

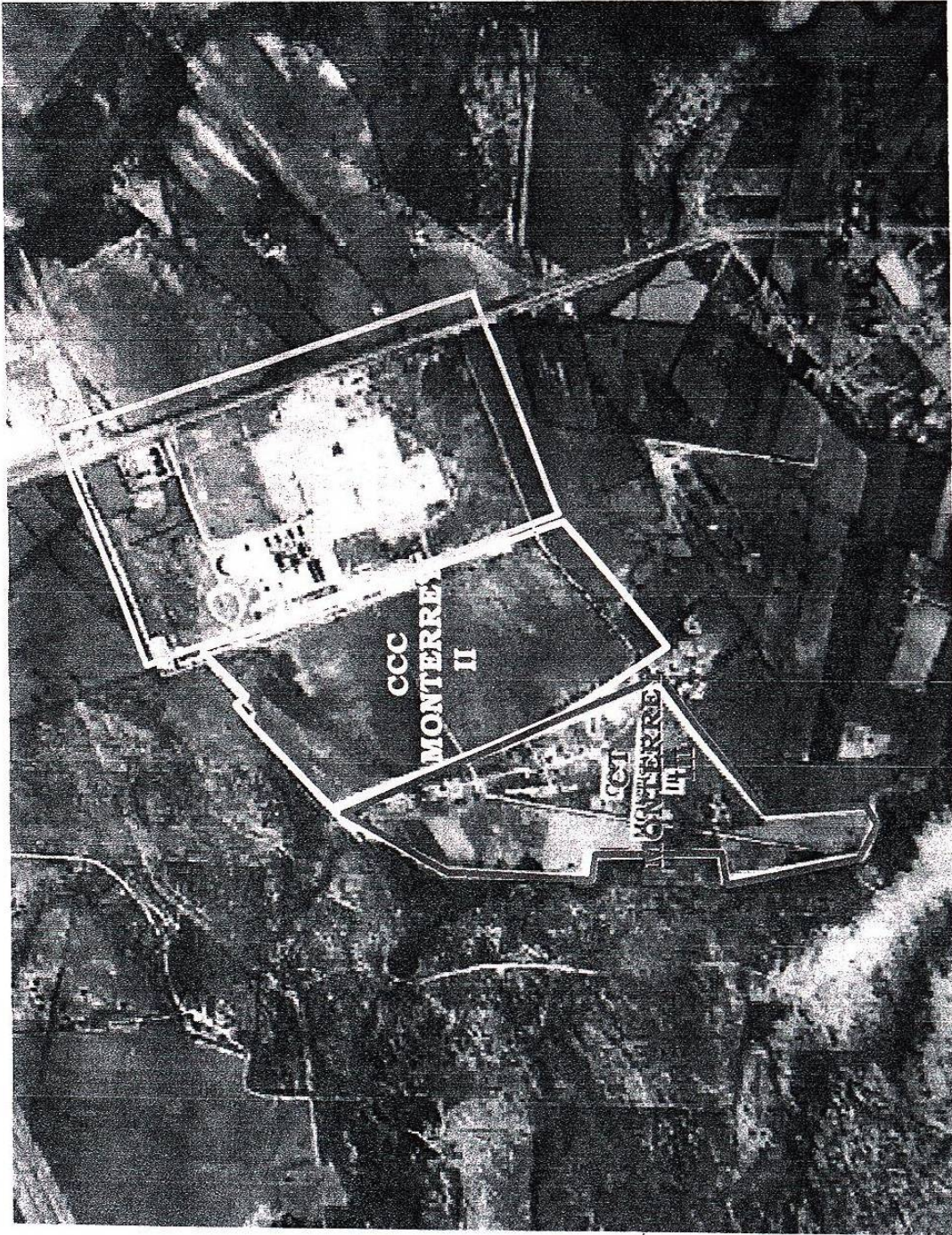
## **CAPITULO 1**

### **ANTECEDENTES DE LAS CENTRALES DE CICLO COMBINADO EN MÉXICO.**

#### ***1.1 Origen de las Centrales Eléctricas.***

En 1879 se instaló la primera central termoeléctrica en el país y fue destinada al abastecimiento de energía eléctrica demandada por las industrias textil y minera. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) se creó en 1937, con el objetivo de generar y de abastecer de energía eléctrica también a los consumidores menores, como los hogares, los comercios y las industrias de menor tamaño.<sup>1</sup> En 1960, el Ejecutivo Federal propuso la adición del párrafo sexto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos señalando: *“Corresponde a la nación generar... energía eléctrica”*... por lo tanto los aspectos ambientales en centrales termoeléctricas son gestionados y administrados por la CFE, hasta antes de la construcción de centrales en la modalidad de Productor Externo de Energía (PEE, 2001) y de autoabastecimiento o cogeneración.

Con el propósito de mejorar el servicio de energía eléctrica en México, la CFE procedió a la licitación de una serie de obras en sus diferentes



**Figura 2.1** Uso de suelo de los predios previo a la construcción

- ◆ Autorización basada en un estudio de impacto ambiental y su resolución, previos al inicio de la construcción de la planta, emitida por parte del Instituto Nacional de Ecología (INE).
- ◆ Autorización de la SEMARNAT para el cambio de utilización de uso de suelo, en caso de ser terreno forestal.
- ◆ Dictamen de uso de suelo, otorgado por el municipio.
- ◆ Título de concesión de la fuente de abastecimiento de agua otorgado por la Comisión Nacional del Agua (CNA).
- ◆ Localización de bancos para extracción y disposición de materiales y productos de excavación con anuencia municipal.

Durante el desarrollo de las diferentes etapas de construcción de una central deberán llevarse a cabo diversas gestiones y estudios tales como:

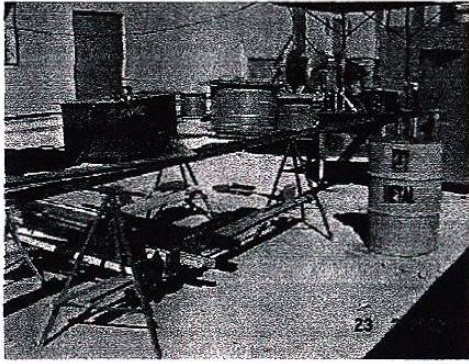
- ◆ Registro como empresa generadora de residuos peligrosos ante la SEMARNAT.
- ◆ Registro como empresa generadora de residuos no peligrosos ante la Subsecretaría de Ecología del Estado.
- ◆ Monitoreo periódico de los niveles de ruido.
- ◆ Estudio de riesgo ambiental con ingeniería de detalle y resolución emitida por el INE.
- ◆ Entrega de informes de cumplimiento a términos y condicionantes de las resoluciones de impacto ambiental y estudio de riesgo, de lineamientos de permisos y autorizaciones emitidos por dependencias estatales y municipales.

Los permisos y autorizaciones antes mencionados sólo son una muestra de lo que se debe tener antes de iniciar los trabajos de construcción, ya que conforme avanza el proceso se requieren nuevas y diversas gestiones, ya sea por modificaciones o por cambios del diseño original.

Las diferentes autorizaciones generalmente se emiten de manera condicionada, por lo que es importante dar respuesta a los términos establecidos en los tiempos señalados y con información que muestre la atención y cumplimiento de cada término. Hay que recordar que también se han realizado modificaciones a la legislación en los apartados de los delitos ambientales y de no presentar la información que muestre el cumplimiento, dependiendo del daño ambiental en que se encuentra, se pudieran aplicar sanciones severas.

## **2.7 Residuos Generados**

En las diferentes actividades, durante la construcción, se generan diversos residuos, cada uno con características propias, desde los no peligrosos hasta los peligrosos. Debido a lo anterior es necesario identificar y clasificar los residuos generados, manejarlos de forma segura y verificar que su disposición sea en los sitios autorizados, buscando siempre oportunidades para su reuso o reciclaje (ver Figura 2.2).



Generación y recolección de residuos durante la construcción



Generación de residuos peligrosos en actividades de pintura durante la construcción

**Figura 2.2** Generación y clasificación de residuos.

Los residuos generados en las diferentes etapas de la construcción y puesta en marcha de una central termoelectrica son, entre otros, los siguientes:

#### 2.7.1 **Residuos no peligrosos:**

- ♦ Aguas residuales sanitarias de pruebas hidrostáticas y lavados alcalinos con un alto contenido de óxidos de fierro y alcalinidad, respectivamente.
- ♦ Materiales de despalme (flora y cubierta vegetal),
- ♦ Desperdicios de materiales de construcción (cascajo, escombros, materiales producto de excavación, etc).
- ♦ Acero residual (desperdicio de varilla, alambre, tubería, acero estructural), etc.
- ♦ Gases y partículas como producto de combustión de la maquinaria.

- ♦ **Polvos y partículas generados por el movimiento y acarreo de materiales pétreos.**

En el capítulo 3, se presentan las figuras 3.2 a 3.7 haciendo una comparación entre las CCMII y CTMIII con la generación de cada central, tanto de los residuos peligrosos como los no peligrosos enviados a disposición final, así como los materiales de reciclaje generados, durante un periodo promedio de construcción de 28 meses. En la figura 2.3 se presenta un promedio en peso de los residuos generados en las centrales en cuestión.

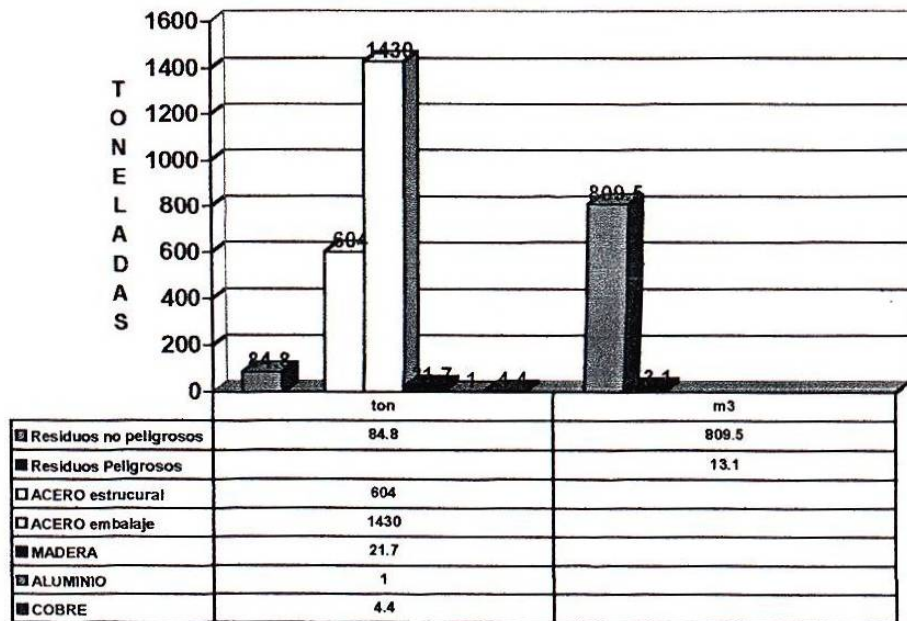
De los materiales y residuos no peligrosos que se utilizan y generan en el proceso de construcción y que se pueden reciclar se encuentra la madera utilizada para la obra civil y la generada por el embalaje de los equipos, el cobre, aluminio y el acero estructural. También se generan pequeñas cantidades de cartón y plástico, que generalmente es donado a los habitantes de los alrededores del predio de construcción del proyecto.

### **2.7.2 Residuos peligrosos**

En las centrales termoeléctricas se generan diferentes tipos de residuos peligrosos, desde el inicio del despalme y desmonte, hasta el término de la puesta en marcha; el tipo de residuos generados depende de los diferentes materiales utilizados y de las actividades realizadas en cada etapa de trabajo y ellos son entre otros:

- ◆ Estopas y trapos impregnados con grasa, aceite y pintura.
- ◆ Baterías automotrices.
- ◆ Aceites lubricantes gastados o contaminados.
- ◆ Aceite dieléctrico e hidráulico.
- ◆ Envases o recipientes de solventes, pinturas, ácido sulfúrico, aditivos, aceites y materiales peligrosos.
- ◆ Filtros de mantenimiento de maquinaria, equipo y vehículos.
- ◆ Solventes de petróleo.

En la Figura 2.3 se puede observar un promedio de los diferentes residuos generados durante la construcción y puesta en marcha, en las centrales en cuestión, considerando que están formas por unidades de 250 Mw.



**Figura 2.3** Generación de residuos promedio en las centrales ciclo combinado por unidad de 250 Mw

## 2.8 **Ruido**

El Ruido se define como todo sonido indeseable que moleste o perjudique a las personas<sup>8</sup>. Durante la construcción de una central termoeléctrica los niveles de ruido generados dependen, en gran medida, de la etapa en que se encuentre. En los trabajos de obra civil es común el ruido generado por maquinaria pesada, vibradores, bailarinas, revolventoras, etc, donde se alcanzan 110 dB, siendo el ruido producido de una manera continua en una jornada, durante ciertos trabajos. Durante las maniobras de montaje se llegan a sumar en un área definida el ruido de las grúas, los taladros neumáticos, los pulidores, etc. donde se alcanzan también los 110 dB. En pruebas de puesta en marcha de una central éstos niveles de ruido aumentan tanto en frecuencia como en duración, lo que llega a causar efectos en el área circundante del proyecto por su nivel y frecuencia, alcanzando en promedio 135 dB en las actividades de soplado y pruebas a ciclo abierto.

En la Tabla II.1 se muestran los niveles de ruido generados por los diferentes equipos y maquinaria utilizados, así como el generado por las diferentes pruebas. En la Figura 2.9 se observa el sitio de generación del ruido y/o de la localización de las fuentes generadoras de ruido durante la toma de lecturas



**Tabla II.1** Niveles y fuentes generadoras de ruido presentes en la construcción

<b>Fuente</b>	<b>Ruido en operación (dB)</b>	<b>Fuente</b>	<b>Ruido en operación (dB)</b>
<i>Ruido ambiental</i>	62 - 65	<i>Bailarina</i>	90 - 98
<i>Compresor de 150 psi</i>	104 - 120	<i>Soldadora</i>	96 - 100
<i>Generador 125 kva</i>	87 - 90	<i>Taladro neumático</i>	95 - 115
<i>Vibrador (p/concreto)</i>	85 - 95	<i>Sandblast</i>	95 - 115
<i>Rotomartillo hilti</i>	99 - 105	<i>Caladora (p/lamina)</i>	90 - 95
<i>Bomba autocebante</i>	65 - 72	<i>Pulidor / cortadora</i>	95 - 105
<i>Retroexcavadora</i>	62 - 65	<i>Soplado con gas (pruebas)</i>	105 - 135
<i>Retroexcavadora c/ martillo</i>	95 - 125	<i>Ciclo abierto (pruebas)</i>	92 - 105
<i>Rodillo compactador</i>	96 - 105	<i>Compresor sb</i>	91 - 95

De la tabla II.1 se deduce que el ruido generado durante la construcción no causa efectos importantes sobre el medio ambiente circundante al predio de las centrales, salvo en las ocasiones específicas de pruebas, por lo que se considera como ruido laboral en etapa de construcción.

Por lo anterior, la maquinaria pesada de construcción, ha quedado fuera del alcance de las normas NOM-011-STPS, NOM-080-STPS y NOM-081-ECOL y por lo tanto el ruido es un factor ambiental capaz de modificar la constitución física. La exposición a sonidos a volumen elevado provoca problemas auditivos y puede generar alta presión arterial, taquicardia, dolor de cabeza, depresión, etc., por lo que no se les puede dejar fuera de consideración

en los aspectos ambientales, aún cuando se trate de un asunto de medio ambiente laboral.

### **2.8.1 Niveles de Ruido**

Los niveles de ruido generados en las actividades de construcción y puesta en marcha de las centrales termoeléctricas, en algunos casos rebasan los niveles permisibles desde el punto de vista laboral, a pesar de que al realizar los monitoreos perimetrales se observa que el nivel de ruido permisible no es rebasado, aún durante las pruebas de puesta en servicio. El ruido generado proviene de maquinaria pesada de construcción, herramientas eléctricas o neumáticas y de la turbina de gas, de la turbina de vapor y del silenciador durante las pruebas de puesta en marcha.

Las siguientes actividades son las identificadas como fuentes generadoras de ruido:

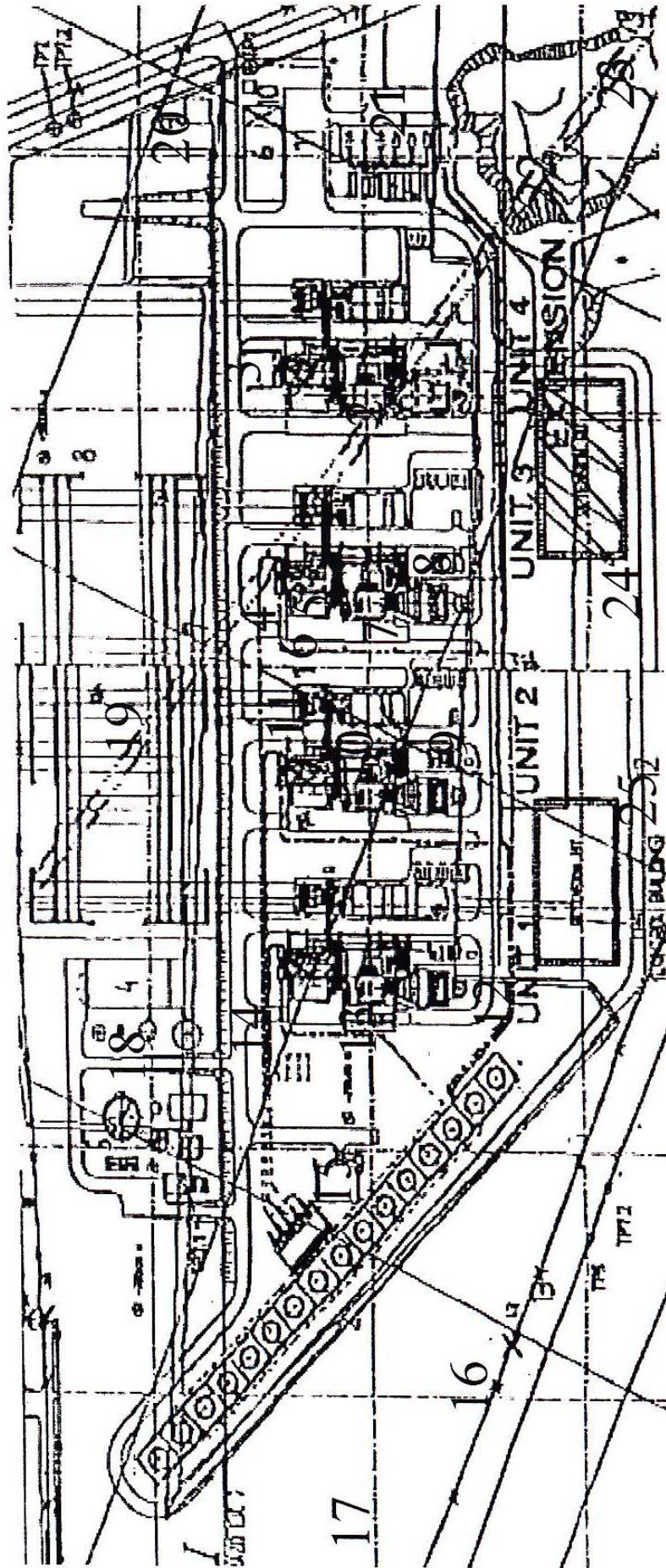
- ◆ Trabajos de excavación, nivelación y compactación de materiales pétreos y térreos.
- ◆ Limpieza de elementos estructurales, fabricación y colado de concreto.
- ◆ Corte, soldadura y pailería.
- ◆ Montaje, torqueado y pintura de estructuras.
- ◆ Limpieza con aire comprimido.
- ◆ Pruebas de puesta en servicio.

Los niveles promedio de ruido generado en estas actividades se observan en la tabla II.1 y en la Figura 2.4, siendo 112 – 135 decibeles el nivel más alto generado en una actividad y 65 – 67 decibeles el ruido ambiental más bajo registrado.

## **2.9 Materiales Peligrosos**

Durante la construcción es común que se lleguen a manejar sustancias y materiales peligrosos tales como: solventes, pinturas, gases para corte y soldadura, gasolina, diesel, aceite, aditivos de concreto, etc. Actualmente de un inventario de materiales y sustancias peligrosas en obra se han llegado a contabilizar hasta 112 sustancias y materiales diferentes (ver listado de sustancias peligrosas tabla II.2).

Estos materiales son peligrosos principalmente por su inflamabilidad, en menor cantidad por su toxicidad y por último por su reactividad, siendo menos los que se clasifican por tener un riesgo específico. Lo anterior indica que se debe estar preparado para atender emergencias por derrames, o incendio de los materiales citados, o por la combinación de éstos con otros posibles riesgos.. Las cantidades obtenidas de los inventarios de materiales almacenados ayuda a estimar la cantidad de residuos peligrosos que se habrán de generar y sus características, así como también puede indicar la orientación que deben tener los programas de capacitación y las condiciones de seguridad que se deben tomar en cuenta para el manejo y almacenamiento de dichos materiales.



- 1.- 70.5 dB, bombas en operación
- 2.- 75.4 dB, pruebas turbina gas
- 3.- 80.4 dB, pruebas condensador
- 4.- 135.5 dB, pruebas, silenciador
- 5.- 118.5 db, Turbina vapor pruebas, interior
- 6.- 134.7 dB, turbina vapor pruebas interior

- 8.- 88.8 dB, bombas operación
- 9.- 77.2 dB soldadura, pailería
- 10.- 96.1 dB, condensador, soldadura
- 11.- 92.3 dB, condensador, soldadura

- 12.- 68.8 dB, pailería
- 13.- 71.2 dB, pailería, soldadura
- 14.- 77.1 dB, montaje estructura
- 15.- 78.1 dB bombas operación

- 16.- 76.7 dB cemex
- 17.- 67.2dB, oficinas
- 18.- 78.3 dB, operac PT
- 19.- 83.9 dB subestación

- 20.- 79.6 dB colados
- 21.- 98.7 dB, pruebas, compresor gas
- 22.- 60.1 dB oficinas
- 23.- 60.0 dB almacén

- 24.- 70.5 dB almacén
- 25.- 64.7 dB comedor

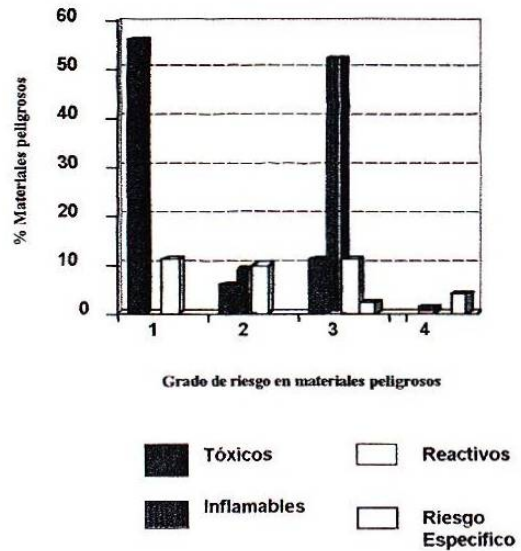
los niveles de ruido son referidos a actividades con equipo y maquinaria en operación, y con las pruebas de puesta en marcha de la U-11 y 21, indicando la medición 4, donde se localiza la fuente de mayor generación de ruido.

**Figura 2.4** Niveles de ruido en la Central (central termoeléctrica Monterrey III)

En la tabla II.2 se incluye el listado de los materiales y sustancias peligrosas a las que se hace referencia y que son utilizados en el proceso de construcción, indicándose los riesgos específicos de cada material, las cantidades referidas son en promedio por unidad de generación, así mismo se indica el equipo de seguridad a utilizar durante el manejo de materiales y sustancias peligrosas. En la Figura 2.5 se muestran los porcentajes de riesgo de los materiales peligrosos utilizados en la construcción de una central de ciclo combinado.



Materiales peligrosos utilizados en el proceso de construcción



**Figura 2.5** Porcentaje de riesgo de los materiales peligrosos utilizados en la construcción de una central de ciclo combinado.

**Tabla II.2** Listado de sustancias peligrosas presentes en obra

Nº	SUSTANCIA	PRESENTACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	FECHA	RIES		
						TOXICO	INFLAMABLE	EXPLOSIVO
1	SIKADUR 42, COMP A	BOTE 4L	PZA			1	2	0
2	SIKADUR 42, COMP B	BOTE 4L	PZA			1	2	0
3	SIKADUR 42, COMP A+B+C	LATA 12 KG	PZA					
4	SIKALIMPIADOR	BOTE 4L	PZA			1	3	1
5	SIKA-2	CUBETA 19L	PZA			3	0	0
6	SIK GUARD 62, COMP A	CUBETA DE 19L	PZA			1	2	0
7	SIK GUARD 62, COMP B	CUBETA DE 19L	PZA			1	1	0
8	SIKALATEX N	TAMBO 200L	PZA			1	0	0
9	SIKALATEX N	LATA 20 KG	PZA			1	0	0
10	SIKATOP, 111-1/3 COMP A	CUBETA 4.25 KG	PZA			1	0	0
11	SIKAGROUT	SACO 30 KG	PZA			1	0	2
12	SIKAFLOOR 156 A	CUBETA 5 KG	PZA					
13	SIKAFLOOR 156 B	CUBETA 15 KG	PZA					
14	SIKADUR- 52 T COMP A	LATA 0.5L	PZA			2	1	2
15	SIKADUR- 52 T COMP B	LATA 1.0L	PZA			2	1	1
16	SIKATOP- 122 COMP B	SACO 20 KG	PZA			1	0	0
17	SIKATOP 122 COMP A	GARRAFA 4.25 KG	PZA			1	0	0
18	SIKATOP SEAL 107 B	SACO 10 KG	PZA			1	0	2
19	SIKATOP SEAL 107 A CB	CUBETA 25 KG	PZA			1	0	0
20	SIKAFLEX T68 SL COMP A	CUBETA 19L	PZA			1	2	0
21	SIKAFLEX T68 SL COMP B	LATA 4L	PZA			1	2	1
22	SIKAGUARD HT COMP A	LATA 4L	PZA			0		0
23	SIKAGUARD HT COMP B	LATA 0.5L	PZA			0		0
24	AEROFEST	CUBETA 19L	PZA			3	2	1
25	FESTER GROUT NM, ESTABILIZADOR DE VOL.	SACO 30 KG	PZA			1	0	0
26	FESTER GROUT NM, ALTA FLUIDEZ	SACO 30 KG	PZA			1	0	0
27	FLAMASTIC 77	CUBETA 19L	PZA			1	0	0
28	THNER	TAMBO 200L	PZA			2	3	0
29	PINTURA ANTICORROSIVA, NOXID, berel	CUBETA 19L	PZA			1	3	0
30	GAS ARGON	CILINDRO (6-9 M3)	PZA			1		

**Tabla II.2** Listado de sustancias peligrosas presentes en obra (continuación)

No	SUSTANCIA	PRESENTACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	FECHA	RIES		
						TOXICO	INFLAMABLE	REACTIVO
31	GAS OXIGENO	CLINDRO(6- 9 MB)	PZA				3	
32	GAS METANO/PROPANO	CLINDRO(83 L)	PZA			1	4	
33	GAS ACETILENO	CLINDRO( 3- 4.5 kg)	PZA			1		
34	NDT FAUL CHECK DEVELOPER	SPRAY 403 gs	PZA			1	2	1
35	NDT FAUL CHECK CLEANER	SPRAY 432 gs	PZA			1	2	1
36	DYCHEK PENETRANTE (WELD SHIELD)	SPRAY 360 ML	PZA			2	2	1
37	GRASA MOBILUX, MOBIL	CUBETA 16 KG	PZA			1	1	0
38	PINTURA BERELITE, BEREL GRIS 815	LATA 4 L	PZA			1	0	0
39	PINTURA BERELITE, BEREL GRIS 816	LATA 1 L	PZA			1	0	0
40	LIMPIADOR SALPICADURAS, INFRA	SPRAY 425 GRS	PZA			3		
41	SOLVENTE DIELECTRICO	TAMBO 200 L	PZA			1	1	0
42	VL - 5 LUBRICANTE PICABLE 3M	CUBETA 19 L	PZA			0	0	0
43	ESMALTE ANTICORROSIVO, DOAL	LATA 1 L	PZA			1	3	1
44	ESMALTE ALQUIDALICO, BEREL	LATA 1 L	PZA			1	3	1
45	CATALIZADOR EPOXY OFE 19 SW	LATA 1L	PZA				3	
46	CATALIZADOR PARA RA- 21	LATA 4L	PZA				3	
47	PRODUCTO ESPECIAL PARA-21	CUBETA 19 L	PZA				3	
48	CATALIZADOR PARA-21	CUBETA 19 L	PZA				3	
49	CATALIZADOR PARA RP6- RP8 S/W	CUBETA 19 L	PZA				3	
50	CATALIZADOR PARA RP6- RP8 S/W	LATA 4 L	PZA				3	
51	PRIMARIO RP6 - RP8 S/W	CUBETA 16 L	PZA				3	
52	SELLADOR VINILICO 570, BEREL	CUBETA 19 L	PZA			1	0	0
53	RECUBRIMIENTO EPOXICO NAPKO 4320-B	CUBETA 18 L	PZA				3	
54	CATALIZADOR EPOXICO NAPKO 4320-C	CUBETA 18 L	PZA				3	
55	ADHESIVO 1190 RESIKON	CUBETA 19L	PZA			2	3	0
56	CARBOLINE 890 EPOXICO 2080 BASE	CUBETA 18L	PZA			1	3	2
57	CARBOLINE 890 EPOXICO 7641A CATALIZADOR	CUBETA 14L	PZA			1	3	2
58	CARBOLINE ADELGAZADOR No 10	CUBETA 19L	PZA			1	3	2
59	POLIURETANO NAPKO NAPTANO	CUBETA 14.4 L	PZA				3	
60	POLIURETANO NAPKO NAPTANO	LATA 4 L	PZA				3	

**Tabla II.2** Listado de sustancias peligrosas presentes en obra (continuación)

Nº	SUSTANCIA	PRESENTACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	FECHA	RIESGO		
						TOXICO	INFLAMABLE	REACTIVO
61	ADELGAZADOR NAFKO 4027 80/20	CUBETA 19 L	PZA				3	
62	ADELGAZADOR NAFKO 4025	CUBETA 19 L	PZA				3	
63	LIMPIADOR Nº 2, PRIM 7663 A	CUBETA 20 L	PZA			1	3	2
64	ADELGAZADOR Nº 15, PRIM 7004 A	CUBETA 20 L	PZA			1	2	2
65	CATALIZADOR POLIURETANO 4380 PRIM	CUBETA 18L	PZA			1	3	2
66	CATALIZADOR POLIURETANO 4380 NAFTANO	LATA 3.6 L	PZA				3	
67	CATALIZADOR RA 28	LATA 4L	PZA				3	
68	PINTURA PRIM PART A 890	CUBETA 18 L	PZA			1	3	2
69	PASTA ALUMINIO 890 PRIM	LATA 7 KG	PZA			1	3	2
70	PINTURA VINIL-ACRILICA DUREX MASTER	CUBETA 19L	PZA			1	0	0
71	PINTURA VINIL-ACRILICA PRO-1000 PLUS	CUBETA 19L	PZA			1	0	0
72	SELLADOR VINIL - ACRILICO, COMEX	CUBETA 19L	PZA			1	0	0
73	EPOXINE 600 GROUT, PARTE A, FESTER	CUBETA 19L	PZA			2	0	0
74	AMERCOAT, COMEX	CUBETA 19L	PZA			2	3	0
75	RESISTOL 5000	LATA 1 L	PZA					
76	GEM, ERICO, INCENTIVADOR	SACO 11.3 KG	PZA			1	0	2
77	XILENO, FORTE QUIM	CUBETA 19 L	PZA			2	2	0
78	WP - 40 AFLQJATODO	SPRAY 226 GRS	PZA					
79	ESMALTE ALQUIDALICO METALEX	LATA 4L	PZA				3	
80	ANTIARRANQUE LOCTITE	LATA 500 GRS	PZA					
81	CARBOMASTIC 15 PARTE B 2052	CUBETA 20 L	PZA			1		2
82	CARBOMASTIC 15 PARTE A 2002A	CUBETA 20 L	PZA			1	3	2
83	DUPONT 25 P BASE	LATA 4L	PZA			2	3	0
84	IMRON REDUCTOR T-3979	LATA 4 L	PZA			1	2	0
85	IMRON ACTIVADOR 10 P	LATA 4L	PZA			3	3	1
86	IMRON 325 ESMALTE POLIURETANO	CUBETA 16 L	PZA			2	3	0
87	ZINC FILLER COLOR 094	CUBETA	PZA			3	0	1
88	CAROLINE CARBOCOAT 818	CUBETA	PZA				3	
89	ALUMINIO 50 SILVER BRITE	CUBETA 18 LT	PZA				3	
90	ACABADO RA-21 BLANCO OSTION	CUBETA 18 LT	PZA				3	



## **2.10 Reportes de No Conformidades**

Los proyectos de centrales de generación de energía eléctrica se construyen en la actualidad con diversos esquemas de financiamiento, por lo que se debe cumplir con las disposiciones ambientales de la legislación, normas y reglamentos vigentes, así como con los requerimientos marcados en los contratos o por las instituciones de crédito involucradas. El cumplimiento de estas disposiciones es de importancia relevante para mantener el financiamiento de los proyectos durante sus diferentes etapas.

La vigilancia permanente del manejo seguro de residuos, los registros de consumo de agua, de sustancias peligrosas y de todas aquellas actividades que representen riesgo al medio ambiente deben prevenirse y atenderse de inmediato. Actualmente no se cuenta con documentos que evidencien el cumplimiento periódico de atención de éstas y otras actividades, por lo que los incumplimientos a la legislación, los contratos y otros requerimientos se realizan por medio de los sistemas de calidad tipo ISO-9000, llevándose de la misma manera para cualquier otro registro o documento, sin considerar lo sucedido en las actividades diarias ya que las “No Conformidades” que se emitieron en estos proyectos también resultaron de vigilancias programadas y auditorías.

Las “No Conformidades” (NC) son los incumplimientos los requerimientos especificados; establecidos en el PPA, Contratos, o instituciones de crédito, mismas que son emitidas durante las diferentes etapas de construcción de los proyectos y que reflejan el nivel de la concientización del personal en general y

el desempeño ambiental alcanzado en cada uno de ellos. En la Tabla II.3 se muestran los aspectos incumplidos y el número de las NC emitidas, observándose una importante disminución de éstas de un proyecto a otro, lo que lleva a pensar que en la CTMIII se incurrió en menos incumplimientos y por tanto la disminución de No conformidades, debido a los programas de capacitación y concientización, realizados durante las continuas auditorias de medio ambiente a que fue sometida la obra por parte de la CFE y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ya que el incumplimiento contractual de aspectos de medio ambiente es penalizable económicamente.

**Tabla II.3** Estadística de No Conformidades emitidas durante el proceso de construcción de las centrales.

<b>ESTADISTICA DE NO CONFORMIDADES</b>		
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Monterrey II</b>	<b>Monterrey III</b>
Manejo de residuos peligrosos	4	2
Manejo de residuos no peligrosos	19	5
Manejo de materiales peligrosos	5	3
Trámites y autorizaciones	12	6
Derrames de hidrocarburos	18	4
Administración de agua	4	2
Flora y fauna	3	0
Procedimientos inadecuados	9	1
Informes y reportes ambientales	3	2
Difusión y capacitación	1	1
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>26</b>

Analizando la Tabla II.3, podemos deducir que una parte significativa de los incumplimientos se relaciona con funciones gerenciales (trámites y autorizaciones, derrames, contratos de maquinaria a bajos costos y sin programas de mantenimiento). El no invertir en capacitación del personal o no destinar los recursos para la separación y manejo de residuos genera también una alta incidencia de "No Conformidades". Otro aspecto importante lo representa el cumplimiento a los términos y condicionantes de los diversos permisos y autorizaciones, no presentándose en tiempo y forma los informes respectivos, olvidando que al incurrir en incumplimientos se puede llegar a sanciones ambientales.

La estadística anterior también sirve como referencia para proponer y complementar un programa de educación ambiental, ya que del análisis de esta información se pueden deslindar responsabilidades por los incumplimientos, las causas, los recursos, la concientización, la difusión, el grado de implementación, etc. de los aspectos ambientales del proyecto.

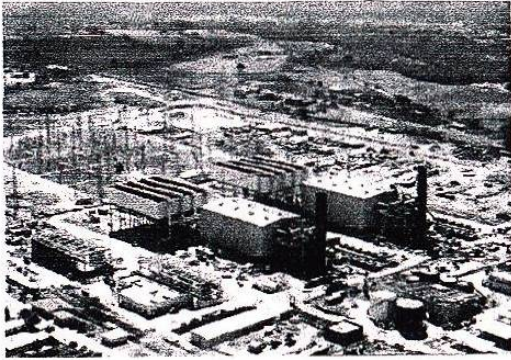
modalidades de generación, tales son los casos de las centrales Monterrey II y Monterrey III.<sup>2</sup>

## **1.2 Descripción General**

Dentro del Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), la CFE consideró el proyecto de instalación de la Central Ciclo Combinado Monterrey II (CCMII), que inició su construcción en 1998 y actualmente es operada mediante un esquema financiero del tipo “Construcción, Arrendamiento y Transferencia (C.A.T.)”. Después de 15 años de haber iniciado la operación comercial, esta central pasará a ser propiedad de la CFE.<sup>3</sup>

La Central Termoeléctrica Monterrey III (CTMIII), fue construida a principios del año 2000 y es operada mediante un esquema financiero de tipo Productor Externo de Energía (PEE), en donde un contratista vende la energía generada a la CFE. Esta central también está considerada dentro del POISE.<sup>2</sup>

Los proyectos anteriores se consideran parte de una serie de obras que fueron licitadas con el propósito de mejorar el servicio de energía eléctrica en México. Estos proyectos están integrados por varias unidades de generación; la CCMII, formada por dos unidades de 225 MW que actualmente se encuentra en operación, y la CTMIII que está integrada por cuatro unidades de generación, tres en operación y una en construcción, con capacidad de 250 MW cada una de ellas (ver Figura 1.1)



Vista aérea de la Central Ciclo combinado Monterrey II en proceso de construcción, actualmente en operación

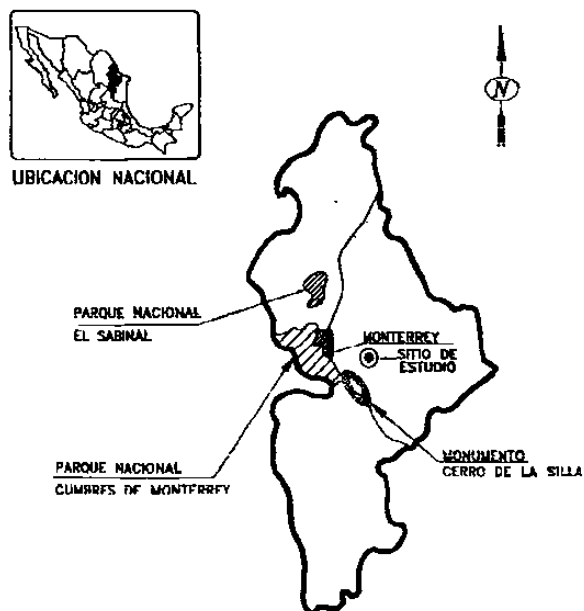


Vista aérea de la Central Termoeléctrica Monterrey III, actualmente en operación 3 unidades, y una en proceso de puesta en servicio.

**Figura 1.1** formación de unidades de generación a base de módulos o unidades de 250 MW cada una.

### **1.3 Localización**

Las Centrales CCMII y CTMIII se localizan en el Estado de Nuevo León (Figura 1.2), aproximadamente a 25 km al noreste de la Ciudad de Monterrey en el km 12 y 12.5 de la Carretera Monterrey - Dulces Nombres, en el Municipio de Pesquería, colindando al Norte con la Central Termoeléctrica de Huinalá, que cuenta actualmente con 18 años de operación.



**Figura 1.2** Localización regional de las centrales.

#### **1.4 Naturaleza del Proyecto**

La CCMII y CTMIII fueron diseñadas para utilizar gas natural como combustible, por lo que el proyecto de la CCMII incluyó la construcción de un gasoducto de 16 pulgadas de diámetro y aproximadamente 4.5 km de longitud, interconectado al gasoducto Reynosa – Escobedo; el sistema de enfriamiento de la Central es a base de aire seco mediante aerocondensadores. Para la CTMIII también se construyó un gasoducto de 16 pulgadas de diámetro y 6.5 km de longitud, así como un acueducto de 5.5 km de longitud y de 24 pulgadas de diámetro para suministrar agua. También hubo necesidad de construir un camino de acceso de 1.2 km de longitud y 30 m de ancho.

## 1.5 Componentes de la Central

En forma general la CCMII y la CTMIII están formadas por unidades de generación; cada una de ellas consta de una turbina de gas, turbina de vapor, generador eléctrico y recuperador de calor. Estas centrales están constituidas por los sistemas descritos en la Tabla I.1 En las Figuras 1.3 y 1.4 se observan los componentes en construcción y el diagrama de flujo del proceso de generación de energía eléctrica.

**Tabla I.1** Componentes de las centrales de ciclo combinado.

<b>SISTEMAS</b>	<b>CCC MONTERREY II</b>	<b>CT MONTERREY III</b>
No unidades (MW)	<b>2 (225 MW c/u)</b>	<b>4 (250 MW c/u)</b>
Suministro de agua	Pozo profundo y aguas tratadas	Acueducto, planta de pre-tratamiento de agua residual
Generación de energía eléctrica (unidad)	Turbina de gas, generador eléctrico, turbinas de vapor, recuperador de calor - generador de vapor	Turbina de gas, generador eléctrico, turbinas de vapor, recuperador de calor generador de vapor
Enfriamiento	Tipo seco (aerocondensadores)	Tipo húmedo con torres de enfriamiento
Suministro de combustible	Ramal gasoducto para gas natural, estación de regulación y medición de gas	Ramal gasoducto para gas natural, estación de regulación y medición de gas
Tratamiento de agua residual industrial (proceso)	Neutralización de efluentes, filtros, ósmosis inversa, equipo de evaporación (destilado) y tratamiento de aguas residuales sanitarias. En la planta de tratamiento de aguas de la CCC Huinalá el agua es reutilizada para enfriamiento.	Neutralización de efluentes, filtros, ósmosis inversa, tratamiento de aguas residuales sanitarias en planta y reutilizadas para enfriamiento.

Como se puede observar en la Tabla I.1, las centrales cuentan básicamente con los mismos sistemas; la diferencia entre ellas reside en el tratamiento de agua para proceso y vertido, en el sistema de enfriamiento y, de manera general, en el arreglo físico de cada Central.

## **1.6 Objetivo y Justificación de los Proyectos**

El objetivo principal de los proyectos CCMII y CTMIII es satisfacer la creciente demanda de energía en la zona Noreste del país y principalmente la del Área Metropolitana de Monterrey (AMM).

De acuerdo con los estudios del mercado eléctrico nacional, se estimó para el periodo 1996 - 2001 un incremento anual promedio de 6.7 % con base al desarrollo de la pequeña, mediana y gran industria, lo que, por consecuencia, provocó un crecimiento natural en el consumo de energía de los sectores comercial y de servicios.<sup>3</sup>

De acuerdo con lo anterior, los proyectos estuvieron plenamente justificados con las políticas de desarrollo estipuladas en el Plan Director de Desarrollo Urbano del Area Metropolitana de Monterrey 1988 - 2010, el Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000 y el Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995 - 2000.

## **1.7 Políticas de Crecimiento Futuro**

Tomando como base los Estudios del Mercado Eléctrico y la creciente demanda sobre la Zona Noreste del Sistema Eléctrico Nacional, el programa de generación de energía para satisfacer la demanda de 1350 MW para el año 2005 se ha dividido en tres etapas de crecimiento, señaladas en la Tabla I.2.

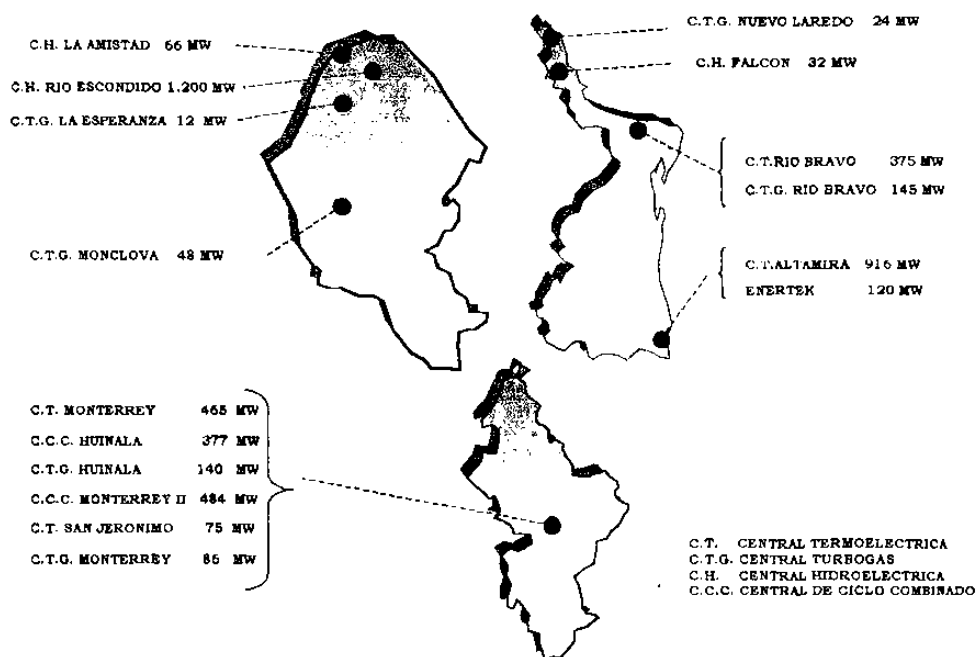


**Tabla 1.2** Políticas de crecimiento futuro para AMM.

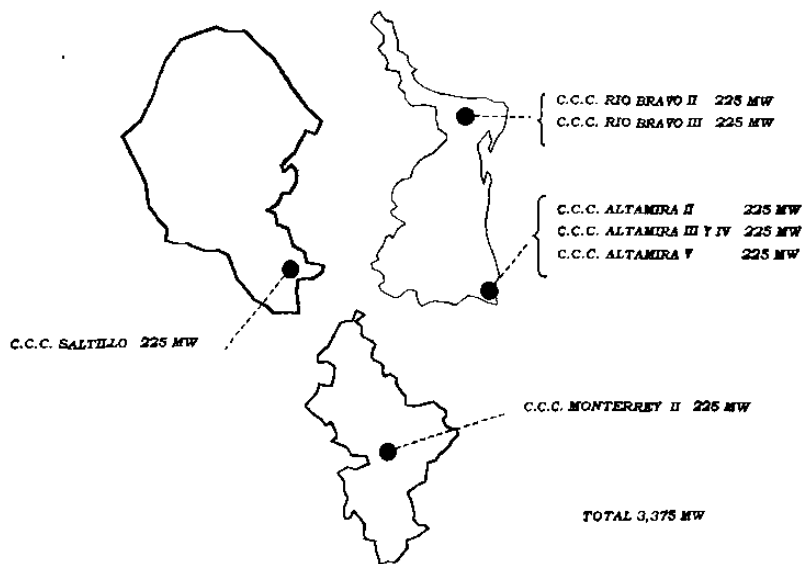
ETAPA	AÑO	GENERACION DE ENERGIA
1 <sup>a</sup>	2000	450 MW (CTMIII)
2 <sup>a</sup>	2002	1140 MW (CTMIII)
3 <sup>a</sup>	2005	450 MW

Hasta la fecha no se tiene definido el sitio para la construcción del proyecto correspondiente a la tercera etapa.

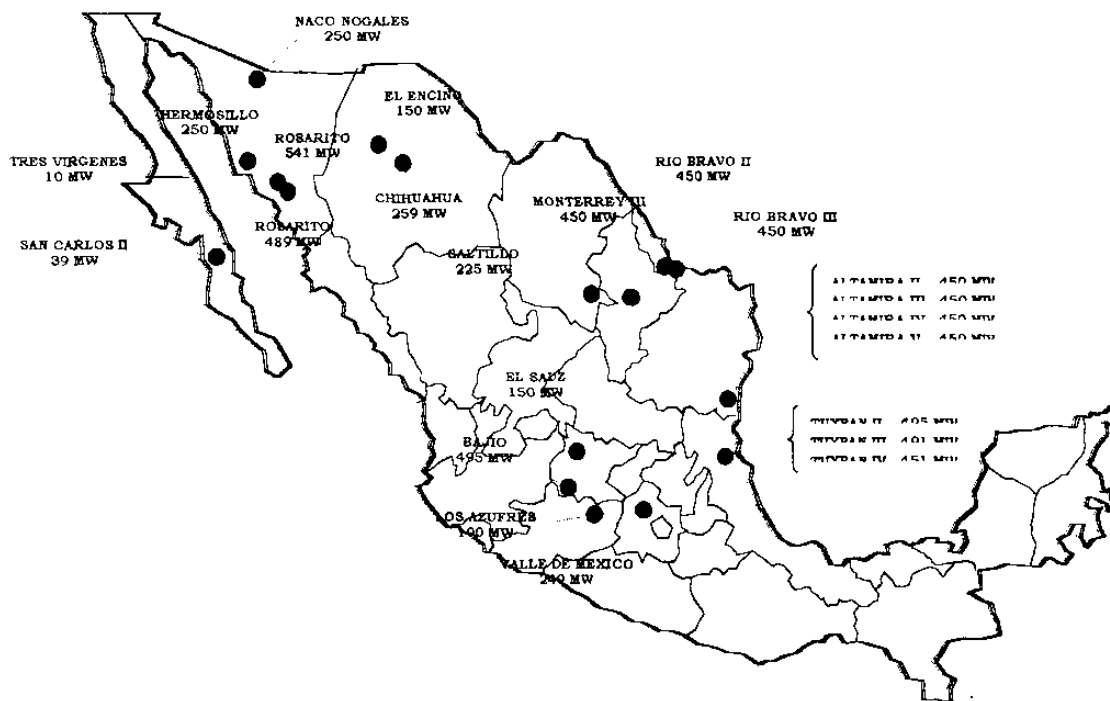
En la Figura 1.5a y 1.5b se muestran las Centrales existentes al 2000 y se indican las que se encuentran en proceso de licitación y/o construcción previendo que inicien su operación en el 2004. La Figura 1.6 muestra las centrales generadoras planeadas a nivel nacional para el año 2005



**Figura 1.5a** Centrales generadoras en el noreste de México existentes al año 2000.



**Figura 1.5b** Centrales generadoras proyectadas a futuro (2004) en el noreste de México.



**Figura 1.6** Centrales generadoras de energía eléctrica al año 2005, a nivel nacional.

### **1.8 Criterios de Selección del Sitio de Ubicación de una Central Eléctrica.**

Considerando que la ubicación de las Centrales debe ser lo más cercana posible al centro de consumo y conociendo las proyecciones de demanda de energía eléctrica de la ciudad de Monterrey, en la definición del sitio más adecuado para la instalación de las Centrales se consideran los criterios técnicos y ambientales resumidos en la Tabla I.3.

**Tabla I.3** Criterios técnicos y ambientales para la selección del sitio de instalación de las centrales eléctricas.

<b>Criterios técnicos</b>	<b>Criterios ambientales</b>	
Suministro de combustible	Clima	Fauna
Suministro de agua	Suelo	Uso de suelo
Interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional	Vegetación	Calidad del aire
	Hidrología subterránea	

El estudio de selección de sitio consideró dos etapas; la determinación de áreas de exclusión y la identificación de sitios potenciales como se resume en la Tabla I.4.

**Tabla I.4** Identificación de sitios potenciales y áreas de exclusión en la selección de sitios para instalación de centrales eléctricas.

<b>AREA ANALIZADA</b>	<b>DIMENSION km<sup>2</sup></b>	<b>CRITERIO</b>
Región estudiada	21 741.19	Demanda de energía
Áreas naturales protegidas	2 545.97	Formal (parque Cumbres de Monterrey y El Sabinal)
Área metropolitana	2 126.53	Formal (nueve municipios)
Crecimiento global de la población	9 818.00	Informal (tasa de crecimiento media anual 1.02 a 2.35)
Zona de proyecto de ordenamiento ecológico	2 475.53	Informal (proyecto de ordenamiento Ecológico Frontera Norte)
Zonas Montañosas	3 877.25	Informal
Proximidad a pistas aéreas	4.52	Informal (General Escobedo)
Zonas agrícolas con alto desarrollo	546.01	Informal (alto río San Juan)

Para la selección del sitio de construcción de las centrales se consideró lo señalado en la tabla anterior, además de los aspectos de disponibilidad de agua, combustible, conexión al sistema eléctrico, etc.

### **1.9 Uso Actual del Predio**

En la tabla I.5 se muestran las superficies requeridas para la construcción de las centrales y del ramal del gasoducto, considerando que éstas no dependen de la capacidad de la central, sino que dependen del arreglo de la misma. En la tabla I.6 se indica el uso dado a los predios antes de la construcción de las centrales, los cuales se encontraban ya perturbados debido a su uso agropecuario, como se puede observar en la figura 2.1.

**Tabla I.5** Datos de justificación de la superficie requerida para la construcción.

Central	Superficie	Gasoducto	
Monterrey II	36 – 06 – 35 has.	6.75 has	4.5 km
Monterrey III	26 – 78 – 15 has	8.25 has	5.5 km

En la superficie requerida no se considera el área ocupada por instalaciones temporales ni caminos de acceso.

**Tabla I.6** Usos de suelos previo a la construcción de las centrales.

Central	Uso de suelo	Gasoducto	Acueducto
Monterrey II	Agrícola	Agrícola y ganadero	Agrícola, ganadero
Monterrey III	Agrícola – ganadero	Agrícola y ganadero	Agrícola y ganadero

### 1.10 **Breve Descripción del Proceso de Generación de Energía Eléctrica**

El proceso de generación de energía eléctrica de una central de ciclo combinado se basa en módulos que funcionan de la siguiente manera y de acuerdo al diagrama ilustrado en la Figura 1.4.

Una turbina de gas funciona mediante calentamiento por combustión con aire comprimido, acoplado a la propia turbina (Ciclo Brayton).<sup>4</sup> Los gases de combustión hacen girar los álabes de la turbina, la cual por estar acoplada a la misma flecha del generador eléctrico, lo hace girar produciendo energía eléctrica.

Los gases que salen de la turbina de gas se encuentran a más de 600°C. Su calor es aprovechado por un equipo intercambiador que funciona como recuperador de calor, el cual está integrado por tubos que en su interior llevan agua previamente tratada, la cual se transforma en vapor, que posteriormente se expande en la turbina de vapor, generando un trabajo que es convertido también en energía eléctrica (Ciclo Rankine).<sup>4</sup> La turbina de vapor se encuentra acoplada al mismo generador eléctrico que la turbina de gas.

El vapor, después de haber efectuado el trabajo en la turbina, es enviado para su condensación y reuso a un condensador, que para el caso de la CCMII enfriará a este vapor con aire del medio ambiente, no requiriéndose agua para este fin. El agua obtenida en el aerocondensador es nuevamente utilizada en el proceso. Por otra parte, los gases de combustión se descargan a la atmósfera a través de una chimenea, después de haber pasado por el recuperador de calor.

La energía eléctrica generada por las turbinas de gas y de vapor es enviada a un transformador para elevar su tensión y poder ser distribuida, a través de líneas de transmisión, al sistema eléctrico nacional.

El consumo de agua tratada para la CTMIII se estima en 436 L/s y genera una descarga de agua residual de 135 L/s. El gas natural (4.53 Mm<sup>3</sup>/d) será transportado por un ramal del gasoducto Pemex – Reynosa – Escobedo, interconectado en el tramo que va de Apodaca a Los Pomones, localizado aproximadamente a 6 km al norte de la CTMIII.

La CCMII tiene una capacidad de generación de 450 MW utilizando el gas natural como combustible; los quemadores ecológicos secuenciales (SEV y EV) forman parte del diseño de la turbina de gas, lugar donde se generan los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ocasionados por las altas temperaturas de combustión.

Los beneficios ambientales de las Centrales Ciclo Combinado que utilizan gas natural como combustible son principalmente: la reducción de las emisiones en un 70% en lo que respecta a los NO<sub>x</sub>, además de la nula emisión de partículas y compuestos de azufre o monóxido de carbono, debido fundamentalmente al tipo de combustible utilizado, además de que se puede reducir de manera significativa el consumo de agua en este tipo de centrales. Las emisiones indeseables al ambiente son generadas por otros combustibles fósiles, tales como el combustóleo o el carbón, lo que hace la diferencia entre las centrales termoeléctricas convencionales y las de ciclo combinado.

### **1.11 Generalidades Ambientales de las Centrales Termoeléctricas**

Uno de los efectos que no se pueden mitigar, o sin medida real de compensación, es el cambio de uso del suelo y sobre todo dadas las características de éste en un área con pocas alteraciones.

El hablar de impacto ambiental generalmente conduce a la idea de que eso tiene que ver con la industria establecida. Un aspecto del que sólo se trata en los manifiestos de impacto ambiental, y del cual existe muy poca información, es el de la etapa de construcción, sus impactos y sus medidas de mitigación. El tratamiento ambiental que se implanta durante una construcción es poco conocido, menos aun cuáles son las empresas con un sistema de administración ambiental certificado en esta actividad indicadora del desarrollo del país.

Los 249 proyectos que representan el 20% de todos los gestionados para autorización ambiental por las paraestatales de PEMEX y CFE, en 1999, muestran la importancia que se ha otorgado al medio ambiente, sobre todo a los efectos negativos que se originan con la construcción y operación de éstos nuevos proyectos.

Durante la construcción de dos centrales de ciclo combinado en Monterrey se ha logrado obtener información que en principio permitió formar un plan de trabajo para dar cumplimiento a las diferentes disposiciones ambientales legales y de otras partes interesadas, ya que al inicio de la construcción de la



CCMII no existía un plan de protección ambiental y por tanto las compañías contratistas no contaban con certificaciones ambientales del tipo ISO-14000. Se destaca también que durante esta etapa se trabajó en el aspecto de sensibilizar y hacer conciencia en el personal en todos los niveles de cada organización.

Con una idea más clara para la construcción de la CTMIII y con datos reales de generación de residuos peligrosos y no peligrosos, de administración del agua, del cumplimiento legal hasta la liberación de condicionantes ambientales por PROFEPA, es posible redactar e implementar un Plan de Protección Ambiental (PPA) que de manera metódica oriente al cumplimiento legal y sobre todo a la mitigación de los diferentes impactos ambientales generados desde el inicio de la etapa de despalme y desmonte, hasta la terminación de la etapa de construcción y la puesta en marcha de las Centrales.

Con la implementación de un PPA que cumpla con los requerimientos de la norma oficial mexicana NMX-SAA-001-1998 (ISO-14000-1996) y la evaluación de la implementación, es posible presentar lo que en esta tesis nos ocupa, un mismo documento que servirá como base para futuros proyectos que deben cumplir con las cada vez más rigurosas cláusulas contractuales que incluye la certificación ISO-14000.

En la actualidad se encuentran 19 proyectos por iniciar su construcción y que deberán comenzar operaciones para el 2004, por lo que es necesario

contar con un PPA orientado al cumplimiento legal mexicano, ya que por lo general las sociedades o instituciones de crédito que financian las obras de infraestructura del sector eléctrico disponen de fondos del Banco Mundial mismo que, como primer condicionante ambiental, exige el cumplimiento legal ambiental del país donde se construya la Central desde la etapa de proyecto, seguida de la etapa de construcción, y en donde las auditorías ambientales ordenadas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) son trimestrales y deben resultar satisfactorias para evitar la suspensión de los créditos.

Los aspectos del contenido del PPA son, entre otros, los de capacitación del personal para sensibilizarlos sobre el mismo, sobre la base de 1) las estadísticas de No conformidades, 2) los planes de emergencias derivados de los análisis de riesgo ambiental, 3) la generación promedio de residuos y cantidades a reciclar, y 4) los programas para el control y medición de los aspectos ambientales, previa evaluación. Se anexan los formatos para la verificación y evaluación diaria/periódica de los diversos aspectos ambientales.

Con lo anterior se espera alcanzar el objetivo inicial, la presentación de un documento que facilite la administración y gestión ambiental durante las etapas de construcción y puesta en marcha de una central de ciclo combinado.

#### **1.12 Generalidades del proceso de construcción**

La construcción de una central termoeléctrica se inicia con el desmonte y despalme de la vegetación existente; ésta es seguida por la nivelación del

terreno formándose las plataformas para el desplante de los edificios y equipos. Con el movimiento de tierras y su acarreo o transporte, dentro y/o fuera del predio de construcción, se genera una cantidad de polvo significativa, en esta etapa también es importante considerar el escurrimiento del agua, evitando estancamientos. Se continúa con la fase de las excavaciones y rellenos donde se emplea maquinaria pesada, durante estas actividades se emplea material producido durante las excavaciones o extraído de un banco de materiales. Una vez habilitado y colocado el acero de refuerzo se procede a realizar la colocación de la cimbra y el concreto, al cual se le agregan diferentes aditivos e impermeabilizantes. Realizados los acabados en las cimentaciones, se cuelan los elementos estructurales; si la estructura es de acero ésta es montada, nivelada y torqueada. En el caso de estructuras de acero se realiza la aplicación de cemento expansivo, tipo *grout*. A la par de las cimentaciones se colocan las instalaciones sanitarias, eléctricas y otras. Al terminar la colocación de elementos estructurales se procede a construir o colocar los muros. La fase de obra civil concluye con el término de las instalaciones.

La fase mecánica se inicia con el montaje de equipos de diferentes pesos, que en casos llegan a 300 toneladas uno solo. Una vez montados los equipos y tuberías, se procede con los trabajos de soldadura y radiografiado de las diferentes juntas constructivas. A la par de la soldadura se inician los trabajos de montaje eléctrico; equipos, tableros de control, sub-estaciones, colocación de tuberías, tendido de cables, etc.

La puesta en marcha inicia con los lavados alcalinos, llenado de tuberías y equipos con aceite y pruebas de recirculación, así como las pruebas de alto voltaje. Con las pruebas de ciclo abierto y la sincronización de las turbinas con el generador, se inician las pruebas de funcionamiento, mismas que se realizan por un periodo de 30 días.

Entre los principales efectos causados al medio ambiente durante las etapas de construcción antes mencionadas se tienen; la pérdida de cobertura vegetal y del hábitat, la emigración de especies, la afectación a la calidad del aire, riesgos a la salud pública por alteración en el nivel de ruido, la modificación a las características del suelo y el relieve y la variación de flujos superficiales y subterráneos de agua, entre otros.

### **1.13 *Objetivos de la Tests***

El principal objetivo final de este trabajo es el de difundir la información recopilada sobre el manejo de materiales y residuos peligrosos, las estrategias para lograr el mejor aprovechamiento del agua, las medidas efectivas para el control de emisiones y las acciones tomadas de mitigación de la flora.

Además, durante su ejecución, definir métodos para la evaluación diaria de la implementación del PPA, sobre todo aquellas actividades como manejo de residuos, tratamiento de agua cruda y disposición o uso de residuos y control de emisiones, polvos y partículas. En ellas participa el personal operativo.

También elaborar un Plan de Emergencias Ambientales (PEA), acorde con las diferentes actividades de construcción, orientado a los diferentes niveles operativos.

Presentar un Plan de Protección Ambiental (PPA), que satisfaga los requerimientos de un Sistema de Administración Ambiental y con ello atender requerimientos de los clientes, proveedores, instituciones de financiamiento y a la legislación ambiental en sus diferentes niveles.

Proponer el Programa de Educación Ambiental y sensibilizar al personal de nuevo ingreso y directivo, elaborar instrucciones operativas acorde a su competencia. Además determinar las cantidades de reciclaje y un manejo adecuado de residuos.

#### **1.14 Metas**

Contar con un documento que servirá como base experimentada para futuros proyectos que deban cumplir con las cada vez más rigurosas cláusulas contractuales que incluyen la certificación del tipo ISO-14000.

Los aspectos del contenido del PPA son, entre otros, los de capacitación del personal para sensibilizarlos sobre el mismo, sobre la base de 1) las estadísticas de No conformidades, 2) los planes de emergencias derivados de los análisis de riesgo ambiental, 3) la generación promedio de residuos y cantidades a reciclar, y 4) los programas para el control y medición de los aspectos ambientales, previa evaluación. Se anexan los formatos para la verificación y evaluación diaria/periódica de los diversos aspectos ambientales.

Con lo anterior se alcanzarán los objetivos iniciales, que son la presentación de un documento que facilite la administración y gestión ambiental de los contratistas durante las etapas de construcción y puesta en marcha de una CCC, la elaboración del Plan de Emergencias y el Programa de Educación Ambiental.

### **1.15 Hipótesis**

*La creciente demanda de energía genera impactos ambientales significativos durante las diferentes etapas de construcción de una Central; éstos se pueden mitigar y prevenir con el apoyo de una herramienta de administración y gestión ambiental, como lo es el PPA, que facilitará sensibilizar a los trabajadores y lograr el cumplimiento legal e institucional de los aspectos ambientales.*

El presente trabajo presenta y discute los diferentes deterioros ocasionados al ambiente durante las etapas de preparación del sitio, construcción y puesta en marcha de dos centrales de ciclo combinado en el noreste del país. Se presentan también las acciones emprendidas para mitigar los impactos ambientales, tomando como base el cumplimiento legal y la sensibilización y capacitación del personal, formalizados mediante un sistema de administración ambiental como lo es el sistema ISO-14000, que considera también los requerimientos de las instituciones de crédito y otras partes interesadas.

## **CAPITULO 2**

### ***LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS CENTRALES DE CICLO COMBINADO.***

La protección al ambiente es un derecho otorgado a la sociedad por la Constitución y se rige por los lineamientos establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas, así como también por los requerimientos de los diferentes niveles de gobierno y a los que las instituciones se suscriben atendiendo las demandas de la comunidad.

La protección ambiental en centrales termoeléctricas en México se realiza mediante las directrices establecidas por la CFE, ya que ésta desarrolla todas las etapas de una Central, desde el diseño y construcción, hasta su operación.

#### ***2.1 Antecedentes Históricos y Legales***

Como resultado de la política de modernización propuesta por el entonces Presidente Porfirio Díaz (1881 - 1910), las puertas al capital extranjero fueron abiertas con la finalidad de apoyar la economía mexicana, ya que el país había

pasado por una época de guerras constantes, luchas e invasiones, llevándolo a una inestabilidad tanto política como económica.

Las primeras centrales generadoras de energía del país se instalaron con la finalidad de aumentar la productividad en las minas y los telares. En 1879 se instaló la primera central termoeléctrica en León, Guanajuato; a partir de ese momento se instalaron centrales similares en todo el país y fueron utilizadas en diversas actividades industriales. Entre 1880 y 1900 operaban en el país 177 centrales, con criterios eminentemente lucrativos, dando servicio público a quien tenía capacidad de pago.<sup>1</sup>

La CFE se creó en 1937<sup>1</sup>, con el principal objetivo de generar energía eléctrica para abastecer a un mercado en crecimiento, satisfacer la demanda de los consumidores de bajos ingresos, planear e integrar el servicio eléctrico en México y preparar un esquema que diera a la nación el control sobre sus recursos energéticos.

Con las propuestas de reformas a la Constitución y la Ley de Servicio de Energía (2000), así como a las actuales modificaciones a las reglamentaciones en esta materia, ahora es posible generar energía eléctrica propia y vender el excedente a la CFE. Existen 100 proyectos de cogeneración de energía que a raíz de la crisis económica del 1995 no se han podido llevar a cabo, por lo que se ha abierto la oportunidad a que la Iniciativa Privada (IP) construya centrales termoeléctricas. La CFE no administra ni gestiona directamente la protección ambiental en estas centrales, sino que la IP debe atender todos los



compromisos legales e institucionales relacionados con ella, tal es el caso de la CTMIII.

## **2.2 *La Protección Ambiental en Centrales Termoeléctricas***

Las primeras centrales termoeléctricas generadoras de energía eléctrica se construyeron en 1881, para operar con combustible a base de combustóleo y de carbón, con el fin de satisfacer la demanda de energía de la industria textil y minera. Estas centrales se construyeron en la periferia de los centros urbanos, sin considerar los posibles efectos sobre el medio ambiente y la salud.

La protección ambiental en las centrales termoeléctricas estaba enfocada al principio a la realización de actividades de diseño y construcción de plantas de tratamiento de agua y posteriormente se consideraron las emisiones a la atmósfera.

En 1950 se realizaron Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de desarrollos energéticos importantes en Estados Unidos, Canadá y Europa, con el objetivo de garantizar la protección a la seguridad y salud públicas. Los primeros estudios de impacto ambiental para centrales termoeléctricas en México se remontan a 1986, en la Central Termoeléctrica Carbón II, localizada en el municipio de Nava, Coahuila, operada a base de carbón. Ese estudio de impacto ambiental presentaba como sus objetivos identificar, evaluar y

proporcionar las medidas de prevención y/o mitigación de los impactos en los diferentes medios (socioeconómico, acuático, el aire, suelo y manejo de ceniza). El estudio en el área de influencia de la C.T. Carbón II tomó en cuenta los efectos aditivos de la C.T. Río Escondido, además de la explotación minera. También contempló los efectos de las emisiones en el área de influencia de la Central, así como, además, consideró las leyes y reglamentos nacionales en materia de protección ambiental y las disposiciones norteamericanas correspondientes al convenio México - USA.

En septiembre de 1993, la CFE emitió el Manual de Protección Ambiental a través de la Subdirección de Construcción<sup>6</sup> en el que surgió, como tema de vital importancia en la industria nacional y mundial; la protección del medio ambiente. Dicho manual considera como parte fundamental la elaboración de procedimientos para la supervisión de construcciones que afecten el medio ambiente.

En 1997 CFE elaboró la guía con los términos de referencia para estudios ambientales, estableciendo en los objetivos el que se propiciara que los resultados de los estudios ambientales fueran incorporados en el diseño, construcción y operación de los proyectos eléctricos, a fin de eliminar, reducir, mitigar o compensar los efectos negativos que pudieran ocasionar tales proyectos. La normatividad ambiental interna de la CFE considera que la caracterización ambiental de una área particular en la que se instala un proyecto eléctrico puede ser muy compleja, debido a las múltiples interrelaciones de los factores físicos, químicos y biológicos que se presentan

en los sistemas naturales, además de la manera como se perciben y determinan estos factores.

Lo anterior justifica la importancia de plantear adecuadamente los términos de referencia de estudios ambientales, tanto para asegurar el cabal cumplimiento del marco jurídico ambiental como para comparar estudios que apoyen la toma de decisiones que propicien la selección de acciones alternativas que minimicen los costos ambientales que pudiesen ocasionar la construcción y operación de los proyectos eléctricos.

En 1999 se elaboró el Sistema de Administración Ambiental (tipo ISO-14000) de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos de la CFE<sup>7</sup>, el cual actualmente está certificado.

En las bases de licitación para los proyectos termoeléctricos se incluyen los Criterios de Diseño de Protección Ambiental, los que consideran: el cumplimiento de las disposiciones establecidas en la LGEEPA y sus reglamentos, la presentación del programa de acciones para la protección del ambiente durante la construcción, la atención a criterios incorporados en la manifestación de impacto, estudio de riesgo y su resolución, etc.

Lo anterior se implementaba antes de 2001, mediante el Sistema de Aseguramiento de Calidad de la CFE. En la actualidad, la protección ambiental debe realizarse como requisito de la bases de licitación mediante un sistema certificado de administración ambiental.

El Sistema de Administración de Calidad, Protección Ambiental y Seguridad Industrial (SACPASI, 2000) de CFE, manifiesta el propósito de establecer una dirección integral que permita alcanzar objetivos y metas institucionales, destacando que la protección y la seguridad ambiental son compromiso insoslayable de todo el personal, protegiendo el ambiente y promoviendo el bienestar de los trabajadores y de la sociedad.

### **2.3 Centrales Ciclo Combinado y Demanda de Energía**

En la actualidad se encuentran en construcción en el noreste del país siete Centrales Termoeléctricas de Ciclo Combinado, localizadas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (ver figura 1.5a y 1.5b). En el país se construyen actualmente en cinco estados un total de catorce plantas de ciclo combinado, las cuales tienen como objetivo el abastecer la creciente demanda de energía y satisfacer la demanda a corto plazo (2004).

La tendencia actual en la industria eléctrica es la de construir plantas generadoras de energía del tipo de ciclo combinado, produciendo energía eléctrica con la quema del gas natural y de la generación de vapor en un mismo equipo y proceso generador, aprovechando de manera óptima el calor liberado por la combustión. Las centrales de ciclo combinado tienen un rendimiento global superior al 58%, mientras que las centrales termoeléctricas convencionales aprovechan un 35% de la energía. Ejemplo de esta última es la Termoeléctrica del Golfo (TEG) que utilizando como combustible el coque de

petróleo y que actualmente se encuentra en la fase de pruebas de puesta en marcha. Esta termoeléctrica está diseñada para generar 250 Mw.

Los beneficios ecológicos de las centrales de ciclo combinado son principalmente: la reducción en un 70% de las emisiones de NO<sub>x</sub> y la ausencia de partículas y de compuestos de azufre, debido al combustible que se utiliza. Las emisiones nocivas se generan con combustibles fósiles como el combustóleo o el carbón, caso de la TEG. Otra ventaja más es la reducción de manera significativa del consumo de agua en estas Centrales.

En junio de 2001 la CFE tenía 22 proyectos licitados y adjudicados, o en etapa de construcción mismos que se concluirán a más tardar en el verano de 2004. Para satisfacer el aumento en la demanda de energía, estimada en 6.1% anual y tomando en cuenta que en los próximos diez años podría duplicarse esta demanda, deberán construirse para el 2009 seis centrales diesel, cuatro geotermoeléctricas, una carboeléctrica, siete turbogás, dos hidroeléctricas y 50 centrales de ciclo combinado.

#### **2.4 Preparación del Sitio y Construcción**

El área afectada se limita a la superficie necesaria para establecer las instalaciones de las centrales, así como la superficie requerida para el tendido de ramales del gasoducto y las sub estaciones, sin olvidar que se asocian líneas de transmisión, entre otras obras (ver Tabla I.5).

Los terrenos a ocupar por las Centrales CCMII y CTMIII correspondían a suelos alterados por el uso agropecuario (ver Figura 2.1); la vegetación en el predio es de tipo secundario o perturbada, predominando matorrales y arbustos, despalmada parcialmente para la nivelación del terreno.

La etapa de preparación del sitio y la construcción se realizó en un período de 28 meses y, de acuerdo con el programa de actividades, se estima que la central tenga una vida útil de 25 años, tiempo durante el cual la central estará en funcionamiento continuo. La TEG se construyó en 36 meses y se planea que tenga una vida útil de 50 años.

## **2.5 Puesta en Marcha**

Las pruebas de puesta en marcha de una central inician con las pruebas de los diferentes equipos y posteriormente los sistemas, por ejemplo la recirculación del aceite, donde además de los sistemas de tubería se prueban los tanques de almacenamiento de aceite, juntas, válvulas y diferentes instrumentos. La prueba más importante es la de sincronización, entre la turbina de gas, generador y turbina de vapor. En estas pruebas se generan diferentes residuos, que van desde aceites, estopas y trapos contaminados con aceites y grasas, hasta el agua producto de lavados alcalinos de la caldera.

En las diferentes pruebas se generan diferentes niveles de ruido, que dependiendo del equipo, sistema o la operación de la unidad de generación alcanzan niveles por encima de los permisibles. La prueba de ciclo abierto genera niveles de ruido del orden de los 135 dB.

## **2.6.- Trámites y Autorizaciones**

Actualmente la legislación ambiental es muy completa, estableciéndose en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que *“...las obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos...”* requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), además del cumplimiento de otros requerimientos que se establecen en los reglamentos de la LGEEPA y otras leyes del orden federal, estatal y municipal, así como de sus reglamentos.

Entre otros requisitos más que deberán cumplirse están los establecidos en los convenios internacionales o aquellos a los que se suscriba la organización, por lo que para dar inicio a la construcción de una central de ciclo combinado se deberá dar cumplimiento en primera instancia a los requerimientos establecidos en la legislación ambiental nacional, que entre otros son los siguientes: