 0.4821	SUTHERLAND CONSTANT 585.64	HEAT OF VAPORIZATION CAL/ MOL 9616.	AT DEG K 393.16	
CONSTANTS IN VAPOR PRESSURE EQUATION $\text{LOG}(10) P(\text{MMHG}) = A - B / (T(\text{DEG C}) + C1)$					
A1 7.2106573	B1 1361.6084	C1 197.20258	UPPER LIMIT, K 390.56	1.	
A2 8.1320932	R2 2050.2317	C2 273.16	TERMINAL TEMP 900.	ENTHALPY REF. T 284.16	
CONSTANTS IN LIQUID DENSITY EQUATION $\text{RHO LIO. (GM/CC)} = A + BT + CT + \dots - RHCG$					
A1 1.22739209	P1 X 10**3 -1.083649539	C1 X 10**6 -0.004351772	UPPER LIMIT, K 506.16		
A2 1.226291920	R2 X 10**3 -1.039402067	C2 X 10**6 -0.006330660			
CONSTANT IN IDEAL VAPOR HEAT CAPACITY EQ. $CP(\text{CAL/GM MOL K}) = A + BT + CT + \dots$					
A1 4.72366416	B1 X 10**3 79.14691663	C1 X 10**6 -46.20250395	D1 X 10**9 10.67729094		
A2 -21.91827200	R2 X 10**3 150.08826149	C2 X 10**6 -127.17219046	D2 X 10**9 31.20924044	LOWER LIMIT, K 845.6	