

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETROLEO

**ESTUDIO DE LAS VARIACIONES VOLUMÉTRICAS OCURRIDAS EN  
PATIOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO COMO PRODUCTO DE  
LAS MERMAS POR EVAPORACIÓN Y CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA  
POR MEZCLA DE CRUDOS**

TRABAJO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA POR:  
**SCARLETH ANAIS NUÑEZ HIDALGO**  
PARA OPTAR AL TITULO DE:  
**INGENIERO DE PETROLEO**

Caracas, Abril de 2002

# SUMARIO

Nuñez Hidalgo, Scarleth Anais (Trabajo Especial de Grado)

**Estudio de las variaciones volumétricas ocurridas en patios de tanques de almacenamiento como producto de las mermas por evaporación y contracción volumétrica por mezcla de crudos.**

Dirigido por: Profesor Wladimiro Kowalchuk

En el área de producción de PDVSA, ocurren variaciones volumétricas que son clasificadas en pérdidas operacionales (derrames, fallas en el drenaje), mermas (por evaporación y por mezclado) e incertidumbre durante el proceso de medición. La evaporación ocurre porque las moléculas gaseosas ejercen presión sobre las líquidas (en un sistema bifásico) favoreciendo el escape de las moléculas en estado líquido hacia la fase gaseosa, mientras que las mermas por evaporación ocurren por diferencias entre la presión interna y la presión atmosférica, lo que se traduce en salida de gases al ambiente para compensar la presión.

Las mermas por mezclado ocurren por un proceso físico-químico donde las moléculas del hidrocarburo liviano se introducen entre los espacios vacíos del crudo pesado, produciéndose así una contracción volumétrica.

El objeto principal de este trabajo es estudiar el comportamiento de la ecuación de cálculo de mermas (sensibilidad), además de analizar los valores de mermas recopilados de trabajos de investigación y de campo desarrollados previamente.

## RECONOCIMIENTOS

En este momento deseo expresar mis más sincero reconocimiento:

A Dios, por haber puesto en mi camino las oportunidades justo en el momento en que tuve los conocimientos necesarios para afrontarlas, también por todo lo aprendido durante todo este tiempo.

A mis padres y hermano, no solo por haberme acompañado y guiado a lo largo de este camino, sino también por cada una de sus palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A Natacha, por haber confiado en mí, por todo el apoyo y la ayuda incondicional recibida para la realización de este trabajo, mil gracias.

A todos los profesores, especialmente a W. Kowalchuk, por el tiempo dedicado y la contribución de cada uno en mi formación como profesional.

A mis amigos de siempre, aquellos que comprendieron que hay que establecer prioridades en la vida y es por esto que no pude compartir con ellos muchos momentos, pero que ahora y siempre los llevare dentro de mí.

A todas aquellas personas que sin darse cuenta han dejado huella en mí, a quienes no menciono, porque con ellos también he aprendido mucho de lo académico, personal y espiritual.

## TABLA DE CONTENIDO

TITULO . . . . .	i
SUMARIO . . . . .	ii
RECONOCIMIENTOS . . . . .	iv
TABLA DE CONTENIDO . . . . .	v
LISTA DE TABLAS . . . . .	vii
LISTA DE FIGURAS . . . . .	viii
INTRODUCCIÓN . . . . .	1
CAPITULOS	
I MARCO TEORICO . . . . .	4
1. Unidades del negocio donde se calculan las mermas	4
2. Medición y fiscalización del crudo . . . . .	7
3. Calidad del crudo . . . . .	14
4. Mermas por Evaporación . . . . .	20
4.1. Tipos de merma por evaporación . . . . .	28
4.2. Análisis de las ecuaciones de mermas por Evaporación . . . . .	30
5. Mermas por Contracción Volumétrica . . . . .	35
5.1. Sistemas de mezclado . . . . .	39
5.2. Mezclas de crudos en el campo de producción	52
5.3. Metodología para el cálculo de mermas por contracción volumétrica . . . . .	54
II METODOLOGÍA DEL ESTUDIO . . . . .	56
1. Limitaciones . . . . .	57
2. Enfoques del estudio . . . . .	58
III PROCEDIMIENTO DE CALCULO . . . . .	60
1. Tanque techo flotante . . . . .	60
2. Tanque techo fijo . . . . .	64

IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS	85
	LISTA DE NOMENCLATURA	87
	GLOSARIO	90
	TABLAS	99
	ANEXOS	102
	Anexo 1: Resultados y cálculos intermedios de mermas en tanques de techo fijo (tipo cono)	103
	Anexo 2: Resultados y cálculos intermedios de mermas en tanques de techo fijo (tipo domo)	133
	Anexo 3: Resultados y cálculos intermedios de mermas en tanques de techo flotante	136
	APÉNDICE	176

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Segregaciones comerciales y sus características .	19
Tabla 2:	Rangos de gravedades de los fluidos utilizados en la medición de las contracciones volumétricas para construir las nuevas correlaciones . . .	39
Tabla 3:	Mermas por evaporación en patios de tanques y terminales . . . . .	100
Tabla 4:	Distribución de las mermas por evaporación en patios de tanques . . . . .	100
Tabla 5:	Distribución de las mermas por evaporación en terminales . . . . .	100
Tabla 6:	Porcentaje de contracción volumétrica al mezclar crudos por cada sistema de mezcla . . .	101
Tabla 7:	Porcentaje de contracción volumétrica en base a la contracción total por cada segregación . . .	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Diagrama de flujo típico de las etapas de compresión de gas . . . . .	6
Figura 2:	Método de aforación . . . . .	11
Figura 3:	Distribución de los crudos según su composición química . . . . .	16
Figura 4:	Mermas por movimiento . . . . .	28
Figura 5:	Mermas por respiración . . . . .	29
Figura 6:	Mermas por reposo . . . . .	30
Figura 7:	Mermas por vaciado . . . . .	30
Figura 8:	Esquema representativo del sistema estudiado . . . . .	56
Figura 9:	Gráfica Lr vs. Taa (T.T.Floteante) . . . . .	69
Figura 10:	Gráfica Lf vs. Taa (T.T.Floteante) . . . . .	70
Figura 11:	Gráfica Lt vs. Taa (T.T.Floteante) . . . . .	70
Figura 12:	Gráfica Lr vs. v (T.T.Floteante) con Taa como parámetro fijo . . . . .	71
Figura 13:	Gráfica Lt vs. v (T.T.Floteante) con Taa como parámetro fijo . . . . .	72
Figura 14:	Gráfica Lr vs. Taa (T.T.Floteante) con v como parámetro fijo . . . . .	73
Figura 15:	Gráfica Lt vs. Taa (T.T.Floteante) con v como parámetro fijo . . . . .	74
Figura 16:	Gráfica Lr vs. Taa (T.T.Fijo tipo cono) . . . . .	75
Figura 17:	Gráfica Lr vs. Taa (T.T.Fijo tipo cono) . . . . .	76
Figura 18:	Distribución de las mermas por evaporación en patios de tanques . . . . .	77
Figura 19:	Distribución de las mermas por evaporación en terminales . . . . .	77

Figura 20:	Porcentaje de mermas por contracción volumétrica en cada segregación . . . . .	79
Figura 21:	Mermas por contracción volumétrica en regiones de Venezuela . . . . .	79
Figura 22:	Porcentaje Relativo al Volumen de mermas por contracción en cada segregación . . . . .	80



## INTRODUCCION

Desde el inicio de la industria petrolera, el almacenamiento de productos se realizaba en su totalidad en tanques de techo fijo; pero cuando en estos tanques se almacenaban productos volátiles o con presiones de vapor relativamente alta se generaban inconvenientes con la evaporación. Los vapores ocupaban todo el espacio interior del tanque , y en consecuencia eran desplazados a la atmósfera, a través de las válvulas de venteo. Buscando una solución a estos inconvenientes a mediados de los años 30, se inventan los tanques de techo flotante con tope abierto, es decir, que a partir de esta fecha se comienzan a manejar los conceptos de mermas y pérdidas.

Adicional a lo anteriormente expuesto, uno de los procedimientos más usados en la Industria Petrolera es la mezcla de hidrocarburos livianos con petróleo crudo con la finalidad de levantamiento, deshidratación y transporte. Estas mezclas resultan en volumen “pérdidas“ causadas por el comportamiento no ideal de contracción producido por la inserción de las moléculas más pequeñas pertenecientes a los hidrocarburos livianos dentro de los espacios vacíos de las moléculas del hidrocarburo pesado.

Para aquella época las pérdidas se clasificaban en operacionales y accidentales a diferencia de las definiciones actuales que incluyen a las pérdidas dentro de las variaciones volumétricas. Las pérdidas operacionales incluían la evaporación en los Patios de Tanques y las diferencias entre las cantidades netas enviadas y recibidas.

En el año 1952, el American Petroleum Institute (API), en su reunión anual N° 32 promocionó el Symposium sobre Pérdidas por Evaporación con el objetivo de coordinar el conocimiento en este campo. En esta reunión las empresas participantes expusieron las posibles variaciones volumétricas en todos los tipos

de tanques usados en sus operaciones, así como las acciones implementadas para reducirlas. A partir de esa conferencia, se creó el API Evaporation Loss Comité representado por todas las divisiones de la Industria Petrolera, cuyo objetivo principal fue estudiar el conocimiento básico de las mermas por evaporación y presentar métodos para su control.

A partir de la mencionada fecha, se han emitido una serie de boletines tanto para tanques de techo fijo como para tanques de techo flotante en los cuales las ecuaciones para el cálculo de las mermas por evaporación son actualizadas.

No obstante, siendo la Contracción Volumétrica un fenómeno no menos preocupante, en 1962 se inició la investigación acerca del mismo motivado por la aparente pérdida en el transporte de crudo; este trabajo formó parte de la base de datos conocido como API 2509C con datos de ocho (8) empresas petroleras de la época.

En 1980, con los notables incrementos en el movimiento de crudos con la utilización de un proceso de mezclado con hidrocarburos livianos, se hizo necesario hacer una revisión de las ecuaciones empleadas hasta ese momento. En principio se pensó en organizar un grupo para tomar medidas experimentales y aumentar la base de datos de cuatro estudios experimentales ya realizados cubriendo de esta manera un rango de 0 a 100% de concentración del producto liviano en la mezcla. Sin embargo esto no se realizó debido a que varios investigadores dieron detalles acerca de acercamientos teóricos que permitían realizar cálculos a partir de datos tales como presión, temperatura y diferencia de gravedad API de los productos mezclados.

El trabajo que se presenta abarca numerosas causas de mermas durante el proceso de producción, refinación y distribución del petróleo. El propósito fundamental de este trabajo es el estudio de los factores que producen mermas por evaporación y contracción volumétrica por mezcla de crudos de diferentes

°API a lo largo de todo el proceso en los patios de tanques, desde el momento en que el crudo es recibido en los tanques de almacenamiento hasta el momento de la operación de embarque y/o entrega a las Refinerías; además de la realización de un análisis de sensibilidad de las diferentes variables que intervienen en las ecuaciones y correlaciones más comúnmente usadas en la Industria Petrolera a fin de poder formular una propuesta que tienda a minimizar tales variaciones.

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO

En la industria petrolera, las *variaciones volumétricas* se manifiestan en una diferencia en el resultado de la medición de un hidrocarburo entre los puntos límites del proceso, resultan del balance de materiales entre la disponibilidad y la disposición de hidrocarburos.

La *disponibilidad* corresponde al volumen que en un momento dado se encuentra en condiciones de ser entregado o distribuido a su destino final, y la integran el inventario inicial, la producción extraída y las compras y recibos. La *disposición* se define como la distribución que se le da a los volúmenes de hidrocarburos disponibles en un período considerado; lo integran las ventas o entregas directas a los clientes de crudo, el consumo en operaciones y el inventario final. [7]

### 1. UNIDADES DEL NEGOCIO DONDE SE CALCULAN LAS MERMAS

El manejo de crudo venezolano por PDVSA se subdivide en cuatro (4) áreas de negocio:

- a) EPM (Explotación, Producción y Mejoramiento)
- b) RSC (Refinación, Suministro y Comercio)
- c) Deltaven
- d) PDVSA Gas.

En cada una de estas UNIDADES DE NEGOCIO se pueden realizar estos balances de materiales obteniendo variaciones volumétricas diferentes.

Las mermas en EPM se contabilizan al cierre de cada mes, entre los puntos de fiscalización y de transferencia de custodia, al producirse una variación volumétrica en el balance de producción. En las operaciones de producción se pueden producir mermas por mezclado o por evaporación, así como también incertidumbre en la medición a lo largo de las siguientes etapas: la separación gas-petróleo, el ciclo de operación de los tanques de las estaciones recolectoras y el tratamiento térmico de las emulsiones.

Las mermas en Refinación están localizadas en los sistemas abiertos de mezcla y tratamiento, en los drenajes, en los separadores y en las fugas de los sistemas presurizados.

#### TIPOS DE MERMAS EN REFINACIÓN:

- Desvío a mechurrios.
- Hidrocarburos en efluentes.
- Procesos.
- Medición en tanques.
- Evaporación en tanques.

En PDVSA GAS se lleva a cabo procesos de compresión de gas tal como se describe:

El gas proveniente de las estaciones de flujo llega a la Planta o Miniplanta de Conversión a través del sistema de Recolección de Gas a Baja Presión. El mismo pasa inicialmente a un depurador y seguidamente se inician las etapas de compresión correspondientes a cada unidad. Para ello, en cada etapa el gas comprimido pasa a través de unos enfriadores a fin de remover el calor de compresión, entrando luego al depurador de la siguiente etapa de compresión.

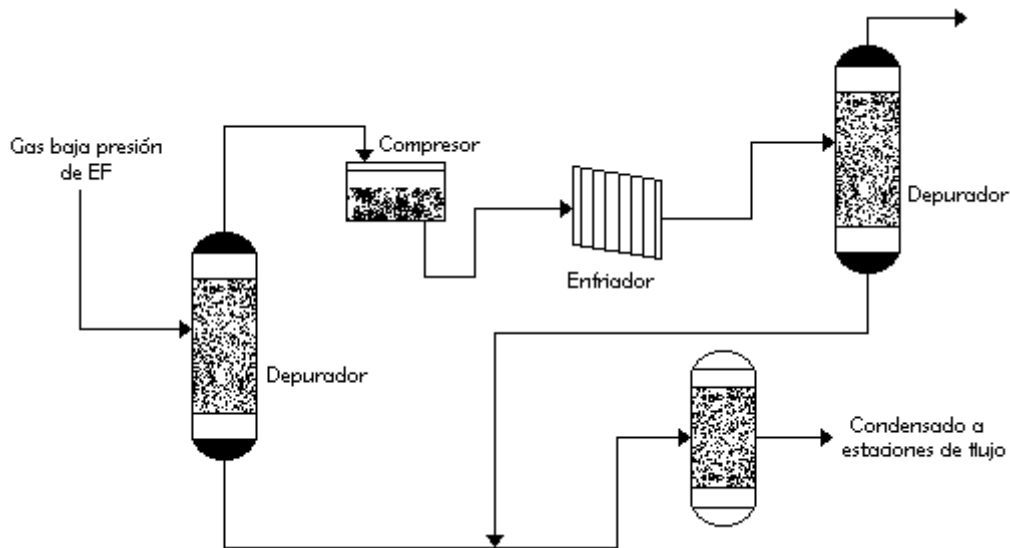


Fig.1: Diagrama de flujo típico de las etapas de compresión de gas.

Al finalizar la última etapa de compresión, el gas de alta presión es distribuido principalmente al sistema de distribución de gas para levantamiento oficial y al sistema de inyección a los yacimientos. [12]

Sin embargo, las mermas de PDVSA GAS tienen su causa en:

- Filtración en válvulas de venteo.
- Pérdidas enfriadores atmosféricos.
- Fugas sistemas de distribución.
- Tomas clandestinas.
- Desviación del sistema de medición.

Las pérdidas de Transporte y Mercadeo ocurren durante las operaciones de medición, carga y descarga del producto. Las mermas en buques-tanques ocurren debido a una banda de valores posibles de error, como resultado de imprecisión y/o descalibración de instrumentos, errores en la aplicación de los procedimientos de medición, capacidad de tanqueros sin factor de experiencia, entregas de

parcelas pequeñas, condiciones de los terminales, condiciones meteorológicas, etc.

## **2. MEDICION Y FISCALIZACION DEL CRUDO [1]**

La calidad de los procesos y la determinación de volúmenes en transacciones de venta, requiere de una calibración precisa y documentada de la instrumentación de medición, ya que es deseable minimizar las incertidumbres en los resultados de las mediciones y cálculos.

La forma de garantizar esas mediciones es mediante la certificación de la calibración y la correcta funcionalidad de los equipos. Para tal fin, es necesario la implantación de una serie de mecanismos y procedimientos de calibración verificables y rastreables, validados y reconocidos por entes de certificación y metrología nacional e internacional. Los procedimientos de medición para determinar la cantidad de crudo neto que maneja PDVSA se dividen principalmente en procedimientos directos e indirectos: los directos son básicamente los que utilizan instrumentos para medir las variables a ser estudiadas, mientras que los indirectos utilizan sistemas de referencia para llegar a calcular el valor de las variables deseadas.

Cada uno de estos métodos puede presentar un enfoque dinámico cuando el fluido está en movimiento dentro de la tubería y un enfoque estático cuando el fluido se encuentra almacenado en los patios de tanque.

Hasta el año 1984 el proceso de fiscalización (que se basa en un conjunto de medidas certificadas por el MEM con el fin de determinar el monto a pagar por regalías de los crudos extraídos), era realizado en terminales de embarque o refinerías de PDVSA siguiendo instrucciones del Ministerio de Energía y Minas, mediante el Oficio No. 412 de fecha 30 de Agosto de 1984. La ubicación

estratégica de estos puntos tenía la finalidad de facilitar la fiscalización de la producción de crudo, ya que existían numerosas empresas transnacionales que dificultaban la medición aguas arriba del proceso. El procedimiento era realizado de forma manual en presencia de los inspectores y aforadores de tanques.

Los puntos de fiscalización estaban constituidos por las siguientes instalaciones:

Occidente:

- a) Terminal Lacustre La Salina
- b) Terminal Puerto Miranda
- c) Patio de Tanques Ulé
- d) Patio de Tanques Bajo Grande
- e) Patio de Tanques Punta de Palma

Oriente:

- a) Terminal Puerto La Cruz
- b) Terminal Jose
- c) Terminal Punta Cuchillo
- d) Terminal Caripito
- e) Pedernales

Sur:

- a) Refinería del Palito

A partir del 13 de Septiembre de 1999 y como consecuencia del Oficio No. 1012 del MEM firmado por el Ministro de Energía y Minas para la fecha **[2]**, se instruye la reubicación de los puntos de fiscalización aguas arriba del proceso, ya que el oficio de 1984 no correspondía con la Ley de Hidrocarburos que especifica que, conceptualmente, los puntos de fiscalización deberían encontrarse en los campos de producción.



En tal sentido, se acordaron los nuevos puntos temporales en los Patios de Tanques de PDVSA, los siguientes son:

Occidente:

- a) Cabimas H-7
- b) Punta Gorda
- c) Ulé
- d) Lagunillas Norte
- e) Lagunillas Sur
- f) Taparitos
- g) Bachaquero
- h) Palmarejo de Mara
- i) Punta de Palma

Oriente:

- a) Patio de Tanques Anaco (PTA)
- b) Patio de Tanques Oficina (PTO)
- c) Estación Principal de Temblador (EPT1)
- d) Patio de Tanques Jusepín (PTJ)
- e) Salida de Estación de Descarga Muri
- f) Salida de Estación de Descarga Musipan
- g) Salida de Estación de Descarga Carito
- h) Salida de Estación de Descarga Amana
- i) Salida de Estación de Descarga Tejero
- j) Salida de Estación de Descarga Santa Bárbara.

Sur:

- a) Tanques de la Estación de Descarga La Victoria
- b) Tanques de la Estación de Descarga Guafita
- c) Tanques de la Estación de Descarga de Barinas.

Adicionalmente, se acordó con el MEM instalar mediciones referenciales a la salida de las estaciones de flujo para control operacional.

El aforamiento manual para la medición fiscal que actualmente se realiza en los Patios de Tanques, consiste en lo siguiente:

- El inspector del MEM y aforador de PDVSA comienzan las medidas en los tanques, tomando el valor del nivel del líquido, el nivel de agua libre, la temperatura del líquido (del fondo) y una muestra del fluido que es enviada al laboratorio para determinar los °API y el Porcentaje de agua y sedimentos (%AyS). Con estos datos se calcula el volumen neto de crudo del tanque y se genera una boleta firmada por ambas partes.
- Se inicia el proceso de recepción de la producción. Al finalizar la recepción se coloca el tanque en reposo para colocar el crudo con un porcentaje de agua menor al 1%. Se drena el agua libre, se deja reposar nuevamente y luego el inspector del MEM y el aforador de PDVSA toman las medidas finales del tanque: nivel del líquido, nivel del agua libre, temperatura del líquido (tope, medio y fondo) y toman muestras del tanque (tope, medio y fondo) las cuales son enviadas al laboratorio para determinar los °API y el Porcentaje de agua y sedimentos (%AyS). Con estos datos se calcula el volumen final de crudo neto utilizando el Sistema CENTINELA y se genera el boletín final el cual es firmado por las partes interesadas.
- El Sistema CENTINELA calcula el volumen recibido (final-inicial) fiscalizado. Simultáneamente el Ministerio de Energía y Minas (MEM) realiza los cálculos que a final de mes serán comparados con los reportados por PDVSA.
- En la zona Sur la fiscalización se realiza dinámicamente, utilizando medidores en las líneas de entrada de Barinas al PTS; para fiscalizar la producción de Apure están ubicados contadores a la salida de la Estación Guafita y de la

Estación Victoria. Para fiscalizar simplemente se toma la temperatura inicial y final con sus respectivos datos de calidad del crudo a las 12:00 m y se llevan al Centinela para sus respectivos cálculos.

La obtención de los valores se realizan de la siguiente forma:

En los Patios de Tanques se puede medir directamente la altura utilizando un tubo dentro del cual se introduce una plomada que determina el nivel de mojado por el crudo en la cinta (este nivel es la altura del hidrocarburo en el tanque).

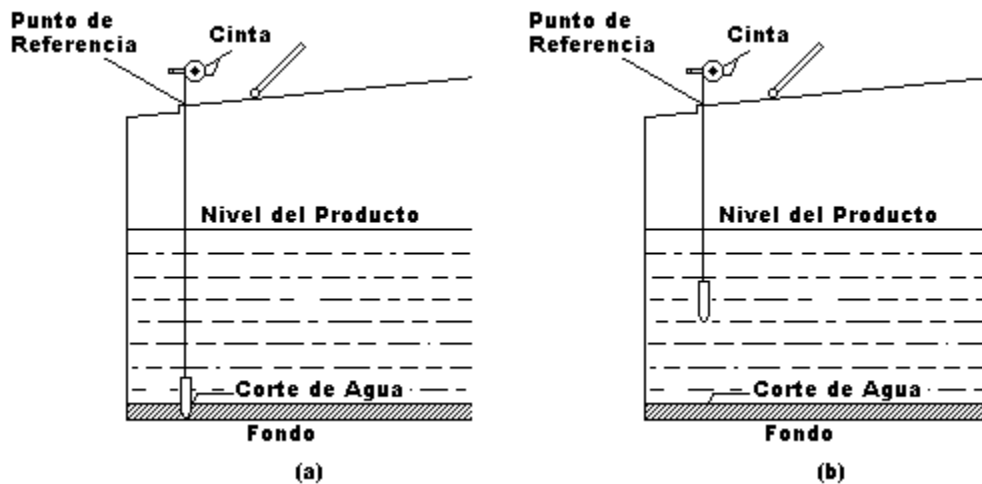


Fig. 2: Método de Aforación

Si existieran sedimentos en el tanque dicho método no sería el más adecuado, porque no se estaría midiendo la altura correcta, ya que podrían ocurrir desviaciones en la plomada que generaría errores con respecto al valor correcto. Es por ello que se crea el método indirecto que mide la altura del espacio vacío utilizando el mismo sistema de plomada; al restar dicho valor con la altura de referencia del tanque se obtiene el valor deseado. Con el avance de la tecnología se ha creado un nuevo sistema de medición por radar el cual es similar al sistema indirecto de plomada sólo que utiliza ondas que salen del radar y tocan la superficie del crudo, midiendo de esta manera el espacio vacío y dando el nivel del

crudo con una incertidumbre de 1mm; este método todavía no es usado por PDVSA en las mediciones de alturas de crudo en los tanques de almacenamiento.

Es de hacer notar que los tanques sufren deformaciones gracias a ciertos factores como: peso del crudo, presión hidrostática, dilatación térmica, deformaciones por defecto de fabricación, tipo de suelo como se encuentra, llenado y vaciado del mismo, etc; lo cual ocasiona que su volumen no sea constante y es por esta razón cada 5 o 10 años se actualizan las calibraciones de los tanques. Estas consisten en medir el volumen de crudo que posee el tanque a diferentes alturas, de esta manera se genera una tabla con los diferentes valores por cada tanque, las cuales son llamadas: Tablas de Calibración Certificada de los Tanques.

Para medir el porcentaje de agua y °API se utilizan muestras representativas en diferentes puntos del tanque, por lo general se toman del tope, de la mitad y del fondo del mismo, luego éstas son analizadas en laboratorios utilizando en el caso de °API el hidrómetro y para porcentaje de agua procedimientos de centrifugación y destilación. De igual manera la temperatura es medida en varios puntos del tanque (tope, medio y fondo).

En el caso de mediciones dinámicas en tuberías, el porcentaje de agua se mide utilizando microondas, la densidad utilizando densitómetros o procesos nucleares, la presión con un barómetro y la temperatura utilizando RTD, que no es más que el principio de variación de resistencia de un material metálico con la temperatura.

Finalmente, el flujo de crudo es medido de diferentes formas: el procedimiento de desplazamiento positivo consiste en un instrumento mecánico que está dividido en secciones de volumen predeterminado; con el paso de esta cantidad volumétrica y el tiempo se determina el flujo. Otro caso es la utilización de turbinas donde el flujo es medido por la cantidad de revoluciones hechas por el transporte de crudo. Estos procedimientos tienen como desventaja el desgaste de los equipos, por lo cual es importante su buen mantenimiento.

Actualmente, se está tratando de implantar en PDVSA el proceso ultrasónico para la medición de flujo; este posee como ventaja que no es un instrumento de medición mecánico, por lo cual no genera gastos por mantenimiento, además es de fácil instalación.

La realización de mediciones puntualizadas en el proceso de fiscalización necesita hacer un balance de masa de las cantidades acumuladas durante un tiempo determinado (por lo general es de un mes) y puede estar dirigido a cada segregación o a la producción total. El balance es el siguiente:

$$V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}} - (V_{\text{recibido}} - V_{\text{entrega}}) = \text{Mermas} + \text{Pérdidas} \pm \text{Incertidumbre} \quad (1)$$

Donde:

$V_{\text{inicial}}$  : volumen existente en el tanque al inicio del período.

$V_{\text{final}}$  : volumen existente en el tanque al final del período.

$V_{\text{recibido}}$  : volumen total recibido durante el período.

$V_{\text{entrega}}$  : volumen que ha salido durante el período.

El acto de fiscalizar involucra normativas y procedimientos que deben ser cumplidos para lograr la aceptación de la cantidad fiscal por parte del ente fiscalizador. Los principales tipos de normativas son: de carácter legal que están sujetos a decisiones gubernamentales o acuerdos en el ámbito internacional, que favorecen al comercio entre los países; y de carácter técnico que suministran prácticas, exigencias y limitaciones para selección y utilización de los instrumentos de medida.

El proceso de fiscalización termina cuando el volumen de producción se transfiere a los terminales de embarque y refinerías. Cabe destacar, que una vez calculado el volumen total del líquido se le resta el volumen total de agua libre para obtener el volumen observado, que es corregido para obtener el volumen bruto; éste a su

vez es corregido con un factor para obtener el volumen bruto estándar referido a las condiciones bases (15°C; 14,7 psi) que tiene como finalidad comparar estos valores con otros medidos en diferentes tanques a condiciones distintas. Un buen sistema de medición permite detectar los valores de variaciones volumétricas en la producción de crudo.

### **3. CALIDAD DEL CRUDO [11]**

Existen muchas clasificaciones que se han hecho para caracterizar los crudos, sin embargo se estudiará específicamente la clasificación por gravedad de los mismos y por su composición.

Generalmente los hidrocarburos líquidos se clasifican en condensados y petróleos crudos, dependiendo de la gravedad específica (o °API) de cada uno. Esta clasificación da una idea de la viscosidad o fluidez, pero no aporta información específica acerca de las otras características y composición:

El término de petróleos crudos condensados se refiere a aquellos hidrocarburos que se caracterizan por encontrarse en estado gaseoso en las condiciones originales del yacimiento y líquido bajo condiciones atmosféricas y por no ser obtenidos mediante procesos de adsorción, absorción, compresión, refrigeración o combinación de tales procesos, que tienen una gravedad mayor de 40,2 °API (60°F).

En término de petróleo crudo se refiere al hidrocarburo líquido no refinado, su rango de gravedad alcanza hasta 40,2 °API y su color va de amarillo al negro.

La clasificación de los crudos por rango de grados API que utiliza el Ministerio de Energía y Minas es la siguiente:

- Crudos Livianos: son aquellos hidrocarburos líquidos que tienen una gravedad comprendida en el rango de 30 °API a 40,2 °API, ambos inclusive.
- Crudos Medianos: son aquellos hidrocarburos líquidos que tienen una gravedad comprendida en el rango de 22 °API a 29,9 °API, incluyéndolos.
- Crudos Pesados: son aquellos hidrocarburos líquidos que tienen una gravedad comprendida en el rango de 10 °API a 21,9 °API (ambos inclusive).
- Crudos extrapesados: son aquellos hidrocarburos líquidos que tienen una gravedad menor o igual a 9,9 °API y una viscosidad mayor de 10000 centipoises (cps) a condiciones de yacimiento.

Los componentes del petróleo pueden dividirse en: hidrocarburos, compuestos oxigenados, compuestos de azufre, compuestos nitrogenados, compuestos resinosos y asfálticos y compuestos metálicos. Como los hidrocarburos, todos los demás compuestos presentes en el petróleo son sustancias orgánicas que contienen carbono. Los componentes resinosos y asfálticos contienen oxígeno y se trata como clase especial por sus propiedades físicas.

Los hidrocarburos del petróleo son parafinas (alcanos), cicloparafinas (cicloalcanos y naftenos) y aromáticos. En el petróleo hay olefinas y otros hidrocarburos no saturados. Los alcanos en el petróleo representan toda la serie, empezando con los alcanos gaseosos y terminando con sólidos.

Los hidrocarburos aromáticos suelen estar en los petróleos crudos en cantidades relativamente más pequeñas que los alcanos y los cicloalcanos; de todas las fracciones con punto de ebullición bajo de diversos petróleos crudos se han separado benceno, tolueno, etilbenceno, todos los xilenos isoméricos y todos los aromáticos isoméricos. En las fracciones de punto de ebullición más alto se han identificado y separado diversos homólogos del benceno y nafteno.

Los compuestos oxigenados del petróleo son de tipo ácido y los compuestos de azufre son compuestos indeseables de los productos derivados, pues tienen olor

desagradable, provocan corrosión y estorban el uso del tetraetilplomo en las gasolinas, los compuestos nitrogenados están presentes en el petróleo en cantidades insignificantes, los compuestos resinosos y asfálticos contienen oxígeno, azufre y nitrógeno, estos componentes del petróleo poseen carácter plástico que hacen muy difícil su identificación, los componentes metálicos orgánicos en el petróleo están compuestos de sodio o calcio disueltos en aguas emulsificadas en el petróleo crudo.

Acorde con las previas consideraciones el petróleo crudo puede considerarse como Parafínico o Nafténico si el contenido de hidrocarburos saturados es mayor que 50% de las partículas de crudo. Pueden considerarse como Aromáticos, cuando el contenido de Aromáticos, Resinas y Asfaltenos es mayor que el 50%; pueden existir clases mixtas.

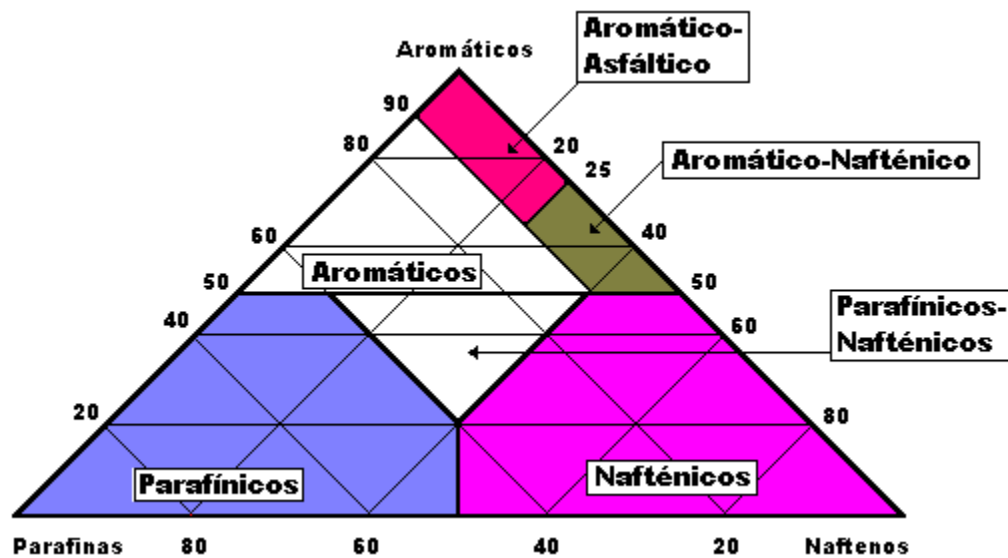


Fig. 3: Distribución de los crudos según su composición química.

- De Base Parafínica:

Las parafinas son productos cerosos, están compuestos principalmente de hidrocarburos de cadena recta sin ramificaciones. Las parafinas son sometidas a procesos de refinación (eliminación de Aceite) para dar como resultado una



variedad de crudos de diferentes grados, clasificados por su punto de fusión. Están caracterizadas por tener una estructura macrocristalina (cristales grandes y quebradizos) y longitudes de 18 a 40 carbonos. Las parafinas son conocidas por su alta pureza, excelente brillo y olor reducido. Están provistos de propiedades termoplásticas y de repelencia al agua y son ampliamente utilizadas para protección en diversas aplicaciones; por sus propiedades combustibles es la materia prima esencial para la manufactura de velas y veladoras.

Los petróleos crudos parafínicos son aquellos que contienen parafina y muy poco o ningún material asfáltico. Son aptos para obtener gasolina de bajo octanaje e ideales para la producción de cera parafínica y aceites lubricantes de alta calidad.

- De Base Nafténica:

Los naftenos son hidrocarburos saturados pero de cadena cerrada, denominados ciclos de fórmula general  $C_nH_{2n}$ .

Los petróleos crudos de base nafténica son los que tienen un mayor contenido de ciclo parafina (naftenos) y de aromáticos que los parafínicos, aunque estos últimos hidrocarburos son predominantes se caracterizan por su mediano o bajo índice de viscosidad (según el proceso de refinación utilizado), menores puntos de fluidez y generalmente por una menor estabilidad a la oxidación.

- De Base Asfáltica:

Los petróleos crudos de base asfáltica son del producto de la destilación al vacío de fracciones residuales. También se obtienen como subproducto durante la desasfaltación de fracciones lubricantes pesadas (aceite residual sin parafina); en ambos casos, puede necesitar destilación posterior al vacío para obtener el grado de viscosidad y penetración requerido en los productos comerciales. Existe una variedad de grados de asfalto y entre los principales se cuenta:

- Asfalto de penetración (cemento asfáltico)
- Asfalto diluido con solventes (disolubles)
- Asfaltos emulsionados (con agua)
- Asfaltos duros Asfaltos oxidados (con aire)

Los crudos asfálticos contienen poca o ninguna parafina, pero sí material asfáltico en grandes proporciones. Estos crudos son utilizados para la producción de aceites lubricantes.

- De Base Mixta o Intermedia:

Si contiene material tanto asfáltico como parafínico, y en cuya composición entran hidrocarburos parafínicos y nafténicos, junto con cierta proporción de aromáticos.

Una *segregación* es el crudo producido en un área operacional proveniente de pozos perforados en diferentes yacimientos con características especiales. Se clasifican en:

- Segregaciones comerciales:

Son mezclas específicas de crudos estables en su composición y propiedades que se hacen con fines comerciales. Las segregaciones le permiten a la industria la flexibilidad necesaria para lograr mayor capacidad y eficiencia en la obtención de productos y asegurar la mayor captación de mercados internacionales.

- Segregaciones operacionales:

Son aquellos crudos con características físico-químicas similares y/o compatibles, recolectados y tratados en sistemas independientes para ser posteriormente refinados y así obtener productos de calidad y especificaciones comerciales definidas.

Tabla 1: Segregaciones Comerciales y sus Características

Segregación	Gravedad API	Campos/crudos	Clasificación	Area
Lagocinco 1	35	Lagocinco	Parafínico	Zulia
Lagomar	32	Lagomar Mara Liviano Sibucara	Parafínico	Zulia
Lagotreco	31	Lagotreco	Parafínico	Zulia
Ceuta	30	Ceuta	Parafínico	Zulia
Cabimas	20,6	Cabimas		Zulia
Manemota	19,6	Mene Grande Motatán Barúa Mara Pesado	Mixto	Zulia
Lagunillas	15	Lagunillas 15	Nafténico	Zulia
Bachaquero	13	Bachaquero	Nafténico	Zulia
Tia Juana Pesado	11,6	Tia Juana Pesado	Nafténico	Zulia
Laguna	11,2	Laguna II	Asfáltico-Nafténico	Zulia
Pacón	31	La Paz La Concepción		Zulia
Condensado	53	Sta Rosa / Mata R	Parafínico	Anzoátegui
Mesa-Oficina	28	Oficina Mesa	Parafínico	Anzoátegui
Anaco-Wax	41	Wax Hi-Pour Aguasay Tucupido	Parafínico	Anzoátegui Anzoátegui Anzoátegui Guárico
Leona	23	Varios Campos	Mixto	Anzoátegui y Monagas
Merey	16	Varios Campos	Nafténico	Anzoátegui
Lagomedio	33	Bloque 1, 12, Gr-75	Parafínico	Zulia
Lamar	33	Bloque 4, Lote 17	Parafínico-Asfáltico	Zulia
Ceuta	30,6	Bloque 2,3,6	Parafínico-Asfáltico	Zulia
D.Z.O	29,5	Costa Occidental	Parafínico	Zulia
Colón	39	Casiga	Parafínico	Zulia
Corredor	29,8	Corredor	Parafínico	Zulia
Boscán	10,6	Boscán / Los Claros	Nafténico	Zulia
Silvestre	23,1	Varios Campos	Asfáltico	Barinas
Pilón	12,5	Temblador, Pilón, Jobo-1 y Diluyente	Nafténico	Monagas
Carapito	18,5	Quiriquire, Tucupita Pedernales	Nafténico	Monagas
Jobo y/o Morichal	12	Jobo-II, Morichal PICV-Jobo, Cerro Negro BEP, Diluyente	Nafténico	Monagas
Tía Juana Liviano	31,5	Tía Juana Liviano	Parafínico	Zulia

Segregación	Gravedad API	Campos/crudos	Clasificación	Area
BCF-17	17	Urd. Pesado, LL- Pesado, Bach. Pesado	Nafténico	Zulia
BCF-21,9	21,9	Sur TJ-Mediano Urdaneta Mediano	Parafínico	Zulia
BCF-24	24	La Rosa Mediano	Parafínico	Zulia
Cretáceo	42	Cretáceo	Parafínico	Zulia
Bach-13	13	Tasajera	Nafténico	Zulia
TJ-102	25,8	Tía Juana-102	Nafténico	Zulia
TJM-26	25,7	Tía Juana Mediano	Parafínico	Zulia

#### 4. MERMAS POR EVAPORACIÓN

Desde el inicio de la industria petrolera, el almacenamiento se realizaba en su totalidad en tanques de techo fijo; pero cuando en estos tanques se almacenaban productos volátiles o con presiones de vapor relativamente alta se generaban inconvenientes con la evaporación. Los vapores ocupaban todo el espacio interior del tanque , y en consecuencia eran desplazados a la atmósfera, a través de las válvulas de venteo. Buscando una solución a estos inconvenientes a mediados de los años 30, se inventan los tanques de techo flotante con tope abierto, es decir, que a partir de esta fecha se comienzan a manejar los conceptos de mermas y pérdidas.

Los tanques en forma cilíndrica con techo tipo domo fijo son cilindros verticales que poseen un fondo plano con una leve inclinación hacia adentro, sostenidos por columnas y vigas de acero estructural. El techo se inclina del centro hacia fuera para permitir el desagüe del agua de lluvia. Las planchas del techo tiene un espesor menor que las demás, lo cual ofrece una reducción de costo de instalación por la construcción más liviana y en caso de producirse una explosión en el tanque, las planchas del techo presentan menos resistencia al impacto, y fallan primero, para beneficio de la estructura.

Los tanques de forma cilíndrica y techo flotante poseen un sistema de flotabilidad del techo sobre el producto, evitando considerablemente las pérdidas por evaporación. Constan de cámaras de aire, que se encuentran alrededor y dentro del techo para producir flotabilidad y estabilidad.

A comienzos de los años 50 el grupo Mene, con la Creole y la Sinclair, estableció ciertos reglamentos que controlaban las condiciones para el transporte de crudo ajeno al Terminal de Puerto La Cruz y/o al Terminal de la Sinclair en el Chaure por sistemas de oleoductos mancomunados. Estos reglamentos fueron aprobados por el Gobierno de Venezuela mediante el Oficio del MEM N° 370 del 16 de marzo de 1953. En ellos se señalaba que el petróleo ajeno no tenía participación en las pérdidas calculadas del oleoducto, pero estaba sujeto al 1% de deducción y que este porcentaje se distribuía entre los propietarios de la línea sobre la misma base que la pérdida del oleoducto.

Para aquella época las pérdidas se clasificaban en operacionales y accidentales a diferencia de las definiciones actuales que incluyen a las pérdidas dentro de las variaciones volumétricas. Las pérdidas operacionales incluían la evaporación en los Patios de Tanques y las diferencias entre las cantidades netas enviadas y recibidas; se calculaban tomando la diferencia dentro de cada grado y distribuyéndola entre los propietarios en base al envío de cada uno en el mes en que hubo la pérdida. Mediante un acuerdo sobre la operación y la contabilidad de un sistema, la distribución de las pérdidas se basaba en la combinación de bombeo y capacidad no usada de un año hasta la fecha.

En el año 1952, el American Petroleum Institute (API), en su reunión anual N° 32 promocionó el Symposium sobre Pérdidas por Evaporación con el objetivo de coordinar el conocimiento en este campo. En esta reunión las empresas participantes expusieron las posibles variaciones volumétricas en todos los tipos de tanques usados en sus operaciones, así como las acciones implementadas para reducirlas. A partir de esa conferencia, se creó el API Evaporation Loss

Comite representado por todas las divisiones de la Industria Petrolera, cuyo objetivo principal fue estudiar el conocimiento básico de las mermas por evaporación y presentar métodos para su control. [6]

A partir de la mencionada fecha, se han emitido una serie de boletines tanto para tanques de techo fijo como para tanques de techo flotante en los cuales las ecuaciones para el cálculo de las mermas por evaporación son actualizadas.

Se inició esta cadena de boletines en el año 1962 con el número 2518, señalándose las correlaciones para calcular mermas por evaporación en tanque con techo fijo. Estas son:

Mermas por respiración:

$$L_y = K_c \left[ \frac{24}{1000} \right] \left[ \frac{P}{14.7 - P} \right]^{0.68} D^{1.73} H^{0.51} T^{0.5} F_p C \quad (2)$$

Donde:

$L_y$ = mermas por respiración (Bls/año).

$K_c$ = factor por tipo de producto almacenado.

$P$ = presión de vapor a la verdadera temperatura del crudo (I<sub>pca</sub>).

$D$ = diámetro del tanque (ft).

$H$ = espacio vacío promedio (ft).

$T$ = diferencia de los promedios de temperatura ambiente: máximo y mínimo (F).

$F_p$ = factor de corrección por el color del tanque.

$C$ = factor de corrección por diámetro del tanque.

Mermas por movimiento:

$$F = \left[ \frac{2.25PV}{10000} \right] K_t \quad (3)$$

Donde:

F= mermas por movimiento (Bls/año).

P= presión de vapor a la verdadera temperatura del crudo (lpca).

V= volumen de crudo bombeado al tanque (Bls. Netos/mes).

Kt= factor de llenado que depende del número de movimientos del tanque durante el año.

Después de 1980 el Departamento de Ingeniería de Petróleo de Lagoven-Occidente realizó un estudio para la cuantificación computarizada de las Pérdidas de Crudo por Evaporación en Tanques de Almacenamiento. En este mismo año aparece el boletín 2517 y 2518 donde se resumen las correlaciones para las mermas por evaporación en tanques con techo flotante externo:

Mermas por almacenamiento:

$$L_s = \frac{K_s V^n P^* D M_v K_c}{42 W_v} \quad (4)$$

Donde:

Ls= mermas por almacenamiento.

Ks= factor de corrección por tipo de sello.

V= velocidad promedio del viento (mi/hr).

n= factor de ajuste (sello/tipo de tanque).

P\*= función de la presión de vapor verdadera.

D= diámetro del tanque.

Mv= peso molecular promedio del vapor (lb/lb mol).

Kc= factor por tipo de producto almacenado.

Wv= densidad del vapor condensado (lb/gal).

Mermas por vaciado:

$$L_w = \frac{0.943QC}{42D} \quad (5)$$

Donde:

$L_w$ = mermas por vaciado (Bls/año).

$Q$ = volumen de crudo bombeado al tanque (Bls. Netos/año).

$C$ = factor de corrección por la cantidad de líquido que queda adherido a las paredes del tanque al descender del techo durante el vaciado (Bls/1000pies<sup>2</sup>).

La constante 0,943 tiene dimensiones de (1000 pies<sup>3</sup>) (gal/Bls<sup>2</sup>).

Finalmente en 1989-1996 el Departamento de Proyectos Especiales Lagoven desarrolla e implanta el Módulo de Manejo de Crudo y Producto CENTINELA-OLEO en Lagoven Occidente-Oriente. Se toman las especificaciones de todos los cálculos y procedimientos del Actual Sistema de Manejo de Crudo G-35 y se desarrolla en ORACLE, bajo la plataforma Cliente Servidor. El tercer boletín que se publicó para el cálculo de mermas de evaporación en tanques con techo flotante interno fue en número 2519, elaborado en octubre de 1991.

Mermas por almacenamiento:

$$L_s = (F_r + F_f + F_d)P^* M_v K_c \quad (6)$$

Donde:

$L_s$ = mermas por almacenamiento (lb/año).

$F_r$ = factor de pérdidas total por sello (lb-mol/ft año).

$F_f$ = factor de pérdida total por conexiones en la plataforma (lb-mol/año).

$F_d$ = factor de pérdida por costura en la costura en la plataforma (lb-mol/año).

$P^*$ = función de la presión de vapor verdadera (adim.)



Mv= peso molecular promedio del vapor (lb/lb-mol).

Kc= factor por tipo de producto almacenado.

Mermas por vaciado:

$$L_w = \frac{0.943 Q C W_l}{D} \left[ 1 + \frac{N_c F_c}{D} \right] \quad (7)$$

Donde:

Lw= mermas por vaciado (lbs/año).

Q= volumen de petróleo neto bombeado al tanque por año (bls. Neto/año).

C= factor de adherencia del crudo en las paredes del tanque (bls/1000 p<sup>2</sup>).

Wl= densidad del líquido a la temperatura del líquido (lbs/gal).

D= diámetro del tanque (ft).

Nfc= cantidad de columnas (adim).

Fc= diámetro efectivo de la columna (ft).

0,943= constante de la ecuación (1000 pcxgals/bl<sup>2</sup>).

En ese mismo año aparece la nueva correlación para el cálculo de las mermas por evaporación en tanques de techos fijos, específicamente en el boletín número 2518 de Octubre de 1991. Las ecuaciones se pueden resumir de la siguiente manera:

Mermas por Reposo, Ls:

$$L_s (\text{lb} / \text{año}) = 365 * V_v * W_v * K_e * K_s \quad (8)$$

Donde:

Vv= volumen ocupado por el espacio vacío.

Wv= densidad del vapor.

KE= factor de expansión del espacio de vapor.

$K_S$ = factor de venteo por saturación del vapor.

Mermas por Movimiento,  $L_w$ :

$$L_w(\text{bls/año}) = 0.0010 * M_v * P_{va} * Q * K_n * K_p \quad (9)$$

Donde:

$M_v$ = peso molecular del vapor.

$P_{VA}$ = presión de vapor a la temp. de la sup. del líq.

$Q$ = volumen de crudo neto por año.

$K_N$ = factor de llenado.

$K_P$ = factor de producto.

Hasta el momento la correlación de abril de 1997 para pérdidas en Techo Flotante Externo del boletín número 2517 es la más reciente y utiliza nuevas variables que mejora la precisión de los resultados:

Mermas por almacenamiento:

$$L_s = (F_r + F_f)P^* M_v K_c \quad (10)$$

Donde:

$L_s$ = mermas por almacenamiento (lbs/año).

$F_r$ = factor de pérdida total por sello (lbs-mol/año).

$F_f$ = factor de pérdida total por conexión en plataforma (lbs-mol/año).

$P^*$ = función de la presión de vapor verdadera (adim.).

$M_v$ = peso molecular promedio del vapor (lbs/lbs-mol).

$K_c$ = factor por tipo de producto almacenado.

Mermas por vaciado:

$$L_w = \frac{0.943QCW_l}{D} \quad (11)$$

Donde:

L<sub>w</sub>= mermas por vaciado (lbs/año).

0,943= constante de la ecuación (1000 pcxgals/bl<sup>2</sup>).

Q= volumen de petróleo neto que recibe el tanque por año (bls.netos/año).

C= factor de adherencia del crudo en paredes del tanque (BlS/1000 p<sup>2</sup>).

W<sub>l</sub>= densidad del líquido a la temperatura del líquido en el tanque (lbs/gal).

D= diámetro del tanque (ft).

Los datos de los tanques que intervienen en el cálculo de las Pérdidas por Evaporación se migraron y se hicieron equivalencias de las estructuras de datos de G-35 (Mark IV) a las nuevas estructuras de datos CENTINELA (Oracle).

En 1999, INTESA implanta en PDVSA el Módulo de Manejo de Crudo y Producto, CENTINELA-OLEO. Los procedimientos de cálculo de Mermas por Evaporación se suspenden debido a que:

- Los datos no están actualizados debido a las nuevas calibraciones realizadas a los tanques.
- Solamente existen los datos de los tanques migrados en el año 1996 para los tanques ex-Lagoven Occidente.
- Existían nuevas correlaciones matemáticas para la determinación de las Pérdidas por Evaporación no incluidas en el sistema.

#### 4.1. TIPOS DE MERMAS POR EVAPORACIÓN [6]

En patios de tanques existen seis tipos posibles de mermas durante el almacenamiento en los tanques (por llenado, por respiración, por reposo, por ebullición, por vaciado y por remojo).

Las MERMAS POR MOVIMIENTO pertenecen a la evaporación del líquido en los tanques como resultados de las operaciones de llenado, vaciado, ebullición o remojo:

- Las mermas por llenado son los vapores que se salen del tanque cuando se llena. Ocurren cuando la presión interna del tanque excede la presión de alivio. Este tipo de pérdida ocurre en todos los tipos de tanques con excepción de los presurizados y los de techo flotante. En los de techo fijo las pérdidas son voluminosas, ya que la presión de alivio es baja.
- Las mermas por ebullición son los vapores perdidos por la ebullición de un líquido. Se presentan principalmente en los tanques de techo fijo.
- Las mermas por remojo consisten en la vaporización del líquido cuando se escurre por las paredes; este líquido queda expuesto a la atmósfera cuando se vacía un tanque de techo flotante. El volumen de esta pérdida es pequeña.

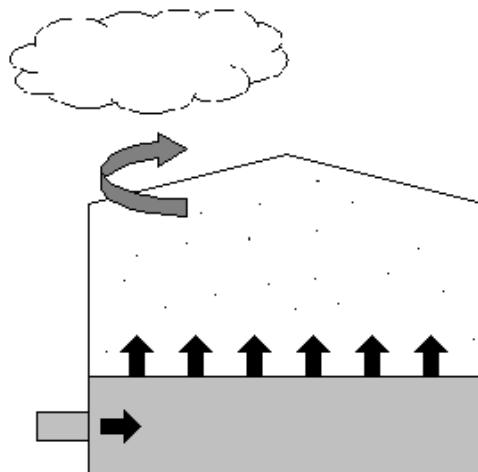


Fig. 4: Mermas por movimiento.

Las MERMAS POR RESPIRACIÓN ocurren cuando se sobrepasan los límites de presión en el espacio del vapor debido a los ciclos diarios de temperatura. En los tanques de techo fijo se producen grandes pérdidas por respiración, mientras que en los de techo flotante están prácticamente eliminadas.

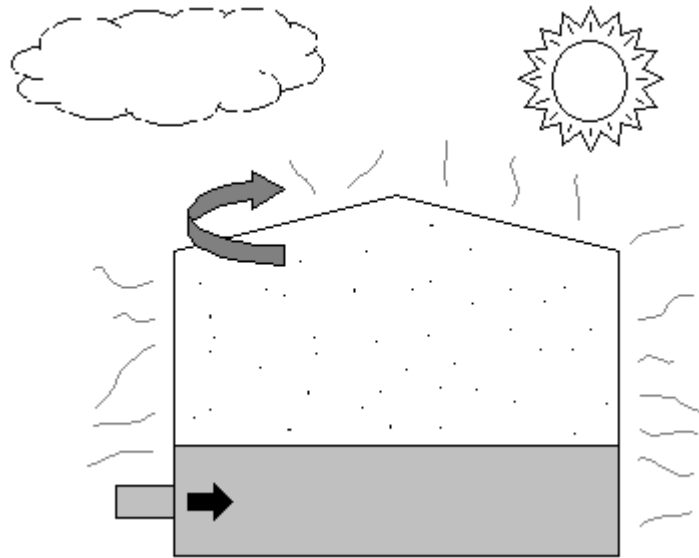


Fig. 5: Mermas por respiración.

Las MERMAS POR ALMACENAMIENTO O REPOSO ocurren principalmente en los tanques de techo flotante por desajustes en el techo, el sello y el cuerpo del tanque, y son independientes de los cambios de nivel del líquido almacenado. Entre los factores que afectan el volumen de este tipo de pérdida están: el tipo de construcción del tanque (soldado o remachado), el tipo de sello, la presión Reid y la velocidad del viento. Los vapores perdidos en las escotillas, cuellos, válvulas y cualquier tipo de abertura o accesorio también se pueden incluir en este tipo de pérdida.

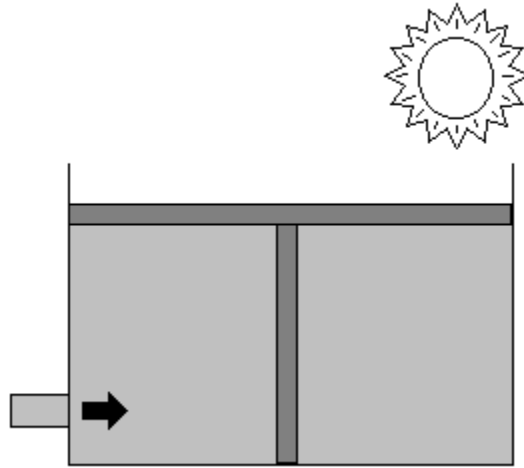


Fig. 6: Mermas por reposo.

Las MERMAS POR VACIADO se observan en todos los tipos de tanques menos en los techo flotante y en los presurizados. Durante el vaciado, el espacio desocupado por el líquido se llena con aire de la atmósfera. Durante el equilibrio líquido-vapor se produce un aumento en el volumen total de gas con respecto al espacio vacío, lo que implica una expulsión de gas a la atmósfera.

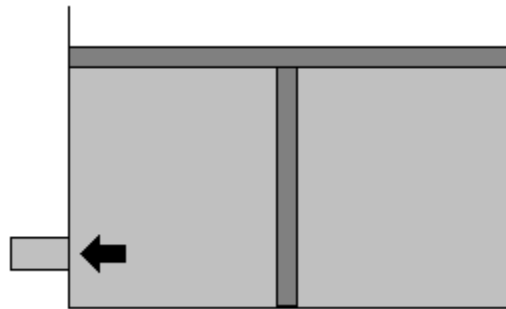


Fig. 7: Mermas por vaciado.

#### 4.2. ANÁLISIS DE LAS ECUACIONES DE MERMAS POR EVAPORACIÓN [3]

Cuando se comparan las correlaciones viejas con las nuevas podemos observar la existencia de nuevos parámetros que mejoran los cálculos. Por ejemplo, para

tanques techo fijo los parámetros y características que se incluyen en las nuevas ecuaciones son:

Parámetros:

- Presión de asentamiento de válvula de venteo.
- Vacío de asentamiento de la válvula de venteo.

Características:

- Color del techo.
- Color de las paredes del tanque.
- Tipo de construcción: subclase tipo techo (cónico, domo).
- Incidencia de las radiaciones solares.
- Presión atmosférica.

Para tanques de techo flotante externo las nuevas características y parámetros son:

Parámetros:

- Cantidad de escotilla de acceso.
- Cantidad de aforadores flotantes.
- Cantidad de puntos de muestreo.
- Cantidad de rompedores de vacío.
- Cantidad de drenaje de la plataforma.
- Cantidad de respiraderos del espacio anular.
- Cantidad de postes guías.

Características:

- Subtipo de techo flotante.
- Tipo de construcción.
- Color de las paredes del tanque.
- Tipo de sello.

- Velocidad del viento.
- Presión atmosférica.

Finalmente para tanques con techo fijo flotante interno los nuevos parámetros y características introducidas son:

Parámetros:

- Cantidad de escotilla de acceso.
- Cantidad de aforadores flotantes.
- Cantidad de columnas de soporte.
- Cantidad de puntos de muestreo.
- Cantidad de rompedores de vacío.
- Cantidad de drenaje de la plataforma.
- Cantidad de patas de la plataforma.
- Cantidad de escaleras verticales.
- Cantidad de columnas de soporte de techo fijo.
- Diámetro efectivo de la columna de soporte.
- Longitud de la costura de la plataforma.

Características:

- Sub-tipo de techo.
- Tipo de construcción.
- Color de las paredes del tanque.
- Tipo de sello.
- Velocidad del viento.

La metodología requerida para el cálculo de las antiguas ecuaciones implicaba la tediosa lectura de nomogramas, gráficos y tablas para obtener varios parámetros en cada tanque. En particular:



- La presión de vapor Reid del crudo debería ser convertida a una presión de vapor real usando nomogramas.
- El peso molecular del vapor debería ser leída de tablas, como una función del tipo de crudo estudiado.
- El factor de llenado y el factor de adherencia del crudo en las paredes del tanque de techo fijo debía obtenerse de un gráfico.

Con la finalidad de eliminar esta fuente de error y hacer posible el cálculo de las mermas por evaporación mediante el uso de la computadora, los nomogramas, gráficos y tablas fueron convertidos en ecuaciones analíticas usando técnicas de regresión lineal.

Presión de vapor (TVP):

$$TVP = \exp\left(A + BR + CR^2 + DR^3 - \frac{E + FR + GR^2 + HR^3}{T + 460}\right) \quad (12)$$

Donde:

A= 12.663

B= -0.29509

C= 0.0065331

D=  $2.1423 \times 10^4$

E= 7183.7

F= -466.8

G= 24.044

H= -0.45501

R= presión de vapor Reid

T= temperatura del crudo

Peso Molecular del vapor:

$$M_w = A + BR + CR^2 + DR^3$$

Donde:

$$A= 72.833$$

$$B= -1.3183$$

$$C= 0.15079$$

$$D= -0.0087302$$

$$R= \text{presión de vapor Reid}$$

Factor de Adherencia del crudo en las paredes:

$$C = A + BD + ED^2 + FD^3 \quad (13)$$

Donde:

$$A= -0.082626$$

$$B= 0.073631$$

$$E= -0.0013099$$

$$F= 1.9891 \times 10^{-6}$$

$$D= \text{diámetro del tanque}$$

Factor de llenado:

$$Kn = \frac{(180 + N)}{6N} \quad (14)$$

$$N= \text{llenadas del tanque por unidad de tiempo.}$$

Todas estas ecuaciones proporcionan además una mejor calidad de los resultados, además que permite la automatización del proceso de medición de mermas por evaporación, así como también la eliminación de los errores por incertidumbre causada en operaciones manuales.

## 5. MERMAS POR CONTRACCION VOLUMÉTRICA [3]

Uno de los procedimientos más usados en la Industria Petrolera es la mezcla de Hidrocarburos Livianos con Petróleo crudo con la finalidad de levantamiento, deshidratación y transporte. Estas mezclas resultan en volumen “pérdidas” causadas por el comportamiento no ideal de contracción producido por la inserción de las moléculas más pequeñas pertenecientes a los hidrocarburos livianos dentro de los espacios vacíos de las moléculas del hidrocarburo pesado.

En 1962 Rossini investigó el fenómeno de Contracción Volumétrica motivado por la aparente pérdida en el transporte de crudo; su trabajo formó parte de la base de datos conocido como API 2509C con datos de ocho (8) empresas petroleras de la época. Esta ecuación funciona en condiciones de concentración de volumen de hidrocarburo liviano entre 21 y 50% cerca de 60 F y 100 psig.

$$SI = 0.00214 * C^{-0.0704} * G^{1.76} \quad (15)$$

Donde:

SI= Factor de contracción, como porcentaje del volumen de diluyente.

C= Concentración del diluyente, como porcentaje del volumen total de la mezcla.

G= Diferencia de gravedad, en grados API.

Posteriormente, en el mismo año Scott indicó que los valores de concentración calculados por la ecuación (15) podrían ser significativamente erróneos en concentraciones sobre el 30%, también notó que la ecuación poseía un máximo en 50% y luego, la misma tenía un comportamiento asintótico hacia cero en 0% y 100%. Scott desarrolló una ecuación con datos de concentración volumétrica de 90% de hidrocarburo liviano que contenía un máximo cerca del 50% y luego tendía a 0 para 100% de concentración.

$$S = K_1 * K_2 \quad (16)$$

Donde:

$K_1 =$  Factor de gravedad

$$K_1 = 0,00147 G + 0,000933 G^2 + 0,000000317 G^3$$

$K_2 =$  Factor de Concentración.

$$K_2 = 0,00712 C + 0,0000227 C^2 + 0,000000485 C^3$$

En 1980, con los notables incrementos en el movimiento de crudos con la utilización de un proceso de mezclado con hidrocarburos livianos, se hizo necesario revisar la ecuación (15). En principio se pensó en organizar un grupo para tomar medidas experimentales y aumentar la base de datos de cuatro estudios experimentales ya realizados cubriendo de esta manera un rango de 0 a 100% de concentración del producto liviano en la mezcla.

En 1983 Robinson dio detalles sobre un acercamiento teórico basándose en la ecuación de estado de COSTALD que permitía calcular la densidad de un compuesto puro o de una mezcla a cualquier temperatura y presión, pero este avance fue perdido porque los parámetros (temperatura crítica, presión crítica, factor acéntrico, características de volumen y peso molecular) fueron correlacionados como función de la densidad en 15 °C; también Booker determinó que la aproximación de Robinson no era tan Buena como API 2509C (ecuación 15).**[13]**

En 1991 S.J. Ashcroft, D.R. Booker y J.C.R. Turner proponen una ecuación para calcular la Contracción Volumétrica cuyos resultados cubrían dos temperaturas 15 °C y 25 °C y todo el rango de concentraciones, ésta fue desarrollada para describir la inyección de hidrocarburos livianos parafinados con crudo pesado. **[14]**

$$S = 2.940 * 10^{-6} (100 - C)^{0.892} * G^{2.43} \quad (17)$$

Donde:

S= Factor de Contracción, como porcentaje de volumen inyectado.

C= Contracción de Inyección.

G= Diferencia de grados API.

El crudo inyectado es el de menor grado API.

Ashcroft, Booker y Turner analizaron también la base de datos publicada en 1955 por Childress y Groove determinando una diferencia con los datos de la ecuación (15) en concentraciones sobre el 21% de hidrocarburos livianos, esta diferencia entre la medida del factor de reducción y el valor calculado por la ecuación (15) representado por 0.4.

Aunque la influencia de la presión sobre la contracción volumétrica no ha sido determinada en el trabajo de Childress y Groove, es posible calcularla en un rango de 0 a 100 psig según la ecuación:

$$S_p = S_{100} [1 + 0.000210(100 - P)] \quad (18)$$

Donde:

$S_{100}$  = Factor de Contracción en 100 psig de la Ecuación (15)

$S_p$  = Factor de Contracción en la presión P (psig).

La ecuación de API 2509C fue modificada en el año 1996, usando los datos de contracción volumétrica de Childress, Scott, Schuchardt y Booker. **[4]**

$$S = 4.86 * 10^{-8} C(100 - C)^{0.892} G^{2.28} \quad (19)$$

Esta Ecuación maneja la base de datos representada en la Tabla 1, lo que implica que ésta funciona en concentraciones de hidrocarburo liviano entre 0 y 100%, en rangos de gravedad API de 88,2 a 13,0 en el componente pesado y entre 112,0 y 27,6 API para el componente liviano, bajo condiciones de presión absoluta entre 15-155 lppca, en temperaturas cercanas a 15 °C o 60 °F.

En el caso de usar el SI de Unidades tenemos:

$$S = 2.69 * 10^4 C(100 - C)^{0.819} \left( \frac{1}{dL} - \frac{1}{dH} \right)^{2.28} \quad (20)$$

Donde:

S= Contracción Volumétrica, como porcentaje de la mezcla de volumen inicial total.

C= Concentración en porcentaje de volumen del componente liviano.

$(1/dL - 1/dH)$  = Inverso de la diferencia del componente liviano y pesado en  $m^3/Kg$ .

Cabe destacar, que en casi la totalidad de las mezclas de hidrocarburos livianos con pesados se observa contracción volumétrica exceptuando los casos donde se utiliza diluentes como aromáticos, nafténicos y parafínicos con alto punto de ebullición.

La explicación de la contracción volumétrica que ocurre en los parafínicos se debe a que los hidrocarburos pesados poseen moléculas que originan espacios vacíos que pueden ser ocupados por las moléculas de parafina. Los hidrocarburos parafínicos poseen cadenas de alcanos de diferentes tamaños que se pueden acomodar de diferentes formas pues su estructura permite movilidad, logrando de esta manera la introducción de las mismas dentro de estos espacios vacíos del crudo pesado, perdiendo por consiguiente una parte del volumen mezclado.

En el caso de utilizar diluentes parafínicos con alto punto de ebullición las fuerzas de Van der Waals no permiten la separación de estas moléculas para ser introducidas dentro del crudo pesado, es por ello que en estos casos la no idealidad volumétrica de la mezcla se refleja en una expansión, este mismo caso

de expansión se observa en los Nafténicos y en los Aromáticos que están conformados por hidrocarburos cíclicos que no poseen movilidad de estructura y que además son más grandes en tamaño por lo tanto no pueden ocupar los espacios vacíos del crudo pesado. Por otra parte los hidrocarburos que poseen grupos funcionales polares al mezclarse con hidrocarburos apolares producen repulsión con respecto a las interacciones moleculares que trae como consecuencia una expansión en el volumen final.

Tabla 2: Rangos de gravedades de los fluidos utilizados en la medición de las contracciones para construir la nueva correlación.

Fuentes de la Base de Datos	Componentes Pesados Gravedad API (60 °F; 14,7 lpc)	Componentes Livianos Gravedad API (60 °F; 14,7 lpc)	Cantidad de Pruebas Experimentales
Childress	88,2 - 19,6	112,0 - 39,7	268
Scott	61,0 - 34,1	110,0 - 58,9	42
Schuchardt	63,1 - 13,0	66,4 - 27,6	307
Booker	38,3 - 23,1	93,1 - 54,4	198

## 5.1. SISTEMAS DE MEZCLADO

Esta investigación pretende mostrar el esquema de cálculo del porcentaje de merma por mezclado que se realiza en PDVSA en el área de producción, es por ello que se restringe a describir los procesos de transporte y mezclado de hidrocarburos en este nivel. Se tomará una atención especial a los sistemas de recolección de : Urdaneta Pesado (UP) en Occidente y el proceso de mezclado que ocurre en Patio de Tanques Oficina (PTO) en el caso de Oriente, ya que estos sistemas son representativos para el caso de la variable que se desea cuantificar.

Las mermas por contracción volumétrica en la Unidad de Negocios Explotación, Producción y Mejoramiento (EPM) se realizan a nivel de pozo, de estación de flujo y en los Patios de Tanques.

Para el área de Occidente se definieron 3 sistemas de movimiento de crudo:

1. **Bachaquero – Lagunillas Sur – H-7 – Puerto Miranda:** este sistema que se encuentra ubicado en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo está conformado por los Patios de Tanques Bachaquero, Lagunillas Sur, H-7 (Cabimas), Altagracia y el Terminal de Embarque Puerto Miranda. Desde esta última instalación también se bombea crudo al Centro de Refinación de Paraguaná. El sistema consta de dos oleoductos, los cuales transportan la producción de los diferentes Patios involucrados en el Sistema.

1.1. Patio de Tanque Bachaquero: este patio recibe las unidades de producción del Lago las segregaciones operacionales Lagocinco y lagotreco y de las unidades de producción de tierra, las segregaciones de Menemota y Bachaquero. La segregación Menemota está conformada por la mezcla de la producción Barúa, Motatán más la producción de Mene Grande (Convenio).

El Patio posee 10 tanques de techo flotante con una capacidad nominal de 2.156.365 barriles y 9 tanques de techo fijo con una capacidad de 848.410 barriles, para un total de 19 tanques con una capacidad nominal total de 3.004.775 barriles.

1.2. Patio de Tanque Lagunillas Sur: en este patio se recibe de las unidades de producción tierra la segregación Laguna de 10,9 API y Lagunillas de 13,3 API.

El Patio consta de 9 tanques de techo fijo y 1 tanque de techo flotante. La capacidad nominal total para los 10 tanques es de 750.602 barriles.

1.3. Patio de Tanque H-7 (Cabimas): este patio está ubicado al este de la ciudad de Cabimas y recibe las segregaciones Tía Juana Pesado Tierra (TJPT) y Cabimas.

El Patio de Tanque posee 7 tanques techo flotante con una capacidad nominal de 878.205 barriles y 2 tanques techo fijo con una capacidad nominal de 179.252 barriles. La capacidad nominal total para los tanques es de 1.057.457 barriles.



- 1.4. Patio de Tanque Altagracia: este patio funciona como un área de almacenamiento del Terminal Puerto Miranda. En él se manejan crudos livianos y pesados.  
Este patio posee 6 tanques de techo flotante externo con una capacidad nominal de 1.002.801 barriles.
- 1.5. Terminal Puerto Miranda: ubicado a la salida del Lago de Maracaibo; recibe producción de los patios de tanque del sistema Bachaquero-Lagunillas-H-7-Punta de Palma-Bajo Grande-Palmarejo de Mara. Este recibe 10 segregaciones operacionales y se preparan 28 mezclas comerciales.  
El terminal posee 30 tanques de almacenamiento techo flotante con una capacidad nominal de 4.140.379 barriles.
  
2. **Lagunillas Norte – Ulé – La Salina**: este sistema está conformado por los patios de Tanque Lagunilla Norte, Tasajeras, Taparito, Ulé, Punta Gorda y el Terminal de Embarque La Salina.
  - 2.1. Patio de Tanque Lagunillas Norte: este recibe las segregaciones de Lagunillas Lago, Bachaquero lago (BH) y Sur Mediano Sur.  
El patio consta de 20 tanques techo fijo con una capacidad nominal de 1.622.000 barriles.
  - 2.2. Patio de Tanque Tasajera: este se considera como un área de almacenamiento auxiliar actualmente inactivo.  
Consta de un tanque techo flotante de una capacidad nominal 55.000 barriles y 7 tanques de techo fijo con una capacidad nominal de 385.000 barriles.
  - 2.3. Patio de Tanque Taparito: este recibe la producción del condensado natural. Consta de 3 tanques, de los cuales 2 son de techo fijo con una capacidad nominal 110.000 barriles y un tanque techo flotante interno de 55.000 barriles. La capacidad nominal es 165.000 barriles.

2.4. Patio de Tanque Ulé: este patio recibe del Lago la segregación Urdaneta Pesado, Urdaneta Mediano (Convenio), Tía Juana Liviano y Tía Juana Mediano. Desde el patio de tanque Taparito se recibe la segregación condensado natural y la Sur Mediano Sur desde el Patio de Tanque de Lagunillas Norte.

El patio consta de 17 tanques: 13 techo flotante con una capacidad nominal de 1.880.000 barriles y 6 tanques de techo fijo con una capacidad de 550.000 barriles.

2.5. Patio de Tanque de Punta Gorda: recibe únicamente la producción de la segregación Rosa Mediano. El crudo en especificaciones es bombeado a La Salina.

El patio consta de 5 tanques de techo fijo de capacidad nominal 395.000 barriles y un techo flotante con una capacidad de 80.000 barriles. Adicionalmente, existen 3 tanques techo flotante para el almacenamiento de la gasoline natural.

2.6. Terminal La Salina: recibe los crudos provenientes de los patios Lagunillas Norte, Ulé y Punta Gorda. El terminal maneja 5 segregaciones oficiales y 4 comerciales. Las oficiales son las siguientes: Tía Juana Liviano, Rosa Mediano, Sur TJ Mediano, Lagunillas Lago y Bachaquero Pesado (BH). Las segregaciones comerciales son las siguientes: Rosa Mediano BCF-17, BCF-22 y BCF-4.

Este consta de 14 tanques techo fijo con una capacidad nominal de 1.108.000 barriles y 12 tanques techo flotante con 2.508.000 barriles.

### 3. **Punta de Palma – Bajo Grande – Palmarejo de Mara – Puerto Miranda:**

3.1. Patio de Tanque de Punta Palma: en este patio llegan las segregaciones Lagomedio, Lagomar y de DZO-Colon (Convenio).

El patio consta de 17 tanques techo flotante externos con una capacidad nominal 3.200.144 barriles.

- 3.2. Terminal Bajo Grande: este terminal maneja únicamente la segregación Boscán. Posee 10 tanques fijos con una capacidad nominal de 1.788.494 barriles y 3 Lagunas (Pit's) con una capacidad total de 6.250.000 barriles.
- 3.3. Patio de Tanques Palmarejo de Mara: este Patio recibe las segregaciones PACON-MARA constituido por 4 corrientes: Mara liviano, Mara Pesado, La Paz y La Concepción (Convenio).  
Consta de 2 tanques techo flotante interno con domo con una capacidad nominal 168.672 barriles y 12 tanques de techo fijo con una capacidad nominal de 1.282.851 barriles.

Area Oriente:

1. **Sistema Estación Principal Temblador 1 – Terminal de Embarque Caripito.**
  - 1.1. Estación Principal Temblador 1: recibe y despacha del crudo producido en el Sur de Monagas las corrientes de los campos Morichal, Jobo, Pilón y Temblador.  
El Patio de Tanque consta de 5 tanques techo fijo (Cap. Nom.= 4000 barriles).
  - 1.2. Terminal de Embarque de Caripito: maneja 4 segregaciones Quiriquire, Jusepin Mediano, Pedernales y Pilón.  
Posee un tanque techo flotante (cn= 96.000 barriles) y 16 tanques techo fijo (cn= 1.766.000 barriles).
2. **Sistema Patio de Tanques JUS-2. Patio de Tanques Travieso-PLC/Jose.**
  - 2.1. Patio de Tanques JUS-2: en este patio ocurre la producción de Orocuál (Condensado, Liviano y Pesado) el cual se mezcla en línea con la

producción de Boquerón (Convenio) formándose la segregación conocida como Lagoven Liviano que se mezcla con la producción del Furrial.

Consta de 8 tanques de almacenamiento con (cn= 1.010.000 barriles), 6 tanques techo flotante de los cuales hay dos internos con domo (cn= 900.000 barriles) y 2 tanques techo fijo (cn=110.000 barriles).

- 2.2. Patio de Tanque Travieso: este Patio ubicado al Norte de Monagas maneja 3 segregaciones: Furrial, santa Bárbara y Mesa30.

Este patio posee 10 tanques de techo flotante y 2 fijos. La capacidad nominal total es de 1.845.000 barriles.

### 3. **Sistema Patio de Tanques Oficina (PTO) – PLC/Jose.**

- 3.1. Patio de tanques Oficina: está ubicado cerca del Tigre; el patio maneja 2 segregaciones denominadas Leona y Merey. La segregación Leona está constituida por las corrientes de crudo de Oficina, Guara, Dación (Convenio), Oritupano Mediano y los crudos que transportan las líneas Sur Aragua (Budare, Elías), Chimire, entre otros. La segregación Merey está constituida por las corrientes de crudo de Oritupano Pesado (PDVSA+Convenio), Bare-Arecuna, Melones y las areas tradicionales de crudo pesado.

El patio consta de 4 tanques de techo fijo y 3 tanques de techo flotante externo. La capacidad nominal total es de 677.000 barriles.

- 3.2. Patio de Tanques de Anaco: está ubicado en la ciudad del mismo nombre, comprende parte de los Estados Guárico y Monagas, cuenta con los yacimientos petrolíferos de petróleo crudos livianos, medianos y condensados, así como también con grandes volúmenes de gas natural. Actualmente operan diecisiete (17) estaciones de descarga de las unidades de Explotación Gas-Condensado y Liviano-Mediano y los campos de los convenios: Sanvi-Guere, Guárico-Oriental, Guárico-Occidental, Quiamare-La Ceiba, Acema, Petrolera Mata, Kaki y Maulpa

de la empresa Inemaca, Onado y la Open conocida también como Casma-Anaco. El sitio de convergencia de los crudos producidos en el Distrito es el Patio de tanques Anaco. Este patio posee una capacidad de almacenamiento de 980.000 barriles y operacional de 848.000 barriles. Reciben las segregaciones de condensados, parafinoso, Leona y mesa Anaco de las áreas que bombean directamente al terminal de Puerto La Cruz.

- 3.3. Terminal de embarque Jose: este terminal tiene 4 tanques techo flotantes para la segregación Mesa30 (cn= 2.000.000 barriles) y un tanque techo flotante para la segregación Merey (cn= 400.000 barriles).
- 3.4. Terminal de Embarque Guaraguao: posee 38 tanques techo flotantes y 4 techo fijo que manejan la segregación del norte de Monagas, el área de Oficina y Anaco. Tiene una capacidad de 6.983.132 barriles.
- 3.5. Terminal de Embarque de Chaure: posee 3 tanques techo flotante con una capacidad 383.346 barriles y 4 tanques techo fijo con una capacidad de 545.000 barriles.

#### Area Sur:

Este se inicia en los campos Victoria y Guafita ubicado en el estado Apure, que son bombeados hacia Barinas, donde se mezclan en una sola línea a la altura de Matalarga.

1. **Patio de tanque Silvestre (Barinas)**: mezcla la producción de los campos de Apure y Barinas y consta de 4 tanques techo flotante (cn= 600.000 barriles). Esta producción es bombeada a la Refinería el Palito.
2. **Terminal el Palito**: el terminal tiene asignado 5 tanques techo flotante para el area del Sur (cn= 1.410.000 barriles).

## SISTEMA DE MEZCLA

### Area Occidente:

1. **Sistema de mezcla Menemota:** está conformada por los crudos Barúa y Motatán de 18,7 API y la producción de Mene Grande 18,2 API. Puede verse como segregación comercial o como componente de diferentes mezclas tales como: Menemota -17, Menemota-3, Menemota-4, Menemota-20 y Menemota Reformulado.
2. **Sistema de mezcla Lagunita:** se conforma de 2 crudos: Laguna (11,3 API) y Lagunilla (13,3 API).
3. **Sistema de mezcla Urdaneta Pesado [9]:** en Occidente este Sistema es el más representativo de la variable de estudio, ya que los otros crudos pesados que se producen en la zona no reflejan el proceso físico-químico de contracción volumétrica en un grado significativo. Las segregaciones de Tierra Este: Cabimas, Tía Juana Mediano, Bachaquero, Lagunillas, Laguna, Tía Juana Pesado, son transportados con la utilización de Procesos Térmicos a través de líneas calientes. Las segregaciones Bachaquero Lago, Cond-Bachaquero Lago, Tierra Oeste-Mara P no utilizan mezclas para su transporte.

El proceso de producción, transporte y tratamiento de crudo UP se realiza de la siguiente forma: el crudo que sale de los pozos con una gravedad de 12 API y una viscosidad de 10.000 centistokes a 100 F, está evidentemente en condiciones que dificultan el transporte y el proceso de separación, es por ello que se hace necesario disminuir la viscosidad del crudo hasta 320 centistokes a 100 F, aumentando su gravedad hasta un mínimo de 17 API, esta transformación se realiza al añadir al líquido (petróleo + agua) y gas asociado que sale de los pozos productores y llegan a la estación de flujo,

diluyente proveniente del patio de tanques de Ulé en el cabezal de producción bifásico, toda la mezcla diluida llega a los separadores donde se desprende el gas que va a un depurador y luego es enviado por las tuberías de recolección a las plantas de compresión UD-1.

La parte líquida que sale del separador va a los tanques de almacenamiento de la estación y posteriormente es enviado al patio de tanques de Ulé a través del Sistema de bombeo de crudo.

La segregación UP está conformada por seis (6) estaciones de flujo y tres (3) múltiples de bombeos con aproximadamente 343 pozos: El crudo es transportado a través de dos tuberías de transferencia de 24" desde la estación de flujo, a temperatura ambiente (90 F), y con un aproximado de 20% de Agua y Sedimentos.

El envío de diluyente desde Ulé dispone de cuatro (4) bombas, un tanque de almacenamiento con una capacidad bombeable de 124 MBIs y una línea de 12" de diámetro. El diluyente que sale del patio de tanques está conformado por las segregaciones: Tía Juana Liviano, Gasolina Natural y Condensado Natural, llega a la estación EF-UD-02 donde se mezcla con la producción de esta estación (crudo Ambrosio), esta mezcla luego se une con la producción de EF-UD-03, en esta estación se distribuye a las demás estaciones del sistema.

El proceso de deshidratación del UP, en el cual el crudo ya ha sido previamente tratado con productos desmulsificantes de NALCON-EXXON EC-2353-A en las estaciones de flujo con una dosificación promedio de 100 ppm, es llevado a los tanques de lavado ubicados en el patio de tanques de Ulé. El crudo recibido es ramificado en porciones iguales hacia dos corrientes a dos trenes de intercambio de calor, donde es precalentado

hasta 110 F utilizando el calor proveniente de las corrientes calientes de crudo deshidratado que viene del tanque de compensación.

El crudo calentado a la salida de cada tren de intercambio de calor es calentado hasta 150 F con la inyección de agua (aproximadamente 80 MBPD a 195-200 F), para posteriormente ser deshidratado en los tanques de lavado mediante una separación gravitacional, hasta alcanzar una especificación del 1% de Agua y Sedimentos (AyS) a la salida de dichos tanques. El agua separada luego es utilizada para el calentamiento de crudo que entra a los tanques de lavado y el resto se drena al sistema de clarificación del patio.

El crudo en especificaciones es enviado al tanque de compensación desde donde es bombeado a los tanques de almacenamiento pasando previamente por los trenes de intercambio de calor, con la finalidad de precalentar el crudo UP sin deshidratar al que entra al patio de tanques de Ulé.

Una vez que se tiene el crudo almacenado se deja reposar por 4 horas, y se toma el perfil del tanque, para luego realizar la fiscalización y verificar la cantidad final. Finalmente el crudo es enviado al Centro de Refinación de Paraguaná (CRP) para su procesamiento.

4. **Sistema de mezcla CPG** (Crudo de Depósito General): es una mezcla para formar una segregación comercial de 22 API donde se unen crudo Sur Tía Juana Mediano, Crudo Urdaneta Pesado, Crudo Tía Juana Liviano.
5. **Sistema BCF-17** (Campo Costanero Bolívar): es una segregación comercial de un rango de gravedad entre 16,8 a 17,5 API. Es producto de la mezcla de Crudo Lagunillas Lago de 16,1 API, Crudo Bachaquero Pesado de 14,4 API y Crudo Urdaneta Mediano de 26,3 API.



6. **Sistema de Mezcla BCF-22 y BCF-24:** la gravedad del BCF-22 está entre 21,9 y 22,5 API y para el BCF-24 entre 23,5 y 24,0 API. El BCF-22 está compuesto por: Lagunillas Lago, Rosa Mediano, Urdaneta Mediano y Bachaquero Pesado.
7. **Sistema de mezcla DZO-Colón (convenio):** está conformada por las corrientes de crudo del Campo Colón de 30 API y los provenientes de DZO y García de 20,9 API. Ambas corrientes se mezclan en Líneas y se reciben en el Terminal de Punta de Palmas.
8. **Sistemas de mezcla Punta de Palmas:** aquí se preparan dos mezclas comerciales denominadas Lagotreco-B de 28,5 API y Maralago de 22 API. Lagotreco-B está conformada por las segregaciones DZO-Colón y Lagomedio; mientras que Maralago está conformada por las segregaciones Lagomedio y Boscán. Ambas mezclas son despachadas a través de la multiboya para exportación o cabotaje.
9. **Sistema de mezcla en PDT Palmarejo:** en este patio se maneja la segregación operacional PACON-MARA. Esta segregación está conformada por 4 corrientes de crudo: Mara Pesado, Mara Liviano, La Paz y La Concepción. Las corrientes del Campo Mara se mezclan en línea para producir la segregación Mara de 16 API; la producción de la Concepción y la Paz se mezclan para producir la segregación PACON de 33 API. La mezcla de ambas segregaciones es conocida como PACON-MARA de 26,5 API.

#### Area Oriente:

1. **Sistema de mezcla EPT-1:** aquí se mezclan todos los crudos provenientes de las áreas tradicionales del sur de Monagas representadas por los

crudos Temblador, Morichal, Jobo y Pílon y el convenio Monagas Sur (Uracoa, Bombal, Tucupita). La producción de estos crudos requiere de la inyección de diluyente Oritupano a nivel de los pozos.

2. **Sistema de mezcla JUS-2:** las segregaciones que se almacenan en los tanques son: Liviano Lagoven, Furrial y Jusepin Mediano. La segregación Liviano Lagoven contiene las corrientes Orocuál y Boquerón, éstas se mezclan en línea con la corriente Furrial.
3. **Sistema de mezcla PDT-Travieso:** en éste convergen las segregaciones Mesa 30 (la cual está conformada por las segregaciones Muri, Musipan, Caripito y Coa), Furrial y Santa Bárbara, mezclada con la corriente Jusepin Mediano.
4. **Sistema de Mezcla PTO:** Sistema de Diluyente del Distrito San Tomé. En él se mezclan hidrocarburos pesados y extra pesados para obtener mezclas diluidas que se puedan transportar. El diluyente se distribuye por un conjunto de oleoductos laterales que rebomban crudo diluyente (entre 21 y 40 API) desde las diferentes Unidades de Explotación y Convenios Operacionales pertenecientes al Distrito San Tomé hacia las Unidades de Explotación Pesado Oeste, Este y Extra-pesado, cuyas gravedades API oscilan entre 9 y 12 a nivel de yacimiento.

La inyección de diluyente se realiza directamente en el pozo, con el propósito de poder extraer el crudo de la formación disminuyendo su viscosidad. El resultado de esta mezcla es un crudo diluido que se vende comercialmente; en el caso del Pesado Oeste y Extra-pesado como Merey - 16 API, y en el caso de Pesado Este como Pílon – 13 API.

El sistema de diluyente proviene básicamente de 2 Unidades de Explotación (Liviano y Mediano) y de tres Convenios Operacionales (CNPC, LASMO y

PEREZ COMPANC). Eventualmente y cuando se amerita crudo adicional se trae desde el Distrito Anaco y/o Pta de Mata. Está compuesto básicamente de cuatro sub-sistemas compuesto por 5 laterales principales:

- a) Leona-Dación
- b) Nipa-Guara
- c) Oficina
- d) Sur de Aragua

Donde se descarga el crudo hacia tres Rebombes:

- a) Melones (5BB)
- b) COB (3BB Centrífugas)
- c) Oritupano

El crudo fluye hacia donde existe menos restricción de presiones. Una característica fundamental del sistema de diluyente es que reacciona automáticamente ante cambios bruscos en las presiones auto-regulándose a través de válvulas Fisher estratégicamente instaladas. Estas válvulas evitan sobrepresiones y mantienen uniforme la entrega de crudo hacia los diferentes rebombes, garantizando con ello la continuidad operacional de las Unidades de producción de crudo Pesado y Extra-pesado.

5. **Sistema de Mezcla PTA:** recibe dos segregaciones Parafinoso WAX (formado por una mezcla de condensados de los campos Kaki, Maulpa, El Toco, la Ceiba, Mata R, Quiamare) y segregación Mesa, formada por los crudos medianos y livianos de las areas tradicionales y convenios.

Area Sur:

1. **Sistema de Mezcla PDT Silvestre:** Convergen las corrientes de crudo provenientes de los campos de Apure y Barinas: la producción de Apure está conformada por los crudos de los campos Victoria y Guafita, los cuales se mezclan en línea para obtener la segregación Guafita de 30,1 API. Esta segregación al llegar al PDT Silvestre es mezclada con la segregación Barinas de 25,2 API. La mezcla resultante recibe el nombre de segregación Guafita-Blend.

## 5.2. MEZCLAS DE CRUDOS EN EL CAMPO DE PRODUCCION

Una segregación es una mezcla de compuestos miscibles que por lo general mantienen una composición homogénea. Sin embargo cabe destacar que en los hidrocarburos esta definición no es tan cierta, ya que existen casos cuando los crudos al mezclarse no son tan miscibles como deberían, ocasionando las llamadas estratificaciones, que consisten básicamente en la división de crudo en fase o estratos con características diferentes, este hecho demuestra que los crudos no son totalmente solubles dentro de otros hidrocarburos a cualquier condición de presión y temperatura, a pesar de ser componentes de la misma naturaleza.

Cuando un crudo se estratifica es causa de inconvenientes, al medir la cantidad de líquido presente con sus propiedades se observan desviación por la falta de homogeneidad de la mezcla, además trae desventajas económicas porque se obtienen crudos con especificaciones no deseadas que deben mezclarse de nuevo o recircularse para obtener las condiciones iniciales, es por ello que este factor se toma en cuenta tanto para la fiscalización como para la entrega de crudo. Es importante destacar que los hidrocarburos se estratifican básicamente en la entrada de los crudos pesados y extrapesados con niveles diferentes de agua a los tanques, creando capas con composiciones diferentes a causa de pequeñas películas que no permiten que el agua decante.

En conclusión, una segregación son aquellos crudos con características físico químicas similares y/o compatibles que forman mezclas estables. Se divide en Segregaciones Comerciales, como su nombre lo dice son mezclas con fines comerciales que forman los llamados cocteles, y las Segregaciones Operacionales que están vinculadas a un sistema de recolección de crudos con características similares.

Para obtener crudos con ciertas especificaciones se realizan mezclas, en el caso de unir un hidrocarburo liviano con uno pesado por lo general la unión se realiza añadiendo primero el crudo pesado y posteriormente el liviano en un tanque de almacenamiento que por gravedad tenderá a subir mezclándose de esta manera con el crudo pesado. Este sistema tiene como desventaja que ocupa un espacio extra que es donde se realiza la mezcla, sin embargo permite ajustar cualquier detalle incorrecto antes de ser entregado a su fin.

Existen otros mezcladores que eliminan esta dificultad especial como los KAM Static Mixer, el cual utiliza la energía de la corriente del flujo para realizar la mezcla dividiendo y recombinando el flujo a ser mezclado obteniendo gran homogeneidad; éste es un mezclador en línea.

El Static Mixer Plate es otro mezclador en línea que de igual manera utiliza la corriente del flujo como energía para realizar la mezcla, consiste en la división del flujo en dos corrientes utilizando un plato rotatorio que crea un medio turbulento obteniendo una mezcla homogénea. Estos mezcladores tienen como ventaja que no requieren electricidad, tiene bajos costos de operación y mantienen una densidad y temperatura uniforme; además poseen poca caída de presión.

### 5.3. METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE MERMAS POR CONTRACCION VOLUMETRICA

Una vez identificados los Sistemas de Mezclas y Movimiento de Crudo existentes en las diferentes zonas del país (Occidente, Oriente y Sur) se procede a cualificar las segregaciones que participan en dichos sistemas, las mismas son caracterizadas según los datos necesarios para el cálculo de Mermas por mezclado del fin del período considerado (cierre anual), observando principalmente los flujos que se agregan por cada unión, determinando el porcentaje de Diluyente y la gravedad de API de las segregaciones puras.

La ecuación usada para la cuantificación de la contracción volumétrica es la propuesta por Childress, Booker, Scott, Schuchardt en 1996 publicada en el capítulo 12, sección 3 del Boletín API 2509C, esta ecuación refleja el porcentaje de volumen de Diluyente perdido. Se calculan estos valores por cada adición del mismo.

En el caso de mezcla con valores de API similares de las segregaciones puras, se toma como volumen de inyección de diluyente el que posea mayor nivel de API, es decir el más liviano entre las segregaciones a ser mezcladas.

Es de hacer notar que en las uniones de más de un hidrocarburo liviano, se utiliza para la caracterización de la mezcla líquida resultante:

1. La suma de los volúmenes individuales para el Volumen Total.
2. La ecuación de gravedades específicas para la Gravedad Final:

$$GE_{mezcla} * V_{mezcla} = GE_{seg.1} * V_{seg.1} + GE_{seg.2} * V_{seg.2} \quad (21)$$

Cabe destacar que las unidades que se manejan para las gravedades son los API; por lo tanto la conversión se realiza de la siguiente manera:

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{GE} - 131.5 \quad (22)$$

Al calcular la gravedad de la mezcla con contracción volumétrica se utiliza la siguiente ecuación:

$$GE_{mezcla} * \left[ V_1 + V_2 - \left( \frac{V_1 * S}{100} \right) \right] = GE_{seg.1} * V_{seg.1} + GE_{seg.2} * V_{seg.2} \quad (23)$$

Donde:

S= Porcentaje de contracción volumétrica por volumen de Diluyente inyectado.

De igual manera se realizan las conversiones a °API y finalmente se calculan el Volumen Ideal sólo con la suma de los valores de los volúmenes individuales y el Volumen Real con contracción volumétrica de la siguiente forma:

$$V_{real} = V_{ideal} - \frac{V_{ideal} * S}{100} \quad (24)$$

Donde:

S= Porcentaje de contracción volumétrica.

Con estos valores se calcula el porcentaje total de pérdidas por Contracción Volumétrica en PDVSA para el cierre del período considerado.

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El presente trabajo pretende estudiar las variaciones volumétricas debidas a mermas por evaporación y contracción volumétrica desde dos puntos de vistas.

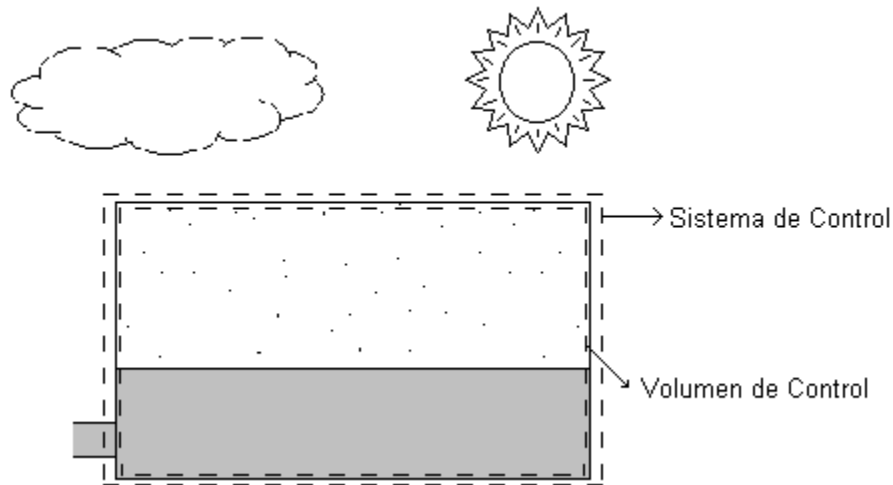


Fig. 8: Esquema representativo del sistema estudiado

En primer lugar se puede observar a través de la figura anterior, que se ha delimitado un sistema de estudio que comprende al tanque de almacenamiento como un equipo a través del cual existe un paso de fluido (crudo almacenado), el cual se encuentra sometido a las condiciones del medio ambiente que lo rodea (condiciones meteorológicas).

Una vez definido el sistema, es conveniente clasificar los parámetros o variables que dentro de él existen en cuatro grandes grupos según se mencionan a continuación:

- Parámetros de diseño (diámetro y altura del tanque, color)
- Parámetros de fluido (°API, presión de vapor)



- Parámetros ambientales (temperatura, velocidad del viento)
- Parámetros operacionales (volumen de producción anual)

## **1. LIMITACIONES**

Es importante destacar lo siguiente. Actualmente en Venezuela no existe un registro actualizado de los valores de los parámetros y las variables que intervienen en las ecuaciones para el cálculo de mermas. Esto se debe a que no se dispone de información estadística de variabilidad con el tiempo de las características de los crudos.

En el caso de que no se disponga de información sobre el peso molecular del vapor y la densidad del vapor condensado, el API recomienda el uso de valores definidos para cada uno de ellos. El uso de estos parámetros se encuentra limitado debido a que están referidos al crudo americano Mid-Continent, el cual posee características diferentes con respecto a la variedad de crudos que manejan las áreas operativas de PDVSA distorsionando de manera significativa los resultados.

Igual pasa con los datos de carácter meteorológico, los cuales no han sido actualizados en la base de datos CENTINELA y los datos allí almacenados tienen una data de 1983.

En el caso de la ecuación de cálculo de mermas por Contracción Volumétrica, la misma ha sido desarrollada a partir de enfoques o acercamientos teóricos que permiten realizar cálculos para un amplio rango de presiones y gravedad de los fluidos, sin embargo se establece una fuerte limitante cuando refiere su uso en condiciones de temperatura cercana a los 15°C (60°F). Esta condición debe ser revisada, proponiéndose así una validación con datos de campo, ya que la misma ha sido desarrollada teóricamente sin valores de campo que la sustenten.

Los valores arrojados por esta ecuación, que maneja parámetros de diluentes (compuestos volátiles), podrían resultar poco confiables cuando se trabaja a temperaturas diferentes a 15°C.

Debido a estas limitaciones, se ha decidido orientar el objetivo de este estudio según los enfoques que se mencionan a continuación.

## 2. ENFOQUES DEL ESTUDIO

Los parámetros que intervienen en las ecuaciones de cálculo de mermas pueden ser de carácter dependiente o independiente.

El primer enfoque que se le dará a este trabajo será un análisis de sensibilidad de la ecuación de mermas por evaporación, donde se estudiarán las variaciones que se producen en el cálculo de mermas cuando con una data meteorológica de 61 ciudades de los Estados Unidos (la cual comprende un amplio rango de temperaturas y velocidades de viento) se procederá a fijar un conjunto de variables y dejando en libertad de variación a una de ellas. El objetivo de este enfoque es medir el impacto que causa sobre el cálculo la variación de cada uno de sus parámetros.

Posteriormente, a fin de dar una idea de la magnitud que representan estas pérdidas en la industria petrolera nacional, se mostrará la información recopilada de trabajos de campo desarrollado previamente [3] acerca de los volúmenes de mermas existentes en Venezuela (calculados a partir de ecuaciones) por tipo de tanque y por región, seguido de un análisis de los mismos.

En este punto se destaca que **los cálculos que se realizan en este trabajo sólo comprenden las ecuaciones de mermas por evaporación**. Esto se debe a que la misma fue **validada** a través de la realización de **mediciones en campo** y

aplicación de las ecuaciones en un proyecto piloto realizado en el año 2001 en un trabajo conjunto entre INTESA y una empresa contratista.

Por otra parte, es importante recordar que la ecuación de contracción volumétrica se basa en acercamientos teóricos, y aún cuando se muestran valores recopilados de mermas por contracción volumétrica, los cuales han sido calculados con la ecuación descrita, se prefiere analizar esta ecuación desde un punto de vista conceptual y analizar las suposiciones que ella contiene.

## CAPITULO III

### PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Para la realización de los cálculos se utilizó la herramienta EXCEL. Se almacenó en tablas los diferentes valores sugeridos por la API, las características del fluido utilizado además de los datos de diseño del tanque de almacenamiento a estudiar. Luego las hojas diseñadas para ello se encargarían de realizar los cálculos de los diferentes parámetros hasta llegar al cálculo del volumen de mermas.

A continuación se describirá de forma detallada el procedimiento aplicado para el cálculo de las mermas según el tipo de tanque de almacenamiento.

#### 1. TANQUE TECHO FLOTANTE

Una vez identificado el tanque tipo techo flotante externo, y el producto que contiene como una mezcla de tres líquidos orgánicos los cuales forman una mezcla homogénea, se asume que la Ley de Raoult aplica para esta mezcla de componentes de estructura y pesos moleculares similares.

#### SELECCIÓN DE LAS ECUACIONES

Para un tanque de techo flotante externo,

$$L_t = L_{wd} + L_r + L_f + L_d$$

$$L_{wd} = 0.943 \frac{QCW_l}{D}$$

$$L_r = (K_{ra} + K_{rb} * v^n) P * DMvKc$$

$$L_f = FfP * MvKc$$

$$Ld = KdSdD^2P^* MvKc$$

Donde:

C se obtiene de la tabla 7.1-10

Kra y Krb se obtienen de la tabla 7.1-8

Ld = 0 (para tanques de techo flotante externo)

$$P^* = \frac{\left(\frac{Pva}{Pa}\right)}{\left[1 + \left(1 - \left(\frac{Pva}{Pa}\right)\right)^{0.5}\right]^2}$$

Donde:

Pa=14,7 psia (presión atmosférica)

$$Ff = \sum_{i=1}^{nf} (Nfi * Kfi) = \left[ (Nf_1 * Kf_1) + (Nf_2 * Kf_2) + K + (Nf_{nf} * Kf_{nf}) \right]$$

Nfi y Kfi se obtienen de la tabla 7.1-12

nf = 3 (sugerido por la API)

### IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS A SER CALCULADOS O DETERMINADOS DE LAS TABLAS

Los siguientes valores son obtenidos de las tablas o son asumidos (por recomendaciones de la API):

$K_c = 1,0$  para líquidos volátiles orgánicos.

$C = 0,0015 \text{ bbl}/1000\text{ft}^2$  se obtiene de la tabla 7.1-10

$K_{ra} = 1,6$  (Tabla 7.1-8)

$K_{rb} = 0,3$  (Tabla 7.1-8)

$n = 1,6$  (Tabla 7.1-8)

$K_{fa}, K_{fb}, N_f$  y  $m$  (Tabla 7.1-12)

El valor de  $K_v$  para tanques techo flotante externo es 0,7 (sugerencia API).

$$K_f = K_{fa} + K_{fb}(K_v)^m$$

### DETERMINACION DE LA TEMPERATURA PROMEDIO EN LA SUPERFICIE DEL LIQUIDO

$$T_{la} = 0.44(T_{aa}) + 0.56(T_b) + 0.0079\alpha I$$

$$T_{aa} = \frac{(T_{ax} + T_{an})}{2}$$

$$T_b = T_{aa} + 6\alpha - 1$$

$I, T_{ax}$  y  $T_{an}$  se obtienen de la tabla 7.1-7

$\alpha = 0,17$  se obtiene de la tabla 7.1-6

De acuerdo con la Ley de Raoult, la presión parcial de un componente es igual al producto de la presión de vapor del componente puro por su fracción molar en el líquido. La suma de las presiones parciales es igual a la presión de vapor total de la mezcla almacenada.

La presión de vapor de los componentes benceno, tolueno y ciclohexano puros puede ser calculada por la ecuación de Antoine. La Tabla 7.1-5 muestra los

coeficientes para el benceno (A=6.905, B=1211.033, y C=220.79). Para el tolueno (A=6.954, B=1344.8, y C=219.48). Para el ciclohexano (A=6.841, B=1201.53, y C=222.65). Entonces:

$$\log P = A - \frac{B}{T + C}$$

$$P_{va} = \sum P_i X_i$$

### CALCULO DEL PESO MOLECULAR DEL VAPOR

$$M_v = \sum M_i Y_i$$

### CALCULO DE LA COMPOSICIÓN EN PESO DEL VAPOR

$$Z_{vi} = \frac{Y_i M_i}{M_v}$$

### CALCULO DE LAS EMISIONES TOTALES DEL TANQUE

$$L_t = L_{wd} + L_r + L_f$$

$$L_{wd} = 0.943 \frac{Q C W_l}{D}$$

$$W_l = \frac{1}{\sum (\text{fracción\_en\_peso\_liquido}) / (\text{densidad\_comp\_liquido})}$$

$$L_r = (K_{ra} + K_{rb} * v^n) DP * M_v K_c$$

$$P^* = \frac{\left(\frac{P_{va}}{P_a}\right)}{\left[1 + \left(1 + \left[1 - \left(\frac{P_{va}}{P_a}\right)\right]^{0.5}\right)^2\right]}$$

$$L_f = F_f P^* M_v K_c$$

$$L_t = L_{wd} + L_r + L_f$$

## 2. TANQUE TECHO FIJO (TIPO CONO/DOMO)

El producto que contiene como es una mezcla de tres líquidos orgánicos los cuales forman una mezcla homogénea, por lo tanto se asume que la Ley de Raoult aplica para esta mezcla de componentes de estructura y pesos moleculares similares.

### SELECCIÓN DE LAS ECUACIONES

Para un tanque de techo fijo,

$$L_t = L_s + L_w$$

$$L_s = 365(W_v V_v K_e K_s)$$

$$L_w = 0.0010(M_v P_{va} Q K_n K_p)$$

$$V_v = \frac{\pi}{4} D^2 H_{vo}$$

$$W_v = \frac{M_v P_{va}}{R T_{la}}$$

$$K_e = \frac{\Delta T_v}{T_{la}} + \frac{\Delta P_v - \Delta P_b}{P_a - P_{va}}$$

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053 P_{va} H_{vo}}$$



$$H_{vo} = H_s - H_l + H_{ro}$$

$$H_{ro} = \frac{1}{3} H_r = \frac{1}{3} (S_r)(R_s)$$

En el caso de techo tipo domo

$$H_{ro} = H_r \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( \frac{H_r}{R_s} \right) \right]$$

$$R_s = \frac{1}{2} D$$

$S_r = 0,0625$  ft/ft (sugerido)

$R = 10,731$  psia.ft<sup>3</sup>/lb-mol.°R (constante de los gases ideales)

$$T_{la} = 0.44(T_{aa}) + 0.56(T_b) + 0.0079\alpha I$$

$$T_{aa} = \frac{T_{ax} + T_{an}}{2}$$

$$T_b = T_{aa} + 6\alpha - 1$$

$\alpha = 0,17$  se obtiene de la tabla 7.1-6

$I$  se obtiene de la tabla 7.1-7

De acuerdo con la Ley de Raoult, la presión parcial de un componente es igual al producto de la presión de vapor del componente puro por su fracción molar en el líquido. La suma de las presiones parciales es igual a la presión de vapor total de la mezcla almacenada.

La presión de vapor de los componentes benceno, tolueno y ciclohexano puros puede ser calculada por la ecuación de Antoine. La Tabla 7.1-5 muestra los coeficientes para el benceno (A=6.905, B=1211.033, y C=220.79). Para el tolueno (A=6.954, B=1344.8, y C=219.48). Para el ciclohexano (A=6.841, B=1201.53, y C=222.65). Entonces:

$$\log P = A - \frac{B}{T + C}$$

$$P_{va} = \sum P_i X_i$$

Para calcular el peso molecular es necesario calcular primero  $Y_i$ :

$$M_v = \sum M_i Y_i$$

$$Y_i = \frac{P_{parcial}}{P_{total}}$$

Una vez encontrados los valores de  $P_{va}$  y  $M_v$ , se sustituyen en la ecuación de  $W_v$ .

$$K_e = \frac{\Delta T_v}{T_{la}} + \frac{\Delta P_v - \Delta P_b}{P_a - P_{va}}$$

$$\Delta T_v = 0.72 \Delta T_a + 0.028 \alpha I$$

$$\Delta T_a = T_{ax} - T_{an}$$

Ahora se calcula la variación de la presión de vapor diaria usando la siguiente ecuación:

$$\Delta P_v = P_{vx} - P_{vn}$$

Donde  $P_{vx}$  y  $P_{vn}$  son las presiones de vapor correspondientes a las temperaturas máxima y mínima diaria, respectivamente.

$$T_{lx} = T_{la} + 0.25\Delta T_v$$

$$T_{ln} = T_{la} - 0.25\Delta T_v$$

Luego,

$$\Delta P_b = P_{bp} - P_{bv}$$

Donde:

$$P_{bp} = 0,03 \text{ psia} \quad (\text{sugerido por API})$$

$$P_{bv} = -0,03 \text{ psia} \quad (\text{sugerido por API})$$

Finalmente estos valores son sustituidos en la ecuación de  $K_e$ .

### CALCULO DEL FACTOR DE SATURACIÓN, $K_s$

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053 P_{va} H_{vo}}$$

### PERDIDAS POR EVAPORACION

$$L_s = 365(W_v V_v K_e K_s)$$

### PERDIDAS DE TRABAJO (working losses)

$$L_w = 0.0010(M_v P_{va} Q K_n K_p)$$

## TOTAL PERDIDAS

$$L_t = L_s + L_w$$

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

Las variables dependientes consideradas en este estudio fueron Lt, Lr, Ls, Lf.

Las variables independientes seleccionadas fueron la temperatura promedio ambiental (Taa) y la velocidad del viento (v).

Otra variable considerada fue P\*.

Los resultados obtenidos están resumidos en las Tablas tituladas “Resultados y cálculos intermedios de mermas” que se encuentran en el anexo. Los datos más resaltantes de las mismas se encuentran graficados en las Figuras 9 – 17 que se presentan a continuación.

Figura 9: Gráfica Lr vs. Taa (T.T. Flotante)

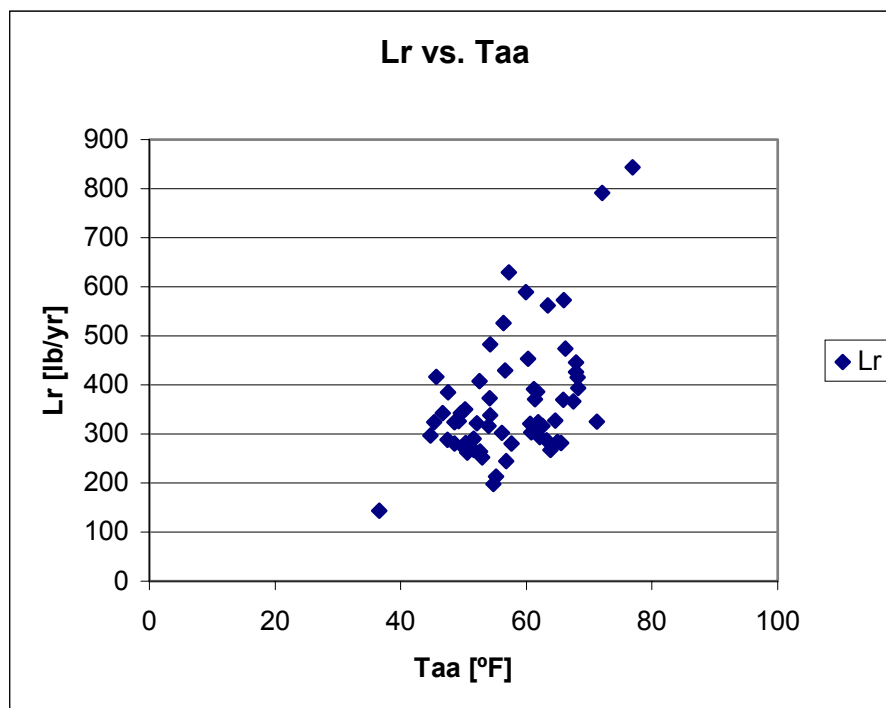


Figura 10: Gráfica Lf vs. Taa (T.T. Flotante)

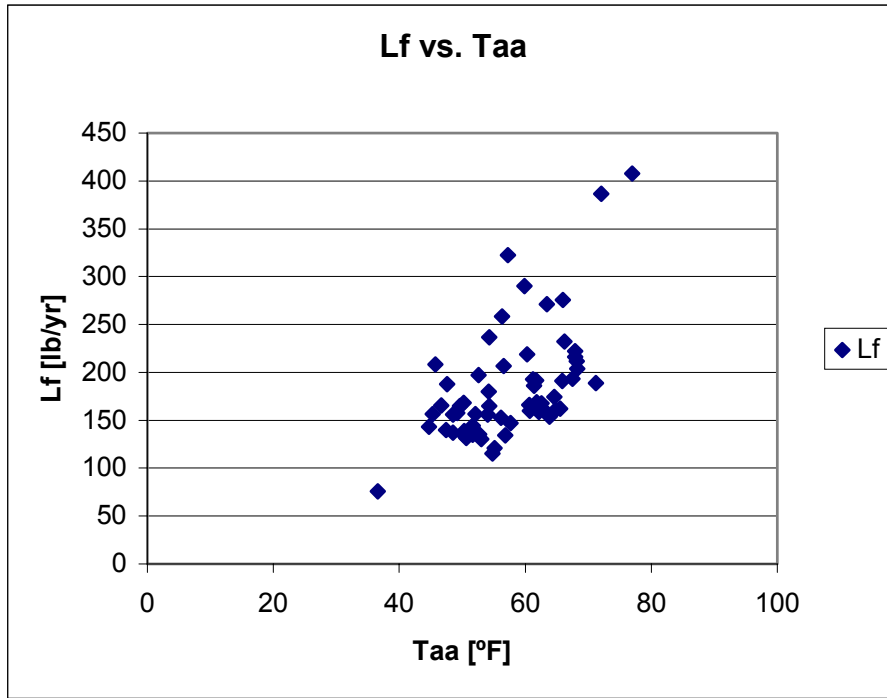
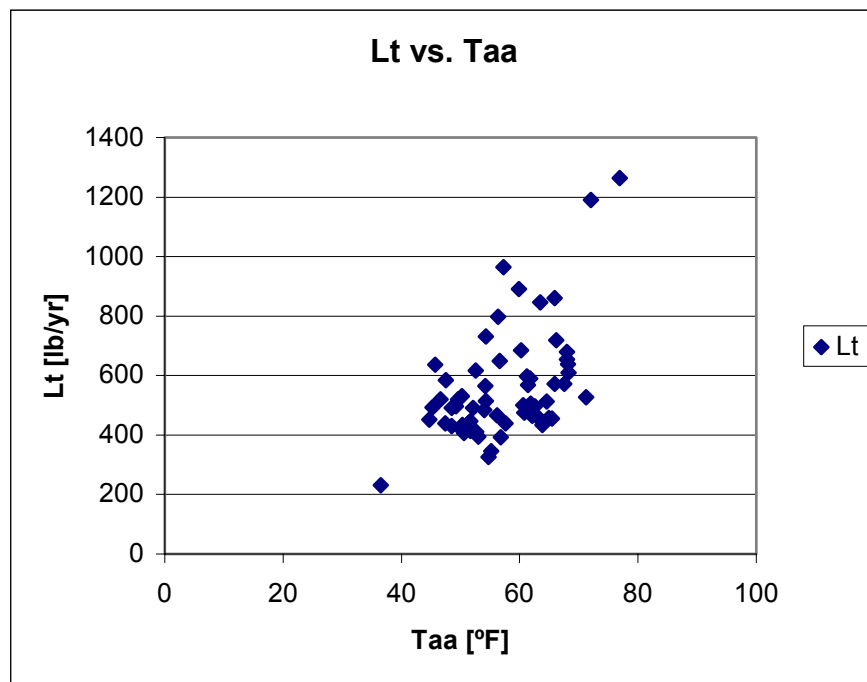


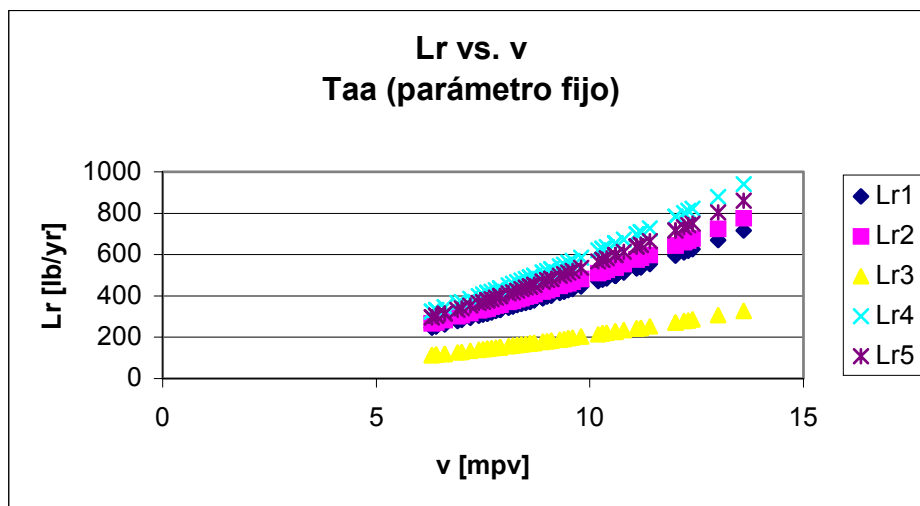
Figura 11: Gráfica Lt vs. Taa (T.T. Flotante)



Las figuras 9, 10 y 11 corresponden a las gráficas de los parámetros Lr, Lf y Lt versus el parámetro Taa. Como se puede observar, estos valores de mermas guardan una relación directamente proporcional de incremento con el incremento de la temperatura promedio del ambiente. Existe una similitud entre estas gráficas debido a que ellas se obtienen a partir de ecuaciones que contienen de forma implícita las mismas variables, diferenciándose entre ellas en valores que son dependientes de las características de diseño del tanque por lo cual ellas se muestran similares, con desplazamiento en el eje vertical y ligero diferencia en el exponente de crecimiento de la curva. Como aspecto común entre estas tres gráficas se observa una clara dispersión de los valores en la parte central de las mismas, lo cual se debe a que en estos cálculos se tomaron en cuenta los valores de temperatura y velocidad del viento de cada ciudad (ambas variables independientes) tal como se muestran en el registro de cada una de las ciudades, es decir, no se fijó ningún parámetro.

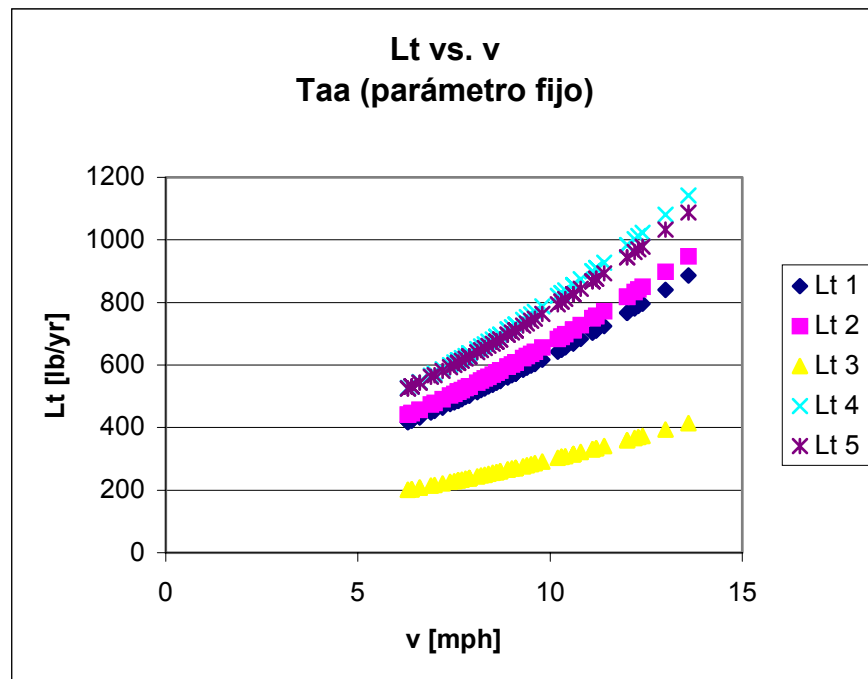
Luego de obtener este primer resultado, se volvió a calcular los valores de Lr y Lt , pero ahora se fijó la variable Taa (temperatura promedio ambiental) y se realizó el cálculo con todas las velocidades de viento reportadas. De esta manera se obtuvieron los valores graficados en las figuras 12 y 13.

Figura 12: Gráfica Lr vs. v (T.T. Flotante) con Taa como parámetro fijo



NOTA 1: La curva descrita por los puntos identificados como Lr1, por ejemplo, reflejan el resultado de los valores de merma obtenidos a partir de la ecuación a la temperatura de la ciudad 1 (Birmingham, AL; ver anexos) para cada una de las velocidades de viento.

Figura 13: Gráfica Lt vs. v (T.T. Flotante) con Taa como parámetro fijo



De esta forma, fijando la primera variable independiente, se puede ver de una forma más clara un comportamiento cuasi lineal de las variables Lr y Lt respecto a la variación de la velocidad del viento. En estas condiciones, a medida que la temperatura ambiental utilizada para el cálculo se incrementa, también ocurre un aumento también de la pendiente de esta curva, tal como se puede observar en la figura 13 donde las ciudades identificadas con los números 4 y 3 poseen las temperaturas máxima y mínima respectivamente de este pequeño grupo.

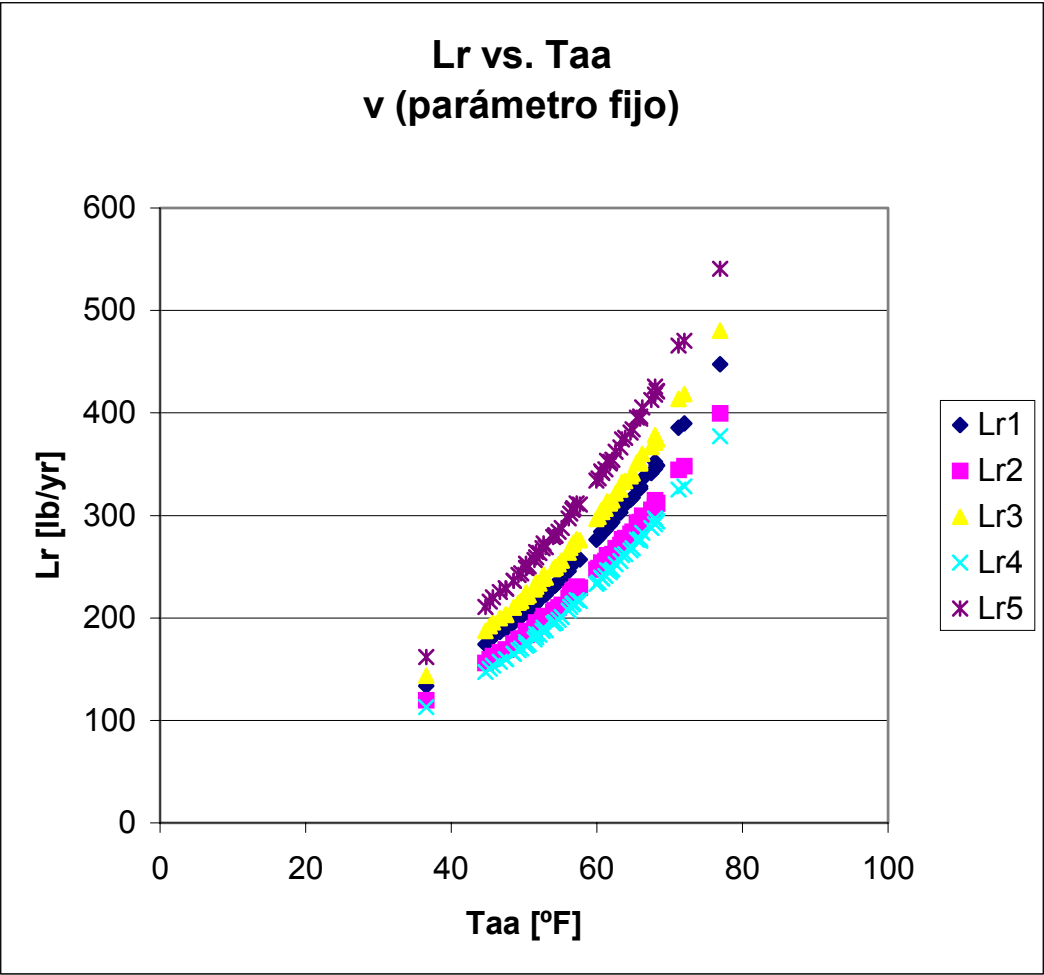
NOTA 2: Por razones de espacio físico disponible y para captar mejor los detalles de las curvas, se ha graficado sólo las curvas correspondientes a los valores de las primeras 5 ciudades reflejadas en la tabla de datos meteorológicas utilizada.



Sin embargo el cálculo y el análisis se está haciendo en base al comportamiento reflejado por los valores arrojados por los datos de las 61 ciudades reportadas. Los valores de todas ellas se encuentran en las tablas “Resultados y cálculos intermedios de mermas” ubicadas en el anexo del presente trabajo.

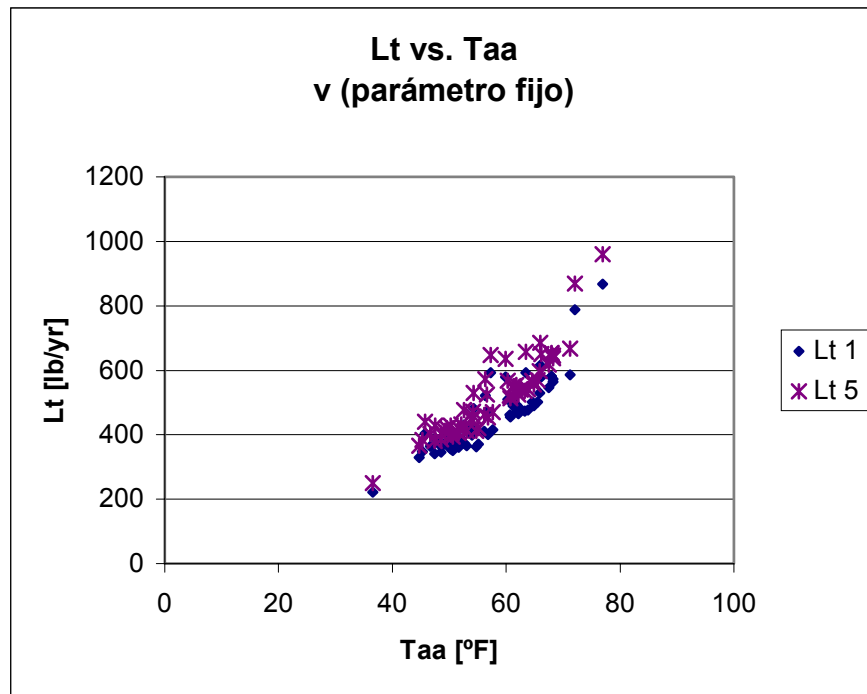
Posteriormente se realizaron los cálculos de las mismas variables, pero ahora se procedió a fijar la velocidad del viento, realizándose los cálculos con las temperaturas reportadas. La gráfica de la resultados obtenidos se muestra a continuación:

Figura 14: Gráfica Lr vs. Taa (T.T. Flotante) con v como parámetro fijo



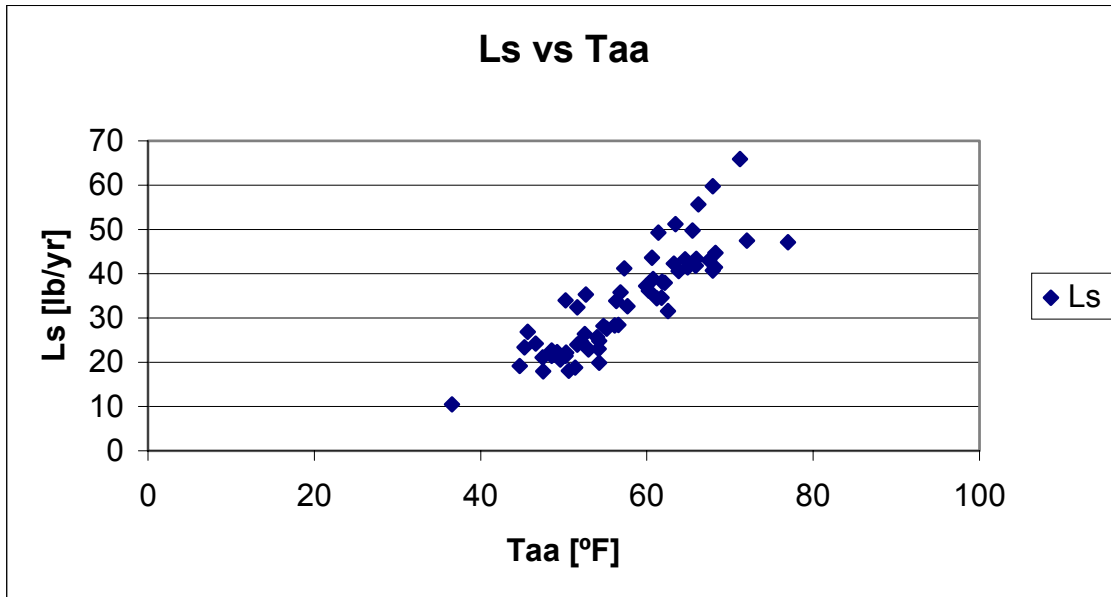
NOTA 3: La curva descrita por los puntos identificados como Lr1, por ejemplo, reflejan el resultado de los valores de merma obtenidos a partir de la ecuación a la velocidad del viento reportada para la ciudad 1 (Birmingham, AL; ver anexos) para cada una de las temperaturas dadas.

Figura 15: Gráfica Lt vs. Taa (T.T. Flotante) con v como parámetro fijo



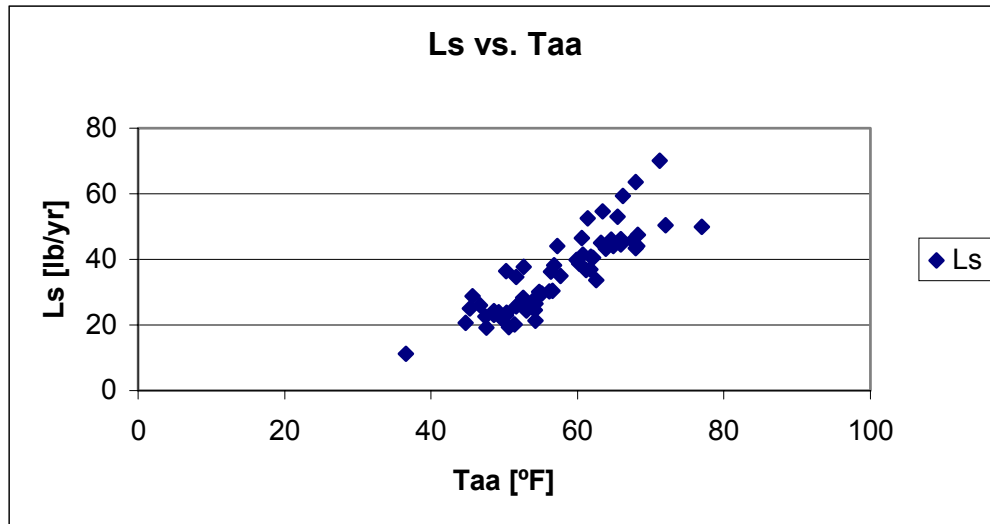
Es esta ocasión la gráfica de Lr y Lt muestran un comportamiento exponencial frente al incremento de la temperatura ambiental promedio (v fijo). Sin embargo, al observar el comportamiento de la variable Lt, ésta muestra una especie de “nube” de puntos en la parte central de la gráfica, esto se debe a que Lt es igual a la suma de los diferentes tipos de mermas. Entre ellas se encuentra Lf (ver figura 10). Esta variable no se encuentra afectada por la velocidad del viento, por lo tanto al fijar esta variable ella no experimenta ningún cambio en su comportamiento, y esto hace que la suma de las variables reflejen el comportamiento visto en la gráfica.

Figura 16: Gráfica Ls vs. Taa (T.T. Fijo tipo cono)



En cuanto a los valores graficados en las figuras 16 y 17, éstos corresponden a las pérdidas por evaporación en tanques de techo fijo, tipo cono y domo respectivamente, como se sabe, la velocidad del viento no ejerce ninguna influencia en cuanto a los volúmenes de mermas por evaporación que en ellos se producen. En este caso sólo se realizó en cálculo con los datos meteorológicos de las 61 ciudades, observándose un incremento de las mermas con el aumento de la temperatura del ambiente. En las gráfica mostrada se observa una diferencia en los valores de Ls para ciudades con los mismos valores de temperatura promedio, esto se debe a que las pérdidas por evaporación son superiores en aquellas ciudades donde la temperatura mínima en la superficie del líquido era mayor.

Figura 17: Gráfica Ls vs. Taa (T.T. Fijo tipo domo)



Como parte del segundo enfoque que se le dará a este estudio se analizará la información de mermas obtenida y resumida en las tablas 3 – 7 y las figuras 18 - 21: (esta información corresponde a un estudio realizado en el año 2001, titulado “Análisis del Módulo de Mermas de Centinela”, donde se realizó el cálculo de mermas a partir de datos obtenidos en patios de tanques y terminales)

En la industria petrolera nacional, las mermas en evaporación tienen un valor promedio de 2,92 MBD para los Patios de Tanques y 1,55 MBD para los Terminales, representando este valor de mermas aproximadamente 0.1% de la producción total de hidrocarburos (3059,9 MBD).

Para mostrar los valores y porcentajes de las mermas se realizó un gráfico desglosado para Patios de Tanques y Terminales, como sigue:

Figura 18: Distribución de las mermas por evaporación en patios de tanques

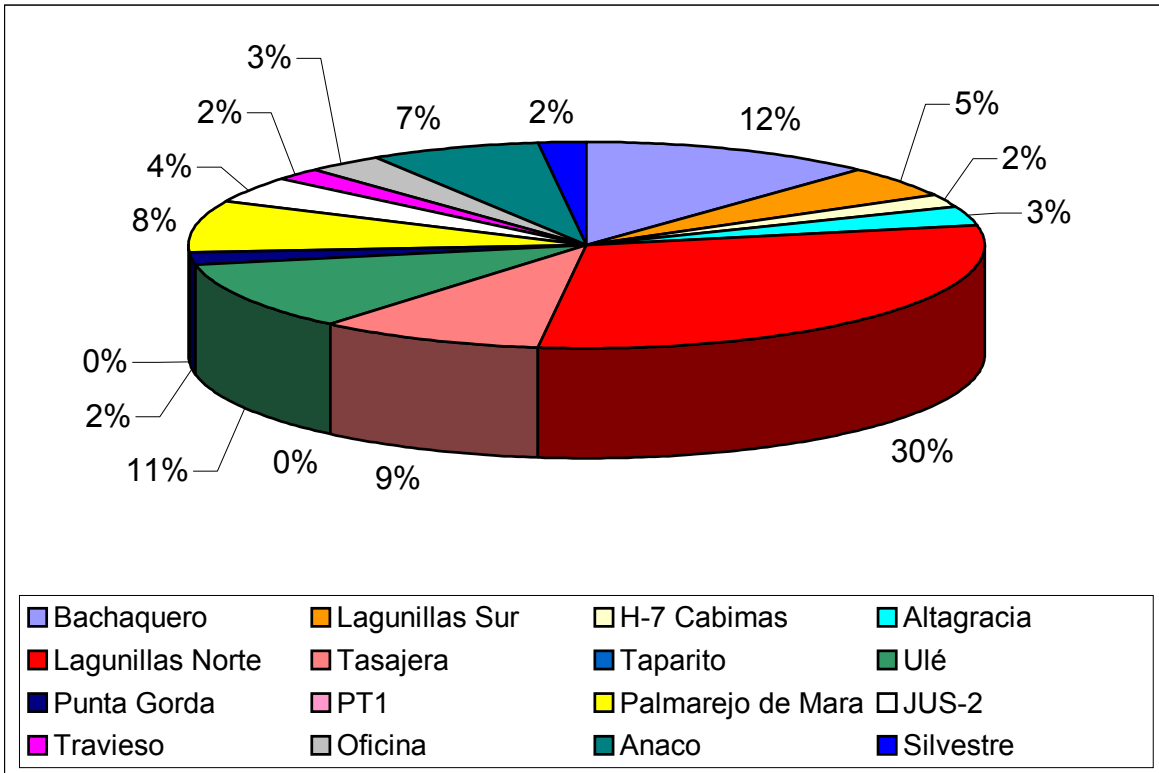
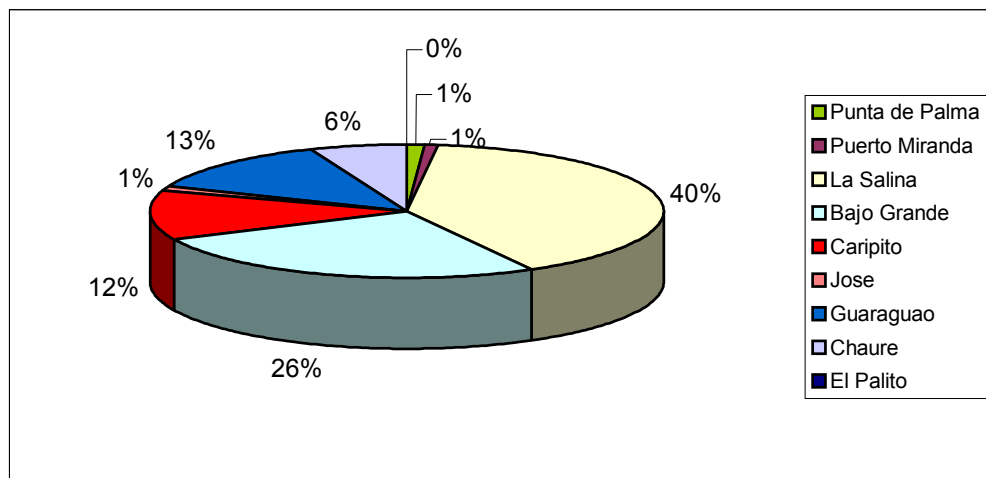


Figura 19: Distribución de las mermas por evaporación en terminales



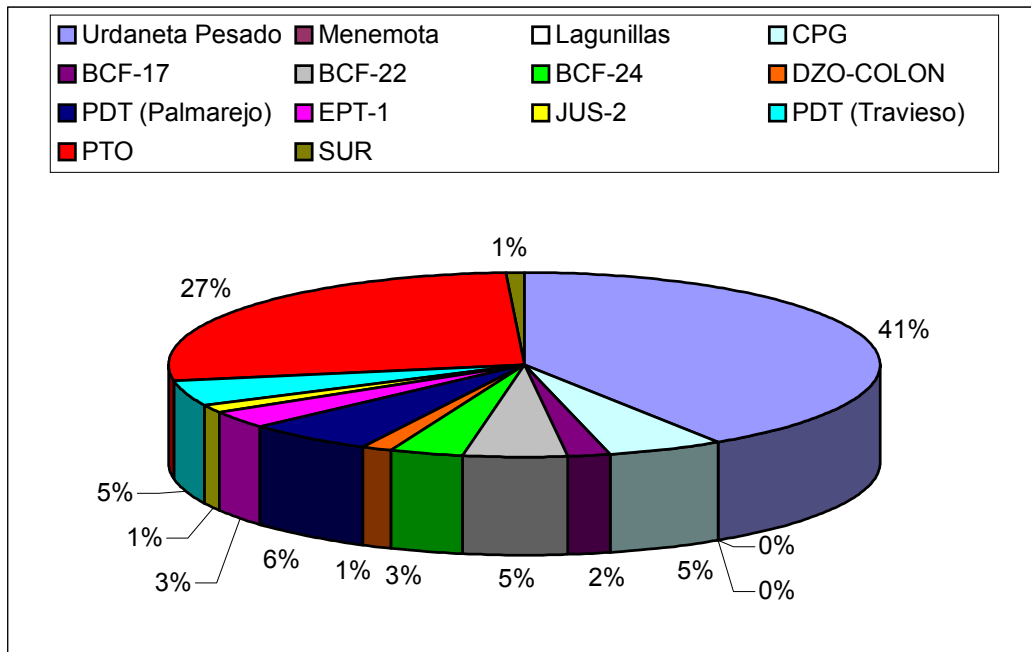
Como se puede observar tanto en Patios de Tanques como en Terminales el mayor porcentaje de mermas se encuentra en la zona Occidental mientras que en la zona Oriental los valores son menores y en el Sur son prácticamente insignificantes. Esto se debe a que la mayor cantidad de tanques de techo flotante se encuentran en Oriente, los cuales poseen un sistema de flotabilidad del techo sobre la superficie del líquido que reduce el espacio de vapor y hace disminuir las mermas por evaporación. (Esta condición fue comprobada en campo, con lo cual se reiteró la correspondencia entre el marco teórico y los datos numéricos).

### ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CONTRACCIÓN VOLUMETRICA

Cuando se observan los valores recopilados en la Tabla 6, se puede decir que los valores representados en MBD no son significativamente grandes en comparación con el volumen ideal de la mezcla resultante. Sin embargo, estos valores no pueden ser considerados despreciables cuando al sumar todos los datos de Venezuela se calcula una pérdida por contracción de 236,1 BD, los cuales prolongados a un año representan 86165,2 Bls.

Como se dijo al principio de este trabajo, PDVSA paga regalías por la explotación, y causa especial preocupación tener un sistema que calcule de forma efectiva estas cantidades significativas de crudo que se pierden por proceso físico-químicos inevitables.

Figura 20: Porcentaje de mermas por contracción volumétrica en cada segregación



Al analizar gráfica que se muestra en la Figura 20 se puede observar que, en términos absolutos, el sistema de mezcla Urdaneta Pesado en Occidente es el más representativo del fenómeno físico-químico de contracción volumétrica a nivel nacional, seguido por DZO-COLON, pues ellos son los arrojan la mayor cantidad de pérdidas por este concepto según los porcentajes mostrados.

Figura 21: Merms por contracción volumétrica en regiones de Venezuela

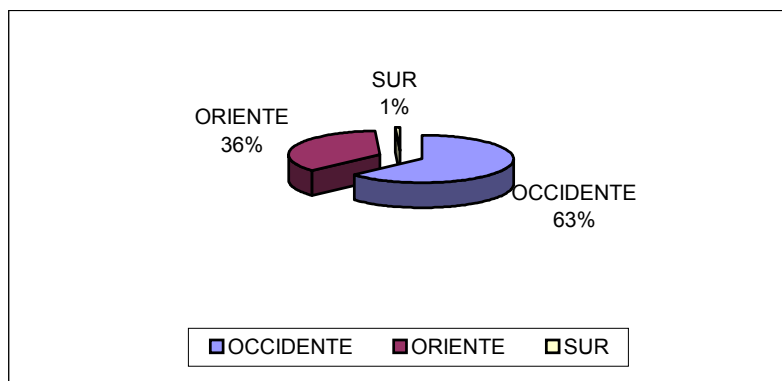
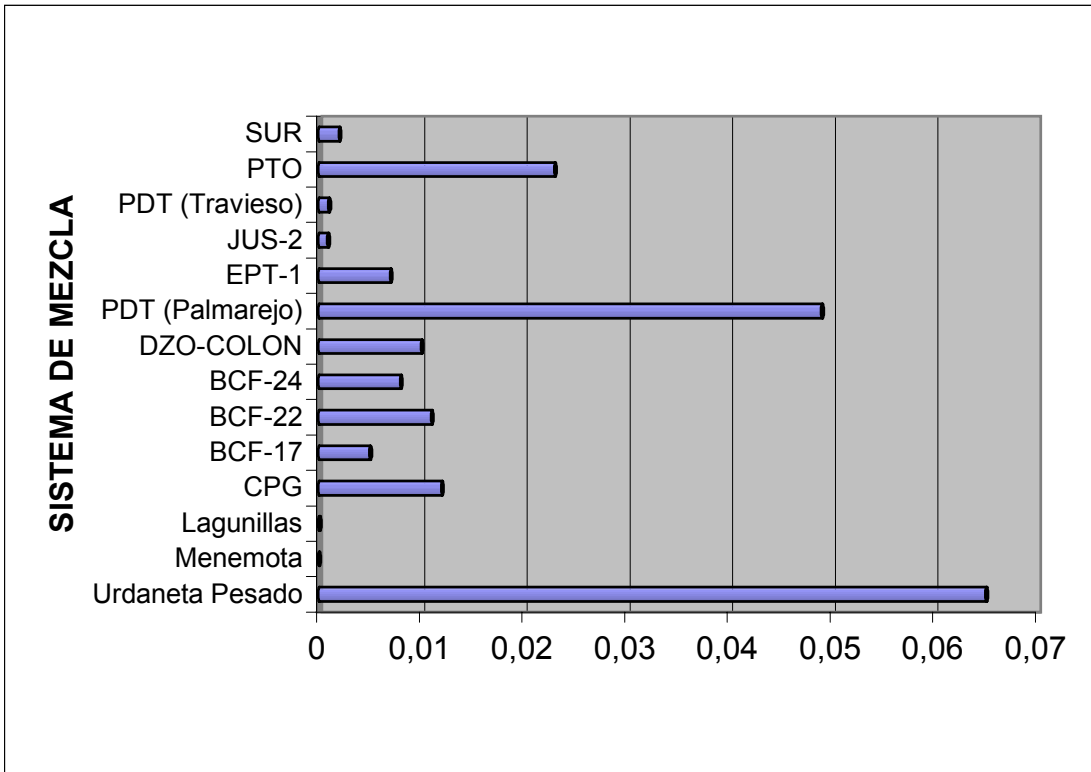


Figura 22: Porcentaje Relativo al Volumen de mermas por  
contracción en cada segregación



Sin embargo, es importante analizar este mismo fenómeno en término de volúmenes relativos, pues como sabe, la proporción en que se manejan los volúmenes de hidrocarburos por región es diferente al igual que en los diferentes sistemas. Para este análisis se muestra en la Figura 22 el porcentaje en volumen de hidrocarburo que se pierde por unidad de hidrocarburo manejado como consecuencia del fenómeno de contracción volumétrica.

La gráfica referida muestra una vez más que en el Sistema Urdaneta Pesado es donde se reflejan las mayores pérdidas, seguido en esta oportunidad por PDT (Palmarejo) y Patio de Tanques Oficina.



Cabe destacar que a pesar de ser Occidente la zona con mayor porcentaje de pérdida por contracción volumétrica, es en Oriente donde existen las mayores reservas de crudos pesados, es por ello que en esta zona es de suma importancia este estudio.

Es importante mencionar que el grado de confiabilidad de estos valores dependen (entre otras cosas) de los datos requeridos, los cuales son operativamente obtenibles, y en la actualidad PDVSA está estudiando la realización de algunos proyectos tendentes a realizar una actualización tecnológica de estos parámetros.

Es importante destacar que en la actualidad existe una fuerte limitación para la realización de cálculo de mermas por Contracción Volumétrica ya que en la actualidad no existe un registro de los valores del flujo de diluyente a nivel de inyección en el caño de producción.

## CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones están basadas en los resultados obtenidos:

1. Las ecuaciones para el cálculo de mermas por Evaporación y Contracción Volumétrica son sencillas y manejables, solo se requiere de un registro periódico de los parámetros que estas involucran, además de la creación y programación de un módulo en la base de datos Centinela a fin de poder conocer los volúmenes de pérdidas que se tiene cada año en cada uno de los patios de tanques y terminales, a fin de poder aplicar medidas tendentes a aminorar las mismas .
2. La contracción volumétrica que ocurre cuando un crudo se mezcla con diluentes parafínicos se debe a que los hidrocarburos parafínicos poseen cadenas de alcanos que por su movilidad pueden acomodarse dentro de los espacios vacíos del crudo pesado, perdiendo por consiguiente una parte del volumen mezclado.
3. En el caso de utilizarse diluentes parafínicos con alto punto de ebullición, las fuerzas de Van der Waals no permiten la separación de estas moléculas para ser introducidas dentro del crudo pesado, es por ello que en estos casos la no idealidad volumétrica de la mezcla se refleja en una Expansión Volumétrica. Este caso también se observa en los Aromáticos y Nafténicos.
4. Los volúmenes de mermas por evaporación son mayores en los tanques de techo fijo que en los de techo flotante, esto se debe a que estos últimos poseen un sistema de flotabilidad del techo sobre la superficie del líquido que reduce el espacio de vapor y hace disminuir las mermas por evaporación.

5. Cuando se fija la “temperatura ambiental”, las mermas se incrementan con una tendencia lineal con el aumento de la velocidad del viento.
  
6. Aún cuando la temperatura ambiental permanezca fijado, mientras más alto sea el valor de temperatura con el cual se trabaja, mayor es la pendiente de la curva que describen los valores de mermas, es decir se incrementa con mayor rapidez las pérdidas para una misma variación en la velocidad del viento.

## RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están basadas en las observaciones hechas durante la revisión del material en el cual se apoya este estudio y en el análisis de los resultados:

1. Revisar y actualizar la información disponible de tanques de almacenamiento y segregaciones asociadas en el modulo OLEO de Centinela, pues las mismas no son representativas de las características de tanques y propiedades de los fluidos actuales.
2. Verificar la calibración de los tanques en los patios de tanques.
3. Estudiar la opción del uso de recuperadoras de vapor, que permita disminuir las mermas por evaporación en aquellos casos donde el estudio económico refleje beneficio en la recolección de los gases liberados.
4. Evitar en lo posible el uso de diluentes volátiles para disminuir las pérdidas de Evaporación además de las inevitables por Contracción Volumétrica.
5. Incluir dentro del conjunto de variables a registrar para el cálculo de las mermas el factor de altitud y asimut, los cuales se consideran de suma importancia dada la influencia de la incidencia de los rayos solares en las mermas que ocurren en los tanques de almacenamiento.
6. Una política de actualización frecuente de los parámetros que estas ecuaciones contienen y la automatización del proceso hará muy sencillo obtener periódicamente estos valores que son de suma importancia debido al impacto fiscal que involucra.

## REFERENCIAS

- [1] AUTOCEN (Integración AUTOMACO-Centinel). **“Propuesta de integración de equipos, sistemas y aplicaciones AUTOMACO con el Centinela para la implantación de la Fiscalización de crudos automatizada”**. Caracas, Venezuela (Marzo, 2001). Versión O-C.
- [2] Rodríguez Araque, Alí. **“Oficio N° 1012 del MEM”**. Caracas, Venezuela (7 de septiembre, 1999).
- [3] Farías, Libia; Cohen, Minerva; Jiménez, Oswaldo; Escobar, Luis; Villalba, Jesús. **“Análisis del Módulo de Mermas de Centinela”**. INTESA. Caracas, Venezuela (Julio, 2001).
- [4] American Petroleum Institute. **“Volumetric Shrinkage Resulting from Blending Light Hydrocarbons with Crude Oil”**. Boletín 2509-C del American Petroleum Institute (API), primera edición (1996).
- [5] American Petroleum Institute. **“Evaporative Loss Measurement”**. Boletín 2518 del API.  
Sección 1: **“Evaporative Loss from Fixed-Roof Tanks”**, segunda edición (Octubre, 1991).  
Sección 2: **“Evaporative Loss from Floating-Roof Tanks”**, primera edición (Abril, 1997).
- [6] Escobar, Luis. **“Pérdidas de Crudo por Evaporación en tanques de Almacenamiento”**. Lagoven, S.A. Departamento de Producción División Oriente, Manual del Usuario – Cuantificación Computarizada (Marzo – Diciembre, 1984).

- [7] Guerra, Nelson. **“Mermas y Pérdidas Operacionales”**. PDVSA Exploración y Producción, Gerencia de Coordinación Operacional, Caracas, Venezuela (Junio, 2000).
- [8] Castillo Regges, Ramón. **“Evaluación de las Mermas de Crudos en los Sistemas de recolección, Transporte y Medición del Distrito Operacional Anaco”**. Puerto La Cruz (Noviembre, 1999).
- [9] Montero, Leonardo; Cova, Candelaria; Colina, Jhonny. **“Estudio de Mermas del Diluyente en el Proceso de Producción: Segregación Urdaneta Pesado”**. Maracaibo, Venezuela (Julio, 2001).
- [10] Beychok, M.R. **“Calculate tanks loss easier”**. Hydrocarbons Processing, California, Estados Unidos (1983).
- [11] Barberi, Efraín; Litwinenko, Johann. **“La Industria Venezolana de los Hidrocarburos”**. Tomo I. Caracas, Venezuela. Ediciones CEPET (1989).
- [12] Grupo de Ingeniería de Producción de la Organización de Ingeniería de Petróleo. **“VADEMECUM de Instalaciones de Producción”**. Lagoven División de Occidente. (Abril, 1989).
- [13] Robinson, E.R. **“Calculate Density of Spiked Crudes”**. Londres, Inglaterra. (Mayo, 1983).
- [14] Ashcroft, S.J.; Booker, D.R.; Turner, J.C. **“Find Shrinkage of Spiked Crudes”**. Universidad de Exeter, Inglaterra (Octubre, 1991).

## LISTA DE NOMENCLATURA

SIMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
A	constante en ecuación de presión de vapor	dimensionless
$\alpha$	absorción solar de la pintura del tanque	dimensionless
B	constante en ecuación de presión de vapor	$^{\circ}\text{R}$
C	factor de adherencia del crudo en paredes del tanque	bbbl/1000ft <sup>2</sup>
D	diámetro del tanque	ft
De	diámetro efectivo del tanque	ft
$\Delta P_v$	variación de la presión del vapor	psi
$\Delta T_a$	variación de la temperatura ambiental	$^{\circ}\text{R}$
$\Delta T_v$	variación de la temperatura del vapor	$^{\circ}\text{R}$
Fc	diámetro efectivo de la columna	ft
Ff	factor de pérdida total por conexiones en la plataforma	lb-mole/yr
Fr	factor de pérdida total por sello	lb-mole/ft*yr
Hl	altura de líquido	ft
Hlx	altura máxima del líquido	ft
Hr	altura del techo de tanque	ft
Hvo	altura del espacio ocupado por el vapor	ft
i	1,2,.....n	dimensionless
Tb	temperatura de bulbo líquido	$^{\circ}\text{R}$
I	factor de la insolación diaria total	BTU/ft <sup>2</sup> *d
Kc	factor por tipo de producto almacenado	dimensionless
Ke	factor de expansión del espacio de vapor	dimensionless
Kn	factor de llenado	dimensionless
Kp	factor de producto	dimensionless
Ks	factor de corrección por tipo de sello	dimensionless
L	longitud del tanque	ft

Ls	mermas por almacenamiento	lb/yr
Lt	pérdidas totales	lb/yr
Lti	tasa de emisión del componente i	lb/yr
Lw	pérdidas por operación	lb/yr
Lwd	mermas por vaciado	lb/yr
Mi	peso molecular de componente i	lb/lb-mole
MI	peso molecular de mezcla líquida	lb/lb-mole
Mv	peso molecular promedio del vapor	lb/lb-mole
n	factor de ajuste (sello/tipo de tanque)	dimensionless
N	número de producciones por año	dimensionless
N total	número total de moles en la mezcla	lb-mole
Nc	número de columnas	dimensionless
P	presión de vapor verdadera del componente i	psia
$\pi$	constante	3,14159
P*	función de presión de vapor verdadera	dimensionless
Pa	presión atmosférica	psi
Pi	presión parcial del componente i	psia
Pva	presión de vapor a la temperatura de la superficie del líquido	psia
Pvn	presión de vapor a la temperatura mínima en la superficie del líquido	psia
Pvx	presión de vapor a la temperatura máxima en la superficie del líquido	psia
Q	volumen de crudo bombeado al tanque	bbl/yr
R	constante de los gases ideales	(10,731 psia*ft <sup>3</sup> /lb-mole*°R)
Rr	radio del domo del tanque	ft
Rs	radio del tanque	ft
Taa	temperatura ambiental promedio	°R
Tan	temperatura ambiental mínima diaria	°R
Tax	temperatura ambiental máxima diaria	°R
Tla	temperatura promedio en la superficie del líquido	°R
v	velocidad promedio del viento	mph



V <sub>l</sub>	máximo volumen de líquido en el tanque	ft <sup>3</sup>
V <sub>v</sub>	volumen del espacio ocupado por vapor	ft <sup>3</sup>
W <sub>i</sub>	densidad del componente i en la fase líquida	lb/ft <sup>3</sup>
W <sub>l</sub>	densidad promedio del líquido a la temperatura del mismo	lb/gal
W <sub>v</sub>	densidad del vapor condensado	lb/ft <sup>3</sup>
x <sub>i</sub>	fracción molar del componente i en el líquido	lb-mole/lb-mole
y <sub>i</sub>	fracción molar del componente i en el vapor	lb-mole/lb-mole
Z <sub>li</sub>	fracción en peso del componente i en el líquido	lb/lb
Z <sub>vi</sub>	fracción en peso del componente i en el vapor	lb/lb

## GLOSARIO

(1) Variación volumétrica de hidrocarburos:

Es la diferencia en el resultado de la medición de un hidrocarburo, entre los puntos límites de un proceso, producto de:

- Mermas (Evaporación y mezcla)
- Pérdidas
- Incertidumbre en la medición (Imprecisión)

(2) Crudo:

Se refiere al hidrocarburo líquido no refinado, su rango de gravedad alcanza hasta 40,2 API.

(3) Puntos de Fiscalización:

Son aquellos lugares debidamente aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) donde se realiza las mediciones de crudo en presencia de un funcionario del MEM, para fiscalizar la producción recibida.

(4) Patio de Tanques:

Son instalaciones destinadas a la recolección de todo el crudo producido en las estaciones de descarga de una zona determinada o distrito operacional. Esta dotada principalmente de tanques de almacenamiento y salas de bombas.

(5) Producción Fiscalizada:

Es el volumen de petróleo fiscalizado, en base al cual la empresa paga impuesto de explotación.

(6) Regalías:

Es la cantidad de dinero que tiene que pagar periódicamente PDVSA al Estado por el uso de las reservas de explotación del país.

(7) Pérdidas (loss):

Consiste en la disminución volumétrica de un hidrocarburo, por fallas en el proceso (filtraciones, tomas clandestinas). Se refieren principalmente a volúmenes que se pierden debido a la ocurrencia de fallas en el proceso, tales como derrames por filtraciones en tuberías y válvulas, desbordamiento de separadores API, etc.

(8) Incertidumbre en la medición:

Es la diferencia volumétrica de un hidrocarburo, entre el valor real y el medido, como resultado del proceso de medición (imprecisión de instrumentos, error de procedimientos, descalibración).

(9) Volumen Neto:

Es el volumen de petróleo que se obtiene luego de restarle al volumen bruto, la cantidad de agua libre en el fondo y el porcentaje de agua y sedimentos que este contenga en la suspensión.

(10) Gravedad API:

Es una escala arbitraria relacionada directamente con la gravedad específica del petróleo y sus derivados, definida por la siguiente ecuación:

$$API = (141,5 / \text{Gr. Esp. } 60^\circ\text{F}) - 131,5$$

(11) Presión:

Se define como la fuerza normal ejercida por el fluido por unidad de área, sobre las paredes del recipiente que lo contiene. Si la fuerza se mide en N (Newton) y el área en  $\text{m}^2$  la unidad de presión será el Pascal, Pa. Pero la unidad más común en el sistema Ingles es la libra fuerza por pulgada cuadrada, psi.

(12) Tanques de Almacenamiento:

Un tanque es un depósito de metal, cuyo objetivo es almacenar líquido o gases y a la vez protegerlos de la influencia de la naturaleza.

(13) Válvula de venteo:

Es una válvula que permite el desalojo del gas a la atmósfera, cuando la presión del equipo está por encima de su presión de calibración.

(14) Cabotaje:

Transporte de hidrocarburos por medio de buques entre terminales de embarques de un mismo país.

(15) Producción Extraída:

Es la producción de crudo limpio que se transfiere de las áreas de explotación hasta los patios de recibo y es diferente a la producción fiscalizada.

(16) Compras o Recibos:

Son los volúmenes de hidrocarburos comprados en el exterior o a convenios y áreas de negocios dentro del país.

(17) Ventas o Entregas:

Son los volúmenes de Hidrocarburos entregados en las refinerías o terminales en calidad de venta o de pagos, los cuales se fiscalizan directamente con el MEM.

(18) Consumo en Operaciones:

Son los volúmenes de Hidrocarburos utilizados como consumo propio en los procesos de producción, reparación y servicios de pozos e incluyen los volúmenes de Hidrocarburos utilizados en el llenado de recipientes del sistema de producción, que integran los puntos de medición y fiscalización.

(19) Inventario Final:

Son los volúmenes de Hidrocarburos remanentes al final de mes o período considerado, después de los movimientos de disposición por venta o entrega y de consumo propio, e incluye los volúmenes de Hidrocarburos contenido en los tanques, líneas u otros recipientes, entre los puntos de medición y fiscalización.

(20) Fiscalización:

Acto en que se establece la medición de cantidades y calidades a ser utilizadas para el cálculo de pagos de impuestos y regalías en presencia de un ente gubernamental, que da fe del cumplimiento de los procedimientos legales y de los resultados obtenidos.

(21) Calibración (Calibration):

Comparación de mediciones siguiendo un procedimiento y un patrón que pueda ser verificable con respecto a un estándar nacional e internacional.

(22) Certificación (certification):

Es el hecho de proveer un informe o certificado de haber realizado alguna acción de calibración y ajuste, siguiendo un procedimiento.

(23) Estación de Flujo:

Son instalaciones destinadas a la recolección y almacenamiento de los flujos provenientes directamente de los pozos, donde son sometidos a procesos de separación (líquidos-gaseosos) y posteriormente bombeados, en su fase líquida, a las estaciones de descarga. En las estaciones de flujo, usualmente no se efectúa tratamiento de los crudos.

(24) Aforamiento manual (to gage):

Es un proceso de medición de nivel que se ejecuta en forma manual, en el cual una persona ubicada en el techo del tanque o una plataforma toma lectura del nivel, utilizando para ello una cinta calibrada.

(25) Centinela:

Es una base de datos implantada por ex-Lagoven donde se puede obtener cualquier información referente a la producción, manejo y disposición de crudo y gas venezolano.

(26) Unidad de Explotación:

Es un término utilizado para designar a la unidad organizativa, responsable de realizar las operaciones asociadas a la construcción de pozos y a los procesos de recolección, tratamiento, transporte y almacenaje de los crudos en las estaciones de descarga. Estas unidades están constituidas por estaciones de flujos, estaciones de descarga y los sistemas de oleoductos laterales. Son generalmente designadas de acuerdo al tipo de segregación de crudo manejada en la misma.

(27) Calibración de Tanques (Tanks Calibration):

Es el término aplicado al procedimiento de medición de tanques con el objeto de establecer el volumen real para cada altura de nivel en dicho tanque. Con la calibración del tanque se obtienen las tablas de capacidad (Strapping Tables).

(28) Tablas de Calibración (Strapping Tables):

Son las tablas que expresan una relación nivel-volumen para cada tanque. Para efectuar la calibración de los tanques es necesario regirse por la norma API 2550.

(29) Volumen Inicial:

Es el volumen de hidrocarburo contenido en los tanques y líneas en el primer día del mes o período considerado, tanto en los puntos de medición como en los puntos de fiscalización, es igual al inventario final del mes o del tiempo considerado.

(30) Volumen Bruto:

Es el volumen de petróleo, agua y sedimentos almacenados, procedentes de campo de producción, el cual se obtiene con las medidas tomadas en el tanque y la tabla de calibración correspondiente.

(31) Gravedad Específica:

Se define como la relación del peso de un volumen dado de crudo a la temperatura de 60 F (15,56 C) al peso de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura.

(32) Viscosidad:

Es la propiedad del flujo por lo cual este ofrece resistencia al movimiento.

Se clasifica en:

32.1. Viscosidad Absoluta: una medida de resistencia del fluido al desplazamiento o a sufrir deformaciones internas.

32.2. Viscosidad Cinemática: que es el resultado de dividir la viscosidad absoluta entre la densidad del fluido.



(33) Yacimiento:

Es una formación subterránea porosa y permeable, que contiene acumulada una cantidad de hidrocarburos explorables, confinado por una capa impermeable o barrera de agua a altas presiones.

(34) Isómeros:

Son compuestos con la misma fórmula molecular pero diferentes fórmulas estructurales o espaciales.

(35) Pozos perforados:

Son capas o formaciones de la corteza terrestre producto de una perforación. Cada pozo se protege introduciendo y cementando la tubería de revestimiento de diámetro adecuado.

(36) Tanques techo fijo:

Son cilindros verticales cuyo techo se inclina del centro hacia fuera para permitir el desagüe del agua de lluvia.

(37) Presión de Vapor:

Es la presión parcial ejercida por las moléculas de vapor en el espacio limitado que se encuentra por encima del líquido, en un recipiente cerrado. Los líquidos se evaporan porque las moléculas se escapan de la superficie. Los mismos llegan a un equilibrio dinámico, que se manifiesta con la misma cantidad de moléculas que se condensan y se evaporan, este fenómeno depende únicamente de la actividad molecular, la cual es función de la temperatura, y aumenta con ella.

(38) Tanques techo flotante:

Son recipientes cilíndricos que poseen un sistema de flotabilidad del techo sobre el crudo, evitando la evaporación.

(39) Estación de descarga:

Llamada también punto de control, es un lugar de recolección de crudo, provisto de equipos destinados al tratamiento, almacenaje y bombeo del petróleo hacia los patios de tanques (en algunos casos directamente a los oleoductos troncales). La estación de descarga puede recibir crudo de las estaciones de flujo o directamente de los pozos.

(40) Oleoducto Lateral:

Son tuberías que se utilizan para transportar el crudo desde las estaciones de descarga hasta el patio de tanques.

## TABLAS

Tabla 3: Mermas por Evaporación en Patios de Tanques y Terminales

Mermas en Patios de tanques	1,37	MBD
Mermas en Terminales	1,55	MBD
Total	2,92	MBD
Producción Total	3059,9	MBD
Mermas (% producción)	0,095	%

Tabla 4: Distribución de las mermas por evaporación en patios de tanques

ÁREA	PATIO DE TANQUES	% MERMAS
OCCIDENTE	Bachaquero	12
	Lagunillas Sur	5
	H-7 Cabimas	2
	Altagracia	3
	Lagunillas Norte	30
	Tasajera	9
	Taparito	0
	Ulé	11
	Punta Gorda	2
	PT1	0
	Palmarejo de Mara	8
ORIENTE	JUS-2	4
	Travieso	2
	Oficina	3
	Anaco	7
SUR	Silvestre	2
TOTAL		100

Tabla 5: Distribución de las mermas por evaporación en terminales

ÁREA	TERMINAL	% MERMAS
OCCIDENTE	Punta de Palma	1
	Puerto Miranda	1
	La Salina	40
	Bajo Grande	26
ORIENTE	Caripito	12
	Jose	1
	Guaraguao	13
	Chaure	6
SUR	El Palito	0
TOTAL		100

Tabla 6: Porcentaje de Contracción Volumétrica al mezclar crudos por cada sistema de mezcla

ÁREA	SISTEMA	VOLUMEN IDEAL MBD	VOLUMEN REAL MBD	% MERMA
OCCIDENTE	Urdaneta Pesado	148,04	147,94	0,065
	Menemota	65,08	65,07	3,46E-05
	Lagunillas	107,73	107,72	9,55E-05
	CPG	100	99,98	0,012
	BCF-17	100	99,99	0,005
	BCF-22	100	99,98	0,011
	BCF-24	100	99,99	0,008
	DZO-COLON	29,4	29,39	0,01
	PDT (Palmarejo)	27,66	27,64	0,049
ORIENTE	EPT-1	98,74	98,73	0,007
	JUS-2	371,49	371,48	0,0009
	PDT (Travieso)	1079,1	1079,08	0,001
	PTO	276,2	276,137	0,023
SUR	SUR	111	110,99	0,002
	Totales	2714,44	2714,2	0,009
	Contracción Volumétrica MBD		0,236	

Tabla 7: Porcentaje de Contracción Volumétrica en base a la contracción total por segregación

ÁREA	SISTEMA	V(ideal)-V(real) MBD	%	%
OCCIDENTE	Urdaneta Pesado	0,096	40,83	63,42
	Menemota	2,25E-05	0,01	
	Lagunillas	0,0001	0,04	
	CPG	0,012	5,10	
	BCF-17	0,005	2,13	
	BCF-22	0,011	4,68	
	BCF-24	0,008	3,40	
	DZO-COLON	0,003	1,28	
	PDT (Palmarejo)	0,014	5,95	
ORIENTE	EPT-1	0,007	2,98	35,73
	JUS-2	0,003	1,28	
	PDT (Travieso)	0,011	4,68	
	PTO	0,063	26,79	
SUR	SUR	0,002	0,85	0,85
	Totales	0,235	100	100

**ANEXO 1: Resultados y Cálculos Intermedios de Mermas en Tanque  
Techo Fijo (Tipo Cono)**

D	6	ft
Hvo	4,0625	ft
Hs	12	ft
HI	8	ft
Hro	0,0625	ft
Sr	0,0625	ft/ft
Rs	3	ft
Vv	114,8644	ft <sup>3</sup>

Location	Tax (°F)	Tan (°F)	I	Tax (°R)
Birmingham, AL	73,2	51,1	1345	533,2
Montgomery, AL	75,9	53,9	1388	535,9
Homer, AK	43,6	29,5	838	503,6
Phoenix, AZ	85,1	57,3	1869	545,1
Tucson, AZ	81,7	54,2	1872	541,7
Fort Smith, AR	72,5	49,0	1404	532,5
Little Rock, AR	72,9	50,8	1404	532,9
Bakersfield, CA	77,7	53,3	1749	537,7
Long Beach, CA	74,2	53,5	1598	534,2
Los Angeles AP, CA	70,1	55,0	1594	530,1
Sacramento, CA	73,4	47,8	1643	533,4
San Francisco AP, CA	64,9	48,3	1608	524,9
Santa Maria, CA	68,3	45,3	1608	528,3
Denver, CO	64,3	36,2	1568	524,3
Grand Junction, CO	65,7	39,6	1659	525,7
Wilmington, DE	63,5	44,5	1208	523,5
Atlanta, GA	71,3	51,1	1345	531,3
Savannah, GA	76,7	55,1	1365	536,7
Honolulu, HI	84,2	69,7	1639	544,2
Chicago, IL	58,7	39,7	1215	518,7
Springfield, IL	62,6	42,5	1302	522,6
Indianapolis, IN	62,0	42,2	1165	522,0
Wichita, KS	67,6	45,1	1502	527,6
Louisville, KY	66,1	46,2	1216	526,1
Baton Rouge, LA	78,0	57,0	1379	538,0
Lake Charles, LA	77,6	58,3	1365	537,6
New Orleans, LA	77,7	58,7	1437	537,7
Detroit, MI	58,2	38,9	1120	518,2
Grand Rapids, MI	57,2	37,7	1135	517,2
Minneapolis-St. Paul, MN	54,2	35,2	1170	514,2
Jackson, MS	76,3	52,9	1409	536,3
Billings, MT	57,9	35,4	1325	517,9
Las Vegas, NV	79,6	52,8	1864	539,6
Newark, NJ	62,5	45,9	1165	522,5
Rosswell, NM	75,3	47,5	1810	535,3
Buffalo, NY	55,8	39,3	1034	515,8

New, NY (La Guardia Airport)	61,0	47,5	1171	521,0
Cleveland, OH	58,5	40,7	1091	518,5
Columbus, OH	61,5	41,8	1123	521,5
Toledo, OH	58,8	38,3	1133	518,8
Oklahoma City, OK	71,2	48,6	1461	531,2
Tulsa, OK	71,3	49,2	1373	531,3
Astoria, OR	58,1	43,1	1000	518,1
Portland, OR	62,0	44,0	1067	522,0
Philadelphia, PA	63,4	45,1	1169	523,4
Pittsburgh, PA	59,9	40,7	1069	519,9
Providence, RI	59,3	41,2	1112	519,3
Columbia, SC	75,3	51,2	1380	535,3
Sioux Falls, SD	56,7	33,9	1290	516,7
Memphis, TN	71,6	51,9	1366	531,6
Amarillo, TX	70,7	43,8	1659	530,7
Corpus Christi, TX	81,6	62,5	1521	541,6
Dallas, TX	76,9	55,0	1468	536,9
Houston, TX	79,1	57,4	1351	539,1
Midland-Odessa, TX	77,0	49,9	1802	537,0
Salt Lake City, UT	64,0	39,3	1603	524,0
Richmond, VA	68,8	46,5	1248	528,8
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	58,9	43,9	1053	518,9
Charleston, WV	65,5	44,0	1123	525,5
Huntington, WV	65,3	45,0	1176	525,3
Cheyenne, WY	58,3	33,1	1491	518,3

Location	Tan (°R)	Tla (°R)	Taa (°R)	Tb (°R)
Birmingham, AL	511,1	523,9675	522,15	522,17
Montgomery, AL	513,9	526,7753	524,90	524,92
Homer, AK	489,5	497,6866	496,55	496,57
Phoenix, AZ	517,3	533,7213	531,20	531,22
Tucson, AZ	514,2	530,4753	527,95	527,97
Fort Smith, AR	509,0	522,6468	520,75	520,77
Little Rock, AR	510,8	523,7468	521,85	521,87
Bakersfield, CA	513,3	527,8601	525,50	525,52
Long Beach, CA	513,5	526,0073	523,85	523,87
Los Angeles AP, CA	515,0	524,7019	522,55	522,57
Sacramento, CA	507,8	522,8177	520,60	520,62
San Francisco AP, CA	508,3	518,7707	516,60	516,62
Santa Maria, CA	505,3	518,9707	516,80	516,82
Denver, CO	496,2	512,3670	510,25	510,27
Grand Junction, CO	499,6	514,8892	512,65	512,67
Wilmington, DE	504,5	515,6335	514,00	514,02
Atlanta, GA	511,1	523,0175	521,20	521,22
Savannah, GA	515,1	527,7444	525,90	525,92
Honolulu, HI	529,7	539,1624	536,95	536,97
Chicago, IL	499,7	510,8429	509,20	509,22
Springfield, IL	502,5	514,3098	512,55	512,57
Indianapolis, IN	502,2	513,6758	512,10	512,12
Wichita, KS	505,1	518,3784	516,35	516,37
Louisville, KY	506,2	517,7943	516,15	516,17

Baton Rouge, LA	517,0	529,3632	527,50	527,52
Lake Charles, LA	518,3	529,7944	527,95	527,97
New Orleans, LA	518,7	530,1411	528,20	528,22
Detroit, MI	498,9	510,0654	508,55	508,57
Grand Rapids, MI	497,7	508,9855	507,45	507,47
Minneapolis-St. Paul, MN	495,2	506,2825	504,70	504,72
Jackson, MS	512,9	526,5035	524,60	524,62
Billings, MT	495,4	508,4407	506,65	506,67
Las Vegas, NV	512,8	528,7146	526,20	526,22
Newark, NJ	505,9	515,7758	514,20	514,22
Roswell, NM	507,5	523,8420	521,40	521,42
Buffalo, NY	499,3	508,9499	507,55	507,57
New, NY (La Guardia Airport)	507,5	515,8339	514,25	514,27
Cleveland, OH	500,7	511,0764	509,60	509,62
Columbus, OH	501,8	513,1694	511,65	511,67
Toledo, OH	498,3	510,0828	508,55	508,57
Oklahoma City, OK	508,6	521,8733	519,90	519,92
Tulsa, OK	509,2	522,1051	520,25	520,27
Astoria, OR	503,1	511,9542	510,60	510,62
Portland, OR	504,0	514,4442	513,00	513,02
Philadelphia, PA	505,1	515,8312	514,25	514,27
Pittsburgh, PA	500,7	511,7469	510,30	510,32
Providence, RI	501,2	511,7546	510,25	510,27
Columbia, SC	511,2	525,1145	523,25	523,27
Sioux Falls, SD	493,9	507,0437	505,30	505,32
Memphis, TN	511,9	523,5957	521,75	521,77
Amarillo, TX	503,8	519,4892	517,25	517,27
Corpus Christi, TX	522,5	534,1039	532,05	532,07
Dallas, TX	515,0	527,9327	525,95	525,97
Houston, TX	517,4	530,0756	528,25	528,27
Midland-Odessa, TX	509,9	525,8813	523,45	523,47
Salt Lake City, UT	499,3	513,8140	511,65	511,67
Richmond, VA	506,5	519,3373	517,65	517,67
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	503,9	512,8254	511,40	511,42
Charleston, WV	504,0	516,2694	514,75	514,77
Huntington, WV	505,0	516,7406	515,15	515,17
Cheyenne, WY	493,1	507,7136	505,70	505,72

Component	Vapor Pressure Equation Constants		
	A	B	C
	(Dimensionless)	(°C)	(°C)
Benzene	6,905	1211,033	220,79
Cyclohexane	6,841	1201,530	222,65
Toluene	6,954	1344,800	219,48

Component	Amount, lb	Mi	Moles	Xi
Benzene	2812	78,11	36,0005	0,9000
Cyclohexane	101	84,16	1,2001	0,0300
Toluene	258	92,13	2,8004	0,0700
TOTAL			40,0010	1,0000



Location	T <sub>la</sub> (°C)	log (Pi)		
		Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	17,7597	1,8284	1,8432	1,2855
Montgomery, AL	19,3196	1,8613	1,8754	1,3225
Homer, AK	3,1592	1,4974	1,5200	0,9137
Phoenix, AZ	23,1785	1,9411	1,9533	1,4121
Tucson, AZ	21,3752	1,9041	1,9172	1,3706
Fort Smith, AR	17,0260	1,8127	1,8279	1,2679
Little Rock, AR	17,6371	1,8257	1,8406	1,2825
Bakersfield, CA	19,9223	1,8740	1,8877	1,3367
Long Beach, CA	18,8930	1,8524	1,8666	1,3124
Los Angeles AP, CA	18,1677	1,8370	1,8516	1,2952
Sacramento, CA	17,1210	1,8147	1,8298	1,2702
San Francisco AP, CA	14,8726	1,7662	1,7824	1,2156
Santa Maria, CA	14,9837	1,7686	1,7848	1,2184
Denver, CO	11,3150	1,6874	1,7055	1,1272
Grand Junction, CO	12,7162	1,7187	1,7361	1,1623
Wilmington, DE	13,1297	1,7279	1,7450	1,1726
Atlanta, GA	17,2320	1,8171	1,8322	1,2728
Savannah, GA	19,8580	1,8726	1,8864	1,3352
Honolulu, HI	26,2013	2,0019	2,0127	1,4802
Chicago, IL	10,4683	1,6683	1,6868	1,1057
Springfield, IL	12,3943	1,7115	1,7291	1,1543
Indianapolis, IN	12,0421	1,7037	1,7214	1,1455
Wichita, KS	14,6547	1,7614	1,7778	1,2103
Louisville, KY	14,3302	1,7543	1,7708	1,2023
Baton Rouge, LA	20,7573	1,8914	1,9047	1,3562
Lake Charles, LA	20,9969	1,8963	1,9096	1,3618
New Orleans, LA	21,1895	1,9003	1,9135	1,3663
Detroit, MI	10,0363	1,6585	1,6773	1,0947
Grand Rapids, MI	9,4364	1,6448	1,6639	1,0794
Minneapolis-St. Paul, MN	7,9347	1,6103	1,6302	1,0406
Jackson, MS	19,1686	1,8582	1,8723	1,3189
Billings, MT	9,1337	1,6379	1,6572	1,0716
Las Vegas, NV	20,3970	1,8839	1,8974	1,3478
Newark, NJ	13,2088	1,7296	1,7467	1,1746
Rosswell, NM	17,6900	1,8269	1,8417	1,2838
Buffalo, NY	9,4166	1,6444	1,6635	1,0789
New, NY (La Guardia Airport)	13,2410	1,7303	1,7474	1,1754
Cleveland, OH	10,5980	1,6712	1,6897	1,1090
Columbus, OH	11,7608	1,6974	1,7153	1,1384
Toledo, OH	10,0460	1,6587	1,6775	1,0950
Oklahoma City, OK	16,5963	1,8035	1,8189	1,2575
Tulsa, OK	16,7251	1,8062	1,8216	1,2606
Astoria, OR	11,0857	1,6822	1,7004	1,1214
Portland, OR	12,4690	1,7132	1,7307	1,1562
Philadelphia, PA	13,2395	1,7303	1,7474	1,1754
Pittsburgh, PA	10,9705	1,6796	1,6979	1,1185
Providence, RI	10,9748	1,6797	1,6980	1,1186
Columbia, SC	18,3970	1,8419	1,8564	1,3007

Sioux Falls, SD	8,3576	1,6201	1,6397	1,0516
Memphis, TN	17,5532	1,8240	1,8389	1,2805
Amarillo, TX	15,2718	1,7748	1,7909	1,2254
Corpus Christi, TX	23,3911	1,9454	1,9575	1,4169
Dallas, TX	19,9626	1,8748	1,8885	1,3376
Houston, TX	21,1531	1,8996	1,9127	1,3654
Midland-Odessa, TX	18,8229	1,8509	1,8652	1,3108
Salt Lake City, UT	12,1189	1,7054	1,7231	1,1474
Richmond, VA	15,1874	1,7730	1,7891	1,2233
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	11,5697	1,6931	1,7111	1,1336
Charleston, WV	13,4830	1,7357	1,7526	1,1814
Huntington, WV	13,7448	1,7414	1,7583	1,1879
Cheyenne, WY	8,7298	1,6286	1,6481	1,0612

Location	Pi (mm Hg)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	67,3523	69,6879	19,2962
Montgomery, AL	72,6662	75,0544	21,0136
Homer, AK	31,4324	33,1134	8,1985
Phoenix, AZ	87,3190	89,8098	25,8259
Tucson, AZ	80,1945	82,6427	23,4726
Fort Smith, AR	64,9664	67,2755	18,5304
Little Rock, AR	66,9485	69,2798	19,1664
Bakersfield, CA	74,8101	77,2171	21,7108
Long Beach, CA	71,1794	73,5538	20,5315
Los Angeles AP, CA	68,7101	71,0600	19,7335
Sacramento, CA	65,2713	67,5839	18,6281
San Francisco AP, CA	58,3658	60,5910	16,4301
Santa Maria, CA	58,6921	60,9219	16,5333
Denver, CO	48,6846	50,7561	13,4025
Grand Junction, CO	52,3241	54,4581	14,5327
Wilmington, DE	53,4404	55,5924	14,8814
Atlanta, GA	65,6290	67,9456	18,7428
Savannah, GA	74,5790	76,9840	21,6356
Honolulu, HI	100,4292	102,9663	30,2164
Chicago, IL	46,5896	48,6223	12,7564
Springfield, IL	51,4686	53,5884	14,2661
Indianapolis, IN	50,5459	52,6501	13,9792
Wichita, KS	57,7299	59,9462	16,2292
Louisville, KY	56,7939	58,9968	15,9340
Baton Rouge, LA	77,8670	80,2983	22,7092
Lake Charles, LA	78,7627	81,2007	23,0027
New Orleans, LA	79,4891	81,9323	23,2410
Detroit, MI	45,5500	47,5627	12,4372
Grand Rapids, MI	44,1384	46,1232	12,0051
Minneapolis-St. Paul, MN	40,7645	42,6780	10,9793
Jackson, MS	72,1371	74,5205	20,8419
Billings, MT	43,4402	45,4107	11,7920
Las Vegas, NV	76,5354	78,9565	22,2737
Newark, NJ	53,6560	55,8114	14,9488
Rosswell, NM	67,1225	69,4557	19,2223

Buffalo, NY	44,0925	46,0763	11,9911
New, NY (La Guardia Airport)	53,7442	55,9010	14,9764
Cleveland, OH	46,9055	48,9443	12,8536
Columbus, OH	49,8188	51,9104	13,7536
Toledo, OH	45,5731	47,5863	12,4443
Oklahoma City, OK	63,6021	65,8951	18,0941
Tulsa, OK	64,0085	66,3064	18,2239
Astoria, OR	48,1095	50,1706	13,2248
Portland, OR	51,6659	53,7891	14,3276
Philadelphia, PA	53,7401	55,8968	14,9751
Pittsburgh, PA	47,8229	49,8787	13,1363
Providence, RI	47,8335	49,8896	13,1396
Columbia, SC	69,4828	71,8406	19,9828
Sioux Falls, SD	41,6920	43,6257	11,2603
Memphis, TN	66,6734	69,0017	19,0780
Amarillo, TX	59,5453	61,7867	16,8034
Corpus Christi, TX	88,1922	90,6874	26,1159
Dallas, TX	74,9555	77,3637	21,7582
Houston, TX	79,3514	81,7937	23,1958
Midland-Odessa, TX	70,9379	73,3099	20,4533
Salt Lake City, UT	50,7459	52,8535	14,0414
Richmond, VA	59,2942	61,5322	16,7238
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	49,3299	51,4129	13,6021
Charleston, WV	54,4097	56,5768	15,1848
Huntington, WV	55,1373	57,3156	15,4130
Cheyenne, WY	42,5229	44,4743	11,5127

Location	Pi (psia)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	1,3027	1,3479	0,3732
Montgomery, AL	1,4055	1,4517	0,4064
Homer, AK	0,6080	0,6405	0,1586
Phoenix, AZ	1,6889	1,7371	0,4995
Tucson, AZ	1,5511	1,5985	0,4540
Fort Smith, AR	1,2566	1,3012	0,3584
Little Rock, AR	1,2949	1,3400	0,3707
Bakersfield, CA	1,4470	1,4935	0,4199
Long Beach, CA	1,3768	1,4227	0,3971
Los Angeles AP, CA	1,3290	1,3744	0,3817
Sacramento, CA	1,2625	1,3072	0,3603
San Francisco AP, CA	1,1289	1,1720	0,3178
Santa Maria, CA	1,1352	1,1784	0,3198
Denver, CO	0,9417	0,9817	0,2592
Grand Junction, CO	1,0121	1,0533	0,2811
Wilmington, DE	1,0336	1,0753	0,2878
Atlanta, GA	1,2694	1,3142	0,3625
Savannah, GA	1,4425	1,4890	0,4185
Honolulu, HI	1,9425	1,9916	0,5844
Chicago, IL	0,9011	0,9405	0,2467
Springfield, IL	0,9955	1,0365	0,2759
Indianapolis, IN	0,9777	1,0184	0,2704

Wichita, KS	1,1166	1,1595	0,3139
Louisville, KY	1,0985	1,1411	0,3082
Baton Rouge, LA	1,5061	1,5531	0,4392
Lake Charles, LA	1,5234	1,5706	0,4449
New Orleans, LA	1,5375	1,5847	0,4495
Detroit, MI	0,8810	0,9200	0,2406
Grand Rapids, MI	0,8537	0,8921	0,2322
Minneapolis-St. Paul, MN	0,7885	0,8255	0,2124
Jackson, MS	1,3953	1,4414	0,4031
Billings, MT	0,8402	0,8783	0,2281
Las Vegas, NV	1,4804	1,5272	0,4308
Newark, NJ	1,0378	1,0795	0,2891
Rosswell, NM	1,2983	1,3434	0,3718
Buffalo, NY	0,8528	0,8912	0,2319
New, NY (La Guardia Airport)	1,0395	1,0812	0,2897
Cleveland, OH	0,9073	0,9467	0,2486
Columbus, OH	0,9636	1,0041	0,2660
Toledo, OH	0,8815	0,9204	0,2407
Oklahoma City, OK	1,2302	1,2746	0,3500
Tulsa, OK	1,2381	1,2825	0,3525
Astoria, OR	0,9305	0,9704	0,2558
Portland, OR	0,9993	1,0404	0,2771
Philadelphia, PA	1,0394	1,0812	0,2897
Pittsburgh, PA	0,9250	0,9648	0,2541
Providence, RI	0,9252	0,9650	0,2541
Columbia, SC	1,3439	1,3895	0,3865
Sioux Falls, SD	0,8064	0,8438	0,2178
Memphis, TN	1,2896	1,3346	0,3690
Amarillo, TX	1,1517	1,1951	0,3250
Corpus Christi, TX	1,7058	1,7541	0,5051
Dallas, TX	1,4498	1,4964	0,4208
Houston, TX	1,5348	1,5821	0,4487
Midland-Odessa, TX	1,3721	1,4180	0,3956
Salt Lake City, UT	0,9815	1,0223	0,2716
Richmond, VA	1,1469	1,1902	0,3235
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,9541	0,9944	0,2631
Charleston, WV	1,0524	1,0943	0,2937
Huntington, WV	1,0665	1,1086	0,2981
Cheyenne, WY	0,8225	0,8602	0,2227

Location	P partial (psia)			Pva
	Benzene	Cyclohexane	Toluene	
Birmingham, AL	1,1724	0,0404	0,0261	1,2390
Montgomery, AL	1,2650	0,0436	0,0285	1,3370
Homer, AK	0,5472	0,0192	0,0111	0,5775
Phoenix, AZ	1,5200	0,0521	0,0350	1,6071
Tucson, AZ	1,3960	0,0480	0,0318	1,4757
Fort Smith, AR	1,1309	0,0390	0,0251	1,1950
Little Rock, AR	1,1654	0,0402	0,0260	1,2316
Bakersfield, CA	1,3023	0,0448	0,0294	1,3765
Long Beach, CA	1,2391	0,0427	0,0278	1,3096

Los Angeles AP, CA	1,1961	0,0412	0,0267	1,2640
Sacramento, CA	1,1362	0,0392	0,0252	1,2007
San Francisco AP, CA	1,0160	0,0352	0,0222	1,0734
Santa Maria, CA	1,0217	0,0354	0,0224	1,0794
Denver, CO	0,8475	0,0295	0,0181	0,8951
Grand Junction, CO	0,9108	0,0316	0,0197	0,9621
Wilmington, DE	0,9303	0,0323	0,0202	0,9827
Atlanta, GA	1,1424	0,0394	0,0254	1,2073
Savannah, GA	1,2982	0,0447	0,0293	1,3722
Honolulu, HI	1,7482	0,0598	0,0409	1,8489
Chicago, IL	0,8110	0,0282	0,0173	0,8565
Springfield, IL	0,8959	0,0311	0,0193	0,9464
Indianapolis, IN	0,8799	0,0306	0,0189	0,9294
Wichita, KS	1,0049	0,0348	0,0220	1,0617
Louisville, KY	0,9887	0,0342	0,0216	1,0445
Baton Rouge, LA	1,3555	0,0466	0,0308	1,4328
Lake Charles, LA	1,3711	0,0471	0,0311	1,4493
New Orleans, LA	1,3837	0,0475	0,0315	1,4627
Detroit, MI	0,7929	0,0276	0,0168	0,8374
Grand Rapids, MI	0,7683	0,0268	0,0163	0,8114
Minneapolis-St. Paul, MN	0,7096	0,0248	0,0149	0,7492
Jackson, MS	1,2557	0,0432	0,0282	1,3272
Billings, MT	0,7562	0,0264	0,0160	0,7985
Las Vegas, NV	1,3323	0,0458	0,0302	1,4083
Newark, NJ	0,9340	0,0324	0,0202	0,9867
Rosswell, NM	1,1684	0,0403	0,0260	1,2348
Buffalo, NY	0,7675	0,0267	0,0162	0,8105
New, NY (La Guardia Airport)	0,9356	0,0324	0,0203	0,9883
Cleveland, OH	0,8165	0,0284	0,0174	0,8623
Columbus, OH	0,8672	0,0301	0,0186	0,9160
Toledo, OH	0,7933	0,0276	0,0169	0,8378
Oklahoma City, OK	1,1072	0,0382	0,0245	1,1699
Tulsa, OK	1,1142	0,0385	0,0247	1,1774
Astoria, OR	0,8375	0,0291	0,0179	0,8845
Portland, OR	0,8994	0,0312	0,0194	0,9500
Philadelphia, PA	0,9355	0,0324	0,0203	0,9882
Pittsburgh, PA	0,8325	0,0289	0,0178	0,8792
Providence, RI	0,8327	0,0290	0,0178	0,8794
Columbia, SC	1,2095	0,0417	0,0271	1,2783
Sioux Falls, SD	0,7258	0,0253	0,0152	0,7663
Memphis, TN	1,1606	0,0400	0,0258	1,2265
Amarillo, TX	1,0365	0,0359	0,0228	1,0952
Corpus Christi, TX	1,5352	0,0526	0,0354	1,6232
Dallas, TX	1,3048	0,0449	0,0295	1,3792
Houston, TX	1,3813	0,0475	0,0314	1,4602
Midland-Odessa, TX	1,2349	0,0425	0,0277	1,3051
Salt Lake City, UT	0,8834	0,0307	0,0190	0,9331
Richmond, VA	1,0322	0,0357	0,0226	1,0905
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,8587	0,0298	0,0184	0,9070
Charleston, WV	0,9471	0,0328	0,0206	1,0005
Huntington, WV	0,9598	0,0333	0,0209	1,0139
Cheyenne, WY	0,7402	0,0258	0,0156	0,7816

Location	Yi		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	0,9463	0,0326	0,0211
Montgomery, AL	0,9461	0,0326	0,0213
Homer, AK	0,9475	0,0333	0,0192
Phoenix, AZ	0,9458	0,0324	0,0218
Tucson, AZ	0,9460	0,0325	0,0215
Fort Smith, AR	0,9463	0,0327	0,0210
Little Rock, AR	0,9463	0,0326	0,0211
Bakersfield, CA	0,9461	0,0326	0,0214
Long Beach, CA	0,9462	0,0326	0,0212
Los Angeles AP, CA	0,9462	0,0326	0,0211
Sacramento, CA	0,9463	0,0327	0,0210
San Francisco AP, CA	0,9465	0,0328	0,0207
Santa Maria, CA	0,9465	0,0328	0,0207
Denver, CO	0,9468	0,0329	0,0203
Grand Junction, CO	0,9467	0,0328	0,0205
Wilmington, DE	0,9467	0,0328	0,0205
Atlanta, GA	0,9463	0,0327	0,0210
Savannah, GA	0,9461	0,0326	0,0213
Honolulu, HI	0,9456	0,0323	0,0221
Chicago, IL	0,9469	0,0329	0,0202
Springfield, IL	0,9467	0,0329	0,0204
Indianapolis, IN	0,9468	0,0329	0,0204
Wichita, KS	0,9465	0,0328	0,0207
Louisville, KY	0,9466	0,0328	0,0207
Baton Rouge, LA	0,9460	0,0325	0,0215
Lake Charles, LA	0,9460	0,0325	0,0215
New Orleans, LA	0,9460	0,0325	0,0215
Detroit, MI	0,9469	0,0330	0,0201
Grand Rapids, MI	0,9470	0,0330	0,0200
Minneapolis-St. Paul, MN	0,9471	0,0331	0,0198
Jackson, MS	0,9462	0,0326	0,0213
Billings, MT	0,9470	0,0330	0,0200
Las Vegas, NV	0,9460	0,0325	0,0214
Newark, NJ	0,9467	0,0328	0,0205
Rosswell, NM	0,9463	0,0326	0,0211
Buffalo, NY	0,9470	0,0330	0,0200
New, NY (La Guardia Airport)	0,9467	0,0328	0,0205
Cleveland, OH	0,9469	0,0329	0,0202
Columbus, OH	0,9468	0,0329	0,0203
Toledo, OH	0,9469	0,0330	0,0201
Oklahoma City, OK	0,9464	0,0327	0,0209
Tulsa, OK	0,9464	0,0327	0,0210
Astoria, OR	0,9468	0,0329	0,0202
Portland, OR	0,9467	0,0329	0,0204
Philadelphia, PA	0,9467	0,0328	0,0205
Pittsburgh, PA	0,9468	0,0329	0,0202
Providence, RI	0,9468	0,0329	0,0202
Columbia, SC	0,9462	0,0326	0,0212

Sioux Falls, SD	0,9471	0,0330	0,0199
Memphis, TN	0,9463	0,0326	0,0211
Amarillo, TX	0,9465	0,0327	0,0208
Corpus Christi, TX	0,9458	0,0324	0,0218
Dallas, TX	0,9461	0,0326	0,0214
Houston, TX	0,9460	0,0325	0,0215
Midland-Odessa, TX	0,9462	0,0326	0,0212
Salt Lake City, UT	0,9468	0,0329	0,0204
Richmond, VA	0,9465	0,0327	0,0208
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,9468	0,0329	0,0203
Charleston, WV	0,9466	0,0328	0,0206
Huntington, WV	0,9466	0,0328	0,0206
Cheyenne, WY	0,9470	0,0330	0,0199

Location	MiYi		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	73,9134	2,7468	1,9429
Montgomery, AL	73,9030	2,7417	1,9608
Homer, AK	74,0093	2,8004	1,7711
Phoenix, AZ	73,8773	2,7292	2,0048
Tucson, AZ	73,8893	2,7349	1,9843
Fort Smith, AR	73,9183	2,7493	1,9344
Little Rock, AR	73,9142	2,7473	1,9415
Bakersfield, CA	73,8990	2,7397	1,9677
Long Beach, CA	73,9059	2,7431	1,9559
Los Angeles AP, CA	73,9107	2,7455	1,9476
Sacramento, CA	73,9176	2,7490	1,9355
San Francisco AP, CA	73,9325	2,7567	1,9095
Santa Maria, CA	73,9318	2,7563	1,9108
Denver, CO	73,9560	2,7693	1,8680
Grand Junction, CO	73,9468	2,7643	1,8844
Wilmington, DE	73,9441	2,7628	1,8892
Atlanta, GA	73,9169	2,7486	1,9368
Savannah, GA	73,8994	2,7399	1,9670
Honolulu, HI	73,8572	2,7198	2,0388
Chicago, IL	73,9616	2,7724	1,8580
Springfield, IL	73,9489	2,7655	1,8806
Indianapolis, IN	73,9512	2,7667	1,8765
Wichita, KS	73,9340	2,7575	1,9070
Louisville, KY	73,9361	2,7586	1,9032
Baton Rouge, LA	73,8935	2,7369	1,9772
Lake Charles, LA	73,8919	2,7362	1,9800
New Orleans, LA	73,8906	2,7355	1,9822
Detroit, MI	73,9644	2,7740	1,8529
Grand Rapids, MI	73,9684	2,7762	1,8459
Minneapolis-St. Paul, MN	73,9782	2,7818	1,8281
Jackson, MS	73,9040	2,7421	1,9591
Billings, MT	73,9704	2,7773	1,8423
Las Vegas, NV	73,8959	2,7381	1,9731
Newark, NJ	73,9435	2,7626	1,8901
Rosswell, NM	73,9139	2,7471	1,9421

Buffalo, NY	73,9685	2,7763	1,8456
New, NY (La Guardia Airport)	73,9433	2,7624	1,8905
Cleveland, OH	73,9607	2,7719	1,8595
Columbus, OH	73,9531	2,7677	1,8732
Toledo, OH	73,9644	2,7740	1,8531
Oklahoma City, OK	73,9211	2,7508	1,9295
Tulsa, OK	73,9203	2,7503	1,9310
Astoria, OR	73,9575	2,7702	1,8653
Portland, OR	73,9484	2,7652	1,8815
Philadelphia, PA	73,9433	2,7624	1,8905
Pittsburgh, PA	73,9583	2,7706	1,8639
Providence, RI	73,9583	2,7706	1,8640
Columbia, SC	73,9092	2,7447	1,9502
Sioux Falls, SD	73,9755	2,7802	1,8331
Memphis, TN	73,9148	2,7475	1,9405
Amarillo, TX	73,9299	2,7553	1,9141
Corpus Christi, TX	73,8759	2,7285	2,0072
Dallas, TX	73,8987	2,7395	1,9682
Houston, TX	73,8908	2,7357	1,9818
Midland-Odessa, TX	73,9063	2,7433	1,9551
Salt Lake City, UT	73,9507	2,7664	1,8774
Richmond, VA	73,9304	2,7556	1,9132
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	73,9544	2,7684	1,8710
Charleston, WV	73,9417	2,7616	1,8933
Huntington, WV	73,9400	2,7607	1,8964
Cheyenne, WY	73,9730	2,7789	1,8375

Location	Mv	Wv
Birmingham, AL	78,6031	0,0173
Montgomery, AL	78,6055	0,0186
Homer, AK	78,5808	0,0085
Phoenix, AZ	78,6113	0,0221
Tucson, AZ	78,6086	0,0204
Fort Smith, AR	78,6020	0,0167
Little Rock, AR	78,6029	0,0172
Bakersfield, CA	78,6064	0,0191
Long Beach, CA	78,6048	0,0182
Los Angeles AP, CA	78,6037	0,0176
Sacramento, CA	78,6022	0,0168
San Francisco AP, CA	78,5988	0,0152
Santa Maria, CA	78,5989	0,0152
Denver, CO	78,5933	0,0128
Grand Junction, CO	78,5955	0,0137
Wilmington, DE	78,5961	0,0140
Atlanta, GA	78,6023	0,0169
Savannah, GA	78,6063	0,0190
Honolulu, HI	78,6158	0,0251
Chicago, IL	78,5920	0,0123



Springfield, IL	78,5950	0,0135
Indianapolis, IN	78,5944	0,0133
Wichita, KS	78,5984	0,0150
Louisville, KY	78,5979	0,0148
Baton Rouge, LA	78,6076	0,0198
Lake Charles, LA	78,6080	0,0200
New Orleans, LA	78,6083	0,0202
Detroit, MI	78,5914	0,0120
Grand Rapids, MI	78,5905	0,0117
Minneapolis-St. Paul, MN	78,5882	0,0108
Jackson, MS	78,6052	0,0185
Billings, MT	78,5900	0,0115
Las Vegas, NV	78,6071	0,0195
Newark, NJ	78,5962	0,0140
Rosswell, NM	78,6030	0,0173
Buffalo, NY	78,5904	0,0117
New, NY (La Guardia Airport)	78,5963	0,0140
Cleveland, OH	78,5922	0,0124
Columbus, OH	78,5940	0,0131
Toledo, OH	78,5914	0,0120
Oklahoma City, OK	78,6014	0,0164
Tulsa, OK	78,6016	0,0165
Astoria, OR	78,5930	0,0127
Portland, OR	78,5951	0,0135
Philadelphia, PA	78,5963	0,0140
Pittsburgh, PA	78,5928	0,0126
Providence, RI	78,5928	0,0126
Columbia, SC	78,6041	0,0178
Sioux Falls, SD	78,5888	0,0111
Memphis, TN	78,6028	0,0172
Amarillo, TX	78,5994	0,0154
Corpus Christi, TX	78,6116	0,0223
Dallas, TX	78,6064	0,0191
Houston, TX	78,6082	0,0202
Midland-Odessa, TX	78,6047	0,0182
Salt Lake City, UT	78,5946	0,0133
Richmond, VA	78,5992	0,0154
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	78,5937	0,0130
Charleston, WV	78,5966	0,0142
Huntington, WV	78,5970	0,0144
Cheyenne, WY	78,5894	0,0113

$\alpha$	0,17	
Pbp	0.03	psi
Pbv	-0,03	psi
$\Delta P_b$	0,06	psi
Pa	14,7	psia

Location	Tax (°F)	Tan (°F)	l	Tax (°R)
Birmingham, AL	73,2	51,1	1345	533,2

Montgomery, AL	75,9	53,9	1388	535,9
Homer, AK	43,6	29,5	838	503,6
Phoenix, AZ	85,1	57,3	1869	545,1
Tucson, AZ	81,7	54,2	1872	541,7
Fort Smith, AR	72,5	49,0	1404	532,5
Little Rock, AR	72,9	50,8	1404	532,9
Bakersfield, CA	77,7	53,3	1749	537,7
Long Beach, CA	74,2	53,5	1598	534,2
Los Angeles AP, CA	70,1	55,0	1594	530,1
Sacramento, CA	73,4	47,8	1643	533,4
San Francisco AP, CA	64,9	48,3	1608	524,9
Santa Maria, CA	68,3	45,3	1608	528,3
Denver, CO	64,3	36,2	1568	524,3
Grand Junction, CO	65,7	39,6	1659	525,7
Wilmington, DE	63,5	44,5	1208	523,5
Atlanta, GA	71,3	51,1	1345	531,3
Savannah, GA	76,7	55,1	1365	536,7
Honolulu, HI	84,2	69,7	1639	544,2
Chicago, IL	58,7	39,7	1215	518,7
Springfield, IL	62,6	42,5	1302	522,6
Indianapolis, IN	62,0	42,2	1165	522,0
Wichita, KS	67,6	45,1	1502	527,6
Louisville, KY	66,1	46,2	1216	526,1
Baton Rouge, LA	78,0	57,0	1379	538,0
Lake Charles, LA	77,6	58,3	1365	537,6
New Orleans, LA	77,7	58,7	1437	537,7
Detroit, MI	58,2	38,9	1120	518,2
Grand Rapids, MI	57,2	37,7	1135	517,2
Minneapolis-St. Paul, MN	54,2	35,2	1170	514,2
Jackson, MS	76,3	52,9	1409	536,3
Billings, MT	57,9	35,4	1325	517,9
Las Vegas, NV	79,6	52,8	1864	539,6
Newark, NJ	62,5	45,9	1165	522,5
Rosswell, NM	75,3	47,5	1810	535,3
Buffalo, NY	55,8	39,3	1034	515,8
New, NY (La Guardia Airport)	61,0	47,5	1171	521,0
Cleveland, OH	58,5	40,7	1091	518,5
Columbus, OH	61,5	41,8	1123	521,5
Toledo, OH	58,8	38,3	1133	518,8
Oklahoma City, OK	71,2	48,6	1461	531,2
Tulsa, OK	71,3	49,2	1373	531,3
Astoria, OR	58,1	43,1	1000	518,1
Portland, OR	62,0	44,0	1067	522,0
Philadelphia, PA	63,4	45,1	1169	523,4
Pittsburgh, PA	59,9	40,7	1069	519,9
Providence, RI	59,3	41,2	1112	519,3
Columbia, SC	75,3	51,2	1380	535,3
Sioux Falls, SD	56,7	33,9	1290	516,7
Memphis, TN	71,6	51,9	1366	531,6
Amarillo, TX	70,7	43,8	1659	530,7
Corpus Christi, TX	81,6	62,5	1521	541,6
Dallas, TX	76,9	55,0	1468	536,9

Houston, TX	79,1	57,4	1351	539,1
Midland-Odessa, TX	77,0	49,9	1802	537,0
Salt Lake City, UT	64,0	39,3	1603	524,0
Richmond, VA	68,8	46,5	1248	528,8
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	58,9	43,9	1053	518,9
Charleston, WV	65,5	44,0	1123	525,5
Huntington, WV	65,3	45,0	1176	525,3
Cheyenne, WY	58,3	33,1	1491	518,3

Location	Tan (°R)	$\Delta T_a$ (°F)	$\Delta T_v$	Tla (°R)
Birmingham, AL	511,1	22,1	22,3142	523,9675
Montgomery, AL	513,9	22,0	22,4469	526,7753
Homer, AK	489,5	14,1	14,1409	497,6866
Phoenix, AZ	517,3	27,8	28,9124	533,7213
Tucson, AZ	514,2	27,5	28,7107	530,4753
Fort Smith, AR	509,0	23,5	23,6030	522,6468
Little Rock, AR	510,8	22,1	22,5950	523,7468
Bakersfield, CA	513,3	24,4	25,8932	527,8601
Long Beach, CA	513,5	20,7	22,5105	526,0073
Los Angeles AP, CA	515,0	15,1	18,4594	524,7019
Sacramento, CA	507,8	25,6	26,2527	522,8177
San Francisco AP, CA	508,3	16,6	19,6061	518,7707
Santa Maria, CA	505,3	23,0	24,2141	518,9707
Denver, CO	496,2	28,1	27,6957	512,3670
Grand Junction, CO	499,6	26,1	26,6888	514,8892
Wilmington, DE	504,5	19,0	19,4301	515,6335
Atlanta, GA	511,1	20,2	20,9462	523,0175
Savannah, GA	515,1	21,6	22,0494	527,7444
Honolulu, HI	529,7	14,5	18,2416	539,1624
Chicago, IL	499,7	19,0	19,4634	510,8429
Springfield, IL	502,5	20,1	20,6695	514,3098
Indianapolis, IN	502,2	19,8	19,8014	513,6758
Wichita, KS	505,1	22,5	23,3495	518,3784
Louisville, KY	506,2	19,9	20,1162	517,7943
Baton Rouge, LA	517,0	21,0	21,6840	529,3632
Lake Charles, LA	518,3	19,3	20,3934	529,7944
New Orleans, LA	518,7	19,0	20,5201	530,1411
Detroit, MI	498,9	19,3	19,2272	510,0654
Grand Rapids, MI	497,7	19,5	19,4426	508,9855
Minneapolis-St. Paul, MN	495,2	19,0	19,2492	506,2825
Jackson, MS	512,9	23,4	23,5548	526,5035
Billings, MT	495,4	22,5	22,5070	508,4407
Las Vegas, NV	512,8	26,8	28,1686	528,7146
Newark, NJ	505,9	16,6	17,4974	515,7758
Roswell, NM	507,5	27,8	28,6316	523,8420
Buffalo, NY	499,3	16,5	16,8018	508,9499
New, NY (La Guardia Airport)	507,5	13,5	15,2940	515,8339
Cleveland, OH	500,7	17,8	18,0092	511,0764
Columbus, OH	501,8	19,7	19,5295	513,1694
Toledo, OH	498,3	20,5	20,1531	510,0828
Oklahoma City, OK	508,6	22,6	23,2264	521,8733

Tulsa, OK	509,2	22,1	22,4475	522,1051
Astoria, OR	503,1	15,0	15,5600	511,9542
Portland, OR	504,0	18,0	18,0389	514,4442
Philadelphia, PA	505,1	18,3	18,7404	515,8312
Pittsburgh, PA	500,7	19,2	18,9124	511,7469
Providence, RI	501,2	18,1	18,3251	511,7546
Columbia, SC	511,2	24,1	23,9208	525,1145
Sioux Falls, SD	493,9	22,8	22,5564	507,0437
Memphis, TN	511,9	19,7	20,6862	523,5957
Amarillo, TX	503,8	26,9	27,2648	519,4892
Corpus Christi, TX	522,5	19,1	20,9920	534,1039
Dallas, TX	515,0	21,9	22,7557	527,9327
Houston, TX	517,4	21,7	22,0548	530,0756
Midland-Odessa, TX	509,9	27,1	28,0895	525,8813
Salt Lake City, UT	499,3	24,7	25,4143	513,8140
Richmond, VA	506,5	22,3	21,9965	519,3373
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	503,9	15,0	15,8123	512,8254
Charleston, WV	504,0	21,5	20,8255	516,2694
Huntington, WV	505,0	20,3	20,2138	516,7406
Cheyenne, WY	493,1	25,2	25,2412	507,7136

Location	Tlx (°R)	Tln (°R)
Birmingham, AL	529,5461	518,3890
Montgomery, AL	532,3870	521,1636
Homer, AK	501,2219	494,1514
Phoenix, AZ	540,9494	526,4932
Tucson, AZ	537,6530	523,2976
Fort Smith, AR	528,5475	516,7460
Little Rock, AR	529,3955	518,0980
Bakersfield, CA	534,3334	521,3868
Long Beach, CA	531,6349	520,3797
Los Angeles AP, CA	529,3168	520,0871
Sacramento, CA	529,3809	516,2546
San Francisco AP, CA	523,6723	513,8692
Santa Maria, CA	525,0243	512,9172
Denver, CO	519,2909	505,4431
Grand Junction, CO	521,5614	508,2170
Wilmington, DE	520,4911	510,7760
Atlanta, GA	528,2541	517,7810
Savannah, GA	533,2567	522,2320
Honolulu, HI	543,7228	534,6020
Chicago, IL	515,7088	505,9771
Springfield, IL	519,4772	509,1424
Indianapolis, IN	518,6261	508,7254
Wichita, KS	524,2158	512,5410
Louisville, KY	522,8233	512,7652
Baton Rouge, LA	534,7842	523,9422
Lake Charles, LA	534,8927	524,6960
New Orleans, LA	535,2711	525,0111
Detroit, MI	514,8722	505,2586
Grand Rapids, MI	513,8462	504,1249

Minneapolis-St. Paul, MN	511,0948	501,4702
Jackson, MS	532,3922	520,6148
Billings, MT	514,0674	502,8139
Las Vegas, NV	535,7567	521,6724
Newark, NJ	520,1501	511,4014
Rosswell, NM	530,9999	516,6841
Buffalo, NY	513,1503	504,7494
New, NY (La Guardia Airport)	519,6573	512,0104
Cleveland, OH	515,5787	506,5741
Columbus, OH	518,0518	508,2870
Toledo, OH	515,1211	505,0445
Oklahoma City, OK	527,6799	516,0667
Tulsa, OK	527,7170	516,4933
Astoria, OR	515,8442	508,0642
Portland, OR	518,9539	509,9345
Philadelphia, PA	520,5163	511,1461
Pittsburgh, PA	516,4750	507,0188
Providence, RI	516,3359	507,1733
Columbia, SC	531,0947	519,1343
Sioux Falls, SD	512,6828	501,4046
Memphis, TN	528,7673	518,4242
Amarillo, TX	526,3054	512,6730
Corpus Christi, TX	539,3519	528,8559
Dallas, TX	533,6216	522,2438
Houston, TX	535,5893	524,5619
Midland-Odessa, TX	532,9037	518,8589
Salt Lake City, UT	520,1676	507,4605
Richmond, VA	524,8364	513,8381
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	516,7784	508,8723
Charleston, WV	521,4758	511,0630
Huntington, WV	521,7940	511,6871
Cheyenne, WY	514,0239	501,4033

Component	Vapor Pressure Equation Constants		
	A	B	C
	(Dimensionless)	(°C)	(°C)
Benzene	6,905	1211,033	220,79
Cyclohexane	6,841	1201,530	222,65
Toluene	6,954	1344,800	219,48

Component	Amount, lb	Mi	Moles	Xi
Benzene	2812	78,11	36,0005	0,9000
Cyclohexane	101	84,16	1,2001	0,0300
Toluene	258	92,13	2,8004	0,0700
TOTAL			40,0010	1,0000

log (Pi)	
----------	--

Location	Tlx (°C)	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	20,8589	1,8935	1,9068	1,3586
Montgomery, AL	22,4372	1,9260	1,9385	1,3951
Homer, AK	5,1233	1,5444	1,5659	0,9666
Phoenix, AZ	27,1941	2,0215	2,0319	1,5023
Tucson, AZ	25,3628	1,9852	1,9964	1,4615
Fort Smith, AR	20,3042	1,8819	1,8955	1,3456
Little Rock, AR	20,7753	1,8917	1,9051	1,3566
Bakersfield, CA	23,5186	1,9480	1,9601	1,4198
Long Beach, CA	22,0194	1,9174	1,9302	1,3855
Los Angeles AP, CA	20,7316	1,8908	1,9042	1,3556
Sacramento, CA	20,7672	1,8916	1,9049	1,3564
San Francisco AP, CA	17,5957	1,8249	1,8397	1,2816
Santa Maria, CA	18,3468	1,8408	1,8553	1,2995
Denver, CO	15,1616	1,7725	1,7886	1,2227
Grand Junction, CO	16,4230	1,7997	1,8152	1,2534
Wilmington, DE	15,8284	1,7869	1,8027	1,2389
Atlanta, GA	20,1412	1,8785	1,8922	1,3418
Savannah, GA	22,9204	1,9359	1,9482	1,4062
Honolulu, HI	28,7349	2,0516	2,0614	1,5361
Chicago, IL	13,1716	1,7288	1,7459	1,1737
Springfield, IL	15,2651	1,7747	1,7908	1,2252
Indianapolis, IN	14,7923	1,7644	1,7807	1,2137
Wichita, KS	17,8976	1,8313	1,8460	1,2888
Louisville, KY	17,1241	1,8148	1,8299	1,2702
Baton Rouge, LA	23,7690	1,9531	1,9650	1,4255
Lake Charles, LA	23,8293	1,9543	1,9662	1,4269
New Orleans, LA	24,0395	1,9586	1,9704	1,4316
Detroit, MI	12,7068	1,7185	1,7359	1,1621
Grand Rapids, MI	12,1368	1,7058	1,7235	1,1479
Minneapolis-St. Paul, MN	10,6082	1,6715	1,6899	1,1093
Jackson, MS	22,4401	1,9260	1,9386	1,3951
Billings, MT	12,2597	1,7085	1,7261	1,1509
Las Vegas, NV	24,3093	1,9640	1,9757	1,4378
Newark, NJ	15,6390	1,7828	1,7987	1,2343
Rosswell, NM	21,6666	1,9102	1,9231	1,3773
Buffalo, NY	11,7502	1,6972	1,7150	1,1382
New, NY (La Guardia Airport)	15,3652	1,7769	1,7929	1,2277
Cleveland, OH	13,0993	1,7272	1,7444	1,1719
Columbus, OH	14,4732	1,7574	1,7739	1,2058
Toledo, OH	12,8450	1,7216	1,7389	1,1656
Oklahoma City, OK	19,8222	1,8719	1,8857	1,3343
Tulsa, OK	19,8428	1,8723	1,8861	1,3348
Astoria, OR	13,2468	1,7305	1,7475	1,1756
Portland, OR	14,9744	1,7684	1,7846	1,2181
Philadelphia, PA	15,8424	1,7872	1,8030	1,2393
Pittsburgh, PA	13,5972	1,7382	1,7551	1,1842
Providence, RI	13,5199	1,7365	1,7534	1,1823
Columbia, SC	21,7193	1,9112	1,9241	1,3785
Sioux Falls, SD	11,4904	1,6913	1,7093	1,1316
Memphis, TN	20,4263	1,8845	1,8980	1,3485
Amarillo, TX	19,0586	1,8558	1,8700	1,3163

Corpus Christi, TX	26,3066	2,0039	2,0147	1,4826
Dallas, TX	23,1231	1,9400	1,9522	1,4108
Houston, TX	24,2163	1,9621	1,9739	1,4357
Midland-Odessa, TX	22,7243	1,9318	1,9443	1,4017
Salt Lake City, UT	15,6487	1,7830	1,7989	1,2346
Richmond, VA	18,2424	1,8386	1,8532	1,2970
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	13,7658	1,7419	1,7587	1,1884
Charleston, WV	16,3754	1,7987	1,8142	1,2522
Huntington, WV	16,5522	1,8025	1,8179	1,2565
Cheyenne, WY	12,2355	1,7080	1,7256	1,1503

Location	Pi (mm Hg)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	78,2458	80,6801	22,8333
Montgomery, AL	84,3298	86,8043	24,8356
Homer, AK	35,0259	36,8032	9,2588
Phoenix, AZ	105,0726	107,6170	31,7887
Tucson, AZ	96,6400	99,1677	28,9398
Fort Smith, AR	76,1956	78,6140	22,1627
Little Rock, AR	77,9338	80,3657	22,7311
Bakersfield, CA	88,7194	91,2171	26,2912
Long Beach, CA	82,6824	85,1470	24,2916
Los Angeles AP, CA	77,7711	80,2018	22,6778
Sacramento, CA	77,9036	80,3353	22,7212
San Francisco AP, CA	66,8127	69,1425	19,1227
Santa Maria, CA	69,3131	71,6692	19,9281
Denver, CO	59,2178	61,4548	16,6996
Grand Junction, CO	63,0587	65,3452	17,9206
Wilmington, DE	61,2230	63,4865	17,3359
Atlanta, GA	75,6016	78,0151	21,9689
Savannah, GA	86,2685	88,7539	25,4774
Honolulu, HI	112,6275	115,1747	34,3648
Chicago, IL	53,5544	55,7081	14,9170
Springfield, IL	59,5253	61,7665	16,7970
Indianapolis, IN	58,1307	60,3527	16,3558
Wichita, KS	67,8087	70,1492	19,4431
Louisville, KY	65,2812	67,5939	18,6313
Baton Rouge, LA	89,7625	92,2650	26,6384
Lake Charles, LA	90,0151	92,5187	26,7226
New Orleans, LA	90,9005	93,4079	27,0178
Detroit, MI	52,2987	54,4323	14,5248
Grand Rapids, MI	50,7924	52,9008	14,0558
Minneapolis-St. Paul, MN	46,9305	48,9697	12,8613
Jackson, MS	84,3412	86,8158	24,8393
Billings, MT	51,1142	53,2280	14,1559
Las Vegas, NV	92,0472	94,5593	27,4006
Newark, NJ	60,6477	62,9038	17,1531
Rosswell, NM	81,3123	83,7681	23,8402
Buffalo, NY	49,7916	51,8827	13,7452
New, NY (La Guardia Airport)	59,8241	62,0693	16,8917
Cleveland, OH	53,3575	55,5081	14,8554

Columbus, OH	57,2049	59,4138	16,0636
Toledo, OH	52,6697	54,8093	14,6406
Oklahoma City, OK	74,4504	76,8544	21,5937
Tulsa, OK	74,5244	76,9289	21,6178
Astoria, OR	53,7599	55,9169	14,9813
Portland, OR	58,6646	60,8940	16,5246
Philadelphia, PA	61,2657	63,5298	17,3495
Pittsburgh, PA	54,7262	56,8982	15,2840
Providence, RI	54,5119	56,6806	15,2168
Columbia, SC	81,5157	83,9728	23,9071
Sioux Falls, SD	49,1283	51,2078	13,5397
Memphis, TN	76,6429	79,0649	22,3089
Amarillo, TX	71,7536	74,1334	20,7175
Corpus Christi, TX	100,9135	103,4516	30,3800
Dallas, TX	87,0928	89,5825	25,7508
Houston, TX	91,6505	94,1610	27,2681
Midland-Odessa, TX	85,4771	87,9582	25,2152
Salt Lake City, UT	60,6771	62,9335	17,1624
Richmond, VA	68,9611	71,3136	19,8145
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	55,1962	57,3754	15,4315
Charleston, WV	62,9101	65,1947	17,8732
Huntington, WV	63,4635	65,7549	18,0498
Cheyenne, WY	51,0508	53,1636	14,1362

Location	Pi (psia)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	1,5134	1,5605	0,4416
Montgomery, AL	1,6311	1,6790	0,4804
Homer, AK	0,6775	0,7119	0,1791
Phoenix, AZ	2,0323	2,0815	0,6149
Tucson, AZ	1,8692	1,9181	0,5598
Fort Smith, AR	1,4738	1,5206	0,4287
Little Rock, AR	1,5074	1,5544	0,4397
Bakersfield, CA	1,7160	1,7643	0,5085
Long Beach, CA	1,5993	1,6469	0,4699
Los Angeles AP, CA	1,5043	1,5513	0,4386
Sacramento, CA	1,5068	1,5539	0,4395
San Francisco AP, CA	1,2923	1,3374	0,3699
Santa Maria, CA	1,3407	1,3862	0,3855
Denver, CO	1,1454	1,1887	0,3230
Grand Junction, CO	1,2197	1,2639	0,3466
Wilmington, DE	1,1842	1,2280	0,3353
Atlanta, GA	1,4623	1,5090	0,4249
Savannah, GA	1,6686	1,7167	0,4928
Honolulu, HI	2,1785	2,2277	0,6647
Chicago, IL	1,0359	1,0775	0,2885
Springfield, IL	1,1513	1,1947	0,3249
Indianapolis, IN	1,1244	1,1673	0,3164
Wichita, KS	1,3116	1,3568	0,3761
Louisville, KY	1,2627	1,3074	0,3604
Baton Rouge, LA	1,7362	1,7846	0,5152



Lake Charles, LA	1,7411	1,7895	0,5169
New Orleans, LA	1,7582	1,8067	0,5226
Detroit, MI	1,0116	1,0528	0,2809
Grand Rapids, MI	0,9824	1,0232	0,2719
Minneapolis-St. Paul, MN	0,9077	0,9472	0,2488
Jackson, MS	1,6313	1,6792	0,4804
Billings, MT	0,9887	1,0295	0,2738
Las Vegas, NV	1,7804	1,8290	0,5300
Newark, NJ	1,1731	1,2167	0,3318
Rosswell, NM	1,5728	1,6203	0,4611
Buffalo, NY	0,9631	1,0035	0,2659
New, NY (La Guardia Airport)	1,1571	1,2006	0,3267
Cleveland, OH	1,0320	1,0736	0,2873
Columbus, OH	1,1065	1,1492	0,3107
Toledo, OH	1,0187	1,0601	0,2832
Oklahoma City, OK	1,4400	1,4865	0,4177
Tulsa, OK	1,4415	1,4880	0,4181
Astoria, OR	1,0398	1,0816	0,2898
Portland, OR	1,1347	1,1778	0,3196
Philadelphia, PA	1,1850	1,2288	0,3356
Pittsburgh, PA	1,0585	1,1005	0,2956
Providence, RI	1,0544	1,0963	0,2943
Columbia, SC	1,5767	1,6242	0,4624
Sioux Falls, SD	0,9502	0,9905	0,2619
Memphis, TN	1,4824	1,5293	0,4315
Amarillo, TX	1,3879	1,4339	0,4007
Corpus Christi, TX	1,9519	2,0010	0,5876
Dallas, TX	1,6846	1,7327	0,4981
Houston, TX	1,7727	1,8213	0,5274
Midland-Odessa, TX	1,6533	1,7013	0,4877
Salt Lake City, UT	1,1736	1,2173	0,3320
Richmond, VA	1,3339	1,3794	0,3833
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	1,0676	1,1098	0,2985
Charleston, WV	1,2168	1,2610	0,3457
Huntington, WV	1,2275	1,2718	0,3491
Cheyenne, WY	0,9874	1,0283	0,2734

Location	P partial (psia)			Pvx
	Benzene	Cyclohexane	Toluene	
Birmingham, AL	1,3621	0,0468	0,0309	1,4398
Montgomery, AL	1,4680	0,0504	0,0336	1,5520
Homer, AK	0,6097	0,0214	0,0125	0,6436
Phoenix, AZ	1,8291	0,0624	0,0430	1,9346
Tucson, AZ	1,6823	0,0575	0,0392	1,7790
Fort Smith, AR	1,3264	0,0456	0,0300	1,4020
Little Rock, AR	1,3566	0,0466	0,0308	1,4341
Bakersfield, CA	1,5444	0,0529	0,0356	1,6329
Long Beach, CA	1,4393	0,0494	0,0329	1,5216
Los Angeles AP, CA	1,3538	0,0465	0,0307	1,4311
Sacramento, CA	1,3561	0,0466	0,0308	1,4335
San Francisco AP, CA	1,1631	0,0401	0,0259	1,2291

Santa Maria, CA	1,2066	0,0416	0,0270	1,2752
Denver, CO	1,0308	0,0357	0,0226	1,0891
Grand Junction, CO	1,0977	0,0379	0,0243	1,1599
Wilmington, DE	1,0658	0,0368	0,0235	1,1261
Atlanta, GA	1,3161	0,0453	0,0297	1,3911
Savannah, GA	1,5017	0,0515	0,0345	1,5877
Honolulu, HI	1,9606	0,0668	0,0465	2,0740
Chicago, IL	0,9323	0,0323	0,0202	0,9848
Springfield, IL	1,0362	0,0358	0,0227	1,0948
Indianapolis, IN	1,0119	0,0350	0,0221	1,0691
Wichita, KS	1,1804	0,0407	0,0263	1,2474
Louisville, KY	1,1364	0,0392	0,0252	1,2008
Baton Rouge, LA	1,5626	0,0535	0,0361	1,6522
Lake Charles, LA	1,5670	0,0537	0,0362	1,6568
New Orleans, LA	1,5824	0,0542	0,0366	1,6732
Detroit, MI	0,9104	0,0316	0,0197	0,9617
Grand Rapids, MI	0,8842	0,0307	0,0190	0,9339
Minneapolis-St. Paul, MN	0,8170	0,0284	0,0174	0,8628
Jackson, MS	1,4682	0,0504	0,0336	1,5522
Billings, MT	0,8898	0,0309	0,0192	0,9398
Las Vegas, NV	1,6023	0,0549	0,0371	1,6943
Newark, NJ	1,0557	0,0365	0,0232	1,1155
Roswell, NM	1,4155	0,0486	0,0323	1,4964
Buffalo, NY	0,8668	0,0301	0,0186	0,9155
New, NY (La Guardia Airport)	1,0414	0,0360	0,0229	1,1003
Cleveland, OH	0,9288	0,0322	0,0201	0,9812
Columbus, OH	0,9958	0,0345	0,0218	1,0520
Toledo, OH	0,9169	0,0318	0,0198	0,9685
Oklahoma City, OK	1,2960	0,0446	0,0292	1,3698
Tulsa, OK	1,2973	0,0446	0,0293	1,3712
Astoria, OR	0,9358	0,0324	0,0203	0,9886
Portland, OR	1,0212	0,0353	0,0224	1,0789
Philadelphia, PA	1,0665	0,0369	0,0235	1,1269
Pittsburgh, PA	0,9527	0,0330	0,0207	1,0064
Providence, RI	0,9489	0,0329	0,0206	1,0024
Columbia, SC	1,4190	0,0487	0,0324	1,5001
Sioux Falls, SD	0,8552	0,0297	0,0183	0,9033
Memphis, TN	1,3342	0,0459	0,0302	1,4103
Amarillo, TX	1,2491	0,0430	0,0281	1,3201
Corpus Christi, TX	1,7567	0,0600	0,0411	1,8578
Dallas, TX	1,5161	0,0520	0,0349	1,6029
Houston, TX	1,5954	0,0546	0,0369	1,6870
Midland-Odessa, TX	1,4880	0,0510	0,0341	1,5731
Salt Lake City, UT	1,0562	0,0365	0,0232	1,1160
Richmond, VA	1,2005	0,0414	0,0268	1,2687
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,9608	0,0333	0,0209	1,0150
Charleston, WV	1,0951	0,0378	0,0242	1,1572
Huntington, WV	1,1048	0,0382	0,0244	1,1674
Cheyenne, WY	0,8887	0,0309	0,0191	0,9387

---

Location	Tln (°C)	log (Pi)		
		Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	14,6605	1,7615	1,7779	1,2104
Montgomery, AL	16,2020	1,7950	1,8106	1,2480
Homer, AK	1,1952	1,4495	1,4733	0,8600
Phoenix, AZ	19,1629	1,8580	1,8722	1,3188
Tucson, AZ	17,3876	1,8204	1,8354	1,2766
Fort Smith, AR	13,7478	1,7415	1,7583	1,1880
Little Rock, AR	14,4989	1,7580	1,7744	1,2065
Bakersfield, CA	16,3260	1,7977	1,8132	1,2510
Long Beach, CA	15,7665	1,7856	1,8014	1,2374
Los Angeles AP, CA	15,6039	1,7821	1,7979	1,2335
Sacramento, CA	13,4748	1,7355	1,7525	1,1812
San Francisco AP, CA	12,1496	1,7061	1,7237	1,1482
Santa Maria, CA	11,6207	1,6943	1,7122	1,1349
Denver, CO	7,4684	1,5995	1,6196	1,0284
Grand Junction, CO	9,0095	1,6350	1,6544	1,0684
Wilmington, DE	10,4311	1,6674	1,6860	1,1048
Atlanta, GA	14,3228	1,7541	1,7707	1,2021
Savannah, GA	16,7956	1,8078	1,8230	1,2623
Honolulu, HI	23,6678	1,9510	1,9630	1,4232
Chicago, IL	7,7651	1,6064	1,6264	1,0362
Springfield, IL	9,5236	1,6468	1,6659	1,0816
Indianapolis, IN	9,2919	1,6415	1,6607	1,0757
Wichita, KS	11,4117	1,6896	1,7076	1,1296
Louisville, KY	11,5362	1,6924	1,7103	1,1328
Baton Rouge, LA	17,7457	1,8281	1,8429	1,2851
Lake Charles, LA	18,1645	1,8370	1,8516	1,2951
New Orleans, LA	18,3395	1,8407	1,8552	1,2993
Detroit, MI	7,3659	1,5971	1,6173	1,0257
Grand Rapids, MI	6,7360	1,5824	1,6030	1,0092
Minneapolis-St. Paul, MN	5,2612	1,5477	1,5691	0,9702
Jackson, MS	15,8971	1,7884	1,8041	1,2406
Billings, MT	6,0077	1,5653	1,5863	0,9900
Las Vegas, NV	16,4847	1,8011	1,8165	1,2548
Newark, NJ	10,7786	1,6753	1,6937	1,1136
Rosswell, NM	13,7134	1,7408	1,7576	1,1871
Buffalo, NY	7,0830	1,5905	1,6109	1,0183
New, NY (La Guardia Airport)	11,1169	1,6829	1,7011	1,1222
Cleveland, OH	8,0967	1,6140	1,6339	1,0448
Columbus, OH	9,0483	1,6359	1,6552	1,0694
Toledo, OH	7,2470	1,5943	1,6146	1,0226
Oklahoma City, OK	13,3704	1,7332	1,7502	1,1786
Tulsa, OK	13,6074	1,7384	1,7553	1,1845
Astoria, OR	8,9246	1,6331	1,6525	1,0662
Portland, OR	9,9636	1,6568	1,6757	1,0929
Philadelphia, PA	10,6367	1,6721	1,6906	1,1100
Pittsburgh, PA	8,3438	1,6197	1,6394	1,0512
Providence, RI	8,4296	1,6217	1,6414	1,0534
Columbia, SC	15,0746	1,7706	1,7867	1,2206
Sioux Falls, SD	5,2248	1,5468	1,5682	0,9693

Memphis, TN	14,6801	1,7620	1,7783	1,2109
Amarillo, TX	11,4850	1,6912	1,7092	1,1315
Corpus Christi, TX	20,4755	1,8855	1,8990	1,3496
Dallas, TX	16,8021	1,8079	1,8232	1,2625
Houston, TX	18,0899	1,8354	1,8500	1,2934
Midland-Odessa, TX	14,9216	1,7672	1,7835	1,2168
Salt Lake City, UT	8,5891	1,6254	1,6450	1,0575
Richmond, VA	12,1323	1,7057	1,7234	1,1477
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	9,3735	1,6434	1,6625	1,0778
Charleston, WV	10,5906	1,6711	1,6895	1,1088
Huntington, WV	10,9373	1,6789	1,6972	1,1176
Cheyenne, WY	5,2241	1,5468	1,5682	0,9692

Location	Pi (mm Hg)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	57,7470	59,9636	16,2346
Montgomery, AL	62,3711	64,6491	17,7013
Homer, AK	28,1536	29,7384	7,2440
Phoenix, AZ	72,1171	74,5002	20,8354
Tucson, AZ	66,1332	68,4555	18,9045
Fort Smith, AR	55,1458	57,3242	15,4157
Little Rock, AR	57,2790	59,4889	16,0869
Bakersfield, CA	62,7561	65,0389	17,8241
Long Beach, CA	61,0346	63,2957	17,2760
Los Angeles AP, CA	60,5418	62,7965	17,1195
Sacramento, CA	54,3869	56,5537	15,1777
San Francisco AP, CA	50,8259	52,9349	14,0662
Santa Maria, CA	49,4600	51,5453	13,6424
Denver, CO	39,7617	41,6528	10,6764
Grand Junction, CO	43,1563	45,1209	11,7055
Wilmington, DE	46,4993	48,5304	12,7287
Atlanta, GA	56,7727	58,9754	15,9273
Savannah, GA	64,2318	66,5324	18,2954
Honolulu, HI	89,3396	91,8402	26,4976
Chicago, IL	40,3972	42,3026	10,8682
Springfield, IL	44,3412	46,3301	12,0671
Indianapolis, IN	43,8040	45,7820	11,9030
Wichita, KS	48,9287	51,0046	13,4779
Louisville, KY	49,2448	51,3263	13,5758
Baton Rouge, LA	67,3058	69,6410	19,2813
Lake Charles, LA	68,6991	71,0489	19,7300
New Orleans, LA	69,2883	71,6441	19,9201
Detroit, MI	39,5440	41,4302	10,6107
Grand Rapids, MI	38,2285	40,0843	10,2150
Minneapolis-St. Paul, MN	35,2908	37,0748	9,3375
Jackson, MS	61,4329	63,6991	17,4026
Billings, MT	36,7532	38,5736	9,7733
Las Vegas, NV	63,2515	65,5404	17,9821
Newark, NJ	47,3484	49,3954	12,9900
Rosswell, NM	55,0497	57,2267	15,3856
Buffalo, NY	38,9486	40,8211	10,4314

New, NY (La Guardia Airport)	48,1874	50,2499	13,2488
Cleveland, OH	41,1177	43,0390	11,0862
Columbus, OH	43,2450	45,2115	11,7325
Toledo, OH	39,2928	41,1733	10,5351
Oklahoma City, OK	54,0992	56,2615	15,0875
Tulsa, OK	54,7544	56,9269	15,2929
Astoria, OR	42,9632	44,9238	11,6467
Portland, OR	45,3769	47,3863	12,3841
Philadelphia, PA	47,0001	49,0407	12,8828
Pittsburgh, PA	41,6613	43,5944	11,2510
Providence, RI	41,8517	43,7889	11,3088
Columbia, SC	58,9602	61,1937	16,6181
Sioux Falls, SD	35,2206	37,0029	9,3166
Memphis, TN	57,8038	60,0212	16,2525
Amarillo, TX	49,1146	51,1938	13,5355
Corpus Christi, TX	76,8240	79,2473	22,3680
Dallas, TX	64,2526	66,5534	18,3020
Houston, TX	68,4494	70,7967	19,6495
Midland-Odessa, TX	58,5095	60,7367	16,4755
Salt Lake City, UT	42,2073	44,1520	11,4168
Richmond, VA	50,7808	52,8890	14,0522
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	43,9926	45,9744	11,9606
Charleston, WV	46,8873	48,9258	12,8480
Huntington, WV	47,7405	49,7948	13,1109
Cheyenne, WY	35,2193	37,0015	9,3162

Location	Pi (psia)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	1,1169	1,1598	0,3140
Montgomery, AL	1,2064	1,2504	0,3424
Homer, AK	0,5445	0,5752	0,1401
Phoenix, AZ	1,3949	1,4410	0,4030
Tucson, AZ	1,2792	1,3241	0,3657
Fort Smith, AR	1,0666	1,1088	0,2982
Little Rock, AR	1,1079	1,1506	0,3112
Bakersfield, CA	1,2138	1,2580	0,3448
Long Beach, CA	1,1805	1,2243	0,3342
Los Angeles AP, CA	1,1710	1,2146	0,3311
Sacramento, CA	1,0520	1,0939	0,2936
San Francisco AP, CA	0,9831	1,0239	0,2721
Santa Maria, CA	0,9567	0,9970	0,2639
Denver, CO	0,7691	0,8057	0,2065
Grand Junction, CO	0,8347	0,8727	0,2264
Wilmington, DE	0,8994	0,9387	0,2462
Atlanta, GA	1,0981	1,1407	0,3081
Savannah, GA	1,2424	1,2869	0,3539
Honolulu, HI	1,7280	1,7764	0,5125
Chicago, IL	0,7814	0,8182	0,2102
Springfield, IL	0,8577	0,8961	0,2334
Indianapolis, IN	0,8473	0,8855	0,2302
Wichita, KS	0,9464	0,9865	0,2607

Louisville, KY	0,9525	0,9928	0,2626
Baton Rouge, LA	1,3018	1,3470	0,3729
Lake Charles, LA	1,3288	1,3742	0,3816
New Orleans, LA	1,3402	1,3857	0,3853
Detroit, MI	0,7649	0,8013	0,2052
Grand Rapids, MI	0,7394	0,7753	0,1976
Minneapolis-St. Paul, MN	0,6826	0,7171	0,1806
Jackson, MS	1,1882	1,2321	0,3366
Billings, MT	0,7109	0,7461	0,1890
Las Vegas, NV	1,2234	1,2677	0,3478
Newark, NJ	0,9158	0,9554	0,2513
Rosswell, NM	1,0648	1,1069	0,2976
Buffalo, NY	0,7533	0,7896	0,2018
New, NY (La Guardia Airport)	0,9320	0,9719	0,2563
Cleveland, OH	0,7953	0,8325	0,2144
Columbus, OH	0,8364	0,8745	0,2269
Toledo, OH	0,7600	0,7964	0,2038
Oklahoma City, OK	1,0464	1,0882	0,2918
Tulsa, OK	1,0591	1,1011	0,2958
Astoria, OR	0,8310	0,8689	0,2253
Portland, OR	0,8777	0,9166	0,2395
Philadelphia, PA	0,9091	0,9485	0,2492
Pittsburgh, PA	0,8058	0,8432	0,2176
Providence, RI	0,8095	0,8470	0,2187
Columbia, SC	1,1404	1,1836	0,3214
Sioux Falls, SD	0,6812	0,7157	0,1802
Memphis, TN	1,1180	1,1609	0,3144
Amarillo, TX	0,9500	0,9902	0,2618
Corpus Christi, TX	1,4859	1,5328	0,4326
Dallas, TX	1,2428	1,2873	0,3540
Houston, TX	1,3240	1,3694	0,3801
Midland-Odessa, TX	1,1317	1,1748	0,3187
Salt Lake City, UT	0,8164	0,8540	0,2208
Richmond, VA	0,9822	1,0230	0,2718
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,8509	0,8892	0,2313
Charleston, WV	0,9069	0,9463	0,2485
Huntington, WV	0,9234	0,9631	0,2536
Cheyenne, WY	0,6812	0,7157	0,1802

Location	P partial (psia)			Pvn
	Benzene	Cyclohexane	Toluene	
Birmingham, AL	1,0052	0,0348	0,0220	1,0620
Montgomery, AL	1,0857	0,0375	0,0240	1,1472
Homer, AK	0,4901	0,0173	0,0098	0,5172
Phoenix, AZ	1,2554	0,0432	0,0282	1,3268
Tucson, AZ	1,1512	0,0397	0,0256	1,2166
Fort Smith, AR	0,9600	0,0333	0,0209	1,0141
Little Rock, AR	0,9971	0,0345	0,0218	1,0534
Bakersfield, CA	1,0924	0,0377	0,0241	1,1543
Long Beach, CA	1,0625	0,0367	0,0234	1,1226
Los Angeles AP, CA	1,0539	0,0364	0,0232	1,1135

Sacramento, CA	0,9468	0,0328	0,0206	1,0001
San Francisco AP, CA	0,8848	0,0307	0,0190	0,9345
Santa Maria, CA	0,8610	0,0299	0,0185	0,9094
Denver, CO	0,6922	0,0242	0,0145	0,7308
Grand Junction, CO	0,7513	0,0262	0,0159	0,7933
Wilmington, DE	0,8094	0,0282	0,0172	0,8548
Atlanta, GA	0,9883	0,0342	0,0216	1,0441
Savannah, GA	1,1181	0,0386	0,0248	1,1815
Honolulu, HI	1,5552	0,0533	0,0359	1,6444
Chicago, IL	0,7032	0,0245	0,0147	0,7425
Springfield, IL	0,7719	0,0269	0,0163	0,8151
Indianapolis, IN	0,7625	0,0266	0,0161	0,8052
Wichita, KS	0,8517	0,0296	0,0183	0,8996
Louisville, KY	0,8572	0,0298	0,0184	0,9054
Baton Rouge, LA	1,1716	0,0404	0,0261	1,2382
Lake Charles, LA	1,1959	0,0412	0,0267	1,2638
New Orleans, LA	1,2062	0,0416	0,0270	1,2747
Detroit, MI	0,6884	0,0240	0,0144	0,7268
Grand Rapids, MI	0,6655	0,0233	0,0138	0,7026
Minneapolis-St. Paul, MN	0,6143	0,0215	0,0126	0,6485
Jackson, MS	1,0694	0,0370	0,0236	1,1299
Billings, MT	0,6398	0,0224	0,0132	0,6754
Las Vegas, NV	1,1011	0,0380	0,0243	1,1634
Newark, NJ	0,8242	0,0287	0,0176	0,8705
Rosswell, NM	0,9583	0,0332	0,0208	1,0123
Buffalo, NY	0,6780	0,0237	0,0141	0,7158
New, NY (La Guardia Airport)	0,8388	0,0292	0,0179	0,8859
Cleveland, OH	0,7158	0,0250	0,0150	0,7558
Columbus, OH	0,7528	0,0262	0,0159	0,7949
Toledo, OH	0,6840	0,0239	0,0143	0,7222
Oklahoma City, OK	0,9417	0,0326	0,0204	0,9948
Tulsa, OK	0,9531	0,0330	0,0207	1,0069
Astoria, OR	0,7479	0,0261	0,0158	0,7897
Portland, OR	0,7899	0,0275	0,0168	0,8342
Philadelphia, PA	0,8182	0,0285	0,0174	0,8641
Pittsburgh, PA	0,7252	0,0253	0,0152	0,7658
Providence, RI	0,7285	0,0254	0,0153	0,7693
Columbia, SC	1,0264	0,0355	0,0225	1,0844
Sioux Falls, SD	0,6131	0,0215	0,0126	0,6472
Memphis, TN	1,0062	0,0348	0,0220	1,0631
Amarillo, TX	0,8550	0,0297	0,0183	0,9030
Corpus Christi, TX	1,3373	0,0460	0,0303	1,4136
Dallas, TX	1,1185	0,0386	0,0248	1,1819
Houston, TX	1,1915	0,0411	0,0266	1,2592
Midland-Odessa, TX	1,0185	0,0352	0,0223	1,0761
Salt Lake City, UT	0,7347	0,0256	0,0155	0,7758
Richmond, VA	0,8840	0,0307	0,0190	0,9337
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,7658	0,0267	0,0162	0,8087
Charleston, WV	0,8162	0,0284	0,0174	0,8620
Huntington, WV	0,8311	0,0289	0,0178	0,8777
Cheyenne, WY	0,6131	0,0215	0,0126	0,6472

Location	Pvx	Pvn	$\Delta Pv$	Ke
Birmingham, AL	1,4398	1,0620	0,3778	0,0662
Montgomery, AL	1,5520	1,1472	0,4048	0,0684
Homer, AK	0,6436	0,5172	0,1265	0,0331
Phoenix, AZ	1,9346	1,3268	0,6077	0,0960
Tucson, AZ	1,7790	1,2166	0,5625	0,0921
Fort Smith, AR	1,4020	1,0141	0,3879	0,0694
Little Rock, AR	1,4341	1,0534	0,3807	0,0669
Bakersfield, CA	1,6329	1,1543	0,4786	0,0805
Long Beach, CA	1,5216	1,1226	0,3990	0,0681
Los Angeles AP, CA	1,4311	1,1135	0,3175	0,0543
Sacramento, CA	1,4335	1,0001	0,4334	0,0779
San Francisco AP, CA	1,2291	0,9345	0,2945	0,0550
Santa Maria, CA	1,2752	0,9094	0,3658	0,0691
Denver, CO	1,0891	0,7308	0,3583	0,0757
Grand Junction, CO	1,1599	0,7933	0,3666	0,0742
Wilmington, DE	1,1261	0,8548	0,2712	0,0531
Atlanta, GA	1,3911	1,0441	0,3470	0,0613
Savannah, GA	1,5877	1,1815	0,4062	0,0678
Honolulu, HI	2,0740	1,6444	0,4296	0,0626
Chicago, IL	0,9848	0,7425	0,2423	0,0513
Springfield, IL	1,0948	0,8151	0,2797	0,0562
Indianapolis, IN	1,0691	0,8052	0,2639	0,0534
Wichita, KS	1,2474	0,8996	0,3478	0,0661
Louisville, KY	1,2008	0,9054	0,2954	0,0561
Baton Rouge, LA	1,6522	1,2382	0,4140	0,0676
Lake Charles, LA	1,6568	1,2638	0,3930	0,0636
New Orleans, LA	1,6732	1,2747	0,3985	0,0643
Detroit, MI	0,9617	0,7268	0,2349	0,0503
Grand Rapids, MI	0,9339	0,7026	0,2313	0,0505
Minneapolis-St. Paul, MN	0,8628	0,6485	0,2143	0,0491
Jackson, MS	1,5522	1,1299	0,4223	0,0718
Billings, MT	0,9398	0,6754	0,2644	0,0590
Las Vegas, NV	1,6943	1,1634	0,5309	0,0887
Newark, NJ	1,1155	0,8705	0,2450	0,0474
Rosswell, NM	1,4964	1,0123	0,4840	0,0861
Buffalo, NY	0,9155	0,7158	0,1997	0,0431
New, NY (La Guardia Airport)	1,1003	0,8859	0,2144	0,0409
Cleveland, OH	0,9812	0,7558	0,2254	0,0472
Columbus, OH	1,0520	0,7949	0,2571	0,0524
Toledo, OH	0,9685	0,7222	0,2463	0,0530
Oklahoma City, OK	1,3698	0,9948	0,3750	0,0678
Tulsa, OK	1,3712	1,0069	0,3643	0,0655
Astoria, OR	0,9886	0,7897	0,1988	0,0404
Portland, OR	1,0789	0,8342	0,2448	0,0485
Philadelphia, PA	1,1269	0,8641	0,2628	0,0511
Pittsburgh, PA	1,0064	0,7658	0,2406	0,0500
Providence, RI	1,0024	0,7693	0,2332	0,0483
Columbia, SC	1,5001	1,0844	0,4157	0,0721
Sioux Falls, SD	0,9033	0,6472	0,2561	0,0586
Memphis, TN	1,4103	1,0631	0,3472	0,0608



Amarillo, TX	1,3201	0,9030	0,4171	0,0787
Corpus Christi, TX	1,8578	1,4136	0,4442	0,0687
Dallas, TX	1,6029	1,1819	0,4210	0,0702
Houston, TX	1,6870	1,2592	0,4278	0,0694
Midland-Odessa, TX	1,5731	1,0761	0,4971	0,0860
Salt Lake City, UT	1,1160	0,7758	0,3402	0,0698
Richmond, VA	1,2687	0,9337	0,3350	0,0626
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	1,0150	0,8087	0,2063	0,0414
Charleston, WV	1,1572	0,8620	0,2952	0,0575
Huntington, WV	1,1674	0,8777	0,2897	0,0559
Cheyenne, WY	0,9387	0,6472	0,2915	0,0663

Location	Pva	Ks
Birmingham, AL	1,2390	0,7894
Montgomery, AL	1,3370	0,7765
Homer, AK	0,5775	0,8894
Phoenix, AZ	1,6071	0,7429
Tucson, AZ	1,4757	0,7589
Fort Smith, AR	1,1950	0,7953
Little Rock, AR	1,2316	0,7904
Bakersfield, CA	1,3765	0,7714
Long Beach, CA	1,3096	0,7801
Los Angeles AP, CA	1,2640	0,7861
Sacramento, CA	1,2007	0,7946
San Francisco AP, CA	1,0734	0,8123
Santa Maria, CA	1,0794	0,8114
Denver, CO	0,8951	0,8384
Grand Junction, CO	0,9621	0,8284
Wilmington, DE	0,9827	0,8254
Atlanta, GA	1,2073	0,7937
Savannah, GA	1,3722	0,7719
Honolulu, HI	1,8489	0,7153
Chicago, IL	0,8565	0,8443
Springfield, IL	0,9464	0,8307
Indianapolis, IN	0,9294	0,8333
Wichita, KS	1,0617	0,8139
Louisville, KY	1,0445	0,8164
Baton Rouge, LA	1,4328	0,7642
Lake Charles, LA	1,4493	0,7622
New Orleans, LA	1,4627	0,7605
Detroit, MI	0,8374	0,8472
Grand Rapids, MI	0,8114	0,8513
Minneapolis-St. Paul, MN	0,7492	0,8611
Jackson, MS	1,3272	0,7777
Billings, MT	0,7985	0,8533
Las Vegas, NV	1,4083	0,7673
Newark, NJ	0,9867	0,8248
Rosswell, NM	1,2348	0,7900
Buffalo, NY	0,8105	0,8514
New, NY (La Guardia Airport)	0,9883	0,8245
Cleveland, OH	0,8623	0,8434

Columbus, OH	0,9160	0,8353
Toledo, OH	0,8378	0,8472
Oklahoma City, OK	1,1699	0,7988
Tulsa, OK	1,1774	0,7978
Astoria, OR	0,8845	0,8400
Portland, OR	0,9500	0,8302
Philadelphia, PA	0,9882	0,8246
Pittsburgh, PA	0,8792	0,8408
Providence, RI	0,8794	0,8408
Columbia, SC	1,2783	0,7842
Sioux Falls, SD	0,7663	0,8584
Memphis, TN	1,2265	0,7911
Amarillo, TX	1,0952	0,8092
Corpus Christi, TX	1,6232	0,7410
Dallas, TX	1,3792	0,7710
Houston, TX	1,4602	0,7608
Midland-Odessa, TX	1,3051	0,7806
Salt Lake City, UT	0,9331	0,8327
Richmond, VA	1,0905	0,8098
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,9070	0,8366
Charleston, WV	1,0005	0,8228
Huntington, WV	1,0139	0,8208
Cheyenne, WY	0,7816	0,8559

Location	Wv	Ke	Ks	Ls
Birmingham, AL	0,0173	0,0662	0,7894	37,9473
Montgomery, AL	0,0186	0,0684	0,7765	41,4043
Homer, AK	0,0085	0,0331	0,8894	10,4935
Phoenix, AZ	0,0221	0,0960	0,7429	65,9622
Tucson, AZ	0,0204	0,0921	0,7589	59,7266
Fort Smith, AR	0,0167	0,0694	0,7953	38,7819
Little Rock, AR	0,0172	0,0669	0,7904	38,2134
Bakersfield, CA	0,0191	0,0805	0,7714	49,7125
Long Beach, CA	0,0182	0,0681	0,7801	40,6232
Los Angeles AP, CA	0,0176	0,0543	0,7861	31,6069
Sacramento, CA	0,0168	0,0779	0,7946	43,6389
San Francisco AP, CA	0,0152	0,0550	0,8123	28,3894
Santa Maria, CA	0,0152	0,0691	0,8114	35,8163
Denver, CO	0,0128	0,0757	0,8384	34,0302
Grand Junction, CO	0,0137	0,0742	0,8284	35,2464
Wilmington, DE	0,0140	0,0531	0,8254	25,6385
Atlanta, GA	0,0169	0,0613	0,7937	34,4989
Savannah, GA	0,0190	0,0678	0,7719	41,7673
Honolulu, HI	0,0251	0,0626	0,7153	47,1550
Chicago, IL	0,0123	0,0513	0,8443	22,2849
Springfield, IL	0,0135	0,0562	0,8307	26,3612
Indianapolis, IN	0,0133	0,0534	0,8333	24,6988
Wichita, KS	0,0150	0,0661	0,8139	33,8628
Louisville, KY	0,0148	0,0561	0,8164	28,3651
Baton Rouge, LA	0,0198	0,0676	0,7642	42,9743
Lake Charles, LA	0,0200	0,0636	0,7622	40,7409

New Orleans, LA	0,0202	0,0643	0,7605	41,4209
Detroit, MI	0,0120	0,0503	0,8472	21,4866
Grand Rapids, MI	0,0117	0,0505	0,8513	21,0570
Minneapolis-St. Paul, MN	0,0108	0,0491	0,8611	19,2037
Jackson, MS	0,0185	0,0718	0,7777	43,2474
Billings, MT	0,0115	0,0590	0,8533	24,2658
Las Vegas, NV	0,0195	0,0887	0,7673	55,6785
Newark, NJ	0,0140	0,0474	0,8248	22,9716
Rosswell, NM	0,0173	0,0861	0,7900	49,2630
Buffalo, NY	0,0117	0,0431	0,8514	17,9305
New, NY (La Guardia Airport)	0,0140	0,0409	0,8245	19,8435
Cleveland, OH	0,0124	0,0472	0,8434	20,6205
Columbus, OH	0,0131	0,0524	0,8353	23,9691
Toledo, OH	0,0120	0,0530	0,8472	22,6235
Oklahoma City, OK	0,0164	0,0678	0,7988	37,2775
Tulsa, OK	0,0165	0,0655	0,7978	36,1859
Astoria, OR	0,0127	0,0404	0,8400	18,0228
Portland, OR	0,0135	0,0485	0,8302	22,8324
Philadelphia, PA	0,0140	0,0511	0,8246	24,7965
Pittsburgh, PA	0,0126	0,0500	0,8408	22,1898
Providence, RI	0,0126	0,0483	0,8408	21,4450
Columbia, SC	0,0178	0,0721	0,7842	42,2421
Sioux Falls, SD	0,0111	0,0586	0,8584	23,3250
Memphis, TN	0,0172	0,0608	0,7911	34,6136
Amarillo, TX	0,0154	0,0787	0,8092	41,2450
Corpus Christi, TX	0,0223	0,0687	0,7410	47,5087
Dallas, TX	0,0191	0,0702	0,7710	43,4301
Houston, TX	0,0202	0,0694	0,7608	44,6588
Midland-Odessa, TX	0,0182	0,0860	0,7806	51,1935
Salt Lake City, UT	0,0133	0,0698	0,8327	32,4170
Richmond, VA	0,0154	0,0626	0,8098	32,6691
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,0130	0,0414	0,8366	18,8295
Charleston, WV	0,0142	0,0575	0,8228	28,1560
Huntington, WV	0,0144	0,0559	0,8208	27,6452
Cheyenne, WY	0,0113	0,0663	0,8559	26,8445

**ANEXO 2: Resultados y Cálculos Intermedios de Mermas en Tanque Techo Fijo (Tipo Domo)**

D	6	ft
Hvo	4,4110	ft
Hs	12	ft
HI	8	ft
Hro	0,4110	ft
Sr	0,0625	ft/ft
Rs	3	ft
Vv	124,7180	ft <sup>3</sup>

Location	Ks
Birmingham, AL	0,7754
Montgomery, AL	0,7619
Homer, AK	0,8811
Phoenix, AZ	0,7269
Tucson, AZ	0,7435
Fort Smith, AR	0,7816
Little Rock, AR	0,7764
Bakersfield, CA	0,7565
Long Beach, CA	0,7656
Los Angeles AP, CA	0,7719
Sacramento, CA	0,7808
San Francisco AP, CA	0,7994
Santa Maria, CA	0,7985
Denver, CO	0,8270
Grand Junction, CO	0,8164
Wilmington, DE	0,8132
Atlanta, GA	0,7799
Savannah, GA	0,7571
Honolulu, HI	0,6982
Chicago, IL	0,8332
Springfield, IL	0,8188
Indianapolis, IN	0,8215
Wichita, KS	0,8011
Louisville, KY	0,8037
Baton Rouge, LA	0,7491
Lake Charles, LA	0,7469
New Orleans, LA	0,7452
Detroit, MI	0,8363
Grand Rapids, MI	0,8406
Minneapolis-St. Paul, MN	0,8509
Jackson, MS	0,7632
Billings, MT	0,8427
Las Vegas, NV	0,7523
Newark, NJ	0,8126
Rosswell, NM	0,7760
Buffalo, NY	0,8407

New, NY (La Guardia Airport)	0,8123
Cleveland, OH	0,8322
Columbus, OH	0,8236
Toledo, OH	0,8362
Oklahoma City, OK	0,7852
Tulsa, OK	0,7842
Astoria, OR	0,8287
Portland, OR	0,8183
Philadelphia, PA	0,8123
Pittsburgh, PA	0,8295
Providence, RI	0,8295
Columbia, SC	0,7699
Sioux Falls, SD	0,8481
Memphis, TN	0,7772
Amarillo, TX	0,7962
Corpus Christi, TX	0,7249
Dallas, TX	0,7562
Houston, TX	0,7455
Midland-Odessa, TX	0,7662
Salt Lake City, UT	0,8209
Richmond, VA	0,7968
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,8251
Charleston, WV	0,8104
Huntington, WV	0,8084
Cheyenne, WY	0,8455

Location	Wv	Ke	Ks	Ls
Birmingham, AL	0,0173	0,0662	0,7754	40,4714
Montgomery, AL	0,0186	0,0684	0,7619	44,1104
Homer, AK	0,0085	0,0331	0,8811	11,2866
Phoenix, AZ	0,0221	0,0960	0,7269	70,0754
Tucson, AZ	0,0204	0,0921	0,7435	63,5360
Fort Smith, AR	0,0167	0,0694	0,7816	41,3823
Little Rock, AR	0,0172	0,0669	0,7764	40,7587
Bakersfield, CA	0,0191	0,0805	0,7565	52,9389
Long Beach, CA	0,0182	0,0681	0,7656	43,2912
Los Angeles AP, CA	0,0176	0,0543	0,7719	33,6998
Sacramento, CA	0,0168	0,0779	0,7808	46,5620
San Francisco AP, CA	0,0152	0,0550	0,7994	30,3362
Santa Maria, CA	0,0152	0,0691	0,7985	38,2697
Denver, CO	0,0128	0,0757	0,8270	36,4443
Grand Junction, CO	0,0137	0,0742	0,8164	37,7148
Wilmington, DE	0,0140	0,0531	0,8132	27,4270
Atlanta, GA	0,0169	0,0613	0,7799	36,8069
Savannah, GA	0,0190	0,0678	0,7571	44,4800
Honolulu, HI	0,0251	0,0626	0,6982	49,9793
Chicago, IL	0,0123	0,0513	0,8332	23,8777
Springfield, IL	0,0135	0,0562	0,8188	28,2129
Indianapolis, IN	0,0133	0,0534	0,8215	26,4394
Wichita, KS	0,0150	0,0661	0,8011	36,1901
Louisville, KY	0,0148	0,0561	0,8037	30,3209

Baton Rouge, LA	0,0198	0,0676	0,7491	45,7358
Lake Charles, LA	0,0200	0,0636	0,7469	43,3514
New Orleans, LA	0,0202	0,0643	0,7452	44,0687
Detroit, MI	0,0120	0,0503	0,8363	23,0281
Grand Rapids, MI	0,0117	0,0505	0,8406	22,5753
Minneapolis-St. Paul, MN	0,0108	0,0491	0,8509	20,6056
Jackson, MS	0,0185	0,0718	0,7632	46,0788
Billings, MT	0,0115	0,0590	0,8427	26,0200
Las Vegas, NV	0,0195	0,0887	0,7523	59,2718
Newark, NJ	0,0140	0,0474	0,8126	24,5729
Roswell, NM	0,0173	0,0861	0,7760	52,5423
Buffalo, NY	0,0117	0,0431	0,8407	19,2236
New, NY (La Guardia Airport)	0,0140	0,0409	0,8123	21,2263
Cleveland, OH	0,0124	0,0472	0,8322	22,0926
Columbus, OH	0,0131	0,0524	0,8236	25,6626
Toledo, OH	0,0120	0,0530	0,8362	24,2463
Oklahoma City, OK	0,0164	0,0678	0,7852	39,7886
Tulsa, OK	0,0165	0,0655	0,7842	38,6201
Astoria, OR	0,0127	0,0404	0,8287	19,3040
Portland, OR	0,0135	0,0485	0,8183	24,4351
Philadelphia, PA	0,0140	0,0511	0,8123	26,5245
Pittsburgh, PA	0,0126	0,0500	0,8295	23,7687
Providence, RI	0,0126	0,0483	0,8295	22,9710
Columbia, SC	0,0178	0,0721	0,7699	45,0321
Sioux Falls, SD	0,0111	0,0586	0,8481	25,0219
Memphis, TN	0,0172	0,0608	0,7772	36,9212
Amarillo, TX	0,0154	0,0787	0,7962	44,0619
Corpus Christi, TX	0,0223	0,0687	0,7249	50,4630
Dallas, TX	0,0191	0,0702	0,7562	46,2474
Houston, TX	0,0202	0,0694	0,7455	47,5148
Midland-Odessa, TX	0,0182	0,0860	0,7662	54,5584
Salt Lake City, UT	0,0133	0,0698	0,8209	34,6999
Richmond, VA	0,0154	0,0626	0,7968	34,9023
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,0130	0,0414	0,8251	20,1622
Charleston, WV	0,0142	0,0575	0,8104	30,1135
Huntington, WV	0,0144	0,0559	0,8084	29,5623
Cheyenne, WY	0,0113	0,0663	0,8455	28,7915

ANEXO 3: \_\_\_\_\_

Q	23810	bbl/yr
C	0,0015	bbl/10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup>
WI	7,2842	lb/gal
D	20	ft
Lwd	12,2663	lb/yr

Component	(1) Weight fraction	(2) Liquid density	(1) * (2)
Benzene	0,75	7,4	0,1014
Cyclohexane	0,10	6,5	0,0154
Toluene	0,15	7,3	0,0205
TOTAL			0,1373

Kra	1,60	for volatile organic liquids
Krb	0,3	
n	1,6	
D	20	
α	0,17	
Kc	1	
Pa	14,7	

Component	Weight fraction	Weight, lb	Molecular Weight, Mi, lb/lb-mole	Moles	Mole Fraction
Benzene	0,75	750,00	78,10	9,60	0,77
Cyclohexane	0,10	100,00	84,20	1,19	0,10
Toluene	0,15	150,00	92,10	1,63	0,13
TOTAL	1,00	1000,00		12,42	1,00

Component	(1)	(2)	(1) * (2)
	Weight fractio	Liquid density	
Benzene	0,75	7,40	5,55
Cyclohexane	0,10	6,50	0,65
Toluene	0,15	7,30	1,10
TOTAL			7,30

Location	Tax (°F)	Tan (°F)	I	Tax (°R)
Birmingham, AL	73,2	51,1	1345	533,2
Montgomery, AL	75,9	53,9	1388	535,9
Homer, AK	43,6	29,5	838	503,6
Phoenix, AZ	85,1	57,3	1869	545,1
Tucson, AZ	81,7	54,2	1872	541,7
Fort Smith, AR	72,5	49,0	1404	532,5
Little Rock, AR	72,9	50,8	1404	532,9
Bakersfield, CA	77,7	53,3	1749	537,7
Long Beach, CA	74,2	53,5	1598	534,2
Los Angeles AP, CA	70,1	55,0	1594	530,1
Sacramento, CA	73,4	47,8	1643	533,4
San Francisco AP, CA	64,9	48,3	1608	524,9
Santa Maria, CA	68,3	45,3	1608	528,3
Denver, CO	64,3	36,2	1568	524,3
Grand Junction, CO	65,7	39,6	1659	525,7
Wilmington, DE	63,5	44,5	1208	523,5
Atlanta, GA	71,3	51,1	1345	531,3
Savannah, GA	76,7	55,1	1365	536,7
Honolulu, HI	84,2	69,7	1639	544,2
Chicago, IL	58,7	39,7	1215	518,7
Springfield, IL	62,6	42,5	1302	522,6
Indianapolis, IN	62,0	42,2	1165	522,0
Wichita, KS	67,6	45,1	1502	527,6
Louisville, KY	66,1	46,2	1216	526,1



Baton Rouge, LA	78,0	57,0	1379	538,0
Lake Charles, LA	77,6	58,3	1365	537,6
New Orleans, LA	77,7	58,7	1437	537,7
Detroit, MI	58,2	38,9	1120	518,2
Grand Rapids, MI	57,2	37,7	1135	517,2
Minneapolis-St. Paul, MN	54,2	35,2	1170	514,2
Jackson, MS	76,3	52,9	1409	536,3
Billings, MT	57,9	35,4	1325	517,9
Las Vegas, NV	79,6	52,8	1864	539,6
Newark, NJ	62,5	45,9	1165	522,5
Rosswell, NM	75,3	47,5	1810	535,3
Buffalo, NY	55,8	39,3	1034	515,8
New, NY (La Guardia Airport)	61,0	47,5	1171	521,0
Cleveland, OH	58,5	40,7	1091	518,5
Columbus, OH	61,5	41,8	1123	521,5
Toledo, OH	58,8	38,3	1133	518,8
Oklahoma City, OK	71,2	48,6	1461	531,2
Tulsa, OK	71,3	49,2	1373	531,3
Astoria, OR	58,1	43,1	1000	518,1
Portland, OR	62,0	44,0	1067	522,0
Philadelphia, PA	63,4	45,1	1169	523,4
Pittsburgh, PA	59,9	40,7	1069	519,9
Providence, RI	59,3	41,2	1112	519,3
Columbia, SC	75,3	51,2	1380	535,3
Sioux Falls, SD	56,7	33,9	1290	516,7
Memphis, TN	71,6	51,9	1366	531,6
Amarillo, TX	70,7	43,8	1659	530,7
Corpus Christi, TX	81,6	62,5	1521	541,6
Dallas, TX	76,9	55,0	1468	536,9
Houston, TX	79,1	57,4	1351	539,1
Midland-Odessa, TX	77,0	49,9	1802	537,0
Salt Lake City, UT	64,0	39,3	1603	524,0
Richmond, VA	68,8	46,5	1248	528,8
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	58,9	43,9	1053	518,9
Charleston, WV	65,5	44,0	1123	525,5

Huntington, WV	65,3	45,0	1176	525,3
Cheyenne, WY	58,3	33,1	1491	518,3

Location	Tan (°R)	Tla (°R)	Taa (°R)	Tb (°R)
Birmingham, AL	511,1	524,5275	522,15	523,17
Montgomery, AL	513,9	527,3353	524,90	525,92
Homer, AK	489,5	498,2466	496,55	497,57
Phoenix, AZ	517,3	534,2813	531,20	532,22
Tucson, AZ	514,2	531,0353	527,95	528,97
Fort Smith, AR	509,0	523,2068	520,75	521,77
Little Rock, AR	510,8	524,3068	521,85	522,87
Bakersfield, CA	513,3	528,4201	525,50	526,52
Long Beach, CA	513,5	526,5673	523,85	524,87
Los Angeles AP, CA	515,0	525,2619	522,55	523,57
Sacramento, CA	507,8	523,3777	520,60	521,62
San Francisco AP, CA	508,3	519,3307	516,60	517,62
Santa Maria, CA	505,3	519,5307	516,80	517,82
Denver, CO	496,2	512,9270	510,25	511,27
Grand Junction, CO	499,6	515,4492	512,65	513,67
Wilmington, DE	504,5	516,1935	514,00	515,02
Atlanta, GA	511,1	523,5775	521,20	522,22
Savannah, GA	515,1	528,3044	525,90	526,92
Honolulu, HI	529,7	539,7224	536,95	537,97
Chicago, IL	499,7	511,4029	509,20	510,22
Springfield, IL	502,5	514,8698	512,55	513,57
Indianapolis, IN	502,2	514,2358	512,10	513,12
Wichita, KS	505,1	518,9384	516,35	517,37
Louisville, KY	506,2	518,3543	516,15	517,17
Baton Rouge, LA	517,0	529,9232	527,50	528,52
Lake Charles, LA	518,3	530,3544	527,95	528,97
New Orleans, LA	518,7	530,7011	528,20	529,22
Detroit, MI	498,9	510,6254	508,55	509,57
Grand Rapids, MI	497,7	509,5455	507,45	508,47
Minneapolis-St. Paul, MN	495,2	506,8425	504,70	505,72

Jackson, MS	512,9	527,0635	524,60	525,62
Billings, MT	495,4	509,0007	506,65	507,67
Las Vegas, NV	512,8	529,2746	526,20	527,22
Newark, NJ	505,9	516,3358	514,20	515,22
Roswell, NM	507,5	524,4020	521,40	522,42
Buffalo, NY	499,3	509,5099	507,55	508,57
New, NY (La Guardia Airport)	507,5	516,3939	514,25	515,27
Cleveland, OH	500,7	511,6364	509,60	510,62
Columbus, OH	501,8	513,7294	511,65	512,67
Toledo, OH	498,3	510,6428	508,55	509,57
Oklahoma City, OK	508,6	522,4333	519,90	520,92
Tulsa, OK	509,2	522,6651	520,25	521,27
Astoria, OR	503,1	512,5142	510,60	511,62
Portland, OR	504,0	515,0042	513,00	514,02
Philadelphia, PA	505,1	516,3912	514,25	515,27
Pittsburgh, PA	500,7	512,3069	510,30	511,32
Providence, RI	501,2	512,3146	510,25	511,27
Columbia, SC	511,2	525,6745	523,25	524,27
Sioux Falls, SD	493,9	507,6037	505,30	506,32
Memphis, TN	511,9	524,1557	521,75	522,77
Amarillo, TX	503,8	520,0492	517,25	518,27
Corpus Christi, TX	522,5	534,6639	532,05	533,07
Dallas, TX	515,0	528,4927	525,95	526,97
Houston, TX	517,4	530,6356	528,25	529,27
Midland-Odessa, TX	509,9	526,4413	523,45	524,47
Salt Lake City, UT	499,3	514,3740	511,65	512,67
Richmond, VA	506,5	519,8973	517,65	518,67
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	503,9	513,3854	511,40	512,42
Charleston, WV	504,0	516,8294	514,75	515,77
Huntington, WV	505,0	517,3006	515,15	516,17
Cheyenne, WY	493,1	508,2736	505,70	506,72

	Vapor Pressure Equation Constants		
	A	B	C

Component	(Dimensionless)	(°C)	(°C)
Benzene	6,905	1211,033	220,79
Cyclohexane	6,841	1201,530	222,65
Toluene	6,954	1344,800	219,48

Location	Tla (°C)	log (Pi)			Pi (mm Hg)		
		Benzene	Cyclohexane	Toluene	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	18,0709	1,8350	1,8496	1,2929	68,3856	70,7322	19,6289
Montgomery, AL	19,6307	1,8679	1,8818	1,3298	73,7665	76,1645	21,3711
Homer, AK	3,4704	1,5049	1,5273	0,9222	31,9801	33,6764	8,3592
Phoenix, AZ	23,4896	1,9474	1,9595	1,4192	88,5994	91,0965	26,2513
Tucson, AZ	21,6863	1,9106	1,9235	1,3778	81,3881	83,8444	23,8652
Fort Smith, AR	17,3371	1,8193	1,8344	1,2754	65,9693	68,2898	18,8519
Little Rock, AR	17,9482	1,8324	1,8471	1,2900	67,9767	70,3190	19,4972
Bakersfield, CA	20,2334	1,8805	1,8941	1,3440	75,9372	78,3535	22,0784
Long Beach, CA	19,2041	1,8589	1,8730	1,3198	72,2611	74,6456	20,8821
Los Angeles AP, CA	18,4789	1,8436	1,8581	1,3026	69,7606	72,1211	20,0726
Sacramento, CA	17,4321	1,8214	1,8363	1,2776	66,2780	68,6020	18,9510
San Francisco AP, CA	15,1837	1,7729	1,7890	1,2232	59,2834	61,5213	16,7204
Santa Maria, CA	15,2949	1,7753	1,7914	1,2260	59,6141	61,8564	16,8252
Denver, CO	11,6261	1,6944	1,7123	1,1350	49,4739	51,5595	13,6467
Grand Junction, CO	13,0274	1,7256	1,7428	1,1701	53,1622	55,3097	14,7944
Wilmington, DE	13,4409	1,7347	1,7517	1,1804	54,2933	56,4587	15,1483
Atlanta, GA	17,5431	1,8237	1,8386	1,2803	66,6403	68,9683	19,0674
Savannah, GA	20,1691	1,8791	1,8927	1,3425	75,7032	78,1175	22,0020
Honolulu, HI	26,5124	2,0080	2,0187	1,4872	101,8658	104,4057	30,7019
Chicago, IL	10,7794	1,6753	1,6937	1,1136	47,3504	49,3975	12,9906
Springfield, IL	12,7054	1,7185	1,7358	1,1621	52,2952	54,4287	14,5237
Indianapolis, IN	12,3532	1,7106	1,7282	1,1533	51,3602	53,4782	14,2324
Wichita, KS	14,9658	1,7682	1,7844	1,2179	58,6392	60,8683	16,5165
Louisville, KY	14,6413	1,7611	1,7775	1,2100	57,6910	59,9068	16,2169
Baton Rouge, LA	21,0684	1,8978	1,9110	1,3634	79,0319	81,4719	23,0910
Lake Charles, LA	21,3080	1,9028	1,9158	1,3690	79,9387	82,3851	23,3886
New Orleans, LA	21,5006	1,9067	1,9197	1,3735	80,6740	83,1255	23,6302

Detroit, MI	10,3474	1,6655	1,6842	1,1027	46,2967	48,3239	12,6664
Grand Rapids, MI	9,7475	1,6519	1,6708	1,0873	44,8658	46,8651	12,2275
Minneapolis-St. Paul, MN	8,2458	1,6175	1,6372	1,0487	41,4452	43,3736	11,1854
Jackson, MS	19,4797	1,8647	1,8787	1,3263	73,2308	75,6240	21,1969
Billings, MT	9,4448	1,6450	1,6641	1,0796	44,1580	46,1431	12,0111
Las Vegas, NV	20,7081	1,8903	1,9037	1,3551	77,6839	80,1139	22,6493
Newark, NJ	13,5199	1,7365	1,7534	1,1823	54,5117	56,6805	15,2168
Roswell, NM	18,0011	1,8335	1,8482	1,2912	68,1529	70,4970	19,5539
Buffalo, NY	9,7277	1,6515	1,6704	1,0868	44,8192	46,8176	12,2133
New, NY (La Guardia Airport)	13,5521	1,7372	1,7541	1,1831	54,6011	56,7712	15,2448
Cleveland, OH	10,9091	1,6783	1,6966	1,1169	47,6707	49,7237	13,0894
Columbus, OH	12,0719	1,7044	1,7220	1,1462	50,6233	52,7288	14,0033
Toledo, OH	10,3571	1,6658	1,6844	1,1029	46,3201	48,3478	12,6736
Oklahoma City, OK	16,9074	1,8101	1,8254	1,2650	64,5875	66,8922	18,4091
Tulsa, OK	17,0362	1,8129	1,8281	1,2681	64,9991	67,3086	18,5409
Astoria, OR	11,3968	1,6892	1,7073	1,1292	48,8910	50,9662	13,4663
Portland, OR	12,7801	1,7201	1,7374	1,1639	52,4952	54,6320	14,5861
Philadelphia, PA	13,5506	1,7372	1,7541	1,1831	54,5970	56,7670	15,2435
Pittsburgh, PA	11,2816	1,6866	1,7048	1,1263	48,6005	50,6705	13,3764
Providence, RI	11,2859	1,6867	1,7048	1,1264	48,6113	50,6815	13,3798
Columbia, SC	18,7081	1,8485	1,8628	1,3080	70,5430	72,9113	20,3255
Sioux Falls, SD	8,6687	1,6272	1,6467	1,0596	42,3856	44,3341	11,4709
Memphis, TN	17,8643	1,8306	1,8453	1,2880	67,6981	70,0374	19,4075
Amarillo, TX	15,5829	1,7816	1,7975	1,2330	60,4783	62,7322	17,0993
Corpus Christi, TX	23,7022	1,9517	1,9637	1,4240	89,4831	91,9843	26,5454
Dallas, TX	20,2737	1,8813	1,8949	1,3449	76,0844	78,5018	22,1264
Houston, TX	21,4642	1,9060	1,9190	1,3726	80,5347	82,9852	23,5844
Midland-Odessa, TX	19,1340	1,8574	1,8716	1,3181	72,0165	74,3987	20,8027
Salt Lake City, UT	12,4300	1,7123	1,7298	1,1552	51,5628	53,6842	14,2955
Richmond, VA	15,4985	1,7798	1,7957	1,2309	60,2239	62,4744	17,0186
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	11,8808	1,7001	1,7179	1,1414	50,1278	52,2248	13,8495
Charleston, WV	13,7941	1,7425	1,7593	1,1891	55,2754	57,4558	15,4564
Huntington, WV	14,0559	1,7483	1,7650	1,1956	56,0126	58,2041	15,6881
Cheyenne, WY	9,0409	1,6358	1,6551	1,0692	43,2280	45,1941	11,7273

Location	Pi (psia)			P partial (psia)		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene	Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	1,3227	1,3681	0,3797	1,0228	0,1308	0,0498
Montgomery, AL	1,4268	1,4732	0,4134	1,1032	0,1409	0,0542
Homer, AK	0,6186	0,6514	0,1617	0,4783	0,0623	0,0212
Phoenix, AZ	1,7137	1,7620	0,5078	1,3251	0,1685	0,0666
Tucson, AZ	1,5742	1,6217	0,4616	1,2172	0,1551	0,0605
Fort Smith, AR	1,2760	1,3209	0,3646	0,9866	0,1263	0,0478
Little Rock, AR	1,3148	1,3601	0,3771	1,0167	0,1301	0,0495
Bakersfield, CA	1,4688	1,5155	0,4270	1,1357	0,1449	0,0560
Long Beach, CA	1,3977	1,4438	0,4039	1,0807	0,1381	0,0530
Los Angeles AP, CA	1,3493	1,3950	0,3882	1,0433	0,1334	0,0509
Sacramento, CA	1,2820	1,3269	0,3666	0,9913	0,1269	0,0481
San Francisco AP, CA	1,1467	1,1900	0,3234	0,8866	0,1138	0,0424
Santa Maria, CA	1,1531	1,1964	0,3254	0,8916	0,1144	0,0427
Denver, CO	0,9569	0,9973	0,2640	0,7399	0,0954	0,0346
Grand Junction, CO	1,0283	1,0698	0,2862	0,7951	0,1023	0,0375
Wilmington, DE	1,0501	1,0920	0,2930	0,8120	0,1044	0,0384
Atlanta, GA	1,2890	1,3340	0,3688	0,9967	0,1276	0,0484
Savannah, GA	1,4643	1,5110	0,4256	1,1322	0,1445	0,0558
Honolulu, HI	1,9703	2,0194	0,5938	1,5235	0,1931	0,0779
Chicago, IL	0,9159	0,9555	0,2513	0,7082	0,0914	0,0330
Springfield, IL	1,0115	1,0528	0,2809	0,7821	0,1007	0,0368
Indianapolis, IN	0,9934	1,0344	0,2753	0,7681	0,0989	0,0361
Wichita, KS	1,1342	1,1773	0,3195	0,8770	0,1126	0,0419
Louisville, KY	1,1159	1,1587	0,3137	0,8628	0,1108	0,0411
Baton Rouge, LA	1,5286	1,5758	0,4466	1,1820	0,1507	0,0586
Lake Charles, LA	1,5462	1,5935	0,4524	1,1956	0,1524	0,0593
New Orleans, LA	1,5604	1,6078	0,4571	1,2066	0,1538	0,0599
Detroit, MI	0,8955	0,9347	0,2450	0,6924	0,0894	0,0321
Grand Rapids, MI	0,8678	0,9065	0,2365	0,6710	0,0867	0,0310
Minneapolis-St. Paul, MN	0,8016	0,8389	0,2164	0,6199	0,0802	0,0284
Jackson, MS	1,4164	1,4627	0,4100	1,0952	0,1399	0,0538
Billings, MT	0,8541	0,8925	0,2323	0,6604	0,0853	0,0305

Las Vegas, NV	1,5026	1,5496	0,4381	1,1618	0,1482	0,0574
Newark, NJ	1,0544	1,0963	0,2943	0,8153	0,1048	0,0386
Rosswell, NM	1,3182	1,3636	0,3782	1,0193	0,1304	0,0496
Buffalo, NY	0,8669	0,9056	0,2362	0,6703	0,0866	0,0310
New, NY (La Guardia Airport)	1,0561	1,0981	0,2949	0,8166	0,1050	0,0387
Cleveland, OH	0,9221	0,9618	0,2532	0,7130	0,0920	0,0332
Columbus, OH	0,9792	1,0199	0,2709	0,7571	0,0975	0,0355
Toledo, OH	0,8959	0,9351	0,2451	0,6928	0,0894	0,0321
Oklahoma City, OK	1,2493	1,2938	0,3561	0,9660	0,1237	0,0467
Tulsa, OK	1,2572	1,3019	0,3586	0,9721	0,1245	0,0470
Astoria, OR	0,9457	0,9858	0,2605	0,7312	0,0943	0,0342
Portland, OR	1,0154	1,0567	0,2821	0,7851	0,1011	0,0370
Philadelphia, PA	1,0560	1,0980	0,2948	0,8165	0,1050	0,0387
Pittsburgh, PA	0,9400	0,9801	0,2587	0,7269	0,0937	0,0339
Providence, RI	0,9402	0,9803	0,2588	0,7270	0,0937	0,0339
Columbia, SC	1,3645	1,4103	0,3931	1,0550	0,1349	0,0516
Sioux Falls, SD	0,8198	0,8575	0,2219	0,6339	0,0820	0,0291
Memphis, TN	1,3094	1,3547	0,3754	1,0125	0,1295	0,0492
Amarillo, TX	1,1698	1,2134	0,3307	0,9045	0,1160	0,0434
Corpus Christi, TX	1,7308	1,7792	0,5134	1,3383	0,1701	0,0673
Dallas, TX	1,4716	1,5184	0,4280	1,1379	0,1452	0,0561
Houston, TX	1,5577	1,6051	0,4562	1,2045	0,1535	0,0598
Midland-Odessa, TX	1,3929	1,4390	0,4024	1,0771	0,1376	0,0528
Salt Lake City, UT	0,9973	1,0384	0,2765	0,7712	0,0993	0,0363
Richmond, VA	1,1649	1,2084	0,3292	0,9007	0,1156	0,0432
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,9696	1,0101	0,2679	0,7497	0,0966	0,0351
Charleston, WV	1,0691	1,1113	0,2990	0,8267	0,1063	0,0392
Huntington, WV	1,0834	1,1258	0,3034	0,8377	0,1077	0,0398
Cheyenne, WY	0,8361	0,8741	0,2268	0,6465	0,0836	0,0297

Location	Pva	P*	Yi		
			Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	1,2034	0,0213	0,8499	0,1087	0,0414
Montgomery, AL	1,2983	0,0231	0,8497	0,1085	0,0418

Homer, AK	0,5618	0,0097	0,8514	0,1109	0,0377
Phoenix, AZ	1,5602	0,0280	0,8493	0,1080	0,0427
Tucson, AZ	1,4329	0,0256	0,8495	0,1082	0,0422
Fort Smith, AR	1,1608	0,0206	0,8500	0,1088	0,0412
Little Rock, AR	1,1962	0,0212	0,8499	0,1087	0,0413
Bakersfield, CA	1,3366	0,0238	0,8497	0,1084	0,0419
Long Beach, CA	1,2718	0,0226	0,8498	0,1086	0,0416
Los Angeles AP, CA	1,2276	0,0218	0,8499	0,1087	0,0415
Sacramento, CA	1,1662	0,0207	0,8500	0,1088	0,0412
San Francisco AP, CA	1,0428	0,0184	0,8502	0,1091	0,0407
Santa Maria, CA	1,0487	0,0185	0,8502	0,1091	0,0407
Denver, CO	0,8699	0,0152	0,8506	0,1096	0,0398
Grand Junction, CO	0,9349	0,0164	0,8504	0,1094	0,0401
Wilmington, DE	0,9549	0,0168	0,8504	0,1094	0,0402
Atlanta, GA	1,1726	0,0208	0,8500	0,1088	0,0412
Savannah, GA	1,3325	0,0238	0,8497	0,1084	0,0419
Honolulu, HI	1,7945	0,0325	0,8490	0,1076	0,0434
Chicago, IL	0,8325	0,0146	0,8507	0,1098	0,0396
Springfield, IL	0,9196	0,0161	0,8505	0,1095	0,0401
Indianapolis, IN	0,9032	0,0159	0,8505	0,1095	0,0400
Wichita, KS	1,0315	0,0182	0,8502	0,1091	0,0406
Louisville, KY	1,0148	0,0179	0,8503	0,1092	0,0405
Baton Rouge, LA	1,3913	0,0249	0,8496	0,1083	0,0421
Lake Charles, LA	1,4073	0,0252	0,8496	0,1083	0,0422
New Orleans, LA	1,4202	0,0254	0,8495	0,1083	0,0422
Detroit, MI	0,8139	0,0142	0,8507	0,1098	0,0395
Grand Rapids, MI	0,7887	0,0138	0,8508	0,1099	0,0393
Minneapolis-St. Paul, MN	0,7284	0,0127	0,8509	0,1101	0,0389
Jackson, MS	1,2889	0,0229	0,8498	0,1085	0,0417
Billings, MT	0,7762	0,0136	0,8508	0,1100	0,0392
Las Vegas, NV	1,3675	0,0244	0,8496	0,1084	0,0420
Newark, NJ	0,9587	0,0169	0,8504	0,1094	0,0403
Rosswell, NM	1,1993	0,0213	0,8499	0,1087	0,0414
Buffalo, NY	0,7879	0,0138	0,8508	0,1099	0,0393
New, NY (La Guardia Airport)	0,9603	0,0169	0,8504	0,1094	0,0403



Cleveland, OH	0,8381	0,0147	0,8507	0,1097	0,0396
Columbus, OH	0,8902	0,0156	0,8505	0,1096	0,0399
Toledo, OH	0,8143	0,0142	0,8507	0,1098	0,0395
Oklahoma City, OK	1,1364	0,0201	0,8500	0,1089	0,0411
Tulsa, OK	1,1436	0,0202	0,8500	0,1089	0,0411
Astoria, OR	0,8596	0,0151	0,8506	0,1097	0,0397
Portland, OR	0,9232	0,0162	0,8505	0,1095	0,0401
Philadelphia, PA	0,9602	0,0169	0,8504	0,1094	0,0403
Pittsburgh, PA	0,8545	0,0150	0,8506	0,1097	0,0397
Providence, RI	0,8547	0,0150	0,8506	0,1097	0,0397
Columbia, SC	1,2415	0,0221	0,8498	0,1086	0,0415
Sioux Falls, SD	0,7450	0,0130	0,8509	0,1101	0,0391
Memphis, TN	1,1913	0,0211	0,8499	0,1087	0,0413
Amarillo, TX	1,0639	0,0188	0,8502	0,1091	0,0408
Corpus Christi, TX	1,5758	0,0283	0,8493	0,1080	0,0427
Dallas, TX	1,3392	0,0239	0,8497	0,1084	0,0419
Houston, TX	1,4178	0,0254	0,8495	0,1083	0,0422
Midland-Odessa, TX	1,2675	0,0225	0,8498	0,1086	0,0416
Salt Lake City, UT	0,9067	0,0159	0,8505	0,1095	0,0400
Richmond, VA	1,0594	0,0187	0,8502	0,1091	0,0407
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	0,8814	0,0155	0,8506	0,1096	0,0399
Charleston, WV	0,9722	0,0171	0,8504	0,1093	0,0403
Huntington, WV	0,9852	0,0173	0,8503	0,1093	0,0404
Cheyenne, WY	0,7599	0,0133	0,8508	0,1100	0,0391

Location	MiYi			Mv	Zvi		
	Benzene	Cyclohexane	Toluene		Benzene	Cyclohexane	Toluene
Birmingham, AL	66,3778	9,1541	3,8105	79,3424	0,8366	0,1154	0,0480
Montgomery, AL	66,3648	9,1363	3,8453	79,3464	0,8364	0,1151	0,0485
Homer, AK	66,4927	9,3360	3,4761	79,3048	0,8384	0,1177	0,0438
Phoenix, AZ	66,3320	9,0935	3,9307	79,3563	0,8359	0,1146	0,0495
Tucson, AZ	66,3474	9,1133	3,8910	79,3517	0,8361	0,1148	0,0490
Fort Smith, AR	66,3839	9,1625	3,7941	79,3405	0,8367	0,1155	0,0478
Little Rock, AR	66,3788	9,1555	3,8078	79,3421	0,8366	0,1154	0,0480

Bakersfield, CA	66,3597	9,1295	3,8588	79,3480	0,8363	0,1151	0,0486
Long Beach, CA	66,3684	9,1411	3,8358	79,3453	0,8364	0,1152	0,0483
Los Angeles AP, CA	66,3744	9,1494	3,8197	79,3435	0,8365	0,1153	0,0481
Sacramento, CA	66,3831	9,1614	3,7962	79,3408	0,8367	0,1155	0,0478
San Francisco AP, CA	66,4016	9,1878	3,7456	79,3350	0,8370	0,1158	0,0472
Santa Maria, CA	66,4007	9,1864	3,7481	79,3353	0,8370	0,1158	0,0472
Denver, CO	66,4303	9,2308	3,6648	79,3258	0,8374	0,1164	0,0462
Grand Junction, CO	66,4191	9,2136	3,6967	79,3294	0,8373	0,1161	0,0466
Wilmington, DE	66,4158	9,2086	3,7061	79,3305	0,8372	0,1161	0,0467
Atlanta, GA	66,3822	9,1601	3,7987	79,3411	0,8367	0,1155	0,0479
Savannah, GA	66,3603	9,1302	3,8573	79,3478	0,8363	0,1151	0,0486
Honolulu, HI	66,3059	9,0612	3,9969	79,3640	0,8355	0,1142	0,0504
Chicago, IL	66,4370	9,2412	3,6454	79,3236	0,8375	0,1165	0,0460
Springfield, IL	66,4217	9,2175	3,6894	79,3286	0,8373	0,1162	0,0465
Indianapolis, IN	66,4245	9,2218	3,6814	79,3277	0,8373	0,1162	0,0464
Wichita, KS	66,4034	9,1903	3,7407	79,3344	0,8370	0,1158	0,0472
Louisville, KY	66,4060	9,1942	3,7333	79,3336	0,8370	0,1159	0,0471
Baton Rouge, LA	66,3527	9,1202	3,8773	79,3501	0,8362	0,1149	0,0489
Lake Charles, LA	66,3506	9,1175	3,8826	79,3507	0,8362	0,1149	0,0489
New Orleans, LA	66,3490	9,1154	3,8869	79,3512	0,8361	0,1149	0,0490
Detroit, MI	66,4404	9,2466	3,6355	79,3225	0,8376	0,1166	0,0458
Grand Rapids, MI	66,4451	9,2541	3,6217	79,3210	0,8377	0,1167	0,0457
Minneapolis-St. Paul, MN	66,4568	9,2732	3,5871	79,3171	0,8379	0,1169	0,0452
Jackson, MS	66,3660	9,1380	3,8420	79,3460	0,8364	0,1152	0,0484
Billings, MT	66,4475	9,2580	3,6148	79,3202	0,8377	0,1167	0,0456
Las Vegas, NV	66,3557	9,1242	3,8693	79,3492	0,8362	0,1150	0,0488
Newark, NJ	66,4151	9,2077	3,7079	79,3307	0,8372	0,1161	0,0467
Rosswell, NM	66,3784	9,1549	3,8090	79,3422	0,8366	0,1154	0,0480
Buffalo, NY	66,4452	9,2544	3,6213	79,3209	0,8377	0,1167	0,0457
New, NY (La Guardia Airport)	66,4149	9,2073	3,7087	79,3308	0,8372	0,1161	0,0467
Cleveland, OH	66,4360	9,2396	3,6484	79,3240	0,8375	0,1165	0,0460
Columbus, OH	66,4267	9,2253	3,6750	79,3270	0,8374	0,1163	0,0463
Toledo, OH	66,4403	9,2465	3,6357	79,3225	0,8376	0,1166	0,0458
Oklahoma City, OK	66,3875	9,1675	3,7844	79,3394	0,8368	0,1155	0,0477
Tulsa, OK	66,3864	9,1660	3,7873	79,3398	0,8367	0,1155	0,0477

Astoria, OR	66,4321	9,2336	3,6595	79,3252	0,8375	0,1164	0,0461
Portland, OR	66,4211	9,2166	3,6911	79,3288	0,8373	0,1162	0,0465
Philadelphia, PA	66,4149	9,2073	3,7086	79,3308	0,8372	0,1161	0,0467
Pittsburgh, PA	66,4330	9,2350	3,6569	79,3249	0,8375	0,1164	0,0461
Providence, RI	66,4330	9,2350	3,6570	79,3249	0,8375	0,1164	0,0461
Columbia, SC	66,3725	9,1468	3,8248	79,3441	0,8365	0,1153	0,0482
Sioux Falls, SD	66,4535	9,2678	3,5969	79,3182	0,8378	0,1168	0,0453
Memphis, TN	66,3795	9,1564	3,8059	79,3419	0,8366	0,1154	0,0480
Amarillo, TX	66,3984	9,1830	3,7546	79,3360	0,8369	0,1157	0,0473
Corpus Christi, TX	66,3302	9,0912	3,9354	79,3568	0,8358	0,1146	0,0496
Dallas, TX	66,3594	9,1290	3,8597	79,3481	0,8363	0,1151	0,0486
Houston, TX	66,3493	9,1158	3,8861	79,3511	0,8361	0,1149	0,0490
Midland-Odessa, TX	66,3689	9,1419	3,8343	79,3451	0,8365	0,1152	0,0483
Salt Lake City, UT	66,4239	9,2209	3,6831	79,3279	0,8373	0,1162	0,0464
Richmond, VA	66,3990	9,1840	3,7527	79,3358	0,8369	0,1158	0,0473
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	66,4283	9,2276	3,6706	79,3265	0,8374	0,1163	0,0463
Charleston, WV	66,4129	9,2044	3,7141	79,3314	0,8372	0,1160	0,0468
Huntington, WV	66,4108	9,2012	3,7201	79,3321	0,8371	0,1160	0,0469
Cheyenne, WY	66,4506	9,2631	3,6055	79,3191	0,8378	0,1168	0,0455

Location	v	Lr	Birmingham, AL Lr1	Montgomery, AL Lr2	Homer, AK Lr3	Phoenix, AZ Lr4	Tucson, AZ Lr5	Fort Smith, AR Lr6	Little Rock, AR Lr7	Bakersfield, CA Lr8	Long Beach, CA Lr9
Birmingham, AL	7,2	293,4	293,4	262,3	315,0	247,4	354,5	315,0	326,1	252,3	252,3
Montgomery, AL	6,6	284,0	317,7	284,0	341,1	267,8	383,8	341,1	353,1	273,2	273,2
Homer, AK	7,6	143,7	133,8	119,6	143,7	112,8	161,7	143,7	148,7	115,1	115,1
Phoenix, AZ	6,3	325,0	385,5	344,6	413,9	325,0	465,7	413,9	428,4	331,5	331,5
Tucson, AZ	8,3	425,7	352,3	315,0	378,3	297,1	425,7	378,3	391,6	303,0	303,0
Fort Smith, AR	7,6	303,4	282,6	252,6	303,4	238,3	341,4	303,4	314,0	243,0	243,0
Little Rock, AR	7,8	324,0	291,6	260,7	313,0	245,8	352,3	313,0	324,0	250,7	250,7
Bakersfield, CA	6,4	281,6	327,5	292,8	351,6	276,1	395,7	351,6	364,0	281,6	281,6
Long Beach, CA	6,4	267,3	310,9	277,9	333,8	262,1	375,6	333,8	345,5	267,3	267,3
Los Angeles AP, CA	7,5	316,1	299,6	267,8	321,7	252,6	362,0	321,7	333,0	257,6	257,6
Sacramento, CA	7,9	321,0	284,0	253,9	304,9	239,4	343,1	304,9	315,6	244,2	244,2
San Francisco AP, CA	10,6	429,3	252,8	226,0	271,4	213,1	305,4	271,4	280,9	217,4	217,4
Santa Maria, CA	7,0	245,1	254,2	227,3	273,0	214,4	307,2	273,0	282,6	218,6	218,6
Denver, CO	8,7	269,9	209,5	187,3	225,0	176,7	253,2	225,0	232,9	180,2	180,2
Grand Junction, CO	8,1	263,9	225,7	201,8	242,3	190,3	272,7	242,3	250,9	194,1	194,1
Wilmington, DE	9,1	316,2	230,7	206,3	247,7	194,5	278,7	247,7	256,4	198,4	198,4
Atlanta, GA	9,1	391,4	285,6	255,3	306,6	240,8	345,0	306,6	317,4	245,6	245,6
Savannah, GA	7,9	369,0	326,4	291,9	350,5	275,2	394,4	350,5	362,8	280,7	280,7
Honolulu, HI	11,4	843,3	447,3	399,9	480,2	377,1	540,4	480,2	497,1	384,7	384,7
Chicago, IL	10,3	326,5	200,2	179,0	215,0	168,8	241,9	215,0	222,5	172,2	172,2
Springfield, IL	11,2	407,8	221,9	198,4	238,3	187,1	268,1	238,3	246,6	190,8	190,8
Indianapolis, IN	9,6	321,6	217,8	194,7	233,8	183,6	263,2	233,8	242,1	187,3	187,3
Wichita, KS	12,3	526,1	249,9	223,4	268,3	210,7	302,0	268,3	277,8	214,9	214,9
Louisville, KY	8,4	301,7	245,7	219,7	263,8	207,2	296,9	263,8	273,1	211,3	211,3
Baton Rouge, LA	7,6	366,7	341,6	305,4	366,7	288,0	412,7	366,7	379,6	293,7	293,7
Lake Charles, LA	8,7	445,4	345,7	309,1	371,2	291,5	417,7	371,2	384,2	297,3	297,3
New Orleans, LA	8,2	414,9	349,1	312,1	374,8	294,3	421,8	374,8	388,0	300,2	300,2
Detroit, MI	10,4	323,4	195,6	174,9	210,1	165,0	236,4	210,1	217,4	168,2	168,2

Grand Rapids, MI	9,8	287,9	189,4	169,3	203,4	159,7	228,9	203,4	210,5	162,9	162,9
Minneapolis-St. Paul, MN	10,6	296,5	174,6	156,1	187,4	147,2	210,9	187,4	194,0	150,1	150,1
Jackson, MS	7,4	326,8	315,2	281,8	338,5	265,8	380,9	338,5	350,4	271,1	271,1
Billings, MT	11,2	342,5	186,3	166,6	200,1	157,1	225,1	200,1	207,1	160,2	160,2
Las Vegas, NV	9,3	473,8	335,4	299,9	360,1	282,8	405,3	360,1	372,8	288,5	288,5
Newark, NJ	10,2	372,5	231,7	207,1	248,7	195,3	279,9	248,7	257,5	199,2	199,2
Roswell, NM	8,6	370,7	292,4	261,4	313,9	246,5	353,2	313,9	324,9	251,4	251,4
Buffalo, NY	12,0	384,3	189,2	169,2	203,1	159,5	228,6	203,1	210,3	162,7	162,7
New, NY (La Guardia Airport)	12,2	482,8	232,1	207,5	249,2	195,7	280,4	249,2	257,9	199,6	199,6
Cleveland, OH	10,6	342,5	201,6	180,3	216,5	170,0	243,6	216,5	224,1	173,4	173,4
Columbus, OH	8,5	267,8	214,6	191,8	230,4	180,9	259,2	230,4	238,5	184,5	184,5
Toledo, OH	9,4	280,7	195,7	175,0	210,2	165,0	236,5	210,2	217,6	168,3	168,3
Oklahoma City, OK	12,4	588,8	276,4	247,1	296,8	233,0	333,9	296,8	307,2	237,7	237,7
Tulsa, OK	10,3	453,7	278,2	248,8	298,7	234,6	336,2	298,7	309,2	239,3	239,3
Astoria, OR	8,6	262,5	207,0	185,0	222,2	174,5	250,1	222,2	230,0	178,0	178,0
Portland, OR	7,9	251,9	222,8	199,2	239,2	187,8	269,2	239,2	247,6	191,6	191,6
Philadelphia, PA	9,5	337,6	232,0	207,5	249,1	195,6	280,4	249,1	257,9	199,5	199,5
Pittsburgh, PA	9,1	281,9	205,7	183,9	220,9	173,4	248,5	220,9	228,6	176,9	176,9
Providence, RI	10,6	349,5	205,8	184,0	220,9	173,5	248,6	220,9	228,7	176,9	176,9
Columbia, SC	6,9	286,8	303,1	271,0	325,4	255,6	366,2	325,4	336,9	260,7	260,7
Sioux Falls, SD	11,1	324,1	178,6	159,7	191,8	150,6	215,8	191,8	198,5	153,6	153,6
Memphis, TN	8,9	385,9	290,3	259,6	311,7	244,8	350,8	311,7	322,7	249,7	249,7
Amarillo, TX	13,6	629,7	258,1	230,7	277,1	217,6	311,8	277,1	286,8	221,9	221,9
Corpus Christi, TX	12,0	791,1	389,5	348,3	418,2	328,5	470,7	418,2	432,9	335,0	335,0
Dallas, TX	10,8	572,5	328,2	293,4	352,3	276,7	396,5	352,3	364,7	282,2	282,2
Houston, TX	7,9	393,9	348,4	311,5	374,1	293,8	421,0	374,1	387,2	299,6	299,6
Midland-Odessa, TX	11,1	562,0	309,8	276,9	332,6	261,2	374,3	332,6	344,3	266,4	266,4
Salt Lake City, UT	8,9	290,7	218,7	195,5	234,8	184,4	264,2	234,8	243,0	188,1	188,1
Richmond, VA	7,7	280,7	256,9	229,7	275,9	216,6	310,5	275,9	285,6	221,0	221,0
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	9,0	286,7	212,4	189,9	228,0	179,1	256,6	228,0	236,1	182,7	182,7
Charleston, WV	6,3	198,2	235,0	210,1	252,3	198,2	284,0	252,3	261,2	202,1	202,1
Huntington, WV	6,6	213,0	238,3	213,0	255,8	200,9	287,9	255,8	264,8	204,9	204,9
Cheyenne, WY	13,0	416,2	182,3	163,0	195,7	153,7	220,3	195,7	202,6	156,8	156,8

	Los Angeles AP, CA	Sacramento, CA	San Francisco AP, CA	Santa Maria, CA	Denver, CO	Grand Junction, CO	Wilmington, DE	Atlanta, GA	Savannah, GA	Honolulu, HI	Chicago, IL
Location	Lr10	Lr11	Lr12	Lr13	Lr14	Lr15	Lr16	Lr17	Lr18	Lr19	Lr20
Birmingham, AL	309,6	331,7	498,3	282,9	378,0	343,0	402,1	402,1	331,7	553,2	478,4
Montgomery, AL	335,1	359,1	539,6	306,3	409,2	371,4	435,4	435,4	359,1	598,9	518,0
Homer, AK	141,2	151,3	227,3	129,0	172,4	156,4	183,4	183,4	151,3	252,3	218,2
Phoenix, AZ	406,7	435,8	654,7	371,6	496,6	450,6	528,3	528,3	435,8	726,7	628,5
Tucson, AZ	371,7	398,3	598,4	339,7	453,9	411,9	482,9	482,9	398,3	664,3	574,5
Fort Smith, AR	298,1	319,4	479,9	272,4	364,0	330,3	387,3	387,3	319,4	532,8	460,7
Little Rock, AR	307,6	329,6	495,2	281,1	375,6	340,9	399,6	399,6	329,6	549,7	475,4
Bakersfield, CA	345,5	370,2	556,3	315,7	421,9	382,9	448,9	448,9	370,2	617,5	534,0
Long Beach, CA	328,0	351,4	528,0	299,7	400,5	363,4	426,1	426,1	351,4	586,1	506,9
Los Angeles AP, CA	316,1	338,7	508,8	288,8	386,0	350,2	410,6	410,6	338,7	564,8	488,5
Sacramento, CA	299,6	321,0	482,3	273,8	365,8	332,0	389,2	389,2	321,0	535,4	463,0
San Francisco AP, CA	266,7	285,7	429,3	243,7	325,6	295,5	346,4	346,4	285,7	476,6	412,1
Santa Maria, CA	268,2	287,4	431,8	245,1	327,5	297,2	348,5	348,5	287,4	479,3	414,5
Denver, CO	221,1	236,9	355,9	202,0	269,9	245,0	287,2	287,2	236,9	395,0	341,6
Grand Junction, CO	238,1	255,2	383,4	217,6	290,8	263,9	309,4	309,4	255,2	425,6	368,0
Wilmington, DE	243,4	260,8	391,8	222,4	297,2	269,7	316,2	316,2	260,8	435,0	376,2
Atlanta, GA	301,3	322,8	485,0	275,3	367,9	333,9	391,4	391,4	322,8	538,4	465,6
Savannah, GA	344,4	369,0	554,5	314,7	420,6	381,6	447,4	447,4	369,0	615,5	532,3
Honolulu, HI	471,9	505,6	759,7	431,2	576,2	522,9	613,0	613,0	505,6	843,3	729,3
Chicago, IL	211,3	226,4	340,1	193,0	258,0	234,1	274,5	274,5	226,4	377,5	326,5
Springfield, IL	234,1	250,9	376,9	213,9	285,9	259,4	304,1	304,1	250,9	418,4	361,8
Indianapolis, IN	229,8	246,2	369,9	210,0	280,6	254,6	298,5	298,5	246,2	410,6	355,1
Wichita, KS	263,7	282,5	424,5	240,9	322,0	292,2	342,5	342,5	282,5	471,2	407,5
Louisville, KY	259,2	277,8	417,3	236,9	316,6	287,3	336,8	336,8	277,8	463,3	400,6
Baton Rouge, LA	360,4	386,1	580,2	329,3	440,1	399,3	468,2	468,2	386,1	644,0	556,9
Lake Charles, LA	364,7	390,8	587,2	333,3	445,4	404,2	473,8	473,8	390,8	651,8	563,7

New Orleans, LA	368,3	394,6	592,9	336,5	449,7	408,1	478,4	478,4	394,6	658,1	569,2
Detroit, MI	206,4	221,2	332,3	188,6	252,0	228,7	268,2	268,2	221,2	368,9	319,0
Grand Rapids, MI	199,8	214,1	321,7	182,6	244,0	221,4	259,6	259,6	214,1	357,1	308,8
Minneapolis-St. Paul, MN	184,2	197,3	296,5	168,3	224,9	204,1	239,2	239,2	197,3	329,1	284,6
Jackson, MS	332,6	356,4	535,4	303,9	406,1	368,5	432,1	432,1	356,4	594,4	514,0
Billings, MT	196,6	210,6	316,5	179,6	240,1	217,8	255,4	255,4	210,6	351,3	303,8
Las Vegas, NV	353,9	379,2	569,7	323,4	432,1	392,2	459,7	459,7	379,2	632,4	546,9
Newark, NJ	244,4	261,9	393,5	223,3	298,5	270,8	317,5	317,5	261,9	436,8	377,7
Rosswell, NM	308,4	330,5	496,6	281,9	376,6	341,8	400,7	400,7	330,5	551,2	476,7
Buffalo, NY	199,6	213,9	321,4	182,4	243,8	221,2	259,3	259,3	213,9	356,7	308,5
New, NY (La Guardia Airport)	244,8	262,3	394,1	223,7	299,0	271,3	318,1	318,1	262,3	437,5	378,4
Cleveland, OH	212,7	228,0	342,5	194,4	259,8	235,7	276,4	276,4	228,0	380,2	328,8
Columbus, OH	226,4	242,6	364,4	206,9	276,4	250,8	294,1	294,1	242,6	404,5	349,9
Toledo, OH	206,5	221,3	332,5	188,7	252,2	228,8	268,3	268,3	221,3	369,1	319,2
Oklahoma City, OK	291,6	312,5	469,4	266,5	356,1	323,1	378,8	378,8	312,5	521,1	450,7
Tulsa, OK	293,5	314,5	472,6	268,2	358,4	325,3	381,3	381,3	314,5	524,6	453,7
Astoria, OR	218,4	234,0	351,5	199,5	266,6	242,0	283,7	283,7	234,0	390,2	337,5
Portland, OR	235,0	251,9	378,4	214,8	287,0	260,5	305,3	305,3	251,9	420,0	363,3
Philadelphia, PA	244,8	262,3	394,1	223,7	298,9	271,3	318,0	318,0	262,3	437,5	378,3
Pittsburgh, PA	217,0	232,5	349,4	198,3	265,0	240,5	281,9	281,9	232,5	387,8	335,4
Providence, RI	217,1	232,6	349,5	198,4	265,1	240,5	282,0	282,0	232,6	387,9	335,5
Columbia, SC	319,8	342,7	514,8	292,2	390,5	354,4	415,4	415,4	342,7	571,5	494,2
Sioux Falls, SD	188,5	201,9	303,4	172,2	230,1	208,8	244,8	244,8	201,9	336,8	291,3
Memphis, TN	306,3	328,2	493,1	279,9	374,0	339,4	397,9	397,9	328,2	547,4	473,4
Amarillo, TX	272,3	291,7	438,3	248,8	332,5	301,7	353,7	353,7	291,7	486,6	420,8
Corpus Christi, TX	411,0	440,4	661,6	375,6	501,9	455,4	533,9	533,9	440,4	734,4	635,2
Dallas, TX	346,2	371,0	557,4	316,4	422,8	383,7	449,8	449,8	371,0	618,7	535,1
Houston, TX	367,6	393,9	591,8	335,9	448,9	407,3	477,6	477,6	393,9	656,9	568,1
Midland-Odessa, TX	326,8	350,2	526,1	298,6	399,1	362,1	424,6	424,6	350,2	584,0	505,1
Salt Lake City, UT	230,7	247,2	371,4	210,8	281,7	255,7	299,7	299,7	247,2	412,3	356,6
Richmond, VA	271,1	290,5	436,4	247,7	331,0	300,4	352,2	352,2	290,5	484,4	419,0
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	224,1	240,1	360,7	204,8	273,6	248,3	291,1	291,1	240,1	400,4	346,3
Charleston, WV	248,0	265,7	399,2	226,6	302,8	274,8	322,1	322,1	265,7	443,1	383,2
Huntington, WV	251,4	269,4	404,7	229,7	307,0	278,6	326,6	326,6	269,4	449,3	388,5
Cheyenne, WY	192,3	206,1	309,6	175,7	234,8	213,1	249,8	249,8	206,1	343,7	297,2

Location	Springfield, IL	Indianapolis, IN	Wichita, KS	Louisville, KY	Baton Rouge, LA	Lake Charles, LA	New Orleans, LA	Detroit, MI	Grand Rapids, MI	Minneapolis-St. Paul, MN	Jackson, MS
	Lr21	Lr22	Lr23	Lr24	Lr25	Lr26	Lr27	Lr28	Lr29	Lr30	Lr31
Birmingham, AL	539,3	433,2	617,7	360,3	315,0	378,0	348,7	485,0	445,9	498,3	304,1
Montgomery, AL	583,8	469,0	668,8	390,1	341,1	409,2	377,6	525,1	482,8	539,6	329,3
Homer, AK	245,9	197,6	281,7	164,3	143,7	172,4	159,0	221,2	203,4	227,3	138,7
Phoenix, AZ	708,4	569,2	811,5	473,4	413,9	496,6	458,2	637,2	585,9	654,7	399,5
Tucson, AZ	647,5	520,2	741,7	432,7	378,3	453,9	418,8	582,4	535,5	598,4	365,2
Fort Smith, AR	519,3	417,2	594,9	347,0	303,4	364,0	335,9	467,1	429,5	479,9	292,9
Little Rock, AR	535,9	430,5	613,8	358,1	313,0	375,6	346,6	482,0	443,2	495,2	302,2
Bakersfield, CA	601,9	483,6	689,5	402,2	351,6	421,9	389,3	541,4	497,8	556,3	339,5
Long Beach, CA	571,3	459,0	654,4	381,8	333,8	400,5	369,5	513,9	472,5	528,0	322,2
Los Angeles AP, CA	550,6	442,4	630,7	367,9	321,7	386,0	356,1	495,2	455,3	508,8	310,5
Sacramento, CA	521,9	419,3	597,8	348,7	304,9	365,8	337,5	469,4	431,6	482,3	294,3
San Francisco AP, CA	464,6	373,2	532,1	310,4	271,4	325,6	300,4	417,8	384,2	429,3	262,0
Santa Maria, CA	467,3	375,4	535,2	312,2	273,0	327,5	302,2	420,3	386,4	431,8	263,5
Denver, CO	385,1	309,4	441,1	257,3	225,0	269,9	249,0	346,4	318,5	355,9	217,2
Grand Junction, CO	414,9	333,3	475,2	277,2	242,3	290,8	268,3	373,1	343,1	383,4	234,0
Wilmington, DE	424,0	340,6	485,7	283,3	247,7	297,2	274,2	381,4	350,6	391,8	239,1
Atlanta, GA	524,9	421,7	601,2	350,7	306,6	367,9	339,4	472,1	434,0	485,0	296,0
Savannah, GA	600,0	482,0	687,2	400,9	350,5	420,6	388,0	539,6	496,1	554,5	338,4
Honolulu, HI	822,1	660,4	941,6	549,3	480,2	576,2	531,6	739,4	679,8	759,7	463,6
Chicago, IL	368,0	295,7	421,6	245,9	215,0	258,0	238,0	331,0	304,3	340,1	207,6
Springfield, IL	407,8	327,7	467,2	272,5	238,3	285,9	263,8	366,8	337,3	376,9	230,0
Indianapolis, IN	400,3	321,6	458,5	267,5	233,8	280,6	258,9	360,0	331,0	369,9	225,8
Wichita, KS	459,3	369,0	526,1	306,9	268,3	322,0	297,0	413,1	379,8	424,5	259,0



Louisville, KY	451,6	362,8	517,3	301,7	263,8	316,6	292,0	406,2	373,5	417,3	254,7
Baton Rouge, LA	627,8	504,4	719,1	419,5	366,7	440,1	406,0	564,6	519,2	580,2	354,1
Lake Charles, LA	635,4	510,5	727,8	424,5	371,2	445,4	410,9	571,5	525,4	587,2	358,3
New Orleans, LA	641,6	515,4	734,9	428,7	374,8	449,7	414,9	577,0	530,5	592,9	361,8
Detroit, MI	359,6	288,9	411,9	240,3	210,1	252,0	232,5	323,4	297,4	332,3	202,8
Grand Rapids, MI	348,1	279,7	398,8	232,6	203,4	244,0	225,1	313,1	287,9	321,7	196,3
Minneapolis-St. Paul, MN	320,8	257,7	367,5	214,4	187,4	224,9	207,5	288,6	265,3	296,5	180,9
Jackson, MS	579,4	465,5	663,7	387,1	338,5	406,1	374,7	521,1	479,1	535,4	326,8
Billings, MT	342,5	275,1	392,3	228,8	200,1	240,1	221,5	308,0	283,2	316,5	193,1
Las Vegas, NV	616,5	495,3	706,2	411,9	360,1	432,1	398,7	554,5	509,8	569,7	347,7
Newark, NJ	425,8	342,1	487,7	284,5	248,7	298,5	275,4	383,0	352,1	393,5	240,1
Rosswell, NM	537,3	431,7	615,5	359,0	313,9	376,6	347,5	483,3	444,4	496,6	303,0
Buffalo, NY	347,7	279,4	398,3	232,4	203,1	243,8	224,9	312,8	287,6	321,4	196,1
New, NY (La Guardia Airport)	426,5	342,6	488,5	285,0	249,2	299,0	275,8	383,6	352,7	394,1	240,5
Cleveland, OH	370,6	297,7	424,5	247,6	216,5	259,8	239,7	333,3	306,5	342,5	209,0
Columbus, OH	394,4	316,8	451,7	263,5	230,4	276,4	255,0	354,7	326,1	364,4	222,4
Toledo, OH	359,8	289,0	412,1	240,4	210,2	252,2	232,7	323,6	297,5	332,5	202,9
Oklahoma City, OK	508,0	408,1	581,9	339,4	296,8	356,1	328,5	456,9	420,1	469,4	286,5
Tulsa, OK	511,4	410,8	585,7	341,7	298,7	358,4	330,7	459,9	422,9	472,6	288,4
Astoria, OR	380,4	305,6	435,7	254,2	222,2	266,6	246,0	342,1	314,6	351,5	214,5
Portland, OR	409,5	329,0	469,0	273,6	239,2	287,0	264,8	368,3	338,6	378,4	230,9
Philadelphia, PA	426,5	342,6	488,5	285,0	249,1	298,9	275,8	383,6	352,7	394,1	240,5
Pittsburgh, PA	378,1	303,7	433,1	252,6	220,9	265,0	244,5	340,0	312,6	349,4	213,2
Providence, RI	378,2	303,8	433,2	252,7	220,9	265,1	244,6	340,1	312,7	349,5	213,3
Columbia, SC	557,1	447,6	638,1	372,2	325,4	390,5	360,3	501,1	460,7	514,8	314,2
Sioux Falls, SD	328,3	263,8	376,1	219,4	191,8	230,1	212,3	295,3	271,5	303,4	185,2
Memphis, TN	533,6	428,7	611,2	356,5	311,7	374,0	345,1	479,9	441,3	493,1	300,9
Amarillo, TX	474,3	381,1	543,3	316,9	277,1	332,5	306,7	426,6	392,2	438,3	267,5
Corpus Christi, TX	715,9	575,2	820,1	478,4	418,2	501,9	463,0	643,9	592,1	661,6	403,8
Dallas, TX	603,1	484,6	690,9	403,0	352,3	422,8	390,1	542,5	498,8	557,4	340,2
Houston, TX	640,4	514,5	733,5	427,9	374,1	448,9	414,1	576,0	529,6	591,8	361,2
Midland-Odessa, TX	569,3	457,4	652,1	380,4	332,6	399,1	368,2	512,0	470,8	526,1	321,1
Salt Lake City, UT	401,9	322,9	460,4	268,6	234,8	281,7	259,9	361,5	332,4	371,4	226,7
Richmond, VA	472,2	379,4	540,9	315,5	275,9	331,0	305,4	424,7	390,5	436,4	266,3
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	390,4	313,6	447,1	260,8	228,0	273,6	252,4	351,1	322,8	360,7	220,2

Charleston, WV	432,0	347,0	494,8	288,6	252,3	302,8	279,4	388,5	357,2	399,2	243,6
Huntington, WV	437,9	351,8	501,7	292,6	255,8	307,0	283,2	393,9	362,2	404,7	247,0
Cheyenne, WY	335,0	269,2	383,8	223,9	195,7	234,8	216,7	301,3	277,1	309,6	189,0

	Billings, MT	Las Vegas, NV	Newark, NJ	Roswell, NM	Buffalo, NY	New, NY (La Guardia Airport)	Cleveland, OH	Columbus, OH	Toledo, OH	Oklahoma City, OK	Tulsa, OK
Location	Lr32	Lr33	Lr34	Lr35	Lr36	Lr37	Lr38	Lr39	Lr40	Lr41	Lr42
Birmingham, AL	539,3	414,5	471,8	372,1	595,9	610,4	498,3	366,2	420,7	625,0	478,4
Montgomery, AL	583,8	448,7	510,8	402,8	645,1	660,8	539,6	396,4	455,5	676,7	518,0
Homer, AK	245,9	189,0	215,2	169,7	271,8	278,4	227,3	167,0	191,9	285,1	218,2
Phoenix, AZ	708,4	544,5	619,9	488,8	782,8	801,9	654,7	481,1	552,7	821,1	628,5
Tucson, AZ	647,5	497,7	566,6	446,8	715,5	733,0	598,4	439,7	505,2	750,6	574,5
Fort Smith, AR	519,3	399,1	454,4	358,3	573,9	587,8	479,9	352,6	405,1	602,0	460,7
Little Rock, AR	535,9	411,9	468,9	369,7	592,1	606,6	495,2	363,9	418,0	621,1	475,4
Bakersfield, CA	601,9	462,6	526,7	415,3	665,1	681,3	556,3	408,7	469,6	697,7	534,0
Long Beach, CA	571,3	439,1	499,9	394,2	631,3	646,7	528,0	388,0	445,7	662,2	506,9
Los Angeles AP, CA	550,6	423,2	481,8	379,9	608,4	623,2	508,8	373,9	429,5	638,2	488,5
Sacramento, CA	521,9	401,1	456,6	360,1	576,7	590,7	482,3	354,4	407,1	604,9	463,0
San Francisco AP, CA	464,6	357,1	406,5	320,5	513,3	525,8	429,3	315,5	362,4	538,5	412,1
Santa Maria, CA	467,3	359,1	408,8	322,4	516,3	528,9	431,8	317,3	364,5	541,6	414,5
Denver, CO	385,1	296,0	337,0	265,7	425,5	435,9	355,9	261,5	300,4	446,4	341,6
Grand Junction, CO	414,9	318,8	363,0	286,2	458,4	469,6	383,4	281,7	323,6	480,8	368,0
Wilmington, DE	424,0	325,9	371,0	292,5	468,5	479,9	391,8	287,9	330,8	491,5	376,2
Atlanta, GA	524,9	403,4	459,2	362,1	580,0	594,1	485,0	356,4	409,4	608,4	465,6
Savannah, GA	600,0	461,1	525,0	414,0	662,9	679,1	554,5	407,4	468,0	695,4	532,3

Honolulu, HI	822,1	631,8	719,3	567,2	908,4	930,5	759,7	558,2	641,3	952,8	729,3
Chicago, IL	368,0	282,9	322,0	253,9	406,7	416,6	340,1	249,9	287,1	426,6	326,5
Springfield, IL	407,8	313,5	356,9	281,4	450,7	461,6	376,9	276,9	318,2	472,7	361,8
Indianapolis, IN	400,3	307,7	350,3	276,2	442,3	453,1	369,9	271,8	312,3	464,0	355,1
Wichita, KS	459,3	353,0	401,9	316,9	507,5	519,9	424,5	311,9	358,3	532,4	407,5
Louisville, KY	451,6	347,1	395,1	311,6	499,0	511,2	417,3	306,6	352,3	523,4	400,6
Baton Rouge, LA	627,8	482,5	549,3	433,1	693,7	710,6	580,2	426,3	489,7	727,7	556,9
Lake Charles, LA	635,4	488,3	556,0	438,4	702,1	719,2	587,2	431,4	495,7	736,5	563,7
New Orleans, LA	641,6	493,1	561,3	442,6	708,9	726,2	592,9	435,6	500,5	743,6	569,2
Detroit, MI	359,6	276,4	314,6	248,1	397,3	407,0	332,3	244,2	280,5	416,8	319,0
Grand Rapids, MI	348,1	267,6	304,6	240,2	384,7	394,0	321,7	236,4	271,6	403,5	308,8
Minneapolis-St. Paul, MN	320,8	246,6	280,7	221,4	354,5	363,1	296,5	217,8	250,3	371,9	284,6
Jackson, MS	579,4	445,3	507,0	399,8	640,2	655,8	535,4	393,4	452,0	671,6	514,0
Billings, MT	342,5	263,2	299,6	236,3	378,4	387,6	316,5	232,5	267,2	396,9	303,8
Las Vegas, NV	616,5	473,8	539,4	425,4	681,2	697,8	569,7	418,6	480,9	714,6	546,9
Newark, NJ	425,8	327,2	372,5	293,8	470,5	481,9	393,5	289,1	332,2	493,5	377,7
Rosswell, NM	537,3	413,0	470,2	370,7	593,7	608,2	496,6	364,9	419,2	622,8	476,7
Buffalo, NY	347,7	267,3	304,3	239,9	384,3	393,6	321,4	236,1	271,3	403,1	308,5
New, NY (La Guardia Airport)	426,5	327,8	373,2	294,3	471,3	482,8	394,1	289,6	332,7	494,3	378,4
Cleveland, OH	370,6	284,8	324,3	255,7	409,5	419,5	342,5	251,6	289,1	429,6	328,8
Columbus, OH	394,4	303,1	345,1	272,1	435,7	446,4	364,4	267,8	307,6	457,1	349,9
Toledo, OH	359,8	276,5	314,8	248,2	397,5	407,2	332,5	244,3	280,7	417,0	319,2
Oklahoma City, OK	508,0	390,4	444,5	350,5	561,3	575,0	469,4	344,9	396,3	588,8	450,7
Tulsa, OK	511,4	393,0	447,4	352,8	565,0	578,8	472,6	347,2	398,9	592,7	453,7
Astoria, OR	380,4	292,4	332,8	262,5	420,3	430,6	351,5	258,3	296,8	440,9	337,5
Portland, OR	409,5	314,7	358,3	282,5	452,4	463,5	378,4	278,0	319,4	474,6	363,3
Philadelphia, PA	426,5	327,8	373,2	294,2	471,2	482,7	394,1	289,6	332,7	494,3	378,3
Pittsburgh, PA	378,1	290,6	330,8	260,9	417,8	427,9	349,4	256,7	294,9	438,2	335,4
Providence, RI	378,2	290,6	330,9	260,9	417,9	428,0	349,5	256,8	295,0	438,3	335,5
Columbia, SC	557,1	428,2	487,4	384,4	615,6	630,6	514,8	378,3	434,6	645,7	494,2
Sioux Falls, SD	328,3	252,3	287,3	226,5	362,8	371,6	303,4	222,9	256,1	380,5	291,3
Memphis, TN	533,6	410,1	466,9	368,1	589,6	604,0	493,1	362,3	416,2	618,5	473,4
Amarillo, TX	474,3	364,6	415,0	327,3	524,1	536,9	438,3	322,1	370,0	549,8	420,8
Corpus Christi, TX	715,9	550,3	626,4	494,0	791,1	810,4	661,6	486,2	558,5	829,8	635,2
Dallas, TX	603,1	463,6	527,7	416,1	666,5	682,7	557,4	409,6	470,5	699,1	535,1

Houston, TX	640,4	492,2	560,3	441,8	707,6	724,8	591,8	434,8	499,6	742,3	568,1
Midland-Odessa, TX	569,3	437,6	498,1	392,8	629,1	644,4	526,1	386,6	444,1	659,9	505,1
Salt Lake City, UT	401,9	308,9	351,7	277,3	444,1	454,9	371,4	272,9	313,5	465,9	356,6
Richmond, VA	472,2	363,0	413,2	325,8	521,8	534,5	436,4	320,7	368,4	547,4	419,0
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	390,4	300,0	341,6	269,3	431,3	441,8	360,7	265,1	304,5	452,5	346,3
Charleston, WV	432,0	332,0	378,0	298,0	477,3	488,9	399,2	293,3	337,0	500,7	383,2
Huntington, WV	437,9	336,6	383,2	302,2	483,9	495,7	404,7	297,4	341,6	507,6	388,5
Cheyenne, WY	335,0	257,5	293,1	231,2	370,2	379,2	309,6	227,5	261,4	388,3	297,2

	Astoria, OR	Portland, OR	Philadelphia, PA	Pittsburgh, PA	Providence, RI	Columbia, SC	Sioux Falls, SD	Memphis, TN	Amarillo, TX	Corpus Christi, TX
Location	Lr43	Lr44	Lr45	Lr46	Lr47	Lr48	Lr49	Lr50	Lr51	Lr52
Birmingham, AL	372,1	331,7	426,9	402,1	498,3	277,7	532,3	390,0	716,0	595,9
Montgomery, AL	402,8	359,1	462,2	435,4	539,6	300,6	576,4	422,2	775,2	645,1
Homer, AK	169,7	151,3	194,7	183,4	227,3	126,6	242,8	177,9	326,5	271,8
Phoenix, AZ	488,8	435,8	560,9	528,3	654,7	364,8	699,4	512,3	940,6	782,8
Tucson, AZ	446,8	398,3	512,7	482,9	598,4	333,4	639,3	468,3	859,7	715,5
Fort Smith, AR	358,3	319,4	411,2	387,3	479,9	267,4	512,7	375,6	689,5	573,9
Little Rock, AR	369,7	329,6	424,3	399,6	495,2	275,9	529,0	387,5	711,5	592,1
Bakersfield, CA	415,3	370,2	476,5	448,9	556,3	309,9	594,2	435,3	799,2	665,1
Long Beach, CA	394,2	351,4	452,3	426,1	528,0	294,2	564,0	413,2	758,5	631,3
Los Angeles AP, CA	379,9	338,7	435,9	410,6	508,8	283,5	543,6	398,2	731,0	608,4
Sacramento, CA	360,1	321,0	413,2	389,2	482,3	268,7	515,2	377,4	692,9	576,7
San Francisco AP, CA	320,5	285,7	367,8	346,4	429,3	239,2	458,6	336,0	616,8	513,3
Santa Maria, CA	322,4	287,4	369,9	348,5	431,8	240,6	461,3	337,9	620,4	516,3
Denver, CO	265,7	236,9	304,9	287,2	355,9	198,3	380,2	278,5	511,3	425,5
Grand Junction, CO	286,2	255,2	328,4	309,4	383,4	213,6	409,5	300,0	550,8	458,4
Wilmington, DE	292,5	260,8	335,7	316,2	391,8	218,3	418,6	306,6	562,9	468,5
Atlanta, GA	362,1	322,8	415,5	391,4	485,0	270,3	518,1	379,6	696,9	580,0

Savannah, GA	414,0	369,0	475,0	447,4	554,5	308,9	592,3	433,9	796,6	662,9
Honolulu, HI	567,2	505,6	650,8	613,0	759,7	423,3	811,5	594,5	1091,4	908,4
Chicago, IL	253,9	226,4	291,4	274,5	340,1	189,5	363,3	266,2	488,6	406,7
Springfield, IL	281,4	250,9	322,9	304,1	376,9	210,0	402,6	295,0	541,5	450,7
Indianapolis, IN	276,2	246,2	316,9	298,5	369,9	206,1	395,2	289,5	531,5	442,3
Wichita, KS	316,9	282,5	363,6	342,5	424,5	236,5	453,4	332,2	609,8	507,5
Louisville, KY	311,6	277,8	357,5	336,8	417,3	232,5	445,8	326,6	599,6	499,0
Baton Rouge, LA	433,1	386,1	497,0	468,2	580,2	323,2	619,7	454,0	833,5	693,7
Lake Charles, LA	438,4	390,8	503,0	473,8	587,2	327,2	627,2	459,5	843,6	702,1
New Orleans, LA	442,6	394,6	507,9	478,4	592,9	330,3	633,3	464,0	851,8	708,9
Detroit, MI	248,1	221,2	284,7	268,2	332,3	185,1	355,0	260,0	477,4	397,3
Grand Rapids, MI	240,2	214,1	275,6	259,6	321,7	179,2	343,7	251,8	462,2	384,7
Minneapolis-St. Paul, MN	221,4	197,3	254,0	239,2	296,5	165,2	316,7	232,0	426,0	354,5
Jackson, MS	399,8	356,4	458,7	432,1	535,4	298,3	572,0	419,0	769,2	640,2
Billings, MT	236,3	210,6	271,1	255,4	316,5	176,3	338,1	247,7	454,7	378,4
Las Vegas, NV	425,4	379,2	488,1	459,7	569,7	317,4	608,6	445,9	818,5	681,2
Newark, NJ	293,8	261,9	337,1	317,5	393,5	219,2	420,3	307,9	565,3	470,5
Rosswell, NM	370,7	330,5	425,4	400,7	496,6	276,7	530,4	388,6	713,4	593,7
Buffalo, NY	239,9	213,9	275,3	259,3	321,4	179,1	343,3	251,5	461,7	384,3
New, NY (La Guardia Airport)	294,3	262,3	337,7	318,1	394,1	219,6	421,0	308,4	566,3	471,3
Cleveland, OH	255,7	228,0	293,4	276,4	342,5	190,8	365,8	268,0	492,0	409,5
Columbus, OH	272,1	242,6	312,2	294,1	364,4	203,1	389,3	285,2	523,6	435,7
Toledo, OH	248,2	221,3	284,8	268,3	332,5	185,2	355,2	260,2	477,7	397,5
Oklahoma City, OK	350,5	312,5	402,2	378,8	469,4	261,6	501,5	367,4	674,4	561,3
Tulsa, OK	352,8	314,5	404,8	381,3	472,6	263,3	504,8	369,8	678,9	565,0
Astoria, OR	262,5	234,0	301,2	283,7	351,5	195,9	375,5	275,1	505,1	420,3
Portland, OR	282,5	251,9	324,2	305,3	378,4	210,8	404,2	296,1	543,6	452,4
Philadelphia, PA	294,2	262,3	337,6	318,0	394,1	219,6	421,0	308,4	566,2	471,2
Pittsburgh, PA	260,9	232,5	299,3	281,9	349,4	194,7	373,2	273,4	502,0	417,8
Providence, RI	260,9	232,6	299,4	282,0	349,5	194,7	373,3	273,5	502,1	417,9
Columbia, SC	384,4	342,7	441,1	415,4	514,8	286,8	549,9	402,9	739,6	615,6
Sioux Falls, SD	226,5	201,9	259,9	244,8	303,4	169,0	324,1	237,4	435,9	362,8
Memphis, TN	368,1	328,2	422,4	397,9	493,1	274,7	526,7	385,9	708,4	589,6
Amarillo, TX	327,3	291,7	375,5	353,7	438,3	244,2	468,2	343,0	629,7	524,1
Corpus Christi, TX	494,0	440,4	566,8	533,9	661,6	368,6	706,8	517,8	950,6	791,1

Dallas, TX	416,1	371,0	477,5	449,8	557,4	310,6	595,4	436,2	800,8	666,5
Houston, TX	441,8	393,9	507,0	477,6	591,8	329,7	632,2	463,1	850,2	707,6
Midland-Odessa, TX	392,8	350,2	450,7	424,6	526,1	293,1	562,0	411,7	755,9	629,1
Salt Lake City, UT	277,3	247,2	318,2	299,7	371,4	207,0	396,8	290,7	533,6	444,1
Richmond, VA	325,8	290,5	373,9	352,2	436,4	243,2	466,2	341,5	627,0	521,8
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	269,3	240,1	309,1	291,1	360,7	201,0	385,4	282,3	518,3	431,3
Charleston, WV	298,0	265,7	342,0	322,1	399,2	222,4	426,4	312,4	573,5	477,3
Huntington, WV	302,2	269,4	346,7	326,6	404,7	225,5	432,3	316,7	581,5	483,9
Cheyenne, WY	231,2	206,1	265,3	249,8	309,6	172,5	330,7	242,3	444,8	370,2

	Dallas, TX	Houston, TX	Midland-Odessa, TX	Salt Lake City, UT	Richmond, VA	Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	Charleston, WV	Huntington, WV	Cheyenne, WY
Location	Lr53	Lr54	Lr55	Lr56	Lr57	Lr58	Lr59	Lr60	Lr61
Birmingham, AL	511,8	331,7	532,3	390,0	320,5	396,0	247,4	262,3	669,9
Montgomery, AL	554,2	359,1	576,4	422,2	347,0	428,8	267,8	284,0	725,3
Homer, AK	233,4	151,3	242,8	177,9	146,2	180,6	112,8	119,6	305,5
Phoenix, AZ	672,4	435,8	699,4	512,3	421,1	520,3	325,0	344,6	880,0
Tucson, AZ	614,6	398,3	639,3	468,3	384,9	475,6	297,1	315,0	804,4
Fort Smith, AR	492,9	319,4	512,7	375,6	308,7	381,4	238,3	252,6	645,1
Little Rock, AR	508,6	329,6	529,0	387,5	318,5	393,6	245,8	260,7	665,7
Bakersfield, CA	571,3	370,2	594,2	435,3	357,8	442,1	276,1	292,8	747,7
Long Beach, CA	542,3	351,4	564,0	413,2	339,6	419,6	262,1	277,9	709,7
Los Angeles AP, CA	522,6	338,7	543,6	398,2	327,3	404,4	252,6	267,8	684,0
Sacramento, CA	495,3	321,0	515,2	377,4	310,2	383,3	239,4	253,9	648,3
San Francisco AP, CA	440,9	285,7	458,6	336,0	276,1	341,2	213,1	226,0	577,1

Santa Maria, CA	443,5	287,4	461,3	337,9	277,7	343,2	214,4	227,3	580,4
Denver, CO	365,5	236,9	380,2	278,5	228,9	282,8	176,7	187,3	478,4
Grand Junction, CO	393,8	255,2	409,5	300,0	246,6	304,7	190,3	201,8	515,3
Wilmington, DE	402,4	260,8	418,6	306,6	252,0	311,4	194,5	206,3	526,7
Atlanta, GA	498,2	322,8	518,1	379,6	312,0	385,5	240,8	255,3	652,0
Savannah, GA	569,5	369,0	592,3	433,9	356,6	440,6	275,2	291,9	745,3
Honolulu, HI	780,3	505,6	811,5	594,5	488,6	603,8	377,1	399,9	1021,2
Chicago, IL	349,3	226,4	363,3	266,2	218,8	270,3	168,8	179,0	457,2
Springfield, IL	387,1	250,9	402,6	295,0	242,4	299,5	187,1	198,4	506,6
Indianapolis, IN	379,9	246,2	395,2	289,5	237,9	294,0	183,6	194,7	497,3
Wichita, KS	436,0	282,5	453,4	332,2	273,0	337,3	210,7	223,4	570,6
Louisville, KY	428,6	277,8	445,8	326,6	268,4	331,7	207,2	219,7	561,0
Baton Rouge, LA	595,9	386,1	619,7	454,0	373,2	461,1	288,0	305,4	779,8
Lake Charles, LA	603,1	390,8	627,2	459,5	377,7	466,6	291,5	309,1	789,3
New Orleans, LA	608,9	394,6	633,3	464,0	381,3	471,2	294,3	312,1	796,9
Detroit, MI	341,3	221,2	355,0	260,0	213,7	264,1	165,0	174,9	446,7
Grand Rapids, MI	330,4	214,1	343,7	251,8	206,9	255,7	159,7	169,3	432,4
Minneapolis-St. Paul, MN	304,5	197,3	316,7	232,0	190,7	235,6	147,2	156,1	398,5
Jackson, MS	549,9	356,4	572,0	419,0	344,4	425,5	265,8	281,8	719,7
Billings, MT	325,0	210,6	338,1	247,7	203,6	251,5	157,1	166,6	425,4
Las Vegas, NV	585,2	379,2	608,6	445,9	366,5	452,8	282,8	299,9	765,8
Newark, NJ	404,1	261,9	420,3	307,9	253,1	312,7	195,3	207,1	528,9
Rosswell, NM	510,0	330,5	530,4	388,6	319,4	394,6	246,5	261,4	667,5
Buffalo, NY	330,1	213,9	343,3	251,5	206,7	255,4	159,5	169,2	432,0
New, NY (La Guardia Airport)	404,8	262,3	421,0	308,4	253,5	313,2	195,7	207,5	529,8
Cleveland, OH	351,8	228,0	365,8	268,0	220,3	272,2	170,0	180,3	460,4
Columbus, OH	374,3	242,6	389,3	285,2	234,4	289,6	180,9	191,8	489,9
Toledo, OH	341,5	221,3	355,2	260,2	213,8	264,2	165,0	175,0	446,9
Oklahoma City, OK	482,1	312,5	501,5	367,4	301,9	373,1	233,0	247,1	631,0
Tulsa, OK	485,4	314,5	504,8	369,8	304,0	375,6	234,6	248,8	635,2
Astoria, OR	361,1	234,0	375,5	275,1	226,1	279,4	174,5	185,0	472,5
Portland, OR	388,6	251,9	404,2	296,1	243,4	300,7	187,8	199,2	508,6
Philadelphia, PA	404,8	262,3	421,0	308,4	253,5	313,2	195,6	207,5	529,8
Pittsburgh, PA	358,8	232,5	373,2	273,4	224,7	277,7	173,4	183,9	469,6
Providence, RI	358,9	232,6	373,3	273,5	224,8	277,7	173,5	184,0	469,8

Columbia, SC	528,8	342,7	549,9	402,9	331,1	409,1	255,6	271,0	692,0
Sioux Falls, SD	311,6	201,9	324,1	237,4	195,2	241,1	150,6	159,7	407,8
Memphis, TN	506,4	328,2	526,7	385,9	317,2	391,9	244,8	259,6	662,8
Amarillo, TX	450,2	291,7	468,2	343,0	281,9	348,4	217,6	230,7	589,2
Corpus Christi, TX	679,5	440,4	706,8	517,8	425,6	525,8	328,5	348,3	889,4
Dallas, TX	572,5	371,0	595,4	436,2	358,5	443,0	276,7	293,4	749,2
Houston, TX	607,8	393,9	632,2	463,1	380,6	470,3	293,8	311,5	795,5
Midland-Odessa, TX	540,4	350,2	562,0	411,7	338,4	418,1	261,2	276,9	707,2
Salt Lake City, UT	381,5	247,2	396,8	290,7	238,9	295,2	184,4	195,5	499,3
Richmond, VA	448,2	290,5	466,2	341,5	280,7	346,8	216,6	229,7	586,6
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	370,5	240,1	385,4	282,3	232,0	286,7	179,1	189,9	484,9
Charleston, WV	410,0	265,7	426,4	312,4	256,8	317,3	198,2	210,1	536,6
Huntington, WV	415,7	269,4	432,3	316,7	260,3	321,6	200,9	213,0	544,0
Cheyenne, WY	318,0	206,1	330,7	242,3	199,1	246,1	153,7	163,0	416,2



Kc	1	for volatile organic liquids
Kfa access hatch	36	
Kfb access hatch	5,9	
m access hatch	1,20	
Kv	0,7	
Nf access hatch	1	
Kfa vacuum breaker	7,8	
Kfb vacuum breaker	0,01	
m vacuum breaker	4,00	
Nf vacuum breaker	1	
Kfa gauge hatch/sample port	2,3	
Kfb gauge hatch/sample port	0	
m gauge hatch/sample port	0	
Nf gauge hatch/sample port	1	

Location	v	Kf access hatch	Kf vacuum breaker	Kf gauge hatch/sample port
Birmingham, AL	7,2	77,0931	14,2524	2,3
Montgomery, AL	6,6	73,0188	12,3558	2,3
Homer, AK	7,6	79,8476	15,8103	2,3
Phoenix, AZ	6,3	71,0089	11,5823	2,3
Tucson, AZ	8,3	84,7375	19,1947	2,3
Fort Smith, AR	7,6	79,8476	15,8103	2,3
Little Rock, AR	7,8	81,2359	16,6873	2,3
Bakersfield, CA	6,4	71,6768	11,8282	2,3
Long Beach, CA	6,4	71,6768	11,8282	2,3
Los Angeles AP, CA	7,5	79,1562	15,3969	2,3
Sacramento, CA	7,9	81,9327	17,1519	2,3
San Francisco AP, CA	10,6	101,3637	38,1121	2,3
Santa Maria, CA	7,0	75,7271	13,5648	2,3
Denver, CO	8,7	87,5695	21,5553	2,3
Grand Junction, CO	8,1	83,3317	18,1355	2,3
Wilmington, DE	9,1	90,4276	24,2648	2,3
Atlanta, GA	9,1	90,4276	24,2648	2,3
Savannah, GA	7,9	81,9327	17,1519	2,3
Honolulu, HI	11,4	107,3273	48,3519	2,3
Chicago, IL	10,3	99,1501	34,8235	2,3
Springfield, IL	11,2	105,8283	45,5802	2,3
Indianapolis, IN	9,6	94,0357	28,1928	2,3
Wichita, KS	12,3	114,1368	62,7557	2,3
Louisville, KY	8,4	85,4430	19,7539	2,3
Baton Rouge, LA	7,6	79,8476	15,8103	2,3
Lake Charles, LA	8,7	87,5695	21,5553	2,3
New Orleans, LA	8,2	84,0337	18,6554	2,3
Detroit, MI	10,4	99,8866	35,8883	2,3
Grand Rapids, MI	9,8	95,4896	29,9461	2,3
Minneapolis-St. Paul, MN	10,6	101,3637	38,1121	2,3
Jackson, MS	7,4	78,4666	14,9998	2,3
Billings, MT	11,2	105,8283	45,5802	2,3
Las Vegas, NV	9,3	91,8662	25,7607	2,3

Newark, NJ	10,2	98,4151	33,7892	2,3
Rosswell, NM	8,6	86,8590	20,9337	2,3
Buffalo, NY	12,0	111,8555	57,5871	2,3
New, NY (La Guardia Airport)	12,2	113,3751	60,9902	2,3
Cleveland, OH	10,6	101,3637	38,1121	2,3
Columbus, OH	8,5	86,1502	20,3334	2,3
Toledo, OH	9,4	92,5878	26,5458	2,3
Oklahoma City, OK	12,4	114,8998	64,5648	2,3
Tulsa, OK	10,3	99,1501	34,8235	2,3
Astoria, OR	8,6	86,8590	20,9337	2,3
Portland, OR	7,9	81,9327	17,1519	2,3
Philadelphia, PA	9,5	93,3110	27,3563	2,3
Pittsburgh, PA	9,1	90,4276	24,2648	2,3
Providence, RI	10,6	101,3637	38,1121	2,3
Columbia, SC	6,9	75,0471	13,2424	2,3
Sioux Falls, SD	11,1	105,0808	44,2489	2,3
Memphis, TN	8,9	88,9953	22,8644	2,3
Amarillo, TX	13,6	124,1488	89,9387	2,3
Corpus Christi, TX	12,0	111,8555	57,5871	2,3
Dallas, TX	10,8	102,8464	40,4653	2,3
Houston, TX	7,9	81,9327	17,1519	2,3
Midland-Odessa, TX	11,1	105,0808	44,2489	2,3
Salt Lake City, UT	8,9	88,9953	22,8644	2,3
Richmond, VA	7,7	80,5409	16,2402	2,3
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	9,0	89,7107	23,5530	2,3
Charleston, WV	6,3	71,0089	11,5823	2,3
Huntington, WV	6,6	73,0188	12,3558	2,3
Cheyenne, WY	13,0	119,5029	76,3750	2,3

Location	Ff	P*	Mv	Lf
Birmingham, AL	93,6455	0,0213	79,3424	158,6243
Montgomery, AL	87,6746	0,0231	79,3464	160,7894
Homer, AK	97,9579	0,0097	79,3048	75,6748
Phoenix, AZ	84,8912	0,0280	79,3563	188,9127
Tucson, AZ	106,2323	0,0256	79,3517	216,0834
Fort Smith, AR	97,9579	0,0206	79,3405	159,8008
Little Rock, AR	100,2232	0,0212	79,3421	168,7037
Bakersfield, CA	85,8050	0,0238	79,3480	162,2333
Long Beach, CA	85,8050	0,0226	79,3453	153,9897
Los Angeles AP, CA	96,8531	0,0218	79,3435	167,5144
Sacramento, CA	101,3846	0,0207	79,3408	166,2002
San Francisco AP, CA	141,7758	0,0184	79,3350	206,8905
Santa Maria, CA	91,5919	0,0185	79,3353	134,4342
Denver, CO	111,4248	0,0152	79,3258	134,7842
Grand Junction, CO	103,7672	0,0164	79,3294	135,2208
Wilmington, DE	116,9925	0,0168	79,3305	155,8197
Atlanta, GA	116,9925	0,0208	79,3411	192,8825
Savannah, GA	101,3846	0,0238	79,3478	191,0686
Honolulu, HI	157,9792	0,0325	79,3640	407,9417
Chicago, IL	136,2736	0,0146	79,3236	157,5372
Springfield, IL	153,7085	0,0161	79,3286	196,9166

Indianapolis, IN	124,5285	0,0159	79,3277	156,5809
Wichita, KS	179,1925	0,0182	79,3344	258,5362
Louisville, KY	107,4969	0,0179	79,3336	152,4877
Baton Rouge, LA	97,9579	0,0249	79,3501	193,1704
Lake Charles, LA	111,4248	0,0252	79,3507	222,3867
New Orleans, LA	104,9892	0,0254	79,3512	211,5769
Detroit, MI	138,0749	0,0142	79,3225	155,9543
Grand Rapids, MI	127,7356	0,0138	79,3210	139,6795
Minneapolis-St. Paul, MN	141,7758	0,0127	79,3171	142,8753
Jackson, MS	95,7664	0,0229	79,3460	174,2894
Billings, MT	153,7085	0,0136	79,3202	165,3486
Las Vegas, NV	119,9269	0,0244	79,3492	232,2432
Newark, NJ	134,5043	0,0169	79,3307	179,8911
Rosswell, NM	110,0927	0,0213	79,3422	185,8195
Buffalo, NY	171,7426	0,0138	79,3209	187,6003
New, NY (La Guardia Airport)	176,6653	0,0169	79,3308	236,6806
Cleveland, OH	141,7758	0,0147	79,3240	165,0428
Columbus, OH	108,7835	0,0156	79,3270	134,7528
Toledo, OH	121,4336	0,0142	79,3225	137,2298
Oklahoma City, OK	181,7645	0,0201	79,3394	290,0303
Tulsa, OK	136,2736	0,0202	79,3398	218,8908
Astoria, OR	110,0927	0,0151	79,3252	131,5512
Portland, OR	101,3846	0,0162	79,3288	130,3990
Philadelphia, PA	122,9673	0,0169	79,3308	164,7278
Pittsburgh, PA	116,9925	0,0150	79,3249	138,9373
Providence, RI	141,7758	0,0150	79,3249	168,4082
Columbia, SC	90,5895	0,0221	79,3441	158,5236
Sioux Falls, SD	151,6297	0,0130	79,3182	156,3743
Memphis, TN	114,1598	0,0211	79,3419	191,3386
Amarillo, TX	216,3875	0,0188	79,3360	322,3987
Corpus Christi, TX	171,7426	0,0283	79,3568	386,2361
Dallas, TX	145,6118	0,0239	79,3481	275,8728
Houston, TX	101,3846	0,0254	79,3511	203,9405
Midland-Odessa, TX	151,6297	0,0225	79,3451	271,1551
Salt Lake City, UT	114,1598	0,0159	79,3279	144,1299
Richmond, VA	99,0811	0,0187	79,3358	146,9757
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	115,5636	0,0155	79,3265	141,7021
Charleston, WV	84,8912	0,0171	79,3314	115,1875
Huntington, WV	87,6746	0,0173	79,3321	120,6120
Cheyenne, WY	198,1779	0,0133	79,3191	208,5621

Location	Lt	Lt 1	Lt 2	Lt 3	Lt 4	Lt 5	Lt 6	Lt 7	Lt 8	Lt 9	Lt 10
Birmingham, AL	464,3	464,3	433,2	485,9	418,3	525,4	485,9	497,0	423,2	423,2	480,4
Montgomery, AL	457,1	490,7	457,1	514,1	440,9	556,9	514,1	526,1	446,2	446,2	508,2
Homer, AK	231,6	221,8	207,6	231,6	200,8	249,6	231,6	236,7	203,0	203,0	229,1
Phoenix, AZ	526,2	586,6	545,8	615,0	526,2	666,9	615,0	629,6	532,7	532,7	607,9
Tucson, AZ	654,1	580,7	543,4	606,6	525,4	654,1	606,6	619,9	531,3	531,3	600,1
Fort Smith, AR	475,5	454,6	424,7	475,5	410,3	513,5	475,5	486,1	415,1	415,1	470,2
Little Rock, AR	505,0	472,5	441,6	494,0	426,8	533,3	494,0	505,0	431,7	431,7	488,6
Bakersfield, CA	456,1	502,0	467,3	526,1	450,6	570,2	526,1	538,5	456,1	456,1	520,0
Long Beach, CA	433,6	477,1	444,2	500,0	428,4	541,9	500,0	511,7	433,6	433,6	494,2
Los Angeles AP, CA	495,9	479,4	447,6	501,4	432,4	541,8	501,4	512,7	437,4	437,4	495,9
Sacramento, CA	499,5	462,4	432,3	483,3	417,9	521,6	483,3	494,0	422,7	422,7	478,0
San Francisco AP, CA	648,5	471,9	445,1	490,5	432,3	524,6	490,5	500,1	436,5	436,5	485,8
Santa Maria, CA	391,8	400,9	374,0	419,7	361,1	453,9	419,7	429,3	365,3	365,3	414,9
Denver, CO	417,0	356,6	334,4	372,0	323,7	400,2	372,0	379,9	327,2	327,2	368,1
Grand Junction, CO	411,4	373,2	349,3	389,8	337,8	420,2	389,8	398,4	341,6	341,6	385,6
Wilmington, DE	484,3	398,8	374,3	415,8	362,6	446,8	415,8	424,5	366,5	366,5	411,5
Atlanta, GA	596,6	490,7	460,5	511,8	445,9	550,2	511,8	522,5	450,7	450,7	506,4
Savannah, GA	572,4	529,8	495,2	553,8	478,6	597,8	553,8	566,1	484,1	484,1	547,7
Honolulu, HI	1263,5	867,5	820,1	900,4	797,3	960,6	900,4	917,3	804,9	804,9	892,1
Chicago, IL	496,3	370,0	348,8	384,8	338,6	411,7	384,8	392,4	342,0	342,0	381,1
Springfield, IL	617,0	431,1	407,6	447,4	396,3	477,3	447,4	455,8	400,0	400,0	443,3
Indianapolis, IN	490,4	386,6	363,6	402,7	352,5	432,0	402,7	410,9	356,1	356,1	398,6
Wichita, KS	796,9	520,7	494,2	539,1	481,5	572,8	539,1	548,6	485,7	485,7	534,5
Louisville, KY	466,5	410,5	384,4	428,6	371,9	461,6	428,6	437,8	376,1	376,1	424,0
Baton Rouge, LA	572,2	547,0	510,8	572,2	493,4	618,1	572,2	585,1	499,2	499,2	565,8
Lake Charles, LA	680,0	580,4	543,7	605,8	526,1	652,4	605,8	618,9	532,0	532,0	599,4
New Orleans, LA	638,7	572,9	535,9	598,6	518,2	645,6	598,6	611,8	524,0	524,0	592,1
Detroit, MI	491,6	363,9	343,1	378,3	333,2	404,6	378,3	385,7	336,5	336,5	374,6
Grand Rapids, MI	439,8	341,4	321,3	355,3	311,7	380,8	355,3	362,5	314,8	314,8	351,8
Minneapolis-St. Paul, MN	451,6	329,7	311,2	342,6	302,3	366,1	342,6	349,1	305,3	305,3	339,3
Jackson, MS	513,3	501,8	468,4	525,0	452,4	567,4	525,0	536,9	457,7	457,7	519,1
Billings, MT	520,1	363,9	344,2	377,7	334,7	402,8	377,7	384,7	337,9	337,9	374,2
Las Vegas, NV	718,3	579,9	544,4	604,7	527,3	649,8	604,7	617,3	533,0	533,0	598,4
Newark, NJ	564,7	423,8	399,3	440,9	387,5	472,1	440,9	449,6	391,4	391,4	436,6

Roswell, NM	568,8	490,4	459,5	512,0	444,6	551,3	512,0	523,0	449,5	449,5	506,5
Buffalo, NY	584,1	389,1	369,0	403,0	359,4	428,5	403,0	410,2	362,6	362,6	399,5
New, NY (La Guardia Airport)	731,7	481,0	456,4	498,1	444,6	529,3	498,1	506,9	448,5	448,5	493,8
Cleveland, OH	519,8	379,0	357,6	393,8	347,3	420,9	393,8	401,4	350,7	350,7	390,0
Columbus, OH	414,8	361,6	338,9	377,4	327,9	406,3	377,4	385,5	331,5	331,5	373,4
Toledo, OH	430,2	345,2	324,5	359,7	314,5	386,0	359,7	367,0	317,8	317,8	356,0
Oklahoma City, OK	891,1	578,7	549,4	599,0	535,3	636,2	599,0	609,5	540,0	540,0	593,9
Tulsa, OK	684,8	509,4	479,9	529,9	465,8	567,3	529,9	540,4	470,4	470,4	524,7
Astoria, OR	406,3	350,8	328,9	366,0	318,3	393,9	366,0	373,9	321,8	321,8	362,2
Portland, OR	394,5	365,5	341,8	381,9	330,5	411,8	381,9	390,3	334,3	334,3	377,7
Philadelphia, PA	514,6	409,0	384,4	426,1	372,6	457,4	426,1	434,9	376,5	376,5	421,8
Pittsburgh, PA	433,1	356,9	335,1	372,1	324,6	399,7	372,1	379,8	328,1	328,1	368,2
Providence, RI	530,1	386,4	364,6	401,6	354,2	429,3	401,6	409,3	357,6	357,6	397,8
Columbia, SC	457,6	473,9	441,8	496,2	426,4	537,0	496,2	507,7	431,5	431,5	490,6
Sioux Falls, SD	492,7	347,3	328,3	360,4	319,3	384,5	360,4	367,2	322,3	322,3	357,1
Memphis, TN	589,5	493,9	463,2	515,3	448,4	554,4	515,3	526,3	453,3	453,3	509,9
Amarillo, TX	964,4	592,7	565,4	611,8	552,3	646,5	611,8	621,5	556,6	556,6	606,9
Corpus Christi, TX	1189,6	788,1	746,8	816,7	727,0	869,2	816,7	831,4	733,5	733,5	809,5
Dallas, TX	860,6	616,3	581,5	640,5	564,8	684,6	640,5	652,9	570,4	570,4	634,4
Houston, TX	610,1	564,6	527,7	590,3	510,0	637,2	590,3	603,5	515,8	515,8	583,8
Midland-Odessa, TX	845,4	593,2	560,4	616,0	544,6	657,7	616,0	627,7	549,8	549,8	610,2
Salt Lake City, UT	447,1	375,1	351,9	391,2	340,8	420,6	391,2	399,4	344,5	344,5	387,1
Richmond, VA	439,9	416,2	389,0	435,1	375,9	469,7	435,1	444,8	380,2	380,2	430,3
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	440,7	366,4	343,9	382,0	333,1	410,6	382,0	390,0	336,6	336,6	378,0
Charleston, WV	325,6	362,5	337,6	379,8	325,6	411,4	379,8	388,7	329,6	329,6	375,4
Huntington, WV	345,9	371,2	345,9	388,7	333,8	420,8	388,7	397,7	337,8	337,8	384,3
Cheyenne, WY	637,0	403,1	383,8	416,5	374,5	441,1	416,5	423,4	377,6	377,6	413,2

Location	Lt 11	Lt 12	Lt 13	Lt 14	Lt 15	Lt 16	Lt 17	Lt 18	Lt 19	Lt 20	Lt 21
Birmingham, AL	502,6	669,2	453,8	548,9	513,9	573,0	573,0	502,6	724,1	649,3	710,1
Montgomery, AL	532,2	712,6	479,3	582,3	544,4	608,4	608,4	532,2	772,0	691,0	756,9
Homer, AK	239,2	315,2	216,9	260,3	244,4	271,3	271,3	239,2	340,2	306,1	333,9
Phoenix, AZ	636,9	855,9	572,8	697,8	651,8	729,5	729,5	636,9	927,9	829,7	909,6
Tucson, AZ	626,7	826,8	568,0	682,3	640,3	711,3	711,3	626,7	892,6	802,8	875,9

Fort Smith, AR	491,5	652,0	444,5	536,1	502,4	559,4	559,4	491,5	704,8	632,8	691,4
Little Rock, AR	510,6	676,2	462,1	556,6	521,8	580,6	580,6	510,6	730,7	656,4	716,8
Bakersfield, CA	544,7	730,8	490,2	596,4	557,4	623,4	623,4	544,7	792,0	708,5	776,4
Long Beach, CA	517,7	694,2	465,9	566,7	529,7	592,3	592,3	517,7	752,3	673,1	737,6
Los Angeles AP, CA	518,5	688,6	468,6	565,7	530,0	590,4	590,4	518,5	744,6	668,3	730,4
Sacramento, CA	499,5	660,8	452,2	544,3	510,4	567,7	567,7	499,5	713,8	641,5	700,3
San Francisco AP, CA	504,9	648,5	462,8	544,8	514,7	565,6	565,6	504,9	695,7	631,3	683,7
Santa Maria, CA	434,1	578,5	391,8	474,2	443,9	495,2	495,2	434,1	626,0	561,2	614,0
Denver, CO	383,9	502,9	349,1	417,0	392,0	434,2	434,2	383,9	542,1	488,7	532,1
Grand Junction, CO	402,7	530,9	365,1	438,3	411,4	456,9	456,9	402,7	573,1	515,5	562,3
Wilmington, DE	428,9	559,9	390,5	465,3	437,8	484,3	484,3	428,9	603,0	544,3	592,1
Atlanta, GA	528,0	690,2	480,5	573,1	539,0	596,6	596,6	528,0	743,6	670,8	730,0
Savannah, GA	572,4	757,8	518,0	623,9	585,0	650,8	650,8	572,4	818,8	735,6	803,3
Honolulu, HI	925,9	1179,9	851,4	996,4	943,1	1033,3	1033,3	925,9	1263,5	1149,5	1242,3
Chicago, IL	396,2	509,9	362,9	427,8	403,9	444,3	444,3	396,2	547,3	496,3	537,8
Springfield, IL	460,0	586,1	423,1	495,1	468,6	513,3	513,3	460,0	627,6	571,0	617,0
Indianapolis, IN	415,1	538,8	378,8	449,4	423,5	467,4	467,4	415,1	579,5	524,0	569,1
Wichita, KS	553,3	695,3	511,7	592,8	563,0	613,3	613,3	553,3	742,0	678,3	730,1
Louisville, KY	442,5	582,1	401,6	481,3	452,0	501,5	501,5	442,5	628,0	565,4	616,3
Baton Rouge, LA	591,6	785,6	534,7	645,5	604,8	673,6	673,6	591,6	849,4	762,4	833,2
Lake Charles, LA	625,5	821,8	567,9	680,0	638,8	708,5	708,5	625,5	886,5	798,3	870,0
New Orleans, LA	618,5	816,7	560,4	673,5	631,9	702,3	702,3	618,5	882,0	793,0	865,4
Detroit, MI	389,4	500,5	356,8	420,3	396,9	436,4	436,4	389,4	537,1	487,2	527,8
Grand Rapids, MI	366,1	473,7	334,6	396,0	373,4	411,6	411,6	366,1	509,1	460,8	500,1
Minneapolis-St. Paul, MN	352,5	451,6	323,4	380,0	359,2	394,4	394,4	352,5	484,3	439,8	476,0
Jackson, MS	542,9	722,0	490,5	592,7	555,1	618,6	618,6	542,9	780,9	700,6	765,9
Billings, MT	388,3	494,1	357,3	417,7	395,5	433,0	433,0	388,3	528,9	481,4	520,1
Las Vegas, NV	623,7	814,2	567,9	676,7	636,7	704,3	704,3	623,7	876,9	791,5	861,0
Newark, NJ	454,0	585,6	415,5	490,6	463,0	509,7	509,7	454,0	628,9	569,9	617,9
Rosswell, NM	528,6	694,7	479,9	574,7	539,9	598,8	598,8	528,6	749,3	674,8	735,4
Buffalo, NY	413,8	521,2	382,3	443,6	421,1	459,2	459,2	413,8	556,6	508,4	547,6
New, NY (La Guardia Airport)	511,3	643,1	472,7	547,9	520,2	567,0	567,0	511,3	686,5	627,3	675,4
Cleveland, OH	405,3	519,8	371,7	437,1	413,0	453,7	453,7	405,3	557,5	506,1	547,9
Columbus, OH	389,6	511,5	353,9	423,4	397,9	441,1	441,1	389,6	551,6	496,9	541,4
Toledo, OH	370,8	482,0	338,2	401,7	378,3	417,8	417,8	370,8	518,6	468,7	509,3

Oklahoma City, OK	614,7	771,7	568,8	658,4	625,4	681,1	681,1	614,7	823,4	753,0	810,3
Tulsa, OK	545,7	703,7	499,4	589,6	556,4	612,5	612,5	545,7	755,7	684,8	742,5
Astoria, OR	377,8	495,4	343,4	410,5	385,8	427,5	427,5	377,8	534,0	481,3	524,2
Portland, OR	394,5	521,1	357,4	429,7	403,1	448,0	448,0	394,5	562,7	505,9	552,1
Philadelphia, PA	439,3	571,1	400,7	475,9	448,3	495,0	495,0	439,3	614,5	555,3	603,5
Pittsburgh, PA	383,7	500,6	349,5	416,2	391,7	433,1	433,1	383,7	539,0	486,6	529,3
Providence, RI	413,3	530,1	379,0	445,7	421,2	462,7	462,7	413,3	568,6	516,2	558,8
Columbia, SC	513,4	685,6	463,0	561,3	525,1	586,2	586,2	513,4	742,3	665,0	727,9
Sioux Falls, SD	370,6	472,1	340,9	398,8	377,5	413,5	413,5	370,6	505,4	459,9	497,0
Memphis, TN	531,8	696,7	483,5	577,6	543,0	601,5	601,5	531,8	751,0	677,0	737,2
Amarillo, TX	626,4	773,0	583,5	667,1	636,4	688,4	688,4	626,4	821,2	755,5	809,0
Corpus Christi, TX	838,9	1060,1	774,1	900,4	853,9	932,4	932,4	838,9	1132,9	1033,7	1114,5
Dallas, TX	659,1	845,5	604,5	710,9	671,8	737,9	737,9	659,1	906,9	823,2	891,3
Houston, TX	610,1	808,0	552,1	665,1	623,5	693,8	693,8	610,1	873,1	784,3	856,6
Midland-Odessa, TX	633,6	809,5	582,0	682,5	645,5	708,0	708,0	633,6	867,4	788,5	852,7
Salt Lake City, UT	403,6	527,8	367,2	438,1	412,1	456,1	456,1	403,6	568,7	513,0	558,3
Richmond, VA	449,7	595,7	407,0	490,3	459,6	511,4	511,4	449,7	643,7	578,2	631,5
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	394,1	514,7	358,7	427,6	402,3	445,1	445,1	394,1	554,4	500,3	544,3
Charleston, WV	393,2	526,7	354,0	430,2	402,2	449,6	449,6	393,2	570,6	510,7	559,4
Huntington, WV	402,3	537,6	362,6	439,9	411,5	459,5	459,5	402,3	582,1	521,4	570,8
Cheyenne, WY	426,9	530,4	396,6	455,7	433,9	470,7	470,7	426,9	564,5	518,1	555,9

Location	Lt 22	Lt 23	Lt 24	Lt 25	Lt 26	Lt 27	Lt 28	Lt 29	Lt 30	Lt 31	Lt 32
Birmingham, AL	604,1	788,6	531,2	485,9	548,9	519,6	655,9	616,8	669,2	475,0	710,1
Montgomery, AL	642,1	841,8	563,2	514,1	582,3	550,6	698,2	655,9	712,6	502,3	756,9
Homer, AK	285,5	369,6	252,3	231,6	260,3	247,0	309,1	291,3	315,2	226,6	333,9
Phoenix, AZ	770,3	1012,7	674,5	615,0	697,8	659,3	838,4	787,0	855,9	600,7	909,6
Tucson, AZ	748,6	970,1	661,0	606,6	682,3	647,1	810,8	763,9	826,8	593,6	875,9
Fort Smith, AR	589,3	766,9	519,1	475,5	536,1	507,9	639,2	601,5	652,0	465,0	691,4
Little Rock, AR	611,5	794,8	539,0	494,0	556,6	527,5	663,0	624,1	676,2	483,2	716,8
Bakersfield, CA	658,1	864,0	576,7	526,1	596,4	563,8	715,9	672,3	730,8	514,0	776,4
Long Beach, CA	625,3	820,7	548,0	500,0	566,7	535,7	680,1	638,7	694,2	488,5	737,6
Los Angeles AP, CA	622,1	810,5	547,7	501,4	565,7	535,9	675,0	635,1	688,6	490,3	730,4
Sacramento, CA	597,7	776,3	527,2	483,3	544,3	516,0	647,9	610,0	660,8	472,8	700,3

San Francisco AP, CA	592,4	751,3	529,6	490,5	544,8	519,6	637,0	603,3	648,5	481,2	683,7
Santa Maria, CA	522,1	681,9	458,9	419,7	474,2	448,9	567,0	533,1	578,5	410,2	614,0
Denver, CO	456,4	588,2	404,4	372,0	417,0	396,1	493,4	465,5	502,9	364,2	532,1
Grand Junction, CO	480,8	622,7	424,7	389,8	438,3	415,8	520,6	490,6	530,9	381,5	562,3
Wilmington, DE	508,7	653,8	451,4	415,8	465,3	442,3	549,4	518,7	559,9	407,2	592,1
Atlanta, GA	626,8	806,4	555,8	511,8	573,1	544,6	677,2	639,2	690,2	501,2	730,0
Savannah, GA	685,3	890,6	604,2	553,8	623,9	591,3	743,0	699,5	757,8	541,7	803,3
Honolulu, HI	1080,6	1361,8	969,5	900,4	996,4	951,8	1159,6	1100,0	1179,9	883,8	1242,3
Chicago, IL	465,5	591,4	415,7	384,8	427,8	407,8	500,8	474,1	509,9	377,4	537,8
Springfield, IL	536,8	676,3	481,7	447,4	495,1	472,9	576,0	546,5	586,1	439,2	617,0
Indianapolis, IN	490,4	627,4	436,3	402,7	449,4	427,7	528,9	499,9	538,8	394,6	569,1
Wichita, KS	639,8	796,9	577,7	539,1	592,8	567,8	683,9	650,6	695,3	529,8	730,1
Louisville, KY	527,6	682,0	466,5	428,6	481,3	456,8	570,9	538,2	582,1	419,4	616,3
Baton Rouge, LA	709,8	924,5	624,9	572,2	645,5	611,4	770,1	724,6	785,6	559,5	833,2
Lake Charles, LA	745,1	962,5	659,2	605,8	680,0	645,6	806,1	760,1	821,8	593,0	870,0
New Orleans, LA	739,3	958,7	652,5	598,6	673,5	638,7	800,9	754,4	816,7	585,7	865,4
Detroit, MI	457,1	580,1	408,5	378,3	420,3	400,8	491,6	465,6	500,5	371,0	527,8
Grand Rapids, MI	431,6	550,7	384,6	355,3	396,0	377,1	465,1	439,8	473,7	348,3	500,1
Minneapolis-St. Paul, MN	412,9	522,6	369,5	342,6	380,0	362,6	443,7	420,5	451,6	336,1	476,0
Jackson, MS	652,0	850,2	573,7	525,0	592,7	561,2	707,7	665,7	722,0	513,3	765,9
Billings, MT	452,7	569,9	406,4	377,7	417,7	399,1	485,6	460,8	494,1	370,8	520,1
Las Vegas, NV	739,8	950,7	656,4	604,7	676,7	643,2	799,0	754,3	814,2	592,2	861,0
Newark, NJ	534,2	679,9	476,7	440,9	490,6	467,5	575,1	544,3	585,6	432,3	617,9
Rosswell, NM	629,8	813,6	557,1	512,0	574,7	545,6	681,4	642,4	694,7	501,1	735,4
Buffalo, NY	479,2	598,2	432,2	403,0	443,6	424,8	512,6	487,4	521,2	396,0	547,6
New, NY (La Guardia Airport)	591,6	737,5	533,9	498,1	547,9	524,8	632,6	601,6	643,1	489,5	675,4
Cleveland, OH	475,0	601,8	424,9	393,8	437,1	417,0	510,6	483,8	519,8	386,3	547,9
Columbus, OH	463,8	598,7	410,5	377,4	423,4	402,0	501,7	473,1	511,5	369,4	541,4
Toledo, OH	438,5	561,6	389,9	359,7	401,7	382,2	473,1	447,0	482,0	352,4	509,3
Oklahoma City, OK	710,4	884,2	641,7	599,0	658,4	630,8	759,2	722,4	771,7	588,8	810,3
Tulsa, OK	642,0	816,9	572,8	529,9	589,6	561,9	691,1	654,0	703,7	519,6	742,5
Astoria, OR	449,4	579,6	398,0	366,0	410,5	389,8	486,0	458,4	495,4	358,4	524,2
Portland, OR	471,6	611,7	416,3	381,9	429,7	407,5	510,9	481,3	521,1	373,6	552,1
Philadelphia, PA	519,6	665,5	462,0	426,1	475,9	452,8	560,6	529,7	571,1	417,5	603,5
Pittsburgh, PA	454,9	584,3	403,8	372,1	416,2	395,7	491,2	463,9	500,6	364,4	529,3



Providence, RI	484,5	613,8	433,3	401,6	445,7	425,2	520,8	493,4	530,1	393,9	558,8
Columbia, SC	618,3	808,9	543,0	496,2	561,3	531,1	671,8	631,5	685,6	485,0	727,9
Sioux Falls, SD	432,4	544,7	388,0	360,4	398,8	381,0	463,9	440,1	472,1	353,8	497,0
Memphis, TN	632,3	814,8	560,1	515,3	577,6	548,7	683,5	644,9	696,7	504,5	737,2
Amarillo, TX	715,7	878,0	651,6	611,8	667,1	641,4	761,3	726,9	773,0	602,2	809,0
Corpus Christi, TX	973,7	1218,6	876,9	816,7	900,4	861,5	1042,4	990,6	1060,1	802,3	1114,5
Dallas, TX	772,7	979,0	691,1	640,5	710,9	678,2	830,6	786,9	845,5	628,3	891,3
Houston, TX	730,7	949,7	644,1	590,3	665,1	630,3	792,2	745,8	808,0	577,4	856,6
Midland-Odessa, TX	740,8	935,5	663,8	616,0	682,5	651,6	795,5	754,2	809,5	604,5	852,7
Salt Lake City, UT	479,3	616,8	425,0	391,2	438,1	416,3	517,9	488,8	527,8	383,1	558,3
Richmond, VA	538,6	700,2	474,8	435,1	490,3	464,6	584,0	549,8	595,7	425,6	631,5
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	467,6	601,1	414,8	382,0	427,6	406,4	505,1	476,8	514,7	374,1	544,3
Charleston, WV	474,5	622,3	416,1	379,8	430,2	406,8	516,0	484,7	526,7	371,1	559,4
Huntington, WV	484,7	634,5	425,5	388,7	439,9	416,1	526,8	495,0	537,6	379,9	570,8
Cheyenne, WY	490,0	604,6	444,7	416,5	455,7	437,5	522,2	497,9	530,4	409,8	555,9

Location	Lt 33	Lt 34	Lt 35	Lt 36	Lt 37	Lt 38	Lt 39	Lt 40	Lt 41	Lt 42	Lt 43
Birmingham, AL	585,3	642,7	543,0	766,8	781,3	669,2	537,1	591,6	795,9	649,3	543,0
Montgomery, AL	621,8	683,9	575,9	818,2	833,9	712,6	569,5	628,5	849,8	691,0	575,9
Homer, AK	277,0	303,1	257,6	359,7	366,3	315,2	254,9	279,8	373,0	306,1	257,6
Phoenix, AZ	745,7	821,1	690,0	984,0	1003,1	855,9	682,2	753,8	1022,3	829,7	690,0
Tucson, AZ	726,0	794,9	675,1	943,9	961,3	826,8	668,1	733,5	978,9	802,8	675,1
Fort Smith, AR	571,2	626,5	530,4	745,9	759,9	652,0	524,7	577,2	774,0	632,8	530,4
Little Rock, AR	592,8	649,9	550,7	773,1	787,5	676,2	544,8	599,0	802,1	656,4	550,7
Bakersfield, CA	637,1	701,2	589,8	839,6	855,8	730,8	583,2	644,1	872,2	708,5	589,8
Long Beach, CA	605,4	666,2	560,5	797,6	812,9	694,2	554,2	612,0	828,5	673,1	560,5
Los Angeles AP, CA	603,0	661,6	559,7	788,2	803,0	688,6	553,7	609,3	818,0	668,3	559,7
Sacramento, CA	579,6	635,1	538,5	755,1	769,2	660,8	532,8	585,6	783,4	641,5	538,5
San Francisco AP, CA	576,2	625,6	539,7	732,5	745,0	648,5	534,6	581,6	757,6	631,3	539,7
Santa Maria, CA	505,8	555,5	469,1	663,0	675,6	578,5	464,0	511,2	688,3	561,2	469,1
Denver, CO	443,0	484,0	412,7	572,6	582,9	502,9	408,5	447,5	593,4	488,7	412,7
Grand Junction, CO	466,3	510,5	433,7	605,9	617,1	530,9	429,2	471,1	628,3	515,5	433,7
Wilmington, DE	494,0	539,1	460,6	636,6	648,0	559,9	456,0	498,9	659,5	544,3	460,6
Atlanta, GA	608,5	664,4	567,3	785,1	799,2	690,2	561,5	614,6	813,5	670,8	567,3

Savannah, GA	664,5	728,3	617,3	866,3	882,4	757,8	610,7	671,4	898,7	735,6	617,3
Honolulu, HI	1052,0	1139,5	987,4	1328,6	1350,7	1179,9	978,4	1061,5	1373,1	1149,5	987,4
Chicago, IL	452,7	491,8	423,7	576,5	586,4	509,9	419,7	456,9	596,4	496,3	423,7
Springfield, IL	522,6	566,0	490,6	659,8	670,8	586,1	486,1	527,3	681,9	571,0	490,6
Indianapolis, IN	476,5	519,1	445,0	611,2	621,9	538,8	440,7	481,1	632,8	524,0	445,0
Wichita, KS	623,8	672,7	587,7	778,3	790,7	695,3	582,7	629,1	803,2	678,3	587,7
Louisville, KY	511,8	559,9	476,3	663,8	675,9	582,1	471,4	517,0	688,2	565,4	476,3
Baton Rouge, LA	687,9	754,7	638,6	899,1	916,0	785,6	631,7	695,2	933,1	762,4	638,6
Lake Charles, LA	723,0	790,6	673,0	936,7	953,8	821,8	666,1	730,3	971,1	798,3	673,0
New Orleans, LA	716,9	785,2	666,5	932,7	950,0	816,7	659,5	724,3	967,5	793,0	666,5
Detroit, MI	444,6	482,8	416,3	565,5	575,2	500,5	412,4	448,7	585,0	487,2	416,3
Grand Rapids, MI	419,5	456,5	392,1	536,6	546,0	473,7	388,3	423,5	555,4	460,8	392,1
Minneapolis-St. Paul, MN	401,7	435,9	376,5	509,6	518,3	451,6	373,0	405,4	527,0	439,8	376,5
Jackson, MS	631,9	693,5	586,3	826,8	842,4	722,0	580,0	638,5	858,1	700,6	586,3
Billings, MT	440,8	477,3	413,9	556,0	565,2	494,1	410,2	444,8	574,6	481,4	413,9
Las Vegas, NV	718,3	783,9	669,9	925,7	942,3	814,2	663,1	725,4	959,1	791,5	669,9
Newark, NJ	519,4	564,7	485,9	662,6	674,1	585,6	481,3	524,3	685,7	569,9	485,9
Rosswell, NM	611,1	668,2	568,8	791,8	806,3	694,7	562,9	617,3	820,9	674,8	568,8
Buffalo, NY	467,1	504,1	439,8	584,1	593,5	521,2	436,0	471,1	602,9	508,4	439,8
New, NY (La Guardia Airport)	576,7	622,1	543,2	720,2	731,7	643,1	538,6	581,7	743,3	627,3	543,2
Cleveland, OH	462,1	501,6	433,0	586,8	596,8	519,8	429,0	466,4	606,9	506,1	433,0
Columbus, OH	450,1	492,1	419,1	582,8	593,4	511,5	414,8	454,7	604,1	496,9	419,1
Toledo, OH	426,0	464,3	397,7	547,0	556,7	482,0	393,8	430,2	566,5	468,7	397,7
Oklahoma City, OK	692,7	746,8	652,8	863,6	877,3	771,7	647,2	698,6	891,1	753,0	652,8
Tulsa, OK	624,2	678,6	584,0	796,2	810,0	703,7	578,4	630,1	823,9	684,8	584,0
Astoria, OR	436,2	476,7	406,3	564,2	574,4	495,4	402,1	440,6	584,7	481,3	406,3
Portland, OR	457,4	500,9	425,2	595,1	606,1	521,1	420,7	462,1	617,3	505,9	425,2
Philadelphia, PA	504,8	550,1	471,2	648,2	659,7	571,1	466,6	509,7	671,3	555,3	471,2
Pittsburgh, PA	441,8	482,0	412,1	569,0	579,1	500,6	407,9	446,1	589,4	486,6	412,1
Providence, RI	471,3	511,6	441,6	598,5	608,7	530,1	437,5	475,7	619,0	516,2	441,6
Columbia, SC	599,0	658,2	555,2	786,4	801,4	685,6	549,1	605,4	816,5	665,0	555,2
Sioux Falls, SD	421,0	455,9	395,2	531,4	540,3	472,1	391,6	424,8	549,2	459,9	395,2
Memphis, TN	613,7	670,5	571,8	793,2	807,6	696,7	565,9	619,9	822,1	677,0	571,8
Amarillo, TX	699,2	749,7	661,9	858,8	871,5	773,0	656,7	704,7	884,4	755,5	661,9
Corpus Christi, TX	948,8	1024,9	892,5	1189,6	1208,9	1060,1	884,7	957,0	1228,3	1033,7	892,5

Dallas, TX	751,7	815,9	704,3	954,6	970,8	845,5	697,7	758,7	987,2	823,2	704,3
Houston, TX	708,4	776,5	658,0	923,8	941,1	808,0	651,0	715,8	958,5	784,3	658,0
Midland-Odessa, TX	721,0	781,6	676,2	912,5	927,8	809,5	670,0	727,5	943,3	788,5	676,2
Salt Lake City, UT	465,3	508,1	433,7	600,5	611,3	527,8	429,3	469,9	622,3	513,0	433,7
Richmond, VA	522,2	572,4	485,1	681,1	693,8	595,7	479,9	527,6	706,6	578,2	485,1
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	454,0	495,5	423,3	585,3	595,8	514,7	419,0	458,5	606,4	500,3	423,3
Charleston, WV	459,5	505,4	425,5	604,8	616,4	526,7	420,8	464,4	628,1	510,7	425,5
Huntington, WV	469,5	516,1	435,0	616,8	628,6	537,6	430,3	474,5	640,5	521,4	435,0
Cheyenne, WY	478,3	514,0	452,0	591,0	600,1	530,4	448,3	482,2	609,2	518,1	452,0

Location	Lt 44	Lt 45	Lt 46	Lt 47	Lt 48	Lt 49	Lt 50	Lt 51	Lt 52	Lt 53	Lt 54
Birmingham, AL	502,6	597,8	573,0	669,2	448,6	703,2	560,9	886,8	766,8	682,7	502,6
Montgomery, AL	532,2	635,3	608,4	712,6	473,7	749,4	595,3	948,2	818,2	727,2	532,2
Homer, AK	239,2	282,7	271,3	315,2	214,6	330,7	265,8	414,5	359,7	321,4	239,2
Phoenix, AZ	636,9	762,1	729,5	855,9	566,0	900,5	713,5	1141,8	984,0	873,6	636,9
Tucson, AZ	626,7	741,0	711,3	826,8	561,8	867,6	696,7	1088,1	943,9	843,0	626,7
Fort Smith, AR	491,5	583,2	559,4	652,0	439,5	684,7	547,7	861,6	745,9	665,0	491,5
Little Rock, AR	510,6	605,2	580,6	676,2	456,9	710,0	568,5	892,4	773,1	689,6	510,6
Bakersfield, CA	544,7	651,0	623,4	730,8	484,4	768,7	609,8	973,7	839,6	745,8	544,7
Long Beach, CA	517,7	618,6	592,3	694,2	460,4	730,3	579,4	924,8	797,6	708,5	517,7
Los Angeles AP, CA	518,5	615,7	590,4	688,6	463,3	723,3	578,0	910,8	788,2	702,4	518,5
Sacramento, CA	499,5	591,6	567,7	660,8	447,2	693,7	555,9	871,4	755,1	673,8	499,5
San Francisco AP, CA	504,9	587,0	565,6	648,5	458,4	677,8	555,1	836,0	732,5	660,1	504,9
Santa Maria, CA	434,1	516,6	495,2	578,5	387,3	608,0	484,6	767,1	663,0	590,2	434,1
Denver, CO	383,9	451,9	434,2	502,9	345,3	527,2	425,5	658,3	572,6	512,6	383,9
Grand Junction, CO	402,7	475,9	456,9	530,9	361,1	557,0	447,5	698,3	605,9	541,2	402,7
Wilmington, DE	428,9	503,8	484,3	559,9	386,4	586,7	474,7	731,0	636,6	570,5	428,9
Atlanta, GA	528,0	620,7	596,6	690,2	475,4	723,3	584,7	902,0	785,1	703,3	528,0
Savannah, GA	572,4	678,3	650,8	757,8	512,3	795,6	637,2	999,9	866,3	772,8	572,4
Honolulu, HI	925,9	1071,0	1033,3	1179,9	843,5	1231,7	1014,7	1511,7	1328,6	1200,5	925,9
Chicago, IL	396,2	461,2	444,3	509,9	359,3	533,1	436,0	658,4	576,5	519,1	396,2
Springfield, IL	460,0	532,1	513,3	586,1	419,2	611,8	504,1	750,7	659,8	596,3	460,0
Indianapolis, IN	415,1	485,8	467,4	538,8	375,0	564,0	458,3	700,3	611,2	548,8	415,1
Wichita, KS	553,3	634,4	613,3	695,3	507,3	724,2	603,0	880,6	778,3	706,8	553,3

Louisville, KY	442,5	522,3	501,5	582,1	397,3	610,6	491,3	764,3	663,8	593,4	442,5
Baton Rouge, LA	591,6	702,5	673,6	785,6	528,7	825,2	659,4	1038,9	899,1	801,3	591,6
Lake Charles, LA	625,5	737,7	708,5	821,8	561,8	861,9	694,2	1078,2	936,7	837,7	625,5
New Orleans, LA	618,5	731,8	702,3	816,7	554,2	857,2	687,8	1075,6	932,7	832,8	618,5
Detroit, MI	389,4	452,9	436,4	500,5	353,4	523,2	428,3	645,6	565,5	509,5	389,4
Grand Rapids, MI	366,1	427,6	411,6	473,7	331,2	495,6	403,7	614,1	536,6	482,4	366,1
Minneapolis-St. Paul, MN	352,5	409,1	394,4	451,6	320,3	471,9	387,2	581,1	509,6	459,7	352,5
Jackson, MS	542,9	645,3	618,6	722,0	484,9	758,5	605,6	955,8	826,8	736,5	542,9
Billings, MT	388,3	448,7	433,0	494,1	353,9	515,7	425,3	632,3	556,0	502,7	388,3
Las Vegas, NV	623,7	732,6	704,3	814,2	561,9	853,1	690,4	1063,0	925,7	829,7	623,7
Newark, NJ	454,0	529,2	509,7	585,6	411,4	612,5	500,1	757,5	662,6	596,3	454,0
Rosswell, NM	528,6	623,5	598,8	694,7	474,8	728,5	586,7	911,5	791,8	708,1	528,6
Buffalo, NY	413,8	475,2	459,2	521,2	378,9	543,2	451,4	661,6	584,1	529,9	413,8
New, NY (La Guardia Airport)	511,3	586,6	567,0	643,1	468,6	670,0	557,4	815,2	720,2	653,8	511,3
Cleveland, OH	405,3	470,7	453,7	519,8	368,1	543,2	445,3	669,3	586,8	529,1	405,3
Columbus, OH	389,6	459,2	441,1	511,5	350,1	536,3	432,2	670,6	582,8	521,3	389,6
Toledo, OH	370,8	434,3	417,8	482,0	334,7	504,6	409,7	627,2	547,0	491,0	370,8
Oklahoma City, OK	614,7	704,5	681,1	771,7	563,9	803,8	669,7	976,7	863,6	784,4	614,7
Tulsa, OK	545,7	636,0	612,5	703,7	494,5	736,0	601,0	910,1	796,2	716,5	545,7
Astoria, OR	377,8	445,0	427,5	495,4	339,7	519,3	418,9	648,9	564,2	504,9	377,8
Portland, OR	394,5	466,8	448,0	521,1	353,5	546,9	438,8	686,3	595,1	531,3	394,5
Philadelphia, PA	439,3	514,6	495,0	571,1	396,6	598,0	485,4	743,2	648,2	581,8	439,3
Pittsburgh, PA	383,7	450,5	433,1	500,6	345,9	524,4	424,6	653,2	569,0	510,0	383,7
Providence, RI	413,3	480,1	462,7	530,1	375,4	554,0	454,2	682,7	598,5	539,6	413,3
Columbia, SC	513,4	611,8	586,2	685,6	457,6	720,7	573,7	910,4	786,4	699,6	513,4
Sioux Falls, SD	370,6	428,6	413,5	472,1	337,7	492,7	406,1	604,5	531,4	480,3	370,6
Memphis, TN	531,8	626,0	601,5	696,7	478,3	730,3	589,5	912,0	793,2	710,1	531,8
Amarillo, TX	626,4	710,2	688,4	773,0	578,9	802,9	677,7	964,4	858,8	784,9	626,4
Corpus Christi, TX	838,9	965,3	932,4	1060,1	767,1	1105,3	916,3	1349,1	1189,6	1078,0	838,9
Dallas, TX	659,1	765,7	737,9	845,5	598,7	883,6	724,3	1088,9	954,6	860,6	659,1
Houston, TX	610,1	723,2	693,8	808,0	545,9	848,4	679,3	1066,4	923,8	824,0	610,1
Midland-Odessa, TX	633,6	734,1	708,0	809,5	576,6	845,4	695,1	1039,3	912,5	823,8	633,6
Salt Lake City, UT	403,6	474,6	456,1	527,8	363,3	553,2	447,1	690,0	600,5	537,9	403,6
Richmond, VA	449,7	533,1	511,4	595,7	402,4	625,4	500,8	786,2	681,1	607,5	449,7
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	394,1	463,0	445,1	514,7	355,0	539,3	436,3	672,2	585,3	524,5	394,1

Charleston, WV	393,2	469,4	449,6	526,7	349,9	553,9	439,9	701,0	604,8	537,5	393,2
Huntington, WV	402,3	479,6	459,5	537,6	358,4	565,2	449,6	714,3	616,8	548,6	402,3
Cheyenne, WY	426,9	486,1	470,7	530,4	393,3	551,6	463,1	665,6	591,0	538,8	426,9

Location	Lt 55	Lt 56	Lt 57	Lt 58	Lt 59	Lt 60	Lt 61
Birmingham, AL	703,2	560,9	491,4	566,9	418,3	433,2	840,8
Montgomery, AL	749,4	595,3	520,1	601,8	440,9	457,1	898,3
Homer, AK	330,7	265,8	234,1	268,6	200,8	207,6	393,4
Phoenix, AZ	900,5	713,5	622,3	721,5	526,2	545,8	1081,2
Tucson, AZ	867,6	696,7	613,3	703,9	525,4	543,4	1032,7
Fort Smith, AR	684,7	547,7	480,8	553,5	410,3	424,7	817,2
Little Rock, AR	710,0	568,5	499,5	574,5	426,8	441,6	846,6
Bakersfield, CA	768,7	609,8	532,3	616,6	450,6	467,3	922,2
Long Beach, CA	730,3	579,4	505,9	585,9	428,4	444,2	876,0
Los Angeles AP, CA	723,3	578,0	507,1	584,2	432,4	447,6	863,8
Sacramento, CA	693,7	555,9	488,7	561,7	417,9	432,3	826,8
San Francisco AP, CA	677,8	555,1	495,3	560,3	432,3	445,1	796,2
Santa Maria, CA	608,0	484,6	424,4	489,9	361,1	374,0	727,1
Denver, CO	527,2	425,5	376,0	429,9	323,7	334,4	625,4
Grand Junction, CO	557,0	447,5	394,1	452,2	337,8	349,3	662,8
Wilmington, DE	586,7	474,7	420,1	479,5	362,6	374,3	694,8
Atlanta, GA	723,3	584,7	517,1	590,6	445,9	460,5	857,1
Savannah, GA	795,6	637,2	560,0	644,0	478,6	495,2	948,6
Honolulu, HI	1231,7	1014,7	908,8	1024,0	797,3	820,1	1441,4
Chicago, IL	533,1	436,0	388,6	440,1	338,6	348,8	627,0
Springfield, IL	611,8	504,1	451,6	508,7	396,3	407,6	715,8
Indianapolis, IN	564,0	458,3	406,8	462,8	352,5	363,6	666,1
Wichita, KS	724,2	603,0	543,8	608,1	481,5	494,2	841,4
Louisville, KY	610,6	491,3	433,2	496,4	371,9	384,4	725,7
Baton Rouge, LA	825,2	659,4	578,6	666,5	493,4	510,8	985,3
Lake Charles, LA	861,9	694,2	612,3	701,3	526,1	543,7	1023,9
New Orleans, LA	857,2	687,8	605,2	695,0	518,2	535,9	1020,8
Detroit, MI	523,2	428,3	382,0	432,3	333,2	343,1	614,9
Grand Rapids, MI	495,6	403,7	358,9	407,6	311,7	321,3	584,4

Minneapolis-St. Paul, MN	471,9	387,2	345,8	390,8	302,3	311,2	553,7
Jackson, MS	758,5	605,6	530,9	612,1	452,4	468,4	906,3
Billings, MT	515,7	425,3	381,2	429,1	334,7	344,2	603,0
Las Vegas, NV	853,1	690,4	611,0	697,3	527,3	544,4	1010,3
Newark, NJ	612,5	500,1	445,2	504,9	387,5	399,3	721,1
Roswell, NM	728,5	586,7	517,5	592,7	444,6	459,5	865,6
Buffalo, NY	543,2	451,4	406,6	455,3	359,4	369,0	631,8
New, NY (La Guardia Airport)	670,0	557,4	502,5	562,2	444,6	456,4	778,8
Cleveland, OH	543,2	445,3	397,6	449,5	347,3	357,6	637,7
Columbus, OH	536,3	432,2	381,4	436,6	327,9	338,9	636,9
Toledo, OH	504,6	409,7	363,3	413,7	314,5	324,5	596,4
Oklahoma City, OK	803,8	669,7	604,2	675,4	535,3	549,4	933,3
Tulsa, OK	736,0	601,0	535,1	606,7	465,8	479,9	866,4
Astoria, OR	519,3	418,9	369,9	423,2	318,3	328,9	616,4
Portland, OR	546,9	438,8	386,0	443,4	330,5	341,8	651,3
Philadelphia, PA	598,0	485,4	430,5	490,2	372,6	384,4	706,8
Pittsburgh, PA	524,4	424,6	375,9	428,9	324,6	335,1	620,8
Providence, RI	554,0	454,2	405,5	458,4	354,2	364,6	650,4
Columbia, SC	720,7	573,7	501,9	579,9	426,4	441,8	862,8
Sioux Falls, SD	492,7	406,1	363,8	409,8	319,3	328,3	576,5
Memphis, TN	730,3	589,5	520,8	595,5	448,4	463,2	866,4
Amarillo, TX	802,9	677,7	616,6	683,0	552,3	565,4	923,9
Corpus Christi, TX	1105,3	916,3	824,1	924,3	727,0	746,8	1287,9
Dallas, TX	883,6	724,3	646,7	731,1	564,8	581,5	1037,4
Houston, TX	848,4	679,3	596,9	686,5	510,0	527,7	1011,7
Midland-Odessa, TX	845,4	695,1	621,8	701,5	544,6	560,4	990,6
Salt Lake City, UT	553,2	447,1	395,3	451,6	340,8	351,9	655,7
Richmond, VA	625,4	500,8	439,9	506,1	375,9	389,0	745,9
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	539,3	436,3	386,0	440,7	333,1	343,9	638,9
Charleston, WV	553,9	439,9	384,2	444,7	325,6	337,6	664,1
Huntington, WV	565,2	449,6	393,2	454,5	333,8	345,9	676,9
Cheyenne, WY	551,6	463,1	420,0	466,9	374,5	383,8	637,0

**TABLE 7.1-3**  
**PHYSICAL PROPERTIES OF SELECTED PETROCHEMICALS**

Name	Molecular Weight	Boiling Point At 1 Atmosphere (°F)	Liquid Density At 60°F (lb/gal)	Vapor Pressure (PSIA) At						
				40°F	50°F	60°F	70°F	80°F	90°F	100°F
Acetone	58,08	133,0	6,628	1,682	2,185	2,862	3,713	4,699	5,917	7,251
Acetonitrile	41,05	178,9	6,558	0,638	0,831	1,083	1,412	1,876	2,456	3,133
Acrylonitrile	53,06	173,5	6,758	0,812	0,967	1,373	1,779	2,378	3,133	4,022
Allyl alcohol	58,08	206,6	7,125	0,135	0,193	0,261	0,387	0,522	0,716	1,006
Allyl chloride	76,53	113,2	7,864	2,998	3,772	4,797	6,015	7,447	9,110	11,025
Ammonium Hydroxide (28.8% solution)	35,05	83,0	7,481	5,130	6,630	8,480	10,760	13,520	16,760	20,680
Benzene	78,11	176,2	7,365	0,638	0,870	1,160	1,508	1,972	2,610	3,287
iso-Butyl alcohol	74,12	227,1	6,712	0,058	0,097	0,135	0,193	0,271	0,387	0,541
tert-Butyl alcohol	74,12	180,5	6,595	0,174	0,290	0,425	0,638	0,909	1,238	1,702
n-Butyl chloride	92,57	172,0	7,430	0,715	1,006	1,320	1,740	2,185	2,684	3,481
Carbon disulfide	76,13	115,3	10,588	3,036	3,867	4,834	6,014	7,387	9,185	11,215
Carbon tetrachloride	153,84	170,2	13,366	0,793	1,064	1,412	1,798	2,301	2,997	3,771
Chloroform	119,39	142,7	12,488	1,528	1,934	2,475	3,191	4,061	5,163	6,342
Chloroprene	88,54	138,9	8,046	1,760	2,320	2,901	3,655	4,563	5,685	6,981
Cyclohexane	84,16	177,3	6,522	0,677	0,928	1,218	1,605	2,069	2,610	3,249
Cyclopentane	70,13	120,7	6,248	2,514	3,287	4,177	5,240	6,517	8,063	9,668
1,1-Dichloroethane	98,97	135,1	9,861	1,682	2,243	2,901	3,771	4,738	5,840	7,193
1,2-Dichloroethane	98,97	182,5	10,500	0,561	0,773	1,025	1,431	1,740	2,243	2,804
cis-1,2-Dichloroethylene	96,95	140,2	10,763	1,450	2,011	2,668	3,461	4,409	5,646	6,807
trans-1,2-Dichloroethylene	96,95	119,1	10,524	2,552	3,384	4,351	5,530	6,807	8,315	10,016
Diethylamine	73,14	131,9	5,906	1,644	1,992	2,862	3,867	4,892	6,130	7,541
Diethyl ether	74,12	94,3	5,988	4,215	5,666	7,019	8,702	10,442	13,342	Boils
Di-iso-propyl ether	102,17	153,5	6,075	1,199	1,586	2,127	2,746	3,481	4,254	5,298
1,4-Dioxane	88,10	214,7	8,659	0,232	0,329	0,425	0,619	0,831	1,141	1,508
Dipropyl Ether	102,17	195,8	6,260	0,425	0,619	0,831	1,102	1,431	1,876	2,320
Ethyl acetate	88,10	170,9	7,551	0,580	0,831	1,120	1,489	1,934	2,514	3,191
Ethyl acrylate	100,11	211,8	7,750	0,213	0,290	0,425	0,599	0,831	1,122	1,470
Ethyl alcohol	46,07	173,1	6,610	0,193	0,406	0,619	0,870	1,218	1,682	2,320
Freon 11	137,38	75,4	12,480	7,032	8,804	10,900	13,400	16,310	19,690	23,600
n-Heptane	100,20	209,2	5,727	0,290	0,406	0,541	0,735	0,967	1,238	1,586

n-Hexane	86,17	155,7	5,527	1,102	1,450	1,876	2,436	3,055	3,906	4,892
Hydrogen cyanide	27,03	78,3	5,772	6,284	7,831	9,514	11,853	15,392	18,563	22,237
Isooctane	114,22	210,6	5,794	0,213	0,387	0,580	0,812	1,093	1,392	1,740
Isopentane	72,15	82,1	5,199	5,878	7,889	10,005	12,530	15,334	18,370	21,657
Isoprene	68,11	93,5	5,707	4,757	6,130	7,677	9,668	11,699	14,503	17,113
Isopropyl alcohol	60,09	180,1	6,573	0,213	0,329	0,483	0,677	0,928	1,296	1,779
Methacrylonitrile	67,09	194,5	6,738	0,483	0,657	0,870	1,160	1,470	1,934	2,456
Methyl acetate	74,08	134,8	7,831	1,489	2,011	2,746	3,693	4,699	5,762	6,961
Methyl acrylate	86,09	176,9	7,996	0,599	0,773	1,025	1,354	1,798	2,398	3,055
Methyl alcohol	32,04	148,4	6,630	0,735	1,006	1,412	1,953	2,610	3,461	4,525
Methylcyclohexane	98,18	213,7	6,441	0,309	0,425	0,541	0,735	0,986	1,315	1,721
Methylcyclopentane	84,16	161,3	6,274	0,909	1,160	1,644	2,224	2,862	3,616	4,544
Methylene chloride	84,94	104,2	11,122	3,094	4,254	5,434	6,787	8,702	10,329	13,342
Methyl ethyl ketone	72,10	175,3	6,747	0,715	0,928	1,199	1,489	2,069	2,668	3,345
Methyl methacrylate	100,11	212,0	7,909	0,116	0,213	0,348	0,541	0,773	1,064	1,373
Methyl propyl ether	74,12	102,1	6,166	3,674	4,738	6,091	7,058	9,417	11,602	13,729
Nitromethane	61,04	214,2	9,538	0,213	0,251	0,348	0,503	0,715	1,006	1,334
n-Pentane	72,15	96,9	5,253	4,293	5,454	6,828	8,433	10,445	12,959	15,474
n-Propylamine	59,11	119,7	6,030	2,456	3,191	4,157	5,250	6,536	8,044	9,572
1,1,1-Trichloroethane	133,42	165,2	11,216	0,909	1,218	1,586	2,030	2,610	3,307	4,199
Trichloroethylene	131,40	188,6	12,272	0,503	0,677	0,889	1,180	1,508	2,030	2,610
Toluene	92,13	231,1	7,261	0,174	0,213	0,309	0,425	0,508	0,773	1,006
Vinyl acetate	86,09	162,5	7,817	0,735	0,986	1,296	1,721	2,262	3,113	4,022
Vinylidene chloride	96,50	89,1	10,383	4,990	6,344	7,930	9,806	11,799	15,280	23,210



**TABLE 7.1-4**  
**ASTM DISTILLATION SLOPE FOR SELECTED REFINED PETROLEUM STOCK**

Refined Petroleum Stock	Reid Vapor Pressure, RVP (psi)	ASTM-D86 Distillation Slope At 10 Volume Percent Evaporated, (°F/vol%)
Aviation gasoline	ND	2,0
Naphtha	2-8	2.5
Motor gasoline	ND	3,0
Light naphtha	9-14	3.5

Reference 8.  
 ND= no data

**TABLE 7.1-5**  
**VAPOR PRESSURE EQUATION CONSTANTS FOR ORGANIC LIQUIDS**

Name	Vapor Pressure Equation Constants		
	A	B	C
	(Dimensionless)	(°C)	(°C)
Acetaldehyde	8,005	1600,017	291,809
Acetic acid	7,387	1533,313	222,309
Acetic anhydride	7,149	1444,718	199,817
Acetone	7,117	1210,595	229,664
Acetonitrile	7,119	1314,4	230
Acrylamide	11,2932	3939,877	273,16
Acrylic Acid	5,652	648,629	154,683
Acrylonitrile	7,038	1232,53	222,47
Aniline	7,32	1731,515	206,049
Benzene	6,905	1211,033	220,79
Butanol (iso)	7,4743	1314,19	186,55
Butanol (-l)	7,4768	1362,39	178,77
Carbon disulfide	6,942	1169,11	241,59
Carbon tetrachloride	6,934	1242,43	230
Chlorobenzene	6,978	1431,05	217,55
Chloroform	6,493	929,44	196,03
Chloroprene	6,161	783,45	179,7
Cresol(-M)	7,508	1856,36	199,07
Cresol(-O)	6,911	1435,5	165,16
Cresol(-P)	7,035	1511,08	161,85
Cumene (isopropylbenzene)	6,963	1460,793	207,78
Cyclohexane	6,841	1201,53	222,65
Cyclohexanol	6,255	912,87	109,13
Cyclohexanone	7,8492	2137,192	273,16
Dichloroethane (1,2)	7,025	1272,3	222,9
Dichloroethylene (1,2)	6,965	1141,9	231,9
Diethyl (N,N) anilin	7,466	1993,57	218,5
Dimethyl formamide	6,928	1400,87	196,43
Dimethyl hydrazine (1,1)	7,408	1305,91	225,53
Dimethyl phthalate	4,522	700,31	51,42
Dinitrobenzene	4,337	229,2	-137
Dioxane (1,4)	7,431	1554,68	240,34
Epichlorohydrin	8,2294	2086,816	273,16
Ethanol	8,321	1718,21	237,52
Ethanolamine (mono-)	7,456	1577,67	173,37
Ethyl acetate	7,101	1244,95	217,88
Ethyl acrylate	7,9645	1897,011	273,16
Ethyl benzene	6,975	1424,255	213,21
Ethyl chloride	6,986	1030,01	238,61
Ethyl ether	6,92	1064,07	228,8
Formic acid	7,581	1699,2	260,7
Furan	6,975	1060,87	227,74
Furfural	6,575	1198,7	162,8
Heptane (iso)	6,8994	1331,53	212,41
Hexane (-N)	6,876	1171,17	224,41
Hexanol (-l)	7,86	1761,26	196,66
Hydrocyanic acid	7,528	1329,5	260,4
Methanol	7,897	1474,08	229,13
Methyl acetate	7,065	1157,63	219,73
Methyl ethyl ketone	6,9742	1209,6	216
Methyl isobutyl ketone	6,672	1168,4	191,9

Methyl methacrylate	8,409	2050,5	274,4
Methyl styrene (alpha)	6,923	1486,88	202,4
Methylene chloride	7,409	1325,9	252,6
Morpholine	7,7181	1745,8	235
Naphthalene	7,01	1733,71	201,86
Nitrobenzene	7,115	1746,6	201,8
Pentachloroethane	6,74	1378	197
Phenol	7,133	1516,79	174,95
Picoline (-2)	7,032	1415,73	211,63
Propanol (iso)	8,117	1580,92	219,61
Propylene glycol	8,2082	2085,9	203,54
Propylene oxide	8,2768	1656,884	273,16
Pyridine	7,041	1373,8	214,98
Resorcinol	6,9243	1884,547	186,06
Styrene	7,14	1574,51	224,09
Tetrachloroethane (1,1,1,2)	6,898	1365,88	209,74
Tetrachloroethane (1,1,2,2)	6,631	1228,1	179,9
Tetrachloroethylene	6,98	1386,92	217,53
Tetrahydrofuran	6,995	1202,29	226,25
Toluene	6,954	1344,8	219,48
Trichloro(1,1,2)trifluoroethane	6,88	1099,9	227,5
Trichloroethane(1,1,1)	8,643	2136,6	302,8
Trichloroethane(1,1,2)	6,951	1314,41	209,2
Trichloroethylene	6,518	1018,6	192,7
Trichlorofluoromethane	6,884	1043,004	236,88
Trichloropropane(1,2,3)	6,903	788,2	243,23
Vinyl acetate	7,21	1296,13	226,66
Vinylidene chloride	6,972	1099,4	237,2
Xylene(-M)	7,009	1426,266	215,11
Xylene(-O)	6,998	1474,679	213,69

**TABLE 7.1-6**  
**PAINT SOLAR ABSORPTANCE FOR FIXED ROOF TANKS**

Paint Color	Paint Shade Or Type	Paint Factors ( $\alpha$ )	
		Paint Condition	
		Good	Poor
Aluminum	Specular	0,39	0,49
Aluminum	Diffuse	0,60	0,68
Gray	Light	0,54	0,63
Gray	Medium	0,68	0,74
Red	Primer	0,89	0,91
White	NA	0,17	0,34

Reference 8.

**TABLE 7.1-7**  
**METEOROLOGICAL DATA (Tax, Tan, I) FOR SELECTED U.S. LOCATIONS**

Locations	Property		Annual Average
	Symbol	Units	
Birmingham, AL	Tax	°F	73,2
	Tan	°F	51,1
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1345
Montgomery, AL	Tax	°F	75,9
	Tan	°F	53,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1388
Homer, AK	Tax	°F	43,6
	Tan	°F	29,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	838
Phoenix, AZ	Tax	°F	85,1
	Tan	°F	57,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1869
Tucson, AZ	Tax	°F	81,7
	Tan	°F	54,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1872
Fort Smith, AR	Tax	°F	72,5
	Tan	°F	49,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1404
Little Rock, AR	Tax	°F	72,9
	Tan	°F	50,8
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1404,0
Bakersfield, CA	Tax	°F	77,7
	Tan	°F	53,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1749,0
Long Beach, CA	Tax	°F	74,2
	Tan	°F	53,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1598,0
Los Angeles AP, CA	Tax	°F	70,1
	Tan	°F	55,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1594
Sacramento, CA	Tax	°F	73,4
	Tan	°F	47,8
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1643
San Francisco AP, CA	Tax	°F	64,9
	Tan	°F	48,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1608
Santa Maria, CA	Tax	°F	68,3
	Tan	°F	45,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1608

Denver, CO	Tax	°F	64,3
	Tan	°F	36,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1568
Grand Junction, CO	Tax	°F	65,7
	Tan	°F	39,6
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1659
Wilmington, DE	Tax	°F	63,5
	Tan	°F	44,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1208
Atlanta, GA	Tax	°F	71,3
	Tan	°F	51,1
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1345
Savannah, GA	Tax	°F	76,7
	Tan	°F	55,1
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1365
Honolulu, HI	Tax	°F	84,2
	Tan	°F	69,7
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1639,0
Chicago, IL	Tax	°F	58,7
	Tan	°F	39,7
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1215
Springfield, IL	Tax	°F	62,6
	Tan	°F	42,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1302
Indianapolis, IN	Tax	°F	62,0
	Tan	°F	42,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1165
Wichita, KS	Tax	°F	67,6
	Tan	°F	45,1
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1502
Louisville, KY	Tax	°F	66,1
	Tan	°F	46,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1216
Baton Rouge, LA	Tax	°F	78
	Tan	°F	57,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1379,0
Lake Charles, LA	Tax	°F	77,6
	Tan	°F	58,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1365
New Orleans, LA	Tax	°F	77,7
	Tan	°F	58,7
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1437
Detroit, MI	Tax	°F	58,2
	Tan	°F	38,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1120

Grand Rapids, MI	Tax	°F	57,2
	Tan	°F	37,7
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1135
Minneapolis-St. Paul, MN	Tax	°F	54,2
	Tan	°F	35,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1170
Jackson, MS	Tax	°F	76,3
	Tan	°F	52,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1409
Billings, MT	Tax	°F	57,9
	Tan	°F	35,4
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1325
Las Vegas, NV	Tax	°F	79,6
	Tan	°F	52,8
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1864
Newark, NJ	Tax	°F	62,5
	Tan	°F	45,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1165
Rosswell, NM	Tax	°F	75,3
	Tan	°F	47,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1810
Buffalo, NY	Tax	°F	55,8
	Tan	°F	39,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1034
New, NY (La Guardia Airport)	Tax	°F	61,0
	Tan	°F	47,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1171
Cleveland, OH	Tax	°F	58,5
	Tan	°F	40,7
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1091
Columbus, OH	Tax	°F	61,5
	Tan	°F	41,8
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1123
Toledo, OH	Tax	°F	58,8
	Tan	°F	38,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1133
Oklahoma City, OK	Tax	°F	71,2
	Tan	°F	48,6
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1461
Tulsa, OK	Tax	°F	71,3
	Tan	°F	49,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1373
Astoria, OR	Tax	°F	58,1
	Tan	°F	43,1

	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1000
Portland, OR	Tax	°F	62,0
	Tan	°F	44,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1067
Philadelphia, PA	Tax	°F	63,4
	Tan	°F	45,1
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1169
Pittsburgh, PA	Tax	°F	59,9
	Tan	°F	40,7
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1069
Providence, RI	Tax	°F	59,3
	Tan	°F	41,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1112
Columbia, SC	Tax	°F	75,3
	Tan	°F	51,2
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1380,0
Sioux Falls, SD	Tax	°F	56,7
	Tan	°F	33,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1290,0
Memphis, TN	Tax	°F	71,6
	Tan	°F	51,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1366,0
Amarillo, TX	Tax	°F	70,7
	Tan	°F	43,8
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1659
Corpus Christi, TX	Tax	°F	81,6
	Tan	°F	62,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1521
Dallas, TX	Tax	°F	76,9
	Tan	°F	55,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1468
Houston, TX	Tax	°F	79,1
	Tan	°F	57,4
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1351
Midland-Odessa, TX	Tax	°F	77,0
	Tan	°F	49,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1802
Salt Lake City, UT	Tax	°F	64,0
	Tan	°F	39,3
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1603
Richmond, VA	Tax	°F	68,8
	Tan	°F	46,5
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1248
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	Tax	°F	58,9



	Tan	°F	43,9
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1053
Charleston, WV	Tax	°F	65,5
	Tan	°F	44,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1123
Huntington, WV	Tax	°F	65,3
	Tan	°F	45,0
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1176
Cheyenne, WY	Tax	°F	58,3
	Tan	°F	33,1
	I	Btu/ft <sup>2</sup> *d	1491

References 13 and 14

**TABLE 7.1-8**  
**RIM-SEAL LOSS FACTORS, Kra, Krb, AND n, FOR FLOATING ROOF TANKS**

Tank Construction And Rim-Seal System	Average-Fitting Seals		
	Kra (lb-mole/ft-yr)	Krb [lb-mole/(mph) <sup>n</sup> -ft-yr]	n (dimensionless)
<b>Welded Tanks</b>			
Mechanical-shoe seal			
Primary only	5,8	0,3	2,1
Shoe-mounted secondary	1,6	0,3	1,6
Rim-mounted secondary	0,6	0,4	1,0
Liquid-mounted seal			
Primary only	1,6	0,3	1,5
Weather shield	0,7	0,3	1,2
Rim-mounted secondary	0,3	0,6	0,3
Vapor-mounted seal			
Primary only	6,7	0,2	3,0
Weather shield	3,3	0,1	3,0
Rim-mounted secondary	2,2	0,003	4,3
<b>Riveted Tanks</b>			
Mechanical-shoe seal			
Primary only	10,8	0,4	2,0
Shoe-mounted secondary	9,2	0,2	1,9
Rim-mounted secondary	1,1	0,3	1,5

**TABLE 7.1-9**  
**AVERAGE ANNUAL WIND SPEED (v) FOR SELECTED U.S. LOCATIONS**

Location	Wind Speed (mph)
Birmingham, AL	7,2
Montgomery, AL	6,6
Homer, AK	7,6
Phoenix, AZ	6,3
Tucson, AZ	8,3
Fort Smith, AR	7,6
Little Rock, AR	7,8
Bakersfield, CA	6,4
Long Beach, CA	6,4
Los Angeles AP, CA	7,5
Sacramento, CA	7,9
San Francisco AP, CA	10,6
Santa Maria, CA	7
Denver, CO	8,7
Grand Junction, CO	8,1
Wilmington, DE	9,1
Atlanta, GA	9,1
Savannah, GA	7,9
Honolulu, HI	11,4
Chicago, IL	10,3
Springfield, IL	11,2
Indianapolis, IN	9,6
Wichita, KS	12,3
Louisville, KY	8,4
Baton Rouge, LA	7,6
Lake Charles, LA	8,7
New Orleans, LA	8,2
Detroit, MI	10,4
Grand Rapids, MI	9,8
Minneapolis-St. Paul, MN	10,6
Jackson, MS	7,4
Billings, MT	11,2

Las Vegas, NV	9,3
Newark, NJ	10,2
Rosswell, NM	8,6
Buffalo, NY	12
New, NY (La Guardia Airport)	12,2
Cleveland, OH	10,6
Columbus, OH	8,5
Toledo, OH	9,4
Oklahoma City, OK	12,4
Tulsa, OK	10,3
Astoria, OR	8,6
Portland, OR	7,9
Philadelphia, PA	9,5
Pittsburgh, PA	9,1
Providence, RI	10,6
Columbia, SC	6,9
Sioux Falls, SD	11,1
Memphis, TN	8,9
Amarillo, TX	13,6
Corpus Christi, TX	12
Dallas, TX	10,8
Houston, TX	7,9
Midland-Odessa, TX	11,1
Salt Lake City, UT	8,9
Richmond, VA	7,7
Seattle, WA (Sea-Tac Airport)	9
Charleston, WV	6,3
Huntington, WV	6,6
Cheyenne, WY	13

**TABLE 7.1-10**  
**AVERAGE CLINGAGE FACTORS, C<sup>a</sup> (bbl/10<sup>3</sup> ft<sup>2</sup>)**

Product Stored	Shell Condition		
	Light Rust	Dense Rust	Gunite Lining
Gasoline	0,0015	0,0075	0,15
Single-component stocks	0,0015	0,0075	0,15
Crude oil	0,0060	0,0300	0,60

**TABLE 7.1-11**  
**TYPICAL NUMBER OF COLUMNS AS A FUNCTION OF TANK**  
**DIAMETER FOR INTERNAL FLOATING ROOF TANKS WITH COLUMN-**  
**SUPPORTED FIXED ROOFS**

Tank Diameter Range D, (ft)					Typical Number Of Columns, Nc
0	<	D	≤	85	1
85	<	D	≤	100	6
100	<	D	≤	120	7
120	<	D	≤	135	8
135	<	D	≤	150	9
150	<	D	≤	170	16
170	<	D	≤	190	19
190	<	D	≤	220	22
220	<	D	≤	235	31
235	<	D	≤	270	37
270	<	D	≤	275	43
275	<	D	≤	290	49
290	<	D	≤	330	61
330	<	D	≤	360	71
360	<	D	≤	400	81

**TABLE 7.1-12**  
**DECK-FITTING LOSS FACTORS, Kfa, Kfb, AND m, AND TYPICAL NUMBER OF DECK FITTING, Nf<sup>a</sup>**

Fitting Type And Construction Details	Loss Factors			Typical Number Of Fittings, Nf
	Kfa (lb-mole/yr)	Kfb (lb-mole/(mph) <sup>a</sup> m-yr)	m (dimensionless)	
Access hatch (24-inch diameter well)				1
Bolted cover, gasketed	1,6	0	0	
Unbolted cover, ungasketed	36	5,9	1,2	
Unbolted cover, gasketed	31	5,2	1,3	
Fixed roof support column well				Nc
Round pipe, ungasketed sliding cover	31			
Round pipe, gasketed sliding cover	25			
Round pipe, flexible fabric sleeve seal	10			
Built-up column, ungasketed sliding cover	47			
Built-up column, gasketed sliding cover	33			
Unslotted guide-pole and well (8-inch diameter unslotted pole, 21-inch diameter well)				1
Ungasketed sliding cover	31	150	1,4	
Ungasketed sliding cover w/pole sleeve	25	2,2	2,1	
Gasketed sliding cover	25	13	2,2	
Gasketed sliding cover w/pole wipe	14	3,7	0,78	
Gasketed sliding cover w/pole sleeve	8,6	12	0,81	
Slotted guide-pole/sample well (8-inch diameter slotted pole, 21-inch diameter well)				f
Ungasketed or gasketed sliding cover	43	270	1,4	
Ungasketed or gasketed sliding cover, with float	31	36	2	
Gasketed sliding cover w/pole wipe	41	48	1,4	
Gasketed sliding cover w/pole sleeve	11	46	1,4	
Gasketed sliding cover w/pole sleeve and pole wiper	8,3	4,4	1,6	
Gasketed sliding cover, with float and pole wiper	21	7,9	1,8	
Gasketed sliding cover, with float, pole sleeve and pole wiper	11	9,9	0,89	
Gauge-float well (automatic float)				1
Unbolted cover, ungasketed	14	5,4	1,1	

Unbolted cover, gasketed	4,3	17	0,38	
Bolted cover, gasketed	2,8	0	0	
Gauge-hatch/sample port				1
Weighted mechanical actuation, gasketed	0,47	0,02	0,97	
Weighted mechanical actuation, ungasketed	2,3	0	0	
Slit fabric seal, 10% open area	12			
Vacuum breaker				Nvb
Weighted mechanical actuation, ungasketed	7,8	0,01	4	
Weighted mechanical actuation, gasketed	6,2	1,2	0,94	
Deck drain (3-inch diameter)				Nd
Open	1,5	0,21	1,7	
90% closed	1,8	0,14	1,1	
Stub drain (1-inch diameter)				Nd
Deck leg (3-inch diameter)				NI
Adjustable, internal floating deck	7,9			
Adjustable, pontoon area - ungasketed	2	0,37	0,91	
Adjustable, pontoon area - gasketed	1,3	0,08	0,65	
Adjustable, pontoon area - sock	1,2	0,14	0,65	
Adjustable, center area - ungasketed	0,82	0,53	0,14	
Adjustable, center area - gasketed	0,53	0,11	0,13	
Adjustable, center area - sock	0,49	0,16	0,14	
Adjustable, double deck roofs	0,82	0,53	0,14	
Fixed	0	0	0	
Rim vent				1
Weighted mechanical actuation, ungasketed	0,68	1,8	1	
Weighted mechanical actuation, gasketed	0,71	0,1	1	
Ladder well				1
Sliding cover, ungasketed	76			
Sliding cover, gasketed	56			



**TABLE 7.1-13**

---

Tank Diameter D (feet)	Number Of Vacuum Breakers, Nvb		Number Of Deck drains, Nd
	Pontoon Roof	Double-Deck Roof	
50	1	1	1
100	1	1	1
150	2	2	2
200	3	2	3
250	4	3	5
300	5	3	7
350	6	4	ND
400	7	4	ND

**TABLE 7.1-14**  
**EXTERNAL FLOATING ROOF TANKS: TYPICAL NUMBER OF ROOF LEGS, NI**

Tank Diameter, D (feet)	Pontoon Roof		Number Of Legs On Double-Deck Roof
	Number Of Pontoon Legs	Number Of Center Legs	
30	4	2	6
40	4	4	7
50	6	6	8
60	9	7	10
70	13	9	13
80	15	10	16
90	16	12	20
100	17	16	25
110	18	20	29
120	19	24	34
130	20	28	40
140	21	33	46
150	23	38	52
160	26	42	58
170	27	49	66
180	28	56	74
190	29	62	82
200	30	69	90
210	31	77	98
220	32	83	107
230	33	92	115
240	34	101	127
250	35	109	138
260	36	118	149
270	36	128	162
280	37	138	173
290	38	148	186
300	38	156	200
310	39	168	213
320	39	179	226
330	40	190	240
340	41	202	255
350	42	213	270
360	44	226	285
370	45	238	300
380	46	252	315
390	47	266	330
400	48	281	345

**TABLE 7.1-15**  
**INTERNAL FLOATING ROOF TANKS: TYPICAL NUMBER OF DECK LEGS, NI, AND STUB DRAINS, Nd**

Tank Diameter, D (feet)	Deck fitting type	
	Deck leg or hanger well	Stub drain (1-inch diameter)
	Typical Number Of Fittings, Nf	
30	10	8
40	12	13
50	15	20
60	17	29
70	21	40
80	24	52
90	28	65
100	32	80
110	37	97
120	41	116
130	47	136
140	52	157
150	58	180
160	64	205
170	71	232
180	77	260
190	85	289
200	92	320
210	100	353
220	108	388
230	117	424
240	125	461
250	135	500
260	144	541
270	154	584
280	164	628
290	175	673
300	185	720
310	197	769
320	208	820
330	220	872
340	232	925
350	245	980
360	257	1037
370	271	1096
380	284	1156
390	298	1217
400	312	1280

**TABLE 7.1-16**  
**DECK SEAM LENGTH FACTORS (Sd) FOR TYPICAL DECK CONSTRUCTIONS**  
**FOR INTERNAL FLOATING ROOF TANKS**

Deck Construction	Typical Deck Seam Length Factor, Sd (ft/ft <sup>2</sup> )
Continuous sheet construction	
5 ft wide	0,20
6 ft wide	0,17
7 ft wide	0,14
Panel construction	
5 x 7,5 ft rectangular	0,33
6 x 12 ft rectangular	0,28