

EPA-456/R-98-002

**Plan De Red De Monitores Del Aire Ambiental Para  
Ciudad Acuña y Piedras Negras,  
Coahuila, México**

*U.S.-México Border  
Information Center on Air Pollution*

**CICA**

Centro de Información sobre Contaminación de Aire  
Para la frontera de EE. UU.-México

Auspiciado por

Clean Air Technology Center (MD-12)  
Information Transfer Group  
Office of Air Quality and Standards  
U.S. Environmental Protection Agency  
Research Triangle Park, NC 27711

Enero 1998

**Plan para una Red de Monitores del Aire Ambiental  
en  
Ciudad Acuña y Piedras Negras,  
Coahuila, México**

Preparado por:

Mr. Jerry Winberry  
Mr. Lance Henning  
Mr. Richard Crume  
Midwest Research Institute  
401 Harrison Oaks Blvd., Suite 350  
Cary, North Carolina 27513

Bajo subcontrato con:

Mr. Randy Strait Project Manager  
E.H. Pechan & Associates, Inc.  
3500 Westgate Drive, Suite 103  
Durham, North Carolina 27707

EPA Contract No. 68-D3-0035  
Work Assigment No. 11-81

Gerente de Proyecto

Dra. Nancy B. Pate  
Information Transfer and Program Integration Division  
Office of Air Quality Planning and Standards  
U.S. Environmental Protection Agency  
Research Triangle Park, NC 27711

Prepado para

U.S.-México Border  
Information Center on Air Pollution/  
*Centro de Información sobre Contaminación de Aire  
Para EE. UU.-México (CICA)*  
U.S. Environmental Protection Agency

Research Triangle Park, NC 27711

## **ADVERTENCIA SOBRE LA REVISIÓN DE LA EPA**

Este reporte ha sido revisado administrativamente por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. *EPA*, la cual lo ha aprobado para publicación. Mención de nombres de fábrica o productos comerciales no constituyen endorso o recomendación para su uso. Este documento está disponible para el público a través de el *National Technological Information Service* de los EE. UU.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a las siguientes personas por su asistencia y hospitalidad durante la visita a diferentes sitios en México:

### Gobierno del Estado de Coahuila

Rodolfo Garza Gutiérrez  
Sergio Martínez Alfaro  
José Carlos Murguía Arizpe

### Ciudad Acuña

Emilio de Hoyos Cerna  
José Luis Coronado Rivera  
Francisco Muñiz Hernández  
Andrés Alejandro Tanaka López  
José Antonio Gaga Corte

### Ciudad de Piedras Negras

Ernesto Vela del Campo  
Juan A. Escandón Valdez  
Ruperto Roma Rangel

Sin su apoyo y entusiasmo, este estudio no hubiese sido posible.

Además, los autores agradecen profundamente el apoyo de María Rodríguez, Jim Menke y Steve Neimer de la Comisión de Conservación de Recursos Naturales de Texas (Texas Natural Resources Conservation Commission) quienes proporcionaron información muy valiosa, ayuda y sugerencias durante todo el proyecto.

## PROLOGO

El Centro de Información sobre Contaminación de Aire (**CICA**) para la frontera de EE.UU. - México, fue establecido por la *U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS)* para proveer asistencia y apoyo técnico en la evaluación de problemas de contaminación del aire a lo largo de la frontera. Estos servicios y productos son gratis para las Agencias Federales, Estatales y Locales como también para las Universidades de México. Otras entidades pueden usar estos servicios dependiendo de los recursos disponibles.

*CICA* provee acceso inmediato a información y tecnología de la *EPA*, mediante el personal de las oficinas de Planificación y Estándares de Aire, *OAQPS*, la oficina de investigación y desarrollo/ *Office of Research and Development (ORD)* y contratistas particulares.

## SERVICIOS DEL CICA

CICA provee asistencia de las siguientes maneras:

- **LINEAS OF COMUNICACIÓN DEL CICA**

*CICA* ofrece servicios de comunicación bilingüe (inglés & español) para tratar problemas de contaminación de aire a lo largo de la frontera.

### **Líneas de Información**

- Teléfono de emergencia: (919) 541-1800.
- Servicio gratis desde México solamente: (800) 304-1115
- Fax: (919) 541-0242

### **Internet (WWW) Home Page**

- <http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/>

### **E-mail**

Use el *CICA Home Page* o envíelo directamente a: [catcmail@epamail.epa.gov](mailto:catcmail@epamail.epa.gov)

- **ASISTENCIA DE INGENIERÍA/ GUÍA TÉCNICA**
- **DOCUMENTOS y HERRAMIENTAS para PROGRAMAS DE COMPUTADORA**
- **ASSISTANCE EN LÍNEA**

Servicios y productos del Centro de Tecnología sobre Aire Limpio/*clean Air Technology Center (CATC) WWW*, incluyendo la base de datos; *RACT/BACT/LAER Clearinghouse (RBLC)*/ su tecnología de control y prevención de la contaminación; Acceso a otros servicios de información y la red electrónica de *EPA/Technology Transfer Network (TTN)*

Ayuda en estas áreas fué solicitada por el estado de Coahuila, México, que está interesado en mejorar la calidad de monitoreo del aire ambiente en dos ciudades: Ciudad Acuña y Piedras Negras. Para lograr esto solicitaron ayuda al CICA. Este reporte es el resultado de ese esfuerzo y presenta recomendaciones para implementar una red de monitores de la calidad del aire ambiental para las dos ciudades, se tubo en cuenta el equipode monitores existente, las fuentes de emisiones que potencialmente están afectando estas ciudades y los recursos humanos necesarios

para operar y mantener la red de monitores.



## TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
1.0 INTRODUCCIÓN .....	1-1
2.0 ANTECEDENTES .....	2-1
2.1 AUTORIDADES NORMATIVAS MEXICANAS Y NORTEAMERICANAS .....	2-1
2.2 CARACTERÍSTICAS DE CIUDAD ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS ..	2-3
2.3 REVISIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE LA CALIDAD DEL AIRE .	2-11
2.4 ENFOQUE DEL ESTUDIO .....	2-17
2.5 ITINERARIO DE LA VISITA A LOS SITIOS .....	2-18
3.0 CRITERIOS PARA DISEÑAR UNA RED DE MONITOREO DEL AIRE ...	3-1
3.1 INTRODUCCIÓN .....	3-1
3.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS .....	3-1
3.3 CRITERIOS PARA LA COLOCACIÓN DE SONDAS .....	3-5
3.4 PRIORIDAD DE UBICACIÓN DE MONITORES .....	3-7
4.0 ENFOQUE Y OBSERVACIONES DE LAS VISITAS A LOS SITIOS .....	4-1
4.1 PANORAMA DEL ENFOQUE .....	4-1
4.2 RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES .....	4-2
5.0 RECOMENDACIONES .....	5-1
5.1 CIUDAD ACUÑA .....	5-1
5.2 PIEDRAS NEGRAS .....	5-14
5.3 ESTADO DE COAHUILA .....	5-25

### ANEXOS

- A. Información sobre vientos reinantes, temperatura y precipitación.
- B. Lista de personas a contactar en los sitios.

## LISTA DE TABLAS

	<u>Page</u>
TABLA 2-1. COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTAL ENTRE MÉXICO Y LOS EE.UU. ....	2-4
TABLA 2-2. MÉTODOS DE REFERENCIA Y EQUIVALENCIA DE LOS EE.UU.	2-4
TABLA 2-3. CARACTERÍSTICAS DE CD. ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS .....	2-5
TABLA 2-4. MAQUILADORAS EN CIUDAD ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS ...	2-9
TABLA 2-5. MONITOREO AMBIENTAL CERCA DE CIUDAD ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS, PERÍODO DE AÑOS .....	2-12
TABLA 2-6. ANÁLISIS DE FILTROS DE ALTO VOLUMEN PARA METALES Y NO METALES .....	2-12
TABLA 2-7. ITINERARIO DE LA VISITA A LOS SITIOS .....	2-19
TABLA 3-1. RELACIÓN ENTRE OBJETIVOS DE MONITOREO Y LAS ESCALAS DE REPRESENTATIVIDAD .....	3-5
TABLA 3-2. CRITERIOS MINIMOS DE UBICACIÓN DEL MUESTREADOR DE TSP Y PM <sub>10</sub> .....	3-6
TABLA 3-3. SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE CAMINOS Y LAS ESTACIONES DE TSP Y PM <sub>10</sub> .....	3-6
TABLA 5-1. RESUMEN DE RECOMENDACIONES .....	5-2

## LISTA DE FIGURAS

		<u>Página</u>
Figura 2-1	Estados mexicanos y ciudades en las que se encuentran maquiladoras a lo largo de la frontera de Texas y México .....	2-6
Figura 2-2.	Categorías de maquiladoras a lo largo de la frontera de Texas y México .....	2-7
Figura 2-3.	Concentraciones típicas de plomo en Ciudad Acuña .....	2-13
Figura 2-4.	Concentraciones típicas de plomo en Piedras Negras .....	2-14
Figura 2-5.	Concentraciones de TSP durante el período de monitoreo de 1974 a 1984 para Ciudad Acuña y Del Rio .....	2-15
Figura 2-6.	Concentraciones de TSP durante el período de monitoreo de 1974 a 1984 para Piedras Negras e Eagle Pass .....	2-16
Figura 3-1.	Lista de verificación de los sitios para las estaciones de monitoreo del aire .....	3-10
Figura 3-2.	Lista de verificación de las instalaciones y el equipo .....	3-13
Figura 3-3.	Lista de verificación de recursos de personal .....	3-14
Figura 3-4.	Resumen del proceso por medio del cual se desarrollaron las recomendaciones de los sitios .....	3-15
Figura 5-1.	Ubicación de la estación N°1, sobre el edificio del Ayuntamiento en Ciudad Acuña .....	5-4
Figura 5-2.	Ubicación de la estación N°2, sobre la casa de bombas en Ciudad Acuña .....	5-6
Figura 5-3.	Ubicación de la estación N°3 en General Electric en el parque industrial de Ciudad Acuña .....	5-9
Figura 5-4.	Ubicación de la estación N°4, sobre el segundo piso de la central de bomberos en Ciudad Acuña .....	5-11
Figura 5-5.	Ubicación de la estación N°1 sobre el techo del Ayuntamiento en Piedras Negras .....	5-16
Figura 5-6.	Ubicación de la estación N°2 sobre el techo del edificio de un piso de la Escuela Nicolás Bravo en Piedras Negras .....	5-19
Figura 5-7.	Ubicación de la estación N°3 sobre el techo del edificio de la secundaria (posteriormente se cambió a 100 metros hacia el este) en Piedras Negras .....	5-21
Figura 5-8.	Ubicación de la estación N°4 sobre el techo del edificio de la escuela técnica Conalep en Piedras Negras .....	5-23

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<u>Página</u>
Fotografía 5-1. Estación N°1, sobre el edificio del Ayuntamiento en Ciudad Acuña .....	5-5
Fotografía 5-2. Estación N°2, sobre la casa de bombas en Ciudad Acuña .....	5-7
Fotografía 5-3. Estación N°3 en General Electric en el parque industrial de Ciudad Acuña .....	5-10
Fotografía 5-4. Estación N°4, sobre el segundo piso de la central de bomberos en Ciudad Acuña .....	5-12
Fotografía 5-5. Estación N°1 sobre el techo del Ayuntamiento en Piedras Negras .....	5-17
Fotografía 5-6. Estación N°2 sobre el techo del edificio de un piso de la Escuela Nicolás Bravo en Piedras Negras .....	5-20
Fotografía 5-7. Estación N°3 sobre el techo del edificio de la secundaria (posteriormente se cambió a 100 metros hacia el este) en Piedras Negras .....	5-22
Fotografía 5-8. Estación N°4 sobre el techo del edificio de la escuela técnica Conalep en Piedras Negras .....	5-24

## RESUMEN EJECUTIVO

Durante la semana del 17 de junio de 1996, dos especialistas en monitoreo de calidad del aire de la compañía Midwest Research Institute (MRI) visitaron Ciudad Acuña y Piedras Negras en el estado de Coahuila, México. El propósito de la visita era la de ayudar a las dos ciudades a establecer una red de monitoreo de calidad del aire ambiental, utilizando hasta donde fuera posible el equipo existente. Tanto el equipo como las instalaciones fueron inspeccionadas en las dos ciudades y se sostuvieron pláticas con los funcionarios gubernamentales de estas ciudades. Además, se visitaron los sitios con estaciones de monitoreo actuales, y se identificaron nuevos sitios para la ubicación de futuras estaciones de monitoreo.

Como resultado de esta visita, se crearon varias recomendaciones.

A continuación se presenta un resumen de estas recomendaciones:

1. Ambas ciudades cuentan con monitores  $PM_{10}$  que cuentan con tecnología de punta y están completamente en funcionamiento. El número de monitores  $PM_{10}$  disponibles para cada ciudad (cuatro en cada una) es adecuado. Sin embargo, varios monitores no han sido colocados en las estaciones de monitoreo, y ninguno de los monitores están actualmente en funcionamiento. Se determinó que las actuales ubicaciones de monitores eran las adecuadas y las ubicaciones para el resto de los monitores se identifican en este reporte. Al evaluar las ubicaciones de monitores existentes y al seleccionar las nuevas ubicaciones, el objetivo era el evaluar las concentraciones de contaminantes en áreas residenciales e industriales y medir las concentraciones tanto en contra como a favor del viento en ambas ciudades.

2. Para iniciar la operación de los monitores  $PM_{10}$ , ambas ciudades requieren de filtros de fibra de cuarzo acondicionados, etiquetados y almacenados de acuerdo con los protocolos establecidos. Además, también se necesitan manuales de operación, los procedimientos estándares de operación, objetivos de calidad de datos, libros de registro, juegos de calibración y una variedad de equipo auxiliar. Se necesita mejorar el acceso a las estaciones de monitoreo existentes. Además se necesitan instalaciones para calibración y mantenimiento de equipo y estaciones de monitoreo meteorológico en cada una de las ciudades. El nivel de capacitación que ofrece el Instituto Nacional de Ecología al personal operativo es el adecuado, no obstante en Ciudad Acuña se debe identificar y capacitar a un segundo operador para respaldar al primer

operador. El número de operadores capacitados en Piedras Negras (dos) es el adecuado.

3. Como segunda prioridad, se recomienda que ambas ciudades monitoreen  $\text{SO}_2$ , plomo, y posiblemente ozono, en los mismos lugares en donde están los monitores  $\text{PM}_{10}$ , esto requerirá la compra de monitores y equipo relacionado y la capacitación de operadores. (En el reporte se menciona una ubicación alternativa para el monitor de plomo). Aún cuando no se necesitan operadores adicionales, el tiempo total que se requiere para la operación de este equipo, y la cantidad de tiempo que ambos operadores le dedican diariamente a la operación y mantenimiento de la red para analizar la información, incrementaría hasta en 8 horas por día. Es importante monitorear  $\text{SO}_2$  debido a la cercanía de las plantas de energía eléctrica carbón I y II. El monitorear el plomo es importante debido a que existen numerosos vehículos antiguos que no cuentan con control de emisiones y por el uso potencial de gasolina sin plomo. (Las emisiones de plomo también pueden estar relacionadas con las operaciones de la fábrica de acero y la quema de basura en los basureros). El monitorear el ozono, aún cuando no es una necesidad crucial, es algo deseable debido a la presencia de precursores de ozono (por ejemplo, óxidos de nitrógeno de las plantas de energía y los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) de las fábricas locales). El monitor y registrador de datos de  $\text{SO}_2$  que se encuentra en Piedras Negras necesita reparación y materiales relacionados con éste.

4. El estado de Coahuila tiene un papel muy importante para asegurar la operación exitosa de la red de monitoreo del aire en Ciudad Acuña y Piedras Negras. En particular, se recomienda que el estado de Coahuila establezca un programa comprensivo de vigilancia de calidad y proporcione capacitación periódica al operador. También pueden existir otras ventajas al permitir que el estado de Coahuila coordine la compra, la preparación, y el manejo de todos los suministros y equipo de monitoreo, y el acondicionamiento y análisis de filtros de partículas. Finalmente, se recomienda que el estado de Coahuila sea el responsable de toda la coordinación con el Instituto Nacional de Ecología en la Ciudad de México. Estas actividades de vigilancia pueden ser realizadas por un coordinador estatal de calidad de aire.

## 1.0 INTRODUCCIÓN

Las ciudades de Ciudad Acuña y Piedras Negras y el estado de Coahuila en México están interesadas en mejorar la capacidad de monitorear la calidad del aire ambiental en las dos ciudades por medio del establecimiento de una red de monitores del aire ambiental. El propósito de las redes es el determinar la exposición de la población a contaminantes dañinos en el aire, que posiblemente incluyen: dióxido de sulfuro ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), monóxido de carbono (CO), total de materia de partículas suspendidas (total suspended particulate matter--TSP), materia de partículas con diámetro aerodinámico menor a  $10\ \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), y plomo. Las redes no tienen como objetivo el evaluar otros aspectos de la calidad del aire ambiental, tales como concentraciones de contaminantes tóxicos del aire o fenómenos de transporte regional.

Este reporte presenta los resultados de una evaluación del equipo y las instalaciones de monitoreo de calidad del aire que se encuentran actualmente en Ciudad Acuña y Piedras Negras. Además, el reporte presenta recomendaciones para la creación de una red de monitoreo de calidad del aire de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ , plomo y ozono en estas ciudades, utilizando tanto el equipo nuevo como el ya existente. También se presentan los recursos humanos disponibles actualmente y los que se necesitan para operar y mantener la red.

En la Sección 2, el reporte presenta los antecedentes del estudio, en la Sección 3 se presenta un debate de los criterios utilizados para la selección de ubicaciones potenciales de las estaciones de monitoreo y el equipo, en la Sección 4 aparece el enfoque de visitas a los sitios y las observaciones, y en la Sección 5 las recomendaciones. Además, los anexos cuentan con la información que se utilizó para darle soporte al estudio.

## 2.0 ANTECEDENTES

La región de la frontera de México y EE.UU. se define típicamente como la región de 100 km en cualquiera de los dos lados de la frontera internacional de 3,200 km entre México y los Estados Unidos. Catorce pares de ciudades mexicanas y norteamericanas comparten la capa de aire a lo largo de la región fronteriza. Ciudad Acuña y Piedras Negras están ubicadas dentro de esta región fronteriza.

Con el acuerdo de La Paz, en 1993, se estableció formalmente la cooperación entre las autoridades ambientales mexicanas y norteamericanas. En 1992, el plan ambiental integrado para el área de la frontera entre México y EE.UU. (Integrated Environmental Plan for the Mexican--U.S. border area--IBEP) estableció las metas para la calidad ambiental de la frontera; actualmente se encuentra en desarrollo un acuerdo para dar seguimiento a los planes a largo plazo para la calidad ambiental de la frontera.

El resto de esta sección contiene una breve descripción de las autoridades normativas mexicanas y norteamericanas, las características de Ciudad Acuña y Piedras Negras, una revisión de los datos históricos sobre la calidad del aire, el enfoque del estudio y el itinerario de las visitas a los sitios.

### 2.1 AUTORIDADES NORMATIVAS MEXICANAS Y NORTEAMERICANAS

La protección y restauración ambiental en México ha sido ordenada por provisiones constitucionales bajo la Ley general de equilibrio ecológico y de protección ambiental. Esta ley se implementa siguiendo seis cláusulas, como se indica a continuación: Cláusula I- Provisiones Generales, Cláusula II- Áreas Naturales Protegidas, Cláusula III- Uso Racional de Elementos Naturales, Cláusula IV- Protección Ambiental, Cláusula V- Participación Pública, y Cláusula VI- Medidas de Control, Seguridad y Sanciones.

La Cláusula I- Provisiones Generales, regula la autoridad de los gobiernos locales,

estatales y federales. A partir del 25 de mayo de 1992, a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) se le asignó la responsabilidad de vigilar el cumplimiento de las leyes ambientales federales. Dos agencias principales constituyen SEDESOL: (1) el Instituto Nacional de Ecología (INE) el cual es el responsable de establecer las políticas ambientales y de administrar las regulaciones y (2) la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la cual es responsable de vigilar el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

La Cláusula IV- Protección Ambiental regula siete categorías generales de protección ambiental. La primera categoría abarca la contaminación del aire, en ésta se hacen recomendaciones sobre el control de la contaminación del aire y la clasificación de fuentes de emisiones estáticas y dinámicas. Los gobiernos estatales y locales tienen jurisdicción sobre las emisiones de aire, y las regulaciones que gobiernan el control de contaminación del aire exigen que las industrias que planean liberar emisiones hacia la atmósfera obtengan una licencia operacional. La creación de estándares de calidad del aire está bajo la autorización de la Ley Federal de Mediciones y Estándares con fecha 1º de julio de 1992. La Agencia de estándares ambientales del INE crea los estándares de calidad del aire y proporciona una guía normativa de muestreo y la metodología analítica necesaria para llevar a cabo el monitoreo del aire.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, con la autorización del Acta del Aire Puro (Clean Air Act) y sus enmiendas, han dictado los estándares primarios y secundarios nacionales de calidad del aire ambiental (National ambient air quality standards - NAAQS). (En los cuales los estándares primarios tienen por objetivo proporcionar protección inmediata a la salud pública, los estándares secundarios se encargan del bienestar público.) Los estándares primarios de los Estados Unidos aparecen en la Tabla 2-1 y se comparan con los estándares mexicanos similares.

La información del monitoreo de la calidad del aire en los Estados Unidos se utiliza para determinar si un área cuenta con los estándares NAAQS y evaluar las estrategias de control de contaminación del aire. Consecuentemente, los estándares NAAQS y sus redes de monitoreo de aire ambiental relacionadas con éstos, ofrecen un medio para evaluar y analizar el cumplimiento con los límites normativos dentro de un área geográfica definida. Se han recomendado métodos de referencia para monitorear los estándares NAAQS de los contaminantes utilizando un muestreo y técnicas analíticas uniformes. La Tabla 2-2 identifica la referencia y los métodos

equivalentes para los seis estándares NAAQS de los contaminantes que se enlistan en la Tabla 2-1.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE CIUDAD ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS

En la Tabla 2-3 se encuentra un resumen de las características de Ciudad Acuña y Piedras Negras. Ambas ciudades son de tamaño moderado, y a pesar de que ninguna de las dos ciudades tiene industrias grandes, ambas cuentan con varias fábricas y talleres pequeños y medianos. Además, en ambas ciudades periódicamente suceden polvaredas que se originan de caminos no pavimentados y de terrenos áridos que rodean a las ciudades.

Ambas ciudades cuentan con numerosas "maquilas" o "maquiladoras" o "plantas gemelas". Estas instalaciones industriales fueron originalmente establecidas por el gobierno mexicano en 1966 bajo el Programa de Industrialización de la Frontera. Este programa fue creado en México para ayudar a ofrecer empleo a los trabajadores mexicanos a lo largo de la frontera con EE.UU. ayudando, de esta manera, a aligerar el desempleo que ocasionó la terminación del Programa de Braceros y la competencia internacional con los fabricantes de Asia. A principios de la década de los 80, el gobierno mexicano ofreció oportunidades económicas especiales e incentivos a compañías extranjeras para establecer instalaciones a lo largo de la región fronteriza entre México y EE.UU. Las ciudades de Ciudad Acuña y Piedras Negras participaron en este programa.

El número total de plantas extranjeras en la región tuvo un crecimiento sostenido desde principios de los años 80 hasta existir aproximadamente 2,000 instalaciones en 1996, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas como se ilustra en la Figura 2-1. Las actividades de las maquiladoras son tan heterogéneas como los dos países que participan en el programa, abarcan desde ensamblaje de productos terminados hasta la producción de alimento para animales y piezas para la industria automotriz. Según se ilustra en la Figura 2-2, más del 30% de las instalaciones ensamblan, reconstruyen, o construyen materiales relacionados con componentes electrónicos. Estas instalaciones tienen el potencial de emitir una gran gama de sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas que pueden afectar la calidad

del aire localmente al igual que regionalmente. La Tabla 2-4 enlista las  
**TABLA 2-1. COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES PRIMARIOS DE CALIDAD DEL  
 AIRE AMBIENTAL ENTRE MEXICO Y LOS EE.UU.**

Contaminante	México		Estados Unidos	
	Estándar	Promedio	Estándar	Promedio
PM <sub>10</sub>	150 g/m <sup>3</sup>	24 hrs	150 g/m <sup>3</sup>	24 hrs
	50 g/m <sup>3</sup>	Media aritmética anual	50 g/m <sup>3</sup>	Media aritmética anual
TSP	260 g/m <sup>3</sup>	24 hrs	--	--
	75 g/m <sup>3</sup>	Media aritmética anual	--	--
SO <sub>2</sub>	0.13 ppm	24 hrs	0.14 ppm	24 hrs
	0.03	Media aritmética anual	0.03 ppm	Media aritmética anual
O <sub>3</sub>	0.11 ppm	1 hr	0.12 ppm	1 hr
NO <sub>2</sub>	0.21 ppm	1 hr	0.25 ppm	1 hr
	--	--	0.053 ppm	Media aritmética anual
CO	11 ppm	8 hrs	9 ppm	8 hrs
	--	--	35 ppm	1 hr
Pb	1.5 g/m <sup>3</sup>	3 meses	1.5 g/m <sup>3</sup>	3 meses

**TABLA 2-2. REFERENCIA NORTEAMERICANA Y MÉTODOS EQUIVALENTES**

Contaminante	Método
TSP	Sondeo de alto volumen (manual)
PM <sub>10</sub>	Sondeo de alto volumen (manual)
	Microbalances de calibrador Beta (automatizado)
Plomo	Sondeo de alto volumen con absorción atómica (manual)
SO <sub>2</sub>	Método de Pararosanilina (manual)
	Espectroscopía Fluorescente (automatizado)
O <sub>3</sub>	Quimiluminiscencia con etileno (automatizado)
NO <sub>2</sub>	Quimiluminiscencia con ozono (automatizado)
CO	Espectroscopía infrarojo no dispersiva (automatizado)

TABLA 2-3. CARACTERÍSTICAS DE CIUDAD ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS

Ciudad	Ciudad Acuña	Piedras Negras
Ubicación	En el estado de Coahuila, cerca de la frontera con Estados Unidos, aprox. 2 km al sur de Del Rio, Texas	En el estado de Coahuila, cerca de la frontera con Estados Unidos, aprox. 5 km al sur de Eagle Pass, Texas
Población	87,000 habitantes	98,185 habitantes
Industria	Cableado automotriz, tapices para asientos, envasado de agua y cebos para pescar.	Fabrica de reciclaje de acero, fabricación de pequeños motores y componentes eléctricos.
Fuentes principales y contaminantes	No existen fuentes importantes, sin embargo, se cree que varias pequeñas empresas emiten compuestos orgánicos volátiles (en inglés, VOC); existe una cantidad considerable de polvo ambiental proveniente de caminos no pavimentados y terrenos áridos alrededor de la ciudad; la quema de basura local y de llantas.	Existe una fabrica de reciclaje de acero con grandes almacenes; también grandes centrales eléctricas ubicadas a 30 km al sur de la ciudad; existe una cantidad considerable de polvo ambiental proveniente de caminos no pavimentados y terrenos áridos alrededor de la ciudad.
Vientos prevalecientes	Generalmente del Sur al Este Sureste; ocasionalmente del Norte al Norte-Noreste; los vientos son calmados aproximadamente 8% del tiempo.	Generalmente del Sur al Este Sureste; ocasionalmente del Norte al Norte-Noreste; los vientos son calmados aproximadamente 8% del tiempo; se reportan vientos del Sureste en la noche.
Uso de terrenos	Vivienda: 53% Industria: 22% Agricultura: 21% Caminos: 4%	Vivienda: 50% Industria: 7% Agricultura: 16% Caminos: 13% Otros usos: 14%
Datos adicionales	Área: 26 km <sup>2</sup> (10 mi <sup>2</sup> ) Temp. prom.: 21.5 C (71 F) Precip. pluvial prom.: 51.5mm (2") Altura: 220 metros No. de vehículos 12,000	Área: 36 km <sup>2</sup> (14 mi <sup>2</sup> ) Temp. prom.: 21.5 C (71 F) Precip. pluvial prom.: 51.5mm (2") Altura: 250 metros No. de vehículos: 20,000

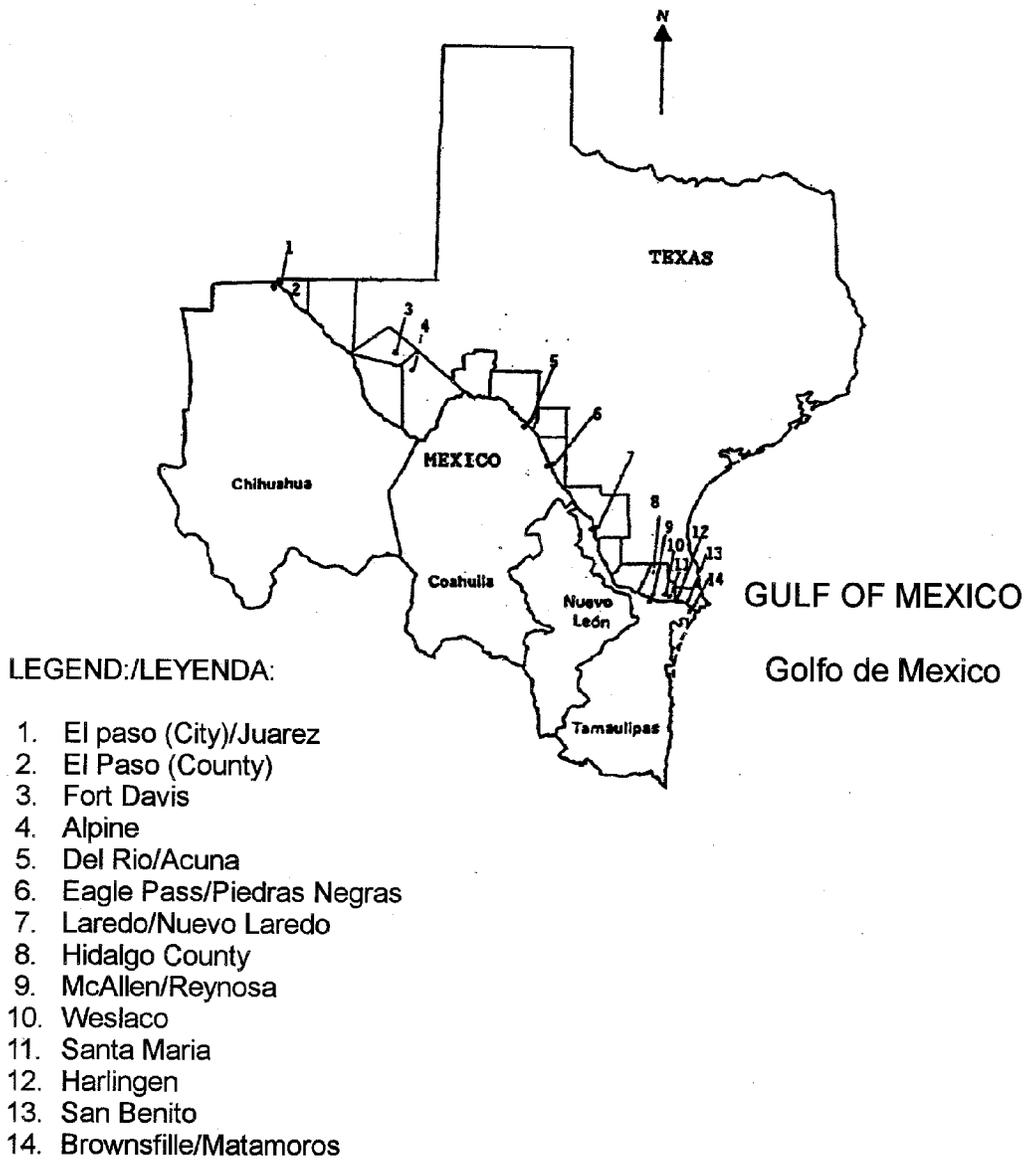


Figure 2-1. Mexican states and cities containing Maquilas along the Texas/Mexican border.

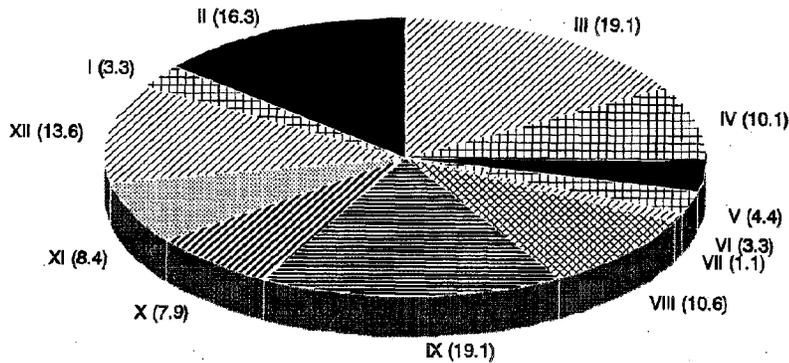
Figura 2-1. Estados mexicanos y ciudades en las que se encuentran Maquiladoras a lo largo de la frontera de Texas y México.

## Categories of Maquilas on the Texas-Mexico Border

CATEGORY (% of facilities)

## Categorías de Maquiladoras a lo largo de la frontera de Texas y México

CATEGORÍA (% de instalaciones)



I.	Electronic material accessories	I.	Accesorios para materiales electrónicos
II.	Assembly of electrical electronic machinery, equipment, & goods	II.	Ensamblaje de maquinaria, equipo y artículos eléctricos y electrónicos
III.	Construction, rebuilding, assembly of transport equipment and accessories	III.	Construcción, reconstrucción, y ensamblaje de equipo de transporte y accesorios
IV.	Textiles and wearing apparel	IV.	Prendas de vestir y textiles
V.	Assembly of metallic & wooden furniture accessories	V.	Ensamblaje de accesorios metálicos y de madera para muebles
VI.	Services	VI.	Servicios
VII.	Toys and sporting goods	VII.	Juguetes y artículos deportivos
VIII.	Assembly of equipment tools and parts (non-electrical)	VIII.	Ensamblaje de herramientas y partes para equipos (no eléctricos)
IX.	Shoes and leather goods	IX.	Zapatos y artículos de piel
X.	Food processing	X.	Procesamiento de alimentos
XI.	Chemical products	XI.	Productos químicos
XII.	Other manufacturing and assembly products	XII.	Otros Productos de manufactura y ensamblaje

Figure 2-2. Categories of Maquilas along the Texas/Mexican border.

Figura 2-2. Categorías de Maquiladoras a lo largo de la frontera de Texas y México.

maquiladoras principales que emplean más de 100 trabajadores y la categoría de contaminante de aire que le corresponde, tanto para Ciudad Acuña como para Piedras Negras. El origen de las emisiones para ambas ciudades se resume a continuación, en base al tipo de contaminante.

**SO<sub>2</sub>.** Se origina principalmente por fuentes de combustión de carbón y petróleo, refinerías, fábricas de papel y pulpa; y fundidoras de metales no ferrosos. Las ciudades de Ciudad Acuña y Piedras Negras no cuentan con puntos de emisión estacionarios de fuentes de SO<sub>2</sub>. Además, la calefacción de hogares es mínima, con pocos hornos de combustión. Las únicas fuentes puntuales principales de SO<sub>2</sub> en la región son las plantas de energía Carbón I y II. Las plantas Carbón I y II forman un complejo de estaciones generadoras eléctricas de carbón que se encuentran aproximadamente a 30 km. al sur de Piedras Negras en la carretera 57. Estas plantas de energía son consideradas como operaciones de la "boca de la mina" porque están ubicadas en el único sitio en México con depósitos de carbón comercial, del que se tiene conocimiento actualmente. La planta Carbón I es una planta de energía de 1,200 megawatts (Mw) que consiste de cuatro unidades separadas de 300 Mw. Esta planta ha estado generando electricidad desde principios de la década de los 80, la cuarta unidad entró en línea a fines de 1986. La Planta Carbón II, es una planta de 1,400 Mw que consiste de cuatro unidades de 350 Mw, actualmente solamente dos de las cuatro unidades están en línea. Las Plantas Carbón I y II representan aproximadamente el 9 por ciento de la capacidad generadora de energía de México, con un consumo total de carbón de 8 millones de toneladas anualmente. Ambas plantas tienen dispositivos de control de emisión de partículas en las unidades operativas, pero no cuentan con controles de emisión de SO<sub>2</sub>. Los vientos prevalecientes en la región del sureste tienen el potencial de transportar las emisiones de SO<sub>2</sub> de las Plantas Carbón I y II hacia el área general de Ciudad Acuña y Piedras Negras.

**CO.** Es un gas tóxico, incoloro e inodoro producido por la combustión incompleta de carbono en combustibles. Cerca de dos terceras partes de las emisiones de CO provienen de transportes. Consecuentemente, las concentraciones más altas se encuentran a lo largo de carreteras muy transitadas. Tanto Ciudad Acuña como Piedras Negras tienen numerosos automóviles circulando en áreas geográficas relativamente pequeñas. Además, varios de los

TABLA 2-4. MAQUILADORAS EN CIUDAD ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS

Industria	Producto	Contaminantes del aire potenciales
<b>CIUDAD ACUÑA/DEL RIO</b>		
1. A.D. Smith Electrical	Motores herméticos	VOCs
2. ALCOA Fujikura	Arneses Wiess	VOCs
3. Allied Signal Automotive	Compresores, secadoras	VOCs
4. Border Opportunity Saver Systems	Pañales, bolas de algodón	PM <sub>10</sub> /VOCs
5. Carolina Coupon	Cupones comerciales	VOCs
6. Douglas & Lomason	Tapicería automotriz	VOCs
7. Eagle Picher Construction	Partes de acero soldado	PM <sub>10</sub> /VOCs
8. Gateway Safety Systems	Cinturones de seguridad	PM <sub>10</sub> /VOCs
9. General Electric	Dispositivos de cableado	VOCs
10. Irvin Automotive Products	Artículos de acabado	VOCs
11. N.S.C. Electronics	Equipo de prueba	VOCs
12. SAS of Del Rio	Zapatos	VOCs
13. Sunbeam Products	Licadoras	VOCs
<b>PIEDRAS NEGRAS/EAGLE PASS</b>		
1. Alamo Lumber	Materiales de construcción	PM <sub>10</sub>
2. Eagle Broom	Escobas	PM <sub>10</sub>
3. Maverick Arms	Escopetas de bomba	VOCs
4. Newell Recycling	Reciclaje de metales	PM <sub>10</sub>
5. Texas Apparel	Ropa para el trabajo	PM <sub>10</sub>
6. Williamson-Dickie Company	Pantalones Jeans	VOCs/PM <sub>10</sub>

automóviles son modelos antiguos que generalmente cuentan con cámaras de combustión menos eficientes y por lo tanto, arrojan mayores emisiones de CO que los modelos nuevos.

**NO<sub>x</sub>.** Esta emisión proviene principalmente de combustiones de combustible. Son pocos los procesos industriales que emiten NO<sub>x</sub>. Una pequeña fracción del total de emisiones de NO<sub>x</sub> consisten de NO<sub>2</sub>, y la mayor parte del NO<sub>2</sub> que se encuentra en la atmósfera, proviene de la oxidación atmosférica de NO a NO<sub>2</sub>. (Sin embargo, cuando el ozono se encuentra presente, el proceso de oxidación de NO a NO<sub>2</sub> acontece rápidamente). No se encuentra ninguna otra fuente principal de NO<sub>x</sub> en Ciudad Acuña o en Piedras Negras. Sin embargo, existe la posibilidad de que el NO<sub>x</sub> que llega a las ciudades provenga de las plantas Carbón I y II.

**O<sub>3</sub>.** No se emite directamente hacia la atmósfera, sino que resulta de una compleja reacción fotoquímica que incluye compuestos orgánicos, NO<sub>x</sub>, y luz solar. La acumulación de oxidantes de ozono tiende a ser lenta y sucede en áreas relativamente extensas. Las concentraciones más altas de ozono generalmente suceden a varios kilómetros de las áreas industriales en la dirección a favor del viento. La concentración de ozono se espera que sea relativamente menor dentro de los límites de las ciudades de Ciudad Acuña y Piedras Negras debido a los constantes vientos, a bajas emisiones de NO<sub>x</sub>, y a la presencia de emisiones de compuestos orgánicos provenientes de instalaciones manufactureras, generalmente ubicadas cerca de los perímetros de la ciudad. Aún cuando el ozono puede estar presente en las dos ciudades, actualmente no existen datos de monitoreo de ozono.

**TSP/PM<sub>10</sub>.** Estas materias de partículas forman una extensa clase de sustancias sólidas y líquidas transportadas por el aire, que varían enormemente en sus propiedades físicas y químicas. Existen dos tipos distintivos de emisiones de partículas: partículas gruesas y partículas finas. Las partículas gruesas (de 2.5 micrones a 10 micrones de diámetro) generalmente constituyen la mayor parte de la masa total de partículas e incluyen partículas formadas por procesos antropogénicos y polvo retenido en la superficie. Las partículas finas (menos de 2.5 micrones) generalmente provienen de procesos de combustión, incluyendo la condensación y transformación atmosférica de gases de escape a partículas. Los contaminantes que contribuyen a la formación de partículas finas incluyen: sulfatos, nitratos, productos orgánicos condensables, amoníaco y plomo. Debido a que Ciudad Acuña y Piedras Negras

están ubicadas en áreas áridas con una precipitación pluvial mínima, el polvo retenido en el aire puede ser un problema. Las industrias locales y los automóviles también contribuyen a la formación de concentraciones de partículas en la atmósfera.

**Pb.** El principal origen del plomo es el uso de gasolina sin plomo en los automóviles. La gasolina sin plomo ha sido eliminada progresivamente en Piedras Negras, pero aún es utilizada en Ciudad Acuña. También pueden existir otras fuentes industriales de plomo en las dos ciudades (la quema de basura en el basurero en Ciudad Acuña y la fábrica de reciclaje de acero en Piedras Negras), aunque las emisiones de estas fuentes son menores.

### 2.3 REVISIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE LA CALIDAD DEL AIRE

En los últimos 25 años se han llevado a cabo varios estudios de monitoreo del aire ambiental tanto en Ciudad Acuña como en Piedras Negras, a pesar de que la mayor parte de los datos sólo han sido validados en los últimos 17 años. Estos datos provienen de la Comisión de Conservación de Recursos Naturales de Texas (Texas Natural Resource Conservation Commission -TNRCC), del Departamento de Salud de la Ciudad y el Condado de El Paso, del gobierno del estado de Coahuila, y de la EPA.

El primer monitoreo de aire ambiental realizado en la frontera fue realizado por el Servicio de Salud Pública de EE.UU. (U.S. Public Health Service--PHS), iniciándose en 1954, como parte de su red de muestreo del aire nacional. En 1957, el Departamento de Salud de la Ciudad y el Condado de El Paso empezaron a monitorear TSP, y posteriormente en 1957, la TNRCC (en aquel entonces denominada Junta de Control del Aire de Texas) empezó un programa de muestreo a todo lo largo de los 1,600 km. de frontera. La mayor parte de los datos recopilados incluyen el monitoreo de TSP y metales y el continuo monitoreo de SO<sub>2</sub>. Sin embargo, como se identifica en la Tabla 2-5, otros contaminantes también han sido monitoreados en las áreas que rodean a Ciudad Acuña y Piedras Negras en los últimos 25 años, haciendo uso de una gran variedad de metodologías. La calidad de estos datos varía de excelente en relación al TSP a mediocre en relación al SO<sub>2</sub>. Los primeros datos no cuentan con procedimientos de control de calidad, ya que estos no se iniciaron sino hasta mediados de la década de los 70. Como se indica en la Tabla 2-6, el monitoreo a menudo incluía la evaluación de TSP con un análisis subsecuente de metales y no-metales capturados en el filtro de alto volumen.

**TABLA 2-5. MONITOREO DEL AIRE AMBIENTAL CERCANO A ACUÑA Y PIEDRAS NEGRAS, PERÍODO DE AÑOS**

Ubicación del Monitoreo del Aire Ambiental	Contaminante				
	TSP	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Pb	Otros, Incluyendo Metales
	Período de Años				
1. Del Rio, TX (cerca de Ciudad Acuña)	1975-1984	1975	1975	1975-1984	1975-1984
2. Eagle Pass, TX (cerca de Piedras Negras)	1971-1984	1973-1976	1973-1976	1973-1976	1973-1976

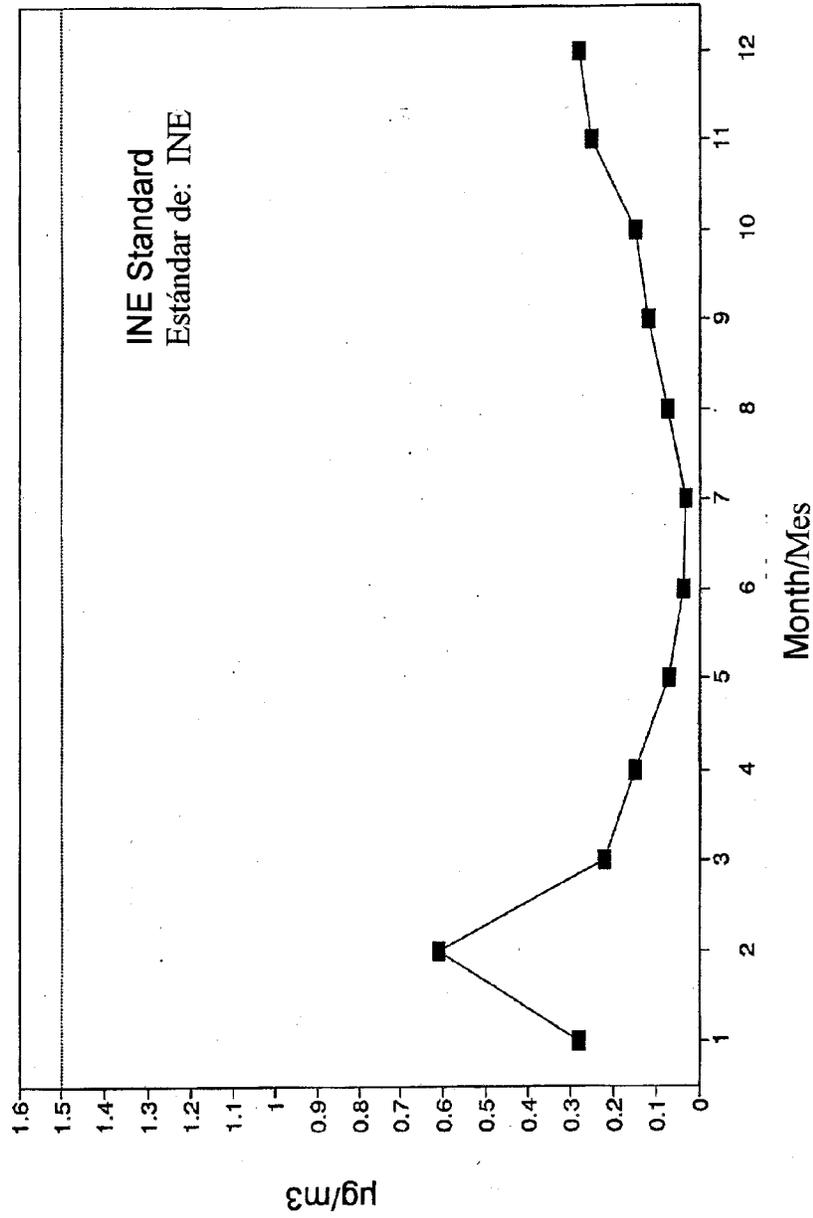
Sin embargo, la revisión de los datos indica que, a excepción del plomo, los metales generalmente no fueron detectados durante los periodos de monitoreo identificados en la Tabla 2-5.

**TABLA 2-6. ANÁLISIS DE FILTRO DE ALTO VOLUMEN PARA METALES Y NO METALES**

<u>No-metales</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>TSP, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, benzene soluble organics (BSO) (Partículas orgánicas solubles en benceno)</li> </ul>
<u>Metales</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Metal NAAQS: Pb</li> <li>Otros Metales prioritarios: As, Cd, Cr</li> <li>Metales intermedios: Co, Hg, Mn, Ni, Sb, Sn</li> <li>Metales raros: Be, La, Sr, V, Co, Mo, Ti, Ge, Rb, Tl</li> <li>Metales presentes en la naturaleza: Al, Cu, Ba, Si, Fe, Se, Br, I, Ca, K, Zn, Cl, P</li> </ul>

Figura 2-3 Concentraciones de plomo en Ciudad Acuña. Las Figuras 2-3 y 2-4 muestran las concentraciones de plomo en Ciudad Acuña y Piedras Negras, respectivamente, durante el período de monitoreo de 1976-1977. El estándar de plomo en la calidad del aire en México es de 1.5 microgramos por metro cúbico durante un período promedio de 3 meses. Con respecto a TSP, las Figuras 2-5 y 2-6 ilustran un periodo de monitoreo de 10 años en Ciudad Acuña y Piedras Negras. El standard Nacional para ese periodo fue de de 75 microgramos por metro cúbico basado en una medida geometrica anual y

1976-77 Lead Data for Acuna  
 DATOS SOBRE PLOMO EN ACUÑA DURANTE 1976-77

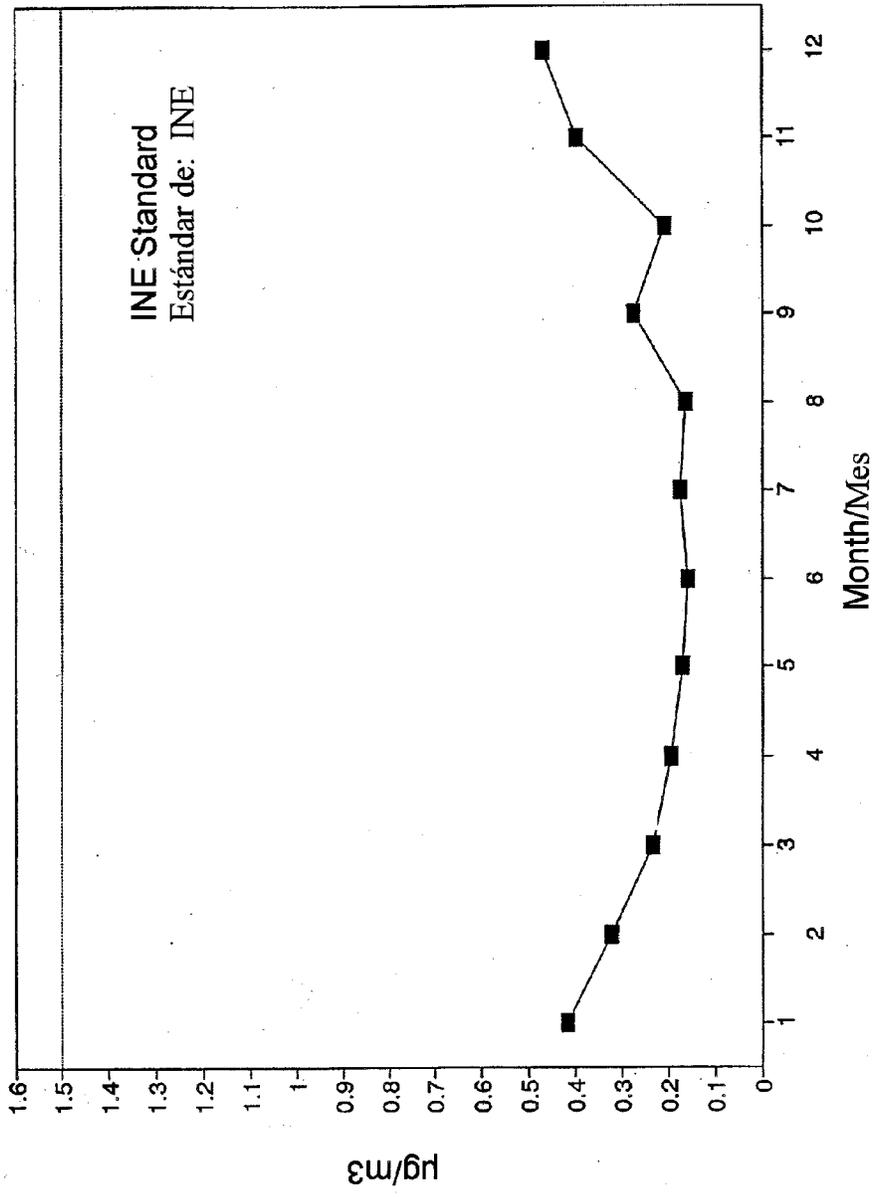


from: Shields, 1991  
 fuente: Shields, 1991

Figure 2-3. Typical lead concentrations for Ciudad Acuña.

Figura 2-3. Concentraciones típicas de plomo en Ciudad Acuña.

1976-77 Lead Data for Piedras Negras  
 DATOS SOBRE PLOMO EN PIEDRAS NEGRAS DURANTE 1976-77

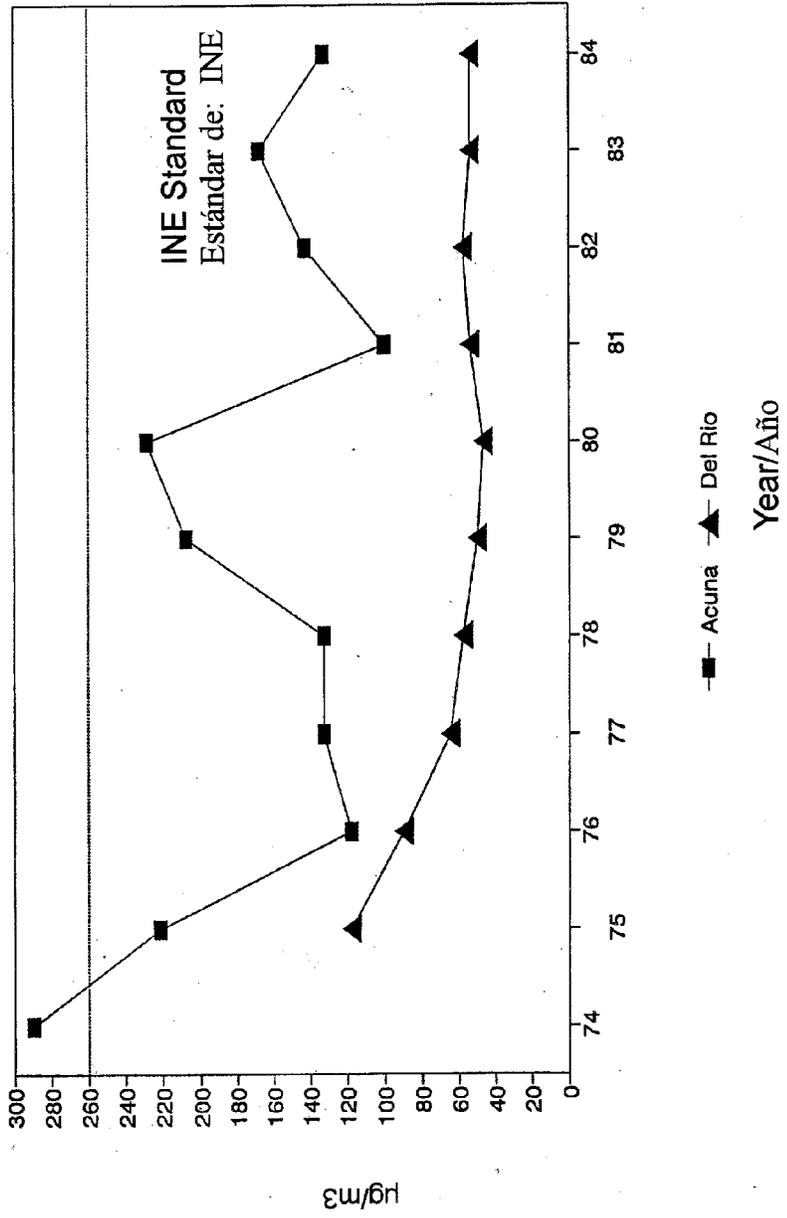


from: Shields, 1991  
 fuente: Shields, 1991

Figure 2-4. Typical lead concentrations for Piedras Negras.

Figura 2-4. Concentraciones típicas de plomo en Piedras Negras.

1974-84 TSP Data for Acuna & Del Rio  
 DATOS DE TSP PARA CIUDAD ACUÑA Y DEL RIO DURANTE 1974-1984

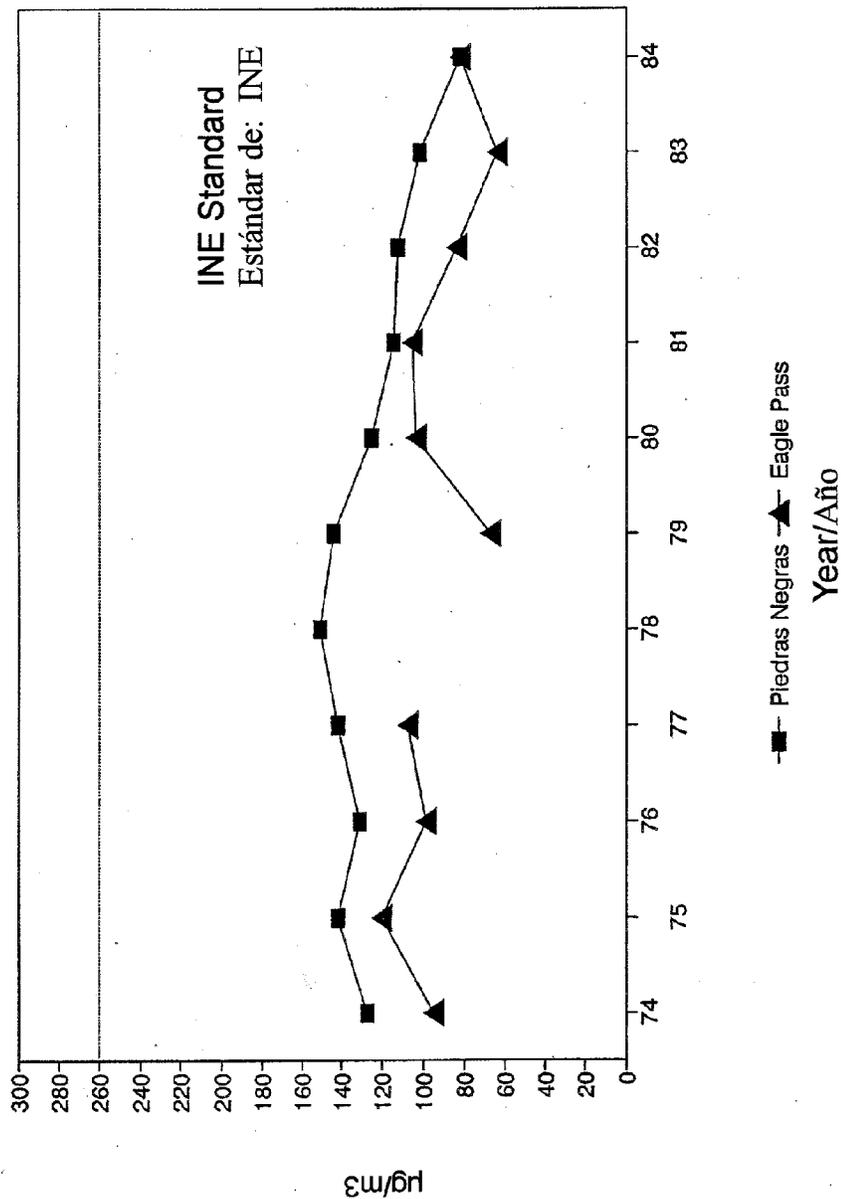


from: Shields, 1991  
 fuente: Shields, 1991

Figure 2-5. TSP concentrations for monitoring period 1974-84 for Ciudad Acuña and Del Rio.

Figura 2-5. Concentraciones de TSP durante el período de monitoreo de 1974 a 1984 para Ciudad Acuña y Del Rio.

1974-84 TSP Data for Piedras Negras & Eagle Pass  
 DATOS DE TSP PARA PIEDRAS NEGRAS Y EAGLE PASS DURANTE 1974-1984



from: Shields, 1991  
 fuente: Shields, 1991

Figure 2-6. TSP concentrations for monitoring period 1974-84 for Piedras Negras and Eagle Pass.

Figura 2-6. Concentraciones de TSP durante el período de monitoreo de 1974 a 1984 para Piedras Negras y Eagle Pass.

150 microgramos por metro cúbico basándose en una concentración máxima de 24 horas, sin que se sobrepase una vez al año.

Tanto la Ciudad Acuña como Piedras Negras se encuentran ubicadas cerca de la frontera suroeste de Texas a una altitud de 220 a 250 metros sobre el nivel del mar, el clima es semi-árido continental y la precipitación pluvial anual es insuficiente para los cultivos secos, promediando 19.6 pulgadas al año. Más del 80% de la precipitación anual promedio sucede entre abril y octubre. Durante este período, la lluvia consiste principalmente de chubascos y tormentas. La pequeña cantidad de precipitación que ocurre entre noviembre y marzo es generalmente una llovizna continua.

Los promedios de las temperaturas indican inviernos ligeros y veranos calientes. Los períodos fríos en invierno empiezan con vientos polvorientos, secos y fuertes que provienen del norte y suroeste conocidos como nortes. Durante el verano, los vientos generalmente provienen del sureste según se indica en los vientos reinantes en el anexo A de San Antonio, Texas para 1992 y los datos del viento de Del Rio, Texas de 1969 a 1984. El clima caliente persiste de fines de mayo a mediados de septiembre y se han llegado a registrar temperaturas arriba de 100°F (38°C) a principios de marzo y hasta en octubre. La humedad media de las primeras horas de la mañana es cerca del 79 por ciento la humedad media en la tarde es cerca del 44 por ciento. Predominan cielos claros o medio nublados y aún en los meses de invierno más nublados, la media del número de días nublados es menor que la media del número de días claros.

#### 2.4 ENFOQUE DEL ESTUDIO

El primer paso en la realización del estudio fue revisar la información disponible acerca de las dos ciudades, incluyendo mapas, inventarios de emisiones y datos meteorológicos y de calidad del aire. Basándose en esta revisión inicial, se tomaron las decisiones preliminares sobre las ubicaciones potenciales de los monitores.

El segundo paso fue revisar todas las referencias técnicas relevantes para obtener información con respecto a los procedimientos y a los criterios para la selección de las ubicaciones de los monitores para los contaminantes de interés. Como parte de esta revisión, se prepararon tres listas de verificación para ayudar a evaluar las instalaciones y equipo; analizar la disponibilidad de los recursos humanos que se requieren para operar y mantener una red de monitoreo y guiar la evaluación de las ubicaciones específicas prospectivas de los monitores.

Por último, 2 expertos en calidad del aire realizaron una visita de 5 días a los sitios en Ciudad Acuña y Piedras Negras. El propósito de visitar los sitios fue el de evaluar el equipo y los procedimientos existentes, analizar las necesidades de recursos humanos y elaborar recomendaciones para mejorar las estaciones de monitoreo existentes y los sitios de las nuevas estaciones. Durante la visita la mayor parte se dedicó a conversar con los funcionarios locales, estudiar datos topográficos, meteorológicos y de la población; evaluar el equipo existente y recorrer los sitios actuales y potenciales de monitoreo. Se llevaron a cabo conversaciones

minuciosas con los funcionarios locales con respecto a las necesidades de monitoreo de aire y los requerimientos de recursos humanos relacionados con esto.

Después de regresar de Ciudad Acuña y Piedras Negras se elaboraron las recomendaciones que se presentan en la Sección 5.0 para el mejoramiento del equipo y procedimientos existentes y para el establecimiento de las redes de monitoreo de calidad del aire. Durante el desarrollo de estas recomendaciones los autores se guiaron por los siguientes objetivos:

- El equipo existente y las ubicaciones de los monitores se deben conservar hasta donde sea posible.
- La compra de nuevo equipo, a pesar de que sea necesario, será limitada.
- Solamente aquellos contaminantes que se considere que contribuyen a la degradación de la calidad del aire deben ser monitoreados.
- Se debe considerar el nivel de entrenamiento y la habilidad del personal para la operación y el mantenimiento de las redes.

Basándose en estas consideraciones, se formularon las recomendaciones que permiten la evaluación de la calidad del aire en las ciudades, al mismo tiempo que se minimiza cualquier gasto innecesario.

## 2.5 ITINERARIO DE LA VISITA A LOS SITIOS

La visita a los sitios se llevó a cabo del 17 al 21 de junio de 1996, la realizaron dos especialistas en monitoreo de calidad del aire, los Sres. Lance Henning y Jerry Winberry de la Compañía MRI. El itinerario de la visita se resume en la tabla 2-7 y el anexo B se enlistan los funcionarios mexicanos que participaron en el estudio, incluyendo sus direcciones y números de teléfono.

TABLA 2-7. ITINERARIO DE LA VISITA A LOS SITIOS

Fecha	Actividad
Junio 17 (Lunes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llegada al aeropuerto de Del Rio, Texas, al mediodía.</li> <li>• Junta con representantes de Coahuila y Ciudad Acuña en el aeropuerto; cruzar la frontera en automovil rumbo a Ciudad Acuña</li> <li>• Recorrido de Ciudad Acuña e investigación de los sitios potenciales de monitoreo</li> </ul>
Junio 18 (Martes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Junta con los funcionarios administrativos y el personal técnico de Ciudad Acuña</li> <li>• Adquirir datos adicionales relacionados con inventarios de emisión, información meteorológica y tipográfica, y de recursos humanos</li> <li>• Continuar la investigación de los sitios potenciales de monitoreo</li> </ul>
Junio 19 (Miércoles)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>En la mañana</u>: Conclusión de la encuesta de sitios potenciales de monitoreo en Ciudad Acuña y viaje a Piedras Negras</li> <li>• <u>En la tarde</u>: Junta con el personal administrativo y técnico de Piedras Negras</li> </ul>
Junio 20 (Jueves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de los sitios potenciales de monitoreo en Piedras Negras</li> <li>• Adquirir datos adicionales relacionados con inventarios de emisión, información meteorológica y tipográfica, y de recursos humanos</li> </ul>
Junio 21 (Viernes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusión de la encuesta de sitios potenciales de monitoreo en Piedras Negras</li> <li>• Regreso a Del Rio para salir en un vuelo a media tarde</li> </ul>

Los Sres. Henning y Winberry primero viajaron a Ciudad Acuña, donde se reunieron con los funcionarios de la ciudad y del estado de Coahuila. Además fueron acompañados durante parte del viaje por la Srita. María Rodríguez del TNRRC. Durante los dos días y medio en Ciudad Acuña, los Sres. Henning y Winberry llevaron a cabo varias reuniones de trabajo, visitaron dos estaciones de monitoreo de  $PM_{10}$ , inspeccionaron dos monitores de  $PM_{10}$  que no están instalados, así como el equipo meteorológico. Además, visitaron los sitios potenciales para la ubicación de monitores adicionales. También se reunieron con el presidente municipal de la ciudad para hablar sobre objetivos del estudio.

Durante el resto de la semana, los Sres. Henning y Winberry viajaron a Piedras Negras en donde se reunieron con el Presidente Municipal, funcionarios de la ciudad y del estado de Coahuila y la Srita. Rodríguez de TNRCC. Las actividades incluyen visitas a cuatro sitios actuales de monitoreo de  $PM_{10}$ , inspección del libro de registros de datos y monitoreo de  $SO_2$ , y la revisión de un recipiente reporte gubernamental que contiene datos de monitoreo de partículas y un inventario de emisiones de la ciudad.

### 3.0 CRITERIOS PARA DISEÑAR UNA RED DE MONITOREO DEL AIRE

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Fue necesario desarrollar un claro entendimiento entre todas las personas involucradas acerca del propósito de la red antes de que se pudieran tomar decisiones respecto a las ubicaciones recomendadas de las estaciones de monitoreo. El principal objetivo del establecimiento de redes de monitoreo de la calidad del aire en las ciudades de Piedras Negras y Ciudad Acuña era *caracterizar la concentración de contaminantes en el aire urbano* y hacerlo *de manera costeable* empleando, en lo posible, el equipo de monitoreo disponible. La información recopilada por las redes será útil para calcular los niveles de exposición de la población residente y los trabajadores, las tendencias de la calidad del aire en toda la ciudad y la eficacia de cualquier estrategia futura de control de la contaminación ambiental.

#### 3.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS

Una vez definido el propósito de las redes, el próximo paso fue desarrollar los criterios generales para la ubicación de los monitores. Aunque las ubicaciones finales necesariamente dependen de las observaciones hechas durante la visita al sitio, las prioridades para colocar los monitores fueron determinadas de antemano para que sirvieran de guía durante la visita al sitio.

La selección del lugar apropiado es una de las tareas más importantes asociadas con el diseño de una red de monitoreo, dado que debe ser la ubicación más representativa para monitorear las condiciones de la calidad del aire. Los requerimientos generales de ubicación se identifican en el Anexo D del Código Federal de Regulaciones de los EE.UU. (U.S. Code of Federal Regulations) (40 CFR 58). Estos requerimientos ayudan a clasificar los lugares de acuerdo al objetivo propuesto y a la escala espacial de representatividad. Pautas más específicas se mencionan en los siguientes documentos publicados por la EPA:

- *Selección de sitios para el monitoreo de contaminantes atmosféricos fotoquímicos (Site Selection for the Monitoring of Photochemical Air Pollutants)*, US-EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA-600/7-88-022.
- *Pautas para el monitoreo ambiental y la prevención de una deterioración significativa (PDS) (Ambient Monitoring Guidelines for Prevention of Significant Deterioration) (PSD)*, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA-450/2-77-010.
- *Diseño de redes y criterios de exposición de sitios óptimos para materias de particulado (Network Design and Optimum Site Exposure Criteria for Particulate Matter)*, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 1983.
- *Diseño de redes para las estaciones locales y estatales de monitoreo del aire (ELEMA) y las estaciones nacionales de monitoreo del aire (ENMA). (Network Design for State and Local Air Monitoring Stations (SLAMS) and National Air Monitoring Stations (NAMS))*, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, Code of Federal Regulations, Title 40, Part 58, Appendix D, 1990.
- *Diseño de redes y criterios de exposición de sitios para hidrocarburos orgánicos sin metano (Network Design and Site Exposure Criteria for Nonmethane Organic Hydrocarbons)*, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, SYSAPP-89/138, 1989.

La base para la selección de la ubicación del monitor es hacer corresponder cada objetivo de monitoreo específico con un lugar en una escala apropiada de representación espacial y luego escoger una ubicación de monitoreo que sea característica de esa escala espacial. Usualmente, se aplican seis escalas espaciales para la ubicación de sistemas de monitoreo de contaminación atmosférica: microescala, escala intermedia, escala de vecindario (colonias), escala urbana, escala regional y escala global. Para comprender mejor el establecimiento de las escalas espaciales y su relación con el diseño de la red, a continuación se encuentra una breve descripción de cada una de las escalas.

- **Microescala.** A esta escala se asocian volúmenes de aire ambiental que tienen dimensiones que van desde varios metros hasta aproximadamente 100 metros. (p. ej., ozono, CO y NO<sub>x</sub>). Para los monitores de gas, esta escala se usa para evaluar

la distribución del gas dentro del penacho, ya sea sobre terreno plano o sobre terreno complejo o dentro de las cavidades de la estela de los edificios. En el monitoreo del total de partículas en suspensión (TSP) y de  $PM_{10}$ , esta escala se usa para caracterizar las emisiones procedentes de las inmediaciones de fuentes puntuales. Este tipo de escala también se puede usar para definir los efectos sobre la salud de ciertos individuos que permanecen cerca de una ubicación fija por largos períodos, como es el caso de los policías.

- **Escala intermedia.** Esta escala representa dimensiones que van de 100 metros a 0.5 kilómetros y caracteriza la calidad del aire en áreas de un tamaño equivalente a varias manzanas dentro de una ciudad. Algunos de los usos de los datos asociados con las mediciones de escala intermedia, tanto de gases como de TSP/ $PM_{10}$ , incluyen la evaluación de los efectos de las estrategias de control para reducir las concentraciones urbanas y el monitoreo de episodios de contaminación ambiental.
- **Escala de vecindario (colonia).** Las mediciones de la escala de colonias caracterizan las condiciones sobre áreas con dimensiones que van desde 0.5 km hasta 4 km. Esta escala se aplica en áreas donde la tasa de aumento o disminución del gradiente de concentración gaseoso y de TSP/ $PM_{10}$  es relativamente baja (p.ej., principalmente áreas suburbanas en las cercanías de los centros urbanos) y en grandes secciones de pueblos y ciudades pequeñas. En general, estas áreas son homogéneas en términos de perfil de concentración. Las mediciones de la escala de vecindario pueden ser asociadas con concentraciones de línea de base en áreas de crecimiento proyectado y en estudios sobre respuestas de la población a la exposición a contaminantes (p.ej., efectos sobre la salud). Asimismo, los máximos de concentración asociados con episodios de contaminación atmosférica pueden estar distribuidos de manera razonablemente uniforme sobre áreas de escala de vecindario. Las mediciones tomadas dentro de tales áreas representan concentraciones de escala de vecindario y de escala intermedia. Finalmente, esta escala se usa para hacer comparaciones entre vecindarios dentro de ciudades o de una ciudad a otra. Esta escala asimismo satisface la mayoría de los objetivos de planificadores y de personas que participan en el proceso de toma de decisiones a nivel urbano y regional.

- **Escala urbana.** Las mediciones a escala urbana caracterizan las condiciones sobre un área metropolitana entera. Tales mediciones son útiles para calcular las tendencias de la calidad del aire en toda una ciudad y, por ende, la eficacia de las estrategias de control de contaminación a gran escala. Las mediciones que representan áreas que abarcan toda una ciudad también sirven como base válida para hacer comparaciones entre diferentes ciudades.
- **Escala regional.** Las mediciones de la escala regional representan las condiciones sobre áreas con dimensiones de cientos de kilómetros. Estas mediciones se aplican principalmente a grandes áreas homogéneas, particularmente aquellas que están escasamente pobladas. Tales mediciones proporcionan información acerca de la calidad de fondo del aire y del transporte de contaminación entre regiones.
- **Escala global.** Esta escala de medición representa concentraciones que caracterizan el globo terráqueo como un todo. Tales datos son útiles en la determinación de las tendencias contaminantes, el estudio de los procesos de transporte internacional y global y la evaluación de los efectos de las políticas de control a escala global.

Con cualquier diseño de red de monitoreo, cada escala espacial se diseña para satisfacer los objetivos específicos de monitoreo. Los objetivos específicos de la mayoría de los diseños de redes de monitoreo son determinar (1) las concentraciones máximas que se espera que ocurran en el área cubierta por la red, (2) las concentraciones representativas en áreas de alta densidad de población, (3) el impacto de fuentes o categorías de fuentes significativas en los niveles de contaminante ambiental y (4) el fondo general de los niveles de concentración. El objetivo de la ubicación de estaciones de monitoreo del aire es hacer coincidir correctamente la escala espacial más apropiada al objetivo de monitoreo de esa estación. La Tabla 3-1 ilustra la relación entre los cuatro objetivos básicos de monitoreo y las escalas de representatividad generalmente más apropiadas para cada uno de esos objetivos.

### 3.3 CRITERIOS PARA LA COLOCACIÓN DE SONDAS

Una vez que los objetivos de monitoreo de los sitios se han definido bien, la colocación de los monitores debe determinarse en base a criterios específicos de ubicación de sonda. En 40 CFR 58, Apéndice E se dan algunas pautas para la ubicación de sondas una vez que se ha seleccionado la ubicación general de la estación. Es necesario apegarse a los criterios de ubicación para asegurar una recopilación uniforme de datos de calidad del aire que sean compatibles y comparables. Tal como se resume en las Tablas 3-2 y 3-3, los criterios de ubicación de sonda se refieren a la colocación horizontal y vertical de la sonda y a la distancia a obstrucciones, árboles y caminos.

TABLA 3-1. RELACIÓN ENTRE OBJETIVOS DE MONITOREO Y LAS ESCALAS DE REPRESENTATIVIDAD

Objetivo de monitoreo	Escalas de ubicación apropiadas
Concentración máxima	Microescala, escala intermedia y escala de vecindario (algunas veces urbana)
Población	Escala de vecindario (colonia), escala urbana
Impacto de fuente	Microescala, escala intermedia y escala de vecindario
Fondo general	Escala de vecindario (colonia)

Las Tablas 3-2 y 3-3 son específicas para sondeos o muestras de TSP/PM<sub>10</sub>. Sin embargo, posteriormente se resumen pautas más generales para todos los contaminantes.

- **Colocación vertical y horizontal de la sonda.** La altura de la entrada de la sonda o monitor debe estar tan cerca como sea posible de la zona de respiración y a 3 ó 15 metros de altura sobre el nivel del terreno. Se requiere una distancia mínima de separación de 2 metros entre la entrada de la sonda o monitor y cualquier pared, parapeto, penthouse, etc. para sondas ubicadas sobre techos u otras estructuras. Además, las sondas o monitores deben colocarse lejos de cualquier horno o conducto de incineración.
- **Distancia a las obstrucciones.** La sonda o monitor debe ubicarse lejos de obstáculos y edificios de modo que la distancia entre cualquier obstáculo y la entrada de la sonda o monitor debe equivaler a dos veces la altura de la diferencia de altura entre el obstáculo y el muestreador.

TABLA 3-2. CRITERIOS MÍNIMOS PARA LA COLOCACIÓN DE  
SONDAS DE TSP/PM<sub>10</sub>

Escala	Altura sobre el terreno, metros	Distancia a la estructura de soporte, metros	
		Vertical	Horizontal <sup>a</sup>
Microescala	de 2 a 7	--	>2
Escala intermedia, de vecindario, urbana, y regional	de 2 a 15	--	>2
<b>Otros criterios de separación</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debe estar a más de 20 metros de los árboles.</li> <li>2. La distancia del muestreador a los obstáculos, tales como edificios, debe equivaler a dos veces la altura de la diferencia de altura entre el obstáculo y el muestreador.</li> <li>3. Debe haber una corriente de aire ilimitada 270° alrededor de la entrada del muestreador.</li> <li>4. No debe haber cerca hornos ni conductos de incineración.</li> <li>5. La distancia a los caminos varía con el tráfico (vea la Tabla 3-3 y 40 CFR 58, Anexo E).</li> <li>6. La entrada del muestreador debe estar a por lo menos 2 m pero no a más de 4 m de cualquier otro muestreador PM<sub>10</sub> colocalizado (vea 40 CFR 58, Anexo A).</li> </ol>			

<sup>a</sup>Cuando la entrada se encuentra sobre una azotea, esta distancia de separación se refiere a las paredes, parapetos o penthouses ubicados en el techo.

TABLA 3-3. SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE LOS CAMINOS  
Y LAS ESTACIONES DE TSP/PM<sub>10</sub>

Tráfico promedio diario (vehículos por día)	Distancia mínima de separación (metros)
<10,000	>10
15,000	20
20,000	30
40,000	50
70,000	100
>110,000	>250

Una corriente de aire ilimitada en un arco de por lo menos 270° debe existir alrededor de la entrada de la sonda o monitor. Si la sonda se ubica en la pared lateral de un edificio, se necesita un espacio libre de 180°.

- **Distancia a los caminos.** Las emisiones del motor de los vehículos constituyen una fuente de particulado, plomo y emisiones orgánicas volátiles. Por lo tanto, debe mantenerse una distancia mínima de separación entre los caminos y los lugares de monitoreo para que puedan obtenerse datos válidos. La Tabla 3-3 proporciona las distancias mínimas de separación requeridas entre muestreadores y caminos para diversos volúmenes de tráfico cuando se monitorea TSP/PM<sub>10</sub>. También debe mantenerse una distancia mínima de separación entre la estación de muestreo y otras áreas de tráfico automotor, tales como los estacionamientos.
- **Distancia a los árboles.** Los árboles pueden proporcionar superficies de absorción y/o reacción y pueden afectar los patrones normales de circulación del viento. Para limitar estos efectos, las entradas de la sonda o monitores deben colocarse a por lo menos 20 metros de la línea de goteo de los árboles.

Al igual que los monitores de contaminación, las estaciones meteorológicas colocalizadas con monitores de particulado y/o monitores de gases deben ubicarse de modo que los datos de medición representen las condiciones meteorológicas que afectan el transporte y la dispersión de los contaminantes dentro del área de monitoreo. Las estaciones meteorológicas deben satisfacer los mismos criterios de ubicación que los monitores de contaminantes y deben colocarse lejos de la influencia cercana de árboles, edificios, pendientes empinadas, cerros, riscos y depresiones en los patrones del viento.

### 3.4 PRIORIDAD DE UBICACIÓN DE MONITORES

Teniendo en cuenta las pautas que hay en 40 CFR 58, Anexo D, la primera prioridad para la ubicación de los monitores en Ciudad Acuña y Piedras Negras fue colocar por lo menos una estación en un *área residencial*, donde hay una gran cantidad de individuos que reciben una exposición de 24 horas al día y donde hay poblaciones de alta sensibilidad (p. ej., niños y ancianos) y escuelas.

La segunda prioridad fue establecer una estación de monitoreo en un área industrial y/o de negocios, donde los niveles de exposición son probablemente más altos que en las áreas residenciales, pero donde la exposición de los trabajadores a esos altos niveles ocurre durante menos horas por día. La tercera prioridad fue ubicar un monitor cerca del centro de la ciudad para caracterizar las emisiones combinadas de todas las fuentes sobre una base de calidad de aire que abarque toda la ciudad. La última prioridad fue ubicar una estación de monitoreo contra el viento (en el sureste) de cada ciudad, para poder medir las concentraciones de fondo.

Durante la visita al lugar, los criterios de ubicación mencionados anteriormente se usaron en combinación con otras informaciones específicas del lugar a fin de desarrollar recomendaciones sobre los sitios específicos de monitoreo. Se evaluó la información relativa a factores tales como clima, topografía y distribución de la población. Además, para guiar la recopilación y evaluación de información específica del lugar, se revisaron una cantidad de referencias técnicas sobre la ubicación y operación del monitor, según se indica en la Sección 3.2. Posteriormente, se prepararon listas de verificación para facilitar las inspecciones del lugar.

La primera lista de verificación se diseñó para ayudar en la evaluación de las ubicaciones posibles de lugares de monitoreo por medio del realce de los factores cruciales de las decisiones de ubicación de monitores. Se trata de saber:

- Si la ubicación permitirá obtener una muestra representativa, incluyendo concentraciones promedio o concentraciones típicas en las áreas de interés.
- Si el lugar está sujeto a posibles interferencias de monitoreo o condiciones micrometeorológicas poco comunes.
- Si hay un camino de acceso adecuado, energía eléctrica y accesibilidad a los monitores.
- Si se pueden satisfacer los criterios de orientación y de colocación de la entrada con respecto a las corrientes de aire ilimitadas, las líneas de goteo de los árboles, la distancia a obstáculos cercanos y caminos, la distancia sobre el nivel del terreno, la distancia por encima de la caseta del instrumento y la elevación del terreno.
- Si el lugar puede asegurarse contra el vandalismo.

Esta lista de verificación aparece en la Figura 3-1.

equipo de monitoreo y de las instalaciones de laboratorio y para determinar la disponibilidad del equipo y materiales necesarios. Algunos de los artículos de la lista son, por ejemplo:

- ¿Qué instrumentos funcionan y qué instrumentos necesitan reparaciones?
- ¿Están disponibles las instrucciones de funcionamiento, los procedimientos de calibrado y los suministros, materiales y equipos relacionados con el monitoreo?
- ¿Hay espacio disponible en el laboratorio para el montaje, la calibración y el mantenimiento del equipo? Si es así, ¿qué suministros y servicios se incluyen en el laboratorio?

La tercera lista de verificación (vea la Figura 3-3) se diseñó para ayudar a evaluar los recursos humanos disponibles para la operación y el mantenimiento del equipo y para el análisis de datos. Esta lista de verificación incluye preguntas relacionadas con disponibilidad, experiencia, educación, nivel de habilidad y ubicación del personal.

Empleando los criterios generalizados de ubicación y la información de la lista de verificación, se llevaron a cabo varias inspecciones de los sitios y se desarrollaron recomendaciones acerca de posibles ubicaciones. En varias ocasiones, los sitios recomendados en la Sección 5.0 representan las ubicaciones de los monitores existentes; en otros casos, se recomendaron sitios completamente nuevos. Todo el proceso mediante el cual se desarrollaron las recomendaciones de ubicación se resume en la Figura 3-4.

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA UBICACIÓN  
DE ESTACIONES DE MONITOREO DEL AIRE

- Mediciones que deben hacerse en el sitio ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{PM}_{10/2,5}$ , parámetros meteorológicos)
  
- Descripción del lugar (p. ej., material de la superficie, terrenos aledaños, obstrucciones cercanas, vías de acceso y cualquier característica poco común)
  
- ¿Es la ubicación general representativa de un escenario de exposición prioritaria? Por ejemplo:
  - Áreas residenciales, escuelas, poblaciones de alta sensibilidad
  - Áreas comerciales o industriales
  - Emplazamiento en dirección a favor del viento cerca de los límites de la ciudad (especialmente para mediciones del ozono)
  - Emplazamiento contra el viento cerca de los límites de la ciudad (para mediciones de fondo)
  
- ¿Está el sitio suficientemente lejos de fuentes de emisión que puedan tener influencias o causar interferencia? Por ejemplo:
  - Fuentes puntuales:
    - Instalaciones industriales
    - Refinerías
    - Centrales eléctricas
    - Otros
  
  - Fuentes de áreas:
    - Polvo fugitivo
    - Aplicación de productos químicos agrícolas
    - Caminos (los criterios para ubicar los monitores lejos de los caminos se adjuntan; vea también la Tabla 3-3).

Figura 3-1. Lista de verificación para la ubicación de estaciones de monitoreo del aire.

- ¿Hay alguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes puedan influir en los resultados (especialmente para los particulados)?
- ¿Es el lugar apropiado para determinar los niveles de concentración promedio o típicos durante el período requerido para el cálculo del promedio? Por ejemplo:
  - Gases ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ )
  - Ozono (tomando en cuenta la hora del día y la dirección del viento cuando la reactividad fotoquímica es máxima)
  - Partículas ( $\text{PM}_{10/2,5}$  y plomo)
- ¿Es adecuada la vía de acceso?
- ¿Hay disponibilidad de energía eléctrica y líneas de transmisión de datos?
- ¿Puede asegurarse el lugar contra el vandalismo?
- ¿Hay edificios cercanos, árboles, características del terreno u otras obstrucciones que podrían alterar los patrones de circulación o servir como sumideros o superficies reactivas? Por ejemplo:
  - ¿Pueden separarse las entradas de sonda y los obstáculos cercanos una distancia equivalente a 2 ó 3 veces la altura que tiene el obstáculo por encima de la entrada de sonda?
  - ¿Puede proporcionarse una corriente de aire ilimitada (por lo menos  $270^\circ$ ) alrededor de la entrada de la sonda?
  - Para las mediciones de ozono ¿puede ubicarse el monitor en una colina pequeña para reducir el proceso destructivo de superficie? ¿Pueden evitarse las áreas bajas?
  - Para las mediciones de partículas ¿está el lugar a por lo menos 20 metros de la línea de goteo de los árboles?
- ¿Pueden colocarse las entradas de 3 a 15 metros por encima del nivel del terreno (idealmente tan cerca como sea posible de la zona de respiración pero lo suficientemente alto como para disminuir la posibilidad de vandalismo)? (para el particulado, el nivel especificado es de 2 a 15 metros.)
- ¿Pueden colocarse las entradas a 1 ó 2 metros por encima de la caseta del instrumento (por lo menos a 2 metros para las mediciones de particulado)? ¿Pueden evitarse las entradas que sobresalen por encima de las paredes de la caseta?

Figura 3-1. Continuación.

¿Se satisfacen los siguientes criterios de distancia mínima del camino a la ubicación del monitor?

Tráfico diario promedio en el camino (vehículos por día)	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo (metros)		
	CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
≤10,000	≥10	≥10	≥10
15,000	25	20	20
20,000	45	30	30
30,000	80	--	--
40,000	115	50	50
50,000	135	--	--
≥60,000	≥150	--	--
70,000	--	100	100
≥110,000	--	≥250	≥250

Altura del monitor (metros)	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo (metros)
	TSP/PM <sub>10</sub>
2	25
5	20
10	13
15	5

Figura 3-1. Continuación.

La segunda lista de verificación, que se presenta en la Figura 3-2, se diseñó para  
LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONTROL DE INSTALACIONES Y EQUIPOS

- ¿Se dispone de un inventario del equipo de monitoreo?
- ¿Qué instrumentos funcionan?
- ¿Qué instrumentos no funcionan? ¿Por qué?
- ¿Se dispone de las instrucciones de operación y los procedimientos de calibración de cada instrumento?
- ¿Se dispone de los materiales, suministros y equipos relacionados con el monitoreo del aire tales como:
  - Suministros de operación y mantenimiento (p. ej., refacciones, fusibles y filtros)?
  - Estándares de calibración y equipo (gases de calibración, sistemas de dilución y medidores de corriente)?
  - Equipo de mediciones meteorológicas?
  - Equipo de transmisión de datos (p. ej., capacidad de teledescargar por computadora)?
- ¿Se dispone de información meteorológica proveniente de los aeropuertos locales?
- ¿Se dispone de espacio de laboratorio? Si es así, ¿se cuenta con lo siguiente?
  - Espacio de trabajo bien ventilado o con aire acondicionado
  - Suministro eléctrico e iluminación adecuados
  - Áreas sobre las mesas del laboratorio para probar y reparar el equipo y para procesar las muestras
  - Herramientas de mano y equipo para pruebas eléctricas
  - Espacio para almacenar reactivos, artículos de vidrio, etc.
  - Fregadero de laboratorio con agua corriente
  - Sala de acondicionamiento de filtros o deshidratador
  - Campana de escape de gases
  - Balanza analítica
  - Caja de luz o mesa de luz
  - Espectrofotómetro de adsorción atómica (análisis del plomo)
  - Baño María ultrasónico
  - Fuente de agua destilada o desionizada
  - Horno de secado y refrigerador
  - Equipo de comunicaciones para trabajo de campo
  - Libros de referencia sobre química e ingeniería
  - Aparatos de seguridad (p. ej., extinguidores de incendio)

Figura 3-2. Lista de instalaciones y equipo.

### LISTA DE RECURSOS DE PERSONAL

- ¿Se encuentra disponible una gráfica sobre las relaciones de mando entre el personal de la agencia?
- El personal disponible para operar y darle servicio a las estaciones de monitoreo, ¿está proporcionando soporte y analizando datos, cuáles son sus nombres y las ubicaciones de sus oficinas centrales?
- ¿Qué porcentaje de sus horas normales de trabajo está disponible para darle soporte al proyecto de red de monitoreo del aire?
- ¿Tiene el personal disponible capacitación y/o experiencia en las siguientes áreas?
  - Monitoreo de calidad del aire
  - Operación de estación meteorológica
  - Análisis de laboratorio o químico
  - Análisis de datos y operación de computadora personal

Figura 3-3. Lista de recursos de personal.

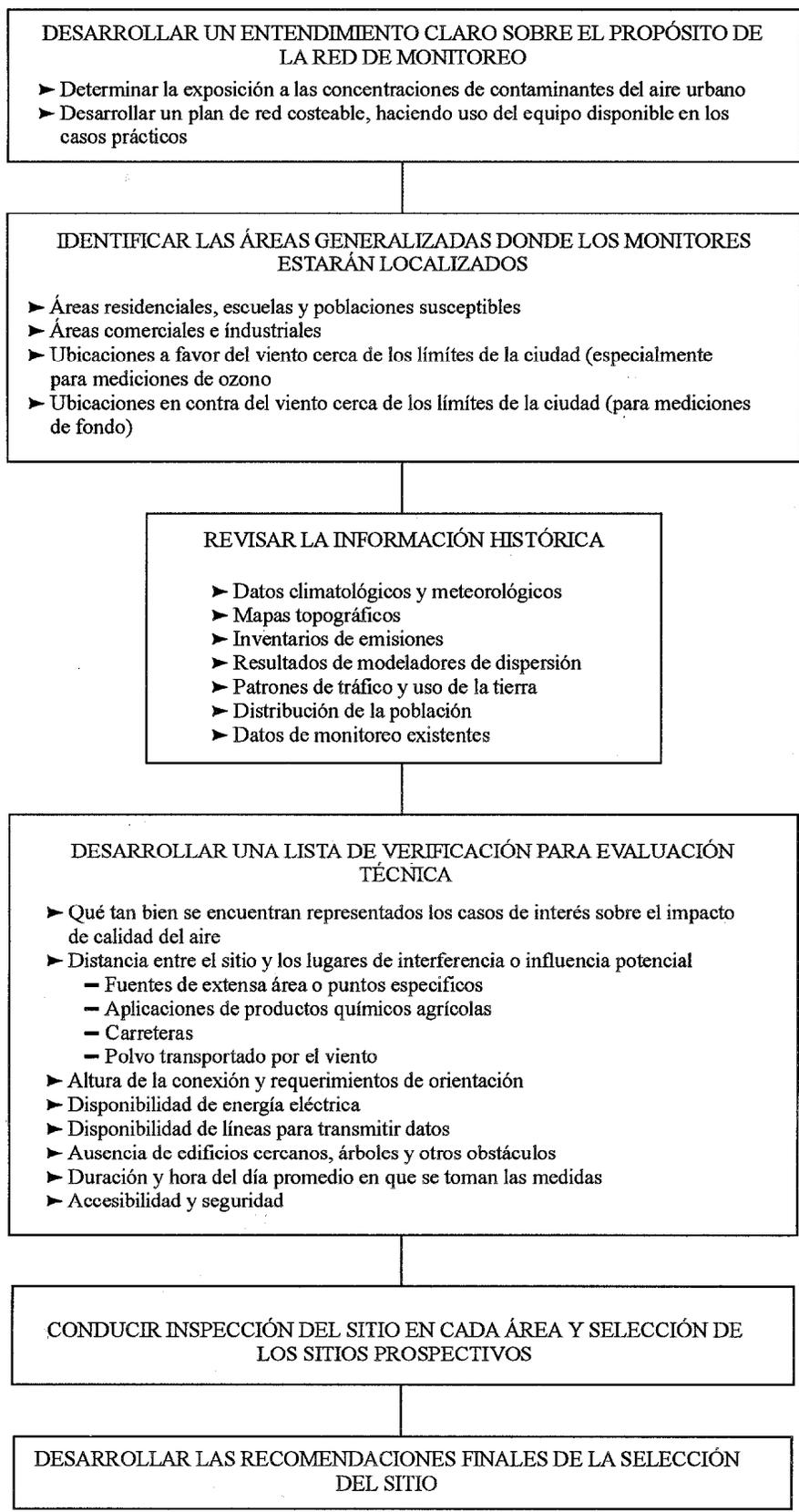


Figure 3-4. Summary of process by which siting recommendations were developed.

## 4.0 ENFOQUE Y OBSERVACIONES DE LAS VISITAS A LOS SITIOS

### 4.1 PANORAMA DEL ENFOQUE

El paso inicial para la preparación de la visita al sitio fue revisar y evaluar los materiales y los datos de emisión de ambas ciudades. La compañía MRI trabajó con la EPA, el TNRCC y el estado de Coahuila para adquirir toda la información relevante, incluyendo información sobre el terreno y datos sobre el uso de la tierra de las áreas de los sitios prospectivos de monitoreo, la distribución de puntos y fuentes puntuales en el área, la ubicación de estaciones meteorológicas en aeropuertos adecuadas, de las cuales se puedan obtener datos sobre el clima, y la distribución y densidad de población de cada ciudad. A continuación se mencionan algunos de los elementos que se revisaron:

- Mapas cartográficos de concentraciones de contaminantes de estudios anteriores.
- Inventarios de emisiones.
- Datos meteorológicos regionales y vientos reinantes (Ver Anexo A).
- Mapas topográficos, de población y del uso de la tierra.

Después de revisar esta información, la compañía MRI trabajó con la EPA, y con los estados de Texas y Coahuila para definir los objetivos de calidad de datos del proyecto (en inglés, DQOs). Estos objetivos de calidad de datos son útiles para garantizar que la información recopilada y las observaciones realizadas durante el primer estudio de campo son adecuadas, y su calidad y cantidad apoyan el uso que se les pretende dar. Los objetivos de calidad de datos para este proyecto se explican a continuación:

- Preparar la infraestructura para establecer redes de monitoreo del aire ambiental en Ciudad Acuña y Piedras Negras de contaminantes que son motivo de preocupación para los gobernantes de la ciudad y del estado.

- Medir las concentraciones de contaminantes urbanos en áreas residenciales y urbanas.
- Incorporar las mediciones de concentración en dirección a favor y en contra del viento para adquirir un mejor conocimiento de las concentraciones de fondo y el fenómeno de transporte regional.
- Desarrollar diseños de redes realistas dentro de los parámetros de las capacidades administrativas, técnicas y financieras, haciendo uso del equipo y el personal existente, de la mejor manera posible.

En base a los objetivos de calidad de datos, dos especialistas en el monitoreo del aire de la compañía MRI realizaron la visita al sitio en Ciudad Acuña y Piedras Negras y recopilaron la información que se utilizó para desarrollar las recomendaciones de la Sección 5.0. Durante la visita al sitio se efectuaron juntas con el personal técnico y administrativo en ambas ciudades del Estado de Coahuila, visitas a las ubicaciones potenciales de monitoreo, adquisición de datos adicionales asociados con el inventario de emisiones locales y características meteorológicas y topográficas, así como la evaluación de los recursos humanos necesarios y disponibles para operar las redes. La compañía MRI también hizo una evaluación del equipo existente para su uso potencial en las redes propuestas para el monitoreo del aire.

El proceso de selección del sitio en sí, se hizo en base a un proceso de eliminación: Los sitios recomendados fueron elegidos de áreas generales para sitios prospectivos. La lógica fundamental en este proceso era determinar las ubicaciones generales de los sitios de monitoreo; definir las ubicaciones para reducir las influencias indebidas de fuentes cercanas, incluyendo los efectos meteorológicos; y en última instancia, colocar la entrada del monitor de acuerdo a los criterios que se siguen en los sitios establecidos, con el fin de adquirir datos sustentables a través de todo el proceso. Se prestó especial atención a los criterios de los sitios que se mencionan en las listas de verificación que aparecen en la Sección 3.0.

#### 4.2 RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES

Durante la visita a Ciudad Acuña, el personal de la compañía MRI observó que la ciudad tiene en operación cuatro monitores  $PM_{10}$  de referencia de la EPA, fabricados por Wedding and Associates.

Este equipo tiene un diseño avanzado y es apropiado para el propósito de recopilar datos de  $PM_{10}$  en múltiples ubicaciones dentro de la misma ciudad. Dos de los monitores ya están localizados en sitios específicos dentro de los límites de la ciudad (Estaciones 1 y 3), mientras que los dos monitores restantes se encuentran almacenados en las oficinas del Director de Ecología (quien es el dirigente responsable del monitoreo del aire). El municipio no cuenta con una estación meteorológica en operación, ni con un juego de calibración del monitor  $PM_{10}$ , ni con otras instalaciones para apoyar la operación y el mantenimiento continuo de los monitores. Tampoco se encuentran disponibles libros de registro y manuales de operación. El Departamento de Ecología de Ciudad Acuña cuenta con una persona capacitada en la operación de monitores  $PM_{10}$ . El INE había calibrado previamente los monitores y había proporcionado capacitación para el operador, en la que se enseñó la forma de cambiar y manejar los filtros y la operación de los monitores. Sin embargo, aún no se había llevado a cabo la capacitación de seguimiento relacionada con los pasos a seguir para recibir, cargar, descargar, empacar y enviar los filtros a un laboratorio analítico. La capacitación sobre resolución de problemas y mantenimiento tampoco se había llevado a cabo.

Durante la visita a Piedras Negras, se observó que la ciudad tiene un inventario de cuatro monitores  $PM_{10}$  en operación, fabricados por Wedding and Associates. Al igual que en Ciudad Acuña, estos monitores son adecuados para su uso en la ciudad. Los cuatro monitores  $PM_{10}$  ya se encuentran localizados en sitios específicos dentro de los límites de la ciudad. Además, Piedras Negras cuenta con un analizador de  $SO_2$  fabricado por Measurement Control Corporation y su respectivo sistema de registro de datos fabricado por Odessa. Ni el analizador de  $SO_2$  ni el sistema de registro de datos se encuentran en operación, y el equipo de soporte necesario para su operación futura no se encuentra en este momento. El municipio no cuenta con una estación meteorológica en operación, ni con un juego de calibración para  $PM_{10}$ , ni con otras instalaciones para apoyar la operación y el mantenimiento continuo de los monitores. Sin embargo, la ciudad cuenta con manuales de operación para los monitores  $PM_{10}$ , los cuales han sido traducidos de inglés a español.

El Departamento de Ecología de Piedras Negras cuenta con dos personas capacitadas por el INE para operar los monitores  $PM_{10}$ . El INE había previamente calibrado los monitores  $PM_{10}$ . Durante la capacitación, se incluyeron instrucciones sobre cómo cambiar y manejar los

filtros y la operación de los monitores, pero se excluyeron los pasos a seguir para recibir, cargar, descargar, empacar y enviar los filtros, así como la resolución de problemas y el mantenimiento del equipo.

## 5.0 RECOMENDACIONES

A continuación se presentan recomendaciones para implementar mejores redes de monitoreo de la calidad del aire ambiental en Ciudad Acuña y Piedras Negras. Además, se recomiendan los pasos que el estado de Coahuila puede tomar para mejorar la calidad de los datos y asegurar la consistencia de las mediciones que se hacen en las dos ciudades. Todas las recomendaciones se resumen en la Tabla 5-1 .

### 5.1 CIUDAD ACUÑA

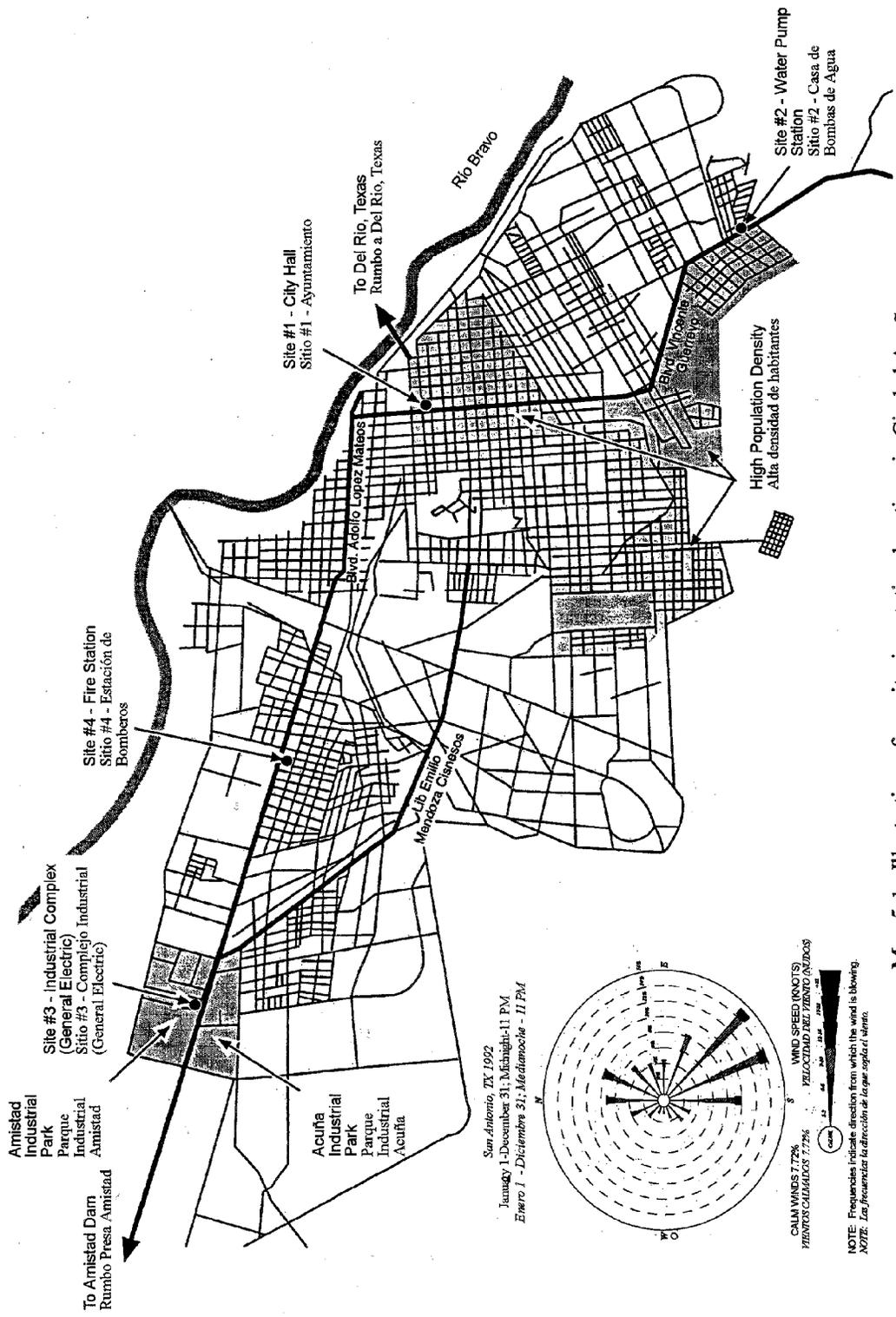
Actualmente Ciudad Acuña tiene cuatro monitores  $PM_{10}$  en operación, dos de ellos están situados en sitios de monitoreo dentro de los límites de la ciudad y los otros dos están almacenados en la oficina del Director de Ecología. Dado que la ciudad dispone inmediatamente de estos monitores y debido a que dos monitores ya están ubicados, se recomienda que la máxima prioridad de la ciudad sea la ubicación de los otros dos monitores y la operación conjunta de los cuatro.

Los dos monitores que ya se han ubicado en los sitios de monitoreo se consideran apropiadamente ubicados y se recomienda no reubicarlos. Aunque se podrían sugerir mejoras a estas ubicaciones, es dudoso que tales mejoras pudieran mejorar la calidad de los datos recopilados de manera significativa. Las recomendaciones para las ubicaciones de los cuatro monitores se resumen más abajo y las ubicaciones se ilustran en el Mapa 5-1.

- Estación 1 (Este): Ubicaciones existentes sobre el Ayuntamiento (vea la Figura 5-1 y la Fotografía 5-1); suministra mediciones en las cercanías de un área residencial altamente poblada.
- Estación 2 (Sudeste): Nueva ubicación sobre un edificio de un piso en estación de bombeo o casa de bombas (vea la Figura 5-2 y la Fotografía 5-2); suministra mediciones de concentraciones de fondo contra el viento.

TABLA 5-1. RESUMEN DE RECOMENDACIONES

CIUDAD ACUÑA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situar los dos monitores PM<sub>10</sub> restantes y comenzar la operación de los cuatro monitores como máxima prioridad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer monitores adicionales para SO<sub>2</sub>, plomo y posiblemente ozono en cada ubicación PM<sub>10</sub> como segunda prioridad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar una estación meteorológica de monitoreo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener manuales de operación, libros de registro y equipos auxiliares necesarios tales como equipos de calibración e inventario de refacciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una instalación de apoyo para el montaje, calibración y mantenimiento del equipo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar procedimientos de operación estándar (standard operating procedures, SOP); procedimientos de reducción de datos, validación y reporte; y objetivos de calidad de datos (data quality objectives, DQO).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la accesibilidad a las estaciones existentes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignar por lo menos un empleado capacitado adicional a la operación y mantenimiento de la red de monitoreo del aire.</li> </ul>
PIEDRAS NEGRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comenzar la operación de los cuatro monitores PM<sub>10</sub> en los sitios existentes como máxima prioridad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparar y poner en marcha el monitor de SO<sub>2</sub> existente y el registro de datos asociados como segunda prioridad; situar el monitor en la Estación 2 (i.e., contra el viento, en la dirección de la central eléctrica).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer monitores adicionales de SO<sub>2</sub>, plomo y posiblemente ozono en cada ubicación PM<sub>10</sub> como tercera prioridad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar una estación meteorológica de monitoreo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener los libros de registro y los equipos auxiliares necesarios tales como equipos de calibración e inventario de refacciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una instalación de apoyo para el montaje, calibración y mantenimiento del equipo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar SOP; procedimientos de reducción de datos, validación y reporte; y DQO.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la accesibilidad a las estaciones existentes.</li> </ul>
ESTADO DE COAHUILA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un programa comprensivo de garantía de calidad que se encargue de: (1) inspecciones periódicas y verificaciones del desempeño de los sitios de monitoreo; (2) preparación por escrito de procedimientos de operación, análisis de datos y reportes; (3) DQO, incluyendo límites de precisión, exactitud e integridad; y (4) requisitos de certificación para laboratorios analíticos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar capacitación periódica a los operadores de monitores de calidad del aire.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar la adquisición, preparación y manejo de todos los suministros y equipos de los monitores y el acondicionamiento y análisis de los filtros de partículas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asumir la responsabilidad de toda la coordinación con el Instituto Nacional de Ecología (National Institute of Ecology).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar la contratación de un coordinador de calidad del aire.</li> </ul>



Map 5-1. Illustration of monitoring station locations in Ciudad Acuña.  
 Mapa 5-1. Ilustración de la ubicación de las estaciones de monitoreo en Ciudad Acuña.

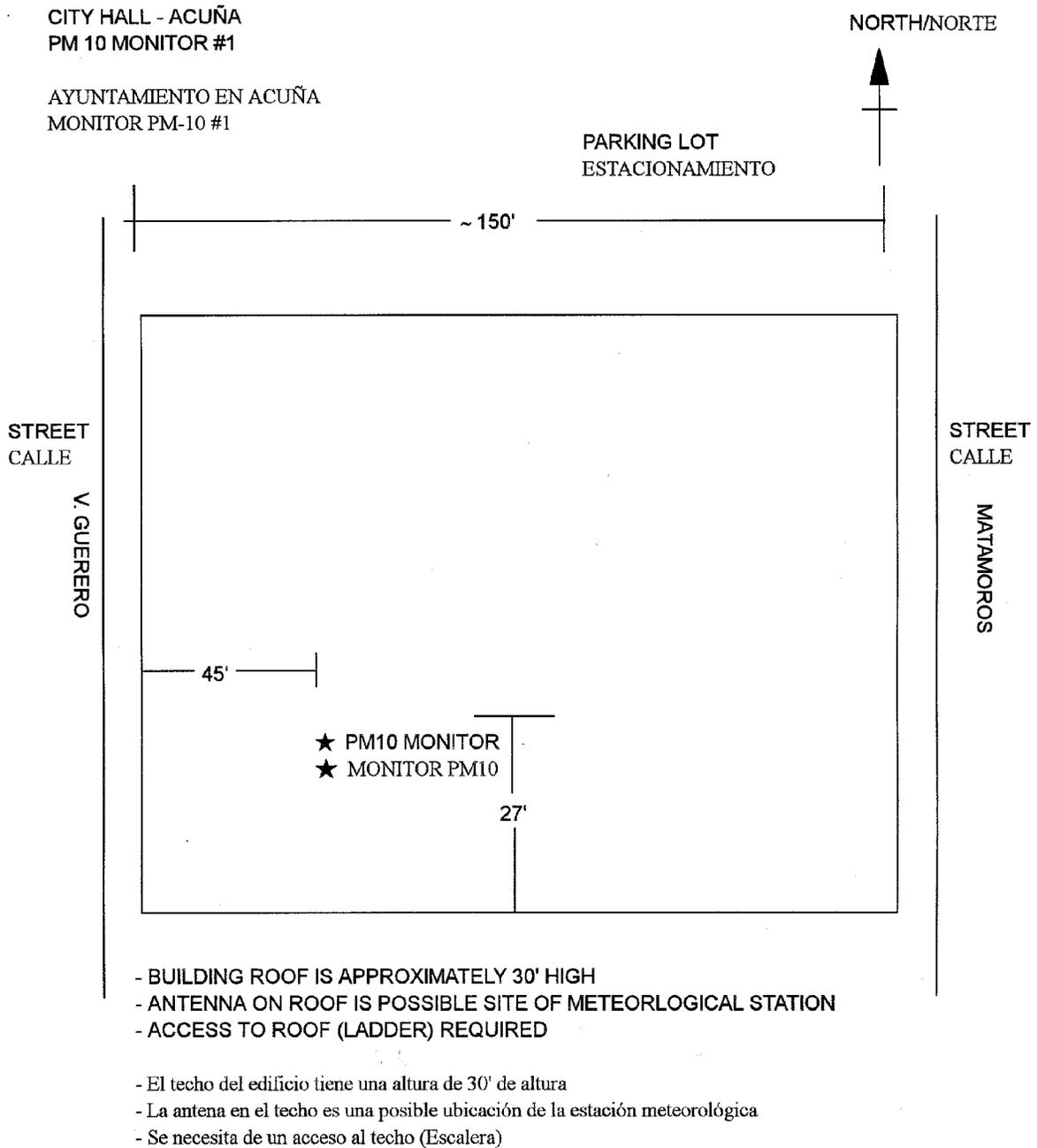


Figure 5-1. Location of Station No. 1 on top of City Hall, Ciudad Acuña.



Fotografía 5-1. Estación N 1, sobre el edificio de Ayuntamiento, en Ciudad Acuña.

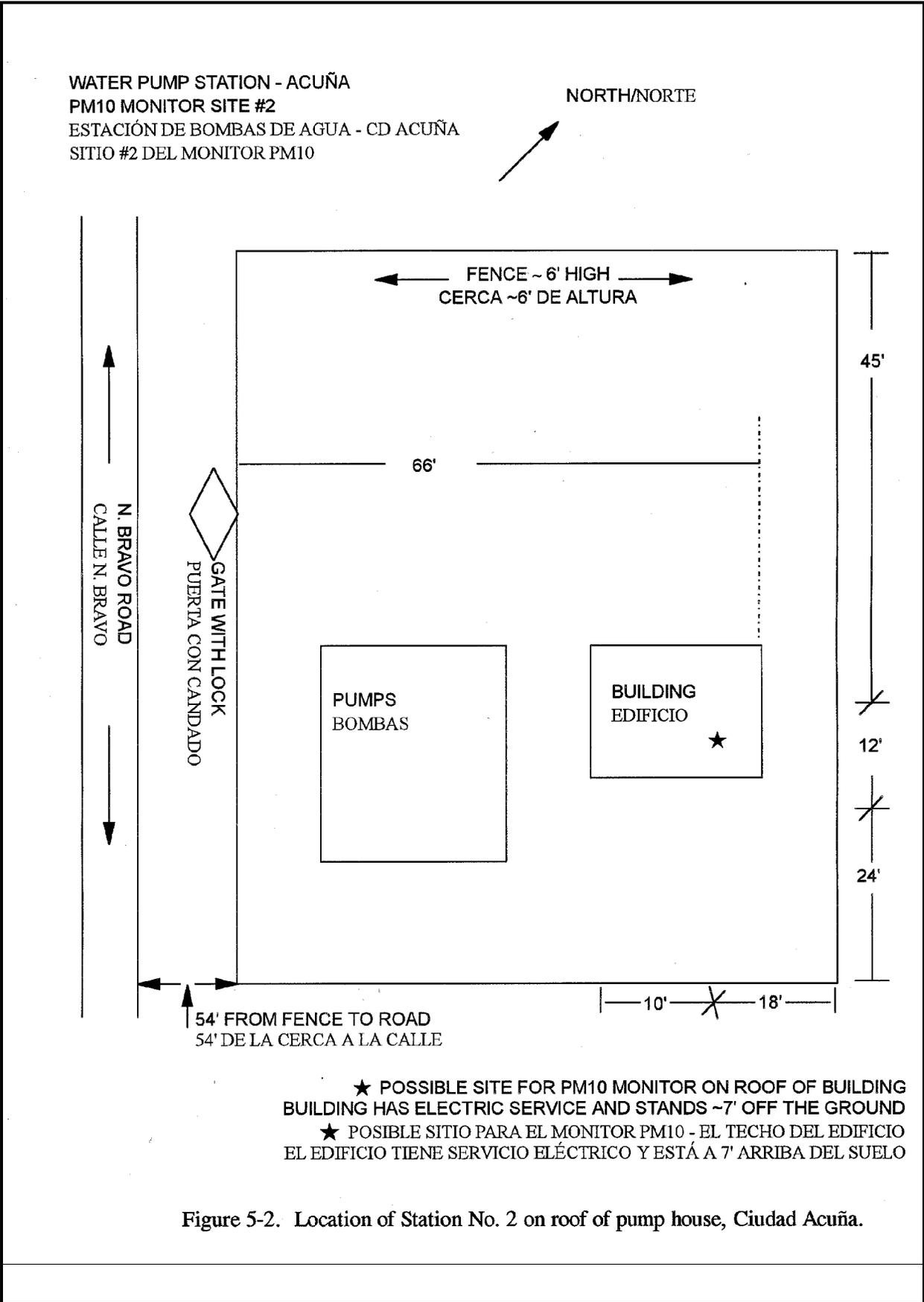
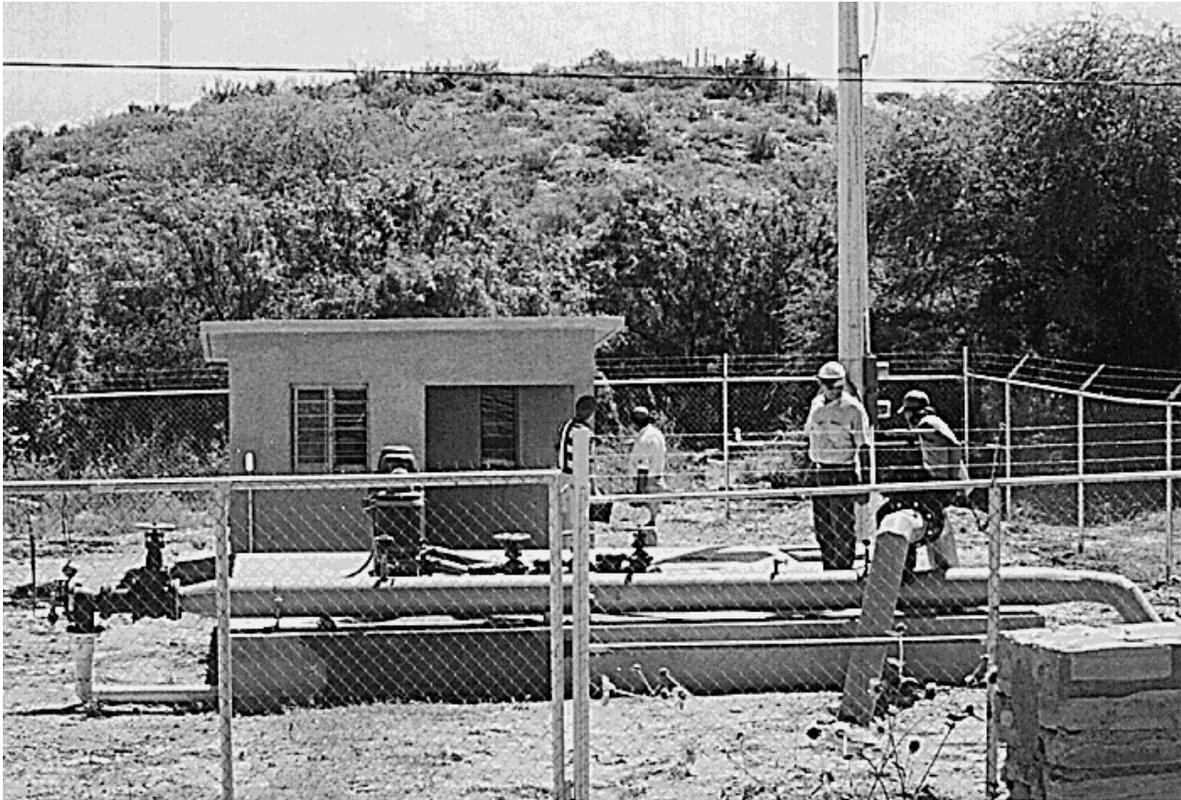


Figura 5-2. Ubicación de la Estación N 2, sobre la casa de bombas en Ciudad Acuña.



Fotografía 5-2. Se propone estación N 2, sobre la casa de bombas en Ciudad Acuña.

- Estación 3 (Noroeste): Nueva ubicación sobre un edificio de un piso en las instalaciones de General Electric en el parque industrial de la localidad (vea la Figura 5-3 y la Fotografía 5-3); suministra mediciones en la dirección del viento desde el área industrial (p. ej., numerosas maquiladoras).
  - Estación 4 (Norte): Ubicación existente sobre el edificio de dos pisos de la estación de bomberos (vea la Figura 5-4 y la Fotografía 5-4 ; las mediciones representan la calidad del aire de toda la ciudad asociada con la escala urbana/de vecindario.

Creemos que un total de cuatro ubicaciones de monitores es suficiente para una ciudad del tamaño de Ciudad Acuña y que no se necesitan monitores adicionales.

Una vez que estas estaciones de monitoreo estén en funcionamiento, recomendamos que la ciudad establezca monitores adicionales para SO<sub>2</sub>, Pb y posiblemente O<sub>3</sub> en cada una de las ubicaciones. Aunque no hay datos de monitoreo u otra evidencia de que representen una preocupación para la ciudad, el monitoreo de estos contaminantes es recomendable por las siguientes razones:

- SO<sub>2</sub>: Como se discutió anteriormente, las plantas de energía eléctrica de Carbón I y II están localizadas hacia el sureste y hay datos de vientos reinantes que indican que los vientos del sureste son comunes. Dado que estas instalaciones no emplean controles de emisión de SO<sub>2</sub>, existe la posibilidad de que niveles significativos de SO<sub>2</sub> se transporten en dirección a las ciudades.
- Pb: Ciudad Acuña tiene muchos automóviles viejos sin dispositivos para el control de emisiones. Dado que se puede usar gasolina con plomo en la ciudad, y debido a que puede haber otras fuentes de emisiones de Pb, existe la posibilidad de que haya una significativa exposición al plomo, especialmente en las cercanías de las principales carreteras. Como alternativa a la ubicación de monitores de Pb en las cuatro estaciones previamente identificadas, se puede ubicar un solo monitor de microescala junto a la carretera más transitada.

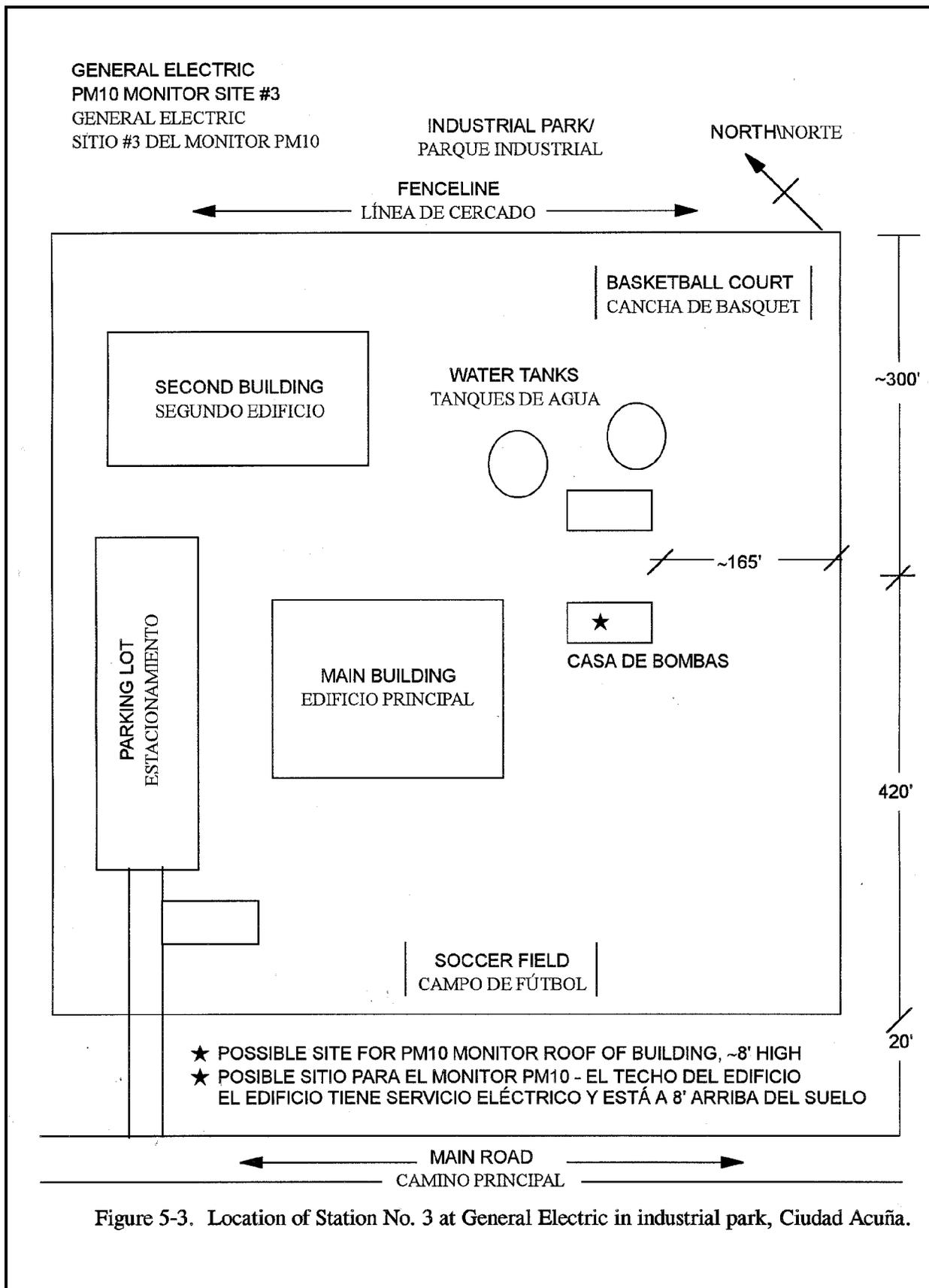


Figura 5-3. Se propone ubicación de la Estación N 3, en General Electric en el parque industrial de Ciudad Acuña.



Fotografía 5-3. Se propone Estación N 3, en General Electric en el parque industrial de Ciudad Acuña.

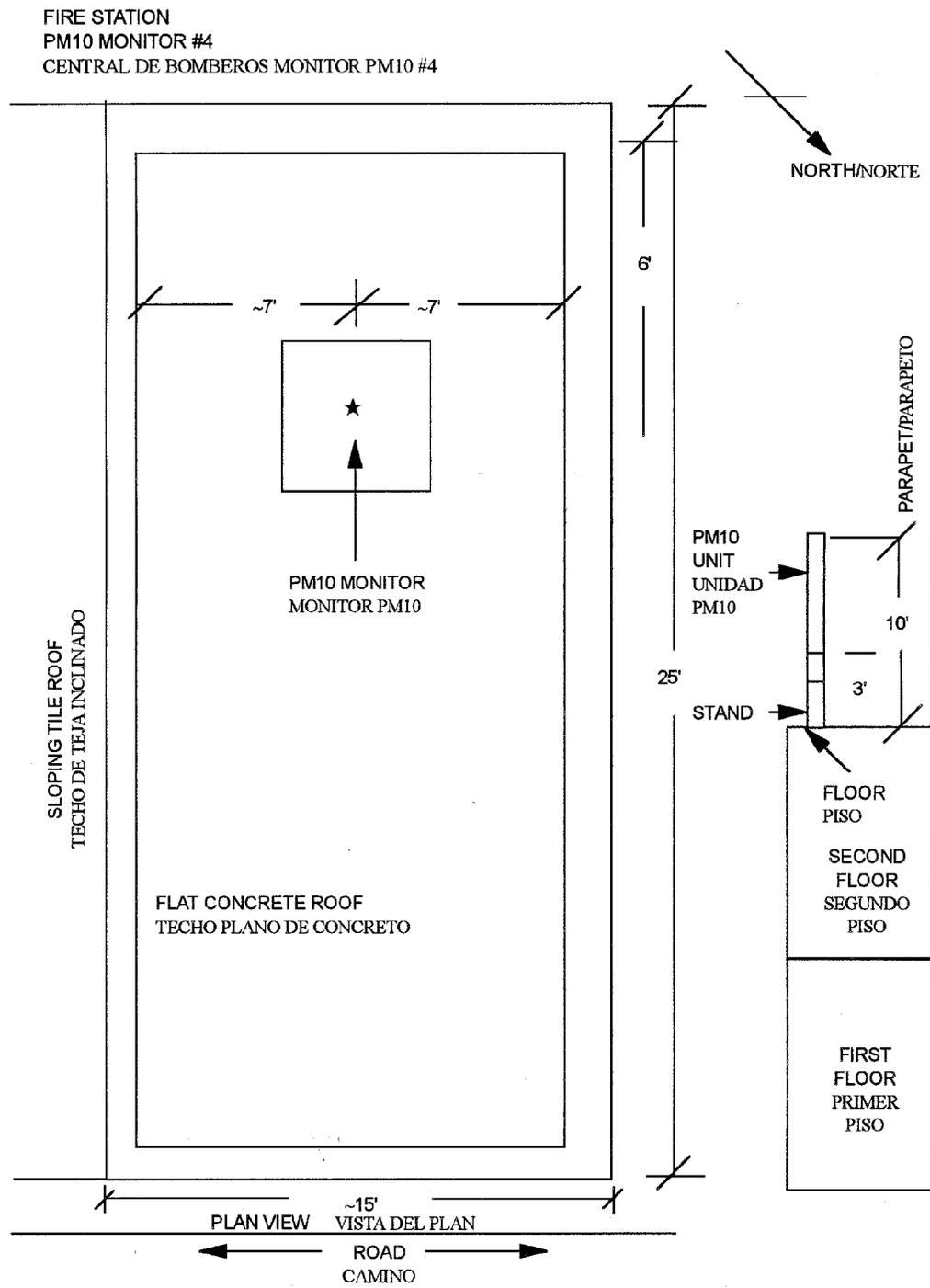


Figure 5-4. Location of Station No. 4 on top of two-story fire station, Ciudad Acuña.

Figura 5-4. Ubicación de la Estación N 4, sobre el segundo piso de la central de bomberos en Ciudad Acuña.



Fotografía 5-4. Estación N 4, sobre el segundo piso de la central de bomberos (derecha) en Ciudad Acuña.

- $O_3$ : Debido a que Ciudad Acuña es una ciudad relativamente pequeña y dado que no hay marcada evidencia de transporte regional de ozono de la región de la frontera con EE.UU. (i. e., los vientos predominantes vienen de una dirección distinta), puede que el monitoreo de  $O_3$  no sea crítico. Sin embargo, la gran cantidad de automóviles sin control en la ciudad y las numerosas instalaciones industriales pequeñas probablemente contribuyen una cantidad significativa de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y las plantas de Carbón I y II emiten emisiones de  $NO_x$ . Debido a que estos compuestos precursores pueden conducir a la formación de ozono, el monitoreo del ozono puede ser apropiado. Sin embargo, recomendamos que al monitoreo de este contaminante se le dé una menor prioridad que al monitoreo de otros compuestos.

Si se va a llevar a cabo el monitoreo de  $SO_2$ , plomo y posiblemente ozono, la ciudad necesitará comprar los monitores y el equipo relacionado y proporcionar capacitación a los operadores. Los monitores pueden ser colocalizados junto con los Monitores  $PM_{10}$ , con la posible excepción del plomo, como se comentó anteriormente.

Para operar las estaciones  $PM_{10}$  existentes, se requerirá una estación meteorológica y un equipo de calibración. También se necesitan instalaciones de apoyo para poner en marcha, calibrar y mantener el equipo, así como libros de registro y manuales de operación. Se requiere equipo similar e instalaciones para la operación de los monitores de  $SO_2$ , Pb, y  $O_3$ .

Actualmente Ciudad Acuña cuenta con un empleado capacitado en la operación de los monitores  $PM_{10}$ . Debe asignarse por lo menos un empleado entrenado adicional de manera que un mínimo de dos individuos estén familiarizados con la operación y mantenimiento de los monitores (i.e., un empleado servirá como respaldo para el otro). Si se lleva a cabo el monitoreo de otros contaminantes, es probable que dos empleados entrenados siga siendo suficiente. Sin embargo, con más monitores en operación, uno de estos dos empleados puede necesitar dedicar su día de trabajo por completo a actividades de operación, mantenimiento, reducción de datos y reporte.

Además de las recomendaciones anteriores, algunos detalles de operación que hay que tratar se mencionan a continuación.

- Para cada monitor se necesitan procedimientos de operación estándar (standard operating procedures, SOP) que incluyan procedimientos de operación, mantenimiento preventivo y acción correctiva. También se necesitan procedimientos de reducción de datos, validación y reporte.
- Se deben establecer objetivos de calidad de datos (data quality objectives, DQO), especialmente para la precisión, exactitud e integridad.
- Es necesario mejorar la accesibilidad a las estaciones de monitoreo existentes (p. ej., se necesitan plataformas para facilitar las operaciones de rutina y mantenimiento) y es necesario intemperizar las conexiones eléctricas.
- Debe elaborarse un inventario de refacciones que incluya artículos tales como un equipo de empaques  $PM_{10}$ , escobillas de motor, motores, portafiltros y cronómetros.

## 5.2 PIEDRAS NEGRAS

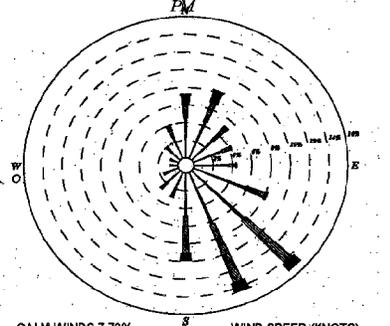
Actualmente Piedras Negras tiene cuatro monitores  $PM_{10}$  en funciones y un monitor de  $SO_2$  con registrador de datos asociado que no funciona. Los cuatro monitores  $PM_{10}$  están localizados en sitios de monitoreo dentro de los límites de la ciudad. Debido a que ya se dispone de estos monitores, su operación debería ser la máxima prioridad de la ciudad.

Recomendamos que los cuatro monitores  $PM_{10}$  sean operados en sus ubicaciones actuales.

Aunque probablemente podrían identificarse mejores ubicaciones, dudamos que la calidad de los datos recopilados se pueda mejorar significativamente. Dado el costo asociado a la reubicación de los monitores y las probables dificultades que se presenten en la ubicación de sitios apropiados que proporcionen la seguridad adecuada, recomendamos que los cuatro monitores se dejen en sus ubicaciones actuales. Estas ubicaciones recomendadas se resumen más abajo y se ilustran en el Mapa 5-2.

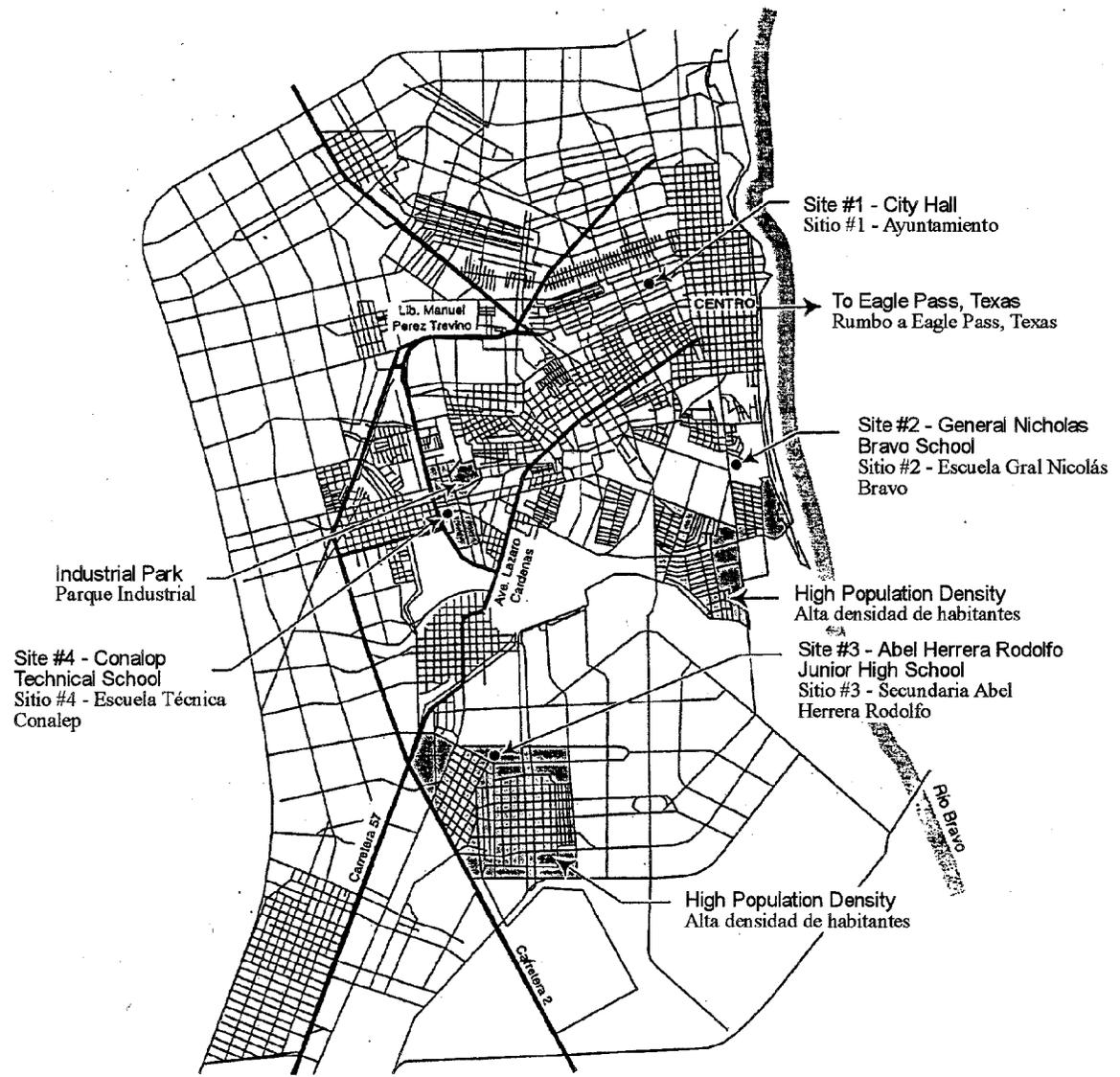
Estación 1 (Norte): Ubicación existente sobre el edificio del Ayuntamiento (vea la Figura 5-5 y la Fotografía 5-5); las mediciones representan la calidad del aire en toda la ciudad asociada con la escala urbana/de vecindario.

San Antonio, TX 1992  
 January 1-December 31; Midnight-11 PM  
 Enero 1 - Diciembre 31; Medianoche - 11 PM



CALM WINDS 7.72% WIND SPEED (KNOTS)  
 VIENTOS CALMADOS 7.72% VELOCIDAD DEL VIENTO (NUDOS)

NOTE: Frecuencias indican dirección de la que sopla el viento.  
 NOTE: Las frecuencias indican la dirección de la que sopla el viento.



May 5-2. Illustration of monitoring station locations in Piedras Negras.

Mapa 5-2. Ilustración de la ubicación de las estaciones de monitoreo en Piedras Negras.

PIEDRAS NEGRAS, MEXICO  
 SITE #1 - CITY HALL  
 PIEDRAS NEGRAS, COAH, MEXICO  
 SITIO #1 - AYUNTAMIENTO

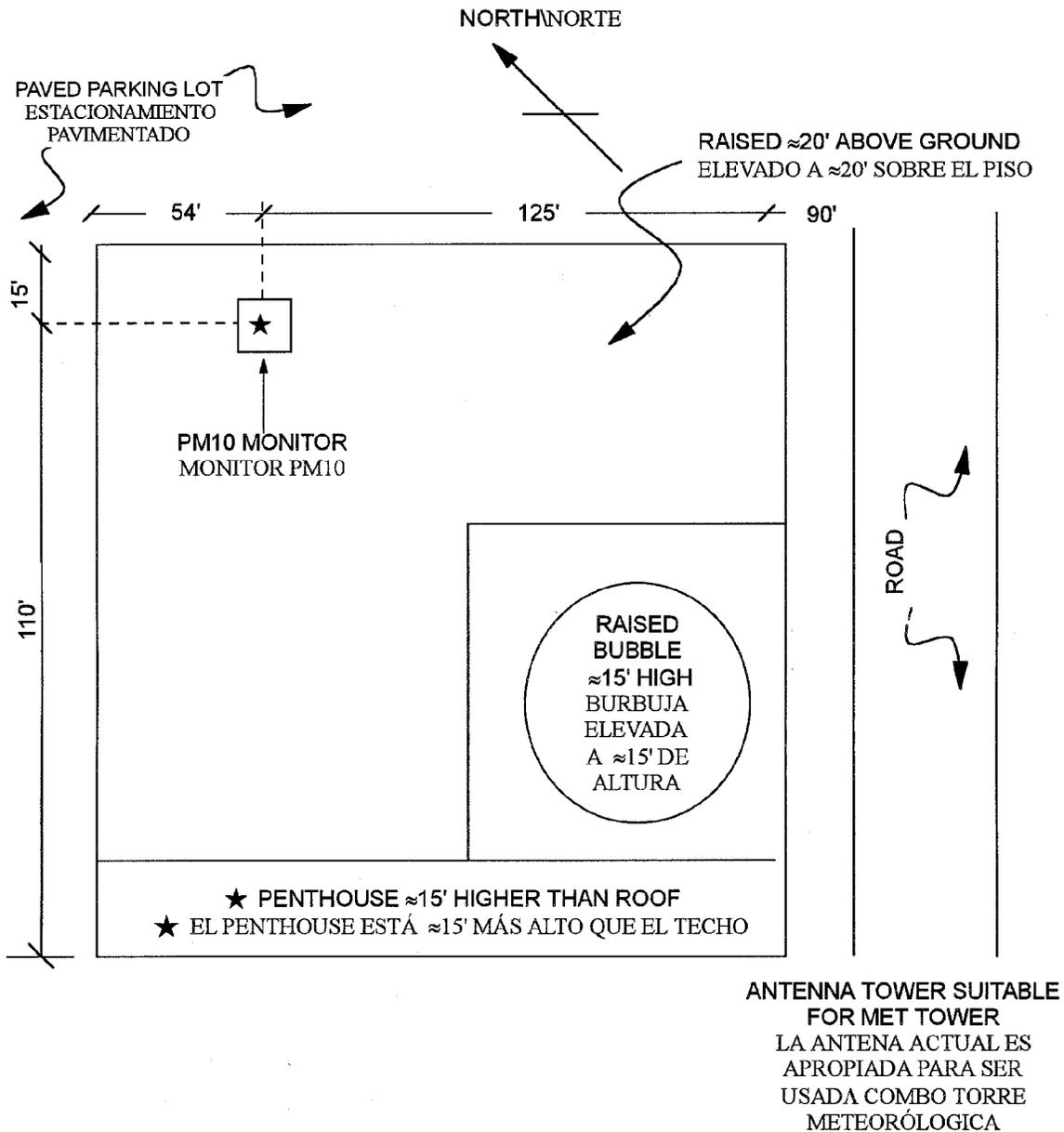


Figure 5-5. Location of Station No. 1 on top of City Hall, Piedras Negras.

Figura 5-5. Ubicación de la Estación N 1, sobre el techo del Ayuntamiento en Piedras Negras.



Photograph 5-5. Station No. 1 on top of City Hall, Piedras Negras.

Fotografía 5-5. Estación N 1, sobre el techo del Ayuntamiento en Piedras Negras.

Estación 2 (Sudeste): Ubicación existente sobre una escuela de un piso (vea la Figura 5-6 y la Fotografía 5-6) suministra mediciones de concentraciones de fondo contra el viento.

Estación 3 (Sur): Ubicación existente en el edificio de la escuela secundaria (vea la Figura 5-7 y la Fotografía 5-7); suministra mediciones en las cercanías de un área residencial altamente poblada. (Nótese que la figura y la fotografía representan la ubicación original de la estación de monitoreo, sobre el edificio de una escuela de un piso. Sin embargo, de acuerdo a las recomendaciones del equipo de MRI que visitó los sitios, la estación de monitoreo se ha reubicado a unos 100 metros al este en un sitio a nivel del terreno donde pueden evitarse las posibles interferencias de los árboles cercanos.)

Estación 4 (Oeste): Ubicación existente sobre un edificio de escuela técnica dentro del parque industrial de la localidad (vea la Figura 5-8 y la Fotografía 5-8); suministra mediciones en las cercanías del área industrial (p. ej., numerosas maquiladoras).

Al igual que en el caso de Ciudad Acuña, creemos que es suficiente con un total de cuatro ubicaciones de monitores para una ciudad del tamaño de Piedras Negras y que no se necesitan monitores adicionales.

Una vez que estas estaciones de monitoreo entren en funciones, recomendamos que la ciudad establezca monitores adicionales de  $\text{SO}_2$ , Pb y posiblemente  $\text{O}_3$  en cada ubicación. Al igual que en el caso de Ciudad Acuña, no hay datos de monitoreo u otra evidencia de que estos contaminantes representen una preocupación para la ciudad. Sin embargo, dada la proximidad de las centrales eléctricas, el número de automóviles viejos sin control y las numerosas fuentes de VOC, puede haber concentraciones significativas de  $\text{SO}_2$ , Pb y posiblemente  $\text{O}_3$ .

Si se lleva a cabo el monitoreo de  $\text{SO}_2$ , Pb y posiblemente  $\text{O}_3$  la ciudad necesitará comprar los monitores y el equipo relacionado y proporcionar entrenamiento a los operadores. Los monitores se pueden colocalizar con los monitores  $\text{PM}_{10}$ , con la posible excepción del Pb, como se comentó en la Sección 5.1. Dado que actualmente la ciudad dispone de un monitor de  $\text{SO}_2$  y su registro de datos asociado, recomendamos que este equipo sea montado y operado como segunda prioridad. La mejor ubicación para este equipo

PIEDRAS NEGRAS, MEXICO  
 SITE #2 - GENERAL NICHOLAS BRAVO SCHOOL  
 SITIO #2 - ESCUELA GENERAL NICOLÁS BRAVO

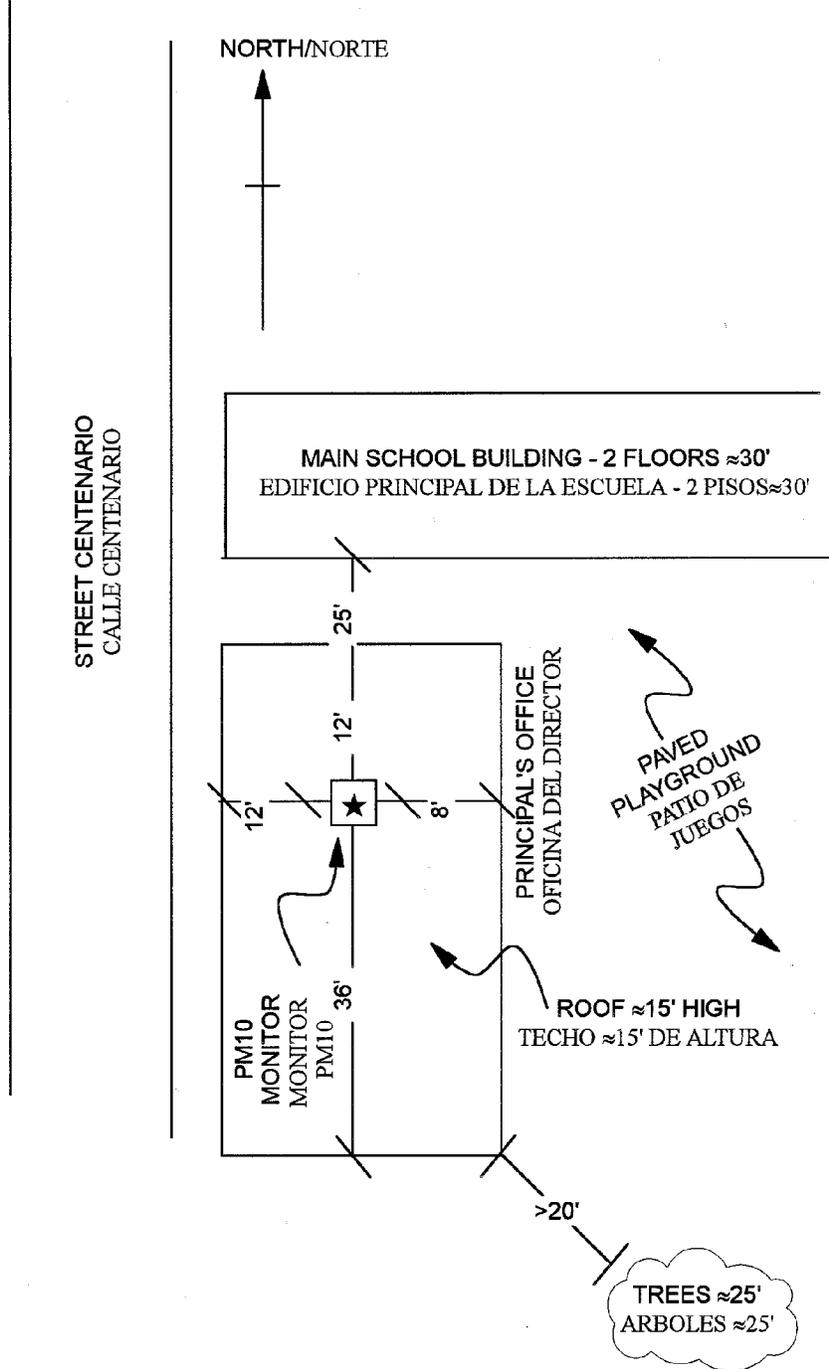


Figure 5-6. Location of Station No. 2 on one-story building at General Nicholas Bravo School, Piedras Negras.

Figura 5-6. Ubicación de la Estación N 2 en el edificio de un piso en la Escuela General Nicolás Bravo en Piedras Negras.



Fotografía 5-6. Estación N 2, sobre el techo del edificio de un piso de la Escuela Nicolás Bravo en Piedras Negras.

PIEDRAS NEGRAS, MEXICO  
 SITE #3 - ABEL HERRERA RODOLFO JUNIOR SCHOOL  
 SITIO #3 - SECUNDARIA ABEL HERRERA RODOLFO

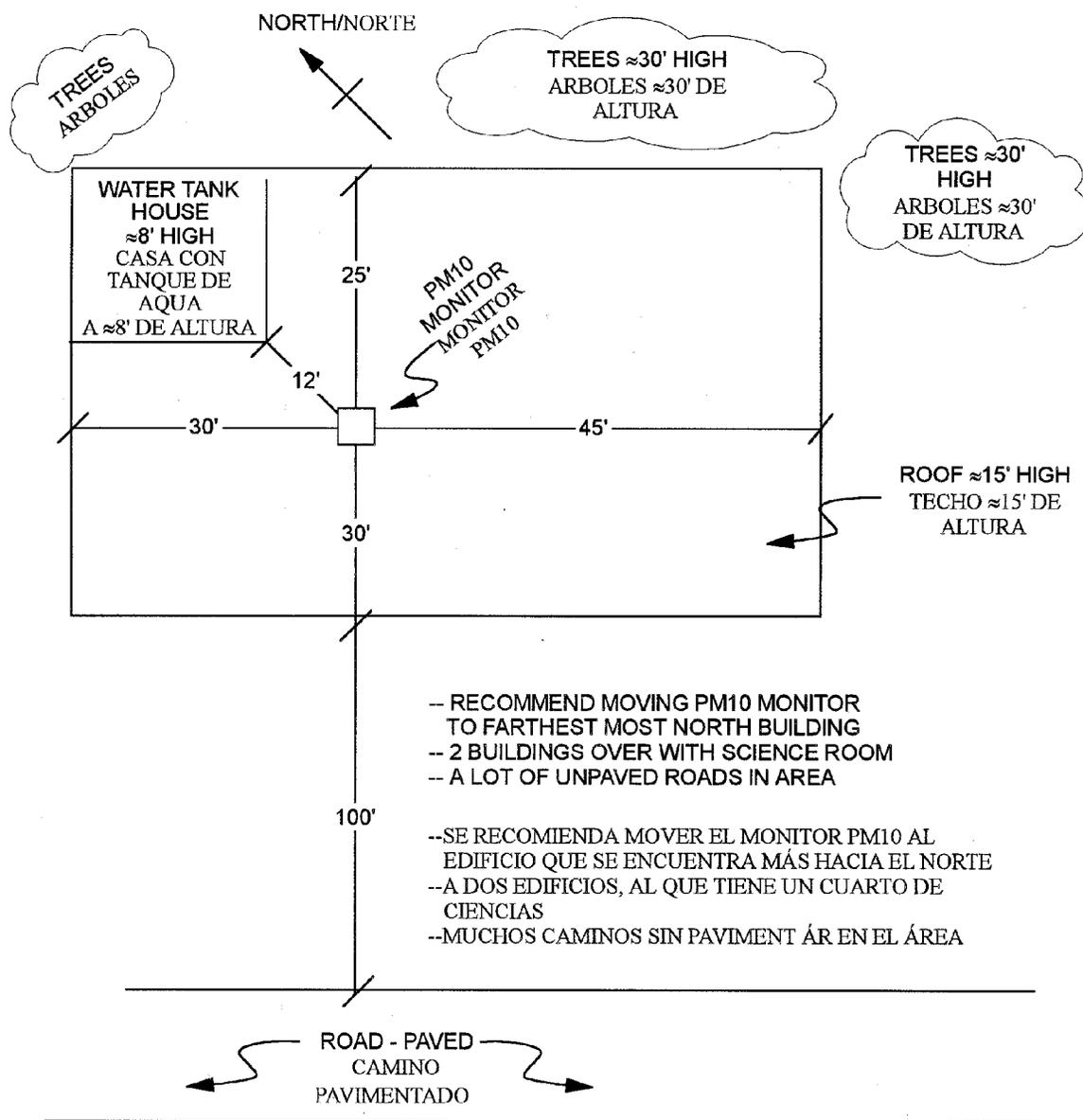
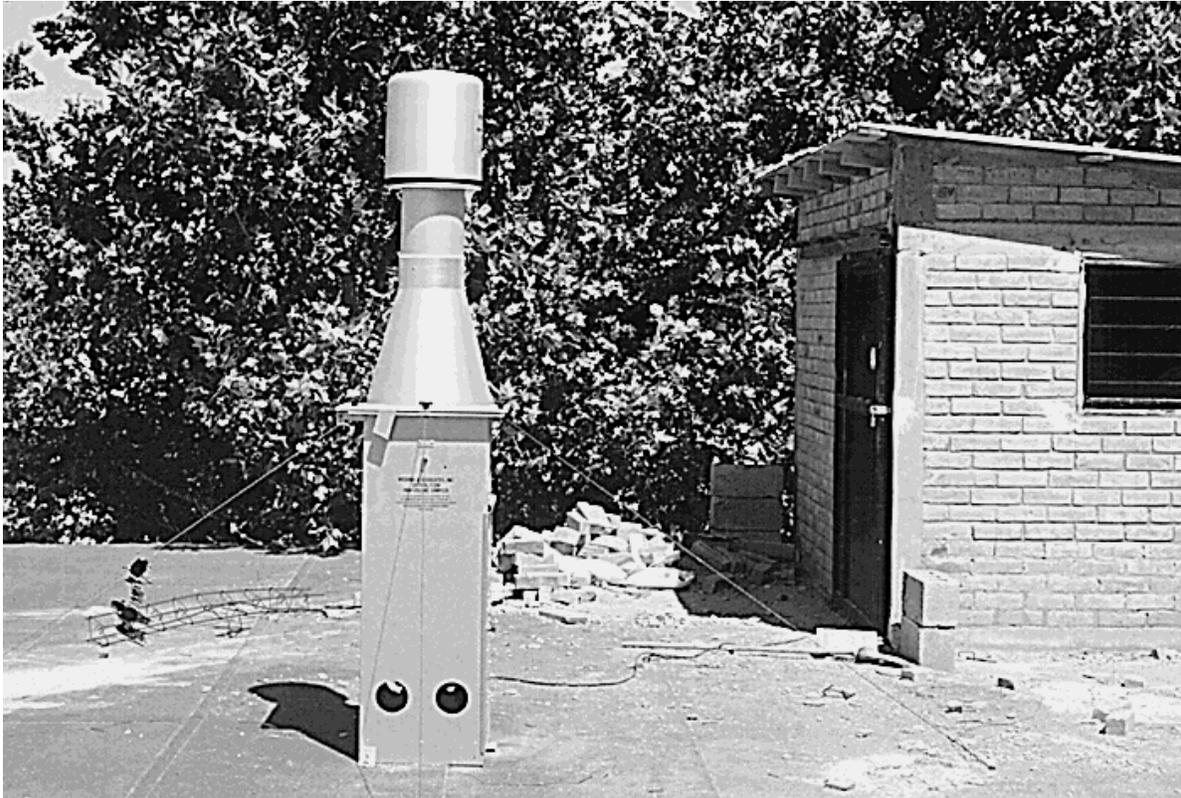


Figure 5-7. Location of Station No. 3 on top of junior high school building (later moved 100 meters east), Piedras Negras.

Figura 5-7. Ubicación de la Estación N 3, sobre el techo del edificio de la secundaria (posteriormente se cambió a 100 metros hacia el este), en Piedras Negras.



Fotografía 5-7. Estación N 3, sobre el techo del edificio de la secundaria (posteriormente se cambió a 100 metros hacia el este), en Piedras Negras.

PIEDRAS NEGRAS, MEXICO  
 SITE #4 - CONALEP TECHNICAL SCHOOL  
 SITIO #4 - ESCUELA TECNICA CONALEP

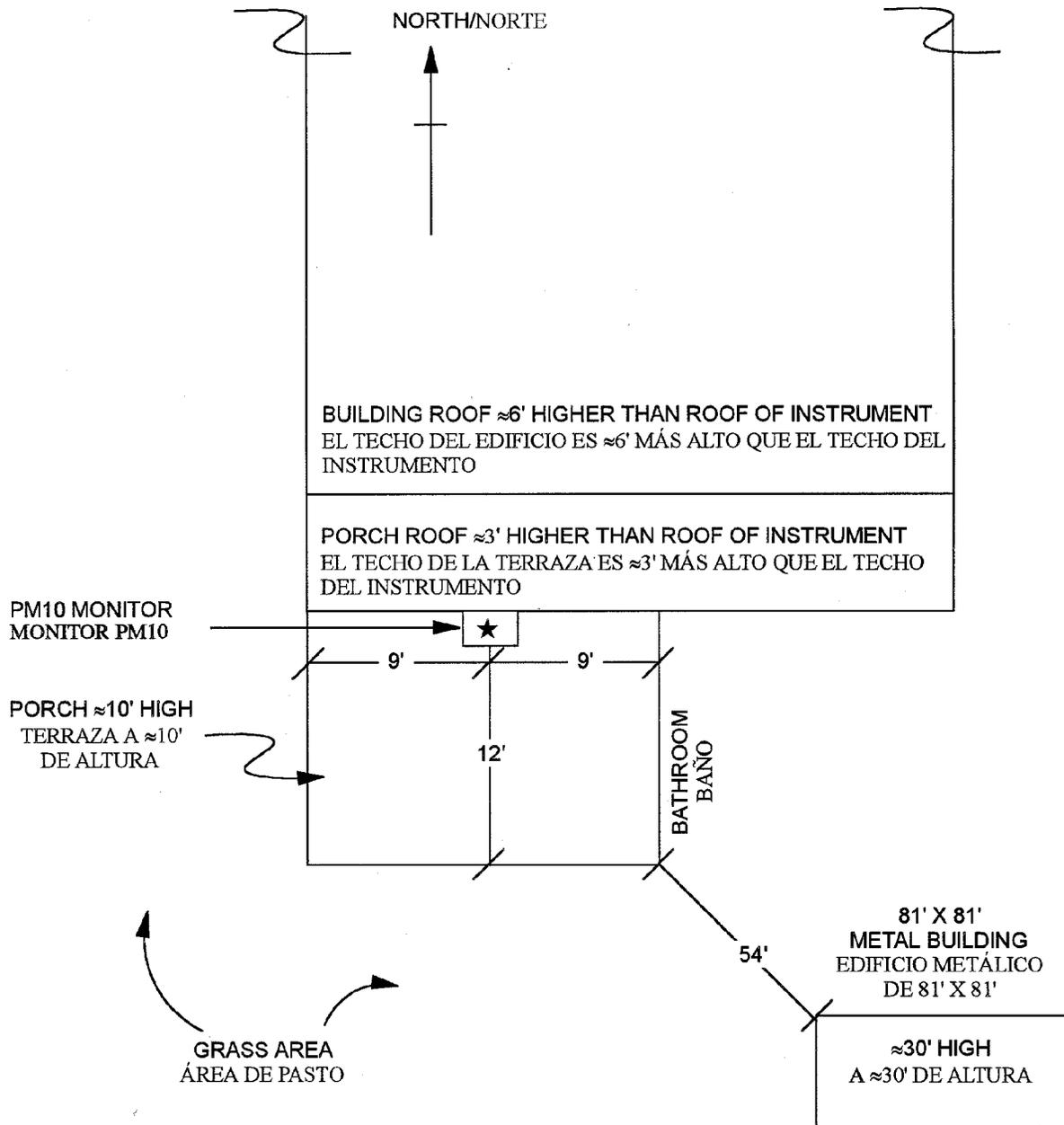
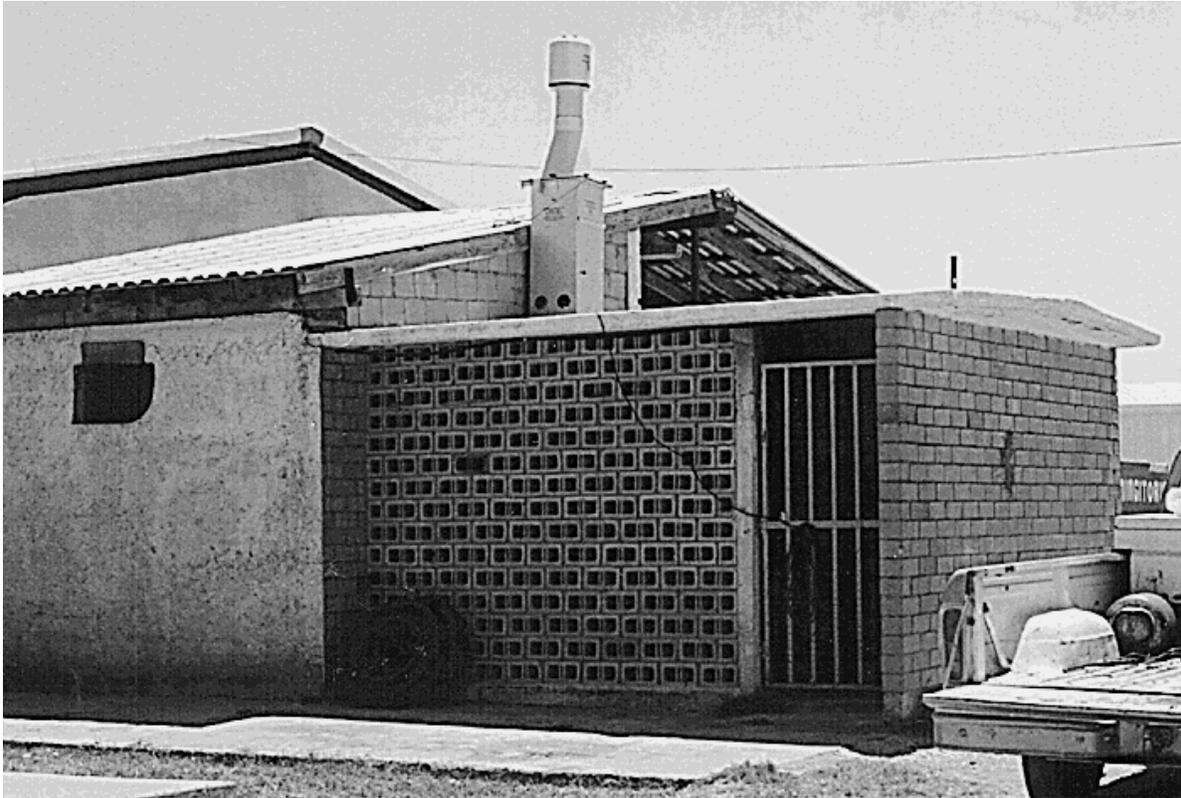


Figure 5-8. Location of Station No. 4 on one-story top building at Conalep Technical School, Piedras Negras.

Figura 5-8. Ubicación de la Estación N 4, sobre el techo del edificio de un piso de la escuela técnica Conalep en Piedras Negras.



Fotografía 5-8. Estación N 4, sobre el techo del edificio de un piso de la escuela técnica Conalep en Piedras Negras.

de monitoreo sería la Estación 2 (i.e., contra el viento, en dirección de la central eléctrica).

Para operar las estaciones  $PM_{10}$  existentes, se requiere una estación meteorológica y equipo de calibración. Además, se necesitan libros de registro e instalaciones de apoyo para poner en marcha, calibrar y mantener el equipo. (Ya están disponibles los manuales de operación en idioma español). Se necesita equipo e instalaciones similares para operar los monitores de  $SO_2$ , Pb y  $O_3$ .

Actualmente Piedras Negras cuenta con dos empleados entrenados en la operación de monitores  $PM_{10}$ . Esta cantidad de empleados entrenados es suficiente para la operación y mantenimiento de las cuatro estaciones  $PM_{10}$  (i.e., un empleado servirá como respaldo para el otro). Si finalmente se lleva a cabo el monitoreo de otros contaminantes, es probable que dos empleados entrenados siga siendo suficiente. Sin embargo, con más monitores en operación, uno de estos dos empleados puede necesitar dedicar su día de trabajo por completo a actividades de operación, mantenimiento, reducción de datos y reporte.

Además de las recomendaciones anteriores, es necesario tratar algunos detalles de operación, tal como se hizo en la Sección 5.2. También, el monitor de  $SO_2$  con registrador de datos asociado que no funciona necesita reparaciones y debe suministrarse equipo auxiliar (tubos, conectores, etc.).

### 5.3 ESTADO DE COAHUILA

El estado de Coahuila juega un papel importante al asegurar la operación exitosa de la red de monitoreo del aire en Ciudad Acuña y Piedras Negras. En particular, recomendamos que Coahuila establezca un amplio programa de garantía de calidad (quality assurance, QA) que incluya:

- Inspecciones periódicas y verificaciones del desempeño de los sitios de monitoreo.
- Preparación por escrito de procedimientos de operación, análisis de datos y reportes para las dos ciudades.
- DQO, entre los cuales se incluya precisión, exactitud e integridad.
- Requisitos de certificación para laboratorios analíticos.

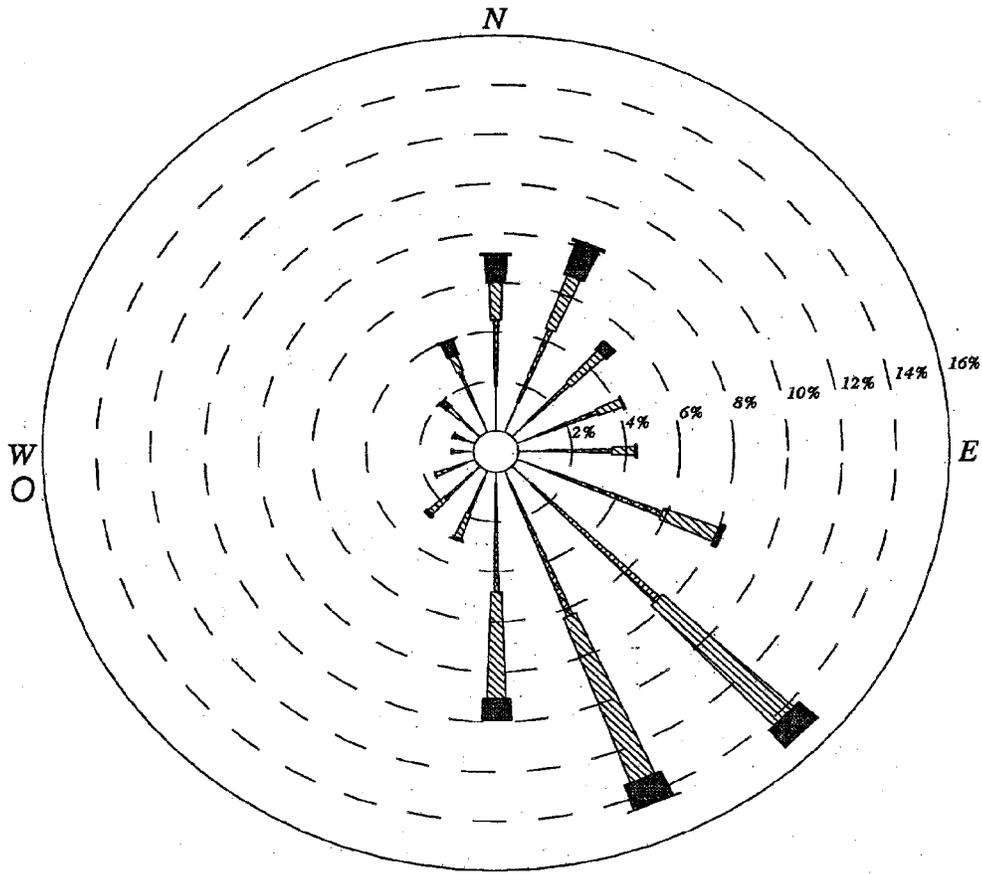
Además, recomendamos que Coahuila proporcione capacitación periódica a los operadores de monitores de la calidad del aire. Creemos que sería ventajoso que Coahuila coordinara la adquisición, preparación y manejo de todos los suministros y equipos de los

monitores, y el acondicionamiento y análisis de los filtros de partículas. También recomendamos que Coahuila se responsabilice de toda la coordinación con el INE. Finalmente, recomendamos que Coahuila considere la contratación de un coordinador de la calidad del aire que vigile el cumplimiento de todas las actividades anteriores.

ANEXO A.  
INFORMACIÓN SOBRE VIENTOS REINANTES,  
TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

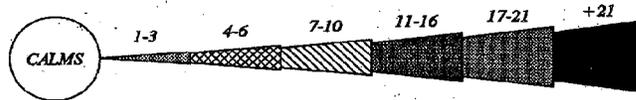
San Antonio, TX 1992

January 1-December 31; Midnight-11 PM  
 Enero 1 - Diciembre 31; Medianoche - 11 PM



CALM WINDS 7.72%  
 VIENTOS CALMADOS 7.72%

WIND SPEED (KNOTS)  
 VELOCIDAD DEL VIENTO (NUDOS)

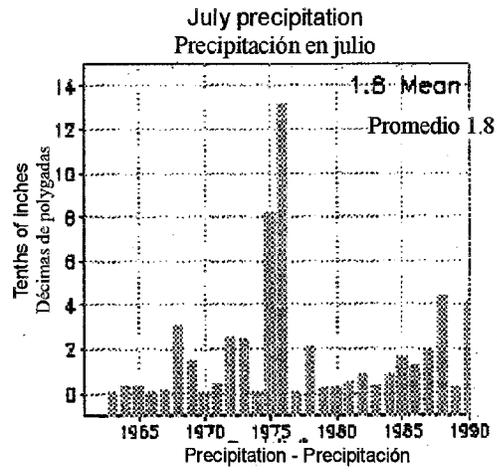
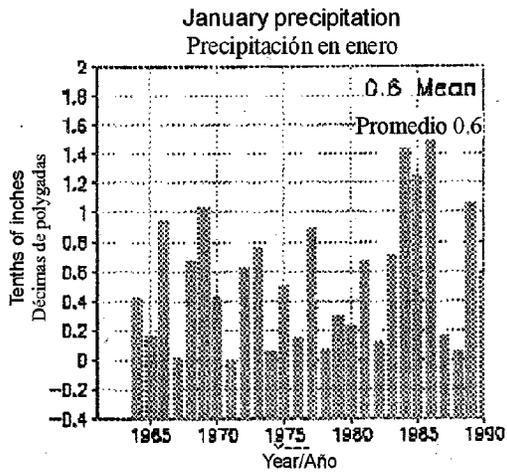
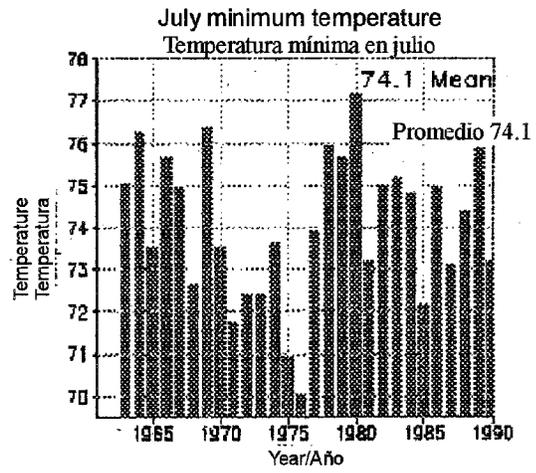
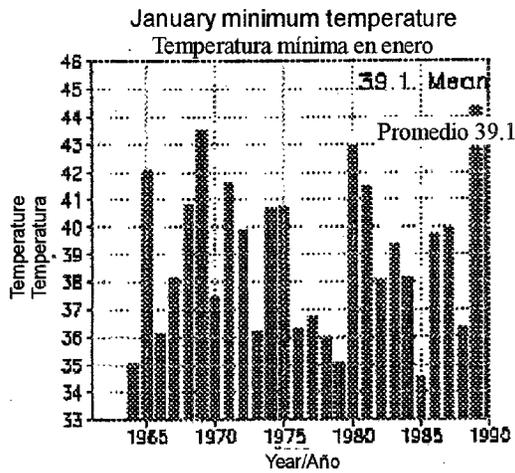
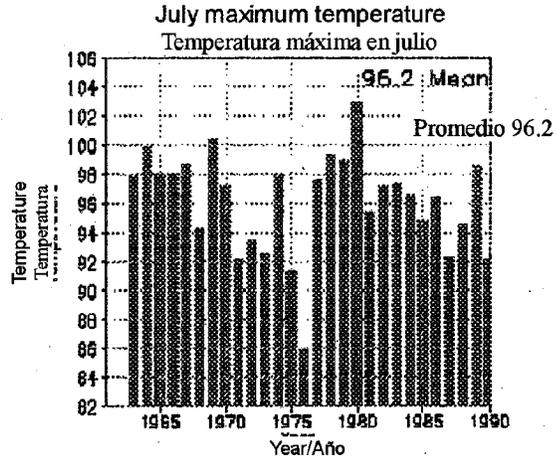
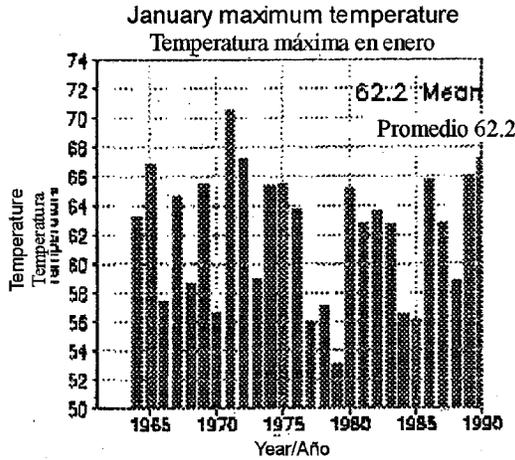


NOTE: Frequencies indicate direction from which the wind is blowing.  
 NOTE: Las frecuencias indican la dirección de la que sopla el viento.

Lat=29.2N Lon=100.5W Elevation=1092 feet  
 Number of years available  
 from 1961 to 1990: 27

Lat=29.2N Lon=100.50 Elevación=1092 pies  
 Número de años disponibles -  
 de 1961 a 1990: 27 años

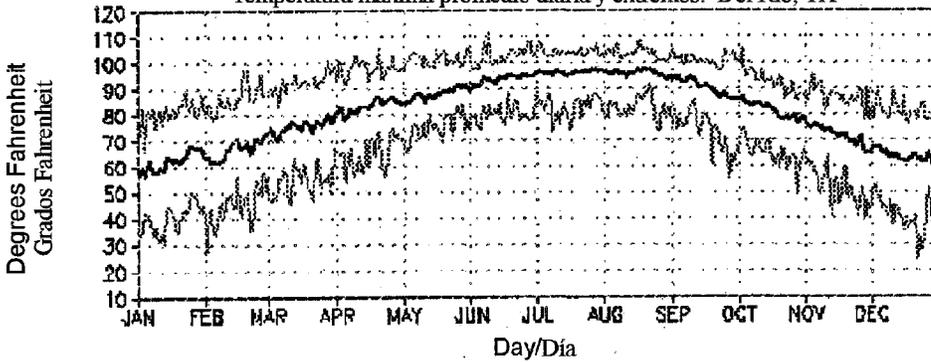
Del Rio, TX, 1961 - 1990 Monthly Means  
 Promedios Mensuales - Del Rio, TX, 1961 - 1990



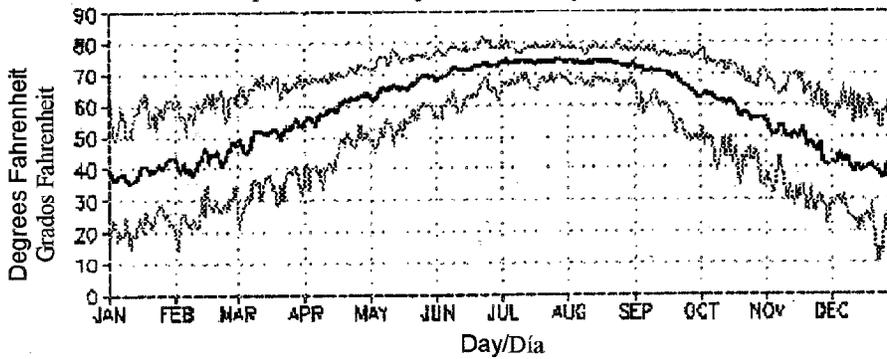
Lat=29.2N Lon=100.5W Elevation=1092 feet  
 Number of years available  
 from 1961 to 1990: 27  
 Maximum temperature 1961 to 1990: 112°F  
 Minimum temperature 1961 to 1990: 10°F  
 Mean annual precipitation: 18.6 inches  
 Mean annual snowfall: 1.1 inches

Lat=29.2N Lon=100.5O Elevación=1092 pies  
 Número de años disponibles -  
 de 1961 a 1990: 27  
 Temperatura máxima de 1961 a 1990: 112°F  
 Temperatura mínima de 1961 a 1990: 10°F  
 Precipitación promedio anual: 18.6 pulgadas  
 Nevada promedio anual: 1.1 pulgadas

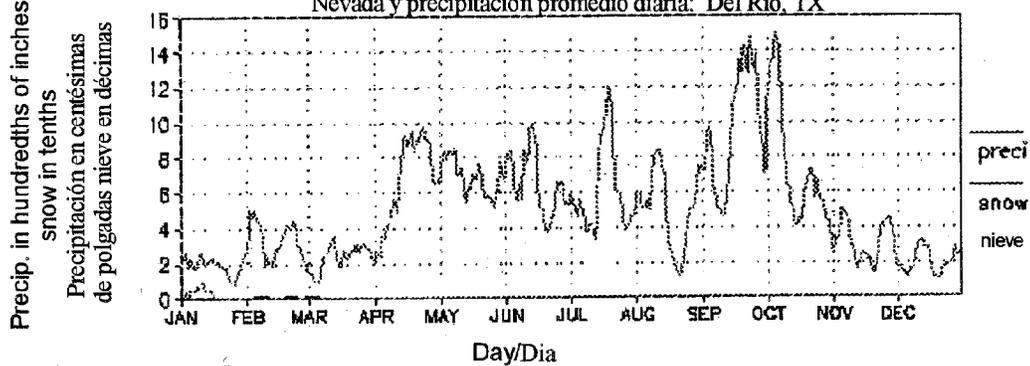
Daily mean maximum temperature and extremes: Del Rio, TX  
 Temperatura máxima promedio diaria y extremos: Del Rio, TX



Daily mean minimum temperature and extremes: Del Rio, TX  
 Temperatura mínima promedio diaria y extremos: Del Rio, TX



Daily mean precipitation and snowfall: Del Rio, TX  
 Nevada y precipitación promedio diaria: Del Rio, TX



Daily % chance precipitation, wind speed and % sunshine  
 Monthly anomalies 1961-1990  
 Monthly means 1961-1990

Porcentaje de probabilidad diaria de precipitación,  
 velocidad de viento y porcentaje de sol  
 Anomalías mensuales de 1961 a 1990  
 Promedios mensuales de 1961 a 1990

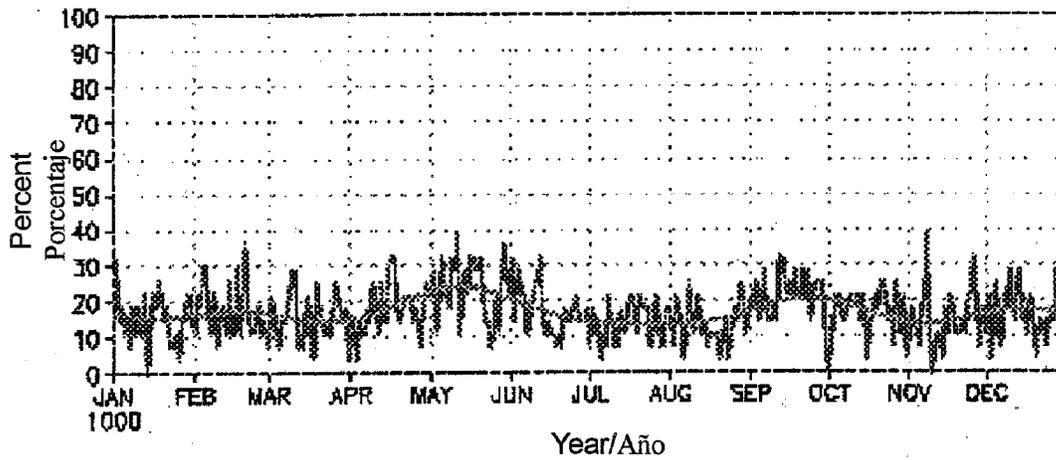
Lat=29.2N Lon=100.5W Elevation=1092 feet

Lat=29.2N Lon=100.50 Elevación=1092 pies

Annual average chance of precipitation: 16.9%  
Annual average wind speed: -999.0 mph  
Annual average percent of available sun: -999.0

Promedio anual de probabilidad de precipitación: 16.9%  
Promedio anual de velocidad del viento: -999.0 mph  
Promedio anual de porcentaje de sol disponible: -999.0%

Daily chance of precipitation, Del Rio, TX  
Probabilidad de precipitación diaria, Del Rio, TX



**ANEXO B.**

**LISTA DE PERSONAS A USAR  
COMO CONTACTO**

**EN LOS DIFERENTES SITIOS**

## **Gobierno del Estado de Coahuila, México**

Dr. Rodolfo Garza Gutierrez - Director General

Secretaría de Desarrollo Social

Dirección General de Ecología

Victoria 406, 1er, Piso

Saltillo, Coahuila

Teléfono de la oficina: (84) 12-5622 & 14-9213

Fax: (84) 12-5678 - Se necesita llamar primero

Ing. Sergio Martínez Alfaro - Subdirector de Prevención y Control

Secretaría de Desarrollo Social

Dirección General de Ecología

Victoria 406, 1er, Piso

Saltillo, Coahuila

Teléfono de la oficina: (84) 12-5622 y 14-9213

Fax: (84) 12-5678 - Se necesita llamar primero

Ing. José Carlos Murguía Arizpe - Jefe de Verificación

Secretaría de Desarrollo Social

Dirección General de Ecología

Allende 202 Pte, 60, Piso

Saltillo, Coahuila

Teléfono de la oficina: (84) 14-9213

Fax: (84) 14-43-20 - Se necesita llamar primero

## **Municipalidad de Ciudad Acuña, Coahuila**

Lic. Emilio de Hoyos Cerna

Presidente Municipal de Acuña

Ciudad Acuña, Coahuila

Prof. José Luis Coronado Rivera  
Director de Ecología Municipal de Acuña  
Andador Tayasol 1848, Col. Fouisste  
Ciudad Acuña, Coahuila  
Teléfono: (877) 2-35-11  
Fax: (877) 2-44-99

Francisco Muñiz Hernandez  
Dirección de Ecología Municipal de Acuña  
Mina 249, Sur. Col. Centro.  
Ciudad Acuña, Coahuila  
Teéfono: (877) 2-35-11  
Fax: (877) 2-44-99

## **Municipalidad de Acuña, Coahuila, Cont.**

Andrés Alejandro Tanaka López  
Dirección de Ecología Municipal de Acuña  
Anador Xamantun No 364, Col Fouisste  
Ciudad Acuña, Coahuila  
Teléfono: (877) 2-35-11  
Fax: (877) 2-44-99

José Antonio Garga Cortes  
Director de (SIMAS)  
Ciudad, Acuña, Coahuila

## **Municipalidad de Piedras Negras, Coahuila**

Lic. Ernesto Vela del Campo  
Presidente Municipal  
Ave. 16 de Septiembre y Monterrey  
Piedras Negras, Coahuila  
Teléfono: (878) 2-51-08  
Fax: (878) 2-31-91

Dr. Juan A. Escandón Valdez  
Director de Ecología Municipal de Piedras Negras  
Ave. 16 de Septiembre y Monterrey  
Piedras Negras, Coahuila  
Teléfono: (878) 2-01-49  
Fax: (878) 2-22-02

Ruperto Roma Rangel  
Dirección de Ecología Municipal de Piedras Negras

Ave. 16 de Septiembre y Monterrey

Piedras Negras, Coahuila

Teléfono: (878) 2-01-49

Fax: (878) 2-22-02

**Texas Natural Resource Conservation Commission**  
**(Comisión de Conservación de Recursos Naturales de Texas)**

Maria M. Rodriguez  
Border Outreach - San Antonio Region  
Región 13 - San Antonio  
140 Heimer Rd. #360  
San Antonio, Texas 78232-5042  
Teléfono: (210) 490-3096 Ext. 341  
Fax: (210) 545-4329

Jim Menke  
Región 13 - San Antonio  
140 Heimer Rd.  
San Antonio, Texas 78232-5042  
Teléfono: (210) 490-3096  
Fax: (210) 545-4329

Steve Neimer  
Texas Natural Resource Conservation Commission  
6330 Highway 290 East  
Austin, Texas Office  
Teléfono: (512) 239-3605