

2071 02



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**EVALUACION DEL IMPACTO EN LA CALIDAD
DEL AIRE INDUCIDO POR EL COMPLEJO
PETROQUIMICO PAJARITOS, VERACRUZ**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A**

RODOLFO SOSA ECHEVERRIA



1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

I.-	INTRODUCCION	1
II.-	IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA.	
1.-	INDUSTRIAS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS.	4
2.-	DESCRIPCION DE LOS PROCESOS.	
2.1	PETROLEOS MEXICANOS	9
2.2	FERTILIZANTES MEXICANOS	21
2.3	INDUSTRIA QUIMICA DEL ISTMO Y CLORO TEHUANTEPEC	28
2.4	TETRAETILO DE MEXICO	30
3.-	FUENTES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA	32
III.-	EMISIONES A LA ATMOSFERA	
1.-	PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS GENERADOS EN EL COMPLEJO.	
1.1	PETROLEOS MEXICANOS	34
1.2	FERTILIZANTES MEXICANOS	34
1.3	INDUSTRIA QUIMICA DEL ISTMO	35
1.4	CLORO TEHUANTEPEC	35
1.5	TETRAETILO DE MEXICO	36
2.-	DETERMINACION DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES	
2.1	PETROLEOS MEXICANOS	39
2.2	FERTILIZANTES MEXICANOS	44
2.3	TETRAETILO DE MEXICO	49

IV.- MODELO MATEMATICO DE DIFUSION Y DISPERSION DE CONTAMINANTES EN EL AREA.

1.-	MODELO GAUSSIANO DE DISPERSION	
1.1	ECUACION DE DIFUSION	50
1.2	ESTABILIDAD ATMOSFERICA	53
2.-	APLICACION DEL PROGRAMA DE COMPUTACION PAL (PUNTO, AREA, LINEA) A FUENTE AREA PARA ESTIMACION DE LA -- DISPERSION DE CONTAMINANTES.	
2.1	DESCRIPCION GENERAL DEL ALGORITMO PARA FUENTE AREA	58
2.2	PROGRAMA ORIGINAL	61
2.3	PROGRAMA ADAPTADO	66

V.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1.-	RESULTADOS	74
2.-	ANALISIS DE RESULTADOS	96
3.-	CONCLUSIONES	98

BIBLIOGRAFIA	102
--------------	-----

APENDICES

1.-	DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO DE LAS PLANTAS CONSIDERADAS EN LA DETERMINACION DE LAS EMISIONES A LA - ATMOSFERA.	106
2.-	INFORMACION METEOROLOGICA GENERADA EN COATZACOALCOS, VERACRUZ.	110
3.-	LISTADO DE LOS PROGRAMAS DE COMPUTACION.	114
4.-	NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	129

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

- ABLA No. II-1. RELACION DE INDUSTRIAS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO - PAJARITOS (1986).
- III-1 INVENTARIO DE CONTAMINANTES GENERADOS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS.
- III-2 PROMEDIO MENSUAL EN TONELADAS, DE LOS VENTEOS EN LAS INSTALACIONES DE PETROLEOS MEXICANOS.
- III-3 COMPOSICION PROMEDIO DE LOS VENTEOS, EN PORCIENTO EN PESO.
- III-4 EMISIONES DE HIDROCARBUROS VENTEADOS A LA ATMOSFERA.
- III-5 EMISIONES POR CONSUMO DE GAS NATURAL.
- III-6 INVENTARIO DE EMISIONES ORIGINADAS POR FERTILIZANTES MEXICANOS.
- IV-1 ESTIMACION DE LA CATEGORIA DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA.
- IV-2 DATOS DE LA FUENTE ALIMENTADOS POR CONTAMINANTE.
- IV-3 DATOS METEOROLOGICOS ALIMENTADOS POR ESTACION.
- V-1 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR PEMEX. DURANTE LA PRIMAVERA.
- V-2 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR PEMEX. DURANTE EL VERANO.
- V-3 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR PEMEX. DURANTE EL OTOÑO.
- V-4 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR PEMEX. DURANTE EL INVIERNO.
- V-5 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR FERTIMEX DURANTE LA PRIMAVERA.
- V-6 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR FERTIMEX. DURANTE EL VERANO.
- V-7 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR FERTIMEX. DURANTE EL OTOÑO.

- V-8 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR FERTIMEX. DURANTE EL INVIERNO.
- V-9 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE PLOMO EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR TENSA DURANTE LAS CUATRO ESTACIONES.
- V-10 DISTANCIAS CRITICAS POR INDUSTRIAS Y ESTACIONES.
- V-11 CONCENTRACIONES MAXIMA Y MINIMA ESTIMADAS POR CONTAMINANTES PARA CADA ESTACION DEL AÑO.
- AP2-1 PROMEDIO DE 3 HORAS DE LA VELOCIDAD DE VIENTO EN COATZACOALCOS. ESTACIONALES.
- AP2-2 PORCIENTO DE OCURRENCIA DE DIRECCIONES DEL VIENTO POR INTERVALO DE 3 HORAS EN COATZACOALCOS.
- AP2-3 PROMEDIOS DE 3 HORAS DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA EN -- COATZACOALCOS. ESTACIONALES.

FIGURAS

- FIGURA No. II-1 LOCALIZACION DEL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS.
- II-2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS INSTALACIONES DE PETROLEOS MEXICANOS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS.
- IV-1 SISTEMA COORDENADO MOSTRANDO DISTRIBUCION GAUSSIANA - TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAL.
- IV-2 COEFICIENTE DE DISPERSION VERTICAL COMO FUNCION DE LA DISTANCIA BAJO VIENTO DE LA FUENTE.
- IV-3 COEFICIENTE DE DISPERSION HORIZONTAL COMO FUNCION DE LA DISTANCIA BAJO VIENTO DE LA FUENTE.
- IV-4 EFECTO DE LA ESTABILIDAD ATMOSFERICA.
- IV-5 DISTANCIAS MINIMA, X_1 , Y MAXIMA X_2 , DE UN RECEPTOR A -- UNA FUENTE AREA Y FUENTES DE LINEA TRANSVERSALES.
- V-1 HIDROCARBUROS VENTEADOS. NO_x Y CO (POR CONSUMO DE GAS NATURAL). EMITIDOS POR PEMEX DURANTE LA PRIMAVERA.
- V-2 HIDROCARBUROS VENTEADOS. NO_x Y CO (POR CONSUMO DE -- GAS NATURAL). EMITIDOS POR PEMEX DURANTE EL VERANO.
- V-3 HIDROCARBUROS VENTEADOS. NO_x Y CO (POR CONSUMO DE -- GAS NATURAL). EMITIDOS POR PEMEX DURANTE EL OTOÑO.
- V-4 HIDROCARBUROS VENTEADOS. NO_x Y CO (POR CONSUMO DE GAS NATURAL). EMITIDOS POR PEMEX DURANTE EL INVIERNO.

- V-5 NH₃, SO₂, FLUORUROS Y PARTICULAS. EMITIDOS POR FERTI-MEX DURANTE LA PRIMAVERA.
- V-6 NH₃, SO₂, FLUORUROS Y PARTICULAS. EMITIDOS POR FERTI-MEX DURANTE EL VERANO.
- V-7 NH₃, SO₂, FLUORUROS Y PARTICULAS. EMITIDOS POR FERTI-MEX DURANTE EL OTOÑO.
- V-8 NH₃, SO₂, FLUORUROS Y PARTICULAS. EMITIDOS POR FERTI-MEX DURANTE EL INVIERNO.
- V-9 PLOMO EMITIDO POR TEMSA DURANTE LA PRIMAVERA.
- V-10 PLOMO EMITIDO POR TEMSA DURANTE EL VERANO.
- V-11 PLOMO EMITIDO POR TEMSA DURANTE EL OTOÑO.
- V-12 PLOMO EMITIDO POR TEMSA DURANTE EL INVIERNO.
- AP1-1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE ACETALDEHIDO. PEMEX.
- AP1-2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE OXIDO DE ETILENO. PEMEX.
- AP1-3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE ACIDO SULFURICO. FERTIMEX.
- AP1-4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE MOLIENDA DE -ROCA FOSFORICA. FERTIMEX.
- AP1-5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE ACIDO FOSFORICO. FERTIMEX.
- AP1-6 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE UREA. FERTI--MEX.
- AP1-7 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. PLANTA DE TETRAETILO DE PLOMO. TEMSA.

I- INTRODUCCION

En los últimos tiempos ha empezado a surgir una gran consternación a nivel mundial debido al gran deterioro que sufre el medio ambiente. Dicho trastorno ha sido originado principalmente por la expansión industrial y el crecimiento demográfico no planeados adecuadamente.

En la República Mexicana, no obstante que la actividad industrial no ha alcanzado la magnitud de los países desarrollados, se presenta ya una fuerte contaminación ambiental en ciertos polos de desarrollo, como son la Cuenca del Valle de México, Monterrey, Guadalajara y la zona conurbada Minatitlán-Coatzacoalcos, entre otros.

Las industrias establecidas en la conurbación Minatitlán-Coatzacoalcos representan, tanto para el Estado de Veracruz como para el país en general, una fuente de gran valor para la obtención de divisas, evitar importaciones, generar empleos en todos los niveles y contribuir al descongestamiento del área metropolitana del Valle de México. Sin embargo este desarrollo también ha ocasionado ciertos problemas entre los cuales se encuentra la contaminación ambiental.

La contaminación ambiental constituye un gran desafío el cual deberá ser resuelto en gran medida por la Ingeniería Química como parte de un equipo multidisciplinario que opere interdisciplinariamente.

El presente trabajo abarca un aspecto de la contaminación ambiental, que es la contaminación atmosférica y considera a las industrias localizadas en el Complejo Petroquímico de Pajaritos. En dicho Complejo existen industrias de producción de cloro y fertilizantes, además de las petroquímicas.

Las industrias ahí establecidas son fuentes potenciales de emisión de contaminantes atmosféricos que dependen de la naturaleza propia de cada proceso y de su grado de control aplicado.

Se presenta la metodología para evaluar la contaminación atmosférica en una zona determinada, mediante: la identificación y evaluación de las fuentes de contaminación, la determinación de las emisiones de contaminantes, y la estimación de las concentraciones de contaminantes en la zona mediante un modelo Gaussiano de dispersión, considerando la información meteorológica y de las fuentes de contaminación en el área de interés.

La información meteorológica usada corresponde al año de 1979 en el observatorio de Coatzacoalcos, Veracruz, del Servicio Meteorológico Nacional. En los años posteriores a 1979 debido al crecimiento urbano de la ciudad de Coatzacoalcos, el observatorio quedó localizado en una zona inadecuada para este tipo de investigación, por lo cual no se recurrió a información más reciente.

Para las fuentes de contaminación los datos mas importantes así como mas difíciles de conocer o estimar, son sin duda las emisiones a la atmósfera.

En ciertas industrias es posible aplicar factores de emisión, para lo cual se necesita información del tipo de proceso, capacidad, equipo de control en caso de existir, y condiciones de operación básicamente. Esto se realizó para Fertilizantes Mexicanos y Tetraetilo de México, en base a información técnica de estas industrias.

En el caso de Petróleos Mexicanos las emisiones a la atmósfera se determinaron en base a información, proporcionada por esta industria, de composiciones y gastos de los venteos en sus distintas plantas (1986).

II.- IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA.

1.- INDUSTRIAS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS.

El complejo Pajaritos se ubica al Oriente de la Ciudad de Coatzacoalcos a orillas del rio del mismo nombre y a un costado de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa. Entre las industrias establecidas en el área se encuentran: Petróleos Mexicanos, Fertilizantes Mexicanos, S.A., grupo CYDSA - Dirección de Productos Químicos, Cloro Tehuantepec, S.A., y Tetraetilo de México, S.A., (1). Figura No. II-1.

Petróleos Mexicanos.

Se localiza en la parte central del complejo contando con las plantas de Etileno I y II, Criogénica, Acetaldehído, Oxido de Etileno y Derivados Clorados I, II y III.

La planta Derivados Clorados I engloba a la de Dicloroetano I y la de Acido Muriático. La planta Derivados Clorados II, a la de Dicloroetano II y la de Cloruro de Vinilo I, y por último Derivados Clorados III se compone de las siguientes plantas: licuación y recuperación de Cloro, purificadora de Propano, Dicloroetano III, Cloruro de Vinilo II, Catoxid (ácido clorhídrico), y la de Percloroetileno y Tetracloruro de Carbono (2).

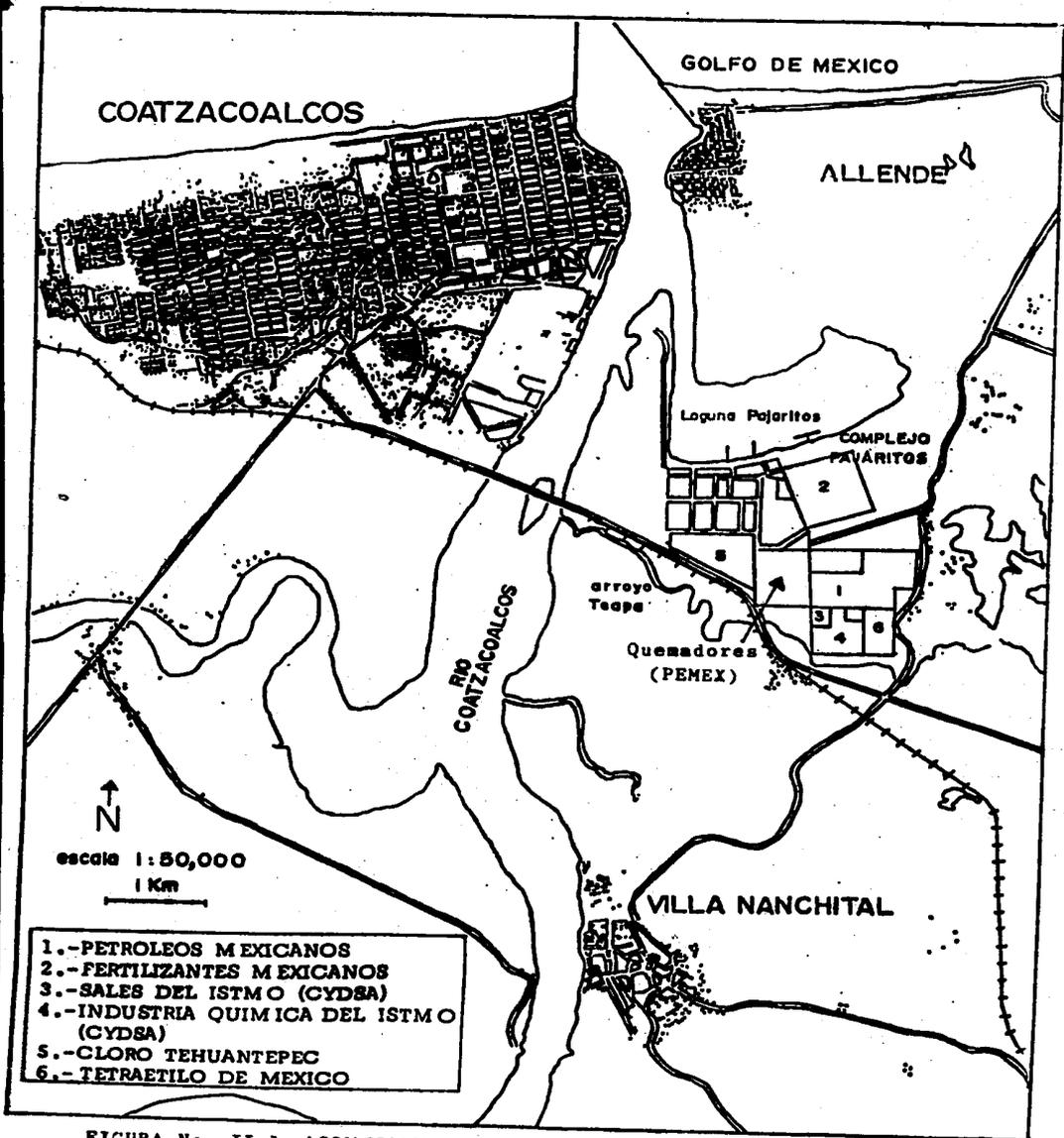


FIGURA No. II-1 LOCALIZACION DEL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS

Fertilizantes Mexicanos, S. A.

Esta industria, está situada en la zona Norte del complejo, junto a la Dársena de Pajaritos, y consta de las unidades: Fosfatados y Nitrogenados.

La Unidad Fosfatados cuenta con las plantas de Acido Sulfúrico, Acido Fosfórico, Acido Fosfórico Grado Técnico y Superfosfato Triple Granulado, mientras que la Unidad Nitrogenados cuenta con la planta de Urea.

Grupo CYDSA - División de Productos Químicos.

El grupo CYDSA, en su división de productos químicos, opera dos industrias en el complejo Pajaritos, Sales del Istmo, S. A. de C.V., e Industria Química del Istmo, S. A. Estas plantas están situadas en la parte Sur del complejo.

La industria Sales del Istmo, tiene como único producto sal común (Cloruro de Sodio) mientras que Industria Química del Istmo produce sosa (Hidróxido de Sodio), Cloro y Acido Clorhídrico.

Cloro de Tehuantepec, S. A.

Ubicada en la parte Oeste del complejo, esta industria produce cloro y sosa.

Tetraetilo de México, S. A.

Esta industria se encuentra situada en la esquina Sureste del complejo. El producto que elabora es mexoctano. Dicho producto es una mezcla de tetraetilo de plomo con aditivos. El tetraetilo de plomo es sintetizado en esta planta. (1).

Los productos y capacidades para las diferentes industrias en el complejo Petroquímico Pajaritos se muestran en la tabla No. II-1.

Puesto que el proceso de producción de cloruro de sodio no se considera fuente de contaminación atmosférica no se -- incluirá en este estudio.

TABLA No. II-1

RELACION DE INDUSTRIAS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS (1986)

INDUSTRIA	PRODUCTO	CAPACIDAD	Ton/año
PETROLEOS MEXICANOS	Acetaldehído	44,000	
	Acido Clorhídrico	6,171	
	Acido Nuriático	18,400	
	Cloruro de Vinilo	270,000	
	Dicloroetano	473,100	
	Eteno	306,500	
	Etileno	207,200	
	Oxido de Etileno	28,000	
	Percloroetileno	16,000	
Tetracloruro de Carbono	16,000		
FERTILIZANTES MEXICANOS	Acido Sulfúrico	945,000	
	Acido Fosfórico	330,000	
	Acido Fosfórico Grado Técnico	115,000	
	Superfosfato Triple Granulado	270,000	
	Urea	1,000,000	
GRUPO CYDSA SALES DEL ISTMO	Cloruro de Sodio	273,750	
GRUPO CYDSA INDUSTRIA QUIMICA DEL ISTMO	Cloro	87,600	
	Sosa	91,250	
	Acido Clorhídrico	29,200	
CLORO TEHUANTEPEC	Cloro	236,000	
	Sosa	257,000	
TETRAETILO DE MEXICO	Hexoctano	18,000	

2.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS

2.1-PETROLEOS MEXICANOS

Proceso de producción de etano (criogénica)

El etano se obtiene en parte de una corriente líquida de hidrocarburos. La otra parte se obtiene de una corriente gaseosa, la cual se alimenta a la planta criogénica en la que se separa metano de los demás hidrocarburos y estos junto con la corriente líquida, se destilan para separar el etano de los hidrocarburos mas pesados los cuales se envían en forma líquida a refinación.

La licuefacción de gran parte del etano y pequeñas cantidades de hidrocarburos más pesados contenidos en la corriente del gasoducto, se efectúa por enfriamiento del gas al expandirlo, previa deshidratación, en dos turboexpansores en donde se abate la presión de 61.0 Kg/cm² hasta 19.0 Kg/cm² al mismo tiempo que la temperatura desciende hasta - 101°C, dejando en forma gaseosa metano que queda como gas residual.

Los licuebles ricos en etano (corriente líquida de hidrocarburos), junto con los licuebles producidos en la planta criogénica, son la carga líquida a la desetanizadora donde se fracciona, separando el etano para consumo en las plantas de etileno, de las fracciones mas pesadas (2).

Proceso de Producción de Etileno.

La obtención de etileno se lleva a cabo en dos plantas: Etileno I y Etileno II.

Etileno I:

El etano fresco procedente de la planta criogénica mas el etano recirculado es la carga a los hornos de pirólisis en donde a una temperatura de 232°C y una presión de 3.8 Kg/cm^2 se produce una corriente rica en etileno, la cual se enfría hasta 38°C en un sistema de espigado. Pasa por reactores para la eliminación de acetileno, después el sistema de lavado cáustico para eliminar dióxido de carbono y ácido sulfhídrico, ensugado, a un sistema de secadores para eliminar humedad entrando posteriormente a la torre desmetanizadora en donde se absorbe el etano, etileno, e hidrocarburos mas pesados por medio de isopentano como aceite pobre.

El aceite rico pasa a la torre desmetanizadora en donde se separa el etano y etileno del aceite de absorción, después en la fraccionadora se obtiene etileno para consumo y etano que se recircula como carga a los hornos.

Etileno II:

El etano fresco procedente de la planta criogénica, mas el etano recirculado, es la carga a los hornos de pirólisis, en donde a una temperatura de 860°C se produce una corriente gaseosa rica en etileno, la cual se enfría a 315°C generando vapor de 42 Kg/cm^2 de presión y hasta 42°C a través de una torre de espigado utilizando agua; dicha corriente se comprime

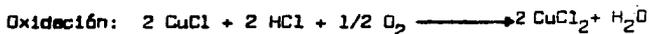
ne hasta una presión de 35 Kg/cm², pasando a la torre de lavado cáustico para la eliminación de anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico, enseguida pasa al reactor de eliminación de acetileno continuando a través -- del sistema de deshidratación para eliminarle la humedad.

La mezcla gaseosa se enfría hasta una temperatura de 120°C para separar y enviar al sistema de gas combustible el hidrógeno residual; los hidrocarburos condensados pasan a la torre desmetanizadora en donde se separa el metano residual, la corriente obtenida por el fondo se alimenta a la torre desmetanizadora en donde se obtiene por la parte superior una corriente gaseosa de etano-etileno y por el fondo propileno y más pesados. Finalmente en la fraccionadora de etileno se obtiene etileno que se envía a plantas y almacenamiento y por el fondo etano que se recircula como carga a los hornos.

Proceso de Producción de acetaldehído.

La producción de acetaldehído se efectúa por un proceso catalítico, que se lleva a cabo en dos reactores tubulares del titanio: un serpentín de reacción y otro serpentín de oxidación. El etileno, que es la materia prima, entra en forma gaseosa al serpentín de reacción para convertirse en acetaldehído, utilizando como catalizador cloruro de paladio en -- una solución acuosa de cloruro cúprico. En el serpentín de oxidación, se aprovecha el oxígeno del aire para mantener adecuadamente oxidado al catalizador en servicio.

La reacción se lleva a cabo en la siguiente forma:

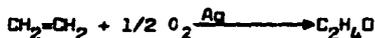


Los productos que salen del serpentín de reacción, pasan a una torre de vaporización instantánea en donde se separan de la solución catalítica, el acetaldehído y los subproductos de la reacción. Posteriormente, el acetaldehído producido pasa a una torre de crudo en donde por destilación, se concentra hasta aproximadamente un 60% en peso.

Este acetaldehído crudo pasa a la sección de purificación, en donde primero se le eliminan en una torre, los subproductos más ligeros como el cloruro de metilo y el cloruro de etilo. El producto de fondo pasa a la torre de Destilación Final, donde por el domo se obtiene el acetaldehído y por el fondo se elimina agua con subproductos más pesados.

Proceso de producción de óxido de etileno.

El proceso para la obtención del óxido de etileno consta de los siguientes pasos: compresión y lavado de aire, reacción, absorción, agotamiento, refinación y purificación. La reacción catalítica se efectúa por medio de la oxidación del etileno en presencia de un catalizador de plata suspendido en alúmina al 15% a una temperatura de 235°C y una presión de 23.8 Kg/cm²:



El aire y el etileno se inyectan en una corriente gaseosa de re-

ciclo pasando posteriormente al sistema de reacción, el cual consta de tres reactores que operan en serie. Una vez efectuada la reacción, el efluente gaseoso se le separa el óxido de etileno formado, por medio de un lavado con agua en la sección de absorción, esta corriente de lavado pasa a una torre agotadora en donde se separa el óxido de etileno del agua. El efluente del domo pasa a una torre reabsorbidora con el objeto de eliminar los gases incondensables del óxido de etileno; posteriormente el producto del fondo pasa a una torre refinadora en donde se separa el óxido de etileno del agua de absorción. El óxido de etileno se alimenta a una segunda torre agotadora en donde se elimina el bióxido de carbono remanente, para ser enviado finalmente a la sección de Purificación, en donde se eliminan las impurezas del óxido de etileno, tales como formaldehído y acetaldehído.

Proceso de producción de dicloroetano.

La obtención de dicloroetano crudo se realiza mediante dos procesos: oxícloración y cloración directa, pasando después a la etapa de purificación.

Oxícloración:

Las materias primas que se utilizan para la obtención del dicloroetano son: etileno, ácido clorhídrico y el oxígeno del aire. Los cuales se combinan en los reactores en presencia de un catalizador de cloruro cúprico anhidro, soportado en alúmina, efectuándose la siguiente reacción:



La corriente gaseosa que sale de los reactores pasa a la torre lavadora de ácido, para su enfriamiento y eliminación de ácido clorhídrico, prosiguiendo a una torre de lavado alcalino con carbonato; aquí se condensa gran parte de dicloroetano crudo el cual se envía a un separador de fases para obtener dicloroetano crudo que pasa a almacenamiento. La corriente -- del domo se comprime y se enfría para recuperar dicloroetano, quedando el gas de purga el cual se envía a la Sección de Cloración Directa.

Cloración directa:

El cloro, el etileno y el gas de purga, son las materias primas -- que se usan como carga al reactor, en donde la reacción se lleva a cabo en dicloroetano líquido, utilizando como catalizador cloruro férrico. La reacción principal es la siguiente:



Dentro de la reacción se obtienen subproductos como tricloroetano y tetracloroetano como resultado de reacciones secundarias.

El dicloroetano que se produce se neutraliza con sosa y se manda a un separador de fases y posteriormente a almacenamiento.

Purificación:

Del almacenamiento de dicloroetano crudo pasa primeramente por una -- torre de secado, donde se le elimina humedad y cloruro de etilo. La corrien-

te del fondo pasa a la torre de dicloroetano, en donde por el domo se obtiene dicloroetano puro, que se manda a almacenamiento para ser utilizado posteriormente en la Planta de Cloruro de Vinilo, y los fondos alimentan la torre de residuos que provee parte de la materia prima a la Planta de Perclo--roetileno.

La planta de Dicloroetano I consta de las secciones de cloración directa y purificación mientras que Dicloroetano II y III constan de las secciones de oxiclорación, cloración directa y purificación.

Proceso de producción de Cloruro de Vinilo.

La obtención de cloruro de vinilo se realice en dos plantas:

Cloruro de Vinilo I y Cloruro de Vinilo II.

Cloruro de Vinilo I:

El dicloroetano seco que es la materia prima, se vaporiza y alimenta como carga a los hornos de pirólisis, en donde se obtiene el cloruro de vinilo según la siguiente reacción:



El efluente de los hornos se apaga y enfría con una corriente de recirculación. El efluente gaseoso se condensa y enfría con glicol para introducirlo a la torre absorbadora-agotadora, en donde el ácido clorhídrico se separa del cloruro de vinilo y del dicloroetano que no reaccionó, utilizando

dicloroetano saturado de ácido clorhídrico subenfriado como aceite de absorción.

El ácido clorhídrico es recirculado a la Sección de oxícloración de la planta de Dicloroetano II, los fondos de esta torre sirven como carga a la torre de destilación de cloruro de vinilo. Una parte de la corriente del fondo de la torre de destilación se usa como aceite de absorción y la otra se manda a la Sección de Purificación de dicloroetano; la corriente del domo pasa a la torre de redestilación, en donde se obtiene el cloruro de vinilo de alta pureza. Los fondos que consisten de productos intermedios, se envían a la planta de Percloroetileno.

Cloruro de Vinilo II:

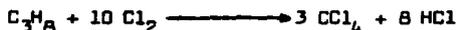
La reacción se lleva a cabo de la misma forma que en la planta de -- Cloruro de Vinilo I, de igual manera el efluente de los hornos se apaga y enfría con una corriente de recirculación.

El efluente gaseoso se condensa y enfría con agua, alimentándose las dos corrientes, líquida y gaseosa, a la columna de ácido clorhídrico. Por el domo se obtiene ácido clorhídrico de alta pureza que posteriormente se alimentó a la sección de oxícloración de la planta de Dicloroetano. Los fondos sirven como carga a la columna de cloruro de vinilo donde por el domo se obtiene el cloruro de vinilo que es alimentado al agotador de vinilo y después a los neutralizadores para purificarlo. Los fondos de la colum-

na de cloruro de vinilo son alimentados a la columna de intermedios, obteniéndose por el domo los intermedios que serán alimentados a la planta de Percloroetileno y Tetracloruro de Carbono, mientras que los fondos conteniendo dicloroetano se mandan a purificación.

Proceso de producción de percloroetileno y tetracloruro de carbono.

El proceso se efectúa a partir de la reacción exotérmica del propano de alta pureza, de los pesados de la planta de Derivados Clorados II y III, con cloro, produciéndose percloroetileno y tetracloruro de carbono. Las reacciones principales que se llevan a cabo son las siguientes:



El efluente del reactor pasa a la cámara y columna de apagado, de donde la fracción líquida es alimentada al agotador de cloro, el cloro recuperado se recircula a reacción y el producto del fondo se alimenta a la columna de tetracloruro de carbono, el cual se obtiene por corte en el plato número 6; el domo se recircula y el fondo constituye la carga a la columna de percloroetileno, el cual también es obtenido por corte en el plato número 6; la corriente del domo se recircula a la columna de tetracloruro de carbono y la del fondo a la sección de apagado.

Proceso de purificación de propano:

El proceso de purificación de propano consiste en una rectificación del mismo, para después someterlo a endulzamiento.

La rectificación se lleva a cabo por destilación convencional de la corriente de propano comercial, para obtener un destilado de propano de alta pureza. Con el fin de obtener un propano libre de compuestos de azufre se utiliza un proceso de endulzamiento a base de mallas moleculares.

El propano purificado se utiliza en el complejo como refrigerante y en la producción de percloroetileno.

Proceso de producción de ácido clorhídrico.

El ácido clorhídrico es producido en la planta Cetoxid, consistiendo de una sección de reacción para la oxidación catalítica de hidrocarburos clorados y la generación de vapor. El ácido obtenido es empleado en la sección de oxiclорación de la planta de Dicloroetano.

Además el ácido clorhídrico es generado en el proceso de producción de cloruro de vinilo.

Proceso de producción de ácido muriático.

La corriente gaseosa de ácido clorhídrico proveniente de las plantas de Cloruro de Vinilo se alimenta a una torre absorbidora, en la cual se burbujea en contracorriente con agua deamineralizada o condensado de vapor

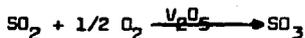
a unos 50°C de temperatura, obteniéndose por el fondo un ácido muriático de alrededor 30% en peso de pureza. Una torre neutralizadora se uti liza cuando eventualmente el ácido clorhídrico gaseoso llega contaminado con inertes como el cloruro de vinilo.

Las instalaciones de PEMEX en el Complejo se muestran en la figura No. II-2.

2.2- FERTILIZANTES MEXICANOS

Proceso de producción de ácido sulfúrico.

El proceso de fabricación básico de ácido sulfúrico es el de con tacto, que comprende tres reacciones químicas principales, como sigue:



La primera reacción representa la combustión del azufre para producir el bióxido de azufre. La segunda es una oxidación subsecuente de bióxido de azufre con aire en presencia del catalizador pentóxido de vanadio para producir trióxido de azufre. Finalmente, el tercer paso representa la reacción del trióxido de azufre con agua para formar el ácido sulfúrico.

El azufre se recibe en la planta en forma fundida y se almacena en un tanque que contiene serpentines para calentamiento con vapor. Para la inyección de azufre al horno de combustión se utilizan bombas especiales que tienen camisa de calentamiento con vapor. Para una correcta combustión las bombas inyectan el azufre fundido a presión para atomizarlo y hacerlo reaccionar con un volumen controlado de aire seco para producir una mezcla gaseosa conteniendo bióxido de azufre.

Por ser la primera reacción exotérmica y para controlar la segunda reacción de una manera eficiente, los gases del horno deberán enfriarse de 1000°C hasta 420°C antes de introducirlos al convertidor. Como la reacción de conversión también es exotérmica, es necesario eliminar el calor generado por medio de una caldera de recuperación y por la introducción de aire fresco que además proporciona el oxígeno adicional para la reacción.

Del convertidor los gases pasan al economizador, para después entrar a la torre de absorción, en donde se efectúa la tercera reacción. El trióxido de azufre es absorbido en ácido sulfúrico, relativamente concentrado, reaccionando con el agua para aumentar la concentración del mismo. Al ser la tercera reacción también exotérmica el ácido sulfúrico producido tiene que ser enfriado.

El ácido enfriado llega a un tanque de bombeo en donde se mezcla y se diluye con el ácido proveniente de la torre de secado de aire.

Los gases inertes, pasan de la parte superior de la torre de absorción a una zona que elimina las partículas de ácido que podrían arrastrarse a la atmósfera por la velocidad de la corriente de gases. (3).

Molienda de la roca fosfórica.

El proceso de ácido fosfórico requiere que la roca fosfórica recibida de las diversas fuentes se someta a una operación de molienda con el objeto de aumentar la eficiencia del ataque en la fabricación del ácido.

Cada tren consta esencialmente de un molino de bolas, un cernidor para la correcta selección del tamaño de la roca molida y un sistema especialmente diseñado para la recolección de polvos durante la operación.

La roca sin moler se alimenta a los molinos de unos silos de almacenamiento por medio de un transportador que descarga directamente en el molino de bolas. La alimentación se controla por un sistema de banda volumétrica, cada molino descarga la roca a un cernidor que rechaza automáticamente y regresa el material de mayor tamaño a la alimentación del molino. La roca molida al tamaño de partícula adecuada se descarga de los ciclones a otro silo, para después pasar a la sección de ataque. (3).

Dependiendo del tipo de roca que se maneje, ya sea calcinada o sin calcinar, esta se puede hacer pasar por un quemador.

Proceso de producción de ácido fosfórico
(Grado Mercantil, 54% de P_2O_5)

El proceso empleado en la fabricación de ácido fosfórico es el comúnmente llamado proceso húmedo, que implica básicamente la reacción química entre la roca fosfórica como materia prima fundamental y el ácido sulfúrico como segundo reactivo. La reacción es la siguiente:



El resultado de esta reacción es ácido fosfórico de una concentración relativamente baja y un precipitado constituido fundamentalmente -- por sulfato de calcio y otra serie de impurezas minerales sólidas parcial-

mente solubles en la fase líquida de la reacción.

La fabricación consta de tres etapas fundamentales, sistema de ataque o reacción, sistema de filtración y sistema de evaporación o concentración.

El sistema de ataque o reacción consiste en un gran tanque con varios compartimentos provistos con agitadores, un enfriador instantáneo de vapores para enfriamiento de lechada, eliminador de humos y un equipo dosificador de materia prima. La alimentación de ácido sulfúrico es variable del proceso que se fija conforme a la dosificación de la roca, por ser un control mas exacto y eficiente.

El sistema de filtración está constituido por un filtro en el que pasará la lechada. Después del lavado, las secciones del filtro se invierten para descargar los sólidos retenidos mediante la inyección de aire controlado para lograr su total desprendimiento.

El ácido fosfórico se recolecta en una serie de tanques manteniéndose en constante agitación para que en caso de existir sólidos insolubles se conserven en suspensión. El ácido contenido en estos tanques se envía al sistema de evaporación para su concentración, obteniéndose a un 54% de P_2O_5 . (3).

Proceso de producción de ácido fosfórico grado técnico (62% P_2O_5).

Se utiliza ácido fosfórico grado mercantil (54% de P_2O_5) para someterlo a una purificación posterior que lo convierta en ácido fosfórico

grado detergente, normalmente llamado ácido grado técnico (62% de P_2O_5).

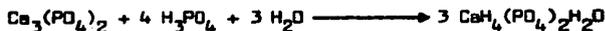
En el proceso se mezcla ácido grado mercantil con un solvente orgánico, que tiene la propiedad de disolver selectivamente las impurezas --- normales inorgánicas del ácido fosfórico grado mercantil. Estas impurezas son complejos inorgánicos de fierro, aluminio y magnesio.

La mezcla es sometida a una serie de enfriamientos consecutivos, sedimentación y separación para facilitar la solubilidad selectiva de las impurezas en el solvente.

En el proceso se recupera el solvente para recircularlo por medio de extracciones al vacío y por destilación. El ácido fosfórico purificado se concentra hasta 62-63% de pentóxido de fósforo mediante un sistema de evaporación. (3).

Proceso de producción de superfosfato triple granulado.

El proceso se lleva a cabo con ácido fosfórico proveniente del --- proceso húmedo, a una concentración aproximada de 40% de P_2O_5 y la roca fosfórica. La reacción química es la siguiente:



En un reactor se ponen en contacto el ácido fosfórico con la roca fosfórica. La reacción se efectúa con vapor directo para mantener la --- temperatura entre 82°C y 93°C provocando alguna dilución al condensarse.

La reacción se completa en un segundo reactor, que actúa como tanque de residencia, principalmente para mantener cierta flexibilidad en la operación misma del proceso, particularmente en los granuladores que se utilizan para distribuir uniformemente el lodo obtenido, evitando la formación de aglomerados húmedos.

La masa húmeda se pasa a un secador. Para el correcto secado final del producto y control de gases fluorados, de reacciones secundarias, se cuenta con un sistema de ciclones.

El producto se tamiza para asegurar el tamaño de partícula deseado. (3).

Proceso de producción de urea.

La producción de urea se desarrolla en las siguientes etapas:

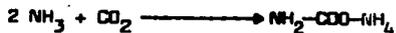
Síntesis de la urea

Purificación de la urea y recuperación

Concentración de la urea

Prilado

Síntesis de la urea. Se introducen CO_2 y amoníaco a presión, en un reactor teniéndose las siguientes reacciones:





La solución se envía a la siguiente etapa, derivando una parte a -- formar la solución absorbente para la columna de absorción, a la que se le mezcla también amoníaco.

Purificación de la urea y recuperación. La solución entra al primer descompositor, en el cual se descompone el carbamato en urea y agua. -- El CO_2 y NH_3 desprendidos van a la columna de absorción; la solución pasa al segundo descompositor, en el cual se desarrolla también la descomposición del carbamato que queda.

Los gases que llegan a la columna de absorción son absorbidos con la solución derivada del reactor y mezclada con amoníaco para rectificar el --- CO_2 ; la solución de carbamato que sale del fondo de la columna se recicla al reactor y el amoníaco pasa a los condensadores para su recuperación.

Concentración de la urea. La solución de urea es puesta en contacto con una corriente de aire y calor suficiente para vaporizar el agua, pasando después por unos cristalizadores y finalmente por un secador.

Prilado. El prilado se lleva a efecto en una torre donde previamente se funde la urea, pasando después a unas "regaderas" donde se distribuyen las gotitas que en contra corriente con aire frío se solidifican y enfrían.

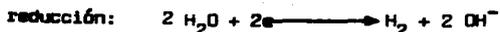
(4).

2.3- INDUSTRIA QUIMICA DEL ISTMO Y CLORO TEHUANTEPEC

Proceso de producción de cloro y sosa.

Cloro y sosa son producidos simultáneamente por el proceso denominado cloro-álcali, el cual consiste básicamente de la electrólisis de sal común (NaCl) en celdas de diafragma o de mercurio. Agua y sal común se mezclan en los tanques de disolución, para formar la solución que servirá como electrolito. Debido a las impurezas que puedan estar presentes, se hace pasar la solución por un sistema de tratamiento y filtración antes de entrar a la celda.

En la celda de diafragma se produce cloro en el ánodo, sirviendo el diafragma para evitar el contacto del cloro con el hidróxido de sodio formado o con el hidrógeno producido en el cátodo. Las reacciones electroquímicas llevadas a cabo son:



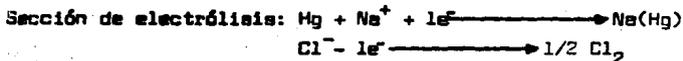
La reacción global que se tiene es:



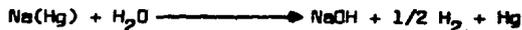
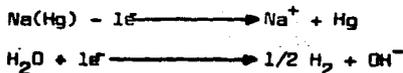
En la celda de mercurio se utiliza mercurio líquido como cátodo que forma una amalgama con el sodio produciéndose además cloro en el ánodo. La amalgama es removida de la celda y se hace reaccionar con agua en una cámara

ra de separación, llamada denudador, para formar hidróxido de sodio e --- hidrógeno.

Las reacciones que se tienen son:



Denudador:



Siendo la reacción neta la misma que para la celda de diafragma.

La corriente gaseosa de cloro que sale de las celdas está saturada con agua, por lo que es necesario pasarla por un enfriador para condensar la mayor parte del agua. Después entra a la torre de secado donde se pone en contacto con ácido sulfúrico. El cloro gaseoso seco es entonces comprimido y enfriado para licuarlo.

La sosa es producida como una solución muy diluida, conteniendo sal sin reaccionar, en la celda de diafragma, por lo que es necesario un sistema de evaporación y filtración. En la celda de mercurio sosa de alta pureza -- puede ser obtenida, de esta manera no se requerirá concentrarla. (5). Cloro Tehuantepec utiliza celdas de diafragma, mientras que Industria Química del - Istmo emplea celdas de mercurio (6).

2.4- TETRAETILO DE MEXICO

Proceso de Producción de Mexoctano.

El mexoctano está formado por una mezcla de tetraetilo de plomo, sintetizado en esta planta, con dibromuro de etileno, dicloroetano, kerosina, colorante y antioxidante (1).

El tetraetilo de plomo se obtiene haciendo reaccionar una aleación plomo-sodio con cloruro de etilo al cual se le ha agregado acetona como catalizador. La reacción se lleva a cabo en autoclaves horizontales con agitación, en donde primeramente es alimentada la aleación en forma de escamas y posteriormente el cloruro de etilo, teniéndose:



Durante la reacción se forman (debido a reacciones secundarias): n-butano, etileno y etano; estas compuestas de bajo punto de ebullición son venteadas a través de un condensador refrigerado para reducir al mínimo -- las pérdidas de cloruro de etilo.

Terminada la reacción, se recupera el exceso de cloruro de etilo y la masa final de reacción se descarga por gravedad a un destilador al -- que previamente se ha añadido agua, por ser la destilación por arrastre de vapor. Mientras se alcanza la temperatura de destilación, se recupera el -- poco cloruro de etilo. Al iniciarse la destilación del tetraetilo de plomo, se le empieza a dosificar un agente tenacactivo y despojante para facilitar su extracción de la masa de reacción.

El tetraetilo de plomo crudo se condensa y se acumula en un recipiente donde se airea para oxidar compuestos solubles de bismuto y agotar los compuestos de bajo punto de ebullición que aún pudieran quedar.

El tetraetilo de plomo purificado después de entrar en especificaciones se mezcla con agentes estabilizantes (dicloroetano, dibromuro de etileno, antioxidante, kerosina) y colorante para producir compuestos antidetonantes. (7).

3.- FUENTES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

Las fuentes de contaminación atmosférica por parte de -- PEMEX en el Complejo Petroquímico Pajaritos son principalmente:

- a)- Plantas con venteos a la atmósfera.
- b)- Quemadores de campo.
- c)- Procesos y servicios con consumo de gas natural.

Las plantas que envían sus venteos directamente a la atmósfera son las de Acetaldehído y la de Oxido de Etileno -- (8).

Los quemadores de campo con que se cuenta son tres a nivel de piso y uno elevado. A estos llegan desfogues de las plantas de Etileno I y II, Criogénica y Derivados Clorados I, II y III.

El consumo de gas natural en los procesos se tiene básicamente en los hornos de pirólisis, mientras que respecto a servicios auxiliares, se lleva a cabo en la generación de vapor mediante siete calderas y en la generación de energía eléctrica por medio de turbina a gas. (2).

En el caso de FERTIMEX las fuentes de contaminación atmosférica que se tienen son las plantas de Acido Sulfúrico,

Acido Fosfórico, Molienda de roca Fosfórica y Urea. Las --
emisiones en la planta de Superfosfato Triple Granulado no
son apreciables y la planta de Acido Fosfórico Grado Técni
co no se considera fuente de contaminación atmosférica (4).

TEMSA (Tetraetilo de México, S.A.) es fuente de conta--
minación atmosférica en la planta de Tetraetilo de Plomo.

IQUISA (Industria Química del Istmo, S.A.) y Cloro Te--
huantepec presentarán emisiones importantes a la atmósfera
en el caso de imprevistos o una mala operación de las plan--
tas.

III- EMISIONES A LA ATMOSFERA

1- PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS GENERADOS EN EL COMPLEJO

1.1- PETROLEOS MEXICANOS

Los contaminantes originados por PEMEX en sus plantas con ventos a la atmósfera son hidrocarburos. En la planta de Acetaldehido se tienen emisiones de acetaldehido, cloruro de metilo, cloruro de etilo, etileno y etano, mientras que para la de óxido de etileno se presentan emisiones de etileno y óxido de etileno (8).

Los quemadores de campo emitirán a la atmósfera gran cantidad de partículas, además de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono --- (10).

Por consumo de gas natural se tendrán emisiones de partículas, bióxido de azufre, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono (9). Siendo importante señalar que el gas natural es considerado como un combustible limpio.

1.2-FERTILIZANTES MEXICANOS

La planta de Acido Sulfúrico genera bióxido de azufre y al mismo ácido -- sulfúrico en forma de neblina ácida (11). Esta neblina es controlada por un separador de niebla con una eficiencia del 99% aproximadamente, mientras que el bióxido de azufre es enviado a la atmósfera directamente (3).

En la planta de Acido Fosfórico las emisiones son de gases fluorados, ---

III- EMISIONES A LA ATMOSFERA

1- PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS GENERADOS EN EL COMPLEJO

1.1- PETROLEOS MEXICANOS

Los contaminantes originados por PEMEX en sus plantas con venteos a la atmósfera son hidrocarburos. En la planta de Acetaldehido se tienen emisiones de acetaldehido, cloruro de metilo, cloruro de etilo, etileno y etano, mientras que para la de óxido de etileno se presentan emisiones de etileno y óxido de etileno (8).

Los quemadores de campo emitirán a la atmósfera gran cantidad de partículas, además de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono --- (10).

Por consumo de gas natural se tendrán emisiones de partículas, bióxido de azufre, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono (9). Siendo importante señalar que el gas natural es considerado como un combustible limpio.

1.2-FERTILIZANTES MEXICANOS

La planta de Acido Sulfúrico genera bióxido de azufre y al mismo ácido -- sulfúrico en forma de neblina ácida (11). Esta neblina es controlada por un separador de niebla con una eficiencia del 99% aproximadamente, mientras que el bióxido de azufre es enviado a la atmósfera directamente (3).

En la planta de Acido Fosfórico las emisiones son de gases fluorados, ---

principalmente tetrafluoruro de silicio y ácido fluorhídrico, los cuales -- son controlados por medio de lavadores con una eficiencia del 97% aproximadamente (2).

La planta de Molienda de Roca Fosfórica es generadora de partículas, teniendo un sistema de ciclones y filtros de bolsas para su control (4). Con dicho equipo de control se alcanzará una eficiencia del 99.5% (3).

La planta de Superfosfato Triple Granulado es fuente potencial, en cantidades no apreciables, de partículas y gases fluorados (HF, SiF₄).

Las emisiones en la planta de Urea serán partículas y amoníaco principalmente.

1.3- INDUSTRIA QUIMICA DEL ISTMO

El contaminante atmosférico mas importante que se puede presentar es cloro, que debido a su alta toxicidad es controlado con una eficiencia del 99.9% aproximadamente por medio de lavadores alcalinos (5).

Los efluentes que contienen cloro pasan a un sistema de absorción en donde se ponen en contacto con hidróxido de sodio, lográndose el control de las emisiones (1). La reacción que se lleva a cabo es:



1.4- CLORO TEHUANTEPEC

Al igual que IQUISA, Cloro Tehuantepec es fuente potencial de cloro, en caso de una mala operación.

Esta industria cuenta con un sistema de recuperación de cloro -- que opera de la siguiente manera:

El cloro que no se alcanza a licuar se pasa, junto con incondensables, a absorción con tetracloruro de carbono en una torre empacada separando así finalmente los incondensables y pasando el tetracloruro con cloro a una torre de desorción donde el cloro puro se separa y se envía nuevamente a licuación. Posteriormente el tetracloruro se recupera de la torre desorbidora para ser empleado nuevamente en la torre absorbidora -- (13).

De funcionar adecuadamente el sistema de recuperación de cloro - se tendrá un control de las emisiones prácticamente del 100% (5).

Además, existe un sistema de neutralización de cloro con hidróxido de sodio, teniéndose la misma reacción que para el caso de IQUISA. Este sistema entraría en operación por las siguientes causas:

- Paro de emergencia por falla de energía.
- Falla del sistema de recuperación de cloro.
- Falla del sistema de recuperación de tetracloruro de carbono.
- Falla del sistema de licuación y compresión.

1.5-TETRAETILO DE MEXICO

Las emisiones de plomo, generadas en el proceso de aleación, --- consisten de partículas de óxido de plomo. Siendo las fuentes: el horno de recuperación, el horno de fundición y el reactor de aleación.(9).

Durante la reacción se forman, debido a reacciones secundarias, --n-butano, etileno y etano. Estos compuestos de bajo punto de ebullición - se ventean del autoclave. (7)

En la tabla No.III-1 se indican los contaminantes generados en el Complejo, así como las industrias y plantas que los originan.

TABLA No. III-1

INVENTARIO DE CONTAMINANTES GENERADOS EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO PAJARITOS.

INDUSTRIA	PLANTA	CONTAMINANTES
PEMEX	ACETALDEHIDO	Hidrocarburos: acetaldehido cloruro de metilo, cloruro de etilo, etileno y etano.
	OXIDO DE ETILENO	Hidrocarburos: etileno y óxido de etileno.
	CONSUMO DE GAS NATURAL	Partículas, SO ₂ , HC, NO _x Y CO
FERTIMEX	ACIDO SULFURICO	SO ₂ , H ₂ SO ₄ (neblina ácida) ^a
	ACIDO FOSFORICO	Fluoruros (HF, SiF ₄) ^a
	MOLIENDA DE ROCA FOSFORICA	Partículas ^a
	SUPER FOSFATO TRIPLE GRANULADO	Partículas ^a y fluoruros(HF, SiF ₄) ^a
	UREA	Partículas y NH ₃
CLORO TEHUANTEPEC	CLORO ^b	Cloro ^a
IQUISA	CLORO ^b	Cloro ^a
TEMSA	TETRAETILO DE PLOMO	Plomo (como partículas de óxido de plomo) hidrocarburos:n-butano, etileno y etano.

a- Emisiones controladas.

b- Plantas con emisiones controladas prácticamente en un 100%, (no apreciables).

2- DETERMINACION DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES.

2.1- PETROLEOS MEXICANOS

En las instalaciones de PEMEX se reportan mensualmente los ventos a la atmósfera y a quemadores (B). En base a esta información se obtiene un promedio para los meses: Enero, Febrero, Marzo y Abril de 1986. Tabla No. III-2.

También se tienen las composiciones de los ventos a la atmósfera provenientes de las plantas de Acetaldehído y Oxido de Etileno y de los ventos a quemador, o desfogues, de las plantas de Derivados Clorados I, II y III. Tabla No. III-3.- Desafortunadamente para las plantas de Etileno y Criogénica no se cuenta con esta información.

Con los datos presentados en las Tablas III -2 y III-3, se estimarán las emisiones de hidrocarburos ventados a la atmósfera. Tabla No. III-4.

Las emisiones de los quemadores, no se evaluarán debido a que es bastante complicado hacerlo, aún con monitoreo. La bibliografía al respecto excepto tal dificultad, existiendo estudios realizados a nivel de planta piloto, con corrientes bien identificadas manejando no más de tres hidrocarburos gaseosos a la vez, lográndose estimar la eficiencia del quemador (14), (15) y (16). Sin embargo no se tiene un procedimiento adecuado que considere la complejidad de las corrientes tratadas y que estime las emisiones a la atmósfera. El problema aumenta al no tenerse completamente caracterizados los desfogues en algunas plantas de PEMEX.

TABLA No. III-2

PROMEDIO MENSUAL, EN TONELADAS, DE LOS VENTEOS EN LAS INSTALACIONES DE
PETROLEOS MEXICANOS.

PLANTA	SUBPRODUCTO	ATMOSFERA	QUEMADOR
ACETALDEHIDO	Aire Residual	4924.0	
	Ventoe de ligeros	20.5	
	Gas Residual	409.1	
OXIDO DE ETILENO	Gas de Purga	16138.6	
	Ventoe de CO ₂	272.8	
DERIVADOS CLORADOS I	Ventoe de Cloración Directa		47.9
	Ventoe de Cloración Directa		424.2
DERIVADOS CLORADOS III	Ventoe de Oxicloración		9139.3
	Ventoes		110.0
ETILENO I	Ventoes		1727.8
	Ventoe de etano		0.0
ETILENO II			
CRIDGENICA			

TABLA No. III-3

COMPOSICION PROMEDIO DE LOS VENTEDOS, EN PORCIENTO EN PESO.

PLANTA DE ACETALDEHIDO

	Aire Residual	Venteco de Ligeros	Gas Residual
Cloruros	0.01		0.1
Acetaldehido	0.28	65.67	0.44
Cloruro de Metilo		0.41	
Cloruro de Etilo		2.50	
Nitrógeno	96.76	5.11	26.03
CO ₂	0.77	7.90	3.68
Etileno	0.28	18.35	64.44
Etano		0.06	0.31
Oxígeno	1.90		

PLANTA DE OXIDO DE ETILENO

	Gas de Purga	Venteco de CO ₂
N ₂ + O ₂		31.46
Nitrógeno	87.82	
Oxígeno	3.58	
CO ₂	6.90	61.04
Etileno	1.67	7.44
Oxido de Etileno	0.03	0.06

PLANTAS DE DERIVADOS CLORADOS I, II y III

	Venteco DC-I	Venteco DC-II	Venteco DC-III
Acido clorhídrico	2.38	8.36	
CO ₂	3.15	5.14	3.64
Oxígeno	3.22	6.43	4.97
Etileno	31.75	52.77	0.94
Nitrógeno	58.65	26.66	89.91
Dicloroetano	0.85	0.64	0.54

TABLA No. III-4

EMISIONES DE HIDROCARBUROS VENTADOS A LA ATMOSFERA

CONTAMINANTE	EMISIONES	
	Ton/mes	g/seg
Acetaldehido	29.049	11.207
Cloruros	1.498	0.578
Eteno	1.280	0.494
Etileno	970.984	220.286
Oxido de Etileno	<u>5.006</u>	<u>1.931</u>
Total de hidrocarburos	607.817	234.496

Las emisiones por consumo de gas natural serán determinadas en ---
 forma global mediante factores de emisión (9). .

En las instalaciones de PEMEX se consumen alrededor de 24 MMPCD
 para su utilización en los diversos procesos y servicios (2).

Para partículas se tiene un factor de emisión de $51b/10^6ft^3$ teniéndose:
 dose:

$$24 \times 10^6 ft^3 / dia \times 51b/10^6 ft^3 \times \frac{1 \text{ dia} \times}{24h} \times \frac{1h}{3600 \text{ seg}} \times \frac{1c}{2.2 \times 10^3} \frac{1b}{lb}$$

Resultando una emisión (generalmente representado por "Q")

$$Q = 0.6313 \text{ g/seg}$$

En la tabla No. III-5 se indican los contaminantes, factor de
 emisión y emisiones por consumo de gas natural.

TABLA No. III-5

EMISIONES POR CONSUMO DE GAS NATURAL

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISION $lb/10^6ft^3$	EMISIONES g/seg
PARTICULAS	5	0.6313
SO ₂	0.6	0.0758
CO	35	4.4192
NO	140	17.6768
HIDROCARBUROS	5.8	0.7323

2.2-FERTILIZANTES MEXICANOS

Las emisiones para las plantas contaminantes de Fertilizantes Mexicanos se determinaron usando factores de emisión en las diversas partes del proceso (Ver diagramas de flujo de proceso, Apéndice 1). Cuando se utilizan equipos de control (en base a información de Fertimex) se manejarán eficiencias considerando una buena operación de dichos equipos.

Planta de Acido Sulfúrico:

Las emisiones de bióxido de azufre tienen lugar en la torre de absorción y dependerán del grado de conversión del SO_2 a SO_3 . Mediante pruebas realizadas en Estados Unidos para plantas que operan por el proceso de contacto, la eficiencia promedio de conversión de SO_2 a SO_3 resultó ser del 97.3%. (17).

Considerando la eficiencia anteriormente señalada y recurriendo a la referencia: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors" se obtiene el factor de emisión. (9).

El factor de emisión para bióxido de azufre es: $18H_2SO_4 / Ton$ --- H_2SO_4 producido.

Considerando un año como 330 días de operación y contando con los datos de capacidad de la planta y factor de emisión se determinen las emisiones.

Para el caso de bióxido de azufre se tiene:

$$945\ 000 \frac{\text{Ton H}_2\text{SO}_4}{\text{año}} \times 18 \frac{\text{Kg SO}_2}{\text{Ton H}_2\text{SO}_4} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{10^3 \text{ g SO}_2}{1 \text{ Kg SO}_2}$$

Resultando una emisión

$$Q = 596.54 \text{ g SO}_2/\text{seg}$$

Las emisiones de ácido sulfúrico en forma de neblina ácida, según información de Fertilizantes Mexicanos, son controladas (99% de eficiencia). Esto se logra haciendo pasar el efluente gaseoso de la torre de absorción a una zona que elimina las partículas de ácido que podrían arastrarse a la atmósfera por la velocidad de la corriente, (Separador de niebla). (3).

Planta de Acido Fosfórico:

Las emisiones de gases fluorados dependen del contenido de fluoruros en la roca fosfórica y de las condiciones del proceso. Parte de los fluoruros quedan contenidos en el yeso, otra parte en el ácido producido y el resto es emitido. Fertilizantes Mexicanos controla estas emisiones haciéndolas pasar por un extractor, donde se absorben en agua, para después enviarse al colector de efluentes. La eficiencia de control es del 97% aproximadamente.

Considerando que el equipo de control funciona de manera eficiente se tiene un factor de emisión para fluoruros de 0.6 Kg/Ton de producto.

El cálculo de las emisiones se realiza tal como se indicó anteriormente en la planta de ácido sulfúrico. En la tabla III-6 se indica la planta, su capacidad, contaminantes, factor de emisión y las emisiones calculadas, para las plantas de Fertilizantes Mexicanos.

Planta de Molienda de Roca Fosfórica:

Las emisiones de partículas dependerán del tipo de roca que se procesa, de la velocidad de las corrientes de aire y del tipo de combustible utilizado en el quemador, básicamente.

En esta planta existe un sistema de ciclones y filtros de bolsas -- especialmente diseñados para la recolección de polvos durante la operación (2).

Por lo que en la estimación del factor de emisión correspondiente, se consideró tal equipo de control, con una eficiencia aproximada del 99.5%.

Planta de Superfosfato Triple Granulado:

Las posibles emisiones de fluoruros (tetrafluoruro de silicio y -- ácido fluorhídrico) y de partículas son controladas por medio de lavadores y ciclones, teniéndose un mínimo de emisiones consideradas como no apreciables.

Planta de Urea:

Se presentan emisiones de amoníaco durante las etapas de síntesis y

solidificación. En cuanto a partículas las emisiones durante la solidificación serán mucho mayores a la síntesis y concentración.

Las emisiones de la torre de pilado durante la solidificación pueden ser afectadas por los siguientes factores: calidad del producto, flujo de aire a través de la torre, temperatura ambiente y humedad principalmente.

Los factores de emisión para amoníaco y partículas fueron utilizados tomando en cuenta que no existe equipo de control.

TABLA No. III-6

INVENTARIO DE EMISIONES ORIGINADAS POR FERTILIZANTES MEXICANOS

PLANTA	CAPACIDAD Ton/año	CONTAMINANTES	FACTOR DE EMISION kg/Ton producto	EMISIONES g/seg
ACIDO SULFURICO	945,000	SO ₂	18.0	596.54
ACIDO FOSFORICO	330,000	Fluoruros	0.6	6.94
MOLIENDA DE ROCA FOSFORICA	1'584,000	Particulas	0.19	10.55
SUPER FOSFATO TRIPLE GRANULADO	270,000	Fluoruros	n.a.	n.a.
UREA	1'000,000	Particulas NH ₃	3.20 10.58	112.22 371.04

n.a.: no apreciable.

2.3- TETRAETILO DE MEXICO

Las emisiones de plomo generadas en la producción de tetraetilo de plomo se determinarán en base a factores de emisión (9). Considerando además que no existe equipo de control en esta planta.

El factor de emisión para plomo es de 30.6 Kg/Ton de producto.

El mexoctano tiene un contenido de tetraetilo de plomo de aproximadamente 64.5%. Por lo que se tendrá una producción anual de tetraetilo de plomo de: 11600 toneladas.

Teniéndose:

$$11600 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} \times 30.6 \frac{\text{Kg}}{\text{Ton}} \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{10^3}{1 \text{ Kg}}$$

Resultando una emisión:

$$Q=12.45 \text{ g/seg.}$$

IV-MODELO MATEMATICO DE DIFUSION Y DISPERSION DE CONTAMINANTES EN EL AREA.

1.- MODELO GAUSSIANO DE DISPERSION

1.1-ECUACION DE DIFUSION

La concentración, X, de un gas o aerosol (partícula menor a 20 micras de diámetro), originada por una fuente continua, puede ser estimada en un punto x,y,z (ver figura IV-1), por la siguiente ecuación:

$$X = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp A (\exp B + \exp C)$$

Siendo:

$$A = -\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2$$

$$B = -\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2$$

$$C = -\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2$$

donde:

Q: intensidad de emisión en g/seg.

u: velocidad del viento en m/seg.

H: altura efectiva de emisión en metros

σ_y : coeficiente de dispersión horizontal en metros

σ_z : coeficiente de dispersión vertical en metros

Las distancias x,y,z estén en metros.

La concentración X se obtendrá en g/m³.

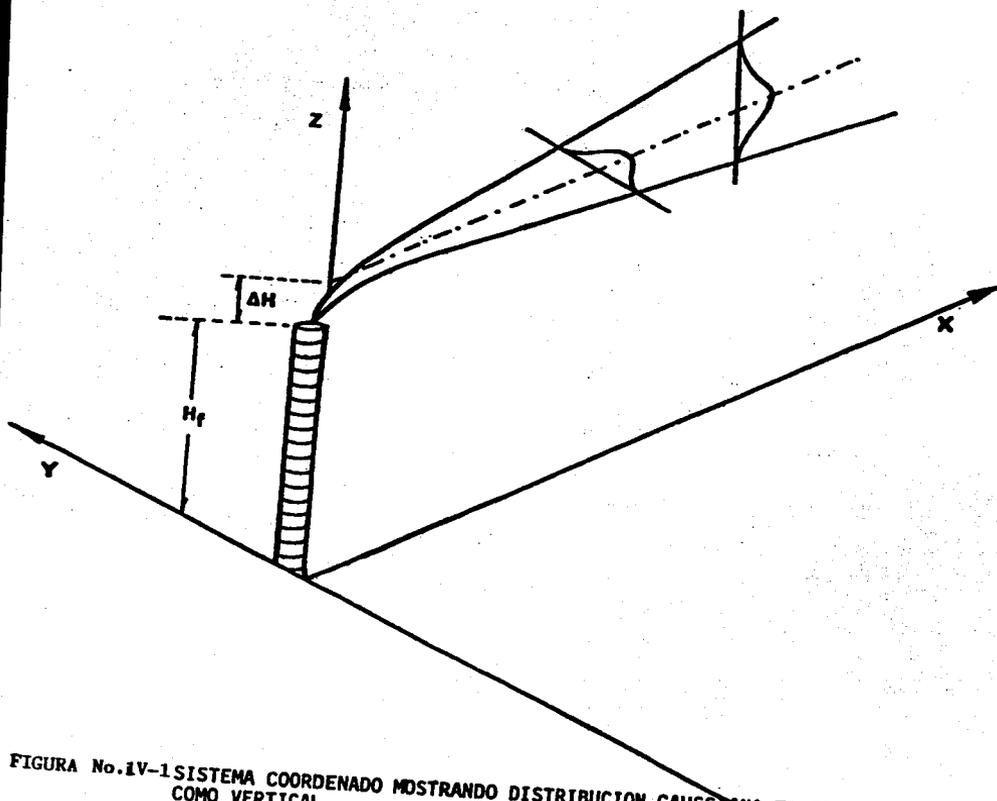


FIGURA No. IV-1 SISTEMA COORDENADO MOSTRANDO DISTRIBUCION GAUSSIANA TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAL.

En el sistema considerado, el origen se encuentra a nivel de piso debajo del punto de emisión, con el eje X extendiéndose horizontalmente en la dirección del viento. El eje Y está en el plano horizontal perpendicular al eje X , mientras que el eje Z se extiende verticalmente.

La altura efectiva, H , es la suma de la altura física de la chimenea H_f , con la altura vertical que alcanza la pluma, ΔH .

Las siguientes suposiciones son hechas:

La difusión de la pluma tiene una distribución Gaussiana tanto en el plano horizontal como en el vertical - de σ_y y σ_z respectivamente.

La velocidad promedio del viento que afecta a la pluma es u .

La emisión de contaminantes, Q , es constante por un tiempo.

Una total reflexión de la pluma se lleva a cabo en la superficie del terreno, esto es, no hay depositación o reacción en la superficie. (18).

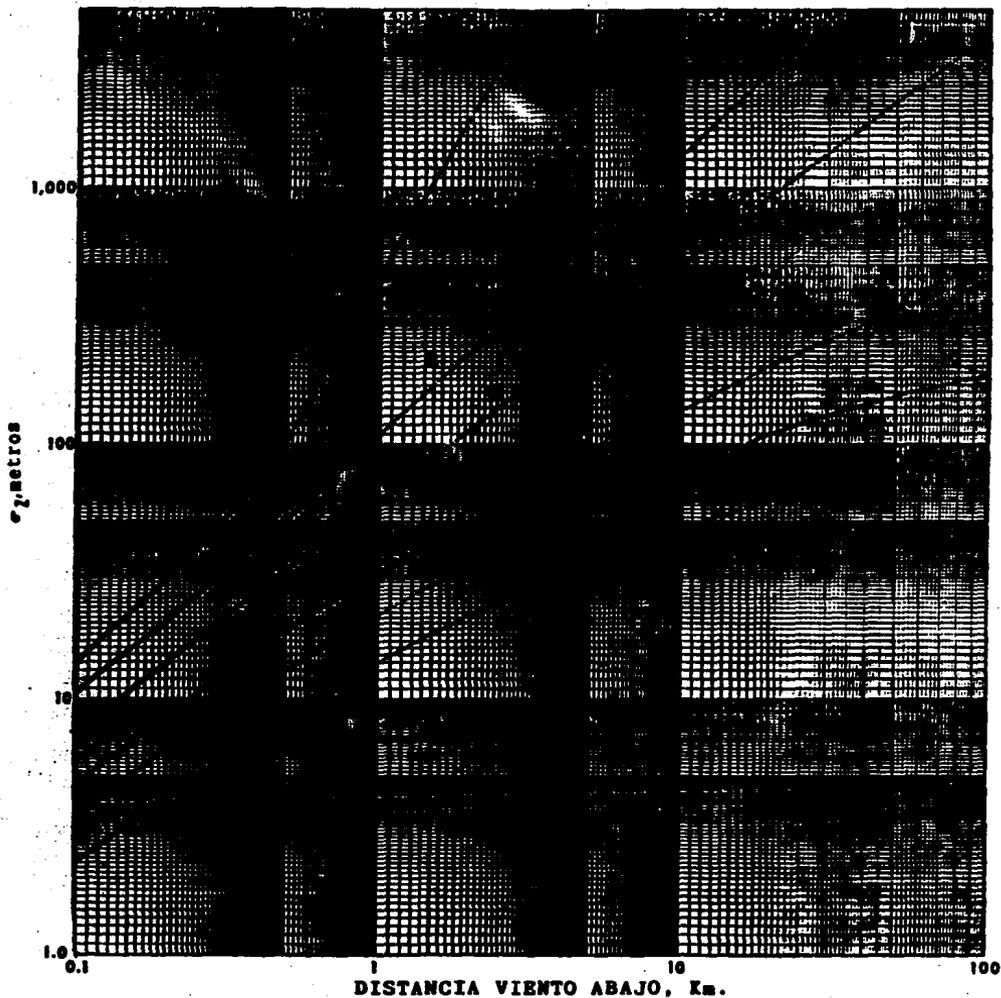
La concentración máxima, para una distancia viento -- abajo (x) dada, estará a una distancia de viento transversal (y) igual a cero, es decir en el eje X . La distancia a la que se encuentra la máxima concentración se denomine distancia crítica, X_c . (19) y (20).

1.2-ESTABILIDAD ATMOSFERICA

Los valores de σ_y y σ_z varían con la estructura turbulenta de la atmósfera, altura sobre la superficie, tipo de superficie, tiempo de muestreo sobre el cual la concentración será estimada, velocidad del viento, radiación solar y distancia a la fuente. El tipo de superficie será relativamente plana a campo abierto. La estructura turbulenta de la atmósfera y la velocidad del viento son consideradas en las clases de estabilidad presentadas, y el efecto de la distancia a la fuente es considerado en las gráficas para determinar los valores de los parámetros. (18) Ver figuras No. IV-2 y IV-3.

Los coeficientes de dispersión son estimados a partir de la estabilidad atmosférica, la cual es estimada a partir de la velocidad del viento y, durante el día, la radiación solar incidente o, durante la noche la nubosidad. Las categorías de estabilidad, dividiéndose en seis clases, son dadas en la tabla No. IV-1. La clase A es la más inestable mientras que la clase F es la más estable. (18).

Mientras la estabilidad atmosférica sea más inestable, la concentración máxima esperada será mayor y la distancia crítica estará más cerca de la fuente. El efecto de la estabilidad se muestra claramente en la figura No. IV-4. Además de observarse el tipo de pluma que corresponde a cada categoría. (20).



**FIGURA No. IV-2 COEFICIENTE DE DISPERSION VERTICAL COMO -
 FUNCION DE LA DISTANCIA VIENTO ABAJO DE LA FUENTE.**

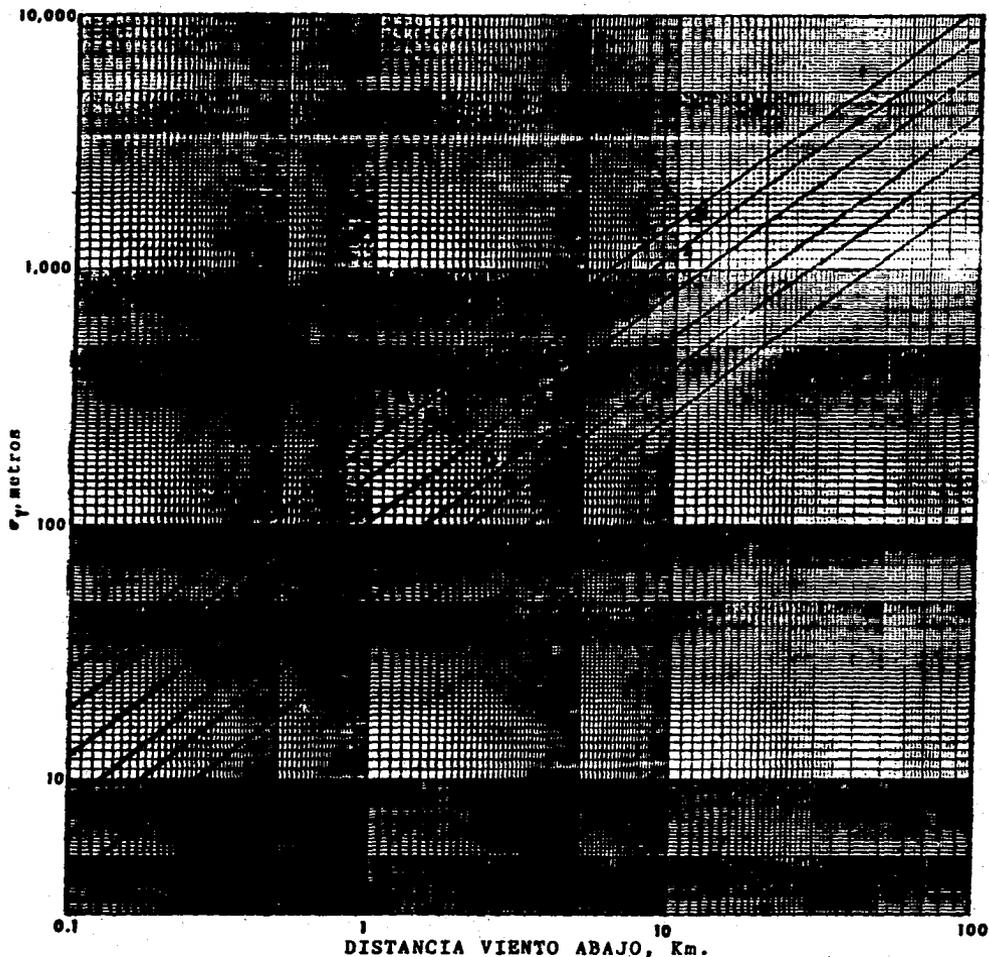


FIGURA No. IV-3 COEFICIENTE DE DISPERSION HORIZONTAL COMO FUNCION DE LA DISTANCIA VIENTO ABAJO DE LA FUENTE.

TABLA No. IV-1

ESTIMACION DE LA CATEGORIA DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA
(Categoría de Estabilidad Pasquill)^a

Velocidad de viento a 10m sobre la su- perficie m/seg	Dia			Noche		
	Insolación					
	Fuerte	Moderada	Ligera	≥ 4/8 nubes ^b	Ligeramente cubierto o bajas ^b	← 3/8 nubosidad
< 2	A	A-B	B			
2-3	A-B	B	C		E	F
3-5	B	B-C	C		D	E
5-6	C	C-D	D		D	D
> 6	C	D	D		D	D

a:

A: Extremadamente inestable

B: Moderadamente inestable

C: Ligeramente inestable

D: Neutral (cielo totalmente cubierto y pesado, de día o de noche)

E: Ligeramente estable

F: Moderadamente estable

b:

Fracción de cielo sobre el horizonte local cubierto por las nubes.

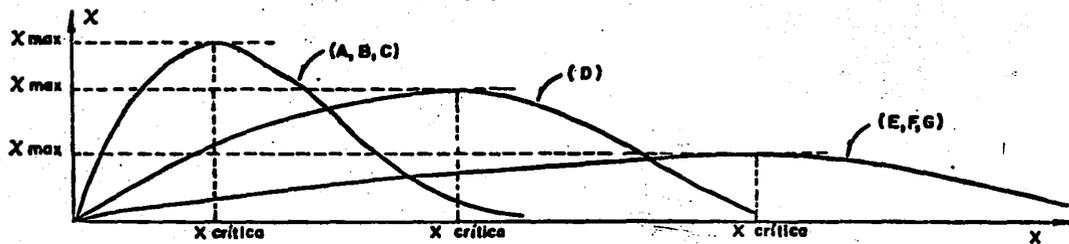
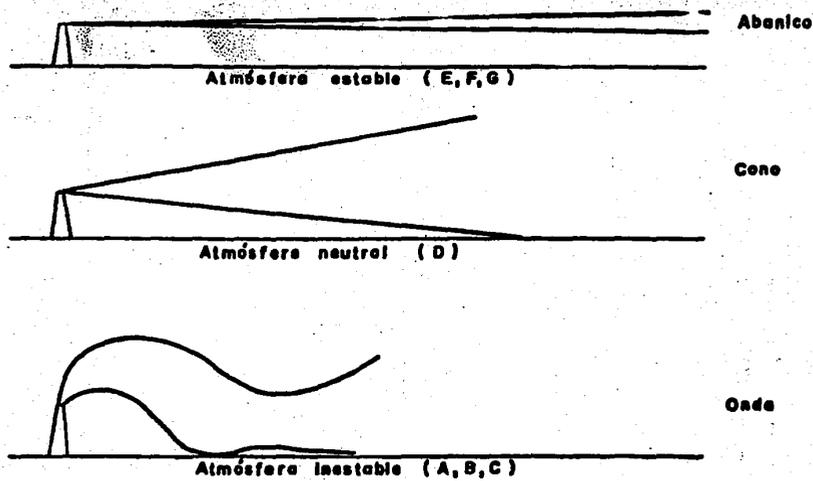


FIGURA No. IV-4 EFECTO DE LA ESTABILIDAD ATMOSFERICA.

2.- APLICACION DEL PROGRAMA DE COMPUTACION PAL (PUNTO, AREA, LINEA) A FUENTE AREA PARA ESTIMACION DE LA DISPERSION DE CONTAMINANTES.

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL ALGORITMO PARA FUENTE AREA.

El cálculo de concentraciones de fuentes área es simulado por un número finito de fuentes lineales de viento transversal.

Si las cuatro esquinas de la fuente área tienen distancias viento arriba positivas del receptor, una integración será ejecutada comenzando de la esquina de mínima distancia a la esquina de máxima distancia. Si algunas pero no todas las esquinas tienen una distancia viento arriba negativa, entonces la integración será llevada a cabo de una distancia viento arriba de cero a la distancia mas grande. Si las cuatro esquinas tienen distancias negativas del receptor, esto indica que toda la fuente área está viento abajo de la posición del receptor. Un número de fuentes lineales de viento transversal a varios intervalos entre la mínima y la máxima distancia son consideradas. Figura No. IV-5.

Las concentraciones para cada una de estas distancias son calculadas usando la forma de fuente lineal infinita de la ecuación Gaussiana. Esta concentración es corregida para la extensión finita de cada línea individual considerando la distancia en unidades de σ_y cada extremo desde la línea azimutal viento arriba a través del receptor. La fracción del área, bajo una curva Gaussiana entre estos límites determina la corrección.

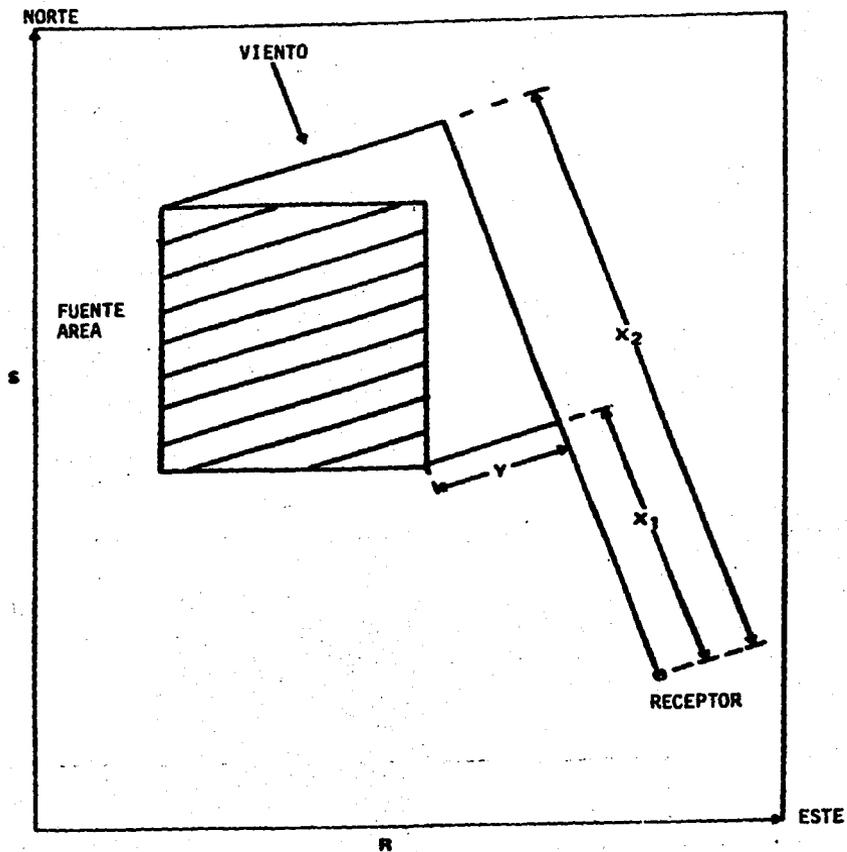


FIGURA No IV-5 DISTANCIAS MINIMA, x_1 , Y MAXIMA, x_2 , DE UN RECEPTOR A UNA FUENTE AREA Y FUENTES DE LINEA TRANSVERSALES.

Una integración es efectuada usando la contribución de concentración de un número de líneas y considerando la distancia entre estas. Esta integración es la primera estimación de la concentración de la fuente área.

Una segunda estimación es realizada usando la primera estimación con cálculos adicionales hechos para líneas que están a media distancia entre todas las líneas previamente calculadas. Esta segunda estimación es comparada con la primera y si la segunda cae dentro de un criterio establecido, la segunda estimación es tomada como la concentración final. Si la segunda estimación no está dentro del criterio, los cálculos adicionales son realizados cada vez que se seleccionan líneas adicionales que están a la mitad del camino entre líneas previamente establecidas.

La forma de las fuentes área pueden ser cuadrados o rectángulos. Los límites deben ser orientados de Norte a Sur y de Este a Oeste. No existen restricciones especiales --- acerca del tamaño de la fuente.

2.2.- PROGRAMA ORIGINAL

User's Guide for PAL. A. Gaussian-Plume Algorithm -
for Point, Area, and Line Sources. (21).

Descripción.

PAL es un algoritmo de dispersión atmosférica de ti
po pluma Gaussiana de varias fuentes para est
imar las con
centraciones de contaminantes. Las estimaciones de las -
concentraciones están basadas en datos meteorológicos hora
rios, y los promedios pueden ser calculados para tiempos -
desde una a veinticuatro horas.

Son incluidas seis tipos diferentes de fuentes: pun---
tual, áreas, dos tipos de fuentes lineales, y dos tipos de
fuentes de trayectoria curva. A cada tipo de fuente le co
rresponde una subrutina, lo que ofrece considerable flexi-
bilidad al usuario, pudiéndose utilizar desde una hasta --
las seis subrutinas.

El número máximo de cada tipo de fuente que pueda ser
incluida, es de treinta, al igual que el número de recepto
res específicos sobre los cuales se va a realizar la esti-
mación de la concentración.

Datos de Entrada para el Programa Completo:

- 1.- Título para identificación.
- 2.- Datos para especificar tipo de fuentes y características utilizadas.
- 3.- Datos para fuentes puntuales
- 4.- Datos para fuentes área.
- 5.- Datos para fuentes lineales horizontales.
- 6.- Datos para fuentes de trayectoria curva.
- 7.- Datos para fuentes lineales especiales.
- 8.- Datos para fuentes de trayectoria curva especial.
- 9.- Datos para los receptores.
- 10.- Datos meteorológicos.
- 11.- Finalización.

Datos de entrada para el Programa utilizando Únicamente Fuente Área:

- 1.- Título de identificación.
- 2.- Datos para especificar tipo de fuentes y características utilizadas.
- 4.- Datos para fuentes área.
- 9.- Datos para los receptores.
- 10.- Datos meteorológicos.
- 11.- Finalización.

Especificación de los Datos de Entrada utilizando únicamente Fuente Area.

1.- Título de identificación

TITULO ALFANUMERICO

2.- Datos para especificar tipo de fuentes y características.

PINA: Prueba para exactitud de integración en área.

PINL: Prueba para exactitud de integración en línea.

IQP: Control para fuentes puntuales. Si IQP=1, no hay - este tipo de fuentes. Si IQP=2, hasta 30 fuentes - de este tipo se pueden incluir.

IUZP: Incremento de la velocidad de viento con la altura - para fuentes puntuales. Si IUZP=1, no hay cambio - de la velocidad de viento con la altura.

Si IUZP=2, si lo hay.

IQA: Control para fuentes área. Usado igual que IQP.

IUZA: Incremento de la velocidad del viento con la altura para fuentes área. Usado igual que IUZP.

IQLH: Control para fuentes lineales. Usado igual que -- IQP.

IUZH: Incremento de la velocidad del viento con la altura para fuentes lineales. Usado igual que IUZP.

IQLC: Control para fuentes de trayectoria curva. Usado -- igual que IQP.

IUZC: Incremento de la velocidad del viento con la altura para fuentes de trayectoria curva. Usado igual que IUZP.

IQLS: Control para fuentes lineales especiales. Usado igual que IQP.

IUZS: Incremento de la velocidad del viento con la altura - para fuentes lineales especiales. Usado igual que IUZP.

IQAC: Control para fuentes de trayectoria especial. Usado - igual que IQP.

IUZE: Incremento de la velocidad del viento con la altura pa ra fuentes de trayectoria especial. Usado igual que IUZP.

IAVG: Control para promedio de concentraciones. Si IAVG=1, no son calculadas las concentraciones promedio, si --- IAVG=2, las concentraciones promedio son calculadas.

IDRNL: Control para factores de emisión. Si IDRNL=1, no hay variación horaria en las emisiones. Si IDRNL=2, varia ción horaria en las emisiones puede ser incluida.

UHGT: La altura aplicable a la medida de la velocidad del -- viento. En metros.

4.- Datos para fuentes área.

ICARD: Si ICARD=1, más fuentes área son esperadas. Si ICARD= 2 es la última fuente área.

QA: Intensidad de emisión de la fuente área. En $g/seg-m^2$.

HQ: Altura de la fuente área. En metros.

RQ: Coordenada este de la esquina SW. En kilómetros.

SQ: Coordenada norte de la esquina SW. En kilómetros.

DEST: Longitud del lado Este-Oeste. En kilómetros.

DNOR: Longitud del lado Norte-Sur. En kilómetros.

9.- Datos para los receptores.

ICARD: Si ICARD=1, más receptores son esperados. Si ICARD=2 es el último receptor.

RR: Coordenada Este del receptor. En Kilómetros.

SR: Coordenada Norte del receptor. En kilómetros.

ZR: Altura del receptor. En metros.

10.- Datos Meteorológicos.

ICARD: Si ICARD=1, mas datos meteorológicos son esperados.

Si ICARD=2, son los últimos datos meteorológicos.

WTHET: Dirección del viento. En grados.

WU: Velocidad del viento. En m/seg.

MKST: Clase de estabilidad. Adimensional.

WHL: Altura de mezclado. En metros.

WTA: Temperatura ambiente. En grados Kelvin.

11.-Finalización.

KTL: Si KTL=0, el programa ha terminado.

Si KTL=1, principia nuevo problema.

Si KTL=2, lee nuevos receptores y meteorología.

Si KTL=3, lee nueva meteorología.

2.3- PROGRAMA ADAPTADO

Descripción.

El programa incluye únicamente fuentes de área y al -- igual que al original se le pueden alimentar hasta 24 condi ciones meteorológicas. Las concentraciones para cada hora al igual que los promedios siguen siendo calculadas, pero únicamente las promedio son guardadas en un archivo.

Los receptores ya no son datos de entrada, sino que son generados en el programa. Se genera una malla de 60 x 10, - en donde se mantiene RR constante y SR se hace variar de -- 0.25 en 0.25 kilómetros 60 veces, lográndose un barrido de 15 kilómetros de Norte a Sur. Posteriormente se aumenta -- RR en 1 kilómetro, se mantiene constante, y se hace el reco rrido nuevamente en SR. Al terminar de generar la malla se logra un barrido de Este a Oeste de 10 kilómetros, estimán- dose las concentraciones en 600 receptores. En todos los - cálculos se mantiene $ZR=0$, por lo cual las concentraciones serán estimadas a nivel de piso.

Ya generado el archivo, con las correspondientes concen traciones para los distintos receptores, se guarda para ser leído posteriormente por un nuevo programa cuyo objetivo es graficar. (22).

Datos de Entrada

- 1.- Título de identificación.
- 2.- Datos para especificar tipo de fuentes y características -- utilizadas.
- 4.- Datos para fuentes área.
- 10.- Datos meteorológicos.
- 11.- Finalización.

Ejemplo:

Se determinarán las concentraciones promedio para un período de 24 horas en primavera, siendo el contaminante dióxido de azufre, emitido por Fertilizantes Mexicanos.

Para resolver el problema se requiere consultar las tablas que se explican a continuación.

Tabla IV-2: Datos de la Fuente Alimentados por Contaminante.

Se presentan valores para la intensidad de emisión, altura efectiva de emisión, coordenadas Este y Norte de la esquina SW y longitud de los lados Este-Oeste y Norte-Sur de la fuente.

Tabla IV-3 : Datos Meteorológicos Alimentados por Estación.

Se presentan valores para la dirección y velocidad del viento, estabilidad y altura de mezclado. Se utilizan periodos de 3 horas cada uno, por lo cual con 8 alimentaciones se consideran las 24 horas.

TABLA No. IV-2

DATOS DE LA FUENTE ALIMENTADOS POR CONTAMINANTE

ICARD, INTENSIDAD DE EMISION, ALTURA EFECTIVA, COORDENADA -
ESTE DE LA ESQUINA SW, COORDENADA NORTE DE LA ESQUINA SW, ME
DIDA DEL LADO ESTE-OESTE, MEDIDA DEL LADO NORTE-SUR.

F							
E							
R	AMONIACO	2,0.00247,50.,	21.625,	12.35,	0.25,	0.6	
T	BIOXIDO DE AZUFRE	2,0.00398,50.,	21.625,	12.35,	0.25,	0.6	
I	FLUORUROS	2,0.00005,50.,	21.625,	12.35,	0.25,	0.6	
M	PARTICULAS	2,0.00082,50.,	21.625,	12.35,	0.25,	0.6	
E							
X							

P							
E	HIDROCARBUROS	2,0.00625,40.,	21.625,	11.5,	0.25,	0.15	
M	(VENTEOS)						
E	OXIDOS DE NITROGENO	2,0.00018,40.,	21.625,	11.5,	0.25,	0.15	
X	MONOXIDO DE CARBONO	2,0.00005,40.,	21.625,	11.5,	0.25,	0.15	

T							
E							
M	PLOMO	2,12.45,40.,	21.75,	11.25,	0.001,	0.001	
S							
A							

La intensidad de emisión se obtiene al dividir la emisión en gramos de contaminante por segundo, entre el área de la fuente.

En el caso de Fertilizantes Mexicanos se consideró un área de 150,000 m², para Petróleos Mexicanos de 37,500 m². y para Tetraetilo de México de 1m².

Las emisiones de HC, SO₂ y partículas por consumo de gas natural en las instalaciones de PEMEX, no se consideraron en la determinación de las concentraciones en el modelo de dispersión debido a que son despreciables.

TABLA No. IV-3

DATOS METEOROLOGICOS ALIMENTADOS POR ESTACION
 ICARD, DIRECCION DEL VIENTO, VELOCIDAD DEL VIENTO, ESTABILIDAD, ALTURA DE MEZCLADO

PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
1,0.,2.2, 5,200.	1,0.,2.3,5,200.	1,0., 3.1,4,200.	1,0.,4.4,4,200.
1,180.,1.7,1,200.	1,180.,1.7,1,200.	1,180.,2.8,2,200.	1,180.,4.2,2,200.
1,180.,2.0,1,200.	1,0.,2.1,2,200.	1,0.,3.1,2,200.	1,315.,4.3,2,200.
1,0.,3.1,2,200.	1,0.,3.0,2,200.	1,0.,3.8,2,200.	1,315.,5.4,3,200.
1,0.,4.0,2,200.	1,0.,3.8,2,200.	1,0.,4.7,2,200.	1,0.,6.6,3,200.
1,0.,4.2,2,200.	1,0.,4.1,2,200.	1,0.,4.8,2,200.	1,0.,6.3,3,200.
1,0.,3.6,4,200.	1,0.,3.7,4,200.	1,0.,4.2,4,200.	1,0.,5.2,4,200.
2,0.,2.7,5,200.	2,0.,2.8,5,200.	2,0.,3.4,4,200.	2,0.,4.6,4,200.

Datos de Entrada para el Ejemplo:

FERTIMEX BIOXIDO DE AZUFRE PRIMAVERA

0.02,0.02,1,1,2,1,1,1,1,1,1,1,1,1,2,1,10.

2,0.00398,50.,21.625,12.35,0.25,0.6

1,0.,2.2,5,200.,0.

1,180.,1.7,1,200.,0.

1,180.,2.0,1,200.,0.

1,0.,3.1,2,200.,0.

1,0.,4.0,2,200.,0.

1,0.,4.2,2,200.,0.

1,0.,3.6,4,200.,0.

2,0.,2.7,5,200.,0.

2

2

2

2

2

2

2

2

2

0

Explicación del ejemplo.

1.- Título de identificación.

Se alimentan frases para identificar el problema.

2.- Datos para especificar tipo de fuentes y características utilizadas.

Las pruebas de exactitud empleadas, tanto para área como para línea son las que sugiere el autor.

La única fuente utilizada es área y se incluyen concentraciones promedio. La altura a la cual se mide la velocidad del viento es de 10 metros.

4.- Datos para fuentes área.

En la tabla No. IV-2 son dados los datos de entrada de la fuente por contaminante. Para el ejemplo se toman los valores correspondientes al bióxido de azufre.

Como no es esperada otra fuente área, entonces ICARD=2.

La intensidad de emisión surge de dividir la emisión en g/seg entre el área de la fuente.

Para el caso de emisiones gaseosas por parte de Fertilizantes Mexicanos se consideró una altura efectiva de 50 metros. Mientras que la longitud de los lados Este-Oeste y Norte-Sur es de 0.25 y 0.6 kilómetros respectivamente.

10.- Datos Meteorológicos.

En la tabla No. IV-3 se especifican los datos meteorológicos que se requieren alimentar por estación. Para el ejemplo se toman las 8 diferentes condiciones meteorológicas correspondientes a la Primavera. Cada condición meteorológica corresponde a un período de 3 horas, por lo cual se logra la estimación de concentraciones durante las 24 horas del día.

Para las 7 primeras condiciones meteorológicas ICARD=1, mientras que para la última, como es de suponerse, ICARD=2.

Estudios realizados anteriormente en la zona reportan valores para la altura de mezclado, obteniéndose un promedio de 200 metros aproximadamente. (23) Lamentablemente las determinaciones fueron por unos cuantos días.

Por falta de información meteorológica durante la noche, en el observatorio de Coatzacoalcos, Veracruz, se tuvo que determinar la velocidad del viento de 1-3 mediante un promedio de los períodos de 22-24 y de 4-6, además de considerar a la dirección del viento como Norte.

Para el caso de fuente área no es necesaria la temperatura, no obstante debe ser alimentada. En el ejemplo se alimentó como cero, pero pueden asignarse otros valores, ya que no es considerada para fines de cálculo.

11.- Finalización.

Al ser alimentada la última condición meteorológica, inmediatamente son estimadas las concentraciones promedio para los primeros 60 receptores, y es entonces esperado un valor para KTL.

Haciendo $KTL = 2$ son generados otros 60 receptores. Alimentando nueve veces $KTL = 2$ se logra estimar la concentración del contaminante, en cada uno de los 600 receptores, para la estación correspondiente a la condición meteorológica alimentada inicialmente. Para terminar se alimenta $KTL = 0$.

V- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

1.- RESULTADOS

Las concentraciones de contaminantes fueron estimadas en base a la información proporcionada para PEMEX, FERTIMEX y TEMSA, ya que Cloro Tehuantepec e IQUISA se informó que controlan sus emisiones a la atmósfera prácticamente en un 100%.

Para PEMEX no se consideró la contribución de los quemadores de campo, debido a que no se tiene información que permita evaluar sus emisiones.

Las concentraciones de contaminantes calculadas por la industria y durante 24 horas para cada estación del año a diferentes distancias de la fuente se representaron gráficamente asignando a cada area receptora ya sea una letra o un espacio en blanco, dependiendo del intervalo de concentración en que se encuentre. Posteriormente las gráficas se colocan sobre el mapa de la zona, que considera 12 kilómetros al Sur y 3 al Norte del Centro del Complejo, así como 10 kilómetros de Este a Oeste. Figura No. V-1 a V-12.

Los valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para los intervalos de concentración correspondientes a cada una de las letras que aparecen en las figuras antes mencionadas se indican de la tabla No. V-1 a la V-9. Estos valores por consumo de gas natural son despreciables para bióxido de azufre, hidrocarburos y partículas por lo cual no se reportaron.

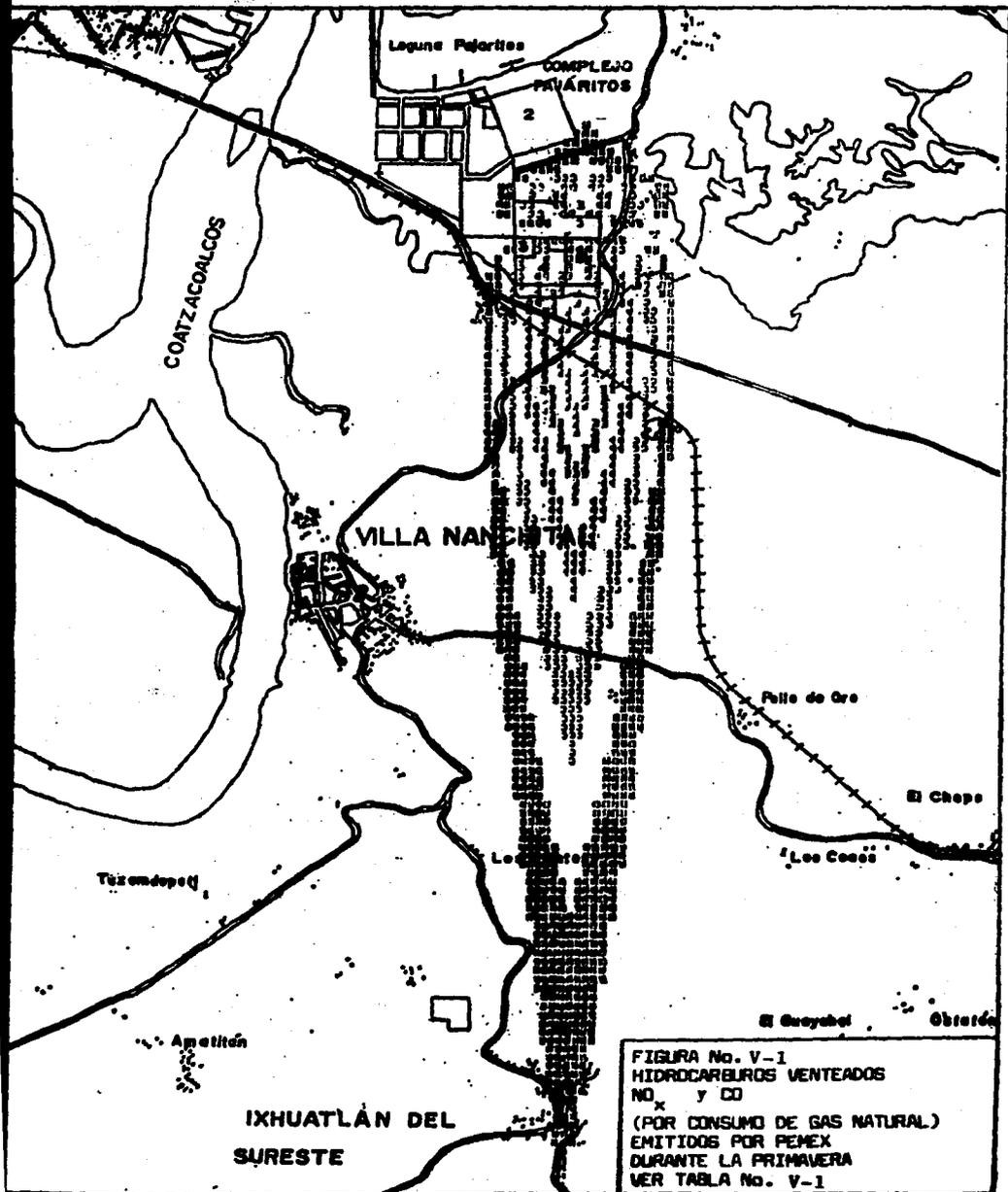


TABLA No. V-1

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR PEMEX
DURANTE LA PRIMAVERA. VER FIGURA No. V-1

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
HIDROCARBUROS	B	237.9	356.8
	C	475.7	594.7
	D	713.6	832.5
	E	951.4	1,070
	F	1,198	1,308
OXIDOS DE NITROGENO	B	6.9	10.4
	C	13.8	17.3
	D	20.7	24.2
	E	27.7	31.1
	F	34.6	38.0
MONOXIDO DE CARBONO	B	1.73	2.60
	C	3.45	4.33
	D	5.18	6.05
	E	6.93	7.78
	F	8.65	9.50

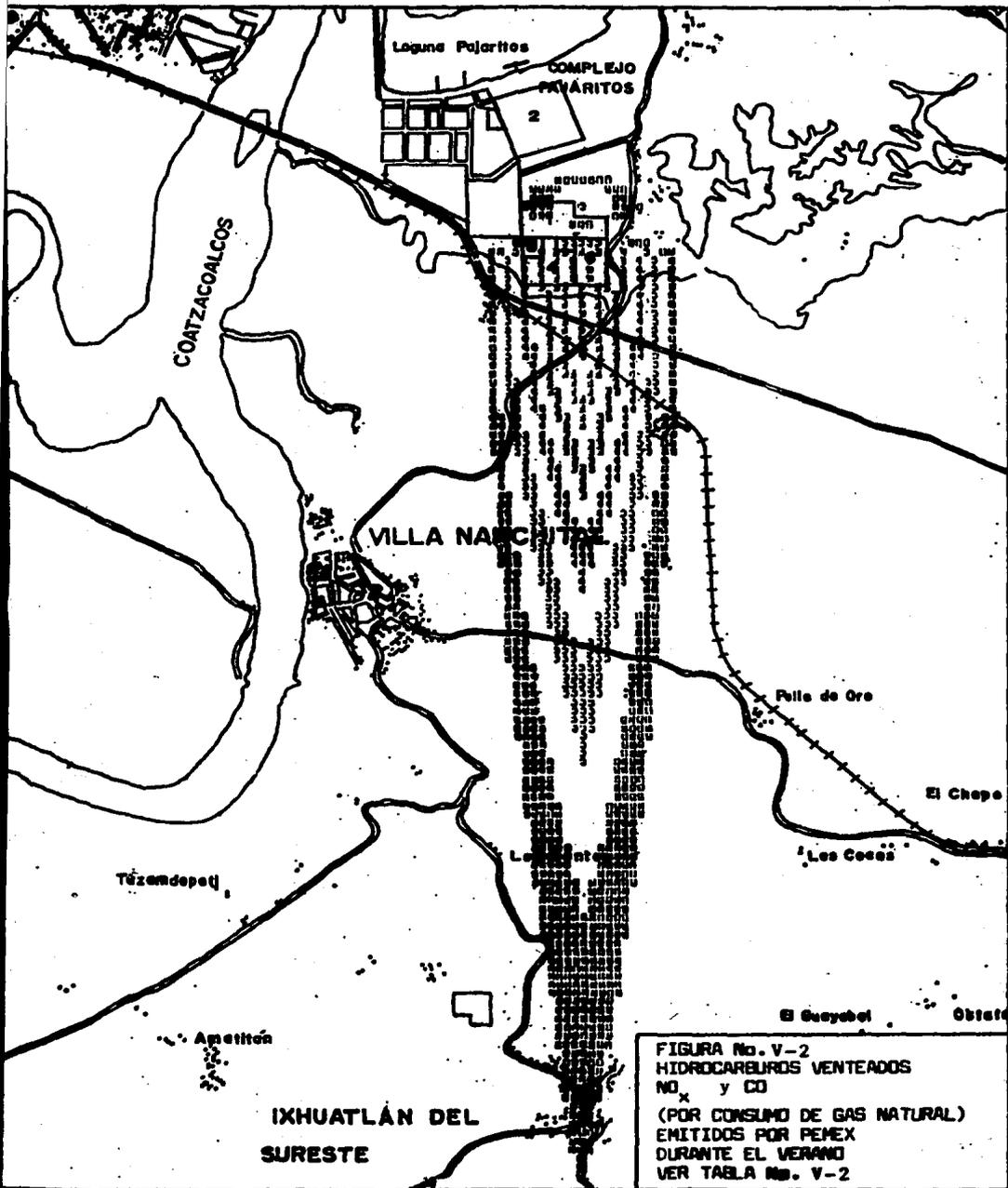


FIGURA No. V-2
 HIDROCARBUROS VENDEADOS
 NO. x y CO
 (POR CONSUMO DE GAS NATURAL)
 EMITIDOS POR PEMEX
 DURANTE EL VERANO
 VER TABLA No. V-2

TABLA No. V-2
 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMITIDOS POR
 PEMEX DURANTE EL VERANO. VER FIGURA No. V-2

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
HIDROCARBUROS (VENTEOS)	B	251.4	377.1
	C	502.8	628.5
	D	754.3	880.0
	E	1,006	1,131
	F	1,257	1,383
	G	1,508	1,634
OXIDOS DE NITROGENO	B	7.31	11.0
	C	14.6	18.3
	D	21.9	25.6
	E	29.3	32.9
	F	36.6	40.2
	G	43.8	47.5
MONOXIDO DE CARBONO	B	1.83	2.75
	C	3.65	4.58
	D	5.48	6.40
	E	7.33	8.23
	F	9.15	10.05
	G	10.95	11.88

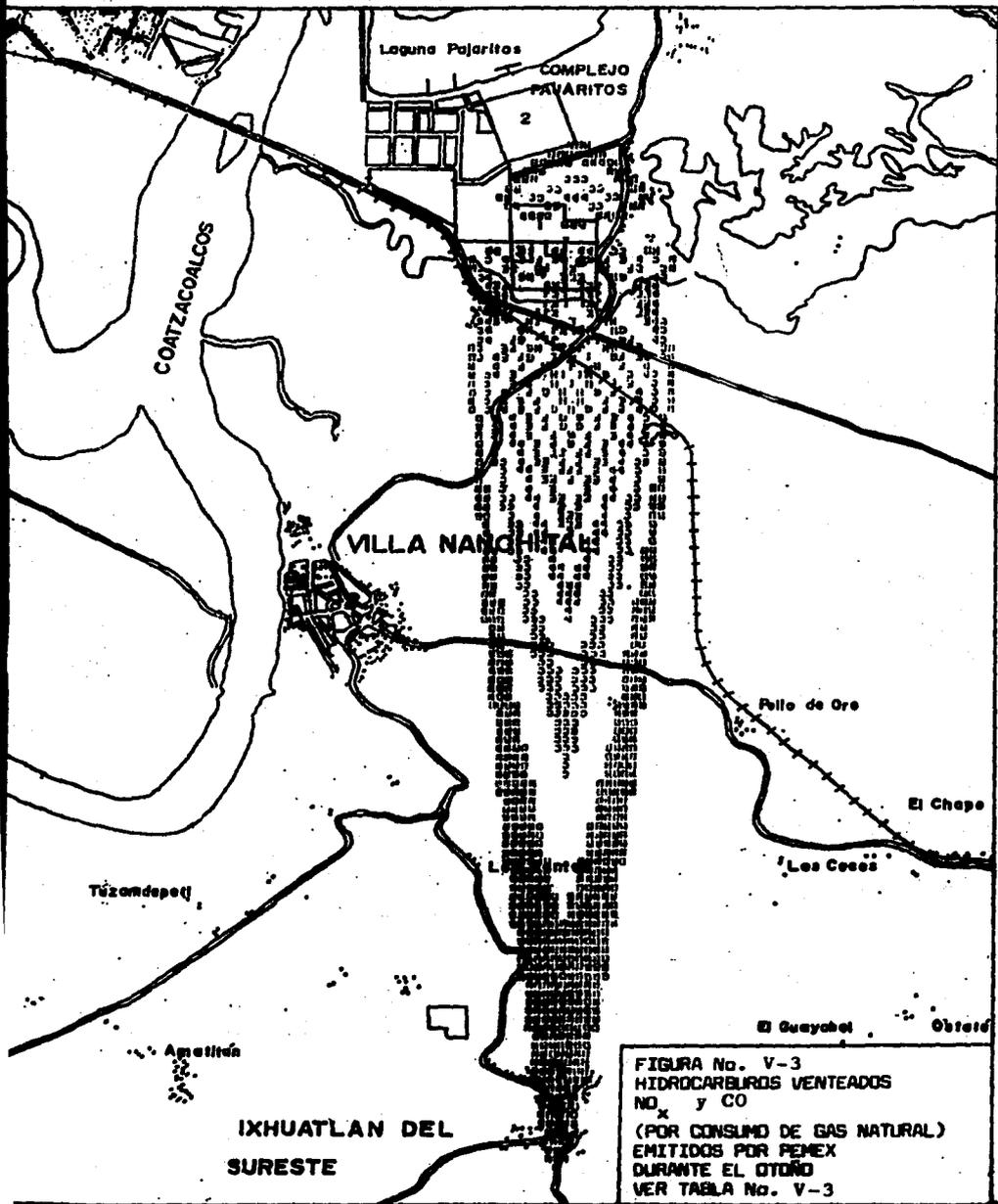


FIGURA No. V-3
 HIDROCARBUROS VENDEADOS
 NO. x
 (POR CONSUMO DE GAS NATURAL)
 EMITIDOS POR PEMEX
 DURANTE EL OTONO
 VER TABLA No. V-3

VER TABLA No. V-3

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR PEMEX DURANTE EL OTONO. VER FIGURA No. V-3

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
HIDROCARBUROS (VENTEOS)	B	134.5	201.8
	C	269.0	336.3
	D	403.5	470.8
	E	538.0	605.3
	F	672.5	739.8
	G	807.0	874.3
	H	941.5	1,009
	I	1,076	1,143
	J	1,211	1,278
	K	1,345	1,412
	L	1,480	1,547
	OXIDOS DE NITROGENO	B	3.9
C		7.8	9.8
D		11.7	13.7
E		15.6	17.6
F		19.6	21.5
G		23.5	25.4
H		27.4	29.4
I		31.3	33.2
J		35.2	37.2
K		39.1	41.1
L		43.0	45.0
MONOXIDO DE CARBONO		B	0.98
	C	1.95	2.45
	D	2.93	3.43
	E	3.90	4.40
	F	4.90	5.38
	G	5.88	6.35
	H	6.85	7.35
	I	7.83	8.30
	J	8.80	9.30
	K	9.78	10.28
	L	10.75	11.25

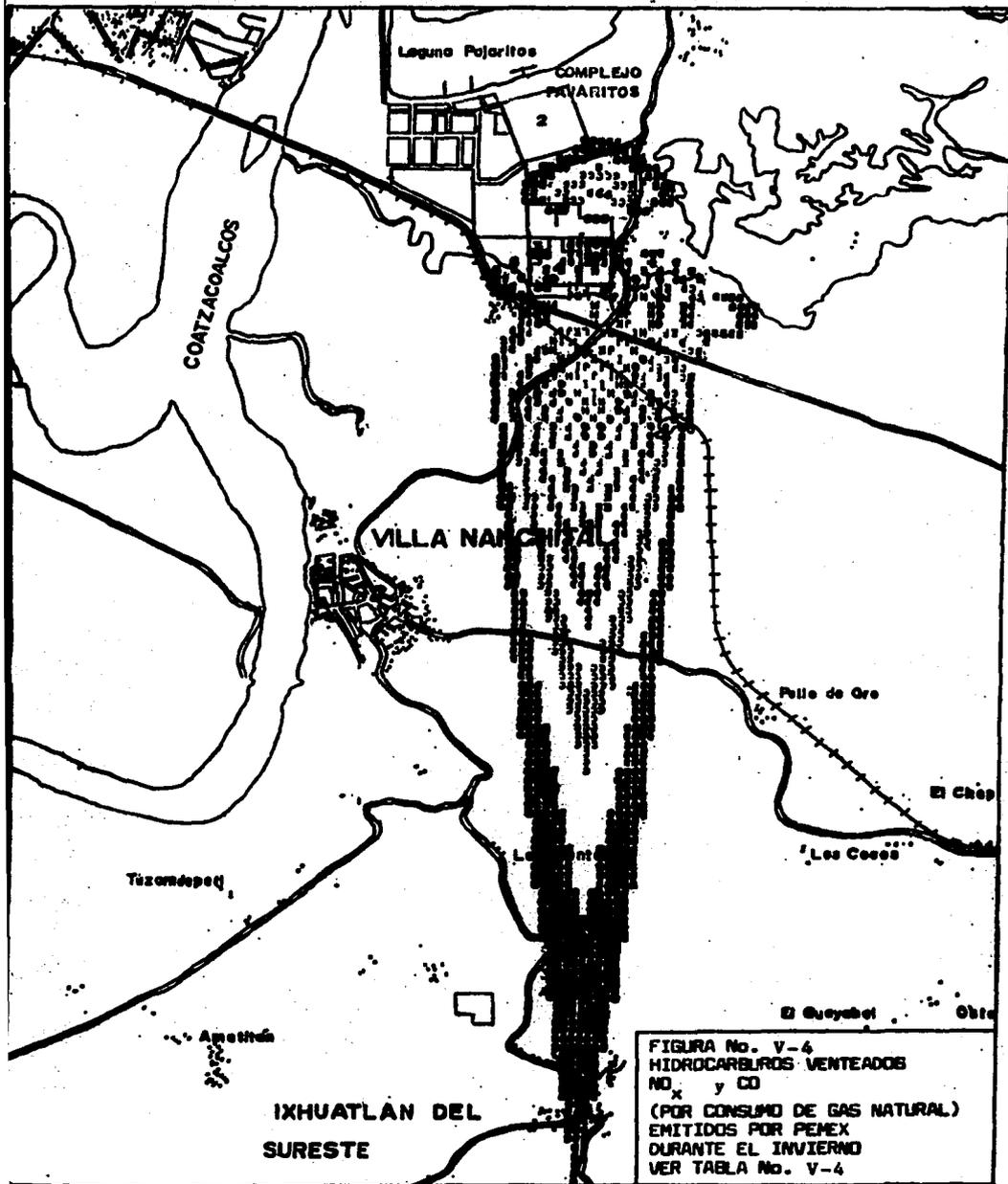


TABLA No. V-4

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR PEMEX DURANTE EL INVIERNO. VER FIGURA No. V-4

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
HIDROCARBUROS (VENTEOS)	B	86.5	129.8
	C	173.0	216.2
	D	259.4	302.6
	E	346.0	389.2
	F	432.4	475.6
	G	518.8	562.2
	H	605.4	648.6
	I	691.8	735.0
	J	778.3	821.6
	K	864.8	908.0
	L	951.2	994.9
	M	1,037	1,081
	OXIDOS DE NITROGENO	B	2.5
C		5.0	6.3
D		7.5	8.8
E		10.1	11.3
F		12.6	13.8
G		15.1	16.3
H		17.6	18.9
I		20.1	21.4
J		22.6	23.9
K		25.1	26.4
L		27.7	28.9
M		30.2	31.4
MONOXIDO DE CARBONO		B	0.63
	C	1.25	1.56
	D	1.88	2.20
	E	2.53	2.83
	F	3.15	3.45
	G	3.78	4.08
	H	4.40	4.73
	I	5.03	5.35
	J	5.65	5.98
	K	6.28	6.60
	L	6.93	7.23
	M	7.55	7.85

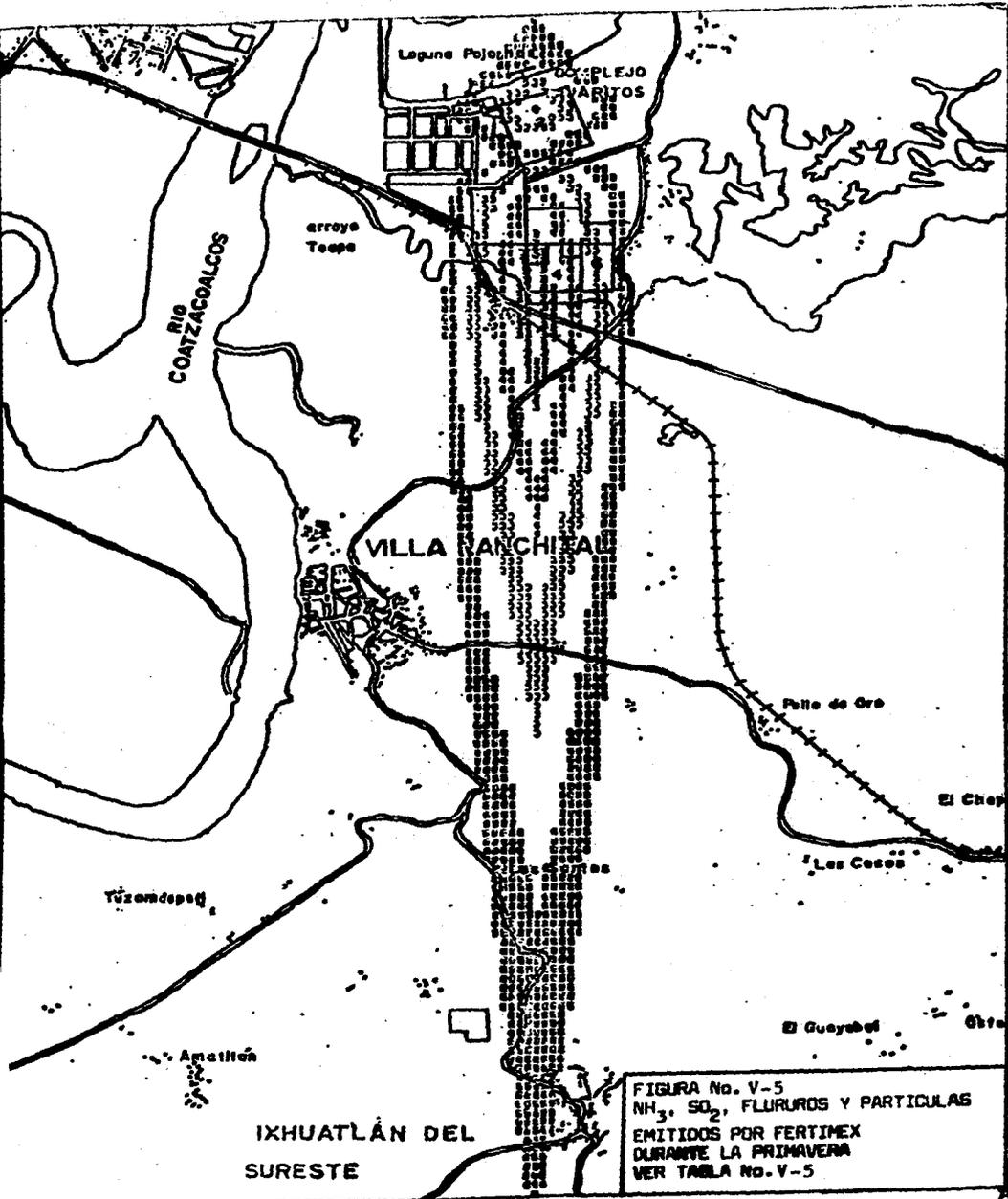


TABLA No. V-5

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR --
 FERTIMEX. DURANTE LA PRIMAVERA. VER FIGURA No. V-5

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
AMONIACO	B	327.0	490.4
	C	653.7	817.3
	D	980.9	1,144
	E	1,308	1,472
BIOXIDO DE AZUFRE	B	525.7	788.5
	C	1,051	1,314
	D	1,577	1,840
	E	2,103	2,366
PARTICULAS	B	108.3	162.4
	C	216.3	270.7
	D	324.9	379.0
	E	433.2	487.4
FLUORUROS	B	6.1	9.2
	C	12.2	15.3
	D	18.3	21.4
	E	24.5	27.5

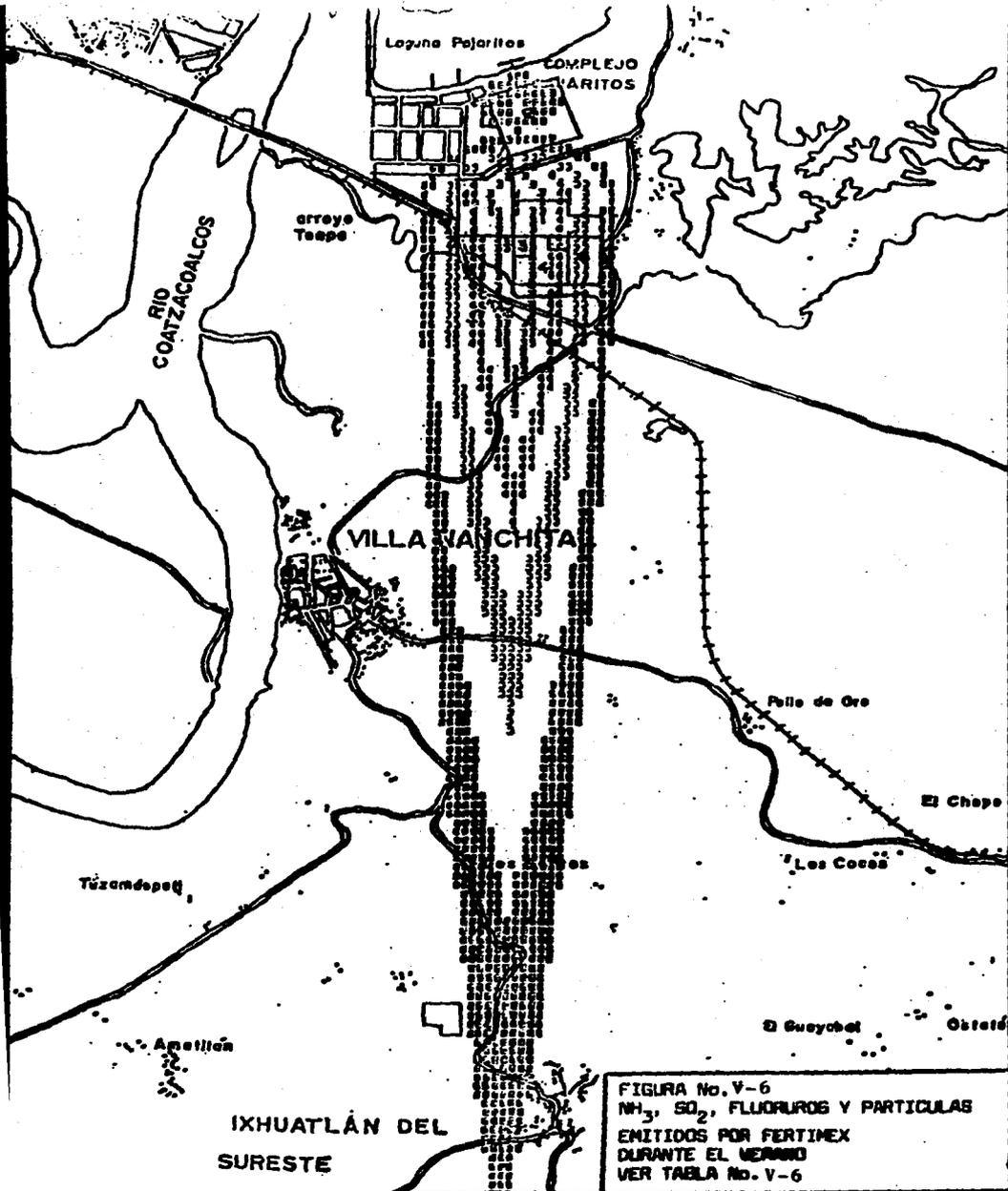


FIGURA No. V-6
 NH₃, SO₂, FLUORUROS Y PARTICULAS
 EMITIDOS POR FERTIMEX
 DURANTE EL VERANO
 VER TABLA No. V-6

TABLA No. V-6

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR ---
 FERTIMEX, DURANTE EL VERANO. VER FIGURA No. V-6

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
AMONIACO	B	343.0	514.7
	C	686.1	857.7
	D	1,029	1,201
	E	1,373	1,544
	F	1,715	1,887
BIOXIDO DE AZUFRE	B	551.6	827.5
	C	1,103	1,379
	D	1,655	1,931
	E	2,207	2,482
	F	2,758	3,034
PARTICULAS	B	113.6	170.5
	C	227.2	284.1
	D	340.9	397.8
	E	454.6	511.3
	F	568.1	625.0
FLUORUROS	B	6.4	9.6
	C	12.8	16.0
	D	19.3	22.5
	E	25.7	28.9
	F	32.1	35.3

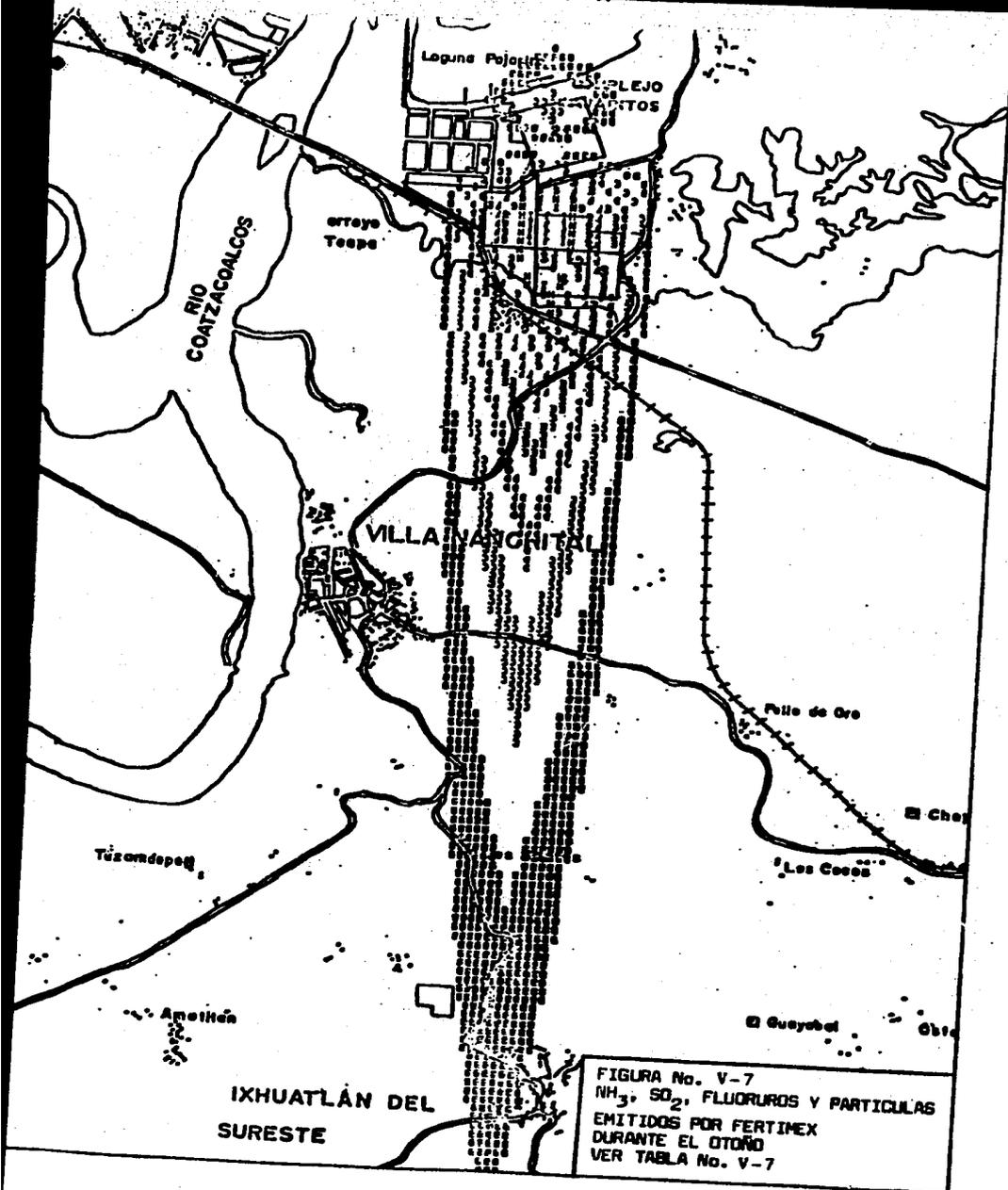


FIGURA No. V-7
 NH_3 , SO_2 , FLUORUROS Y PARTICULAS
 EMITIDOS POR FERTIMEX
 DURANTE EL OTOÑO
 VER TABLA No. V-7

IXHUATLÁN DEL
 SURESTE

TABLA No. V-7

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR FERTIMEX.
DURANTE EL OTOÑO. VER FIGURA No. V-7

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
AMONIACO	B	188.3	282.6
	C	376.7	470.9
	D	565.1	659.3
	E	753.2	847.8
	F	941.7	1,036
	G	1,130	1,224
	H	1,319	1,413
	I	1,507	1,601
	J	1,696	1,789
	BIOXIDO DE AZUFRE	B	302.8
C		605.7	757.1
D		908.5	1,060
E		1,211	1,363
F		1,514	1,666
G		1,817	1,968
H		2,120	2,271
I		2,423	2,574
J		2,726	2,877
PARTICULAS		B	62.4
	C	124.8	156.0
	D	187.2	218.4
	E	249.5	280.8
	F	311.9	343.2
	G	374.3	405.4
	H	436.7	467.8
	I	499.1	530.2
	J	561.6	592.7
	FLUORUROS	B	3.5
C		7.1	8.8
D		10.6	12.3
E		14.1	15.9
F		17.6	19.4
G		21.1	22.9
H		24.7	26.4
I		28.2	29.9
J		31.7	33.5

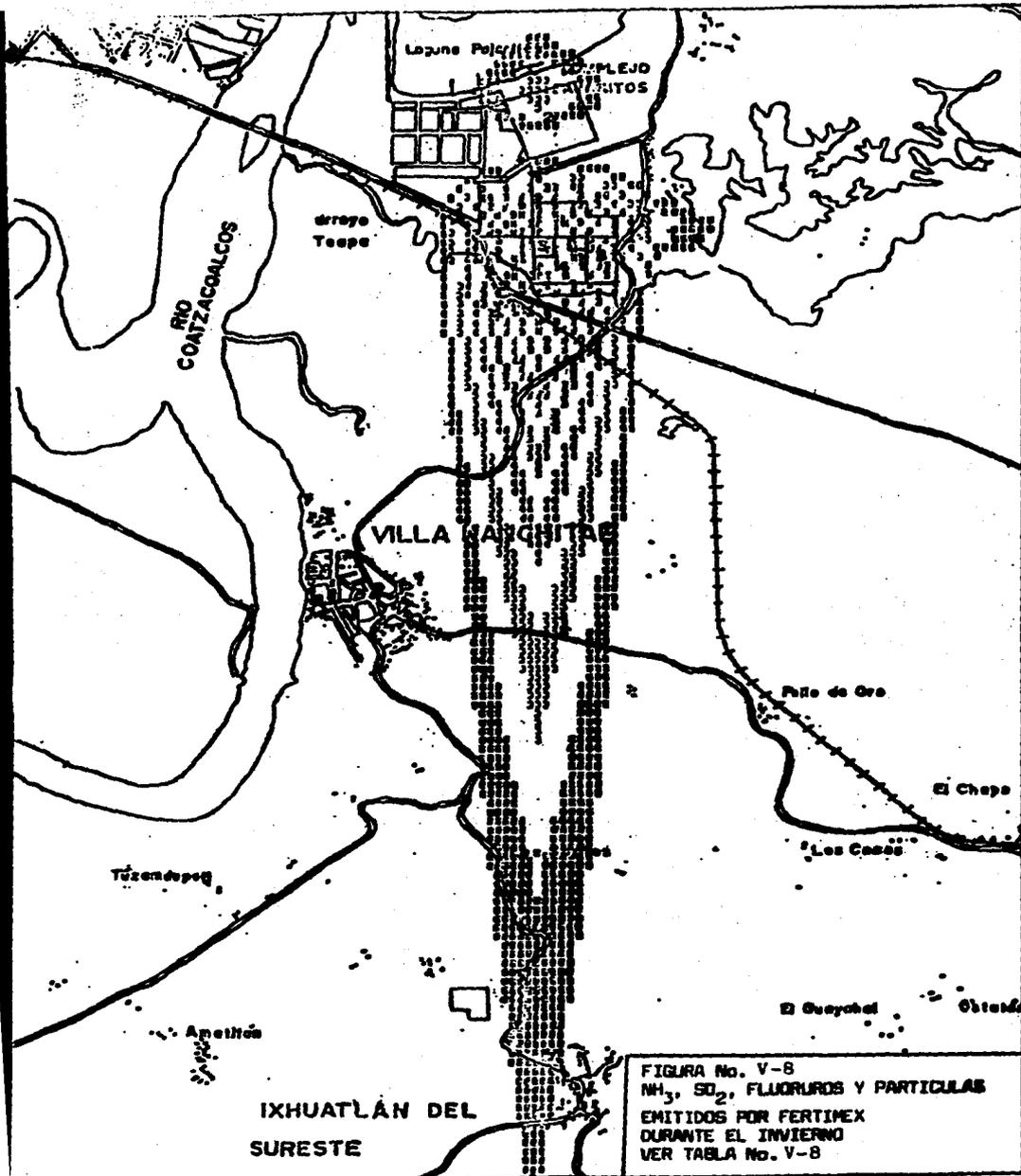


FIGURA No. V-8
 NH_3 , SO_2 , FLUORUROS Y PARTICULAS
 EMITIDOS POR FERTIMEX
 DURANTE EL INVIERNO
 VER TABLA No. V-8

TABLA No. V-8

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR FERTI--
MEX. DURANTE EL INVIERNO. VER FIGURA No. V-8

CONTAMINANTE	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
AMONIACO	B	124.0	185.9
	C	247.9	309.9
	D	371.8	433.8
	E	495.8	557.8
	F	619.8	681.7
	G	743.9	805.5
	H	867.7	929.9
	I	991.5	1,054
	J	1,116	1,177
	BIOXIDO DE AZUFRE	B	199.3
C		398.6	498.2
D		597.8	697.5
E		797.1	896.8
F		996.4	1,096
G		1,196	1,295
H		1,395	1,495
I		1,594	1,694
J		1,794	1,893
PARTICULAS		B	41.1
	C	82.1	102.6
	D	123.1	143.7
	E	164.2	184.7
	F	205.3	225.8
	G	246.4	266.8
	H	287.4	308.0
	I	328.4	348.0
	J	369.6	389.0
	FLUORUROS	B	2.3
C		4.6	6.0
D		6.9	8.1
E		9.3	10.4
F		11.6	12.7
G		13.9	15.1
H		16.2	17.4
I		18.5	19.7
J		20.9	22.0

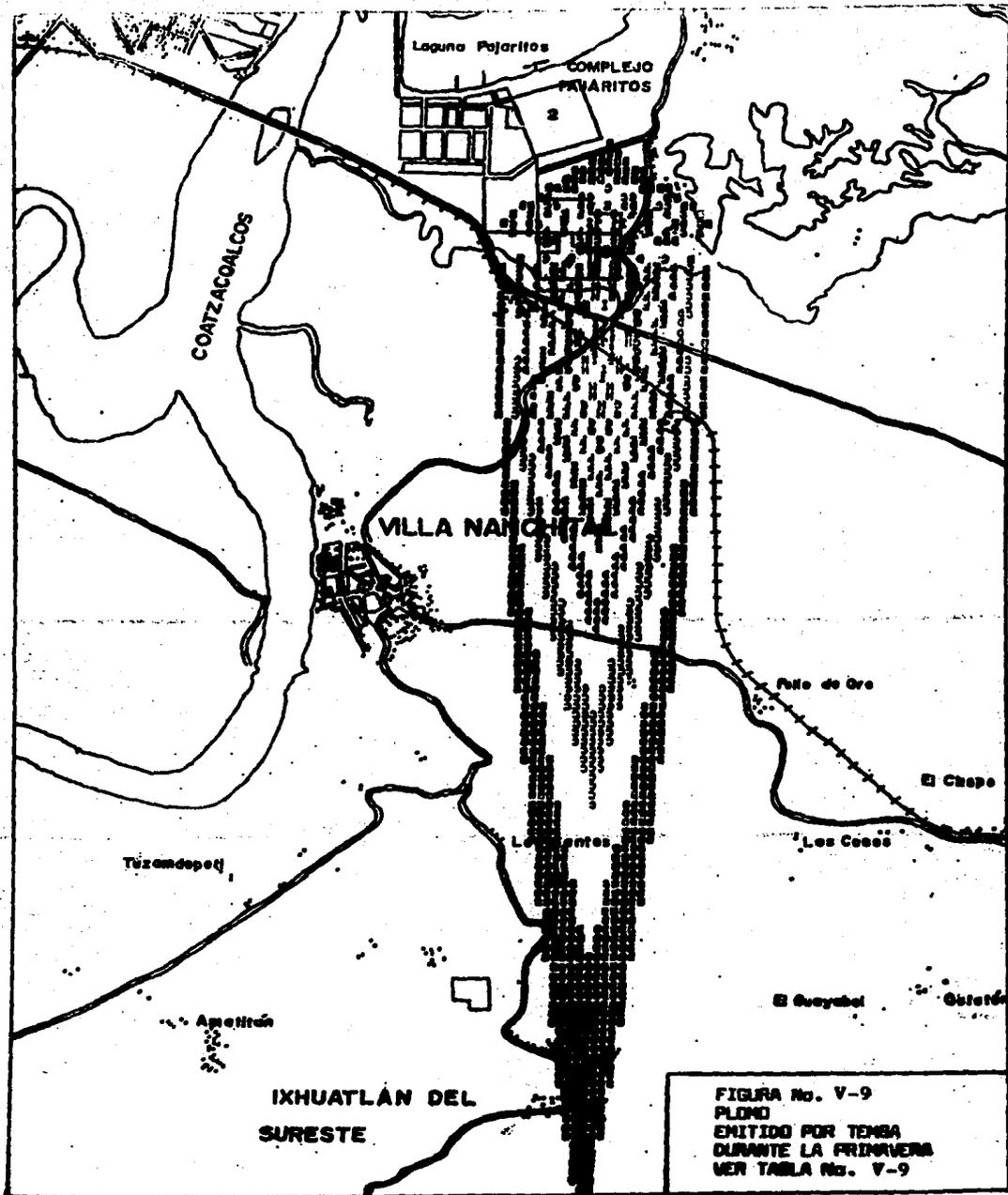


FIGURA No. V-9
 PLUMB
 ENTENDIDO POR TENSA
 DURANTE LA PRIMAVERA
 VER TABLA No. V-9

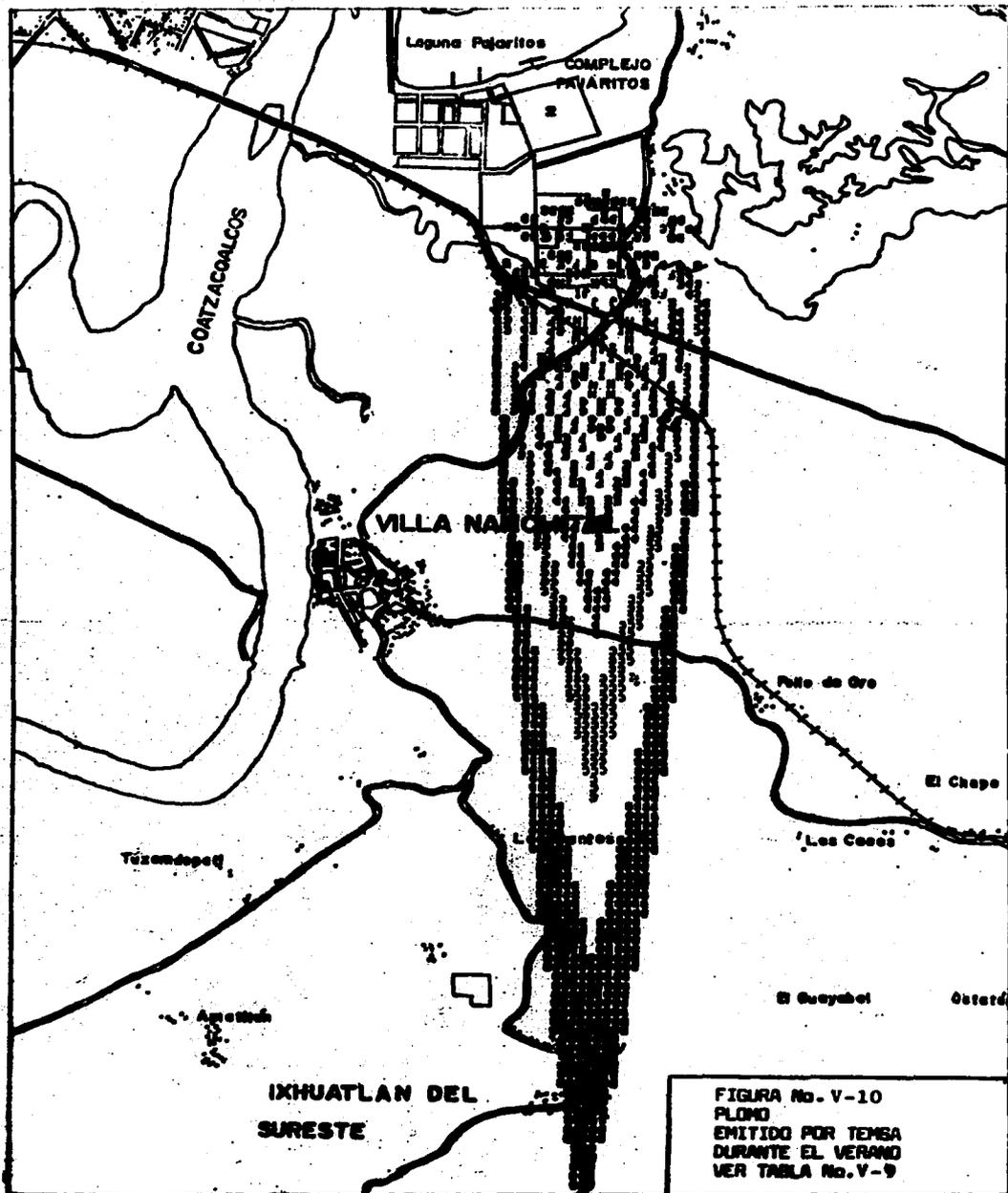


FIGURA No. V-10
 PLOMO
 EMITIDO POR TENSA
 DURANTE EL VERANO
 VER TABLA No. V-9

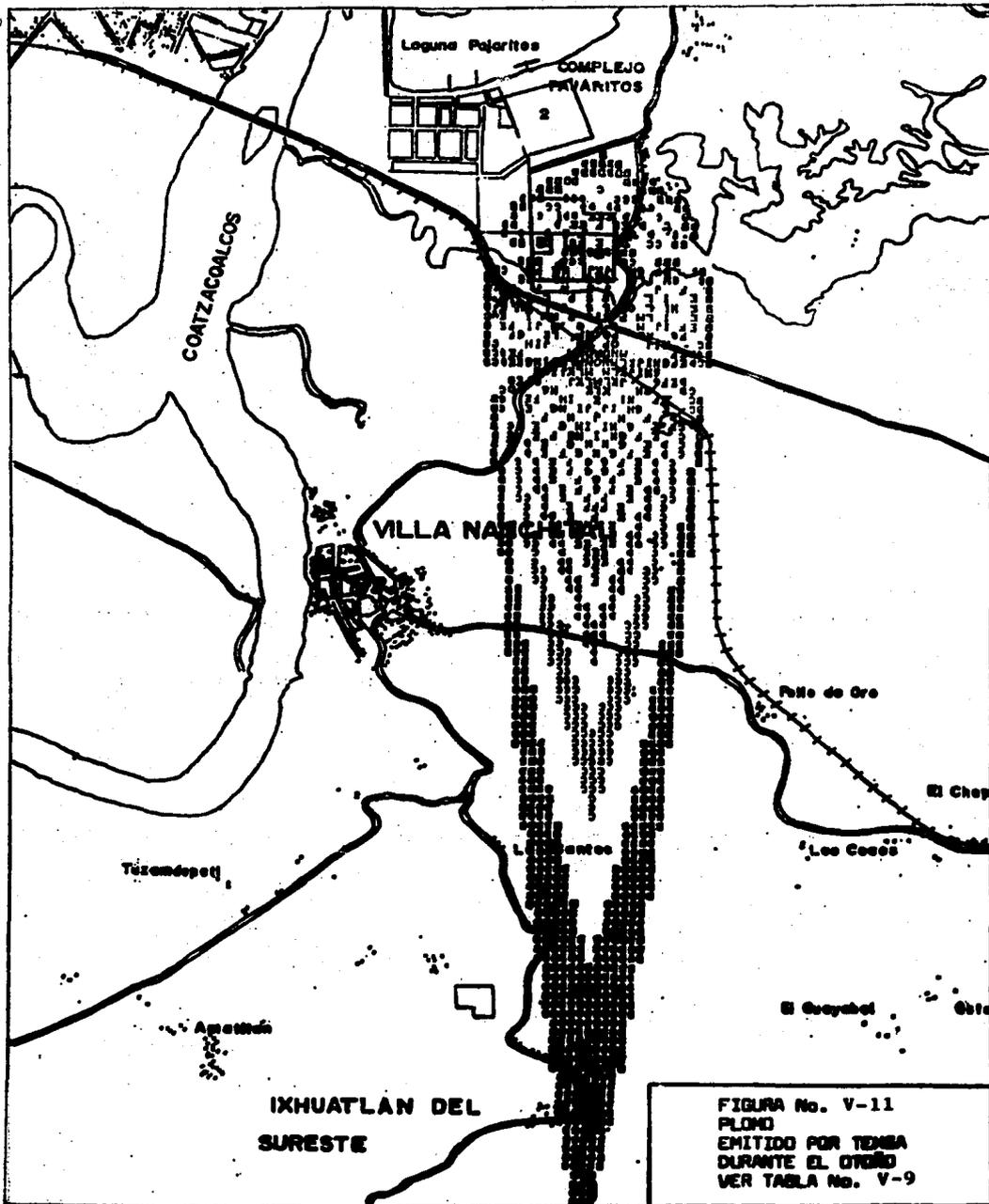


FIGURA No. V-11
 PLOMO
 EMITIDO POR TENEA
 DURANTE EL OTONO
 DURANTE EL OTONO
 VER TABLA No. V-9

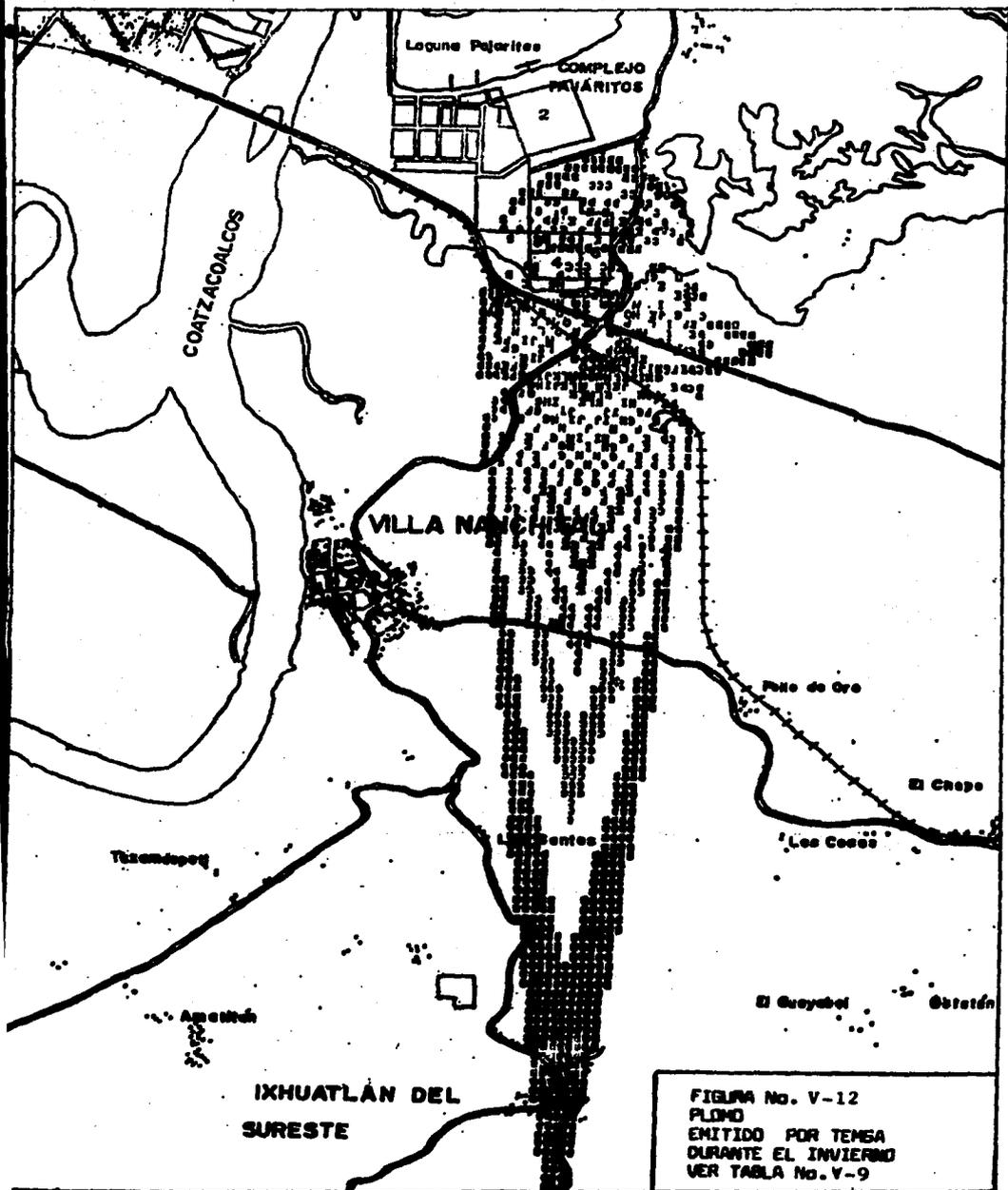


TABLA No. V-9

INTERVALOS DE CONCENTRACION DE PLOMO EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EMITIDOS POR TEMSA DURANTE
LAS CUATRO ESTACIONES. VER FIGURA No. V-9 a V-12

ESTACION	SIMBOLO	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
PRIMAVERA	B	12.9	19.3
	C	25.7	32.1
	D	36.6	45.0
	E	51.4	57.8
	F	64.2	70.7
	G	77.1	83.5
	H	89.9	96.4
	I	102.8	109.2
	J	115.6	122.1
	VERANO	B	13.8
C		27.7	34.6
D		41.5	48.4
E		55.3	62.3
F		69.2	76.1
G		83.0	89.9
H		96.8	103.8
I		110.7	117.6
J		124.5	131.4
K		138.3	145.3
OTOÑO	L	152.2	159.1
	B	7.3	10.9
	C	14.5	18.2
	D	21.8	28.4
	E	29.0	32.7
	F	36.3	39.9
	G	43.6	47.2
	H	50.8	54.5
	I	58.1	61.7
	J	65.3	69.0
INVERNO	K	72.6	76.2
	L	79.9	83.5
	M	87.1	90.6
	N	94.4	98.0
	O	101.6	105.3
	P	108.9	112.5
	Q	116.2	119.8
	R	123.4	127.1
	S	130.7	134.3
	T	137.9	141.6
INVERNO	B	4.6	6.9
	C	9.3	11.6
	D	13.9	16.2
	E	18.5	20.8
	F	23.1	25.4
	G	27.8	30.1
	H	32.4	34.7
	I	37.0	39.3
	J	41.6	43.9
	K	46.3	48.6
INVERNO	L	50.9	53.2
	M	55.5	57.8
	N	60.1	62.5
	O	64.8	67.1
	P	69.4	71.7
	Q	74.0	76.3
	R	78.6	81.0
	S	83.3	85.6
	T	87.9	90.2

2.- ANALISIS DE RESULTADOS

Las concentraciones mínimas estimadas corresponden a la letra "B". Las zonas que no aparecen marcadas por el modelo de dispersión en las figuras de los resultados, tendrán concentraciones aún menores.

Las distancias críticas de las fuentes a los receptores encontradas siguen el mismo patrón sin importar la industria. Teniéndose el valor mas alto durante la primavera, siguiéndole el invierno, el otoño y el verano. Tabla No. V-10.

TABLA No. V-10 DISTANCIAS CRITICAS POR INDUSTRIAS Y ESTACIONES

INDUSTRIA	DISTANCIAS (kilómetros)			
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
PENEX	1.45	0.52	0.74	0.97
FERTIMEX	1.81	0.74	1.03	1.23
TEMSA	1.12	0.25	0.68	0.71

La concentración máxima estimada se presenta en el verano, siguiéndole el otoño, la primavera y el invierno. En cuanto a la concentración mínima el valor más alto se presenta en el verano, disminuyendo en la primavera, posteriormente el otoño y por último el invierno. Tabla No. V-11. Las normas de calidad del aire consideradas corresponden al periodo de tiempo que se indica entre paréntesis, y aunque no corresponden precisamente al periodo de tiempo en el que se estimaron las concentraciones (24 horas durante cada estación del año), nos permiten establecer el nivel de contaminación en el área de estudio.

TABLA No. V-11 CONCENTRACIONES MAXIMA Y MINIMA ESTIMADAS POR CONTAMINANTE PARA CADA ESTACION DEL AÑO

CONTAMINANTE	CONCENTRACION ESTIMADA $\mu\text{g}/\text{m}^3/24 \text{ hr.}$								NORMA DE CALIDAD DEL AIRE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	MAXIMA				MINIMA				MEXICO	U.S.A.
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO		
HC	1,308	1,634	1,547	1,081	237.9	251.4	134.5	86.5		100 (3 horas)
NO _x	38.0	47.5	45.0	31.4	6.9	7.3	3.9	2.5	395 (1 hora)	100 (anual)
CO	9.5	11.9	11.2	7.8	1.7	1.8	0.98	0.63	14,872 (8 horas)	10,000 (8 horas)
NH ₃	1,472	1,087	1,789	1,177	327.0	343.0	188.3	124.0		
SO ₂	2,366	3,034	2,877	1,893	525.7	551.6	302.8	199.3	340 (24 horas)	365 (24 horas)
Particulas	487.4	625.0	592.7	389.0	108.3	113.6	62.4	41.1	275 (24 horas)	260 (24 horas)
Fluoruros	27.5	35.3	33.5	22.0	6.1	6.4	3.5	2.3		
Pbmo.	122.1	159.1	141.6	90.2	12.9	13.8	7.3	4.6		1.5 (3 meses)

3.- CONCLUSIONES.

- Aunque no fue posible evaluar las emisiones de los quemadores de campo, es fácil percibirse con la simple observación visual de la gran cantidad de partículas que se generan, rebasando el No. 2 de la Carta Ringelmann, establecido como límite en el "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos". Debido a esto es necesario que PEMEX utilice a la brevedad posible quemadores sin humo, los cuales ya se encuentran en etapa de construcción.
- Las concentraciones estimadas de hidrocarburos en el área, generados en su mayoría por venteos en las instalaciones de PEMEX, son altas comparadas con la norma de calidad del aire de la USEPA ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En tanto que las concentraciones estimadas de los contaminantes, producto de la combustión de gas natural, no son apreciables.
- Las concentraciones máximas estimadas (Hidrocarburos y partículas) originadas por las emisiones de PEMEX se presentan entre 0.52 y 1.45 kilómetros aproximadamente al Sur de sus instalaciones, teniendo como principales receptores: la carretera, la vía del tren y las instalaciones del Grupo CYDSA y TEMSA.
- Las emisiones de partículas y dióxido de azufre de las plantas de FERTIMEX producen concentraciones en el área por arriba de las normas de calidad del aire establecidas (México: ---

275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para partículas y 340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para SO_2 , USA: 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para partículas y 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para SO_2).

- En el caso del amoniaco no se tiene norma de calidad del aire para comparar con las concentraciones estimadas, no obstante es un hecho la contaminación por este contaminente, que en algunas ocasiones ha originado problemas de seguridad industrial en las instalaciones viento abajo de FERTIMEX.
- Las concentraciones máximas estimadas (Partículas, amoniaco y bióxido de azufre), originadas por las emisiones de FERTIMEX se presentan entre 0.74 y 1.81 kilómetros aproximadamente al Sur de sus instalaciones, teniendo como principales receptores: las instalaciones de PEMEX, Cloro Tehuantepec y Grupo CYDSA.
- Las concentraciones estimadas de plomo en el área causadas por las emisiones de TEMSA, principalmente partículas de óxido de plomo, se encuentran muy por arriba de la norma de calidad del aire considerada (USEPA: 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Las concentraciones máximas estimadas (Plomo) originadas por las emisiones de TEMSA se presentan entre 0.25 y 1.12 kilómetros aproximadamente al Sur de sus instalaciones, teniendo como principales receptores: la carretera y la vía del tren.
- Es importante hacer notar, para las tres industrias (PEMEX, FERTIMEX y TEMSA), que aunque las concentraciones máximas estimadas se encuentran en los puntos antes señalados, aún las mínimas en varias ocasiones se encuentran por arriba de las nor-

mas de calidad del aire. (Tabla No. V-11).

- Es durante el invierno cuando se detectan las concentraciones menores, debido esto fundamentalmente a velocidades de viento altas en comparación con las otras estaciones, así como a una mayor variabilidad en la dirección del viento. (Tabla No. V-11).
- De las poblaciones localizadas en el área de estudio es Ixhuatlán del Sureste la más afectada.
- Por ser la dirección dominante del viento: Norte, se tiene el comportamiento de dispersión de contaminantes presentado en -- las figuras V-1 a V-12. Sin embargo al mantenerse otras direcciones de viento en un momento dado podrían ser afectadas poblaciones, tales como Coatzacoalcos, Manchital y Allende.
- Como se puede apreciar la contaminación atmosférica causada -- por las instalaciones industriales en el Complejo Petroquímico de Pajaritos es bastante seria pudiéndose presentar problemas no solo de interés ambiental sino también en la operación de - dichas instalaciones, tales como: alta corrosión, consumo excesivo de reactivos en etapas de neutralización específicamente en las torres de enfriamiento, y atmósfera de trabajo inadecuada, constituyendo este último un fuerte problema de seguridad industrial.

Recomendaciones

- Llevar a cabo monitoreos de los distintos contaminantes atmo-

féricos en el área. Primeramente para complementar y verificar los resultados obtenidos por el modelo de dispersión y -- posteriormente apoyar las medidas de control adecuadas.

- Realizar el estudio de impacto ambiental que puedan producir las emisiones a la atmósfera de las industrias en el Complejo, tanto a la salud como a los ecosistemas del área.
- Realizar el estudio de las emisiones en las fuentes mencionadas.
- Llevar a cabo un control para minimizar las emisiones a la atmósfera del Complejo, en base a los datos de emisiones obtenidas.
- El presente estudio puede servir de apoyo en el establecimiento de medidas pertinentes que tiendan a prevenir o mitigar los --- efectos de la contaminación atmosférica en la zona, ya sea a ni vel oficial o industrial. De los resultados obtenidos, la información mas útil a nivel oficial es: contaminantes generados, -- emisiones, concentraciones alcanzadas por estos, y las poblaciones que resultan afectadas. Para la industria es importante la información de los sectores que son afectados por los contami-- nantes emitidos en sus plantas, así como la magnitud de este im pacto. De igual manera, también es útil la información sobre - sectores o instalaciones de esta industria que son afectadas -- por los contaminantes emitidos por otra u otras industrias.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Perdomo M. C., "La Expansión industrial y las condiciones ecológicas en la zona Minatitlán-Coatzacoalcos. Su efecto en las aguas del Golfo de México", Universidad Veracruzana en Coatzacoalcos, trabajo presentado en el I Seminario O.E.A., sobre "Estado Actual de la Contaminación Marina en América Latina y el Caribe", celebrado en Buenos Aires, Argentina, Diciembre de 1981. Pags., 15-20.
- 2 - Petróleos Mexicanos, Gerencia de Petroquímica, Complejo - Petroquímico Pajaritos, Ver. 1983.
- 3 - Fertilizantes Mexicanos, S. A., Unidad Industrial Pajaritos, 1978.
- 4 - Fertilizantes Mexicanos, S. A. Unidad Fosfatados Pajaritos. Departamento de Servicios Técnicos. 1986.
- 5 - U.S. Environmental Protection Agency. Atmospheric Emissions from Chloralkali Manufacture. Air Pollution Control Office. Research Triangle Park, N.C. Publication Number AP-80. - January 1971. Pags., 11-23, 35-40.
- 6 - Perdomo M.C. Información Personal.
- 7 - Tetraetilo de México, S. A. Descripción del Proceso. Pajaritos, Ver. 1986.

- 8 - Petróleos Mexicanos. Informes mensuales de la Coordinación de control Ambiental en el Complejo Petroquímico -- Pajaritos. Enero, Febrero, Marzo y Abril de 1986.
- 9 - U.S. Environmental Protection Agency. Compilation of -- Air Pollution Emission Factors. Office of Air and Waste Management. Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, N. C. Publication Number AP-42. Pags., 1.4, 5.5, 5.17, 5.22, 6.10, 6.14, 8.18.
- 10 - U. S. Environmental Protection Agency. Air Pollution -- Engineering Manual. Second Edition. Research Triangle Park N. C. Publication Number AP-40, May. 1973.Pags., 604-626.
- 11 - U.S. Department of Health, Education, and Welfare. At-- mospheric Emissions from Sulfuric Acid Manufacturing Pro-- cesses. Public Health Service. División of Air Pollu-- tion. Cincinnati, Ohio. Publication Number 999-AP-13. 1965. Pags., 16-40.
- 12 - U.S. Department of Health, Education, and Welfare. At-- mospheric Emissions from Wet-Process Phosphoric Acid Ma-- nufacture. Public Health Service. Environmental Health Service. Air Pollution Control Administration. Raleigh, N. C. Publication Number AP-57. April 1970. Pags. 9-34.
- 13 -Cloro Tehuantepec, S. A. de C. V. Descripción de la Planta de Cloro Tehuantepec Pajaritos, Veracruz Abril/ 1986.

- 14 - Pohl J.H. and Tichenor B. Z. Flare Efficiency - the influence of Flare Head Design and Gas Composition. Prepared For Presentation at the Air Pollution Control --- Association, 78th, Annual Meeting and Exhibition. June -- 16-21, 1985. Detroit, Michigan.
- 15 - Lee J., Payne R. and Pohl J.H. Evaluation of Efficiency of Industrial Flares: Test Results. U.S. Environmental - Protection Agency. Research Triangle Park N.C. Publication Number EOA 600/2 - 84-095. May. 1984.
- 16 - Lee J., Payne R., Pohl J.H. and Tichenor B.A. Combustion Efficiency of Flares. 1984.
- 17 - Lund H.F. Industrial Pollution Control Handbook. ----- McGraw Hill Book Company. 1971. Pags., 14.2-14.4.
- 18 - Turner D.B. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Publication Number 999-Ap-26. 1969. Pags., 5-9.
- 19 - Sigler E.A. Apuntes de la materia " Ingenieria Ambiental I ". Facultad de Química, UNAM. 1984.
- 20 - Fuentes V.G. Apuntes de la materia "Modelos de Ingenieria Ambiental". Maestría en Ingenieria Ambiental. Facultad de Ingenieria, UNAM, 1985.

- 21 - Petersen W. B. User's Guide for PAL. A Gaussian- Plume Algorithm for Point, Area, and Line Sources, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, N. C. Publication Number EPA - 600/4 78-013. February 1978.
- 22 - Morales T., Sevilla R., Subrutinas: Autas, Ordena y Mapa Adaptación Díaz H. L. Centro de Ciencias de la Atmósfera, U.N.A.M. 1984.
- 23 - Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Estudio -- Bioeconómico de la Región del Delta del Rio Coatzacoalcos. 1982. Pags., 66. 67.
- 24 - Servicio Meteorológico Nacional. Información Meteorológica en el Observatorio de Coatzacoalcos, Veracruz. 1979.

APENDICE 1

DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO DE LAS PLANTAS CONSIDERADAS EN LA DETERMINACION DE LAS EMISIONES A LA ATMOSFERA.

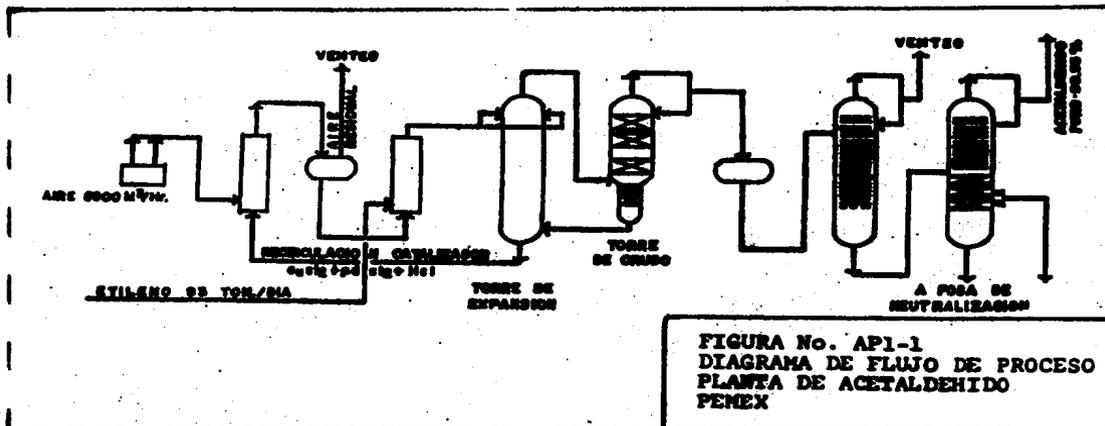


FIGURA No. AP1-1
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
PLANTA DE ACETALDEHIDO
PEMEX

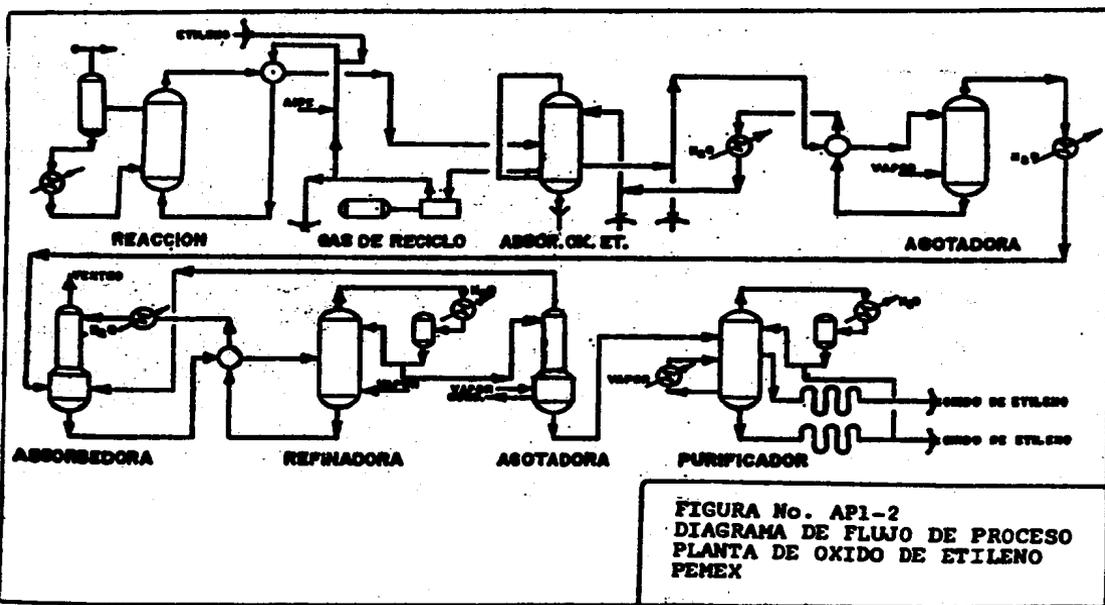
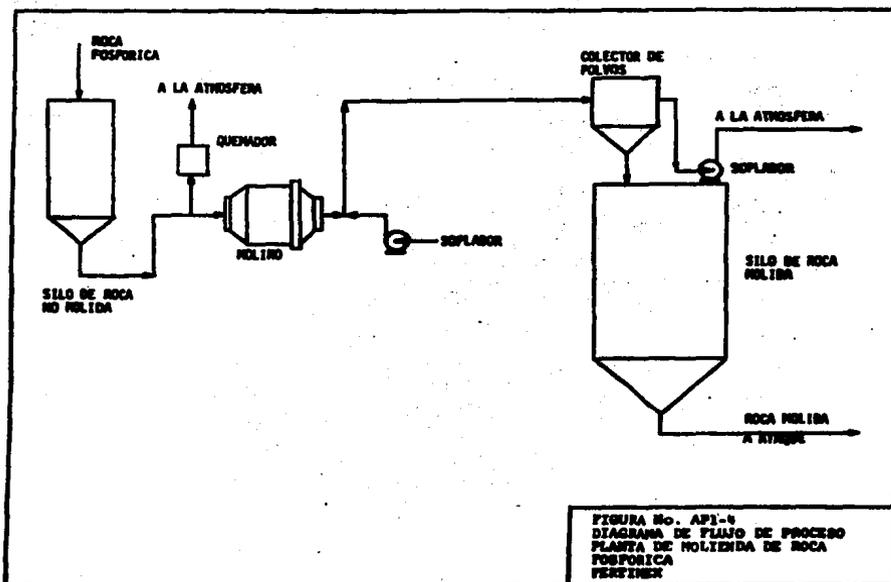
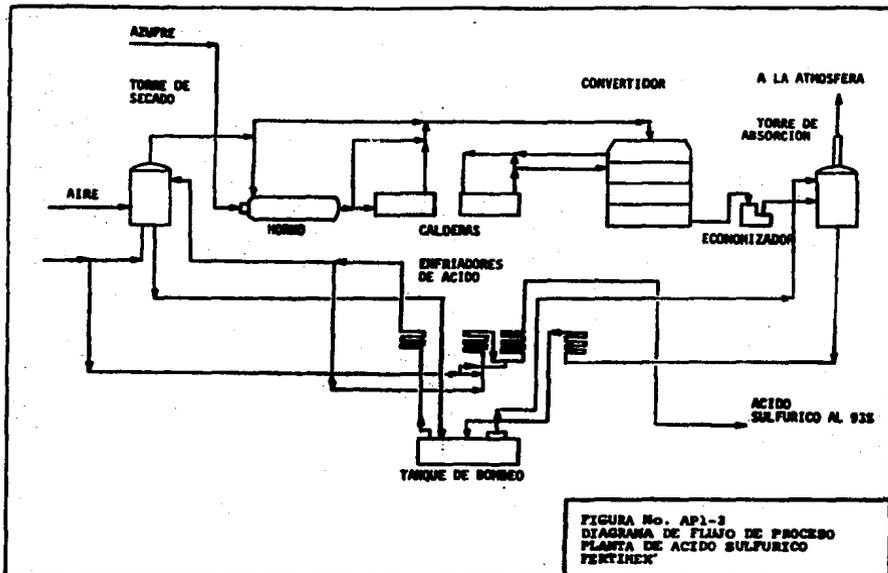


FIGURA No. AP1-2
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
PLANTA DE OXIDO DE ETILENO
PEMEX



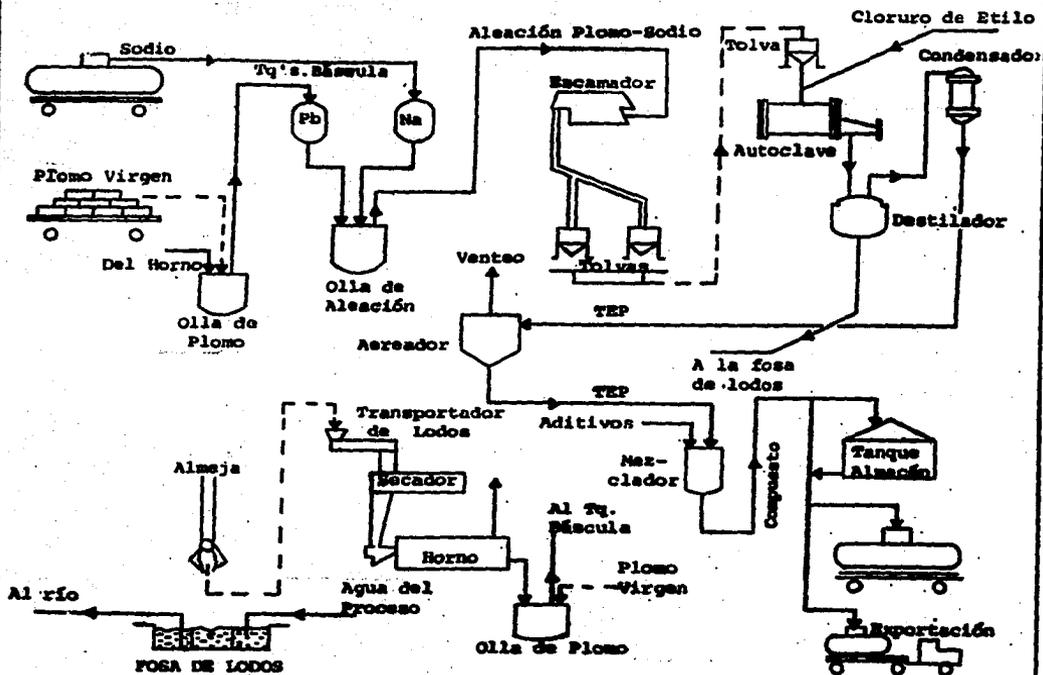


FIGURA No. AP1-7
 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
 PLANTA DE TETRAETILO DE PLOMO
 TEMSA

APENDICE 2

INFORMACION METEOROLOGICA GENERADA EN COATZACOALCOS, VERACRUZ (24)

TABLA No. AP2-1

PROMEDIOS DE 3 HORAS DE LA VELOCIDAD DE VIENTO EN COATZACOALCOS.
ESTACIONALES.

ESTACION	HORAS	VELOCIDAD VIENTO	m/s
PRIMAVERA	1-3	2.187	
	4-6	1.677	
	7-9	1.979	
	10-12	3.069	
	13-15	3.959	
	16-18	4.230	
	19-21	3.616	
	22-24	2.698	
VERANO	1-3	2.295	
	4-6	1.747	
	7-9	2.090	
	10-12	3.021	
	13-15	3.846	
	16-18	4.082	
	19-21	3.665	
	22-24	2.844	
OTOÑO	1-3	3.114	
	4-6	2.788	
	7-9	3.086	
	10-12	3.780	
	13-15	4.728	
	16-18	4.803	
	19-21	4.214	
	22-24	3.440	
INVIERNO	1-3	4.440	
	4-6	4.257	
	7-9	4.321	
	10-12	5.447	
	13-15	6.567	
	16-18	6.333	
	19-21	5.191	
	22-24	4.623	

TABLA No. AP2-2

PORCIENTO DE OCURRENCIA DE DIRECCIONES DEL VIENTO
POR INTERVALOS DE 3 HORAS EN COATZACOALCOS.

ESTACION	HORAS	DIRECCION DEL VIENTO (% DE OCURRENCIA)				
PRIMAVERA	4-6	C (30)	S (19)	N (11)	NNW (10)	OTROS 30
	7-9	S (21)	NNW (18)	NW(10)	C (10)	41
	10-12	N (26)	S (22)	NNW (16)	NW (10)	26
	13-15	N (42)	NE (22)	S (14)	NW (5)	17
	16-18	N (42)	NE (24)	E (13)	NNW (6)	15
	19-21	N (48)	NE (15)	E (13)	S (7)	17
	22-24	N (31)	W (12)	NNW (11)	C (10)	36
VERANO	4-6	S (30)	N (14)	C (14)	E (9)	OTROS 33
	7-9	S (26)	N (12)	NNW (10)	NE (9)	43
	10-12	N (23)	NNW (19)	S (17)	NW (11)	30
	13-15	N (48)	NNW (16)	NE (10)	NNE (6)	20
	16-18	N (51)	NE (15)	NNW (15)	NW (4)	15
	19-21	N (56)	NE (18)	E (6)	SE (4)	16
	22-24	N (31)	NE (15)	S (11)	E (9)	34

TABLA No. AP2-2 CONTINUACION

ESTACION	HORAS	PORCIENTO DE OCURRENCIA
OTOÑO	4-6	<p style="text-align: right;">OTROS</p> S (23) NNW (23) N (21) C (11) 22
	7-9	S (28) N (19) NNW (18) SW (8) 27
	10-12	N (33) NNW (26) NW (12) S (10) 19
	13-15	N (57) NNW (19) NE (11) NW (8) 5
	16-18	N (58) NE (17) NNW (17) NW (3) 5
	19-21	N (60) NE (17) NNW (11) E (4) 8
	22-24	N (48) NNW (13) NE (10) S (7) 22
INVIERNO	4-6	<p style="text-align: right;">OTROS</p> S (32) NW (21) C (12) N (11) 24
	7-9	S (31) NW (22) NNW (13) N (11) 23
	10-12	NW (23) S (22) N (18) NNW (15) 22
	13-15	N (37) NNW (29) NE (14) S (6) 14
	16-18	N (32) NNW (27) NE (14) ENE (10) 17
	19-21	N (49) NNW (13) E (9) NE (7) 22
	22-24	N (58) C (16) E (7) S (6) 13

TABLA No. AP2-3
 PROMEDIOS DE 3 HORAS DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA EN COATZA--
 COALCOS. ESTACIONALES.

	ESTACION			
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
1-3	E	E	D	D
4-6	A	A	B	B
7-9	A	B	B	B
10-12	B	B	B	C
13-15	B	B	B	C
16-18	B	B	B	C
19-21	D	D	D	D
22-24	E	E	D	D

En base a la información de las tablas AP2-1 (Promedios de 3 horas de la velocidad de viento en Coatzacoalcos Estacionales) y No. IV-1 (Estimación de la categoría de estabilidad atmosférica).


```

210 CALL EXIT
CONTINUE
220 GO TO (200,220), IQLC
WRITE (IWRI,920)
KK=0
LL=1
230 READ (IRD,/) ICARD,HLNS(LL),NL,NBS(LL),SBS(LL),RQS(LL),SMQS(LL)
+ (L)REMS(LL),SEMS(LL),SIVO(LL),SIZO(LL),WT,WM,(QLTS(JJ),JJ=1,NL)
AN=NL
NLANL(LL)=NL
A=1
ALIM=ANL/2
NL=(WT-WH)/ANL
DO 27J NL=1,NL
KK=KK+1
IF (KK.GT.31) GO TO 230
QLNS(KK)=QLTS(KL)
RADIUS(KK)=(A+.5)*WM+ALIM*(L-.5)*NL*(A)+.001
ALIM=ALIM-1.
IF (ALIM.LT.0.1.AND.ALIM.GT.-.1) ALIM=-1.
IF (ALIM.LT.0.1) A=-1
IF (ALIM.GT.1) GO TO 240
GO TO 250
240 WRITE (IWRI,940) KK,QLNS(KK),HLNS(LL),RBS(LL),SBS(LL),RMS(LL),S
+ MS(LL),REMS(LL),SEMS(LL),SIVO(LL),SIZO(LL),NL,WT,WM
GO TO 270
250 IF (AL.GT.2) GO TO 250
WRITE (IWRI,770)
260 WRITE (IWRI,780) KK,QLNS(KK)
270 CONTINUE
IF (ICARD.GI.1) GO TO 290
LL=LL+1
GO TO 230
280 WRITE (IWRI,950) MAX2
290 GO TO (340,300), IQLS
300 WRITE (IWRI,960)
L=1
310 READ (IRD,/) ICARD,QLS(L),HAS(L),HBS(L),RAS(L),SAS(L),RBS(L),SBS
+ (L),SPDI(L),SPDF(L),SYOS(L),SZOS(L),TVSL(L),VS(L)
IF (L-MAX2) 320,320,330
320 WRITE (IWRI,970) L,QLS(L),HAS(L),HBS(L),RAS(L),SAS(L),RBS(L),SBS(L)
+ (L),SPDI(L),SPDF(L),SYOS(L),SZOS(L),TVSL(L),VS(L)
IF (ICARD.GT.1) GO TO 340
L=L+1
GO TO 310
330 WRITE (IWRI,980) MAX2
CALL EXIT
340 GO TO (390,350), IQAC
350 WRITE (IWRI,990)
LC=1
360 READ (IRD,/) ICARD,QLNA(LC),HCL(LC),RBA(LC),SBA(LC),RQA(LC),S
+ MQA(LC),REQA(LC),SEQA(LC),SPEI(LC),SPEF(LC),SIVA(LC),SIZA(LC),FVCL
+ (LC),VS(L)
IF (LC.GT.MAXQ) GO TO 370
WRITE (IWRI,1000) LC,QLNA(LC),HCL(LC),RBA(LC),SBA(LC),RQA(LC),S
+ MQA(LC),REQA(LC),SEQA(LC),SPEI(LC),SPEF(LC),SIVA(LC),SIZA(LC),TV
+ CL(LC),VS(L)
IF (ICARD.GT.1) GO TO 380
LC=LC+1
GO TO 360
370 WRITE (IWRI,1010) MAXQ
380 CONTINUE
WRITE (IWRI,1020)
390 LV=LV+1

```

```

XKL=XAL+10.70
N=N+1
400 IF(N --T. 00) ICARD=1.
IFCN --EO. 00) ICARD=2.
XRL(N)=XKL
SR(N)=.25
ZR(N)=.1.
IF (N=MAXR) 410,415,420
WRITE (IWRI,1050) N,HR(N),SR(N),ZR(N)
410 IF (ICARD.GT.1.) GO TO 430
N=N+1
SR(N)=SR(N-1)+.25
GO TO 400
420 WRITE (IWRI,1040) MAXR
CALL EXIT
430 IF(FLY .GT. 1) GO TO 520
M=1
WRITE (IWRI,1050)
GO TO (450,460), IORNL
450 READ (IRU,7) ICARD,WTHT(M),WU(M),MKST(M),WHL(M),WTA(M)
GO TO 470
460 READ (IRU,7) ICARD,WTHT(M),WU(M),MKSI(M),WHL(M),WTA(M),DVP(M)
470 CONTINUE
IF (M=25) 490,480,480
480 WRITE (IWRI,1060)
CALL EXIT
490 GO TO (500,510), IORNL
500 DVP(M)=1.
DVA(M)=1.
DVH(M)=1.
DVS(M)=1.
DVHA(M)=1.
WRITE (IWRI,1070) M,WTHT(M),WU(M),MKST(M),WHL(M),WTA(M),DVP(M),DVA(M),DVH(M),DVS(M),DVHA(M)
510 IF (ICARD .GT. 1) GO TO 520
M=M+1
GO TO 440
520 CONTINUE
DO 250 IM=1,M
DO 300 IN=1,N
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
CONCL(IN,IM)=0.
530 CONTINUE
GO TO (550,540), IQP
540 CALL POINT (M,1,N).
550 GO TO (570,560), IQA
560 CALL TO AREA (HR,SR,ZR,M,N,PINA).
570 GO TO (590,580), IQL
580 CALL TO HR,TH,M,K,N,ICPNL)
590 GO TO (610,600), IQC
600 CALL TO CRVLM,M,L,N,PINL)
610 GO TO (630,620), IQS
620 CALL SPCLM (M,L,N,PINL)
630 GO TO (650,640), IQAC
640 CALL SPCCR (M,LC,N,PINL).
650 CONTINUE
DO 600 IM=1,M
DO 600 IN=1,N

```



```

101 J.
102 C=0.
103 K=1.
104 NL(1)=X(RB1,SB3)
105 AL(2)=A(RB1,SB2)
106 AL(3)=A(RB2,SB3)
107 AL(4)=A(RB2,SB4)
108 AMAX=X(L(1))
109 AMIN=X(L(1))
110 DO ON L=2,4
111 IF (XMAX-X(L)) 30,40,40
112 AMAX=X(L)
113 IF (XMIN-X(L)) 50,50,50
114 XMAN=X(L)
115 CONTINUE
116 IF (XMAX) 60,60,70
117 IF (AMIN) 80,80,80
118 XMIN=0.
119 DELX=(XMAX-XMIN)/DN
120 DMUX=DELX*1000
121 XUSE=XMIN
122 JON=0
123 TOT=0
124 IF (XUSE) 90,560,110
125 IF 0 (COST+0.0001) 130,120,120
126 IF (COST-0.0001) 140,160,130
127 S1=SL(RB1)
128 IF (S1-SB3) 180,140,140
129 IF (S1-SB4) 150,150,160
130 I=I+1
131 RAC(I)=RB1
132 SA(I)=S1
133 IF (SINT+0.0001) 160,170,170
134 IF (SINT-0.0001) 210,210,130
135 R3=RL(SB3)
136 IF (R3-RB1) 190,190,190
137 IF (R3-RB2) 200,200,210
138 I=I+1
139 RAC(I)=R3
140 SA(I)=S3
141 IF (I=2) 210,330,210
142 IF (COST+0.0001) 230,220,220
143 IF (COST-0.0001) 260,260,230
144 S2=SL(RB2)
145 IF (S2-SB3) 240,240,240
146 IF (S2-SB4) 250,250,260
147 I=I+1
148 RAC(I)=RB2
149 SA(I)=S2
150 IF (I=2) 260,330,260
151 IF (SINT+0.0001) 280,270,270
152 IF (SINT-0.0001) 310,310,290
153 R4=RL(SB4)
154 IF (R4-RB1) 290,290,290
155 IF (R4-RB2) 300,300,310
156 I=I+1
157 RAC(I)=R4
158 SA(I)=SB4
159 CONTINUE
160 IF (I=2) 550,330,320
161 IERR=215
162 GO TO 520

```

```

330  RDUM=RA(1)
      SDUM=SA(1)
      YA=Y(RDUM,SDUM)
      RDUM=RA(2)
      SDUM=SA(2)
      YB=Y(RDUM,SDUM)
      XDUM=XUSE
      CALL PLSG AXDUM,XDUM,KST,SY,SZ)
      IF (YA-YB) 350,550,340
340  SMAX=YA+1000./SY
      SMIN=YB+1000./SY
      GO TO 360
350  SMAA=YB+1000./SY
      SMIIN=YA+1000./SY
360  IF (SMAA+3.8) 370,350,370
370  IF (SMIIN-3.8) 380,550,350
380  IF (SMAA-3.8) 400,400,390
390  CFMAX=1
      GO TO 410
400  SSD=SMAA-10.+40.
      ISD=SSD
      CFMAX=GA(ISD)+(SSD-SSD)*(GA(ISD+1)-GA(ISD))
410  IF (SMIIN+3.8) 420,420,430
420  CFMIN=0
      GO TO 440
430  SSD=SMIIN+10.+40.
      ISD=SSD
      CFMIN=GA(ISD)+(SSD-SSD)*(GA(ISD+1)-GA(ISD)).
440  CONTINUE
      CFH=CFMAX-CFMIN
      IF (CFH) 460,450,470
450  CWI=0.
      GO TO 480
460  IERR=40
      GO TO 520
470  CALL RCONCA (2,H,HL,XDUM,KST,AN,M,SZ,CWI)
480  CONTINUE
      GO TO (490,560) KROL
490  IF (XUSE-XMIN) 510,530,500
500  IF (JON-KON) 540,550,510
510  IERR=40
      GO TO 520
520  WRITE (IWR1,590) IERR
      CALL EXIT
530  CWI=0.5+CWI
540  TOT=TOT+CWI*CFH
550  IF (JON-KON) 560,570,580
560  XUSE=XUSE+DELX
      JON=JON+1
      GO TO 570
570  IF (TOT) 580,660,590
580  IERR=40
      GO TO 620
590  GO TO (600,610), KROL
600  TOT1=TOT+DNLX
      JON=1
      KNT=2
      XUSE=XMIN+DELX/2.
      KROL=2
      GO TO 100
610  TOT2=TOT1/2.+(TOT+DNLX)/2.
      IEST=ABS(TOT2-TOT1)/TOT2

```



```

80 TH=(6.5337-0.72562*ALOG(XY))/57.2956
90 IF (A.GE.X0(ID)) GO TO 100
CONTINUE
ID=6
SZ=AD(ID)*X**BD(ID)
GO TO 180
110 TH=(6.25-0.54287*ALOG(XY))/57.2959
GO TO 120 ID=13
IF (A.GE.XE(ID)) GO TO 130
CONTINUE
ID=9
SZ=AE(ID)*X**BE(ID)
GO TO 160
140 TH=(6.1007-0.36191*ALOG(XY))/57.2958
GO TO 150 ID=19
IF (X.GE.XF(ID)) GO TO 160
CONTINUE
ID=1
SZ=AF(ID)*X**BF(ID)
GO TO 180
170 SZ=5000
GO TO 190
180 IF (SZ.GT.5000) SZ=5000
190 SY=465.116*XY*SIN(TH)/COS(TH)
RETURN
END
SUBROUTINE MCONCA (Z,H,HL,A,KST,AN,M,SZ,RCZ):
IMRT=6
IF (KST.GE.5) GO TO 40
IF (H-HL) 10,10,20
IF (Z-HL) 40,40,180
IF (Z-HL) 180,30,30
WRITE (IMRT,450)
RETURN
IF (X-D.OU1) 150,50,50
IF (KST-4) 60,60,70
IF (HL-5000) 150,70,70
C2=2.5*SZ
IF (2) 180,90,100
C3=H*H/C2
IF (C3-30) 90,180,180
AC=2.7*EXP(C3)
RCZ=AC/(2.5066*SZ)
M=1
RETURN
100 AZ=0.
A3=U.
CA=Z-H
CB=Z+H
CC=CA*CB
CD=C3*CC
CE=CD*CF
CF=110,120,120
AF=1/EXP(C3)
AG=1/EXP(C4)
AH=1/EXP(C4)
A3=1/EXP(C4)
RCZ=(A2+A3)/(2.5066*SZ)
M=2
RETURN
150 IF (SZ/HL-1.6) 170,170,160
160 RCZ=1./HL
M=3
RETURN
170 AN=U.

```

```

160 IE=Z) 160,360,190
RCZ=0.
RETURN
170 A1=1./((2.5066*S2)
C2=Z.*S2*S2
A2=0.
A3=0.
CA=Z.*H
CB=Z.*H
C3=CA+CA/C2
C4=CB+CB/C2
IF (C3<0.) 200,210,210
A2=1./EXP(C3)
IF (C4<0.) 220,230,230
A3=1./EXP(C4)
SUM=0.
THL=Z.*HL
AN=AN+1
A4=0.
A5=0.
A6=0.
A7=0.
C5=AN*THL
C6=CA-C5
C7=CB-C5
C8=CA+C5
C9=CB+C5
C0=CC*CC/C2
C1=CE*CE/C2
C2=CC*CE/C2
C3=CE*CC/C2
IF (C5<0.) 250,260,260
A4=1./EXP(C4)
IF (C7<0.) 270,280,280
A5=1./EXP(C7)
IF (C8<0.) 290,300,300
A6=1./EXP(C8)
IF (C9<0.) 310,320,320
A7=1./EXP(C9)
A8=A4+A5+A6+A7
SUM=SUM+T
IF (T<0.01) 330,240,240
330 RCZ=AN*(A2+A3+SUM)
M=5
RETURN
340 A1=1./((2.5066*S2)
A2=0.
C2=Z.*S2*S2
C3=H*H/C2
IF (C3<0.) 350,360,360
A2=1./EXP(C3)
SUM=0.
THL=Z.*HL
AN=AN+1.
A4=0.
A6=0.
C5=AN*THL
C6=H-C5
C7=H+C5
C8=CC*CC/C2
C9=CE*CE/C2
IF (C6<0.) 380,390,390
A4=1./EXP(C6)
IT (C8<0.) 400,410,410

```

```

498 AGRG / EXPLCH
    TEAL145
    SUM=SUM+T
    IF (T-D, U1) 420, 370, 370
420 RCZ=A1*(A2+SUM)
    MEZ
    RETURN
430 FORNAT (1HD, 'BOTH H AND Z ARE ABOVE THE MIXING HEIGHT SO A RELIABLE
    COMPUTATION CAN NOT BE MADE.')
    END
    SUBROUTINE POINT (NHR, NQ, NR, PIN)
    COMMON /SOP/ QP(31), WPP(31), TSP(31), VSP(31), DP(31), VFF(31), RQP(31)
    *1, SOP(31), SYOP(31), SZOP(31), CONP(31, 24), DVP(25), IUZB
    COMMON /REC/ RR(200), SR(200), ZR(200)
    COMMON /WEA/ WTHET(25), WU(25), MKST(25), WHL(25), WTA(25), UHGT
    END
    SUBROUTINE HRZLN (NHR, NQ, NR, PIN)
    COMMON /SOL/ MLN(31), NLN(31), RAQ(31), SAQ(31), RBA(31), SBA(31), SYQ(
    *200), SZQ(200), CONLN(200, 24), DVH(25), IUZH
    COMMON /REC/ RR(200), SR(200), ZR(200)
    COMMON /WEA/ WTHET(25), WU(25), MKST(25), WHL(25), WTA(25), UHGT
    END
    SUBROUTINE CRVLN (NHR, NQ, NR, PIN)
    COMMON /SOCP/ QLNS(31), HLNST(31), RHQS(31), SQS(31), RHQS(31), SHQS(3
    *1), REUS(31), SEQS(31), SYO(31), SIZO(31), CONELN(31, 24), DDVH(31), IUZC
    *1, RADIUS(200), RLANE(200)
    COMMON /REC/ RR(200), SR(200), ZR(200)
    COMMON /WEA/ WTHET(25), WU(25), MKST(25), WHL(25), WTA(25), UHGT
    END
    SUBROUTINE SPCLN (NHR, NQ, NR, PIN)
    COMMON /SOLS/ OLS(31), HAS(31), HBS(31), SAS(31), RBS(31), SBS(
    *31), SYOS(31), SZOS(31), CONLS(31, 24), OVS(25), IUZS, SPDI(31), SPDF(
    *200), TVSL(200), VSSL(200)
    COMMON /REC/ RR(200), SR(200), ZR(200)
    COMMON /WEA/ WTHET(25), WU(25), MKST(25), WHL(25), WTA(25), UHGT
    END
    SUBROUTINE SPCCR (NHR, NQ, NR, PIN)
    COMMON /SOCS/ GLNA(31), HCL(31), RBQA(31), SBQA(31), RYQA(31), SHQA(
    *31), KEQA(31), SEQA(31), SYA(31), SZA(31), CONCLA(31, 24), DVHA(31), IUZ
    *1, SPEI(200), SPEF(200), TVCL(200), VSCL(200)
    COMMON /REC/ RR(200), SR(200), ZR(200)
    COMMON /WEA/ WTHET(25), WU(25), MKST(25), WHL(25), WTA(25), UHGT
    END

```



```

P=1+4*(1+K-1)*NND3
J=1+V(J)
N=1+FLD(N)
N=1+V(N)
J=1+V(J)
N=1+V(N)
Y=J+FLD(N)
A1=7*(1+J)
A2=7*(1+J)
A3=7*(1+J)
A4=7*(1+J)
A5=7*(1+J)
A6=7*(1+J)
A7=7*(1+J)
A8=7*(1+J)
A9=7*(1+J)
A10=7*(1+J)
A11=7*(1+J)
A12=7*(1+J)
A13=7*(1+J)
A14=7*(1+J)
A15=7*(1+J)
A16=7*(1+J)
A17=7*(1+J)
A18=7*(1+J)
A19=7*(1+J)
A20=7*(1+J)
A21=7*(1+J)
A22=7*(1+J)
A23=7*(1+J)
A24=7*(1+J)
A25=7*(1+J)
A26=7*(1+J)
A27=7*(1+J)
A28=7*(1+J)
A29=7*(1+J)
A30=7*(1+J)
A31=7*(1+J)
A32=7*(1+J)
A33=7*(1+J)
A34=7*(1+J)
A35=7*(1+J)
A36=7*(1+J)
A37=7*(1+J)
A38=7*(1+J)
A39=7*(1+J)
A40=7*(1+J)
A41=7*(1+J)
A42=7*(1+J)
A43=7*(1+J)
A44=7*(1+J)
A45=7*(1+J)
A46=7*(1+J)
A47=7*(1+J)
A48=7*(1+J)
A49=7*(1+J)
A50=7*(1+J)
A51=7*(1+J)
A52=7*(1+J)
A53=7*(1+J)
A54=7*(1+J)
A55=7*(1+J)
A56=7*(1+J)
A57=7*(1+J)
A58=7*(1+J)
A59=7*(1+J)
A60=7*(1+J)
A61=7*(1+J)
A62=7*(1+J)
A63=7*(1+J)
A64=7*(1+J)
A65=7*(1+J)
A66=7*(1+J)
A67=7*(1+J)
A68=7*(1+J)
A69=7*(1+J)
A70=7*(1+J)
A71=7*(1+J)
A72=7*(1+J)
A73=7*(1+J)
A74=7*(1+J)
A75=7*(1+J)
A76=7*(1+J)
A77=7*(1+J)
A78=7*(1+J)
A79=7*(1+J)
A80=7*(1+J)
A81=7*(1+J)
A82=7*(1+J)
A83=7*(1+J)
A84=7*(1+J)
A85=7*(1+J)
A86=7*(1+J)
A87=7*(1+J)
A88=7*(1+J)
A89=7*(1+J)
A90=7*(1+J)
A91=7*(1+J)
A92=7*(1+J)
A93=7*(1+J)
A94=7*(1+J)
A95=7*(1+J)
A96=7*(1+J)
A97=7*(1+J)
A98=7*(1+J)
A99=7*(1+J)
A100=7*(1+J)

```

```

17 CONTINUE
18 CONTINUE
19 CONTINUE
20 CONTINUE
21 CONTINUE
22 CONTINUE
23 CONTINUE
24 CONTINUE
25 CONTINUE
26 CONTINUE
27 CONTINUE
28 CONTINUE
29 CONTINUE
30 CONTINUE
31 CONTINUE
32 CONTINUE
33 CONTINUE
34 CONTINUE
35 CONTINUE
36 CONTINUE
37 CONTINUE
38 CONTINUE
39 CONTINUE
40 CONTINUE
41 CONTINUE
42 CONTINUE
43 CONTINUE
44 CONTINUE
45 CONTINUE
46 CONTINUE
47 CONTINUE
48 CONTINUE
49 CONTINUE
50 CONTINUE
51 CONTINUE
52 CONTINUE
53 CONTINUE
54 CONTINUE
55 CONTINUE
56 CONTINUE
57 CONTINUE
58 CONTINUE
59 CONTINUE
60 CONTINUE
61 CONTINUE
62 CONTINUE
63 CONTINUE
64 CONTINUE
65 CONTINUE
66 CONTINUE
67 CONTINUE
68 CONTINUE
69 CONTINUE
70 CONTINUE
71 CONTINUE
72 CONTINUE
73 CONTINUE
74 CONTINUE
75 CONTINUE
76 CONTINUE
77 CONTINUE
78 CONTINUE
79 CONTINUE
80 CONTINUE
81 CONTINUE
82 CONTINUE
83 CONTINUE
84 CONTINUE
85 CONTINUE
86 CONTINUE
87 CONTINUE
88 CONTINUE
89 CONTINUE
90 CONTINUE
91 CONTINUE
92 CONTINUE
93 CONTINUE
94 CONTINUE
95 CONTINUE
96 CONTINUE
97 CONTINUE
98 CONTINUE
99 CONTINUE
100 CONTINUE

```

```

SUBROUTINE ORDENA (N,M,TZ,Z)
DIMENSION T2(40,10), Z(10,80)
DO K=N+1
DO 20 I=1,M
DO 20 J=1,N
T2(I,J) = Z(K-J,I)
RETURN
END

```

APENDICE 4
NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Las normas de calidad del aire para México se encuentran señaladas en el Diario Oficial del 29 de noviembre de 1982 y son las siguientes:

- Para partículas suspendidas totales (P.S.T.), un promedio diario de 275 microgramos por metro cúbico.
- Para bióxido de azufre (SO_2) un promedio diario máximo de 0.13 partes por millón ($340 \mu g/m^3$).
- Para el monóxido de carbono (CO) un promedio en ocho horas máximo de 13 partes por millón ($14872 \mu g/m^3$).
- Para bióxido de nitrógeno (NO_2) un promedio horario máximo de 0.21 partes por millón ($395 \mu g/m^3$).
- Para ozono (O_3) un promedio horario máximo de 0.11 partes por millón ($216 \mu g/m^3$).

Para los Estados Unidos se tienen las normas de la USEPA y son las siguientes:

- Para partículas suspendidas totales (P.S.T.), un promedio diario de 260 microgramos por metro cúbico.
- Para bióxido de azufre (SO_2) un promedio diario de 0.14 partes por millón ($365 \mu g/m^3$).

- Para monóxido de carbono (CO) un promedio en ocho horas de 9 partes por millón (10,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Para bióxido de nitrógeno (NO_2) un promedio anual de -- 0.05 partes por millón (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Para Ozono (O_3) un promedio máximo de 0.12 partes por - millón (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Para hidrocarburos (HC) un promedio de 0.24 partes por millón (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), durante tres horas.
- Para plomo (Pb) un promedio de 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante tres me- ses.