

3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

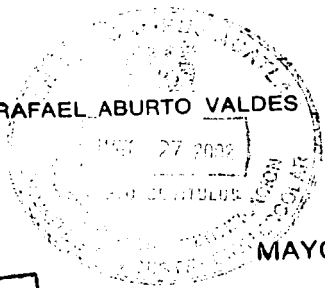
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE GENERACION DE CICLO COMBINADO MONTERREY II

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:
ANWAR YASSER DEL ARCO Y CORDERO



ASESOR ING. RAFAEL ABURTO VALDES



MAYO 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A LOS PROFESORES: ING. RAFAEL ABURTO VALDÉS Y AL ING. TOMÁS GARCÍA GARCIA, POR HABER COMPARTIDO CONMIGO SU EXPERIENCIA Y GRANDES CONOCIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, EN ESPECIAL A LOS INGENIEROS CAMILO MARTÍNEZ BARRERA, ABEL DÍAZ Y ARTURO LÓPEZ FLORES, POR FACILITARME LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA CULMINAR ESTE OBJETIVO.

**COMO UN RECUERDO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO, POR DARME LA OPORTUNIDAD DE
UNA FORMACIÓN PROFESIONAL.**

**A LA E.N.E.P. ACATLÁN Y EN ESPECIAL A LA COORDINACIÓN
DE ING. CIVIL, POR LAS ENSEÑANZAS IMPARTIDAS Y
FOMENTAR EN MI UN COMPROMISO DE SERVICIO A LA
SOCIEDAD.**

**AL PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN POR TODAS LAS
FACILIDADES BRINDADAS PARA LA ELABORACIÓN DE ÉSTA
TESIS.**

A TODOS USTEDES GRACIAS.

**A MI PAPA DAVID POR TODO EL APOYO QUE ME HAS DADO
Y GRACIAS POR SER SIEMPRE UN EJEMPLO PARA MI VIDA.**

**A MI MAMA GLORIA POR TU COMPRESION Y POR ESTAR
A MI LADO EN TODO MOMENTO.**

**EN MEMORIA DE MI HERMANA CLAUDIA. DONDE QUIERA
QUE TÉ ENCUENTRES CON TODO MI AMOR Y MI CARIÑO.**

**A MI HERMANO VLADE POR COMPARTIR TANTOS
MOMENTOS JUNTOS, GRACIAS.**

"PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE GENERACIÓN DE CICLO COMBINADO MONTERREY II".

ÍNDICE.

| | PAG. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN. | 3 |
| ANTECEDENTES DEL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO. | 5 |
| CAPÍTULO I. | |
| PLANEACIÓN | |
| 1.1 FUNDAMENTACIÓN TECNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO. | 16 |
| CAPÍTULO II. | |
| DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... | 22 |
| 2.1 GENERADOR ELÉCTRICO..... | 34 |
| 2.2 TRANSFORMADOR..... | 35 |
| 2.3 TURBINAS..... | 36 |
| 2.3.1 TURBINA DE GAS..... | 36 |
| 2.3.2 TURBINA DE VAPOR..... | 37 |
| 2.4 SISTEMA DE CONDENSADO..... | 38 |
| 2.5 CALDERA DE RECUPERACIÓN..... | 40 |
| 2.6 SUBESTACIÓN..... | 42 |
| 2.7 AEROCONDENSADOR..... | 42 |
| 2.8 SISTEMA DE CONTROL..... | 43 |
| 2.9 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE..... | 45 |
| CAPÍTULO III. | |
| INGENIERÍA BÁSICA. | |
| 3.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS..... | 46 |
| 3.2 ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS..... | 52 |
| 3.3 ESTUDIO DE HIDROMETEOROLOGÍA..... | 59 |
| 3.3.1 METEOROLOGÍA..... | 59 |
| 3.3.2 CLIMATOLOGÍA..... | 62 |
| CAPÍTULO IV. | |
| CRITERIOS DE DISEÑO..... | 73 |
| 4.1 BASES DE DISEÑO DE LA PLANTA..... | 73 |
| 4.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA PLANTA..... | 77 |
| 4.3 CRITERIOS DE DISEÑO DE INGENIERÍA CIVIL..... | 86 |
| 4.4 INSTALACIONES..... | 105 |
| 4.4.1 HIDRÁULICAS..... | 105 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.2 SANITARIAS..... | 106 |
| 4.4.3 ESPECIALES..... | 108 |
| CAPÍTULO V. | |
| PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA. | |
| 5.1 CIMENTACIÓN..... | 113 |
| 5.2 ESTRUCTURAS DE CONCRETO..... | 127 |
| 5.3 ESTRUCTURAS DE ACERO..... | 132 |
| 5.4 INSTALACIONES..... | 144 |
| CAPÍTULO VI. | |
| ASPECTOS AMBIENTALES | |
| 6.1 ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL..... | 151 |
| 6.2 RESOLUCIÓN TÉCNICA..... | 157 |
| 6.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES..... | 174 |
| CONCLUSIONES..... | 180 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 182 |

INTRODUCCIÓN.

La planta de generación de ciclo combinado Monterrey II con sistemas de vanguardia, sirve para aumentar la capacidad nacional y producir energía eléctrica a un menor costo, este proceso reciente funciona con base a gas natural y agua para enfriamiento. Estos recursos son aprovechados al máximo, aumentando la eficiencia y disminuyendo las pérdidas, lo cual se traduce en beneficios económicos. En la zona donde se ubica la planta hay una disponibilidad limitada de agua, por lo que se trabaja con un sistema cerrado de enfriamiento.

El sistema de ciclo combinado trabaja a través de dos turbinas, una de gas y otra de vapor, y funciona por medio de un compresor que combina el combustible (gas) y aire, que van a una cámara donde la combustión hace funcionar la turbina de gas. La turbina de gas genera energía calorífica, en forma de gases de combustión, que pasan a una caldera de recuperación de calor, de donde pasa a la turbina de vapor, para hacerla funcionar; posteriormente ese vapor se traslada a un aerocondensador donde el agua ya condensada llega a la caldera con lo que se cumple con el ciclo cerrado y combinado a través de ambas turbinas. La planta de generación de ciclo combinado Monterrey II esta constituida por cuatro turbinas que en conjunto producen 450 MW.

El objetivo de esta tesis al desarrollar una investigación sobre el proyecto de la planta de generación de ciclo combinado Monterrey II fue: describir y explicar el funcionamiento de todos los elementos que intervienen en una planta de este tipo, como se diseña, que estudios son necesarios, los criterios a considerar, proceso constructivo y el impacto ambiental que puede ocasionar en el lugar donde se vaya a colocar.

El contenido del proyecto y construcción de la planta generación ciclo combinado Monterrey II abarca seis capítulos. El primer capítulo está destinado a la planeación donde

se explica la fundamentación técnica y económica, de aquí se toman los criterios suficientes para establecer si el proyecto es óptimo para su realización.

El capítulo II trata sobre la descripción general del proyecto, donde se explican todos los elementos que lo conforman como son: el generador, el transformador, las turbinas, el recuperador de calor, el aerocondensador y la subestación, equipos vitales para que funcione la planta de generación.

La ingeniería básica consiste en todos los estudios que hay que desarrollar para poder diseñar, orientar y decidir dónde es factible establecer la planta; los estudios topográficos, hidrológicos, así como el estudio de mecánica de suelos, quedan comprendidos en el capítulo III.

En el capítulo IV se presentan los criterios de diseño, que se dividen en: cimentación, estructurales, instalaciones hidráulicas, sanitarias y especiales, todos ellos basados en reglamentos y normas de la construcción.

Para el proceso constructivo de la planta se consideraron los siguientes puntos: cimentación, estructuras de concreto y sus especificaciones, estructuras de acero e instalaciones, aspectos importantes para la construcción de la planta, sus dimensiones, los tipos de materiales por utilizar, su disposición y el control de calidad que se debe considerar. Todo lo anterior forma parte del capítulo V.

En el capítulo VI se consideran los aspectos ambientales como: estudios de impacto ambiental, resolución técnica, tratamiento de aguas residuales y la identificación de impactos ambientales que hay en el proceso de la construcción de la planta, así mismo se indican las medidas de mitigación. Por otro lado con base al reglamento de impacto ambiental se consideran las resoluciones técnicas. El tratamiento de aguas residuales se hace mediante un procedimiento muy riguroso, básico para que los equipos que se utilizan

en la planta se mantengan en buenas condiciones y no sufran daños, ya que el agua debe estar libre de minerales y residuos sólidos.

El presente proyecto muestra la importancia de las plantas de generación de ciclo combinado, especialmente para las condiciones geográficas y climatológicas del lugar en donde se encuentra instalada la planta "Monterrey II", región que se caracteriza por su gran desarrollo industrial y económico, lo que implica que hay una creciente necesidad por satisfacer las demandas energéticas, actuales y futuras. Todo ello abriga la búsqueda de nuevos sistemas y tecnologías, que bajo estas condiciones, permitan generar más energía eléctrica. En esta investigación se presentan aquellos elementos y aspectos a considerar en la construcción de una planta de generación de ciclo combinado, así como aquellos criterios que se deben tomar en cuenta para su óptimo funcionamiento sin que éste afecte el medio ambiente.

ANTECEDENTES DEL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO.

❖ Datos tomados de la prospectiva del sector eléctrico del año 1997.

Las exigencias de crecimiento de la economía mexicana responden a las necesidades propias del país y a su inserción eficiente en el proceso de globalización, en un contexto de mercados interdependientes y de creciente competencia. La participación de México en regímenes de libre comercio y sus vinculaciones económicas y de cooperación multilateral con América Latina, América del Norte, la Cuenca del Pacífico y la Organización de Cooperación y Desarrollos Económicos (OCDE), entre otros, obligan a un esfuerzo en el mejoramiento de los programas de desarrollo de la infraestructura para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica de los países miembros de la OCDE llegó, en 1996, a 8,358.9 terawatts-hora (TWh), 2.1% por encima del año inmediato anterior, como resultado de un crecimiento promedio anual de 2.3 % a partir del principio del decenio.

El consumo total nacional de energía eléctrica en México, en 1996, fue de 121.6 TWh, 7.2% superior al del año inmediato anterior y resultado de un crecimiento promedio anual de 4.7% desde principio del decenio.

Las previsiones que fundamentan el escenario de crecimiento esperado, indican que el consumo total nacional de energía eléctrica, con base en las expectativas económicas y demográficas del país, llegará a 161.1 TWh en el año 2001 y a 208.2 TWh en 2006, como resultado de una tasa de crecimiento promedio anual de 5.5% a partir de 1996. Esa tasa de crecimiento podría situarse entre 5.3 y 5.8% anual, con un intervalo de confianza de 80%.

El desarrollo del sector eléctrico en México requerirá de inversiones crecientes. Los supuestos de crecimiento económico, permiten prever que la capacidad de generación deberá crecer de los 34,971 MW, instalados en diciembre de 1996, a 46,986.2 MW, en el año 2006.

La energía necesaria y la demanda de capacidad proyectada al 2006, señala que será necesario incorporar a la capacidad de generación instalada 13,189.2 MW, de los cuales 3,260.7 MW corresponden a la capacidad comprometida y 9,928.5 MW a la capacidad adicional.

Capacidad de generación.

El sistema de generación está integrado por un conjunto de centrales generadoras de diferentes tipos, que utilizan distintos combustibles o fuentes de energía primaria. A diciembre de 1996, la capacidad instalada total alcanzó la cifra de 34,791 MW distribuida en las diferentes áreas como se muestra en el cuadro 1.

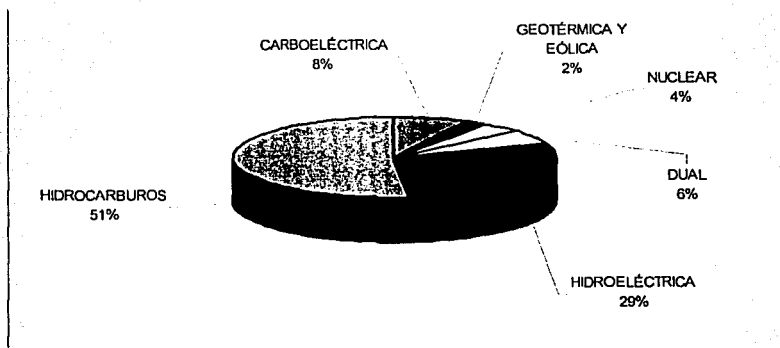
CUADRO 1
CAPACIDAD EFECTIVA POR ÁREA (MW)
a diciembre de 1996.

| Área | Hidroeléctrica | Hidrocarburos | | | | | Dual | Carboeléctrica | Geotermoeléctrica y Eólica | Nucleoeléctrica | Total |
|---------------------|----------------|-------------------------|-----------------|--------------|------------|--------------|--------------|----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| | | Térmica convencional | Ciclo combinado | Turbogas | C. Interna | | | | | | |
| NOROESTE | 941 | 2,162 | | 155 | | | | | | | 3,258 |
| NORTE | 28 | 1,074 | 200 | 253 | | | | | | | 1,555 |
| NORESTE | 118 | 1,685 | 378 | 170 | | | 2,600 | | | | 4,950 |
| OCCIDENTAL | 1,797 | 3,508 | 218 | | | 2,100 | | 88 | | | 7,711 |
| CENTRAL | 1,902 | 2,474 | 482 | 374 | | | | | | | 5,232 |
| ORIENTAL | 5,248 | 2,217 | 422 | 43 | | | | 38* | 1,309 | | 9,277 |
| PENINSULAR | | 442 | 212 | 402 | 1 | | | | | | 1,057 |
| BAJA CALIFORNIA | | 620 | | 177 | | | | 620 | | | 1,417 |
| BAJA CALIFORNIA SUR | | 113 | | 96 | 75 | | | | | | 284 |
| ZONAS AISLADAS | | | | 5 | 45 | | | | | | 50 |
| TOTAL | 10,034 | 14,295 | 1,912 | 1,675 | 121 | 2,100 | 2,600 | 746 | 1,309 | | 34,791** |

*incluye 16 MW de la Eólica de la Venta

**las cifras están redondeadas a números enteros.

FIGURA 1
SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL
CAPACIDAD EFECTIVA AL 31 DE DICIEMBRE DE 1996
34,791 MW



FUENTE: Rev. PROSPECTIVA DEL SECTOR ELECTRICO (CFE)

Fuentes Alternas.

La fuente de energía primaria que tiene una mayor participación en la generación de electricidad son los hidrocarburos. Las fuentes alternas son la hidroelectricidad, el carbón, la nucleoelectricidad, la geotermia y la energía eólica. En 1996 se generó un total de 151,889 GWh, de los cuales el 58.6% correspondió a los hidrocarburos, el 20.7% a hidroelectricidad, el 11.7% al carbón, el 5.2% a nucleoelectricidad y el 3.8% a geotérmica y eólica.

Para los próximos años se prevé un incremento en el uso de los hidrocarburos, en particular del gas natural, propiciado por los bajos costos de las plantas de ciclo combinado y por sus altas eficiencias de conversión.

Actividades que no constituyen servicio público.

Antecedentes.

El 23 de diciembre de 1992 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), con la finalidad, entre otras, de ampliar la participación de los particulares en la generación de electricidad, en actividades que no constituyan servicio público.

En congruencia con la reforma legislativa, se expidió el Reglamento de la LSPEE, publicado en el DOF el 31 de mayo de 1993, y, posteriormente, con fechas 22 de diciembre de 1993, 19 de mayo de 1994 y 25 de julio de 1997, se publicaron diversas reformas a la LSPEE y a su Reglamento, con la finalidad de precisar el contenido de algunos artículos de ambos ordenamientos.

Aunado a lo anterior, el 31 de octubre de 1995 se publicó en DOF, la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, mediante la cual se le otorga a este órgano autonomía técnica y operativa, con el objeto de promover el desarrollo eficiente, entre otras, de las siguientes actividades:

- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
- La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares, y
- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.

Estas actividades son reguladas por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en congruencia con lo establecido en el artículo 2 de la Ley de la Comisión.

Las actividades no consideradas como servicio público por la LSPEE, son las siguientes:

La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción:

- La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o Luz y Fuerza del Centro (LFC);
- La generación de energía eléctrica para exportación, derivada de la cogeneración, producción independiente y pequeña producción;
- La importación de energía eléctrica por parte de personas físicas o morales, destinada exclusivamente al abastecimiento para usos propios, y
- La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.

Salvo la última actividad mencionada, las demás están sujetas al otorgamiento del permiso correspondiente por parte de la CRE.

Capacidad de Transmisión del Sistema Eléctrico Nacional.

El sistema de transmisión y distribución está integrado por diferentes redes con objetivos funcionales bien definidos:

- a) Red de transmisión troncal, formada por instalaciones de transmisión a muy alta tensión (400 y 230 kV), que permite movilizar grandes cantidades de energía entre regiones alejadas. Esta red es alimentada por las centrales generadoras y abastece a las redes de subtransmisión, así como a las instalaciones en 230 kV de algunos usuarios. Actualmente se cuenta con 31,586 km de líneas de transmisión en 400 y 230 kV.
- b) Redes de subtransmisión, tienen cobertura regional y utilizan altas tensiones de transmisión (69 a 161kV). Suministran la energía a las redes de distribución en media tensión y a cargas de usuarios, conectadas en alta tensión de subtransmisión. Actualmente se tienen 39,174 km de líneas de transmisión de 69 a 161 kV.
- c) Redes de distribución en media tensión (2.4 a 34.5 kV), permiten distribuir la energía dentro de zonas geográficas relativamente pequeñas y entregan la energía a las redes de distribución en baja tensión y a instalaciones de usuarios, conectados en media tensión de distribución. La longitud acumulada de líneas de distribución en media tensión es de 317.718 km. incluyendo 9799 km de líneas subterráneas.
- d) Redes de distribución en baja tensión (220 ó 240 volts entre líneas), alimentan las cargas de los usuarios de consumos pequeños.

En total el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) cuenta con 388,478 km de líneas de transmisión, en niveles de tensión de 2.4 a 400 kV ; del total anterior, el 8.1% corresponde

a líneas de 400 y 230 kV; el 10.1% a líneas de 69 a 161 kV y el 81.8% restante, a líneas con tensiones de 2.4 a 34.5 kV. Se tiene una capacidad instalada de 136,040 MVA (es la potencia aparente. Incluye la potencia real, que es la que produce trabajo y la potencia reactiva, que no produce trabajo alimenta los circuitos magnéticos de los equipos para que puedan operar), de los cuales, 90,478 MVA corresponden a subestaciones de transmisión y 26,220 MVA a distribución de CFE, así como 19,342 MVA de subestaciones de LFC.

CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN PREVISTA.

Evolución Esperada del Sistema de Generación.

Las estimaciones relativas a los incrementos de capacidad de generación y transmisión que requerirá el SEN para atender la demanda futura se presentan a continuación. Parte de estos requerimientos quedará cubierta mediante obras que se encuentran en proceso de construcción o contratadas. Otra parte de la capacidad requerida será satisfecha con los contratos de importación vigentes. A los recursos de capacidad asociados a estas obras y contratos, se les dará el nombre genérico de capacidad comprometida.

Los requerimientos no cubiertos por la capacidad comprometida serán abastecidos mediante proyectos de generación desarrollados por particulares o por la CFE, de acuerdo con la LSPEE y su Reglamento, y se les denominará capacidad adicional.

Variables que Intervienen.

En la estimación de los requerimientos de capacidad del SEN intervienen las siguientes variables:

- **Energía Necesaria y Demanda de Capacidad.**- Estas variables son complicadamente inciertas y se deben estimar con muy amplia anticipación. La estimación de éstas se ajusta cada año y en ella se toma en cuenta el programa de reducción de pérdidas en las redes de transmisión, subtransmisión y distribución.
- **Capacidad Existente.**- Es la suma de las capacidades de los medios disponibles en el sistema (centrales de generación, compras firmes, entre otras) al inicio del período decenal que comprende el estudio.
- **Capacidad Comprometida.**- Incrementos de capacidad que entrarán en operación a lo largo del período, provenientes de fuentes de generación en proceso de construcción, licitación o ya contratadas, así como de compras firmes de capacidad, incluyendo importaciones.
- **Adiciones de Capacidad por Rehabilitación.**- Capacidad recuperada de centrales con capacidad degradada, mediante su rehabilitación. Actualmente no se prevén adiciones substanciales de capacidad por este concepto.
- **Adiciones de Capacidad por Modernización.**- Capacidad que se logra mediante mejoras en los procesos de generación y mediante la incorporación de adelantos tecnológicos.
- **Capacidad Retirada.**- Capacidad que se pondrá fuera de servicio a lo largo del período, por terminación de la vida útil o económica de las instalaciones o por vencimiento de contratos de compra de capacidad.
- **Capacidad Adicional.**- Capacidad no comprometida que podrá ser suministrada por proyectos de inversionistas privados o de la CFE, según sea el caso.

Energía Necesaria y Demanda de Capacidad.

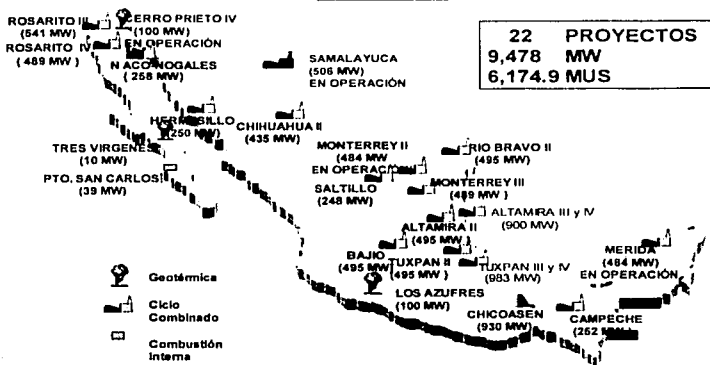
Considerando el escenario de crecimiento esperado, al 31 de diciembre de 1996 se requeriría incorporar al sistema 13189.2 MW de capacidad en el período 1997-2006. De estos, 3260.7 MW corresponden a la capacidad comprometida y los 9928.5 MW restantes se refieren a capacidad adicional. El estudio de los requerimientos de capacidad adicional se actualiza anualmente, incorporando nueva información sobre las tendencias de la demanda, las opciones de expansión y la participación de los particulares en la generación.

En la figura 2 se presentan las plantas que se encuentran en operación, construcción y asignadas a febrero de 2001.

Figura 2.

PLANTAS EN OPERACIÓN, CONSTRUCCIÓN O ASIGNADAS

FEBRERO 2001



FUENTE: Rev. PROSPECTIVA DEL SECTOR ELECTRICO (CFE)

La participación de la CRE en el sector eléctrico ha sido encaminada a salvaguardar la prestación de los servicios en materia de energía eléctrica, fomentar una sana competencia, proteger los intereses de los usuarios, propiciar una adecuada cobertura nacional y atender la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro y prestación de los servicios.

Evolución Esperada de la Red de Transmisión.

Los beneficios que se derivan de la expansión de la red están relacionados con uno o más de los conceptos siguientes:

- a) **Confiability.-** Reducción del valor esperado de la energía que no es posible suministrar, debido a posibles fallas de los elementos del sistema.
- b) **Seguridad.-** Posibilidad de mantener operando en sincronismo las unidades generadoras inmediatamente después de una contingencia crítica de generación o transmisión.
- c) **Calidad.-** Posibilidad de mantener el voltaje y la frecuencia dentro de los rangos aceptables.
- d) **Economía de la operación.-** Reducción de los costos de operación del sistema eléctrico.

Tomando como base el estado de la red de transmisión en 1997 y el programa de expansión del sistema de generación, se ha determinado un programa de líneas de transmisión en el que, en el período 1997-2001, se pretendía incorporar al sistema 6,560 km de líneas de transmisión en niveles de tensión de 69 a 400 kV y 30,824 MVA en subestaciones reductoras.

COMPARACIÓN DE OPCIONES.

Opciones para la Expansión del Sistema de Generación.

El programa de expansión es resultado de una selección sistemática de los proyectos que permiten lograr el mínimo costo del suministro eléctrico en el período de planeación. La selección se hace a partir de una cartera de proyectos posibles, con estudios de factibilidad y estimaciones de costo.

La cartera de proyectos comprende dos categorías:

- a) Proyectos típicos, de capacidades y tecnologías de generación disponibles comercialmente, como es el caso de los proyectos termoeléctricos.
- b) Proyectos específicos, que requieren de un diseño especial para el aprovechamiento de los recursos primarios, como los hidroeléctricos y los geotermoeléctricos.

Los proyectos hidroeléctricos y geotermoeléctricos requieren de un largo proceso de estudio, para definir su factibilidad y decidir su construcción. Dicho proceso se inicia con la

etapa de identificación de los posibles sitios de aprovechamiento, continúa con la definición y evaluación del proyecto y termina con el diseño de las centrales generadoras.

En el caso de los proyectos termoeléctricos, para hacer factible su construcción se requiere de un estudio para la selección del sitio y una manifestación de impacto ambiental. Cuando se tienen varias opciones para ubicar las centrales, existe la posibilidad de hacer una selección de costo mínimo, con base en el costo total de generación, transmisión de la energía eléctrica y transporte del combustible.

Como se ha señalado, también existe la posibilidad de satisfacer los requerimientos de capacidad adicional del sistema eléctrico de servicio público, mediante capacidad proveniente de proyectos desarrollados y operados por los particulares, conforme a las modalidades previstas en la LSPEE y su Reglamento.

CAPÍTULO 1

PLANEACION.

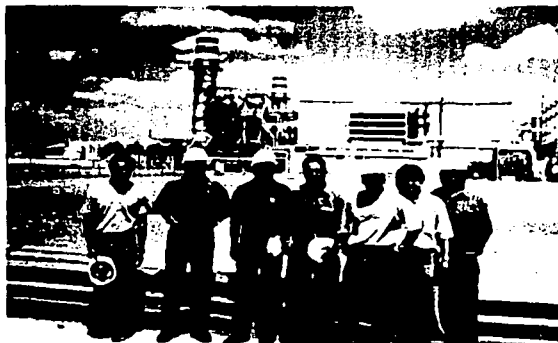
1.1 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO.

Descripción del Proyecto de Ciclo Combinado Monterrey.

Localización.

La Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil, a través de la Subgerencia de Selección de Sitios, realizó los estudios correspondientes para localización de la 1ª etapa. Los sitios candidatos estuvieron localizados 30 Km alrededor de la Ciudad de Monterrey Nuevo León, considerando para su evaluación los factores como: suministro de combustible (para una Central Ciclo Combinado Gas y Diesel), suministro de agua, interconexión al Sistema Eléctrico Nacional, características físicas, geográficas, ecológicas y económicas.

El sitio potencialmente favorable, considerando lo anterior, fue el sitio Huinalá, el cual se encuentra a 30 Km al Este de la Ciudad de Monterrey N.L. en el municipio de Pesquería.



Visita a la planta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Suministro de Combustible.

La central de Cielo Combinado Monterrey fue diseñada para quemar gas natural como combustible principal y diesel como respaldo; el consumo aproximado de gas para la capacidad ofrecida, se estima en 87.7 MMPCD (Millones de Pies Cúbicos Diario). a condiciones promedio anual; mientras que el de diesel se estima en 2415m³/día (a condiciones de referencia temporal).

El gas natural es suministrado por medio de un gasoducto de 16" de diámetro y 5349 m de longitud que es interconectado a los tres gasoductos paralelos existentes, propiedad de PEMEX Gas Petroquímica Básica, de 36", 24" y 22" de diámetro.

El suministro de diesel (en el caso de uso), se hace por carros tanque vía terrestre, desde las instalaciones de PEMEX en Cadereyta, que se encuentran a 60 Km de distancia.

Esquema Financiero.

Este proyecto es de tipo de "Construcción Arrendamiento Transferencia (C.A.T.), esto significa que la Central fue construida a través de un fideicomiso, propietario inicial de la misma, quien consigue los financiamientos, otorga ordenes de compra a compañías de Ingeniería y/o fabricantes de equipo; la COMISIÓN le paga una renta por un largo período de tiempo, concluido el mismo y con todos los pagos al corriente, la propiedad de la central pasa a título gratuito a la COMISIÓN.

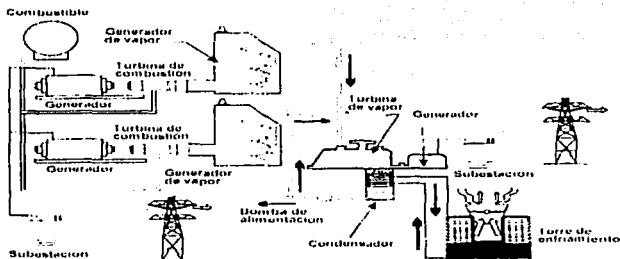
Descripción de la Central.

La Central está compuesta por: dos módulos con una turbina de gas y una turbina de vapor cada uno, con capacidad aproximada de 242.1 MW c/u, en total 484.2 MW.

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 1

Esquema de una central de ciclo combinado



FUENTE: Pagina Internet www.cfe.gob.mx

El turbogenerador de gas descarga los gases calientes a una Caldera de Recuperación de Calor. El vapor producido por la Caldera alimenta a una turbina de vapor. La Caldera de recuperación de Calor no cuenta con combustión suplementaria y descarga, sus gases dentro de los límites que marca la norma para este fin.

CUADRO 1.1

| | |
|----------------------------|---|
| Capacidad Nominal | 450 MW |
| Capacidad Neta Garantizada | 484.2 MW |
| Tipo de combustible | Gas natural |
| Recuperador de calor | Tipo horizontal, Circulación natural tres niveles de presión y un paso de recalentamiento |
| Enfriamiento principal | Tipo seco con acrocondensador |

Sistema de Enfriamiento.

El enfriamiento del Ciclo de Vapor es por medio de aerocondensadores, debido a la poca disponibilidad de agua en la zona de Monterrey. El enfriamiento de los equipos auxiliares de Ciclo Combinado se lleva a cabo por medio de un circuito cerrado de agua de enfriamiento con enfriadores agua-aire con ventiladores.

Interconexión al Sistema Eléctrico.

Los turbogeneradores se conectan a la Subestación que forma parte de la Central, a través de transformadores principales que elevan la tensión a 400 kV, para interconectarse con la Subestación existente de la Central de C.C. Huinalá mediante buses. La entrega de energía al sistema interconectado es través de la Subestación de la Planta Huinalá.

Estudios de demanda.

En la época del estudio se estimó que la demanda nacional de energía eléctrica se iba a incrementar en un 5.1% anual durante los próximos años, específicamente en la región Noreste, donde se localiza la central generadora Monterrey, se esperaba que la demanda se incrementara a un ritmo de 6.0% por en el periodo 1996 – 2000. Para hacer frente a este crecimiento regional de la demanda, minimizando el costo de suministro a nivel nacional, se pensó como necesario el incremento de capacidad en la región por 800 MW en el periodo 1996 – 2000 y otros 2,850 MW en el periodo 2001 – 2005.

Margen de Reserva Regional.

De acuerdo a la capacidad y las proyecciones de demanda de la Región Noreste, de no haberse realizado la central C.C. Monterrey en los tiempos establecidos en el año 2000 se habría tenido un año crítico en el que el margen de reserva hubiera sido menor 398 MW.

Esta situación pudo haber acarreado mayor número de fallas en el sistema con su consecuente energía no suministrada a un alto costo para la economía regional y nacional.

Con la entrada de Monterrey, se incrementó el margen de reserva durante el año 2000 manteniendo un nivel que cumplió con los estándares requeridos por el sistema (5 por ciento en promedio).

**CUADRO 1.2
PROGRAMA DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE
GENERACIÓN.**

| TECNOLOGÍA | COMPROMETIDA (MW) | ADICIONAL (MW) | TOTAL (MW) |
|--------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Ciclo combinado | 2,371 | 8,775 | 11,146 |
| Repotenciación | 0 | 249 | 249 |
| Hidroeléctrica | 0 | 660 | 660 |
| Combustóleo | 0 | 0 | 0 |
| Carbón | 0 | 0 | 0 |
| Geotermia | 140 | 60 | 200 |
| Nuclear | 0 | 0 | 0 |
| Turbogas | 750 | 0 | 750 |
| Combustión Interna | 0 | 131 | 131 |
| Eólica | 0 | 54 | 54 |
| Total | 3,261 | 9,929 | 13,189 |

La inversión total para la planta de generación de Monterrey fue de MUSD 369.3 durante el período de 1998 al año 2000.

Descripción de Líneas de Transmisión Asociados.

Las obras de transmisión y transformación necesarias, es una línea de un circuito de 20 km de longitud operando a 400kv y un alimentador a la planta de Monterrey. El costo estimado de estas obras fueron de MUSD 3.4 de 1996.

Abastecimiento de Combustibles.

La planta de Monterrey puede ser abastecida de gas natural por el gasoducto McAllen, Texas-Monterrey. La planta puede utilizar el gasoducto existente ó licitar un gasoducto de 6 km aproximadamente desde el gasoducto Reynosa-Monterrey a la central.

Criterios y Metodología de Evaluación Económica.

Consideraciones Económicas y Financieras para determinar el Precio Unitario

Nivelado de Generación:

Para el cálculo del Valor Presente se tomaron los flujos producto de los Precios Trimestrales Ofertados, que consideran el Fondo de Contingencia y la Capacidad Neta Garantizada y el Costo asociado a los Consumos Garantizados.

- Tasa real de descuento trimestral: 3%
- Tasa fija de inflación en Dólares: 0.75% trimestral

Período de evaluación: El comprendido entre la fecha de presentación de Propuestas y una vida útil de 25 años contados a partir de la fecha programada de Operación Comercial.

Los pagos se realizan al final de cada trimestre, y son iguales a cero para el período comprendido entre la fecha de vencimiento del Contrato y el vigésimo quinto (25º) año contado a partir de la fecha programada de operación comercial.

A fin de calcular el costo, se considera éste en moneda constante del nivelado de gas natural de 2,218 US\$/MMkJ (dos mil doscientos dieciocho dólares por millón de kilojoules):

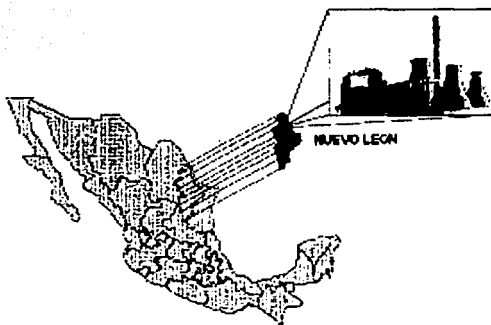
- La evaluación es realizada en dólares
- La evaluación se realiza en moneda constante al momento de la fecha de presentación de las propuestas
- Tipo de cambio: fue \$7.9282 M.N. (siete pesos con nueve mil doscientos ochenta y dos diez-milésimos moneda nacional) por un dólar de los EE.UU.A.

CAPÍTULO II.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

La central de ciclo combinado Monterrey II está ubicada aproximadamente a treinta Km. al Este de la Ciudad de Monterrey – Dulces Nombres. Municipio de Pesquería, Nuevo León sitio Huinalá.

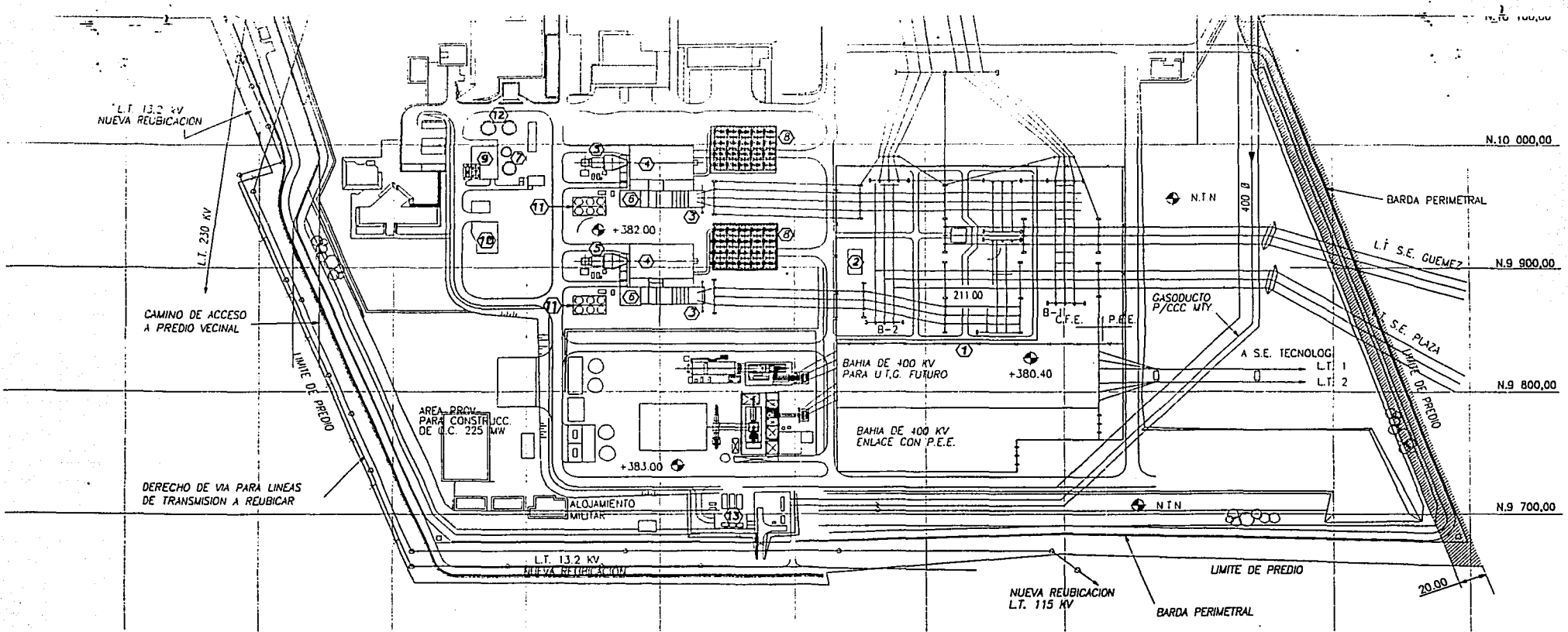
FIGURA 1



El proyecto consiste de dos paquetes de ciclo combinado en arreglo uniflecha con una capacidad neta de aproximadamente 242 MW cada uno. Cada paquete incluye una turbina de gas, una de vapor de dos presiones y recalentamiento, ambas conectadas a un mismo generador eléctrico enfriado por aire, y una caldera de recuperación de dos presiones.

Ver figura 2: plano general de la planta.

El generador eléctrico está acoplado en forma directa con la turbina de gas y por el otro lado con la turbina de vapor a través de un embrague permitiendo la operación libre de la turbina de gas.



- | | |
|--|---|
| 1 SUBSTACION ELECTRICA 400 KV | 7 TANQUE DE AGUA DESMINERALIZADORA |
| 2 CASETA DE CONTROL DE LA SUBSTACION | 8 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO (TIPO SECO) |
| 3 AREA DE TRANSFORMADORES | 9 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA |
| 4 CASA DE MAQUINAS TURBINA DE GAS Y DE VAPOR | 10 LABORATORIO QUIMICO |
| 5 RECUPERADOR DE CALOR | 11 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO AUXILIAR |
| 6 EDIFICIO ELECTRICO Y DE CONTROL | 12 TANQUE DE AGUA DE SERVICIO Y CONTRA INCENDIO |
| | 13 ESTACION DE MEDICION Y REGULACION DE GAS |

| |
|--|
| C.C.C. MONTERREY, N.L. |
| PLANTA DE CONJUNTO ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA |
| FIGURA 1 PAQUETES 1 Y 2 |

El ciclo agua/vapor propuesto con dos presiones y vapor recalentado representa la tecnología de punta para plantas de ciclo combinado y proporciona una óptima utilización de la energía de los gases de escape de la turbina de gas. Para lograr un incremento adicional en la eficiencia, el gas natural se precalienta a través de un intercambiador de calor utilizando agua caliente extraída de la caldera de recuperación.

La planta de Monterrey II cuenta con las siguientes características:

- Flexibilidad.
- Alta eficiencia.
- La más alta confiabilidad y disponibilidad.
- Bajos costos de operación.

Los procesos en las plantas termoeléctricas.

Se denomina ciclo al conjunto de transformaciones sufridas por el fluido entre dos etapas del mismo estado. Cada una de estas transformaciones puede estar definida como una sucesión de estados realizados de manera continua.

El estado de dos cuerpos gaseosos queda definido si se determinan dos de sus parámetros, por ejemplo la presión y el volumen específico o la presión y la temperatura, etc. toda transformación de un fluido puede estar representada por una ecuación entre presión y vapor. Se distinguen las transformaciones isotérmicas (a temperatura constante), adiabática (sin intercambio de calor con el medio exterior), reversible (que se puede realizar en sentido inverso) y volumen específico constante.

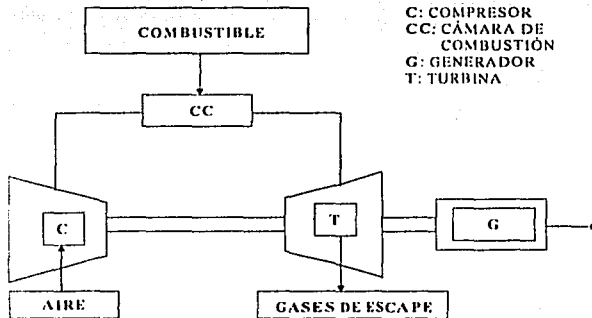
Una transformación adiabática reversible se hace siempre a entropía constante, por ello se le denomina isoentrópica.

Con los conocimientos elementales sobre los ciclos más importante de la termodinámica aplicable a las turbinas de gas y de vapor se pueden hacer algunas consideraciones adicionales con relación específica a las turbinas.

Suministro de combustible.

El ciclo BRAYTON en la turbina es el más común, ya que en este el aire atmosférico es tomado de manera continua por el compresor y se le agrega calor mediante la combustión de un material combustible, el fluido se expande en la turbina y se escapa a la atmósfera, como se muestra en la siguiente figura:

CUADRO 2.1



FUENTE: Rev. HARRO DE NERGIA Ingeniería Civil

Para que una turbina de gas produzca trabajo, los gases calientes deberán expandirse desde una presión alta hasta otra más baja. Por lo tanto primero deben ser comprimidos, después de la compresión el fluido se expande en la turbina.

Esto constituye el modelo más simple, en forma general está compuesto de tres elementos básicos:

1. Compresor. Este tiene la función de comprimir el aire de combustión del exterior hasta la presión de entrada a la turbina provocando al mismo tiempo un aumento en la temperatura.
2. Cámara de combustión. Es donde el aire que proviene del compresor se mezcla con cantidades específicas de combustible, donde este ya ha sido bombeado y precalentado. Durante la combustión se obtiene un considerable aumento de temperatura y de volumen específico, permaneciendo la presión constante.
3. Turbina. En esta etapa los gases calientes que provienen de la cámara de combustión se expanden hasta la presión atmosférica produciendo un trabajo mecánico sobre los álabes giratorios de la turbina, los cuales a su vez accionan al generador eléctrico.

Generador de vapor.

El ciclo RANKINE es el más simple de los ciclos ideales que utilizan vapor como medio de trabajo. El vapor fue elemento originalmente utilizado en este ciclo y continúa empleándose en la actualidad.

La generación de vapor proviene de la aplicación de calor de la caldera, a donde previamente ha sido bombeada el agua desde el condensador. Así el vapor se expande a través de la turbina produciendo la fuerza que hace girar al generador.

Después de este proceso el vapor en expansión pasa al condensador donde nuevamente adopta su estado líquido. Los subprocesos se repiten de manera constante formando ciclos.

Para aumentar el trabajo útil en el ciclo Rankine, se pueden modificar la presión y la temperatura de la caldera o bien disminuir la presión y temperatura del condensador. Con esto se logra aumentar el salto entálpico de la turbina y por lo tanto mejorar la eficiencia del ciclo.

Generación de Energía Eléctrica.

Ciclo Combinado.

El ciclo combinado comprende dos ciclos de potencia acoplados entre sí, el ciclo Brayton de turbinas de gas y el ciclo Rankine de turbinas de vapor; el ciclo de vapor consiste en recuperadores de calor que aprovechan la energía del gas de escape de las turbinas de gas para producir el vapor que acciona los turbogeneradores de vapor.

A medida que se desarrollan turbinas de gas con mayor potencia y con temperaturas de trabajo más altas, se aumenta también la energía calorífica disponible en los gases de escape, justificándose más su aprovechamiento. Como una turbina de gas trabaja con gran exceso de aire, del orden de 400 al 500%, se propicia una mayor eficiencia en la combustión para obtener así una mayor cantidad de energía calorífica, haciendo más viable el ciclo combinado.

Centrales de ciclo combinado.

Una central de ciclo combinado consiste básicamente en un sistema Turbina a Gas-Generador, un generador de vapor por recuperación de calor (HRSG, heat recovery steam generation) y un sistema de Turbina a Gas-Generador, los cuales permiten la producción de electricidad.

El proceso de generación de energía eléctrica en una central de ciclo combinado comienza con la aspiración de aire desde el exterior siendo conducido al compresor de la Turbina a Gas a través de un filtro.

El aire es comprimido y combinado con el combustible (gas natural o diesel) en una cámara donde se realiza la combustión.

El resultado es un flujo de gases calientes que al expandirse hacen girar la Turbina a Gas proporcionando trabajo. El Generador acoplado a la Turbina a Gas transforma este trabajo en energía eléctrica.

Los gases de escape que salen de la turbina a gas pasan al generador de vapor por recuperación de calor (HRSG). Aquí se extrae la mayor parte de calor aún disponible en los gases de escape, que se aprovechan en ciclo agua-vapor, antes de pasar a la atmósfera.

El HRSG se divide en tres áreas de intercambio de calor.

Área 1.- Es denominado Economizador. Es donde el agua ingresa a alta presión para ser recalentada hasta el punto de saturación.

Área 2.- Es el Ciclo de Evaporación y es donde el agua se transforma en vapor.

Área 3.- Denominado Recalentador. Está ubicado en la parte más cercana a la salida de gases de la turbina de vapor, donde la temperatura es más alta, aquí el vapor saturado se recalienta aún más.

Posteriormente el vapor recalentado es inyectado a la turbina de vapor donde se expande en las filas de álabes haciendo girar al eje de esta turbina lo que genera trabajo, el cual es transformado en energía eléctrica en el generador acoplado a la turbina.

El vapor que sale de la Turbina de Vapor, pasa a un condensador donde se transforma en agua. Este condensador es refrigerado mediante un sistema que inyecta agua fría por la superficie del condensador, absorbiendo así el calor aun contenido en el vapor.

Posteriormente el agua pasa a un desgasificador/tanque de agua de alimentación. En el desgasificador se eliminan todos los gases no condensables. El tanque envía, a través de bombas, el agua a alta presión hacia el generador de vapor por recuperación de vapor para iniciar nuevamente el ciclo.

La tensión que se produce en los generadores de las turbinas a gas y vapor es de aproximadamente 13 kv que es elevado en los transformadores principales conectados a

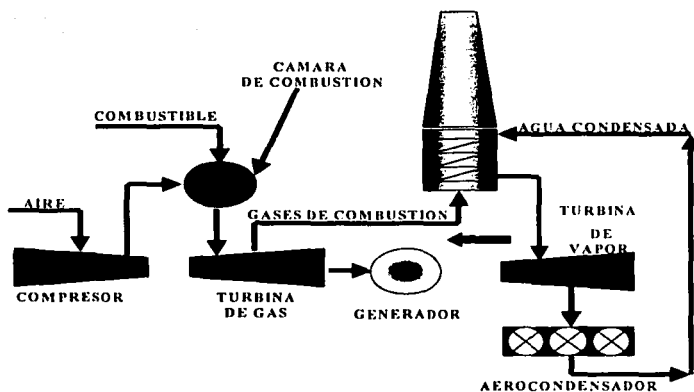
cada generador, pudiendo ser del orden de los 220 kv. Esto se realiza porque a baja tensión la intensidad de corriente es muy alta, necesiéndose cables de transmisión de gran sección que soporten el flujo de electrones y generando adicionalmente grandes pérdidas de transmisión. Al elevarse la tensión, la intensidad de corriente es baja lo que origina una reducción en las pérdidas de transmisión.

El equipamiento que incluye las centrales de ciclo combinado es el siguiente:

- Una o más Turbinas a Gas, que representan generalmente 2/3 de la generación total de la planta.
- Una o más Turbinas a Vapor, que representan generalmente 1/3 de la generación total de la planta.
- Uno o más HRSG. Este equipo realiza la evaporación del agua, para inyectarla en forma de vapor en la Turbina a Vapor. Deben haber tantos HRSG como Turbinas a Gas.
- Estación medidora y reductora de la presión del gas natural, más la tubería de la central.
- Sistema de control de la central basado en microprocesadores.
- Tanque de almacenamiento para el combustible de respaldo (diesel).
- Sistema de refrigeración si es que la zona no cuenta con sistemas de refrigeración naturales (agua de mar, pozos profundos, etc.).

Figura 3

ESQUEMA DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO



Algo muy importante que se debe tener en cuenta es el rendimiento de las Centrales de Ciclo Combinado, las cuales alcanzan un 55% de rendimiento aproximadamente. Es importante mencionar que este rendimiento se logra cuando la central trabaja a máxima capacidad, debido a que las turbinas térmicas bajan su rendimiento al bajar la potencia de trabajo.

Características del Gas Natural.

El gas natural en su estado virgen, es una mezcla de hidrocarburos y diferentes sustancias básicas. Los gases de hidrocarburos normalmente presentes en el gas natural son metano, etano, propano, butanos, pentanos y pequeñas cantidades de hexanos, heptanos, octanos y gases más pesados. Las sustancias básicas que contiene el gas natural incluyen bióxido de carbono, gases de azufre, nitrógeno, vapor de agua e hidrocarburos pesados.

Durante el proceso de extracción, la mayor parte del butano e hidrocarburos más pesados es separado para reprocesarlo y venderlo como materia prima en la industria química, y como mezcla para la producción de gasolina; asimismo la mayor parte del agua, y demás sustancias trazas son removidas en diferentes etapas del proceso. De esta forma, el producto comercializado como gas natural, es principalmente una mezcla de metano y etano, con una pequeña fracción de propano.

Su composición es una mezcla de hidrocarburos en su mayor parte parafínicos. Su composición química en porcentajes aproximados se presenta a continuación:

CUADRO 2.2

| COMPUESTO | FÓRMULA | PORCENTAJE |
|-----------|---------------------------|------------|
| Metano | CH_4 | 97.39 |
| Etano | C_2H_6 | 1.44 |
| Propano | C_3H_8 | 0.82 |
| M-Butano | C_4H_{10} | 0.32 |
| M-Pentano | C_5H_{12} | 0.03 |

Claramente se ve que son hidrocarburos de alto poder calorífico y propiedades que facilitan los procesos de combustión, lo que es especialmente notorio en el caso del Metano, que es un combustible muy limpio, que en su proceso de combustión casi no produce CO (monóxido de carbono), sino CO₂ (dióxido de carbono) el cual no afecta mayormente en lo que a contaminación se refiere.

La principal cualidad que posee el gas natural, es su característica de combustible "limpio" (menos contaminante) en comparación con el resto de los de origen fósil.

Como producto de la combustión del gas natural se emitirá a la atmósfera un flujo gaseoso caracterizado principalmente por la presencia de dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua y óxidos de nitrógeno (Nox), en bajas concentraciones debido a que se utiliza tecnología de punta en los quemadores. Las emisiones de óxido de azufre (SO₂) son prácticamente nulas y su combustión no da lugar a residuos, formación de humos negros, cenizas o escorias, cuando se opera bajo condiciones normales.

Por otro lado, las actuales centrales térmicas que operan principalmente con carbón y diesel presentan altos índices de contaminación de SO₂, CO₂, y material particulado.

El daño asociado a la emisión de SO₂ se relaciona con la acidificación del agua, provocando lo que se conoce como lluvia ácida, originando cambios en los ecosistemas. Como resultado de ello, se tienen procesos de acidificación de las aguas superficiales, corrosión en estructuras metálicas, etc. A modo se puede mencionar que algunas centrales térmicas a carbón han provocado un grave daño a la zona aledaña donde están instaladas.

Los otros contaminantes provocan serios problemas a la salud humana (Material Particulado) y recalentamiento global de la Tierra. Este último es conocido como efecto invernadero.

A modo de resumen de las características del Gas Natural, se puede decir que es considerado el combustible fósil más limpio conocido por el hombre.

El gas natural es más ligero que el aire. Cualquier cantidad de gas que se pueda fugar inadvertidamente a la atmósfera se dispersará rápidamente y no contaminará los ríos u otras vías acuáticas.

La combustión del gas natural es limpia. Sus llamas no producen humo ni cenizas cuando las instalaciones se encuentren en un adecuado estado de mantenimiento.

El gas natural prácticamente no contiene azufre. Por tanto, la cantidad de óxidos de azufre producidos por su combustión es casi inexistente. Los bióxidos de azufre contribuyen en las lluvias ácidas.

El gas natural produce menor efecto invernadero que otros combustibles como el carbón o petróleo.

Desde el punto de vista ambiental, las centrales de ciclo combinado poseen una clara ventaja sobre las centrales térmicas a carbón, debido a los menores índices de contaminación que presentan.

Ciclo Combinado de Gasificación Integrada.

Existen centrales de ciclo combinado que no usan Gas Natural, pero el concepto de mover Turbinas a Gas y a Vapor es el mismo, solo cambia el combustible. En la actualidad, en otros países como E.U.A e Inglaterra se usa el carbón como combustible en centrales de Ciclo Combinado no Tradicionales.

Entre las nuevas tecnologías de utilización del carbón para la generación eléctrica que desarrolla el Departamento de Energía de Estados Unidos, destaca el Ciclo Combinado de Gasificación Integrada (Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC), sistema que reemplaza el tradicional equipo que realiza la combustión del carbón por un gasificador y una turbina a gas.

Con el sistema el Ciclo Combinado de Gasificación Integrada más del 99% del sulfuro del carbón se remueve antes de que el gas sea quemado en la turbina. El calor de los gases de la llave de la turbina a gas se usa para producir vapor para una turbina a vapor convencional. Ambas turbinas operan juntas como un ciclo combinado.

La primera versión de este sistema se encuentra ahora en la fase de desarrollo a escala comercial y alcanza una eficiencia de 42%. Según los avances logrados a la fecha se espera que logre rendimientos de 45% y que más adelante esa cifra escale hasta el 52%.

El gas caliente es limpiado con un avanzado proceso depurador antes de que se queme en la turbina a gas. Los gases de escape que salen calientes de la tobera se usan para producir vapor para una turbina a vapor convencional, resultando en dos ciclos de generación de energía eléctrica.

Funcionamiento.

El IGCC es extremadamente limpio y eficaz. Se basa en una avanzada tecnología de utilización del insumo un gasificador de carbón se usa en vez del comburente tradicional que trabaja junto a la turbina a gas avanzada. El sistema resultante es la configuración de un ciclo combinado de gasificación integrada de alto rendimiento y bajos niveles de contaminación.

En un sistema de este tipo, el carbón se convierte en un combustible gaseoso, que cuando se limpia se compara al Gas Natural. Al menos el 99% del sulfuro de carbono es sacado del carbón convirtiéndolo en una forma gaseosa gracias al gasificador antes de que se produzca la combustión.

El modelo que está disponible en el mercado ha demostrado, además, comportamientos medio-ambientales excepcionales. Por ejemplo, remueve el bióxido de sulfuro (SO₂) reduce los óxidos de nitrógeno (Nox) y las partículas. Los resultados son que las emisiones de SO₂ y Nox son diez veces menores que las que están permitidas por los nuevos estándares.

Al mismo tiempo los niveles de eficiencia superan el 40%. El nivel de rendimiento de una planta eléctrica se mide por la cantidad de energía producida en relación con la cantidad de carbón que se usa para su desempeño, y la eficacia de una planta de carbón convencional no supera el 34%. Desde de 1950 hasta la fecha estos tipos de centrales han incrementado su rendimiento desde un 25% al nivel actual.

Equipos principales en las plantas termoelectricas de ciclo combinado.

Durante muchos años se han empleado generadores impulsados por motores diesel a fin de suministrar energía eléctrica a ciudades pequeñas. Sin embargo, la utilización de

estos ha disminuído en los últimos 20 años. Por otra parte se utiliza como fuente alterna de energía o para emergencias de algunas aplicaciones especiales.

Recientemente se han utilizado turbinas de gas, primero para impulsar generadores y luego se emplea la descarga de gases calientes de la turbina para ayudar a calentar el agua de una caldera de un generador impulsado por turbina de vapor. Este arreglo es denominado Ciclo Combinado.

2.1. Generador eléctrico.

Cada generador eléctrico es impulsado por un acoplamiento directo a la flecha de la turbina correspondiente. Los generadores eléctricos de la turbina de gas y de vapor son máquinas sincrónicas de 18kv y 13kv respectivamente, ambos de 60 Hz y 3,600 rpm, totalmente cerrados y enfriados con hidrógeno.

La capacidad neta para los transformadores de gas y de vapor es de 180 MW. Y 77.24 MW. A condiciones ISO respectivamente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2. Transformador.

El transformador principal de potencia es trifásico, de tres devanados (1 primario y 2 secundarios) de 90/180/270 MVA en enfriamiento OA/FA/FA (Los radiadores son enfriados por medio de ventiladores), que eleva la tensión del generador de 13.8 – 18 KV a 230KV, para entregarla a la subestación. El transformador esta conectado a dos generadores eléctricos mediante un bus de fase aislada y un bus de fase no segregado de 24 KV, A 800 A Y 5KV, 1200 A de capacidad respectivamente.



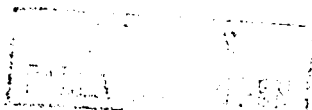
TEEN CON
FALLA DE ORIGEN

2.3. Turbinas.

2.3.1. Turbina de gas.

La turbina de gas tiene como función convertir la energía térmica del combustible en energía mecánica necesaria para producir electricidad.

La turbina de gas modelo MS7001FA de eje único, esta diseñada para funcionamiento de ciclo combinado y quema gas natural combustible principal y aceite destilado como combustible de respaldo. El conjunto de la turbina de gas consta de seis secciones principales: admisión, compresor, sistema de combustión, álabes de turbina, escape y sistemas auxiliares.



2.3.2. Turbina de vapor.

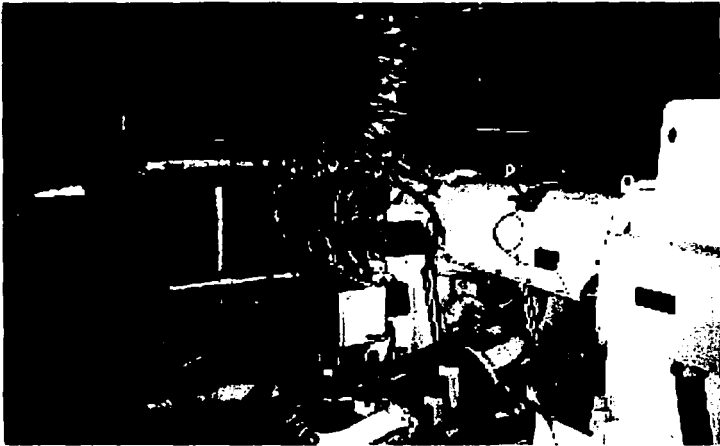
La turbina de vapor tiene como función convertir la energía térmica del vapor en energía mecánica necesaria para producir electricidad.

La turbina de vapor es un diseño de carcasa única, flujo axial y recalentamiento de escape. con secciones de turbina alta, intermedia y baja presión. El escape de alta presión se recalienta en el generador de vapor por recuperación de calor, y se utiliza en la sección de presión intermedia, el vapor sale de la sección de baja presión axialmente y se condensa en el aerocondensador de superficie refrigerado por aire.

El vapor es admitido a la turbina de vapor, vía una válvula combinada de cierre y control a la sección de alta presión de la turbina, luego sale de la turbina de alta presión a través del recalentador y entra a la turbina de presión intermedia a través de las válvulas interceptoras izquierda y derecha. El vapor de baja presión es admitido al lugar de baja presión a través de un par de válvulas de mariposa, una de las cuales actúa como válvula de cierre y la otra como válvula de control.

La turbina de vapor debe contar con una derivación por cada recuperador de calor (By-pass), cuyas funciones serán las siguientes:

- Aislar la operación de las turbinas de gas de las de vapor cuando se requiera.
- Acortar los tiempos de arranque, alcanzando las condiciones óptimas de presión y temperatura del vapor en el recuperador de calor.
- Regular y optimizar la entrada de vapor a la turbina durante arranques y tomas de carga.
- Disminuir los esfuerzos térmicos en la turbina de vapor al arrancar o parar la unidad con las condiciones óptimas del vapor.
- Soportar un rechazo de carga desde las condiciones de la turbina a plena carga y quedarse generando únicamente con auxiliares.



2.4. Sistema de condensado.

Similar al condensador de superficie, la problemática de la condensación de vapor de escape al vacío radica en el hecho que el vapor siempre contiene una cierta cantidad de gases no condensables debido a la infiltración de aire y la dosificación de químicos al agua de alimentación. Si estos gases no son removidos constantemente, continúan acumulándose, ocupando más y más espacio en el condensador. Al no extraerlos, llenarían los tubos para formar zonas muertas que impiden el flujo de vapor lo que resultaría en las llamadas zonas frías.

La acumulación de aire en el interior del condensador reduce la capacidad de condensación y la eficiencia del ciclo de la planta. Además el subenfriamiento del

condensado que baja por la pared de los tubos a través de las bolsas de aire frío sin contacto con el vapor, produce una pérdida de eficiencia con el peligro de congelamiento durante la temporada de invierno. En este proceso el condensado absorbe oxígeno lo que puede fomentar la corrosión al operar la planta por un período extenso bajo estas condiciones. Por lo tanto, es importante asegurar que los tubos lleven vapor en toda su extensión en cada momento y bajo cualquier forma de operación.

En aerocondensadores, al disminuir el flujo de vapor y la caída de presión en las filas superiores, este fenómeno se agrava por el aire de enfriamiento más caliente en dicha zona. Al incrementar la densidad de las aletas en las filas de los tubos en dirección del flujo de aire, se obtiene una capacidad de condensación más uniforme.

Además se utiliza un sistema extremadamente simple que consiste en dos etapas colocadas en serie, llamadas Condensador y Reflux (Sistema de contraflujo o dellagmatorio).

La primera etapa de condensación proporciona aproximadamente el 80 % de la absorción de calor y está diseñado como condensador de flujo paralelo. En estos módulos el flujo de vapor y del condensado se dirige de arriba hacia abajo. En la segunda etapa, la de Reflux, el vapor residual es condensado en contra flujo. En este caso el vapor fluye desde los tubos inferiores hacia arriba y el condensado en dirección opuesta. Por consecuencia el vapor y el condensado están en estrecho contacto lo que minimiza el subenfriamiento. El aire no condensable es removido de la parte superior del condensador de contraflujo.

La relación entre los módulos de flujo paralelo y contrario se define a base de las condiciones del vapor de escape de la turbina, la temperatura máxima y mínima del aire de enfriamiento así como el rango deseado de contrapresión.

El vapor entra por los cuatro módulos por bahía a través de un conducto múltiple de distribución. Las dimensiones y la forma de este conducto son importantes. Cualquier caída de presión en el o en los tubos del condensador incrementa la contrapresión de la turbina.



2.5. Caldera de recuperación.

La caldera de recuperación tiene como función la de convertir agua en vapor mediante el calor residual de la turbina de gas para alimentarlo a la turbina de vapor.

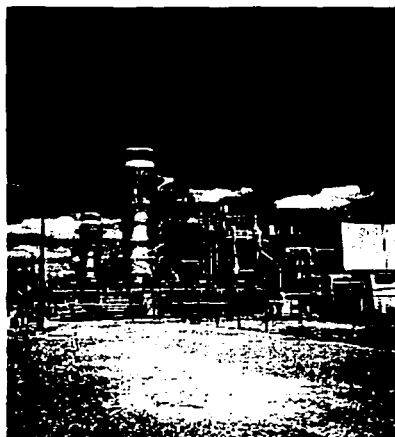
La caldera de recuperación para este proyecto es de dos presiones y recalentamiento para una instalación a la intemperie. La parte de alta presión es de un solo paso con un economizador, evaporador y sobrecalentador en serie y el recalentador colocado entre las dos secciones del sobrecalentador, mientras que la de baja es de circulación natural con un economizador alimentando un domo, un evaporador y un sobrecalentador.

El sistema de baja presión se alimenta directamente del pozo caliente del aerocondensador, el condensado es precalentado en el economizador de baja presión antes de entrar al domo. Una válvula de control del agua de alimentación de baja presión entre el economizador de baja presión y el domo evita la evaporación en el economizador.

El sistema de recalentamiento se alimenta con vapor sobrecalentado que sale de la turbina de alta presión y devuelve vapor a la temperatura original del vapor vivo a la turbina de media presión. La temperatura de salida del recalentador es controlada por un atemperador de rocío.

El sistema de alta presión se alimenta del domo de baja presión por medio de dos bombas de 100 % de capacidad y velocidad constante. La temperatura del vapor vivo es controlada por medio de las válvulas de control de flujo de la salida de las bombas.

La entrada del sobrecalentador de alta presión cuenta con un separador de agua/vapor. En la modalidad normal de un solo paso recibe vapor sobrecalentado de las superficies precedentes de la sección de alta presión.



- La caldera cuenta con una chimenea de acero al carbón colocada de manera independiente.
- La altura de la chimenea es de 40 metros sobre el nivel del piso de la planta.

2.6. Subestación.

La función del sistema de subestación de alta tensión es la de distribuir la potencia eléctrica generada en la central para transmitirla (mediante líneas de transmisión), a los centros de consumo. También distribuye la potencia para alimentar desde la red de alta tensión a través del transformador principal y del transformador de auxiliares, a los sistemas auxiliares de las unidades turbogeneradoras.



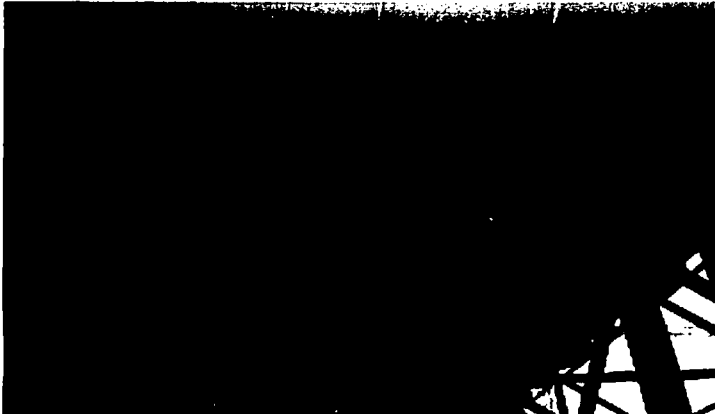
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.7. Aerocondensador.

Es de tipo seco con intercambiador de calor enfriado por aire de tiro forzado con haces de tubos aletados. Este equipo condensa vapor de agua proveniente del recuperador de calor por medio de circulación de aire ambiente producido por los ventiladores de tiro mecánico. El conducto de escape, los cabezales de vapor y la tubería de distribución están diseñados para operar en vacío y a una presión de 200 Kpa.

El sistema de condensado es diseñado para manejar el flujo continuo en las condiciones más críticas.

Los calentadores de agua de alimentación, deben operar con una diferencia terminal de temperatura de 2,77 °C. Una aproximación de drenajes de 5,55 °C.



2.8. Sistema de control.

Para la operación confiable de la central, se cuenta con un sistema de control (DCS) que lleva acabo el balance de una planta (BDP) y un sistema de control de turbinas con

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

tecnología de punta (Mark V), el cual se encarga de controlar las turbinas de gas como las de vapor. Los comandos de control se dan desde el cuarto de control a través de las consolas de control (monitores y teclados).

En el cuarto de control se tiene también el tablero de emergencia, el cual contiene indicadores y registradores de las variables importantes para que el operador supervise el estado de la central, en caso de que el sistema de control distribuido quede fuera de servicio por alguna falla momentánea.

Estos sistemas de control son redundantes para la confiabilidad de la unidad.

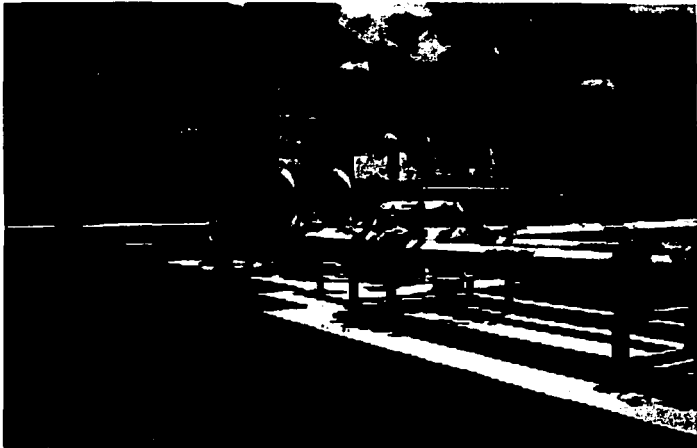
Cada turbogenerador debe estar equipado con un sistema completo de control electrohidráulico. El control de la turbina debe ser continuo desde velocidad cero hasta velocidad de sincronización y de carga de sincronización hasta máxima carga, debe cumplir con banda muerta ajustable hasta el límite, linealidad en la respuesta de la señal de control de frecuencia y rango adecuado para el control, linealidad en la respuesta de la posición de la válvula con respecto a su señal de posición. El sistema debe contar con un gobernador principal, un gobernador auxiliar y un mecanismo de disparo por sobrevelocidad y las redundancias y dispositivos de control requeridos para formar una instalación completa.



2.9. Suministro de combustible.

La central Monterrey II, utilizará gas natural como combustible y dada la ubicación de la central, este recurso será importado desde los Estados Unidos de Norteamérica, el cual es transportado mediante un gasoducto, el cual contará con una estación reductora de presión y medidora, en el punto de suministro a la central.

La tubería de gas dentro del predio de la central debe diseñarse con una velocidad máxima de 20 m/s. El consumo de gas para esta central es de 92 MMPCD (Millones de Pies Cúbicos Diarios) a condiciones base, el material de la tubería es de acero y además adicionalmente Diesel.



Provincia Llanura Central del Golfo Norte.

Esta provincia, dentro del estado de Nuevo León, está representada por la subprovincia de Llanuras y Lomeríos.

Subprovincia de Llanuras y Lomeríos.

La parte de esta subprovincia que penetra en el estado de Nuevo León ocupa el área de Monterrey, Montemorelos y Linares. La subprovincia está constituida por una pequeña sierra baja, la sierra de las Mitras; lomeríos suaves con bajadas y llanuras de extensión considerable. Los suelos que predominan en la subprovincia son los vertisoles, que son profundos y de color oscuro.

Provincia de la Sierra Madre Oriental.

La Sierra Madre Oriental es, fundamentalmente, un conjunto de sierras menores de estratos plegados. Estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias marinas (Del Cretácico y del Jurásico Superior), entre los que predominan las calizas y, en segundo término, las areniscas y las arcillosas. En estas sierras, el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de fuertes ondulados paralelos, semejantes a la superficie de un techo de lámina corrugada. Las crestas reciben el nombre de anticlinales y los senos de sinclinales. El flexionamiento de las rocas en las crestas, las estira y las fractura, haciéndolas más susceptibles a los procesos erosivos. Es por ello que en su estado actual de desarrollo, son comunes en esta gran sierra las estructuras constituidas por dos flancos residuales de un anticlinal, con un valle al centro. Tales estructuras reciben en la zona regiomontana el nombre local de "potreros", ya que son comunes en la región y se les aprovecha para el pastoreo.

Subprovincia de las Sierras Transversales.

Esta subprovincia corre casi perpendicularmente a los ejes principales de la Sierra Madre Oriental. Sólo una pequeñísima extensión de llanura desértica, en el extremo oriente de la subprovincia, penetra en el estado de Nuevo León, y abarca parte del municipio de Galeana, lo que representa el 0.82% de la superficie del estado.

En los sistemas de topoformas genéricamente identificados como sierras, entre las que se encuentran las cuevas subterráneas, predominan los litosoles, suelos de menos de 10 cm de profundidad. En los sistemas de lomeríos, bajada y llanura, dominan los xerosuelos háplicos (suelos desérticos) y cálcicos poco profundos.

Subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales.

El territorio de la subprovincia se distribuye entre Nuevo León, San Luis Potosí y un rincón de Tamaulipas. Abarca una región al oeste de la Gran Sierra Plegada. Las sierras que la componen son predominantemente de calizas. En la parte austral de la unidad afloran rocas ígneas intrusivas.

En esta subprovincia, que ocupa casi toda la zona del sur del estado, predominan suelos con una capa superficial de color claro, que en muchas ocasiones presentan a profundidad manchas, polvo o aglomeraciones de cal, los cuales son denominados xerosuelos cálcicos.

Subprovincia de la Gran Sierra Plegada.

Se inicia al este de Saltillo, Coah., se flexiona con la integración de un gran arco al sur de Monterrey, N.L. y se prolonga hacia el sur hasta la altura de Ciudad Valles, S.L.P.

En ella dominan las capas plegadas de calizas, con prominentes ejes estructurales de anticlinales y sinclinales.

La región flexionada que se encuentra al este de Saltillo y al sur de Monterrey se conoce como Anticlinatorio de Arteaga. Una gran falla inversa corre sobre los bordes orientales de la sierra. También hay afloramientos yesíferos paralelos en el mismo sentido, particularmente del lado occidental de la sierra, y fosforitas.

El área cubierta por la subprovincia dentro del estado de Nuevo León cubre una superficie total de 8 808.45 km².

A lo largo de toda la subprovincia se presenta un claro predominio de suelos someros pertenecientes a los tipos denominados litosol y rendzina. Sin embargo, también se les encuentra formando asociaciones diversas con otros tipos de suelo, y éstas asociaciones varían de un sistema de topofomas a otro.

Subprovincia de los Pliegues Saltillo-Parras.

Esta subprovincia forma parte de la región conocida como Mesa del Norte y está constituida por dos tipos de terrenos: los llanos, donde dominan las lutitas y las areniscas, que bajan al sur de Monclova y tuercen al oeste a la altura de Saltillo.

La subprovincia ocupa dentro del estado una pequeña porción del noroeste. Abarca 3 003.90 km² de la superficie estatal y comprende partes de los municipios de García y Mina.

En las sierras y lomeríos de las subprovincia se presentan los suelos denominados litosoles, que son de origen residual y tienen un desarrollo incipiente. Asociados a ellos se encuentran los regosoles calcáricos, sobre todo en las sierras, en donde estos suelos se han derivado de las lutitas-areniscas que las conforman.

Subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses.

El más largo de los brazos de esta subprovincia, ubicado al oriente de la misma, penetra en Nuevo León. En esta entidad ocupa un área de 8 852.73 km².

La subprovincia está constituida por sierras de calizas plegadas, la mayoría orientadas de noroeste a sureste, escarpadas y más bien pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y, especialmente en el sur, se presentan anticlinales alargados con los lomos erosionados.

Hay tres conjuntos estructurales de la subprovincia que forman parte del territorio neoleonés. La sierra de Sabinas Hidalgo, la alargada sierra El Potrero, anticlinal de lomo erosionado, que se extiende al norte de la ciudad de Monterrey; y la sierra Picacho que se levanta al noreste de la misma ciudad.

Se observa en toda la subprovincia un claro predominio de los litosoles, que son suelos de origen residual, poco desarrollados y muy someros (no exceden los 10 cm de profundidad). Sin embargo, dependiendo del sistema de topoformas en que se encuentren, forman asociaciones diferentes.

Provincia de la Gran Llanura de Norteamérica.

El rasgo más destacado de esta provincia es la presencia de amplias llanuras, muy planas y cubiertas de vegetación de pradera, antiguo hábitat del bisonte. De las subprovincias que integran la Gran Llanura de Norteamérica, sólo una queda dentro del territorio mexicano.

Subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León.

Una de las llanuras más amplias en esta zona es la que se extiende desde la ciudad de Anáhuac, N.L., hasta Nueva Rosita, Coah. Esta subprovincia forma parte de la región conocida como Llanura Costera o Plano Inclinado y abarca 23 138.39 km² de la superficie de Nuevo León.

El área que queda dentro del estado, a pesar de ser muy extensa, es homogénea en cuanto a los sistemas de topoformas, ya que presenta una gran sucesión de lomeríos y llanuras, que en raras ocasiones se ven interrumpidas por una sierra baja o un valle.

En la subprovincia predominan los suelos claros, que son clasificados como xerosoles lúvicos, cálcicos y háplicos.

En la siguiente figura se puede observar como la Ciudad de Monterrey, lugar donde se encuentra instalada la central, no presenta una topografía accidentada y si nos muestra una extensa planicie. Esto no representa mayores problemas para la ubicación de la central en dicho predio.

FIGURA 2



Zona más baja -Zona más alta

3.2. Estudio de mecánica de suelos.

El estudio de mecánica de suelos se realizó en el sitio donde se ubica la planta, con el fin de determinar las condiciones del subsuelo. El terreno donde se encuentra la central tiene superficie horizontal y sensiblemente plana, y colinda al norte con la C.C.C. Huinalá.

Para efectuar el estudio del subsuelo se hicieron cuatro sondeos exploratorios y se excavaron seis pozos a cielo abierto, distribuidos en el área de construcción de la central como se indica en la figura 3. La localización de estos pozos se basó en el arreglo de estructuras, tratando de alojarlos en los sitios de estructuras y equipos de interés principal.

Exploración del Subsuelo.

Como se indicó anteriormente, la exploración del subsuelo se hizo con base en la ejecución de sondeos y en la excavación de pozos. La profundidad máxima alcanzada en el primer caso fue de 20.5 m y en el segundo de 3.0 m. En los pozos los materiales exhibidos fueron identificados en campo; la parte gruesa de acuerdo con la forma, tamaño y distribución estimada de partículas. La parte fina con base en su plasticidad y consistencia apreciada en el sitio. Adicionalmente, de algunos pozos se rescataron muestras de cubo inalteradas para ser ensayadas en laboratorio y descartar la incertidumbre de que los materiales superficiales fueran expansivos. En ninguna de las perforaciones realizadas se detectó la presencia de nivel freático.

La stratigrafía observada en las paredes de los pozos y la identificada en las muestras de los sondeos está consignada en los perfiles de las figuras que se muestran mas adelante.

Ensayes de Laboratorio.

Las muestras rescatadas fueron sometidas a los ensayos siguientes:

Pruebas Índice.

- Identificación manual y visual en húmedo y en seco.
- Contenido natural de agua.
- Límites de consistencia (líquido y plástico).
- Densidad de sólidos.
- Contenido de finos.
- Índice de calidad de roca (RQD).

Al tratarse de un suelo compuesto por arcillas, es indispensable realizar estas pruebas, con el fin de poder determinar la capacidad de carga de dicho suelo. Esto debido a que según el contenido de agua, un suelo susceptible de ser plástico pudiera estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia: estado líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido. Por esta razón es necesario determinar la frontera de dichos estados por medio de las pruebas convencionales de límites de consistencia, y así determinar la compresibilidad de las arcillas.

Aunado a lo anterior es necesario poder determinar la calidad del estrato rocoso y la capacidad de carga de dicho estrato, para poder definir la cimentación adecuada de los equipos.

Pruebas Mecánicas.

- Saturación bajo carga.

Los resultados correspondientes a las pruebas índice están consignados en el perfil estratigráfico de la figura 4.

Por lo que respecta a las pruebas de saturación bajo carga, realizadas para conocer las características de expansión del suelo, los resultados demuestran que al saturarse el suelo con agua no se producen movimientos de expansión.

Descripción del Subsuelo.

Al subsuelo lo componen básicamente dos horizontes de materiales: suelo residual y roca subyacente.

La capa de suelo que se localiza superficialmente, tiene espesores comprendidos entre 0.7 y 1.4 m, es de origen residual y está conformada esencialmente por una matriz arcillosa de color café claro, plasticidad media y consistencia dura, con fragmentos aislados de roca alterada, del mismo color del suelo envolvente, de formas angulosas, con tamaños de arista comprendidos entre 5.0 y 15.0 cm. Hacia la parte inferior del estrato se encuentra un horizonte duro (competente), de transición entresuelo y roca, en donde se incrementa notablemente la resistencia al esfuerzo cortante.

Los resultados de las pruebas de saturación bajo carga, efectuadas en las capas superiores del suelo, demostraron que éste no es expansivo y por lo tanto no es de temer este efecto.

Bajo la capa de suelo aparece roca limolita, la cual presenta fracturamiento intenso en la vecindad del contacto con el suelo sobreyacente, se encuentra alterada y tiene el mismo color que este. En la interfaz suelo-roca a esta última la conforman fragmentos angulosos del tamaño de gravas y hasta 15.0 cm de diámetro. Las juntas entre los fragmentos anteriores se encuentran rellenas con suelo, cementado a base de carbonatos de calcio. El índice de calidad de la roca (RQD) es, en general, superior al 60 % y en la medida en que la profundidad aumenta se incrementa este índice así como la sanidad de la

roca y su color cambia de café y pardo a gris oscuro. Esta última clase de roca aparece en promedio a partir de 3.0 m de profundidad y se considera excelente para apoyos de la cimentación de las estructuras principales, (ver figura 5).

Conclusiones y Recomendaciones Generales de Cimentación.

A continuación se proporcionan las recomendaciones generales que deberán considerarse para el diseño y construcción geotécnica de la cimentación de la planta.

- a) La exploración del subsuelo realizada muestra que los materiales son competentes y de buena calidad para resistir las cargas de compresión que serán transmitidas por la cimentación de las estructuras.
- b) La solución a la cimentación de la planta será, en consecuencia, del tipo superficial, a base de: zapatas aisladas, zapatas corridas o losas de cimentación.
- c) En el caso de las cimentaciones de las estructuras y equipos principales se recomienda que se apoyen en la roca, considerándose adecuado su desplante sobre la limolita gris oscuro, la cual aparece a una profundidad promedio del orden de 3.0 m.
- d) Para el diseño de los cimientos apoyados en la roca se recomienda que se utilice una capacidad de carga neta admisible de 20 ton/m^2 , siempre y cuando se sigan las recomendaciones de cimentación que para este fin se proporcionan en el siguiente inciso.
- e) De la roca de apoyo deberá removerse completamente el suelo superficial así como los fragmentos de roca suelta que aparezcan en cada sitio de cimiento. A continuación se procederá a limpiar perfectamente bien la superficie de la roca de apoyo y rellenar las irregularidades superficiales, colando sobre ella una plantilla de concreto.
- f) Las cimentaciones de las estructuras y equipos secundarios no será necesario que se desplanten sobre la roca. Se recomienda por lo tanto que se desplanten en el terreno natural, a una profundidad acorde con las exigencias a que estarán expuestas (verificando que sea sobre suelo competente), pero en ningún caso menor que 1.0 m respecto de la superficie del terreno.
- g) Para fines de diseño se recomienda que para el suelo de apoyo (suelo competente) se utilice una capacidad de carga neta admisible de 20 ton/m^2 .
- h) En caso de que a la profundidad de desplante proyectada de las cimentaciones de estructuras y equipos secundarios aparezca parcialmente la roca, deberán proseguirse las excavaciones hasta descubrir totalmente esta clase de material y efectuar el desplante sobre ella, pues el desplante de esta cimentación deberá hacerse siempre

sobre materiales de una sola especie (suelo o roca). No se permitirá que se apoyen parcialmente en uno y otro material.

- i) Se recomienda que las cepas que se excaven sean rellenas con los mismos materiales extraídos. Su compactación se hará llevándolos hasta el 95 % de su peso volumétrico seco máximo Proctor.
- j) El suelo de relleno de cada cepa se colocará en capas sueltas de 15 cm de espesor, se le añadirá el agua necesaria para llevarlo hasta su contenido óptimo (determinado con base en la prueba Proctor) y se compactará con pisón neumático hasta que alcance el peso volumétrico que corresponda con el descrito en el párrafo anterior. Su colocación y compactación deberá hacerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
 - No se empleará el suelo cuando éste contenga la capa vegetal.
 - Tampoco se utilizará si contiene restos de vegetación, raíces o de materia orgánica.
 - Del suelo de relleno deberán ser eliminadas todas las partículas mayores de 7.5 cm que contenga.

**REGISTRO DE POZO A CIELO ABIERTO.
FIGURA 4**

Obra: C.C.C. Monterrey

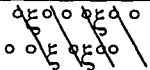
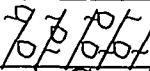

Localización: ver la fig. 3

Tipo de muestreo: Identificación en campo

Pozo: PCA-2

Herramienta de avance: pico y pala

Nivel frático: no se detectó

| PROF. m | PERFIL | DESCRIPCIÓN | GRAVA % | ARENA % | FINOS % | LL % | IP % | SUCS |
|------------|---|--|------------|------------|------------|-------------------|---------|------|
| 0.0 |  | Arcilla café oscura con raíces. | | | | | | |
| 1.0 |  | Arcilla limosa café claro, de consistencia dura; contiene fragmentos angulosos de roca alterada, hasta de 15 cm. | ----- | 10.5 | 89.5 | 36 | 23 | CL |
| 2.0 |  | Roca limolita alterada, muy fracturada, de color café claro, constituida por bloques fragmentados con diversos grados de alteración. | | | | Ss=2.69 w=9.5% | | |
| 3.0 | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | |
| 5.0 | | | | | | | | |
| 6.0 | | | | | | | | |

TMP: tamaño máximo de partículas

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

SS: Densidad de Sólidos

w: Contenido de agua

LL: Límite Líquido

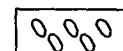
IP: Índice Plasticidad



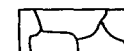
Arcilla



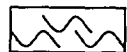
Arena



Boleos



Roca



Limo













Grava



Materia Orgánica

ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO. FIGURA 5.

| PROF m | ESTRATIGRAFIA DEL SUELO | | RQD (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | DESCRIPCION | PERFIL | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 0 | Arcilla limosa Limo arenoso, color gris claro Limolita alterada |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Roca limolita, de color gris fracturada |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 73 |
| 10 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 84 |
| 15 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 93 |
| 20 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 82 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 84 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 85 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 76 |

-  Grava
-  Limo
-  Roca
-  Arcilla
-  Arena

RQD Índice de calidad de roca
(Obtenido en el laboratorio)

3.3. Estudio de Hidrometeorología.

3.3.1. Meteorología.

Descripción general de las condiciones meteorológicas regionales.

Para describir las condiciones Meteorológicas de la zona de estudio, se analizaron los mapas de resúmenes anuales y mensuales de los diferentes parámetros meteorológicos del Atlas del Agua, editado por la S.A.R.H., y las sinopsis meteorológicas estacionales de superficie de las 12:00 hora Z (Meridiano de Greenwich), para el período de 1976 a 1982. proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), así como los boletines meteorológicos editados por el Departamento de Hidrometeorología de la GEIC y el SMN para el período de 1991 a 1995; dicha información se utilizó para determinar tanto los sistemas de baja como de alta presión, así como los frentes y masas de aire que afectan al sitio de estudio.

Se analizaron los patrones de flujo de viento a 850 y 300 hPa (hectoPascales). procesados por la compañía Servicios de Informática y Meteorología (SIMSA) para el período de 1989 a 1993, empleando la información de las 12 estaciones de radiosondeo-viento del país, que corresponden aproximadamente a 1500 y 10000 metros de altitud, para determinar la circulación dominante del viento a estos niveles.

Se consultó la base de datos de ciclones tropicales del Pacífico y Atlántico del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y se obtuvo la estadística de los ciclones tropicales que han afectado directa o indirectamente a la zona de estudio.

Masas de Aire.

De acuerdo a la situación geográfica, la zona de estudio es afectada por masas de aire continental polar (frío) y masas de aire marítimo tropical (cálido).

Las masas de aire continental polar se presentan durante el periodo de septiembre a mayo, sin embargo, los meses con mayor persistencia de dichos sistemas son de octubre a febrero, teniendo una medida de cinco eventos y cuyos efectos son:

- Descenso de temperatura con "heladas".
- Vientos moderados a fuertes del norte con rachas intensas.
- Cielo despejado a medio nublado.
- Nevadas en caso de asociarse con un frente frío intenso y con una corriente en chorro.

Las masas de aire marítimo tropical se presentan durante la mayor parte del año, a excepción del tiempo en que la zona está dominada por masas de aire continental polar; la mayor persistencia de la masa de aire tropical es primavera y principios de verano; sus efectos son tiempo muy caluroso, vientos moderados a fuertes del "Este" y "Sureste" con cielo despejado a medio nublado. Cuando se presenta suficiente humedad favorece cielo de medio nublado a nublado con lluvias principales en Verano y Otoño.

Movimientos Frontales.

Durante los meses de septiembre a mayo, la zona es afectada por frentes fríos; sin embargo los meses con mayor persistencia de dichos sistemas son de octubre a febrero, teniendo una media mensual de cinco eventos, además de la inestabilidad del aire favorece que se registren precipitaciones asociadas con estos sistemas, de tipo lluvia de moderada a fuerte y en ocasiones "nevadas" asociadas con corrientes en chorro.

Sistemas de Baja y Alta Presión.

Los sistemas de baja presión pueden ser fijos o móviles, los fijos permanecen sensiblemente estacionarios y los móviles presentan movimientos de rotación y traslación. En esta región se presentan en la época de invierno por la influencia de las bajas presiones

extratropicales, los cuales favorecen vientos fuertes variables, así como lluvias de moderadas a fuertes.

Los sistemas de alta presión, se asocian a un buen tiempo. Estos se presentan durante la época invernal y principios de la primavera.

Patrones de Flujo de Aire.

En el análisis a nivel de superficie, el viento dominante para Monterrey, N.L., es de componente Este-Sureste con un porcentaje de 20 % y velocidades entre 28 a 56 km/h.

El análisis de flujo a 1 500 m de altitud, muestra viento dominante con una componente del Suroeste desde el mes de noviembre hasta abril. En el mes de mayo su dirección es del Sur; en junio es del Noreste; en julio del Sureste; en agosto del Este y en los meses de septiembre y octubre es del Norte.

En los análisis de flujo a 10 000 m de altitud, se observan durante los meses de octubre a marzo por la presencia de la corriente en chorro, flujo del Oeste-Suroeste.

Frecuencia de Fenómenos de Tiempo Severo.

Ciclones Tropicales.

Consultando la base de datos históricos de Ciclones Tropicales desde 1886 hasta 1995, se obtuvieron los siguientes resultados :

OCÉANO ATLÁNTICO

De un total de 970 ciclones tropicales registrados durante el periodo de enero de 1886 a octubre de 1995, 7 de ellos han incidido en la zona de estudio, en un radio de 150 km a la redonda y son los siguientes.

Huracán "Sin nombre" Se presentó del 11 al 22 de septiembre de 1887, con una velocidad máxima de vientos de 158 km/h.

Tormenta tropical "Sin nombre" se presentó del 1° al 8 de septiembre de 1928, con una velocidad máxima de vientos de 93 km/h.

Huracán "Sin nombre" se presentó del 28 de agosto al 5 de septiembre de 1993, con una velocidad máxima de vientos de 93 km/h.

Tormenta tropical "Sin nombre" se presentó del 19 al 23 de agosto de 1944, con una velocidad máxima de vientos de 93 km/h.

Huracán "Beulah" se presentó del 5 al 22 de septiembre de 1967, con una velocidad máxima de vientos de 259 km/h.

Huracán "Barry" se presentó del 23 al 29 de agosto de 1983 con una velocidad máxima de vientos de 130 km/h.

Huracán "Gilbert" se presentó del 8 al 20 de septiembre de 1988, con una velocidad máxima de vientos de 297 km/h.

3.3.2. Climatología.

Descripción general de las condiciones climatológicas regionales.

Para describir las condiciones climatológicas de la zona de estudio, se analizó la información de las siguientes estaciones meteorológicas:

- Observatorio de Monterrey, N.L., dependiente de la C.N.A. en sus normales climatológicas en el período de 1951 a 1980, actualizando dichas normales con los datos proporcionados por la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en Monterrey, N.L., con una serie completa de 1978 hasta agosto de 1996 y la División Hidrométrica Golfo Norte proporcionó datos horarios de temperatura para 1995 y 1996 del mismo observatorio.
- Datos de temperatura ambiente a nivel horario para el otoño de 1989, proporcionados por la Central Termoeléctrica Huinalá, dependiente de la CFE.
- Estaciones climatológicas de Topo Chico, Apodaca, Cadereyta,

Cuya localización se presenta a continuación:

CUADRO 3.1

| Estación | Latitud | Longitud | Elevación Msnm |
|-----------------|---------|----------|-------------------|
| Obs. Monterrey | 25° 41' | 100° 18' | 512 |
| Central Huinalá | 25° 44' | 100° 10' | 372 |
| Topo Chico | 25° 48' | 100° 25' | 523 |
| Apodaca | 25° 46' | 100° 19' | 420 |
| Cadereyta | 25° 36' | 100° 00' | 349 |

La información meteorológica que se obtuvo fue a nivel mensual y anual de los siguientes parámetros.

- Temperatura
- Precipitación
- Presión
- Humedad relativa
- Evaporación
- Fenómenos especiales

Los datos de temperatura ambiente o del bulbo seco y los de bulbo húmedo, tanto máxima como mínima, se obtuvieron a nivel diario en el período de 1968 a 1996.

La información de dirección y velocidad del viento fue proporcionada por la Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional de la CNA; el período comprendido fue de 1979-1995 y por el Aeropuerto de Monterrey, dependiente del Servicio a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano, el período comprendido fue de 1958-1965.

Temperatura.

Se realizó una comparación de los valores de temperatura media, máxima y mínima extremas, entre las estaciones climatológicas, el Observatorio de Monterrey y la CT. Huinalá, como ésta sólo tiene un año de observación, se compararon los datos con los obtenidos ese mismo año en el observatorio de Monterrey. Los valores están en grados Celsius. El cálculo de los valores medios se realizó considerando los períodos de observación disponibles de cada estación.

Temperatura Media.

El observatorio de Monterrey, N.L., es el que tiene un mayor período de observación, las temperaturas medias son similares en todas las estaciones, incluyendo la CT. Huinalá para el año 1989. La diferencia de la temperatura media entre la estación climatológica Apodaca y Monterrey es de 4.5 % , y entre Huinalá y Monterrey es de 0.8%, lo cual está de acuerdo con la diferencia de elevación que tienen estos dos últimos sitios.

Por lo anterior, se tomará como base para la caracterización climatológica de la zona de estudio los valores del observatorio de Monterrey, N.L., el cual tiene el siguiente valor de temperatura:

- Temperatura media anual 22.2°C.

- La época más calurosa del año entre los meses de abril a septiembre con una media de 26.5°C, observándose que la temperatura media en el mes de octubre es aproximadamente igual a la media anual , disminuyendo el promedio durante los meses de noviembre a marzo con un valor medio en estos meses de 17.1 °C.

Temperatura Máxima Extrema.

- La temperatura máxima extrema se alcanza entre las 14 y 19 hora local, periodo en el cual la temperatura se mantiene alta.

- La temperatura máxima extrema histórica del Observatorio de Monterrey, N.L., se registró en mayo de 1995 con un valor de 44.2 °C.

- Las temperaturas máximas extremas son mayores o iguales a 35 °C, en todos los meses del año.

Temperatura Mínima Extrema.

- La temperatura mínima extrema por lo general se alcanza por la noche antes de las 07:00 hora local, sin embargo las masas de aire frío que afectan el lugar pueden modificar este horario y su duración. La diferencia entre la CT. Huinalá con respecto a Monterrey, en 1989, es del 16.7 %, por lo cual continúa siendo un buen indicador de las condiciones climatológicas del lugar. Los datos actualizados de la estación Monterrey indican un periodo más frío de 1981 a 1996.

- La temperatura mínima extrema histórica del Observatorio de Monterrey, N.L., se registró en diciembre de 1983 con un valor de -8.0°C.

- Las temperaturas mínimas extremas son menores de 3 ° C. de octubre a marzo, (invierno).

Temperatura de Diseño.

Para calcular la temperatura de diseño de verano e invierno, se tomaron en cuenta los valores máximos y mínimos diarios de temperatura ambiente en el periodo de 1968 a 1996 del observatorio de Monterrey, y para el año 1989 para la Central Huinalá, realizando el cálculo de temperatura de diseño primero con todos los datos del año y en segundo lugar dividiendo dichos periodos en verano, de abril a septiembre y en invierno de octubre a marzo, partiendo del hecho que la distribución de frecuencias se ajusta a una curva de tipo Normal cuya ecuación es:

$$f(x, \mu, \sigma) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right) \exp \left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right)$$

donde:

- x : valor para el cual se desea calcular la distribución
- μ : valor medio aritmético de la distribución
- σ : valor de la desviación estándar de la distribución.

El cálculo de la temperatura de diseño se realizó considerando los siguientes criterios:

Verano

- Valor de temperatura máxima extrema diaria para el cual el área bajo la curva de distribución Normal es del 96 % del total, (también se calcula para el 95 %).

Invierno

- Valor de temperatura mínima extrema diaria para el cual el área bajo la curva de distribución normal es del 4 % del total, (también se calcula para el 5 %)

La temperatura de diseño del bulbo húmedo simplemente es la que corresponde a la temperatura del bulbo seco que se obtuvo en el cálculo de temperatura de diseño.

En las tablas siguientes se presentan los resultados del cálculo de la temperatura de diseño, en las cuales se puede observar considerando las dos estaciones, que tiene un valor de 39 °C. para verano y 3.5 °C. para invierno. A pesar de que la estación Monterrey se encuentra más alta que el sitio de estudio, la temperatura podría aumentar en un 1 % el cual no es significativo.

Temperatura de Diseño.

Monterrey, N.L.

CUADRO 3.2

| Temperatura de diseño VERANO °C | % Área | Temperatura de diseño INVIERNO °C | % Área |
|------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|
| 39.4 | 96 | 3.8 | 5 |
| 39 | 95.1 | 3.2 | 4 |
| 38.5 | 93.8 | 3 | 3.6 |
| 38 | 92.2 | 2.5 | 2.9 |
| 37.5 | 90.3 | 2 | 2.3 |

Temperatura de Diseño.

Central Huinalá.

CUADRO 3.3

| Temperatura de diseño VERANO °C | % Área | Temperatura de diseño INVIERNO °C | % Área |
|------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|
| 39.3 | 96 | 4.7 | 5 |
| 39 | 95.5 | 3.8 | 4 |
| 38.7 | 94.7 | 3.2 | 3.4 |
| 38 | 93.7 | 2.5 | 2.8 |
| 37.5 | 92.5 | 2 | 2.4 |

Precipitación.

Los datos de precipitación son a nivel mensual y anual para las estaciones Monterrey, Topo Chico, Apodaca y Cadereyta, en los mismos períodos que para la temperatura.

El valor medio de precipitación anual de la estación Monterrey es de 612.19 mm; los valores medios mensuales indican que las lluvias se presentan durante todo el año, siendo septiembre el mes más lluvioso con un valor medio de 165.7 mm. El valor

de precipitación mensual máximo histórico es de 578.9 mm que se registró en agosto de 1967.

De las estaciones climatológicas se tiene que la precipitación media anual es mayor cerca del sitio de estudio por aproximadamente 16 % y se distribuye en todo el año con valores mensuales mayores que en Monterrey, sin embargo, la máxima precipitación mensual es 16 % menor.

Curvas intensidad-duración-período de retorno (I-D-Tr).

Obtención de la información.

Para la obtención de las curvas I-D-Tr, se trabajó con información de 1961 - 1995 del observatorio de Monterrey, proporcionada por la Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional.

Análisis de la Información.

Como paso inicial fue necesario hacer un análisis de la información de lluvia máxima en 24 h y de los registros de lluvia máxima en 1 h, con la finalidad de determinar las fechas en las que se presentaron las tormentas más severas y realizar la curva masa de las 4 tormentas anuales más grandes.

Cabe señalar que de los 35 años de la información, solo en 22 años trabajó el pluviógrafo.

Una vez determinadas las tormentas para analizar, se procedió a la lectura de los pluviogramas a fin de obtener las curvas masa y con ellas determinar el valor de intensidad máxima para intervalos de tiempo de 10,20,30,40,50,60,80,100 y 120 minutos de las tormentas involucradas.

Obtención de las curvas de intensidad-duración-período de retorno.

De las tormentas analizadas por año, se obtuvo el valor máximo de intensidad para los diferentes intervalos de tiempo mencionados anteriormente, cuyos valores se muestran en el siguiente cuadro.

Valor máximo de intensidad para diferentes períodos de tiempo, Observatorio de Monterrey, N.L.

CUADRO 3.4

| Año | Duración en minutos | | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| | Intensidades en mm/h | | | | | | | | |
| 1961 | | | 52 | 39.4 | 31.8 | 26.8 | 20.8 | 20.8 | 20.8 |
| 1962 | 121.2 | 102 | 102 | 76.5 | 61.2 | 51 | 52.5 | 48 | 40.2 |
| 1963 | 143.8 | 109.5 | 73.7 | 55.4 | 44.3 | 36.9 | 27.7 | 23.2 | 20 |
| 1964 | 60.4 | 33.9 | 23.8 | 19.1 | 16.2 | 14.2 | 12.5 | 11 | 9.8 |
| 1965 | 70.3 | 41.2 | 31.5 | 26.7 | 23.8 | 20 | 15 | 12 | 10 |
| 1966 | 19.5 | 17.3 | 17 | 16.1 | 14.4 | 12.8 | 11.6 | 10.7 | 10 |
| 1967 | 72.2 | 56.1 | 43.4 | 37.8 | 34.4 | 29.1 | 21.8 | 17.5 | 14.6 |
| 1968 | 127.8 | 66 | 44 | 33.5 | 28.2 | 24 | 18 | 14.4 | 12 |
| 1969 | 75.3 | 42.4 | 29.6 | 23.3 | 20.4 | 17.8 | 14.6 | 11.7 | 9.8 |
| 1970 | 92.4 | 46.2 | 30.8 | 25.5 | 21 | 18.5 | 14.7 | 11.9 | 10.3 |
| 1971 | 93 | 47.2 | 39 | 31.1 | 26.3 | 22 | 16.5 | 13.2 | 11 |
| 1972 | 60 | 30 | 23.8 | 20.1 | 19 | 18.1 | 14 | 11.2 | 9.3 |
| 1975 | 86.4 | 58.2 | 48.8 | 44.1 | 36 | 30 | 22.5 | 18 | 15 |
| 1976 | 60 | 48.5 | 45.5 | 41 | 37.1 | 40 | 34.8 | 29.1 | 24.3 |
| 1977 | 94.8 | 90 | 73.2 | 61.2 | 51 | 44.2 | 33.4 | 26.7 | 22.3 |
| 1979 | 66.5 | 49.5 | 44.5 | 41.3 | 34 | 29 | 21.9 | 17.6 | 14.7 |
| 1980 | 156 | 91.3 | 62 | 47.3 | 38.5 | 32.6 | 25.3 | 24 | 20 |
| 1982 | 114 | 66.2 | 44.6 | 33.5 | 26.8 | 22.3 | 16.7 | 13.4 | 11.2 |
| 1992 | 153 | 106.5 | 79 | 65.3 | 57 | 50 | 37.9 | 30.5 | 25.6 |
| 1993 | 120 | 120 | 88.7 | 73.1 | 59.2 | 49.3 | 37 | 29.6 | 24.7 |
| 1994 | 105 | 84 | 76 | 63.4 | 54 | 47.7 | 44.2 | 44.2 | 40.8 |
| 1995 | 61.2 | 31.6 | 24.8 | 19.5 | 15.8 | 19.1 | 15 | 12 | 10 |

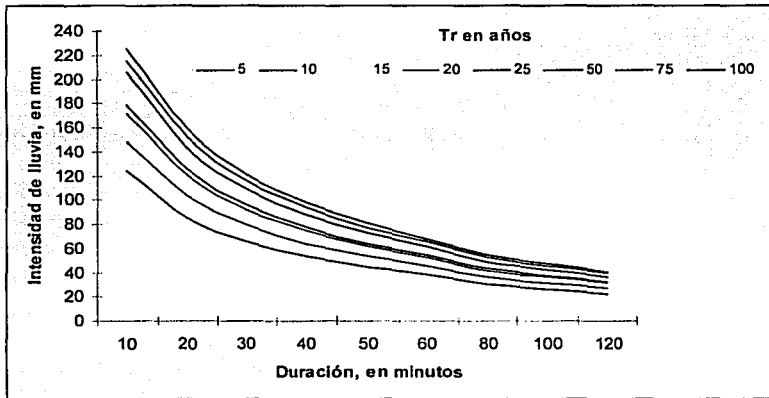
Con la información de la tabla anterior de intensidades máximas anuales para diferentes duraciones, se realizó el ajuste para varias funciones de distribución a cada una de las duraciones, siendo el promedio el mejor ajuste la función Gumbel, logrando con esto relacionar la magnitud de la intensidad y la duración con un período de retorno y cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

CUADRO 3.5

| Tr Años | Duración en minutos | | | | | | | | |
|------------|----------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| | Intensidades en mm/h | | | | | | | | |
| 5 | 124.4 | 85.5 | 66.0 | 53.6 | 44.6 | 38.5 | 30.6 | 26.3 | 22.5 |
| 10 | 148.8 | 103.3 | 79.5 | 64.3 | 53.3 | 45.7 | 36.4 | 31.4 | 26.9 |
| 15 | 162.6 | 113.3 | 87.2 | 70.4 | 58.2 | 49.8 | 39.7 | 34.3 | 29.4 |
| 20 | 172.3 | 120.4 | 92.5 | 74.6 | 61.7 | 52.6 | 42.0 | 36.3 | 31.2 |
| 25 | 179.7 | 125.8 | 96.6 | 77.9 | 64.3 | 54.8 | 43.7 | 37.9 | 32.5 |
| 50 | 206.6 | 142.5 | 109.3 | 87.9 | 72.5 | 61.6 | 49.1 | 42.7 | 36.7 |
| 75 | 215.9 | 152.2 | 116.6 | 93.8 | 77.2 | 65.5 | 52.3 | 45.5 | 39.1 |
| 100 | 225.4 | 159.0 | 121.9 | 97.9 | 80.6 | 68.3 | 54.5 | 47.5 | 40.8 |

La gráfica siguiente muestra las curvas de intensidad-duración-periodo de retorno para el Observatorio de Monterrey.

GRÁFICA 1



Presión.

Los datos de presión sólo están disponibles para la estación de Monterrey, por ser un observatorio sinóptico, sin embargo la presión de la estación depende de la elevación del sitio de donde se mide, por lo cual la presión del sitio debe ser modificada por elevación. El factor de corrección es aproximadamente un hectopascal (o milibar) por cada 10 metros.

La presión media anual para la estación de Monterrey, es de 957.2 hPa., con un valor máximo en el mes de enero de 960.1 hPa. Estos valores aumentan por elevación para el sitio de estudio en un factor de 1.46 % que da un valor de 971.2 hPa.

La Central Termoeléctrica Huinalá reporta un valor de 969 hPa.

Humedad relativa.

La estación de Monterrey es la única que cuenta con valores de humedad relativa. El valor medio de humedad relativa es de 64.85 %; el cual es casi constante durante todo el año, presentando un máximo en los meses de septiembre y octubre.

Evaporación.

Los valores de evaporación están disponibles para Monterrey, Cadereyta y Topo Chico. El valor medio anual es de 1737.92 mm, siendo más intensa durante los meses de marzo a agosto, con un máximo mensual de 229.16 mm durante julio.

Viento.

La estación que dispone de datos de tiempo con un período más completo es la de Monterrey, aunque también se presentan algunos resultados de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de la Cd. de Monterrey, dependiente de Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano. (SENEAM).

Rosa de Vientos.

- La rosa de vientos para Monterrey, indica una dirección dominante del "Este", con dos direcciones secundarias, una del "Este-Noreste" y otra del "Sureste", con aproximadamente el 50 % de la frecuencia de la dirección dominante.

- La rosa de vientos del Aeropuerto indica una dirección dominante del "Este-Sureste", con dos direcciones secundarias, una del "Este" y otra del "Sureste", con aproximadamente el 50 % del valor de frecuencias de la dirección dominante.

- Las dos rosas de vientos indican una consistencia de dirección de vientos dominantes de componente Este.

Descripción General de Fenómenos Especiales.

Los fenómenos meteorológicos especiales se refieren a :

- a) Nevadas
- b) Granizo
- c) Tormentas eléctricas
- d) Heladas
- e) Neblina
- f) Rocío

La frecuencia en que ocurren dichos fenómenos indica que existe poca probabilidad de presentarse nevadas y granizo en la zona; así como un promedio de 6 días anuales con tormentas eléctricas y heladas; las tormentas eléctricas se presentan durante la mayor parte del año, más frecuente en los meses de julio y septiembre; las heladas durante los meses de noviembre a marzo.

Por otro lado, existe una alta incidencia de neblina y rocío durante todo el año, con promedio de 87 y 45 días anuales, respectivamente.

Clasificación Climática.

Con los datos de temperatura media y precipitación media anual y utilizando el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por E. García, se determinó la siguiente clasificación climática para la zona de estudio:

BS₁ (h') hw(e)w''

Semiárido, cálido, régimen de lluvias de verano con presencia de canícula o sequía intraestival y es extremoso.

Conclusiones.

El área en la que se encuentra el sitio de estudio es homogéneo en la mayor parte de sus parámetros, por lo cual la estación de Monterrey es la adecuada para identificar el sitio de

estudio, pero por su elevación y distancia pueden modificarse estos parámetros. Sin embargo el factor de modificación es pequeño para cada parámetro:

Presión 1.46 %
 Temperatura 0.8 % y
 Precipitación 16 %

En el cuadro siguiente se presenta el resumen de datos climatológicos y meteorológicos para el sitio de estudio, indicando los porcentajes de variación que pueden tener algunos parámetros.

**Resumen de Parámetros Climatológicos para la
 Central de Ciclo Combinado Monterrey, sitio Huinalá.
 CUADRO 3.6**

| | | |
|--|---|----------|
| Temperatura máxima extrema | 44.2 °C | 13/05/95 |
| Temperatura media anual | 22.2 °C | |
| Temperatura mínima extrema | -8 °C | 25/12/83 |
| Temperatura de diseño del bulbo seco/bulbo húmedo | | |
| Verano | 39 °C | 25.1 °C |
| Invierno | 3.5 °C | 2.3 °C |
| Humedad relativa media anual | 64.85% | |
| Zona climática | Semiárido, cálido, régimen de lluvias de verano y presencia de canícula o sequía intraestival y es extremoso. | |
| Precipitación media anual | 612.2 + 10% mm | |
| Precipitación máxima en un día | 169.8 mm | 12/09/64 |
| Precipitación máxima en una hora | 100 mm | 23/08/67 |
| Evaporación media anual | 1737.9 mm | |
| Evaporación mensual máxima | 295.8 mm | (jul/92) |
| Presión media anual | 971.2 hPa | |
| Presión media mensual máxima | 974.1 hPa | (enero) |
| Presión media mensual mínima | 968.4 hPa | (mayo) |

CAPITULO IV.

CRITERIOS DE DISEÑO.

Estos criterios de diseño son una compilación de aquellos datos, hechos estipulaciones, códigos, reglamentos y otra información que establece una base para guiar y limitar el diseño conceptual, preliminar y detallado de las obras civiles de la central.

En este capítulo se pretende describir todos los criterios de diseño que fueron utilizados para la realización de la C.C.C. Monterrey II.

Normas y Códigos Aplicables.

Todos los equipos, sistemas e instalaciones presentados se diseñaron de acuerdo a la última edición de normas y códigos.

4.1 Bases de diseño de la planta Monterrey II.

Parámetros climatológicos de Referencia y diseño

CONDICIONES DE REFERENCIA: CUADRO 4.1

| | | |
|---|--------|----|
| Temperatura de bulbo seco | 29.8 | °C |
| Humedad relativa | 60 | % |
| Altitud sobre el nivel del mar | 378 | m. |
| Temperaturas de bulbo seco para diseño: Temperatura máxima | 44.2 | °C |
| Temperatura de diseño Verano/Invierno | 39/3.5 | °C |
| Temperatura media anual | 22.2 | °C |
| Temperatura mínima extrema | -8 | °C |
| Humedad relativa media anual | 64.85 | % |

Zona Climática

Tipo AC semicálido, subhúmedo con lluvias escasas todo el año.

Hidrología

Precipitación pluvial media anual 612.2± 10 % mm

Precipitación pluvial diaria máxima 169.8 mm

Curvas de intensidad-duración

-Periodo de retorno (100 y 10 años).

Localización y Accesos al Sitio de la Central

El sitio para la Central se localiza en las coordenadas geográficas siguientes:

| | |
|----------------|--------------|
| Latitud Norte | 25° 43' 34" |
| Longitud Oeste | 100° 06' 14" |
| Altitud | 378 msnm |

Descripción General.

La Central fue construida aproximadamente a treinta (30) Km., al este de la Ciudad de Monterrey, en el Km., doce (12) de la carretera Monterrey - Dulces Nombres, municipio de Pesqueria, Nuevo León sitio Huinalá, en el predio propiedad de la Comisión colindante al sur de la CCC Huinalá, con una superficie para construcción de 36.06 Ha.

Capacidad de Diseño de la Planta.

La Capacidad nominal de la Central es de 450 MW y la Capacidad Neta Garantizada a las Condiciones de Referencia debe estar comprendida entre 405 MW.

Configuración del Equipo de Ciclo Combinado.

La Central esta integrada por el siguiente arreglo:

Dos módulos, formados cada uno con una turbina de gas y una turbina de vapor.

Los turbogeneradores de gas queman gas natural proveniente del gasoducto de Pemex (Reynosa-Estación Escobedo, Chihuahua). Como combustible alterno se utiliza diesel.

Suministro de Agua.

El agua requerida para repuesto del ciclo vapor así como la requerida para servicio y contra incendio se suministra desde la red de pozos existente en el predio de la Central Ciclo Combinado Huinalá.

Existen dos (2) pozos dentro del predio de la Central, se contemplaron los estudios necesarios para su perforación, explotación y el equipamiento mecánico completo considerando la interconexión con la red existente y las obras asociadas para asegurar el abastecimiento de cualquiera de los pozos.

Descargas de Aguas Residuales.

La CCC Huinalá, colindante al predio de la Central, cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales sanitarias. Se conectó el drenaje definitivo de aguas residuales sanitarias de la Central a esa planta. Sin embargo, no se pudo utilizar esa planta para disponer el afluente generado durante las etapas de construcción y de Pruebas de Puesta en Servicio, sino que cumplió con la normatividad ambiental vigente en lo relativo a las descargas generadas durante estas etapas.

Fuente de Suministro del Agua de Enfriamiento.

El sistema de enfriamiento del circuito principal es mediante sistema seco, ya que no cuenta con agua disponible para este fin. El enfriamiento para los quipos auxiliares es por medio de un circuito cerrado con agua desmineralizada de la misma naturaleza que la del ciclo de vapor. La remoción de calor de dicho circuito es con la ayuda de un sistema seco.

Instalaciones para Recepción y Manejo de Combustibles (gas natural y diesel).

Se consideró el suministro, construcción y equipamiento de toda la tubería y obras asociadas para el transporte de gas natural dentro de la Central hasta la inyección a la turbina de gas, incluyendo la estación de compresión, estación de medición y regulación que se localiza en el predio de la CCC Huinalá, al norte.

Diseño por Sismo

La determinación del espectro de aceleraciones, las demandas, el análisis y diseño sísmico de todas las estructuras, equipos, componentes e instalaciones, objeto de esta especificación es conforme a los lineamientos establecidos en la última revisión del capítulo C.13 "Diseño por Sismo" del manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Para la CCC Monterrey II se consideró dentro de la "Zona Sísmica A" y todas las estructuras, equipos e instalaciones como grupo A.

Diseño por Viento.

La determinación de las velocidades de diseño, solicitaciones, el análisis y diseño por viento de todas las estructuras, equipos, componentes e instalaciones, objeto de esta especificación es conforme a los lineamientos establecidos en la última revisión del capítulo C.14 "Diseño por Viento" del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Las velocidades regionales que se consideraron para el diseño de todas las estructuras fueron las correspondientes al Grupo A.

4. 2 Criterios De Diseño de Planta.

Arreglo General de la Central.

Para definir el arreglo general de la Central se consideraron y evaluaron diferentes factores, tales como dirección del viento, topografía del terreno, datos geofísicos, salidas de líneas de transmisión, suministro de combustible, fuente de suministro de combustible, fuente de suministro del agua de enfriamiento y repuesto al ciclo así como los accesos al sitio de la Central, para su determinación se consideró lo siguiente:



Arreglo General de la Planta

Subestación Eléctrica.

El tamaño de la subestación eléctrica esta definido por el tipo de esquema y capacidad.

Para su ubicación en el arreglo general se considero lo siguiente:

- a) Presentar facilidad para salida de líneas de transmisión.

- b) Considerar una distancia lo más alejada posible al tanque de almacenamiento de combustible diésel.
- c) Considerar una caseta para el control de la subestación.
- d) Accesos y espacios necesarios para su mantenimiento.
- e) Topografía del terreno.

Bloque de Fuerza.

El equipo que se instaló en este bloque es la parte medular de la Central, por lo que para determinar el óptimo nivel de desplante de este, se efectuó un análisis que incluía los siguientes aspectos:

- Estudio de la mecánica de suelos con la que se pudo decidir la posición del bloque de fuerza en el predio.
- Topografía del predio para considerar los posibles movimientos de tierra y definir los niveles de desplante.

Tratamiento de Afluentes.

El arreglo contempló las áreas necesarias para la localización de fosa de neutralización de desechos químicos y fosas separadoras de aceite.

Tanque de Almacenamiento de Diesel.

El tanque de diesel está localizado en el sitio más conveniente en cuanto a la operación de la Central, Tomando en consideración la seguridad y economía.

Enfriamiento con Sistema Seco.

Para la localización de (o los) equipo (s) principal (es) de enfriamiento por sistema seco se consideró lo siguiente:

- a) Debe (n) estar libre de obstáculos que eviten la circulación del aire hacia el equipo (s) principal (es) de enfriamiento por sistema seco.

- b) En caso de instalarse más de un equipo principal de enfriamiento por sistema seco en la central se debe cuidar que no exista recirculación de aire caliente entre ellos.
- c) Prevenir fácil acceso y adecuados espacios para remoción y mantenimiento de los equipos auxiliares del sistema de enfriamiento seco.

Sistema de Agua de Repuesto.

La fuente de agua de repuestos proviene de pozos; la planta desmineralizadora por osmosis inversa se localiza de tal manera que la distancia de los tanques de agua desmineralizada a los tanques de condensado sea lo más corta posible.

Caseta de Compresores, Casetas de Bombas, Tanques de Agua de Servicio y Contra Incendio y Laboratorio Químico y Ambiental.

Estas instalaciones proporcionan servicio común a uno (o dos) Módulo (s), por lo que se ubican en puntos medios de las áreas a las cuales se le suministra el servicio.

Edificios, Talleres, Vialidad y Camas de Tubería.

- a) Los edificios, administrativos y de servicio se localizan en zonas de menor riesgo, tránsito, ruido y considerando la secuencia de construcción del bloque de unidades. Tal es el caso de oficinas administrativas. Servicio médico, capacitación, comedor, baños y vestidores.
- b) Los talleres y almacenes están localizados cuidando que el acceso a estos desde el exterior como del interior de la Central se efectúe con facilidad.
- c) La vialidad de la Central, calles y puentes; está resuelto de acuerdo al arreglo del equipo e instalaciones que requirieron tener acceso y comunicación durante el montaje, operación y mantenimiento.
- d) El arreglo muestra las trayectorias principales de las camas (racks) de tubería.

Áreas para Construcción.

Las áreas para construcción estuvieron de acuerdo al ataque constructivo.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Consideraciones Generales.

Por la naturaleza de los fluidos que se manejan, para su localización, los equipos están separados y agrupados de acuerdo a los tipos de riesgos (incendio, intoxicación, corto circuito) por ejemplo, el tanque de almacenamiento de diesel, cilindros de cloro, cuarto de baterías, cuartos de cables, etc. Están ubicados lejos de otros equipos e instalaciones.

Se consideró para cada equipo circundante requerida del personal y del equipo, tal es el caso de los diques o mamparas para confinar el incendio del tanque de diesel y transformadores.

Arreglo de Equipo de Casa de Máquinas y del Recuperador de Calor.

La localización y definición del arreglo de equipo en la casa de máquinas y en el recuperador de calor dependió básicamente del tipo de arreglo del Ciclo Combinado que suministró el fabricante por ejemplo: (dos (2) turbinas de gas una (1) de vapor ó una (1) de vapor) por módulo, sin embargo el arreglo de los equipos auxiliares del ciclo consideró los siguientes requerimientos adicionales, tales como espacios disponibles, posición de los tanques y arreglos de espacios en general.

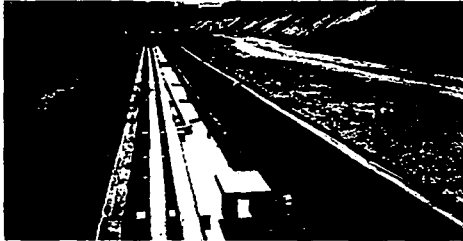
Arreglo de Equipo del Edificio Eléctrico y de Control.

El edificio eléctrico y de control está localizado entre los Módulos de Ciclo Combinado, anexo a casa de maquinas siendo común para los dos módulos. Las dimensiones del edificio proporcionan área suficiente para alojar el equipo eléctrico en sus diferentes niveles. Conservando en todos los arreglos el criterio normativo de espacios adecuados para operación, mantenimiento y cableado de tableros y canalizaciones.

Arreglo de Tubería

Diseño de Arreglos de Tubería.

Los arreglos de tubería una vez definidos los arreglos generales y de equipo se elaboraron por áreas o módulos apeándose a las siguientes consideraciones: tales como la ruta más corta, evitar áreas excesivas de tuberías, para ello se agruparon por rutas o niveles; las válvulas cumplieron con las normas DP-101 de la CFE.



Canalizaciones subterráneas.

Drenajes de Piso.

Estos están diseñados considerando las recomendaciones siguientes:

- a) El diámetro nominal mínimo de la tubería para drenaje de piso es de 100 mm.
- b) La dirección del flujo se orienta hacia los registros o cabezales principales.
- c) La pendiente de la tubería de drenaje es de 1% en la dirección del flujo.
- d) La conexión de los ramales al cabezal es con un ángulo de 45° en la dirección del flujo.
- e) Los drenajes químicos aceitosos y pluviales (de piso o equipo) están diseñados independiente entre sí.
- f) En los cambios de dirección de la tubería de drenaje, se tuvo registros para inspección (tapón registro) para fines de limpieza de la tubería, estos registros son de 100 mm de diámetro nominal de la tubería de drenaje como se indica.

| | |
|-----------------------|-----------------|
| Para 100 mm | Cada 15 metros |
| Para 150 y 200 mm | Cada 30 metros |
| Para 250 mm y mayores | Cada 45 metros. |

- g) Los drenajes de equipo que tienen vapor así como los ramales y cabezales de líneas de vapor, tienen trampa para sellar el escape.
- h) La tubería y accesorios para drenajes de piso pluviales y accitosos es de hierro extra fuerte.
- i) Para los drenajes químicos de compuesto ácidos alcalinos (por ejemplo efluentes del área de almacenamiento de ácidos sulfúrico e hidróxido de sodio concentrados). La tubería es de hierro fundido extra fuerte resistente al ataque de ácidos e instalada en trincheras con recubrimiento epóxico y tapas removibles.
- j) Para los drenajes químicos de otros compuestos (como el área de dosificación de químicos, análisis y muestreos) se usó tubería de hierro fundido extra fuerte resistente al ataque de ácidos que se instaló en trincheras con recubrimiento epóxico y con tapas removibles.

Cargas Permisibles.

- Las fuerzas, momentos, esfuerzos y deformaciones que se aplicaron a la tubería cumplieron con lo indicado en el Código ASME B31.1
- Las fuerzas, momentos, esfuerzos y deformaciones que se aplicaron sobre las boquillas de los equipos cumplieron con los valores permisibles establecidos por sus respectivos fabricantes o en su defecto con lo indicado en las Normas bajo las cuales sean fabricados.

Para evaluar las cargas actuantes con respecto a las cargas permisibles en las boquillas de los equipos, se consideró cada uno de los análisis indicados, actuando individualmente.

Soporte de Tubería.

- Todos los sistemas de tubería de la Central son soportados por estructuras ya sean metálicas o de concreto y esto se hace mediante soportes de tuberías.
- Para el diseño y selección de soportes se aplicó las normas MSS SP 58, SP 69 y SP 89.

Ingeniería de Materiales.

La ingeniería de materiales que se desarrolló comprende lo siguiente:

- a) Aplicación de Códigos y Normas adecuadas para el diseño, materiales, fabricación, montaje, pruebas y puestas en operación de tubería y accesorios, válvulas, soportes, aislamiento térmico, juntas de expansión y soldaduras
- b) Identificación y especificación de tubería y accesorios, válvulas, soportes, aislamiento térmico y juntas de expansión, que completan los sistemas de tubería.
- c) Elaboración de listas de líneas, válvulas, soportes y juntas de expansión.
- d) Memorias de cálculo, procedimientos, instructivos y documentos que avalen los conceptos y criterios de ingeniería aplicados.

Requerimientos para Tubería y Accesorios.

El diseño de fabricación, montaje y pruebas de tubería y accesorios cumplieron con las reglas aplicables especificadas en ASME B31. 1, por lo tanto cubrió con indicaciones tales como: selección de diámetros, reglas generales de accesorios y conducción de aire acondicionado, agua de servicio y agua contra incendios, así como de aire y por supuesto válvulas, juntas de expansión, soporte de tuberías y equipo requerido.

Lista de Líneas.

Se elaboró una lista por cada uno de los sistemas que conforman la Central. Esta lista contiene todas las líneas que componen un sistema o diagrama de tubería e instrumentación, incluso aquellas que por criterios de dibujo no aparecen en diagramas de proceso o de tubería e instrumentación.

Aislamiento Térmico.

- Toda la tubería, válvulas, accesorios y equipo con temperatura de superficie mayor de 60°C se aislaron térmicamente.
- El aislamiento, los materiales de acabado y sujeción suministrados cumplieron con los requisitos que indica el código ASTM.

- El espesor y tipo de termoaislante seleccionado fue el adecuado y suficiente para minimizar las pérdidas de energía por disipación al ambiente. La máxima transferencia de calor permisible con aislamiento térmico en sistemas de alta temperatura estuvo de acuerdo a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-95 "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN AISLAMIENTO TERMICOS INDUSTRIALES".

- Para detalles de aplicación y colocación del termoaislante se cumplió lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-95 "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN AISLAMIENTO TERMICOS INDUSTRIALES" y lo establecido en la norma ASTM C450.

- Los termoaislantes fibrosos que se emplearon son lana de roca, lana de escoria y fibra de vidrio y reunieron las siguientes características:

- Máximo contenido de cloruros solubles: 60 ppm
- Máximo contenido de material no convertido a fibra (shot) sobre malla No. 100 US: 25%
- Máximo contenido de aceite: 1%

Seguridad y Mantenimiento.

El diseño de tubería y arreglo de equipo de la Central se considera desde las etapas iniciales, la seguridad del personal y de las instalaciones mismas, así como los requerimientos para mantenimiento y maniobras propias de una Central generadora de energía eléctrica.

Las medidas de seguridad y protección fueron mediante las normas de la comisión.

Protección Contra Incendio.

Se diseñó una red contra incendio de la casa de máquinas, de los recuperadores de calor y áreas exteriores incluyendo lo siguiente:

- a) Arreglo de equipo y tubería en la caseta de bombas contra incendio y succión de tanques de agua cruda.
- b) Red troncal y ramales de agua contra incendio, incluyendo la ubicación de gabinetes, hidrantes y monitores.

- c) Anillos y ramales para el rocío de agua para transformadores, así como solución espumante para equipos que almacenan y manejan, diesel y lubricantes líquidos.
- d) Anillo de enfriamiento al tanque de diesel.
- e) Red de gas inerte (bióxido de carbono) en la sala de control y en el equipo electrónico.
- f) Ubicación de carretillas con tanque de polvo químico para las diferentes áreas principalmente los equipos eléctricos como motores, tableros y subestaciones unitarias.



Bomba contra incendio

Espacios Libres.

En lo que respecta al mantenimiento, se tomó en cuenta desde el diseño, el espacio libre suficiente y accesible para el mantenimiento del equipo y accesorios, su remoción total o parcial considerando el espacio requerido para las maniobras y el equipo empleado, tales como monorrieles, gatos hidráulicos y soldadoras.

Pasillos y Áreas de Acceso.

Los pasillos y áreas de acceso para remoción del equipo se ajustaron a lo siguiente:

- a) Se dispone de pasillos adecuados dentro de casa de máquinas para fines de movimiento, acarreo de equipo y de sus partes, facilitando el paso de montacargas y procurando un recorrido directo.

Así mismo se dispone de pasillos secundarios para acceso de personal, y facilidad de operación y mantenimiento. De acuerdo a la norma DP-100 de la CFE.

- b) Se dispone de suficiente espacio para acceso en todas las partes, escaleras, elevadores, y equipo contra incendio.
- c) Los pasos o huecos para tubería tienen protecciones para evitar escurrimiento.
- d) Los pasos o huecos ubicados en zonas o pasillos transitables están provistos de tapas o rejilla removible.

4.3 Criterios de Diseño de Ingeniería Civil.

Descripción de estructuras, edificios y sistemas de la central.

Alcance.

Determinar los criterios de diseño civil para las estructuras, sistemas principales, caminos terracerías y drenajes de la central.

Cargas para el Diseño.

Cargas.

A continuación se definen los diferentes tipos de cargas que podrá solicitar una estructura, así como las combinaciones de ocurrencias simultáneas.

Cargas Muertas (M).

Las cargas muertas influyen el peso propio de los materiales que constituyen los marcos, techos, pisos, paredes, divisiones, plataformas y todos los equipos y materiales permanentes. Las presiones vertical y lateral de los líquidos también se trataron como cargas muertas.

Se verificaron los pisos para las cargas reales de los equipos. Para equipos pequeños, tuberías, conduits, charolas y cables de situación permanente, pero su peso real se sustituyó, donde fue por un mínimo de 2451.7 Pa.

Las áreas de alta concentración de tuberías como los que se describen a continuación se revisaron cuidadosamente para determinar la magnitud y localización de las cargas aplicadas por las tuberías. Estas incluyen; pero no se limitan, a las siguientes:

- Rutas de tubería de alta presión.
- Áreas sobre adyacentes al arocondensador.
- Áreas cercanas a los extremos de alta y baja presión de la turbina de vapor.
- Área de los calentadores de agua de alimentación.

Para plataformas de operación o traveses de pasillos, las cargas reales se determinaron en función de la concentración de la tubería que se tenga.

La localización de soportes para la tubería principal y los arreglos generales de estas fueron sometidos a la aprobación de la CFE.

Después de que fue aprobada la localización de soporte de tubería, se diseñó para las cargas establecidas y aprobadas por la CFE.

Después de que la localización y la magnitud de las cargas de los soportes de tuberías han sido completamente establecidas todos los miembros estructurales, incluyendo los ya diseñados, se revisaron para verificar su capacidad estructural y si los miembros se encontraban sobre-esforzados, se modificó el refuerzo para resistir las cargas establecidas o se modificó la localización de soportes para evitar el sobre-esfuerzo de los miembros estructurales.

Cargas Vivas (L y Lo).

Las cargas vivas en ningún caso fueron menores a las cargas vivas mínimas de diseño especificadas en estos criterios.

Colocación de Placas Metálicas Indicando Cargas Vivas.

El grupo civil preparó diagramas de cargas de piso para todas las áreas de carga pesada, por ejemplo en el piso de operaciones y el área para ocupación temporal de componentes durante mantenimiento, reparación y montaje de los turbogeneradores. Los diagramas mostraban la localización de todas las piezas principales de los equipos y las cargas vivas de diseño en pascales. Reproducciones reducidas de los diagramas de cargas de piso con identificación de las diversas áreas de mantenimiento y reparación en diferentes colores, se marcaron en placas metálicas de diseño aprobado por la CFE. Dichas placas fueron fijadas en lugares apropiados de la planta escogidos en cada espacio con el cual se tuvieron relación.

El número de las placas y la disposición de ellas, fueron definido en coordinación con la supervisión de la Comisión y respondieron a las necesidades de operación de la central.

Cargas Vivas (L).

Estas incluyen en áreas de piso, cargas de mantenimiento y reparación, cargas de manejo de equipo, camiones, ferrocarril y conceptos similares. La carga viva del área de piso se omitieron de las áreas ocupadas por aquellos equipos cuyo peso estaba específicamente incluido en cargas muertas. La carga viva no se omitió en el caso de aquellos equipos que permitieron el paso: por ejemplo, un tanque elevado de cuatro patas.

Las cargas vivas de diseño se mostraron en los cálculos y planos de diseño que se sometieron a revisión de la Comisión Federal de Electricidad.

Cargas Vivas Durante la Operación (Lo)

En las combinaciones de carga que incluyen sismo, las cargas vivas se limitaron a la denominación "Lo" que se define como la carga viva correspondiente a las condiciones de operación. Las cargas "Lo" se tomaron como $Lo=0.5 L$ y se aplicaron simultáneamente con las cargas accidentales y se mostraron en los cálculos correspondientes.

En las áreas de mantenimiento y reparación, se consideró como "Lo" el peso real del equipo, tal como estaba localizado sobre el piso.

Cargas vivas mínimas de diseño en edificios auxiliares y elementos estructurales.

Las siguientes cargas vivas mínimas se usaron en el diseño:

| | |
|---|--|
| - Cubiertas y azoteas con pendientes no mayor del 5% | 981 Pa |
| - Cubiertas y azoteas con pendientes mayor del 5% | 588 Pa |
| - Oficinas | 3 432 Pa |
| - Salas de juntas y vestidores | 4 903 Pa |
| - Laboratorios | 4 903 Pa |
| - Escaleras | 4 903 Pa |
| - Barandales | 932 N/m o 981 N aplicados en cualquier dirección en la extremidad superior del barandal. |
| - Plataformas y rejillas | 4 903 Pa |
| - Losas pisos apoyadas sobre el terreno | 11 768 Pa |
| - Sobrecarga adyacente a las cimentaciones de estructuras colindantes con caminos | 11 768 Pa |
| -Estructuras de soporte para caminos | Se aplicó la carga: AS20-44 deAASHTO |

- Carga concentrada en traves y largueros
(se tomó en cuenta en combinación con
carga muerta)

14,71 kN

La carga se aplicó de manera que se obtuvo el máximo momento o cortante. Esta carga no se bajó a las columnas. Ni se aplicó en oficinas, laboratorios, vestidores o áreas similares.

Carga concentrada en las losas (se tomó
En cuenta sólo en combinación con carga
Muerta)

14,71 kN

La carga se aplicó de manera que se obtuvo el máximo momento o cortante. Esta carga no fue acumulativa y tampoco se bajó a las columnas. No se aplicó en oficinas, laboratorios, vestidores o áreas similares.

Cargas vivas mínimas de diseño en casa de máquinas y edificio eléctrico y de control.

Se consideró que todos los equipos y sus componentes se colocaron en el N.P.T. 0.00 (Nivel de piso terminado de planta baja) para maniobras por mantenimiento, reparación y montaje; por lo tanto, las áreas de operación se utilizaron como pasillos.

Pisos de Operación.

- Áreas con rejillas de acero en que existió la posibilidad
De ubicar equipos menores o tableros durante maniobras
De mantenimiento, reparación y montaje.

4 903 Pa

- (Estas zonas se definieron por los grupos del
proyecto encargados del diseño eléctrico de planta.

9 807 Pa

Reducción de Cargas Vivas.

No se permitió reducción en las cargas vivas para las bodegas, las áreas de almacenaje y los tanques.

Cargas de Grúas y los Elevadores.

- Para las cargas de ruedas, cargas de los equipos y peso de partes móviles se utilizó la información del fabricante. Las cargas de construcción se tomaron en cuenta cuando fue pertinente.
- El impacto y fuerzas horizontales en soporte y trabe-carril de grúas viajeras se tomó en cuenta lo indicado en las especificaciones del AISC.
- La deflexión máxima para las trabe-carril y monorraíles no se excedió más de un milésimo de la longitud del claro.
- El impacto aplicado para los soportes de los elevadores fue del 100%, ya que el fabricante no especificó otra cosa.
- El grupo de civil-estructural revisó los elementos estructurales principales de grúas diseñadas por el fabricante de la misma.

Presión de Tierra.

Las presiones de tierra se consideraron de acuerdo a las recomendaciones del estudio de Mecánica de Suelos, y fueron revisadas por la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control, pero en ningún caso fueron menores que los requerimientos del manual de Diseño de Obras civiles de la CFE:

Presión Hidrostática.

Para realizar los cálculos estructurales y flotación (sub-presión) bajo carga y parcial se tomó el máximo nivel freático determinado en el estudio de mecánica de suelos. Los efectos de una inundación también se tomaron en cuenta durante las diferentes etapas de construcción.

Fuerzas Sísmicas.

Las estructuras, equipos y componentes de la Central se consideraron como del grupo A y se diseñaron para soportar y transmitir al terreno a través de la cimentación, las cargas horizontales debidas a sismos se obtuvieron con base a la aceleración máxima horizontal.

Cargas de Diseño para los Pedestales de Turbogeneradores.

Estas cargas se calcularon de acuerdo con las normas conocidas y establecidas para este efecto, y además con las especificaciones correspondientes del fabricante del equipo.

Las normas aplicadas fueron sometidas con antelación para revisión de la Comisión Federal De Electricidad.

- Consideraciones especiales para cargas accidentales (sección C.1.2 "acciones" del Manual de Obras Cíviles de la CFE).

- Se permitió un incremento de un tercio en los esfuerzos permisibles para estructuras temporales.

- Las restricciones de diseño sobre el descimbrado que difieren de la práctica normal recomendada por el reglamento de las Construcciones del Concreto reforzado se indicaron en los dibujos específicos de diseño.

- Se verificó que las cimbras metálicas, para las losas de concreto, sostengan el peso del concreto más 2 452 Pa sin permitir un incremento de esfuerzos permisibles.

BASE DE DISEÑO.

Consideraciones Generales.

Todas las estructuras de acero se diseñaron con el método de resistencia última especificado en el reglamento del ACI-318.

Combinación de Cargas.

Para aquellas combinaciones de cargas que incluyeron sismo se utilizaron las cargas vivas (L_o) según se describen en estos criterios.

Para aquellas combinaciones de cargas que incluyeron viento, adicionalmente, se revisó la estabilidad de la estructura con ausencia de carga viva cuando ésta contribuía a contrarrestar efectos desfavorables.

Combinación de Cargas para Estructuras de Concreto.

Las combinaciones de cargas para diseño de estructuras de concreto para edificios, excepto el pedestal de turbogenerador y losa de cimentación para el pedestal, se realizó conforme a lo establecido en el Reglamento de las construcciones de concreto reforzado.

Combinaciones de Cargas para Estructuras de Acero.

Las estructuras de cargas de diseño de estructuras de acero para edificios, se hicieron de acuerdo con los requerimientos de análisis de cada estructura.

Condiciones Básicas y Condiciones de Cargas.

Análisis y diseño de la casa de máquinas.

Para el análisis de la estructura se consideraron las siguientes condiciones básicas de cargas:

| | |
|----------|--|
| M | Carga muerta |
| L | Carga viva |
| Lo | Carga viva reducida |
| GCA | Grúa cargada en posición cercana al eje A. |
| GCB | Grúa cargada en posición cercana al eje B. |
| V1 y V2 | Viento (W-E, E-W) o (N-S, S-N) para marcos transversales. |
| V3 y V4 | Viento (W-E, E-W) o (N-S, S-N) para marcos longitudinales. |
| SA y SB | Sismo (W-E, E-W) o (N-S, S-N) para marcos transversales. |
| S1 y S14 | Sismo (W-E, E-W) o (N-S, S-N) para marcos longitudinales. |
| T | Temperatura. |

Las combinaciones de las condiciones de cargas anteriores que fueron analizadas, son las siguientes:

Marcos transversales.

$$M + L.$$

$$M + L + GCA.$$

$$M + L + GCB.$$

$$0.75 (M + Lo + SA).$$

$$0.75 (M + Lo + SB).$$

$$0.75 (M + Lo + V1)^*$$

$$0.75 (M + Lo + V2)^*$$

$$0.75 (M + Lo + V1)^*$$

$$0.75 (M + Lo + V2)^*$$

$$0.75 (M + V1).$$

$$0.75 (M + V2).$$

Marcos longitudinales.

$$M + L + T$$

$$M + Lo$$

$$0.75 (M + Lo + S1).$$

$$0.75 (M + Lo + S14).$$

$$0.75 (M + Lo + V3)^*$$

$$0.75 (M + Lo + V4)^*$$

- No se consideró "Lo" en el techo.

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas en los marcos longitudinales se consideró el peso de la grúa descargada.

El mismo criterio de combinaciones de cargas fue aplicado para edificios con estructura metálica como grúas viajeras.

Factor de Seguridad.

Todas las estructuras, excepto los muros de retención, se diseñaron con factor de seguridad mínimo, tal como se indica a continuación:

| | | |
|---------------|------|-----------------------|
| Volteo | 2.00 | |
| Deslizamiento | 2.00 | |
| Flotación | 1.50 | |
| Flotación | 2.00 | Para suelos cohesivos |

Las condiciones anteriores, se revisaron para las combinaciones de carga de tal forma que se analizaron los efectos más favorables.

Los muros de retención se diseñaron con los siguientes factores de seguridad:

| | OPERACIÓN | ACCIDENTE |
|---------------|-----------|------------------|
| Volteo | 2.0 | 1.5 |
| Deslizamiento | 1.5 | 1.2 |
| Flotación | 1.5 | |
| Flotación | 2.0 | P/suelo cohesivo |

Esfuerzos de los Materiales.

Las características de diseño asumidas para los diversos materiales, se indican a continuación:

Concreto

Las resistencias especificadas a compresión del concreto, como mínimo, fueron las siguientes:

| Aplicación | $f'c$ (kg/cm ²) |
|--|-----------------------------|
| Todo el concreto que se uso para cimentaciones Estructuras, pavimentos y guarniciones, excepto Donde se indica otra cosa, fue de | 350 |
| Guarniciones, banquetas, relleno bajo cimentaciones y encajonamiento de ductos eléctricos. | 250 |
| Firmes, plantilla y rellenos de concreto en general. | 150 |

- La resistencia especificada a compresión ($f'c$) se refiere a la resistencia a 28 días si se usa solamente cemento, y a la resistencia a los 90 días cuando se reemplaza parte del cemento con puzolanas.

- Los requerimientos relativos a la durabilidad del concreto bajo, condiciones especiales de exposición (relación agua-cemento) y protección contra la corrosión establecidas en la última revisión del ACI-318, rigen sobre lo aquí indicado.

Acero de Refuerzo para Concreto.

- Las varillas de los tamaños No 2,5 al No 12 fueron de acero normal y corrugadas, conforme a la designación A615 grado 60 de la ASTM ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$).

Acero Estructural.

- Los perfiles y las placas de acero estructural cumplieron con la ASTM A36.

- Aceros especiales: Los tanques de almacenamiento de combustible fueron de acero A-36 ó A-283, Grado B o C.

- Los miembros de tubo estructural cumplieron con los requisitos de ASTM A53, grado "B".

- Los esfuerzos permisibles en el caso estructural se determinaron de acuerdo con la sección 1.5.6 de las especificaciones del AISC.

Mampostería

Los bloques para mampostería de concreto fueron del grado "A" conforme a ASTM-C90 la capacidad a compresión f'_m (Mpa), se diseñó en la forma siguiente:

Con inspección especial 9,81 Mpa

Sin inspección especial 4,90 Mpa

El diseño de elementos de mampostería de piedra natural, tabique rojo recocido ó bloque de concreto, se realizaron conforme al Reglamento para Construcciones del Distrito Federal y a su Norma Técnica complementaria correspondiente.

Tornillos Anclas.

Cumplieron con las siguientes especificaciones ASTM:

Tornillos alta resistencia ASTM-A-325 Tipo II, ó Tipo I galvanizado

Tornillos estándar ASTM-A-307 galvanizado

Anclas para estructuras ASTM-A36 ó

Y equipos ASTM-A-307

La tornillería fue galvanizada por el sistema de inmersión en caliente según NOM-J151.

REQUERIMIENTOS MINIMOS DE DISEÑO.

Pasillos y escaleras:

| | |
|---------------------------------------|--------|
| El ancho mínimo de los pasillos es de | 90 cm |
| El ancho mínimo de escaleras es de | 75 cm |
| La huella mínima en escalones es de | 250 mm |
| El peralte máximo en escalones es de | 190 mm |

Miembros Estructurales de Acero:

| | |
|---|--------|
| El peralte mínimo de perfiles canal usados como vigas o alfaras es de | 200mm |
| El peralte mínimo de perfiles I usados como vigas o trabes es de | 200 mm |
| El ancho mínimo de perfiles de ángulos usados como contraventeo (horizontal o vertical) es de | 75 mm |

Miembros Estructura de Concreto.

Losas:

| | |
|--|-------|
| El peralte mínimo entre pisos en casa de máquinas y edificios eléctrico y de control es de | 15 cm |
| El peralte mínimo de losas de entrepiso en otros edificios, es de | 10 cm |
| El peralte mínimo de losas de piso sobre terreno en áreas de edificios es de | 15 cm |
| El peralte mínimo en losas de banquetas y áreas exteriores sin tránsito de vehículos es de | 10 cm |

Trabes y Vigas:

| | |
|--|-------|
| El peralte mínimo de trabes o vigas, es de | 30 cm |
| El ancho mínimo de trabes y vigas es de | 20 cm |

Zapatas.

| | |
|---|--------|
| La dimensión mínima en planta de zapatas, es de | 100 cm |
| El peralte mínimo de losa de zapatas es de | 20 cm |
| El diámetro mínimo del acero de refuerzo en zapatas es de | 1.3 cm |

| | |
|--|--------|
| La profundidad mínima de desplante de zapatas, con respecto al nivel de piso terminado es de | 100 cm |
|--|--------|

Muros.

| | |
|----------------------------------|-------|
| El espesor mínimo de muros es de | 20 cm |
|----------------------------------|-------|

Trincheras:

| | |
|--|-----------|
| El espesor mínimo de muros de trinchera es de | 15 cm |
| El peralte mínimo de losa de fondo de trinchera es de | 15 cm |
| Las rejillas de acero electroforjado utilizadas como tapas de trincheras con tránsito de vehículos tiene soleras cargadoras, mínimo de | 50 x 5 mm |
| Las rejillas en otras áreas es de | 32 x 5 mm |

Tuberías de Drenaje:

| | |
|--|-------|
| El diámetro mínimo a utilizar en tubería de drenaje pluvial es de | 30 cm |
| El diámetro mínimo a utilizar en tubería de drenaje sanitario, es de | 25 cm |

Láminas de Acero.

| | |
|---|--------|
| El peralte mínimo de sistema de lámina con aislante para techo, es de | 50 mm |
| El calibre mínimo a utilizar en láminas de fachada o de techo, es de | 24 USG |

Terracerías.

- Las terracerías se construyeron a base de cortes y rellenos con material producto de excavación o banco, compactos de acuerdo con lo establecido en las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT).
- Los niveles de terracerías de estas plataformas, se definieron tomando en cuenta los estudios hidráulicos y de movimientos de tierra definitivos.

Caminos.

Los caminos se construyeron de doble circulación no divididos, con drenajes adecuados para evitar encharcamientos en éstos.

Caminos Interiores.

| | |
|---------------------------------|---------|
| Radio mínimo a paño de banqueta | 15.25 m |
| Ancho | 8.10 m |
| Bombeo | 2 % |
| Pendiente máxima | 6 % |
| Banqueta o acotamiento | 1.20 m |
| Sobre elevación | ninguna |

El relleno sobre los desagües y tubería fue de 60 cm como mínimo, excepto para áreas sujetas al transporte de equipos pesados en donde se realizó un estudio de cargas y esfuerzos para determinarlo, sin ser nunca menor al mínimo establecido.

Con el fin de optimizar la circulación, fuera y dentro de la Central, se implementaron vialidades de desaceleración, cruces, accesos y señalizaciones, los cuales se representaron por medio de logotipos, emblemas y símbolos normalizados por la SCT y CFE que se ubicaron en lugares estratégicos de acuerdo a sus características y funciones.

Señalización.

- Señalización preventiva como: topes, vibradores, franjas para cruce peatonal, flechas en el piso indicando sentidos de circulación, rutas de evacuación, zonas de seguridad, zona de conteo o concentración (en caso de evacuación).

- Señalización informativa como: logotipo de la CFE, nombre de la central, logotipos o emblemas de los edificios, accesos a edificios, accesos interiores.

- Señalizaciones restrictivas como: área de acceso restringido o controlado, áreas peligrosas.

Estructuras y Edificios Principales.

Casa de Máquinas.

- Estructura de acero formada por marcos rígidos en el sentido corto o transversal y marcos contraventados en el sentido longitudinal.

- Las conexiones de los marcos transversales fueron soldados y las de los marcos longitudinales incluyendo contravientos verticales y de la cubierta se atornillaron como del tipo de aplastamiento.

- La transmisión de las reacciones horizontales de las columnas a la cimentación se realizaron por fricción y en el caso en el que estas fueran insuficiente, mediante placas de cortante soldadas en la parte inferior de la placa base. Las anclas no se usaron para tomar cortante, únicamente tomaron la tensión directa o debida a la flexión para conexiones rígidas.
- En general se procuró utilizar al máximo soldadura en taller y conexiones atornilladas del tipo aplastamiento en campo.
- Los pisos de las plataformas interiores llamadas de operación están formados por losas de concreto reforzado y/o de rejillas de acero electroforjado, apoyados en trabes de acero secundarias que a su vez fueron apoyadas en las trabes principales.
- La trabe carril se diseñó en tramos simplemente apoyados entre marcos transversales.
- Para apoyos del desgasificador se analizó y diseñó una estructura de acero independiente.
- En la losa de piso al nivel 0.00 se consideró un dado de concreto alrededor de las columnas de acero para evitar su corrosión por encharcamiento de agua.
- La fachada colindante con el área de transformadores en su parte superior es de lámina de acero, en la parte inferior se colocó concreto reforzado con acabados aparente. Las demás fachadas son de lámina de acero y de block esmaltado en su parte inferior de acuerdo al diseño arquitectónico desarrollado.
- La cancelaría es de aluminio anodizado natural de 102 x 51 mm como mínimo y vidrio polarizado de 6 mm de espesor, en las áreas en que se requirieron.
- Para la ventilación necesaria se tomaron en cuenta las condiciones climáticas y de asoleamiento del sitio.
- La lámina de techo tiene características aislantes y de sistema prefabricado obtenido por medio de la unión de dos láminas de acero con núcleo de aislamiento térmico a base de poliuretano espumado. El núcleo de aislamiento garantiza su integridad con las dos láminas. El espesor mínimo del aislante térmico es de 25 mm. La fijación se realizó por medio de pijas autorroscentes.
- En láminas de fachadas y de techos no se utilizaron calibres menores al 24 USG.
- La pintura de acabado para las láminas de techo y de fachadas fueron de poliester siliconizado.
- El piso del nivel 0.00 es de concreto con endurecedor integral no metálico y con un acabado epóxico en su superficie. En las áreas de este nivel donde existe manejo de substancias químicas se colocó loseta antiácida de color claro.

- En caso de que la plataforma de operación sea de losa de concreto reforzado el recubrimiento del piso es de terrazo colado en el lugar.
- Las bajadas pluviales son de fierro fundido o acero galvanizado, cédula estándar.

Pedestal del Turbogenerador.

Estructura de concreto reforzado formando marcos rígidos tanto en el sentido transversal como en el longitudinal.

Estructura del Generador de Vapor de Recuperación de Calor.

- Los recuperadores son del tipo intemperic soportados por estructuras de acero contraventeadas con conexiones atornilladas tipo aplastamiento en ambos sentidos.
- Todos los barandales y pasamanos son galvanizados por inmersión en caliente.
- La rejilla de acero es galvanizada, de construcción soldada o electroforjada con soleras de carga de 32 mm de peralte, como mínimo.

Edificio Eléctrico y de Control.

- Estructura de acero formada por marcos rígidos en el sentido transversal y marcos contraventeados en el sentido longitudinal del edificio.
- Las conexiones de los marcos transversales fueron soldadas y las de los marcos longitudinales, incluyendo contraventeos verticales, fueron atornilladas del tipo aplastamiento.
- La azotea y entrepiso son de losas de concreto reforzado.
- Las bajadas pluviales son de fierro fundido o acero galvanizado cédula estándar.
- Este edificio se encuentra comunicado con la casa de maquinas en el nivel de operación y sala de control con el mismo nivel de piso terminado en ambos edificios.
- La altura libre mínima en entre piso es de 2.40 m ó en su caso, la requerida por el fabricante de los equipos.
- Las áreas en que se alojan los transformadores están protegidas con muros de concreto reforzado con acabados aparente.
- Las fachadas son de block esmaltado preferentemente de la región.
- En los pisos, se tiene un acabado de cemento pulido con endurecedor integral no metálico.

- En el cuarto de control central, el piso es de cerámica y de loseta asfáltica, y también para el cuarto de gabinetes.

Estructuras de Subestación y de Interconexión con la Subestación Existente.

- Las estructuras principales son marcos formados por columnas y traveses de alma abierta tipo celosía, de acero galvanizado por inmersión en caliente.

- Las estructuras menores a pedestales para el equipo de la subestación son de concreto reforzado.

- Todo el perímetro está cercado con malla ciclónica galvanizada con forro de polivinilo y el piso terminado es de grava o tezontle. Se diseñaron caminos con pavimentos de concreto dentro de la subestación para dar acceso a los equipos.

- Las trincheras son de concreto reforzado, con tapa de concreto, con hermeticidad garantizada, se diseñaron para permitir el tránsito de vehículos sobre sus tapas. Se evitó el acceso a su interior de materiales y cuerpos extraños, y la conexión al drenaje pluvial impide el acceso de alimañas y roedores. Se realizaron pendientes suficientes a los registros y éstos últimos cuentan con drenaje adecuado hacia la red de drenaje pluvial.

- La caseta de control es una estructura de concreto reforzado de marcos rígidos en ambos sentidos.

- Los pisos son de loseta de cerámica esmaltada.

- El piso del área de baterías es de loseta antiácida color claro.

Edificios Auxiliares y de Operación.

Estructuras de Concreto.

En general los edificios auxiliares para el personal de operación y algunos otros auxiliares del proceso que requieran mayor aislamiento o hermeticidad, tienen las siguientes características:

- Estructura reticular a base de marcos rígidos en ambos sentidos formados de traveses, columnas y cubierta mediante las macizas de concreto reforzado con muros de fachada y divisorios de tabique rojo recocido.

- Los plafones son resistentes al fuego y a la humedad, ligeros, acústicos y modulares de 60 x 60 cm, con suspensión aparente de aluminio.

- Los pisos son de loseta de barro esmaltada, antiderrapante y de primera clase. En el edificio del laboratorio químico, en zonas de baterías y en general en las zonas donde existirá manejo de sustancias ácidas o corrosivas, se colocaron loseta antiácida juntada con cemento furánico.

- Las bajadas pluviales son a base de coladeras conectadas a tubería de fierro fundido o bien, tubería de acero galvanizado cédula estándar.
- La cancelería es de aluminio anodizado natural de 102 x 51 mm como mínimo, con vidrio de 6 mm de espesor.
- En los edificios con cubiertas a base de losas de concreto se aplicó el sistema apropiado de impermeabilización.

Estructuras de Acero.

En los edificios de grandes claros, como talleres, almacenes o bien aquellos que por alguna otra causa se requiera construirlos de estructura metálica, tienen las siguientes características:



- La estructura principal es de acero estructural con marcos rígidos con conexiones soldadas en el sentido transversal y marcos contraventeados en el sentido longitudinal con conexiones atornilladas, diseñadas por aplastamiento, con la cuerda incluida en el plano de corte.
- Los largueros, traveses y en general las secciones son de perfiles laminados, y en ningún caso formaron secciones cerradas, para facilitar su mantenimiento. No se permitió el uso de perfiles de lámina doblada en frío.
- Las cubiertas son de características aislantes con un sistema de poliuretano cubierto por dos láminas de acero formando un conjunto integral de 2.5 cm de espesor mínimo.
- En láminas de fachada y cubiertas no se utilizaron calibres menores al 24 USG.
- La pintura de acabado para las láminas de techo y de fachadas es de poliéster.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Las láminas de las fachadas laterales fueron apoyadas en largueros soportados por los marcos transversales. La fijación de la lámina a la estructura incluyendo la cubierta fue mediante pijas autorrascante y los traslapes fueron como mínimo los que especificaron los fabricantes.

Plaza Cívica y Estacionamientos.

- La plaza cívica está integrada por los edificios de oficina y capacitación, andadores, áreas cerradas, el asta bandera, el nicho para la placa de inauguración de la Central y el pedestal.

- Área de estacionamiento exterior para visitantes, con capacidad para 60 vehículos debidamente delimitada con cerca de malla ciclónica con forro de polivinilo. Cuenta con señalamientos, guarniciones, andadores, área jardinada y cajones delimitados con pintura amarilla.

- Área de estacionamiento interior, para visitantes, para personal operativo, con capacidad de 30 vehículos, esta techado con lámina de acero galvanizada, acanalada, soportada por estructuras de acero.

- Los cajones se delimitaron, numeraron en orden progresivo y se rotularon con el área de asignación correspondiente con pintura amarilla para tráfico.

- Adicionalmente en los edificios que así lo requieran se cuenta con pequeñas áreas bien definidas para estacionamiento temporal.

Acabados en Piso.

- En el área de transformadores, es de concreto y en las fosas para prever posibles derrames adicionalmente se colocó una capa de boleo.

- Para el área del generador de vapor de recuperación de calor, es totalmente de concreto.

- En el área de oficinas de operación es de concreto en los andadores y adocreto en la plaza cívica con jardinería de plantas de la región.

- En las áreas del centro de capacitación y la unidad médica es de concreto en los andadores, áreas verdes aisladas y adocreto exclusivamente en las entradas.

- Para la caseta de la delegación sindical, caseta de acceso y almacén, es de concreto en los andadores y áreas verdes aisladas.

- La fosa de neutralización, laboratorio químico, laboratorio de ingeniería ambiental y taller electromecánico, es de concreto en los andadores y áreas verdes aisladas.

- Para la caseta de transferencia de diesel, caseta de bombas y caseta de compresor, es de concreto en andadores.

- En el perímetro de los diques de los tanques de almacenamiento del diesel se tienen andadores de concreto si no hay caminos con banquetas.
- Para caminos interiores son de piso de concreto hidráulico con banquetas de concreto.
- Para aquellas instalaciones que no fueron mencionadas, pero que se encuentran aisladas tienen andadores de concreto exclusivamente.
- En aquellas áreas donde no existe ninguna instalación, el acabado de piso es el terreno a nivel de terracería compactado y nivelado para que los escurrimientos de las aguas pluviales sean canalizados a puntos estratégicos.
- La franja perimetral denominada de amortiguamiento ambiental cuenta con un sembrado de árboles propios de la región.
- Entre la zona de amortiguamiento ambiental y la barda perimetral se tiene un camino de terracería.

4.4 Instalaciones.

4.4.1 Hidráulicas.

Sistema de Abastecimiento de Agua.

Determinación del Diámetro de la Conducción.

Para la determinación del diámetro más conveniente de la conducción del sistema, se efectuó un análisis de optimización que minimice tanto los costos anualizados de la inversión en la tubería y su instalación, como el costo de operación asociado en la energía de bombeo para la cual se consideró un periodo de análisis igual a la vida útil de la planta.

Respecto a la selección del tipo de tubería, ésta quedó definida principalmente por factores propios de cada proyecto en particular, como son tipo y calidad del suelo, grado de sismicidad, topografía, cruces requeridos y la resistencia de la tubería, de acuerdo con la selección considerada del trazo de la línea de conducción.

Junto con la determinación del diámetro de la conducción, se seleccionaron los equipos de bombeo de manera que para las distintas posibilidades de operación del sistema se garantice un funcionamiento de las bombas dentro del rango de operación correspondiente a eficiencias óptimas.

Análisis Hidráulico en Flujo Establecido.

Se consideró la operación correspondiente al gasto de diseño del sistema y si fuera el caso, la operación en las distintas etapas contempladas para el funcionamiento del sistema. Se elaboraron planos donde se indicaron los gradientes hidráulicos para cada condición analizada.

Asimismo se indicaron en estos planos, los procedimientos relacionados con el llenado inicial y vaciado eventual de la conducción, el arranque y paro de los equipos de bombeo.

Análisis Hidráulico en Flujo Transitorio.

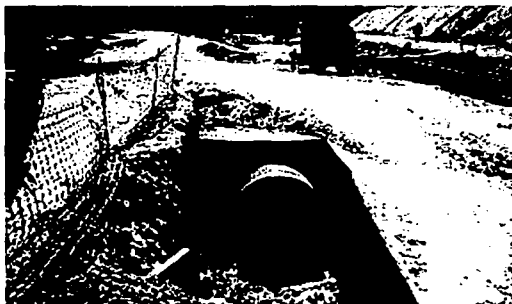
El análisis del transitorio hidráulico en el sistema se contemplaron los casos que a continuación se mencionan, considerando los respectivos tiempos de cierre y apertura de las válvulas del sistema. Por cada caso se elaboró un plano donde se indicaron el equivalente de presión transitoria máxima y mínima. Asimismo en el caso de que se necesitará algún dispositivo de control de transitorio hidráulico se incluyó su dimensionamiento hidráulico.

- Arranque normal de la bomba.
- Paro por falla de energía.
- Paro de algunas bombas mientras las demás continúan en operación.
- Cierre de la válvula ubicada en la entrega al tanque de agua cruda estando todas las bombas en operación.

4.4.2 SANITARIAS.

Sistema de Drenaje Pluvial.

- La red de drenaje para este tipo es por medio de trincheras y tuberías.
- Las trincheras fueron construidas con concreto reforzado y en caso de utilizarse tubería, esta fue de concreto simple o reforzado según el diámetro que se requiera.



- La separación máxima entre pozos de visita no es mayor de 60 m y se colocaron además en cada cambio de dirección de la red.
- Las aguas pluviales son conducidas a los canales o tuberías de drenaje, con pendiente de 2 % en las superficies tributarias cerca de los edificios y como mínimo 0,5 % en las áreas más alejadas.
- El gasto de diseño se obtuvo aplicando el Método Racional Americano para lo cual se aplicaron las curvas intensidad-duración-período de retorno del sitio y se consideró un período de retorno de 100 años para la zona del bloque de fuerza, así como uno de 10 años para la zona de áreas exteriores a la Central. El dimensionamiento de la red de drenaje (tuberías y/o cunetas) se realizó con base en la aplicación de la fórmula para flujo uniforme.
- La velocidad mínima permisible fue de 0.6 m/s en canales y de 0.9 m/s en tubería y la máxima permisible en tubería y canales revestidos de 2.4 m/s.
- La velocidad máxima permisible en canales sin recubrimiento fue fijada según el tipo de material que se tenga.

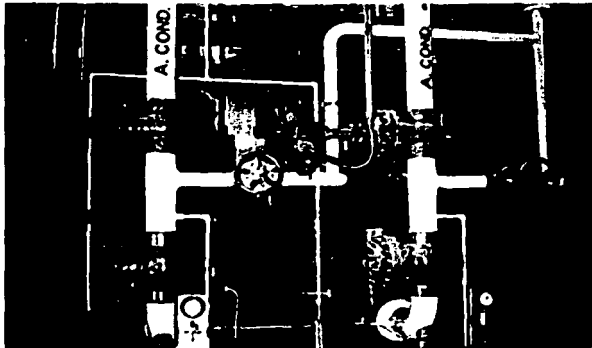
Sistema de Drenaje Sanitario.

- Las aguas sanitarias de la Central son conducidas a la planta de tratamiento de aguas sanitarias existente en la CCC Huinalá.
- El diseño hidráulico de la red del sistema de drenaje sanitario cumplió con el criterio basado en la consideración del número de unidades muebles que descargan a la red.
- Red completa de alcantarillado.
- Conexión completa de la red de alcantarillado con la planta de tratamiento existente en la CCC Huinalá.

4.4.3 Especiales.

Sistema De Drenaje Aceitoso.

- Los derrames de aceite que se generan en las diferentes áreas de la Central se manejan como se indica a continuación:
- Derrames en transformadores.- se diseñó una fosa de recolección bajo cada transformador. Estas fosas son conectadas a un cárcamo de recolección, independiente y alejado de los transformadores, el cual se diseñó como un sistema separado de aceite-agua para que en su caso se elimine el agua proveniente de escurrimientos pluviales.
- Drenajes aceitosos de casa de máquinas y área de generador de vapor.- Estos drenajes se conducen a una sistema de recolección diseñada con el sistema de separación aceite-agua. Una vez separado el aceite, el agua se envía al sistema de drenaje pluvial.
- Derrames de los tanques de almacenamiento.- Los diques de contención para derrames accidentales de aceite diesel tienen un drenaje controlado con una válvula de bloqueo. La descarga de este drenaje se conduce a una fosa separadora antes de conectarse al sistema de drenaje pluvial, para controlar el arrastre de residuos dentro de los diques.
- Se diseñó un cárcamo de recolección dentro del dique para captar derrames accidentales, para lo cual la tubería de derrames del tanque y la descarga de purgas se conectan a este cárcamo.
- Fosa separadoras de purgas de los tanques de almacenamiento de diesel.- Se diseñó un sistema a base de tuberías o trincheras que permite colocar y conducir las purgas de los tanques de diesel hacia una fosa separadora, de donde se lleva el agua hacia los drenajes pluviales y el aceite hacia los tanques nuevamente.



Drenaje Aceitoso

Sistema de Drenaje Químico.

- Los desechos químicos que por su naturaleza y concentración ácida atacan a los materiales de construcción, tradicionalmente empleados en tuberías y fosas de retención, son neutralizados antes de su descarga al drenaje general.
- El material de las tuberías que conducen los drenajes químicos tienen características ácido resistente.
- La fosa de neutralización y las trincheras de concreto reforzado se recubrieron para su protección contra el efecto corrosivo de los afluentes químicos, con carpeta monolítica epóxica y se colocó loseta antiácida junteada con cemento furánico. En el caso de la fosa de neutralización, la loseta antiácida se colocó en todo el fondo y perimetralmente en los muros hasta una altura de 50 cm.
- Los tanques de ácido sulfúrico y de sosa se confinaron con diques para contener derrames accidentales y protegerse con polietileno de alta densidad con el sistema de anclas integrado. Se utilizó una válvula de bloqueo para evitar descarga de químicos al sistema de drenaje. Sus drenajes se envían a la fosa de neutralización.

Diques de retención para Tanques de Almacenamiento de Diesel.

- Son de concreto reforzado diseñados para contener el 120 % de la capacidad del tanque y para soportar presiones de viento de acuerdo a la velocidad regional. Se consideraron los efectos de presión hidrostática en caso de un derrame total del tanque.
- El piso de los recintos tienen las pendientes adecuadas para asegurar el escurrimiento de aguas pluviales hacia los registros de descarga.
- Se diseñaron escaleras de concreto para acceso al recinto de cada tanque, con un mínimo de dos, ubicadas diametralmente opuestas.
- Se diseñó un camino perimetral al grupo de tanques o tanques de almacenamiento.

Tanques Atmosféricos (De Armado de Campo).

Los tanques fueron diseñados de construcción soldada de acuerdo con los requerimientos de la última revisión de la Norma API STD 650 y para las condiciones de operación.

Placa de Fondo de los Tanques.

- El arreglo de las placas del fondo de los tanques se adaptó a la forma de la base, la cual es de grava con una capa de alquitrán de hulla en su parte superior que con una pendiente ascendente de la orilla del anillo al centro del tanque es de 1/120 como mínimo.
- El fondo del tanque se diseñó con soldadura a traslape con filete completo por la parte superior.

Placas del Cuerpo de los Tanques.

- Las juntas del cuerpo del tanque, verticales y horizontales, fueron diseñados con juntas a tope con penetración completa.
- En los cambios de espesor, las superficies exteriores permanecen planas.
- El espesor mínimo de las placas del cuerpo fue calculado tomando como base los esfuerzos de las juntas verticales usando un factor de eficiencia de 0.85.

Placas en el Techo de los Tanques.

- El diseño de las placas del techo se consideró traslapadas y unidas con soldadura de filete completo sólo por la parte superior.
- Se controla el drenaje pluvial mediante bajadas de agua de acero galvanizado perimetralmente distribuidas y en cantidad suficiente.

Entradas de Hombre.

- Se construyó una entrada de hombre en el techo y otra en el cuerpo, con los empaques necesarios garantizando que soportarán la prueba hidrostática y no permitirán la entrada de agua.
- Las tapas se fijaron por medio de tornillos con dos asas para su manejo.
- El diseño de la entrada para hombre se apegó a la Norma API STD 650.

Plataformas, Escaleras y Barandales.

- Se consideró en el diseño una escalera espiral, de acceso al techo, por el exterior. interiormente se consideró una escalera vertical. (Escalera marina).
- En el techo perimetralmente y en la escalera de espiral, se consideró un barandal con pasamanos a 105 cm sobre nivel de piso. La protección intermedia del barandal es localizada a 60 cm a partir de su desplante.

- La distancia entre los postes del barandal es de 2 m como máximo.
- Las plataformas y escaleras se diseñaron para un ancho mínimo de 75 cm.

Boquillas del Tanque.

El diseño de boquillas se apego a la norma API STD 650. Se incluyó en la memoria de cálculo, las fuerzas y momentos de diseño de cada una de las boquillas.

Conexiones de Campo.

Se utilizaron tornillos según Norma ASTM A-307 en conexiones de largueros, escaleras y plataformas.

Características de los Materiales.

Todos los materiales utilizados en la fabricación de los tanques de armado en campo fueron nuevos.

Placas.

Son de acero al carbón, cumpliendo con la norma ASTM A-263 grado C y ASTM A-285 grado C.

Perfiles Laminados.

Son de acero estructural, cumpliendo con la norma ASTM A-36.

Tuberías para Cuello de Boquillas.

Son de acero al carbón sin costura uniforme a lo establecido por la Norma ASTM A-53 grado B.

Barandales.

Son de tubo de acero al carbón, conforme a la Norma ASTM A-53 cédula estándar.

Plataformas y Escaleras.

- Las plataformas son de rejilla de acero galvanizado de construcción soldada electroforjada con solerás de carga de 32 mm de peralte como mínimo y los paneles de piso se ajustaron con grapas a la estructura o interconectados de tal manera que cada panel individual esta sostenido con un mínimo de cuatro pernos, de tal manera que los paneles adjuntos permanecen firmemente asegurados en caso de quitar alguna sección.

- Las escaleras fueron construidas de acero estructural de acuerdo a la norma ASTM A-36.

Bridas y Empaques.

Las bridas son de acero al carbón según ASTM A-106 clase 150, los empaques fueron metálicos con material de relleno no metálico de 3 mm de espesor.

CAPITULO V.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA.

La construcción y la ingeniería se llevaron a cabo de acuerdo a las especificaciones, normas y reglamentos vigentes, proporcionados por la Comisión.

5.1 Cimentación.

Cimentaciones:

- a) El diseño de cimentaciones atendió todos los requerimientos y las recomendaciones incluidas en los resultados arrojados por los estudios de Mecánica de Suelos.
- b) Las cimentaciones y estructuras del apoyo para los diferentes equipos vibratorios o rotatorios, fueron analizados y estudiados dinámicamente y estáticamente.

Materiales

Cemento.

- El cemento que se empleó fue portland-puzolánico tipo IP que cumplió con ASTM-C-595 o bien el cemento portland tipo II de bajo contenido de álcalis (0.6 % máximo) conforme a ASTM-C-150.
- El cemento fue suministrado a granel para lo cual debió disponerse de silos herméticos provistos con dispositivos adecuados para cargarlos sin que el cemento se disperse o contamine y que permita su descarga uniforme sin que se produzcan almacenamientos muertos.
- El cemento que se utilizó debió preferentemente ser de una marca de reconocida calidad. No se podía usar un cemento de marca nueva sin la autorización previa.
- Ningún cemento debió emplearse cuando el tiempo de almacenamiento excedía de 60 días, a menos que fuera verificado a través de un laboratorio reconocido y acreditado en el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba (SINALP) para solicitar la autorización de su empleo.
- Se tuvo que contar con silos de capacidad suficiente para almacenar el cemento requerido para la producción de los volúmenes de concreto durante 15 días por lo menos.

- Todo el cemento que se empleó en la construcción de la obra contó con los certificados de calidad emitidos por el fabricante, o si esto no era posible se contaba con un certificado emitido por un laboratorio particular acreditado ante el SINALP.
- Los certificados de calidad del cemento se enviaban a la Comisión con 15 días de anticipación a su empleo.
- La Comisión se reservó el derecho de muestrear el cemento y ordenar las pruebas de laboratorio que estimaba pertinentes en cualquier momento. El cemento que se utilizó debía estar exento de grumos o piedras, resultado de la hidratación por antigüedad o humedad.
- El cemento en sacos se almacenaba en un depósito cubierto y cerrado con el área suficiente para almacenar 300 toneladas mediante la formación de islas de 30 toneladas y en estibas de no más de 14 sacos, dejando pasillos de ventilación entre dichas islas de no menos de 1.20 m el cemento se colocó necesariamente sobre tarimas de madera separadas del suelo 10 cm. No se permitió el uso de cemento hidratado.
- Al recibirse el cemento en la obra éste se clasificaba con su fecha de entrada en el almacén y se utilizaba según el orden cronológico de su recepción. Para su utilización se presentaban certificado de calidad expedido por el fabricante o en su defecto, por un laboratorio acreditado ante el SINALP.
- El lote de cemento almacenado cuyas pruebas no resultaban satisfactorias y en consecuencia fueron rechazados, debían de ser retirados de la bodega y trasladado fuera de la obra.

Agregados Pétreos.

- Los agregados pétreos consistieron en gravas y arenas extraídas en bancos naturales o de piedra triturada.
- Los agregados pétreos no contenían partículas blandas, desmenuzables, delgadas, escamosas, en un total mayor del 3% o partículas planas y/o alargadas no mayor del 15% en peso o polvo de fractura mas fino que la malla estándar No. 200 en exceso del 2%.
- Los porcentajes anteriores están basados sobre la combinación del peso de los agregados tal como se usara en el concreto. La cantidad total de estas sustancias nocivas no debía exceder en un 3% del peso de los agregados. Estos porcentajes se determinaron de acuerdo con la Norma CRD-C-119 (U.S. Corp. Of Engineers).
- La pérdida por lavado de la arena no excedió del 3%, ni la grava del 1%, por ello se contemplo la posible necesidad de lavar los agregados para eliminar los finos indeseables (limo y arcilla); si los agregados fueran triturados 100% las tolerancias antes indicadas se incrementaron al 1% máximo para la arena y al 1.5 % máximo para la grava.

- El control de calidad, a los agregados pétreos se especificó en las pruebas siguientes cuando se presentará un cambio de banco.
- Para la arena las pruebas realizadas fueron: granulometría, pérdida por lavado, calorimetría, peso volumétrico (suelto y compactado), densidad, absorción e intemperismo acelerado.
- Por su parte a la grava se le realizan las pruebas de: granulometría, pérdida por lavado, peso volumétrico (suelto y compactado), densidad, absorción, intemperismo acelerado, abrasión y piezas planas y/o alargadas.
- Las normas de ejecución de las pruebas antes mencionadas fueron las indicadas en ASTM-C33 "Especificación Estándar para agregados para concreto" y CRD-C-119.
- La fuente de suministro de los agregados que se utilizaron para la elaboración del concreto se propuso por lo menos con 6 meses de anticipación al inicio de los trabajos. Para su aceptación se entregó un informe técnico emitido por un laboratorio acreditado ante el SINALP en donde estaban asentadas las características físicas y químicas de los agregados (granulometría, densidad, absorción, peso volumétrico, calorimetría, pérdida por lavado e intemperismo acelerado.) Se especificó que la densidad de los agregados debía ser mayor de 2.5 g/cm³ y el módulo de finura de la arena ser de 2.5 a 2.9.
- Periódicamente se hicieron muestreos y ensayos de los bancos o depósitos de agregados finos o gruesos aprobados, con el fin de comprobar su uniformidad o poner de manifiesto los cambios que pudiera haberse causado en sus características.
- El almacenamiento y manejo de los agregados pétreos fue tal que no se alterará su composición granulométrica por trituración o clasificación, ni se mezclaran con polvo u otras materias extrañas, contaminándose. Se almacenó en plataformas y sitios adecuados y en lotes suficientemente distantes o con mamparas para evitar la mezcla entre sí de los agregados de diferente clasificación. Al dosificarse el contenido de humedad de los agregados fue uniforme y estable. El agregado con exceso de humedad se drenó antes de utilizarse, 8 horas la arena, 4 horas la grava de 1 ½" y 2 horas la grava de ¾".
- Como base para el almacenamiento de agregados se colocó losas de concreto pobre con pendiente mínima del 2% y con drenajes perimetrales para evitar encharcamientos.

Agua.

El agua que se empleó en la elaboración de concreto estaba libre de materias orgánicas alcalis y otras impurezas que afectaban el fraguado del cemento o reducían la resistencia y durabilidad del concreto o mortero. Se le dio especial atención a que el agua no estuviera contaminada de aceites o grasas.

Aditivos.

- Cuando las condiciones climatológicas de transporte y/o de colocación del concreto así lo requirió se empleo previa autorización de la Comisión, el tipo de aditivo que el caso ameritara. En el caso de que por la forma y/o origen de los agregados, las mezclas de concreto requirieran según el diseño, de más de 0.10 m³ de agua por metro cúbico de concreto, se utilizó un aditivo reductor de agua y retardante del tiempo de fraguado (tipo D o G, según ASTM-C-494).

- Para almacenar el aditivo se dispuso de un cobertizo por los menos, evitando la exposición directa de los recipientes a los rayos solares. Todo lote de aditivos cuya antigüedad excedía los 6 meses, no podía utilizarse en la obra a menos que se demostrara con un nuevo ensayo que el aditivo conservaba sus características originales.

Ceniza Pozolánica.

Cuando fue necesaria la utilización de cementos pozolánicos debía contener ceniza volante como agente pozolánico, y estar sujeto al control de calidad especificado en ASTM-C-618. La elaboración del cemento pozolánico fue controlado por la norma ASTM-C-595, con las salvedades anotadas en el reglamento A.C.I.-318 última revisión.

Acero de Refuerzo.

- El suministro de acero de refuerzo fue por cuenta de un fabricante aprobado previamente por Comisión.

- Considerando que el control de calidad corrió, éste presentó el certificado de calidad de cada uno de los lotes que adquirió, expedido bien sea por el fabricante del acero, ó bien por un laboratorio acreditado ante el SINALP. Si no se contó con el certificado de calidad, el acero de refuerzo no se utilizó.

- El acero de refuerzo debió llegar a la obra libre de oxidación exento de grasa, quiebres, escamas, hojaduras y deformaciones en su sección.

- Todas las varillas de refuerzo fueron corrugadas con excepción de las espirales, las cuales fueron lisas. Las varillas de refuerzo fueron de los grados requeridos en los planos de diseño y se adecuaron a alguna de las siguientes especificaciones: ASTM-C-615, ASTM-C-616 (incluyendo el requerimiento suplementario), ASTM-A-617 Y ASTM-A-706.

- El acero de refuerzo se almacenó clasificándolo por diámetros y grados sobre plataformas, polines u otros soportes, y se protegían contra oxidaciones y cualquier otro deterioro.

- Cuando por haber permanecido un tiempo considerable almacenado el acero de refuerzo se hubiera oxidado o deteriorado, se hacían nuevamente pruebas de laboratorio para que la Comisión decidiera si se aceptaba o se rechazaba. Si era aceptable se limpiaba por medios mecánicos los cuales eran: chorro de arena, cepillo de alambre, o pulidora con carga de alambre trenzado.

- Igual procedimiento se siguió para limpiar el acero de lechados o residuos de cemento o pintura antes de reanudar los colados, siempre se evitó la contaminación del acero de refuerzo con sustancias grasas.

- En resumen se galvanizó la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto.

Cimbra.

- Para concreto que requirió acabado común (rústico), como fue el caso de elementos que quedaron ahogados bajo el terreno, elementos de cimentación, se permitió el uso de cimbra de madera.

- Para concretos que requirieron acabado aparente la cimbra fue fabricada a base de madera, contra chapada 16 mm (5/8") de espesor mínimo, fibra de vidrio, metal u otro material propuesto y aprobado previamente por la Comisión.

- A la cimbra se le dio el mínimo de usos que fue posible siempre y cuando llegara a proporcionar al concreto la tersura y el acabado especificado sin dejarle ninguna huella.

- A la parte de los moldes de madera en contacto con el concreto se recubrió con resina, aceite mineral u otro material aprobado por la Comisión, antes de cada uno de sus usos. No se permitió el uso de diesel o aceite quemado como material desencofrante.

Sistemas de Tierras.

Es el conjunto de conductores y conexiones subterráneas embebidas en concreto o expuestas, cuya finalidad es la puesta a tierra de los equipos y de los sistemas eléctricos de alta, media y baja tensión con el fin de evitar sobre tensiones peligrosas ocasionadas por descargas eléctricas atmosféricas, disparo de interruptores, rechazo de carga, corto circuito y otras causas similares.

La información del sistema de tierras se indicó en los planos de diseño y se suministró el material requerido así como la instalación de este sistema.

Excavaciones y Rellenos.

El material excavado se clasificó conforme a las especificaciones correspondientes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.)

Tipos de Terrenos.

- Los materiales para rellenos fueron los procedentes de las excavaciones o de bancos de préstamo cuyo empleo fue previamente revisado.
- El relleno se hizo con capas de 20 centímetros de espesor dándole al material la humedad necesaria hasta que alcanzó el grado de compactación indicada en el proyecto.

Excavación, Desplante y Construcción de Cimentaciones Superficiales.

Trabajos Preliminares

- Consistieron en realizar el trazo y nivelación del área requerida para efectuar las excavaciones, a fin de ubicar adecuadamente los ejes y delimitar las zonas de excavación.
- Sobre la superficie terminada de la plataforma de terracerías se hizo el trazo de los límites de las zanjas donde se construyeron las zapatas o losas.
- El trazo y la nivelación, se realizó a partir de los bancos de nivel maestros (BNM) colocados para tal fin, siguiendo los niveles indicados en el proyecto arquitectónico para cada edificio.

Excavación.

Excavación para Zapatas.

- La excavación se realizó de acuerdo con las dimensiones de las cimentaciones indicadas en los planos estructurales; el contratista tomó en cuenta los espacios de sobre ancho requeridos para efectuar el cimbrado y colado de la cimentación.
- La profundidad de excavación para alojar la cimentación fue tal que comprendió además del elemento, una plantilla de concreto de $f'c = 100\text{kg/cm}^2$, de 5 cm de espesor, la cual en todos los casos estuvo apoyada sobre suelo libre de material vegetal, escombros o suelo en estado suelto. El volumen extraído se sustituyó por material que cumplió con los requisitos de calidad mencionados en el documento M3-11-G-GE-EC-01, el relleno se colocó en capas de 20 cm de espesor, compactadas al 95 % de su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM) con respecto a la Norma ASTM D 1557, hasta alcanzar el nivel de desplante de la plantilla. Para las zonas en las que se incrementó la profundidad para restitución de material, ésta se limitó a 1.5 veces el ancho del elemento de cimentación.

Excavación para Losas.

- La excavación se realizó de acuerdo con las dimensiones de la cimentación indicadas en los planos estructurales correspondientes, adicionándole un sobre – ancho de 50 cm al perímetro de la losa, requeridos para garantizar que el relleno controlado de apoyo de ésta , sea de la misma calidad en toda el área que ocupa la losa.

- Una vez que se llegó a la profundidad máxima de excavación, se realizó una escarificación de 15 cm y se procedió a compactar el material escarificado al 95 % de su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM) con respecto a la Norma ASTM D 698. A continuación se colocó un relleno controlado en capas de 20 cm de espesor, compactadas al 95% de su peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM) con respecto a la Norma ASTM D1557, hasta alcanzar el nivel de desplante de la losa de cimentación.

- Para realizar el desplante de las losas, la excavación, se llevó hasta alcanzar la elevación +375.00 que corresponde a una profundidad de 2.00 m respecto al nivel de plataforma (+377.00, para el edificio HRSG).

- La superficie de desplante de las losas fue nivelada, libre de agua, escombros y cumplió con el grado de compactación requerido

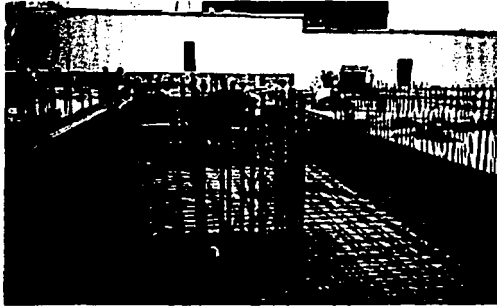
- Las pendientes de los taludes de las excavaciones fueron definidas, de acuerdo a las condiciones del suelo, del clima y de su procedimiento de excavación.

Construcción de Cimentaciones.

- Concluida la excavación y colocación de rellenos, se procedió a la colocación de la plantilla de concreto pobre de $f'c = 100\text{kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor y/o lo indicado en los planos estructurales.

- Una vez que la plantilla endureció se procedió a colocar el armado, la cimbra y el colado de los elementos de cimentación; se dejaron las preparaciones necesarias para el armado y colado de columnas y muros.

- Las dimensiones, detalles del refuerzo, resistencia del concreto y demás características de los elementos de cimentación, se consultaron en los planos estructurales o arquitectónicos correspondientes.



Armado de la Cimentación

Colocación de Rellenos.

- Los materiales cumplieron con lo indicado en la especificación M3-11-G-GE-EC-01.
- Bajo las cimentaciones y pisos de edificios, el suelo fue compactado al 95% de su PVSM con el contenido de agua óptimo de acuerdo con la especificación ASTM D 1557., el resto de las áreas se colocaron con el mismo grado de compactación, pero referido a la especificación ASTM D 698.
- Los rellenos se colocaron en capas de espesor uniforme (de 20 cm de espesor máximo). Ningún relleno fue colocado contra las cimentaciones antes de que el concreto alcanzara el 75 % de su resistencia de proyecto.

Cimentación.

Excavaciones y Rellenos.

Pruebas y Tolerancias.

Las excavaciones se efectuaron utilizando taludes que garantizaron su estabilidad o empleando ademes, si fue necesario se construyeron obras de protección necesarias para evitar derrumbes o inundaciones de la excavación, para lograr una reducción de volúmenes de los espacios entre las partículas sólidas de un material con el objeto de aumentar su peso volumétrico y su capacidad de carga.

Construcción de la Losa de Piso de la Casa de Máquinas.

Procedimiento.

En general se siguieron los procedimientos indicados en la especificación M3-11-ES- EP-08 "Especificaciones para transporte, colocación, compactación y curado del concreto".

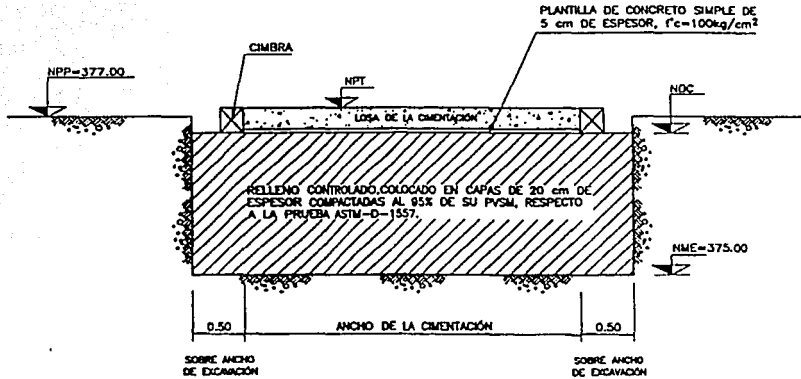
Colocación.

- La colocación del concreto se realizó con cualquier tipo de equipo que permitiera mantener la uniformidad del concreto evitando la segregación.
- En la elección del equipo de colocación se consideró su capacidad para colocar el concreto en su sitio correcto sin alterar su calidad.
- En las zonas en que el espesor de la losa es superior a 50 cm, la colocación del concreto se hizo en forma escalonada en dos capas de la mitad del espesor, con objeto de evitar juntas frías.
- De preferencia el colado se realizó el día en que la temperatura ambiente fue inferior a 34 °C y superior a 5°C.

Esquema de la Losa de Piso de la Planta.

Compactación.

La compactación se realizó con vibradores de inmersión; se tuvo el número de vibradores suficientes con características que permitieron un vibrado eficiente del concreto.



SIMBOLOGÍA :

NPP NIVEL DE PISO DE LA PLATAFORMA
 NDC NIVEL DE DESPLANTE DE LA CIMENTACIÓN
 NME NIVEL MÁXIMO DE EXCAVACIÓN
 NPT NIVEL DE PISO TERMINADO

NOTAS:

- ACOTACIONES EN METROS
- FIGURA FUERA DE ESCALA

Para lograr una consolidación adecuada fue conveniente que en las zonas de las losas con espesor mayor de 50 cm (colocando el concreto en dos capas), el vibrador penetrará aproximadamente de 5 a 10 cm dentro de la capa inferior.

Curado.

Considerando que el acabado de la losa fue pulido y con endurecedor no metálico de superficie integral, fue necesario que el curado se realizará con agua durante un período de 7 días como mínimo.

Protección.

- a) Para disminuir los efectos de pérdida de agua superficial producida por insolación o vientos rasantes y evitar el agrietamiento inducido por contracción plástica, se tomaron precauciones como las siguientes:
- Colocar pantallas para cortar el efecto del viento.
 - Colocación de toldos o sombras.
 - En días calurosos colar en la noche.
- b) Considerando que el colado de la losa se efectuó antes del montaje de la estructura y equipo, con objeto de no dañar el acabado de la losa, ésta debió protegerse colocando sobre la losa una tela de polietileno y sobre ella un firme de concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 7 cm de espesor, éste firme se colocó en tableros de aproximadamente 2.0 m por lado.

Acabado

El acabado de la losa fue pulido con endurecedor superficial no metálico del tipo SIKA tipo 40 o similar en proporción de 4 km/m^2 o la indicada por el fabricante.

Una vez pulido se curó con agua durante 7 días.

Juntas.

En la losa se hicieron los siguientes tipos de juntas:

- a) Juntas de contracción
- b) Juntas de expansión
- c) Juntas de construcción.

Relleno de las Juntas.

El material que se usó para el relleno de las juntas así como el procedimiento para aplicarlo se presentó en los planos arquitectónicos y en sus especificaciones correspondientes.

Cimentación del Edificio de la Turbina (Casa de Maquinas).

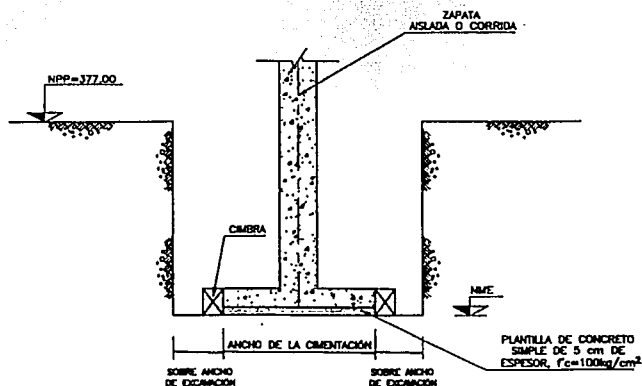
La cimentación se basó en zapatas corridas de 1.6 m de ancho por 40 cm de peralte, desplantadas 2 m, respecto al piso.

No hay niveles intermedios en el edificio de la turbina. Existen varias plataformas con piso de concreto y con rejilla de acero para el acceso a equipo local y de mantenimiento. La losa de piso es de concreto reforzado con pendiente para drenaje.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Bajo la zapata se tiene una plantilla de concreto pobre (sin refuerzo) de 5 cm de espesor, el acero de refuerzo para las zapatas y contra trabes fue del No. 8, 6 y 4 respectivamente.

Esquema de la Cimentación del Edificio de la Turbinas.



SIMBOLOGÍA :

NPP NIVEL DE PISO DE LA PLATAFORMA
NME NIVEL MÁXIMO DE EXCAVACIÓN

NOTAS:

- ACOTACIONES EN METROS
- FIGURA FUERA DE ESCALA

Colado de la Cimentación de la Caldera HRSG.

Requisitos de Concreto Fresco.

Temperatura.

El concreto en su producción no tuvo una temperatura mayor de 24° C; para alcanzar ésta, fue necesario enfriar el concreto.

Revenimiento.

El revenimiento del concreto fue de 5 cm. Para permitir la colocación del concreto en condiciones difíciles, o para que pudiera ser bombeado, se autorizó aumentar el revenimiento nominal hasta un máximo de 14 cm, mediante el uso de un aditivo reductor de agua de alto rango y retardante que cumplió con lo establecido en ASTM C-494 para el tipo "G".

Colocación.

- En la elección del equipo de colocación se consideró su capacidad para colocar el concreto en el sitio correcto sin alterar su calidad.
- De preferencia el colado se realizó el día en que la temperatura ambiente fue inferior a 34°C.
- La colocación del concreto fue hecha en forma escalonada en dos capas de 50 cm cada una, con objeto de evitar juntas frías.

Compactación.

- La compactación se realizó con vibradores de inmersión; se tuvo el número de vibradores suficientes, con características que permitieron un vibrado eficiente del concreto.
- Para lograr una consolidación adecuada, fue conveniente que al vibrar las capas superiores, el vibrador penetrara aproximadamente 5 a 10 cm en la capa inferior.
- El vibrador se instaló en forma casi vertical en las partes más altas de los depósitos de concreto. El vibrador continuó en cada punto hasta que dejó de salir aire atrapado, esta operación generalmente duró de 10 a 15 segundos.

Cimentación de Mampostería.

Materiales.

Piedra braza limpia sin labrar, arena azul de mina limpia de impurezas, para el mortero se usó cemento portland o calhidra o plasto cemento.

Procedimiento de Ejecución.

- Los cimientos se desplantaron sobre una plantilla de concreto pobre, colocando previamente reventones para alinearse.

- La mayor dimensión de las piedras fue colocada en sentido transversal al eje del cimiento procurando que toda la piedra grande quedara en la parte inferior y la chica en la superior, eliminando todos aquellos huecos que quedaron entre piedra y piedra.

Pruebas y Tolerancias.

- Los ángulos de las caras inclinadas con relación a la horizontal no son menores de 45° o mayores de 60° .

- El alineamiento horizontal de los cimientos no varió del alineamiento teórico del proyecto mas de 1.0 cm aún para longitudes mayores de 10.00 m.

La mayor dimensión de las piedras fueron colocadas en sentido transversal al eje del cimiento: Procurando que toda la piedra grande quede en la parte inferior.

Cadenas de Repartición.

Materiales.

Cemento Portland normal o el indicado en planos, arena azul de mina, grava de mina, acero de refuerzo, alambón y alambre recocido N° 18.

Procedimientos de Ejecución.

Sobre la corona de los cimientos o losa de piso se armaron con el número de varillas y la separación de estribos de acuerdo al proyecto.

Pruebas y Tolerancias.

- El alineamiento horizontal de la cadena no varió más de 1.0 cm aún para longitudes mayores de 10.00 m.

- El enrase superior quedó a nivel permitiéndose una tolerancia de 1/500.

Impermeabilización de Cadenas o Rodapié.

Materiales.

Cemento plástico (adhesivo, membrana de refuerzo, arena cernida).

Procedimientos de Ejecución

- Sobre la cadena o rodapié limpia y seca se aplicó una capa de adhesivo plástico, enseguida se colocó la membrana de refuerzo y sobre éste se aplicó otra capa de adhesivo, posteriormente se le aplicó un riego de arena cernida.

- Las superficies y los traslapes cubrieron un mínimo de 20 centímetros.

5.2 Estructuras de Concreto.

Muros de Bloques de Concreto.

Características.

1. Los tipos y dimensiones de los bloques utilizados fueron los requeridos en los planos de proyecto y cumplieron con lo indicado en la especificación M3-11-ES-EC-E06.
2. Mortero de cemento-arena con proporción volumétrica 1:3 y resistencia mínima a compresión igual a 125 Kg/cm²
 - Espesor de las juntas 1,5 máximo o la que se indicó en los planos de proyecto, cubrió totalmente las caras horizontales y verticales de las piezas.
3. Se colocaron castillos en los extremos de los muros y donde se indicó en planos de proyecto.
4. Se colocaron dalas a una separación no mayor de 3 m o la indicada en planos de proyecto.



Muros de Bloque de Concreto

Procedimiento.

- Se colocaron las piezas de bloque de concreto sin mojarse en hiladas horizontales cuatrapeadas, con juntas verticales a plomo y horizontales a nivel con mortero (cemento-arena).
- En el momento de ser colocados los bloques estuvieron libres de polvos, aceite, grasa o cualquier otra sustancia extraña que impidieran una adherencia efectiva del mortero empleado en el juntero.

Requerimientos.

- Los muros fueron rematados con dadas de acuerdo con los planos de proyecto, en general se construyeron satisfaciendo los siguientes lineamientos:
- No se levantaron muros a una altura mayor de 2 m, sin que se hubieran construido los amarres verticales adyacentes, ya sean castillos o intersecciones con otros muros. Durante la construcción y colado de los castillos se verificó y corrigió la verticalidad de los muros, asegurando ésta mediante puntuales que fueron removidos una vez que el concreto fraguó.
- El tiempo de mezclado del mortero, una vez agregada el agua, no fue menor de 3 minutos.

Pruebas y Tolerancias.

- El alineamiento horizontal de los cimientos no varió más de 1.0 cm aún para longitudes mayores de 10.00 m.
- Los desplomes no fueron mayores de 1/300 de la altura.
- El enrase superior quedó a nivel, permitiéndose una tolerancia de 1/500.

Muros.

Muro de Tabique de Barro Recocido.

Materiales.

- Tabique de barro recocido a mano de 7 x 14 x 28 cm, ó 5 x 13 x 26 cm, ó 5 x 12.5 x 25 cm, sin presentar grietas o alabeos en sus caras o cantos y con una resistencia mínima a la comprensión de 3.92 MPa.
- Para el mortero según la combinación se usó: cemento portland-arena o mortero o plasto-cemento-arena, la arena fue azul de mina para ambos casos, limpia de impurezas y materias orgánicas.

Procedimiento de Ejecución.

- Las piezas se asentaron con mortero cemento-arena en proporción 1:6, mortero-arena en proporción 1:5 o plasto-cemento-arena en proporción 1:6 colocándose en hiladas horizontales cuatrapedadas, quedando las juntas verticales a plomo y las horizontales a nivel con un espesor uniforme, el cuál variaba de 0.5 a 1.0 cm.

- Se remataron las hiladas horizontales de manera que se formó una superficie dentada en contacto con el concreto de los castillos, se limpió el exceso de mezcla inmediatamente después de colocarse las piezas.

- Los refuerzos horizontales y verticales, dala y castillo se hicieron de acuerdo a lo indicado en los planos correspondientes, en lo que respecta a ubicación, dimensiones y armado.

- Los muros expuestos a humedad recibieron el tratamiento de impermeabilización.

Pruebas y Tolerancias.

- El alineamiento horizontal de los muros varió del alineamiento teórico del proyecto más de 2.0 cm aún para longitudes mayores de 10.00 m.

- Los desplomes no fueron mayores de 1/300 de la altura de muro; para alturas mayores de 6.00 m. Se permiten un máximo de 2 cm.

- El desnivel en las hiladas no fue mayor de 3 mm. Por metro lineal, tolerándose como valor máximo 3.0 cm, en longitudes mayores de 10.00 m para acabados no aparentes, y 2 mm por metro lineal con un valor máximo de 2.0 cm para acabados aparentes.

Muro de Tabique de Barro Prensado Hueco.

Materiales.

- Se usó tabique de barro prensado hueco vertical, con las dimensiones indicadas en los planos. Las variaciones máximas en las dimensiones fueron de 2mm y el espesor de las paredes no menos de 1cm. Las caras del tabique tuvieron las superficies rectas sin grietas ni resquebrajaduras.

- La resistencia a la compresión fue de 7.85 MPa para el mortero.

Procedimiento de Ejecución.

- Las piezas se asentaron con mortero cemento-arena en proporción 1:6 mortero-arena en proporción 1:5 ó plasto-cemento-arena en proporción 1:6 colocándose en hiladas horizontales a nivel, con un espesor uniforme, el cual variaba de 0.5 a 1.0 cm.

- Los refuerzos horizontales y verticales se hicieron como se indicó en planos correspondientes, en lo que respecta a ubicación, dimensiones y armados. Los castillos fueron ahogados en las perforaciones verticales a cada 2.40 m máximo o según se indicó en los planos.

Pruebas y Tolerancias.

- El alineamiento horizontal de los muros en el desplante no varió más de 1.0 cm de su posición indicada en planos de cualquier sentido. Aún para longitudes de 10.0 cm.

- No se aceptaron desplomes mayores de 1/300 de altura de muro, para alturas mayores de 6.00 m se permitió un máximo de 2.0 cm.

- El desplazamiento máximo entre bloques respecto al paño del muro es de 2 mm en muros no aparentes y 1mm para muros aparentes.

- El desnivel en las hiladas no es mayor de 2 mm por metro lineal tolerándose como máximo 2.0 cm para longitudes mayores de 10.00m.

Muro de Bloque Hueco Esmaltado de Barro.

Materiales.

- Se usó bloque hueco esmaltado de acabado. La variación máxima en las dimensiones fue de 2mm y el espesor de las paredes no pudo ser menos de 1 cm. Las caras del bloque contaban con las superficies rectas, sin grietas ni resquebrajaduras.

- El esmaltado no presentó diferencias en color, textura y acabado y eran de 1, 2, ó 3 caras, según se indicó en los planos. La resistencia a la comprensión fue de 17.2 MPa.

Procedimientos de Ejecución.

- Los refuerzos horizontales y verticales se hicieron como se indicó en los planos correspondientes en lo que respecta a ubicación, dimensiones y armados. Los castillos fueron ahogados en las perforaciones verticales, a cada 2.40 m máximo o según se indicó.

- En las esquinas se instalaron bloques esmaltados a 3 caras.

Pruebas y Tolerancias.

El alineamiento horizontal de los muros de desplante no varió más de 1.0 cm aún para las longitudes mayores de 10.00 m. No se aceptaron desplomes mayores de 1/300 de la

altura del muro: Para mayores de 6.00 m se permite un máximo de 2.00 cm. No se aceptaron desplazamientos entre bloques al paño del muro mayores de 1 mm.

Celosía de Barro Prensado o de Concreto.

Materiales.

Piezas de concreto o de barro comprimido de acuerdo a lo indicado en planos aprobados, en lo que respecta a sus dimensiones, forma, textura y color, según muestra aprobada.

Procedimiento de Ejecución.

- Las celosías se construyeron sobre un elemento rígido, capaz de soportar la carga producida por su peso; y fue rematada por un elemento rígido y lateralmente teniendo elementos rígidos tales como castillos, cerramientos o perfiles metálicos, etc. a una distancia no mayor de 3.00 m entre sí, colocando refuerzos metálicos horizontales a cada 5 hiladas como máximo.

- Se desplantaron las hiladas uniendo las piezas entre sí con mortero de cemento-arena en proporción 1:3, limpiando el mortero excedente antes del fraguado.

En el extremo superior de la celosía la junta se reajustó, para absorber las contracciones del material.

Pruebas y Tolerancias.

Las tolerancias son las mismas que en los muros de tabique de barro prensado.

Castillos, Dalas y Cerramientos para Muros y Celosías.

Materiales.

Cemento portland o el especificado, arena azul de mina, grava, varilla, alambón, alambre recocado.

Procedimiento de Ejecución.

- Para los castillos sobre la cadena de desplante se anclaron las varillas, las cuales fueron amarradas por medio de estribos de alambón sujetos estos con alambre recocado de acuerdo a planos de este proyecto.

- La cimbra en este caso es el muro o la celosía de acuerdo al elemento y solamente 2 ó 3 caras de madera.

Pruebas y Tolerancias.

- No se aceptaron desplomes mayores de 1/300 de altura del castillo para alturas mayores de 6.00 m se permitió un máximo de 2.0 cm.

- El alineamiento horizontal de los cerramientos no varió más de 1.0 cm aún para longitudes mayores de 10.00 m.

5.3 Estructuras de Acero.

Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero.

Características Generales.

- Todos los materiales utilizados en la fabricación de la estructura de acero fueron nuevos y cumplieron con los requerimientos de las Normas aplicables mencionadas en estas especificaciones.

- Se demostró que los procedimientos normales dieron como resultado estructuras de acero con condiciones de seguridad y presentación iguales o mejores a las requeridas por los diferentes códigos mencionados.

Estructura Metálica.

La fabricación se realizó en los talleres que tenían el equipo y capacidad suficiente, para realizar los trabajos con calidad y en el tiempo que se tenía programado.

Fabricación.

Para la fabricación cada pieza de acero, conserva la marca de identificación del proveedor o del fabricante, hasta que quedó ensamblada con otros miembros.

Personal.

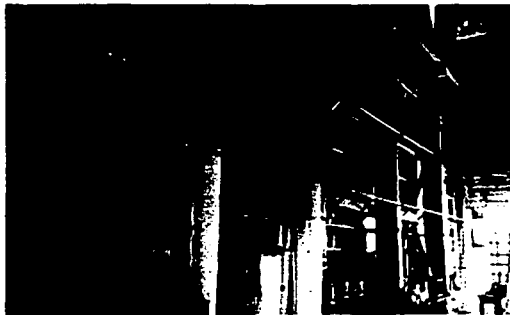
Todos los trabajos de soldadura fueron realizados por personal calificado de acuerdo al código para soldadura estructural AWS.

Corte.

Los extremos de las vigas, canales, ángulos y de más elementos están en contacto con otros miembros estructurales se cortaron con oxígeno-acetileno o cizalla en frío hasta adaptarse a las longitudes exactas.

Elementos Estructurales.

- Los trabajos se realizaron en un banco de armado que garantizó el control de los niveles, alineamiento y sujeciones al 100 %.
- Todos los elementos estructurales terminados tienen bases, ménsulas, placa de conexión, clips, atizadores, diafragmas, etc. Ya conectados.
- Las placas de conexión en armaduras fueron del tamaño mínimo necesario para conectar los elementos estructurales excepto cuando recibe un solo montante o diagonal en cuyo caso las placas fueron simétricas a la línea del gramil del montante o a la diagonal.



Estructura de Acero Casa de Máquinas

Recubrimiento:

Se utilizó el siguiente recubrimiento mínimo de concreto al acero de refuerzo, excepto que se indicara lo siguiente.

CUADRO 5.1

| CONCEPTO | Recubrimientos mínimo, cm |
|---|---------------------------|
| Concreto colado en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él. | 7.5 |
| Concreto expuesto al suelo o a la acción del clima Vs # 6 al # 18. | 5 |
| Vs # 5 alambres D31 o W31 y menores | 4 |
| Concreto no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo: Losas, muros, nervaduras Vs # 14 y 18 | 4 |
| Vs # 11 y menores | 2 |
| Vigas, columnas Refuerzo principal y estribos | 4 |

Estribos.

Los ángulos rectos de los estribos soportan lateralmente las barras de esquinas.

Tolerancias con Respecto a la Ubicación Especificada.

$$\text{Trabes} \quad t = \frac{\text{peralte de la trabe (cm)}}{76.25}$$

$$\text{Columnas} \quad t = \frac{\text{la menor dimensión de las columnas}}{76.25}$$

Tolerancia en Longitudes.

Todos los miembros tienen la siguiente tolerancia en la variación de sus medidas:

- En longitud 1/1000 del claro entre dos puntos consecutivos.
- En miembros de longitud menor o igual a 1000mm \pm 2mm, y en piezas mayores de 1000 mm \pm 3mm.

Contravientos.

- Se tomó como punto de trabajo, la intersección de las líneas de centro de los elementos con que se conecta.

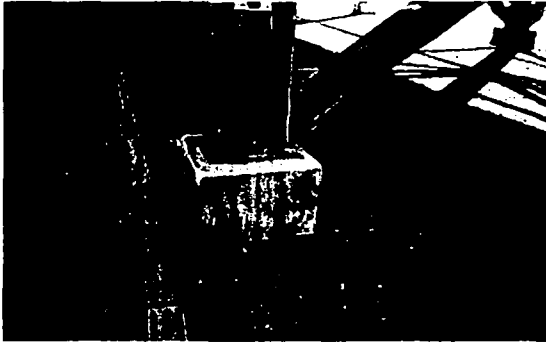
- La línea del centro de la placa de conexión del contraviento al nudo y al centro de la soldadura coincidió con la línea del centro del contraviento cuando está con un ángulo simple.
- Los agujeros para tornillos son de un diámetro igual al del tornillo más 1.6 mm.
- Los tornillos que se emplearon en las conexiones atornilladas tienen el agarre suficiente tomando en cuenta los espesores de las partes conectadas y su longitud se determinó de acuerdo al AISC.
- Todas las soldaduras se realizaron de acuerdo a los siguientes procedimientos: de Arco eléctrico (SMAW), arco sumergido (SAW) o soldadura de arco con electrodo recubierto (FCAW).
- Para evitar las deformaciones de las piezas por soldar y disminuir los esfuerzos residuales en los elementos por unir, se suministraron los medios de enlace provisional para garantizar el correcto depósito de la soldadura.
- Las pruebas para soldadura de ranura, que se realizaron fueron: Radiografía, a tensión, doblado en la base, doblado en la cara, doblado lateral.

Pruebas de Soldadura de Filete. De Tensión, de Sanidad.

- Las pruebas para el control de calidad las realizó una empresa acreditada. Las pruebas realizadas fueron en talleres tales como ultrasonido en placas, radiografías en soldaduras, líquidos penetrantes en soldaduras. Y en el montaje, radiografías o líquidos penetrantes, apriete de tornillos, recubrimiento y acabado de estructuras.
- Para la fabricación de las estructuras se aceptaron las tolerancias establecidas en la American Institute Steel Construcción (AISC) última edición.
- Los perfiles estructurales, placas, barras y redondos cumplieron con las tolerancias indicadas en la ASTM Standard Specification for General Requirements for Rolled Steel Plates and Shapes.

Placas y Perfiles Laminados.

Fueron de acero estructural y cumplió con la Norma ASTM A 36.



Tornillos y Pernos

Tornillos y Pernos.

- a) Los tornillos y pernos que no fueron de alta resistencia, cumplieron con la Norma ASTM A 307. Los tornillos y tuercas fueron hexagonales pesados y de dimensiones nominales de acuerdo a la Norma ANSI B 18.2.1 las roldanas circulares y cuadradas o rectangulares de cuña cumplieron las dimensiones mostradas en la Tabla 1, de la Norma ASTM A 325 o ASTM A 490.
- b) Los tornillos y pernos para conexiones por aplastamiento de alta resistencia, incluyendo las tuercas y roldanas correspondientes, debieron estar de acuerdo con la norma ASTM A 325.

Tubos.

Los tubos de acero fueron Grado B conforme a los establecido en la norma ASTM A 53.

Barandales.

Fueron de tubo de acero al carbón conforme a la Norma ASTM A 53 B si no se especificó de otra manera. Los barandales fueron galvanizados, mediante el sistema de galvanización por inmersión en caliente de acuerdo a la Norma NOM J 15.

Independiente de que se ubicaran en el exterior de edificios e instalaciones.

ACERO DE REFUERZO.

Doblado.

a) Trabes, losas y columnas.

Doblez de 180 grados más una extensión de 4 db, pero no menos de 6.5 cm del extremo libre de la varilla.

Doblez de 90 grados más una extensión de 12 db del extremo libre de la varilla.

b) Estribos.

Varilla del # 5 y menor, doblez de 90 grados más 6 db de extensión del extremo libre de la varilla.

Varilla del # 6 y # 8, doblez de 90 grados más extensión de 12 db del extremo libre de la varilla.

Varilla del # 8 y menor doblez de 135 grados más extensión de 6 db, del extremo libre de la varilla.

Notación.

d = Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo de tensión.

db = Diámetro nominal de una varilla, alambre o cable de presfuerzo cm.

Fy = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo en kg/cm².

Diámetros Mínicos de Doblado.

El diámetro del doblado, medido en la cara interior de la varilla, excepto para estribos y anillos en tamaños del #3 al #5, no fue menor que los valores de la siguiente tabla.

CUADRO 5.2
Diámetro mínimo de doblado

| Tamaño de varilla | Diámetro mínimo |
|-------------------|-----------------|
| # 3 al 8 | 6 db |
| # 9, 10, 11 | 8 db |
| # 14 y 18 | 10 db |

- El diámetro interior del doblado para estribos y anillos no es menor de 4 db para varilla del #5 y menores. Para varillas del #5, el diámetro del doblado concuerda con lo estipulado en la tabla anterior.

- El diámetro de los dobleces en malla soldada de alambre (corrugado o liso) para estribos y anillos no es menor de 4 db, para alambre corrugado mayor del D6 y 2 db para los demás

alambres. El doblado con un diámetro interior menor de 8 db, no es menor de 4 db de la intersección soldada más cercana.

Doblado.

- Todo el doblado fue en frío.
- No se permitió enderezar las varillas que previamente fueron soldadas para volverlas a usar.

Condiciones de la Superficie del Acero de Refuerzo.

En el momento de colocar el concreto, el acero de refuerzo se encontraba libre de todo, aceite u otros recubrimientos no metálicos, que pudieran disminuir su capacidad de adherencia.

Colocación del Acero de Refuerzo.

- Se colocaron adecuadamente apoyados antes de colocar el concreto, y se aseguraron contra desplazamientos.
- No se soldaron las varillas que se intersectaban con el fin de sujetar el refuerzo.

Tolerancias.

La tolerancia para el peralte d y para el recubrimiento mínimo de concreto en elementos sujetos a flexión, muros y elementos sometidos a compresión fue la siguiente:

CUADRO 5.3

| | Tolerancia en d | Tolerancias en el recubrimiento mínimo de concreto. |
|-------------|-------------------------------------|--|
| $d < 20$ cm | 1.0 cm | -1.0 cm |
| $d > 20$ cm | 1.3 cm | -1.3 cm |

- Excepto que la tolerancia para la distancia libre a los lechos inferiores cimbrados fuera menor de 0.6 cm y la tolerancia para el recubrimiento no excediera menos de 0.8 cm. del recubrimiento mínimo de concreto requerido.

- La tolerancia para la localización longitudinal de los dobleces y los extremos del refuerzo fueron de ± 5 cm. Excepto en los extremos discontinuos de elementos, donde la tolerancia fue de ± 1.3 cm.

Galvanizado.

Este procedimiento se realizó por el método de inmersión en caliente conforme a lo que establece la Norma NOM J 151.

Recubrimientos Anticorrosivos.

Primario y Acabado.

La protección anticorrosiva de la superficie metálicas expuestas a diferentes ambientes se realizó de acuerdo a los establecido en la Especificación CFE D-8500-01 y CFE D-8500-02.

Electrodos para Soldadura.

Los electrodos cumplieron con alguna de las siguientes especificaciones, de acuerdo con el proceso de soldadura usado:

- a) Los electrodos cumplieron con las Normas AWS A 5 - 1 y AWS A 5 - 5 cuando se usó soldadura manual de arco protegido.
- b) Los electrodos cumplieron con la Norma AWS A 5.17, cuando se usó soldadura de arco sumergido.

Subestación.

- Adicionalmente a lo indicado en esta especificación se aplicó lo siguiente:

- Tanto la estructura como la tornillería, herrajes y bayonetas fueron galvanizadas por inmersión conforme a la especificación NOM J 151.

- Después de galvanizarse las piezas no deben soldarse ni taladrarse.

- Se tomó en cuenta el aumento de sección en los tornillos y tuercas al galvanizarse, para permitir que se pudiera unir al estar galvanizados.

- Los tornillos cumplieron con lo establecido en la Norma ASTM 394.

Procedimientos.

- Los procedimientos de soldadura cumplieron con la Norma AWS D.1.1.

- Todas las soldaduras la hicieron soldadores calificados, conforme a la Norma AWS D.1.1.
- Empaque (de Acuerdo a la Especificación CFE L0000-11)
- Embarque y Transporte (de Acuerdo a la Especificación CFE L0000-11)

Control de Calidad.

Se estableció un Sistema de Aseguramiento de Calidad de acuerdo con el alcance de los trabajos realizados, cumpliendo con las especificaciones.

PISOS.

Pisos de Placa Antiderrapante.

- Fue de tipo realzado (antiderrapante), de acero estructural que cumplió con los requerimientos establecidos en la Norma ASTM A 36.
- Los pisos se galvanizaron, éste procedimiento se realizó mediante el sistema de galvanización por inmersión en caliente según NOM J 151.
- Se le dio a las piezas un acabado eliminando todas las rebabas, costras de soldadura, zinc, polvo u otro material ajeno, antes de aplicar la última capa.
- Los paneles del piso son desmontables, con separaciones o ranuras alrededor de tubos u obstrucciones de cables.
- Las uniones entre los paneles de piso, se soportan en soleras o ángulos de acero estructural, perforados y roscados para dar cabida a tornillos de fijación, en los lugares donde no se haya previsto otra cosa.
- Dichos soportes se ajustaron con soldaduras de filete de 5 mm al lado inferior de los paneles adjuntos.
- Las holguras de levantamiento para las uniones de los paneles de piso no fueron inferiores a 1.5 mm ni mayores de 5 mm.
- La holgura alrededor de los tubos y los cables es de 25 mm.

Pisos de Rejilla de Acero Electroforjado.

- Los paneles de piso se ajustaron con grapas a la estructura o interconectarse de tal manera que cada panel individual estuviera sostenido con un mínimo de cuatro pernos, de manera

que los paneles adjuntos permanecieran firmemente asegurados, en caso de quitar alguna sección.

- Se tuvo la posibilidad de quitar secciones de piso sin perturbar tubería alguna que pasará a través de la plataforma y el piso.

- Los paneles fueron acabados de tal manera que no quedaron bordes expuestos del piso de rejilla cuando fue necesario dejar holguras para el paso de tubos, cables y otros conductos.

- Todas las secciones que formaron un piso coinciden y no sobresalen del nivel de la cubierta acabada.

- Todos los pisos de rejilla y sus armazones se galvanizaron este procedimiento se realizó mediante el sistema de galvanización por inmersión en caliente de acuerdo a la Norma NOM J 151.

Piso de Losetas Flexibles.

Materiales

- Las losetas flexibles son de asbesto-vinilo.

- Adhesivo para las losetas asfálticas se utilizó cemento asfáltico o barro emulsionado asfalto.

Procedimiento de Ejecución.

- La colocación se hizo sobre una losa o firme con un acabado de cemento pulido limpio y liso, libre de bordes o desniveles y completamente seco.

- Se marcaron los ejes perpendiculares en el centro del local, que sirvieron de guía para la colocación de las losetas, haciendo una repartición previa de las mismas para que las piezas recortadas quedaran en los extremos.

- El pegamento se extendió con llana de estriás, dejándolo secar por lo menos 1 hora para colocar las losetas. Las losetas vinílicas o asfálticas se calentaron con soplete hasta que estuvieran flexibles, colocándose sobre la capa de pegamento y presionándolas con un rodillo liso de metal o madera teniendo cuidado de no manchar con pegamento las losetas.

- Cuando el piso estaba totalmente colocado se quitó el pegamento que salió entre las juntas, antes de que se secara con fibra de acero y talco para evitar que el pegamento se extendiera limpiando después con un trapo húmedo, se lavó 2 semanas después y finalmente se pulió con cera líquida.

Piso de Loseta Acido Resistentes.

Materiales.

- Loseta resistente al ácido, impermeable y antiderrapante.
- Cemento portland, arena azul de mina limpia libre de impurezas o materias orgánicas, cemento blanco, resinas, ácido sulfúrico.

Procedimiento de Ejecución.

- Los pisos de loseta ácido resistente se colocaron sobre una losa o un firme de concreto libre de grasa o basura.
- Las piezas estaban totalmente saturadas de agua y la superficie humedecida antes de proceder a la colocación de las piezas.
- El mortero utilizado fue de cemento arena proporción 1:3, el mortero tiene un espesor máximo de 3cm y 1.5 cm mínimo, colocando las piezas a hilo, nivelándose con raseros de madera verificando alineamiento y nivel con ayuda de reventones, reglas y nivel.
 - Las juntas son con la lechada de cemento blanco y agua, haciendo penetrar la lechada y se limpió posteriormente hasta dejar totalmente limpio el piso a los primeros días posteriores, a la colocación del piso se le humedeció ligeramente con agua una o dos veces por día, se dejó secar 8 días el piso, el octavo día se efectuó un curado en las juntas con ácido sulfúrico.

Sistema Losacero.

Propiedades.

- La losacero fue diseñada para usarse como losa compuesta, los elementos principales que lo conforman son:
 - Lámina de perfil acanalado metálico.
 - Concreto.
 - Malla electrosoldada.
 - Conectores.

Colocación.

Para una perfecta fijación se utilizó lo siguiente:

- Tornillos autotaladrantes.
- Clavo disparado.
- Puntos de soldadura en todos los valles con sus respectivas molduras de borde.



Losacero

Instalación.

- Alineación de las primeras piezas, utilizando cinta métrica, niveles, hilo guía, etc.
- La lámina se fijó a la estructura de acero con la solución propuesta en planos de proyecto.
- Cuando se emplearon puntos de soldadura para la fijación, se colocó una arandela metálica calibre 16 mínimo.
- En el traslape lateral se perforó con una punzonadora manual y se amarró con alambre recocido a cada 30 cm o con tornillo autotaladrante para evitar que el extremo macho cambie de nivel en el centro del claro y se pudiera escurrir el concreto, provocando con esto una mala apariencia.
- Una vez instalada la lámina se colocó la malla electrosoldada, la cual se ubicó a 2.5 cm partiendo del nivel superior de concreto, siguiendo lo indicado en M3-11-ES-EP-E05.
- En el caso que se requirió apuntalamiento provisional se colocó un apoyo transversal de 4 pulgadas de ancho para evitar que se marcara la lámina, estas marcas fueron visibles al momento de retirarlo.
- Antes de colar la superficie de la lámina estuvo perfectamente libre de impurezas como polvo, aceite, grasa, etc.

5.4 Instalaciones.

Drenajes, Trincheras y Ductos.

Materiales.

Se usaron tubos de hierro colado, concreto, concreto reforzado, policloruro de vinilo (pvc) ductos de concreto, mampostería en cunetas, registros con tapas y dimensiones y materiales indicados.

Tubería de hierro Colado.

Los tubos de hierro colado y sus accesorios se ajustaron a la norma ASTM-A-74.

Tubería de Concreto.

Los tubos de concreto cumplieron con la norma ASTM-C14, siendo fabricado con cemento resistente a la acción de los sulfatos según norma ASTM-C-150.

Tubería de Concreto Reforzado.

Los tubos de concreto reforzado cumplieron con la norma ASTM-C-76 y su fabricación fue con cemento resistente a la acción de los sulfatos según norma ASTM-C-150.

Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC).

La tubería de policloruro de vinilo cumplió con las normas que a continuación se mencionan:

NOM-E-012-1978, NOM-E-015-1969, NOM-E-022-01-1997, NOM-E-022-02-1978, NOM-E-030-1981 y NOM-E-94-1980.

Brocales Ciegos y con Rejilla, Tapas y Coladeras.

Los brocales ciegos y con rejilla, tapas y coladeras que se usaron en Pozos de Visita y Coladeras Pluviales fueron de fierro fundido o de concreto.

Pisos de Lámina sobre Trincheras.

- Fueron del tipo realizado (antiderrapante), de acero estructural que cumplió con los requerimientos establecidos en la norma ASTM-A-36.
- Cuando los planos de diseño indicaban que los pisos fueran galvanizados, éste procedimiento se realizó mediante el sistema de galvanización por inmersión en caliente conforme lo establece la norma NOM-J-151.

Pisos de Rejilla sobre Trincheras.

Los planos de diseño indicaron el tipo de rejilla a usar, pudiendo ser de acero electroforjado o de fibra de vidrio en trincheras que conduzcan sustancias ácidas y/o alcalinas.

Banco de Ductos Subterráneos.

- Los ductos son tramos de tubería de PVC cédula 40 fijados al banco con acero de refuerzo, manteniendo una distancia entre centros de tuberías de 100 mm. Su interior es liso para un jalado libre de los cables para evitar dañarlos.
- Todas las salidas de tubo al piso, equipos y/o motores son hechas con codos de curvatura amplia, de acero galvanizado, y una altura mínima de 20 cm sobre el nivel de piso terminado y con una protección de concreto de 10 cm.

Registro de Mano de Hombre.

- En puntos intermedios en las trayectorias de los bancos de ductos se utilizan registros para facilitar el jalado de los cables o cambiar la dirección de los mismos. El cable dentro de lo registro tiene una longitud de la mitad del perímetro del registro respetando los radios de curvatura, los cuales van soportados sobre charolas.
- Estos registros tienen espacio suficiente para que un hombre de pie inspeccione los cables o auxilie al jalado de los mismos.
- Los registros de mano y hombre ubicados en zonas exteriores sobresalen como mínimo 15 cm sobre el nivel del terreno natural. La distancia entre registros no excede de los 50 m en línea recta, esta separación se ajustó en cruces con caminos u otras instalaciones.
- La protección de ductos se realizó con relleno de concreto pobre de $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$, el procedimiento consiste en colocar una cama de concreto de 7.5 cm de espesor, después las capas de tubería fijadas en su posición con varillas se acostillaron y se rellenó con concreto hasta el nivel de 1.50 m.

Tabique Recocido.

Para la construcción de pozos de visita y registros se usaron tabiques de barro recocido de la región, los tabiques fueron de primera calidad exento de sales que pudieran perjudicar posteriormente los aplanados y la pintura. Sus aristas fueron rectas y paralelas, las esquinas cuadradas y su estructura fue compacta sin grietas ni chipotes.

Registros.

Para el colado de los registros no se empleó cimbra exterior, por lo que el terreno natural se aplanó con un mortero cemento-arena.

Trabajos de Urbanización y Albañilería.

Carpeta Asfáltica por el Sistema de Riegos.

Los materiales pétreos y asfálticos que se emplearon en la construcción de carpetas por el sistema de riego fueron conforme a la dominación de la Secretaría de Comunicaciones y transporte como se indica en la tabla siguiente:

CUADRO 5.4

| DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PETREO. | QUE PASA POR MALLA DE | | Y SE RETENGA EN LA MALLA DE | |
|---|-----------------------|---------|--------------------------------|---------|
| | 1 | 25.4 mm | (1") | 12.7 mm |
| 2 | 12.7 mm | (1/2") | 6.3 mm | (1/4") |
| 3-A | 9.5 mm | (3/8") | 2.38 mm | Num. 8 |
| 3-B | 6.3 mm | (1/4") | 2.38 mm | Num. 8 |
| 3-C | 9.5 mm | (3/8") | 4.76 mm | Num. 8 |

los materiales pétreos a que se refiere al inciso anterior cumplieron con lo señalado en las especificaciones de la S.C.T.

Carpeta Asfáltica por el Sistema de Mezclas en el Lugar.

- Los materiales asfálticos empleados en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de mezclas en el lugar, fueron rebajados de fraguado rápido o medio, emulsiones de rompimiento medio o lento.
- Los materiales asfálticos a emplearse en los riegos de liga, fueron de cementos asfálticos, rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

Carpeta de Concreto Asfáltico.

- En la elaboración de los concretos asfálticos se emplearon exclusivamente cementos asfálticos.
- Los materiales asfálticos que se emplearon en el riego de liga, fueron de cementos asfálticos rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

Morteros Asfálticos.

- Cuando se necesitó un material fino para dar material pétreo, se utilizó cemento Pórtland.
- Los materiales asfálticos que se emplearon en la elaboración de mortero asfáltico fueron emulsiones aniónicas o catiónicas.

Losas de Concreto Hidráulico para Pavimentos.

Los materiales que se emplearon en la construcción de losas de concreto fueron los siguientes:

- Cenizas puzolánicas
- Cuando fue necesaria la utilización de cementos puzolánicos éstos tenían ceniza volante como agente puzolánico, que estaba sujeto al control de calidad especificado en ASTM-C-618. La elaboración del cemento puzolánico fue controlado por la norma ASTM-C-595, con las salvedades anotadas en la sección 3.2 del Reglamento ACI-318.

Albañilería.

Materiales.

- En todos los casos los materiales que se utilizaron en la obra cumplieron con las especificaciones.
- Se obtuvo del fabricante o distribuidor, certificados de pruebas o reportes, etc. relativos a cualquier material que se utilizó en la obra de manera que se justificó y se comprobó que se ajustaron a las especificaciones.

Características y Condiciones.

Niveles y Acotaciones.

- Se establecieron bancos de nivel temporales. Estos bancos de nivel se colocaron sobre bases de concreto y se protegieron de manera que no pudieran ser movidos o afectados accidentalmente.

- Se prolongaron todos los ejes establecidos según se requirió para el desarrollo del trabajo a partir de los puntos y líneas base y se hicieron con precisión los levantamientos.

Plafones.

Materiales.

Canaletas de lámina galvanizada calibre 22 de $1\frac{1}{2}'' \times 1/2''$ (38 x 13 mm) soleras de lámina de $1\frac{1}{2}'' \times 1/8''$ (38 x 3 mm) taquete y tornillo, pija de balazo, metal desplegado con un peso de 8.8 k. Alambre galvanizado No 14.

Procedimiento de Ejecución.

- Se previó la resistencia del plafón en función de las cargas que deba soportar y se revisó que estén colocados y probados todos los ductos y/o tuberías de instalaciones.

- Las unidades de iluminación se fijaron al plafón por medio de marcos metálicos o de madera.

- Al nivel requerido horizontalmente, se construyó la retícula de canaletas que forman la estructura del falso plafón.

- Los colgadores o tirantes son de solera o alambre sujetos a la losa o a los elementos estructurales con tornillos y taquetes de $1/2''$ o con balazos a estos tirantes, están sujetos con tornillo tuerca y contratuerca o con alambre recocado el bastidor de canaleta galvanizada. La distancia de centro a centro de los tirantes no es mayor de 1.25 m.

- El metal desplegado se fijó a las canaletas con alambre galvanizado de No 20.

- Sobre el metal desplegado se aplanó con yeso o mezcla (cemento arena proporción 1:5).

Plafones Prefabricados.

Materiales.

En caso de necesitar plafones contra incendio se usó tablaroca o similar.

Procedimiento de Ejecución.

- Se previó la resistencia del plafón en función de las cargas que debe soportar y se revisó que estuvieran colocados y probados todos los ductos y/o tuberías de instalación, antes de que sea colocado dicho plafón.

Enladrillado.

Materiales.

Ladrillo de barro recocido 2.5 x 14 x 28 cm el cual fue plano sin bordes ni rajaduras, cemento portland, cal hidratada, arena azul.

Procedimiento de Ejecución.

- Las juntas y salidas están protegidas con sellador y se hicieron chaflanes de protección en todas las uniones de la azotea.
- El ladrillo se asentó con una mezcla de cemento-cal-arena en proporción 1:2:9, con un espesor mínimo de 2 cm. Si el ladrillo se colocó sobre un impermeabilizante se preparó una mezcla de cemento cal arena en proporción 1:2:6 dejando juntas no mayores de 8 mm.
- Sobre el enladrillado se aplicó una lechada de cemento cal arena en proporción 5:1:2 extendiéndola con escoba de vara.
- Se impidió el paso sobre la azotea por lo menos durante 24 horas después de aplicada la lechada.

Detalles Complementarios en Albañilería.

Colocación y Amacizado.

Generalidades.

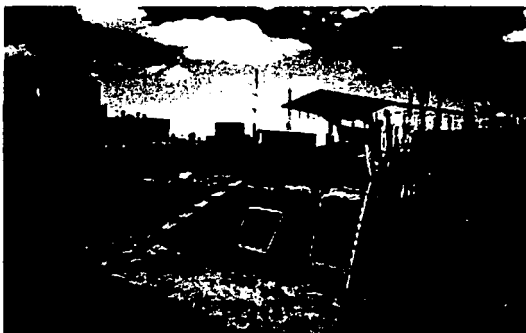
Los detalles complementarios de albañilería son: a) Bajadas pluviales, b) coladeras, c) tinacos, d) accesorios de baños, e) ranuras para instalaciones, f) ductos metálicos, g) escalones o escaleras de concreto, h) topes, i) sardinales, etc.

Materiales.

Cemento Pórtland normal y arena azul de mina, limpia, libre de impurezas o materias orgánicas.

Procedimiento de Ejecución.

- Se realizó la colocación y amacizado de los elementos, se comprobó su nivel de alineamiento con las juntas y el paño de los muros en que está ubicado o bien de los pisos y losas con los que está en contacto.
- Los bordes se emboquillaron usando cemento de igual color que el acabado adyacente.



Trabajos de Albañilería

CAPITULO VI.

Aspectos Ambientales.

6.1 Estudios de Impacto Ambiental.

Los estudios de impacto ambiental se identifican por varios factores que son:

1) Aire.

Construcción. Emisión de polvos y gases derivados de las actividades de trazo, nivelación despalme, limpieza de terreno, movimiento de tierra, transporte de materiales, excavaciones.

Las medidas de mitigación son:

1.1 Minimizar la emisión de polvos generados por el tránsito de vehículos, humidificando los principales caminos de tránsito vehicular dentro del predio de la Central.

1.2 Los camiones que transporten material férreo deben estar cubiertos con lonas para evitar la dispersión de partículas.

1.3 En relación con las emisiones a la atmósfera ocasionadas por vehículos automotores, estos deben cumplir con las siguientes Normas Oficiales:

- NOM-041-ECOL-1993. Nivel máximo permisible de gases contaminantes de escapes de vehículos que usan gasolina.

- NOM-042-ECOL-1993. Nivel máximo permisibles de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de automotores nuevos, así como hidrocarburos evaporados.

- NOM-044-Ecol-1993. Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas, opacidad de humo de motores que utilizan diesel.

- NOM-045-ECOL-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

- Durante las etapas de preparación del sitio y la de construcción de la Central se tendrá emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos automotores y el uso de maquinaria y equipo.

1.4 La circulación de los vehículos que transportan material debe ser con escape cerrado y a baja velocidad.

1.5 Los vehículos deben cumplir con la norma oficial:

- NOM-080-ECOL-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.

- NOM-081-Ecol-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido para fuentes fijas y su método de medición

- La operación continua de la Central generará emisión de gases contaminantes a la atmósfera constituidos principalmente de óxidos de nitrógeno, cuando se utilice gas natural como combustible, y eventualmente cuando se utilice el combustible de respaldo (diesel) se emitirá en forma adicional partículas y bióxido de azufre, lo cual afecta la calidad del aire.

1.6 La Central debe contar con equipos de combustión de baja generación de óxidos de nitrógeno.

- Se debe contar con los dispositivos necesarios para cumplir con el límite máximo permisible de emisión, a cualquier condición de generación de energía eléctrica y con cualquiera de los combustibles (según bases de licitación), establecido en la norma oficial mexicana:

- NOM-085-ECOL-1994. Contaminación atmosférica –Fuentes fijas- Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones de operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

1.7 Se debe contar con el equipo necesario para verificar que la emisión de contaminantes cumpla con lo establecido NOM-085-ECOL-1994 (según bases de licitación).

- Como seguimiento y para verificar que se cumpla con la calidad del aire se debe contar con una red de monitoreo de la calidad del aire (según bases de licitación).

1.8 En relación a la emisión de contaminantes, el parque vehicular utilizado para fines operativos de la central debe cumplir con las normas oficiales mexicanas establecidas en los punto 1.3.

La operación continua de la Central genera ruido debido al funcionamiento de los equipos.

1.9 Se debe cumplir con las normas establecidas en el punto 1.5.

2) Geomorfología.

Durante la construcción se requerirá del abastecimiento de material pétreo.

2.1 El material pétreo que se requiera debe ser adquirido de bancos de material autorizados que cuenten con los permisos de explotación emitidos por la autoridad competente.

- Actividades de nivelación, despalme y excavaciones.

2.2 Estas actividades se harán estrictamente dentro del predio de la Central.

2.3 Las actividades de relleno preferentemente serán con el mismo material de las excavaciones, el material sobrante debe ser enviado a un sitio autorizado por el municipio y/o Estado.

2.4 Se aprovecharán los caminos existentes, por lo que no se construirán nuevos caminos de acceso.

3) Suelo.

Los trabajos de limpieza del terreno, excavaciones y movimientos de tierra afectarán la superficie del terreno.

3.1 No se ejecutarán trabajos fuera del predio de la Central.

3.2 Se requiere la instalación de contenedores para almacenar los diferentes tipos de residuos. Su ubicación será dentro del predio de la central, los contenedores serán con cierre hermético y con letreros que indiquen su contenido.

3.3 Todos los residuos sólidos deben ser dispuestos en la forma y en lugares indicados por las autoridades.

3.4 De acuerdo a la norma oficial mexicana: NOM-052-ECOL-93. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

- Todos los residuos que tengan estas características deben ser almacenados en contenedores por separado y conforme a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, tomando en cuenta la norma oficial mexicana:

- NOM-054-ECOL-93. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos ó más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-93.

Todo el material producto del mantenimiento de vehículos, maquinaria y equipo (aceites lubricantes, botes, etc.), son considerados como residuos peligrosos.

3.5 El manejo y traslado de los residuos considerados como peligrosos se ajustará a las normas:

- NOM-005-SCT2-1994. Información de emergencia en transportación para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

- NOM-006-SCT2-/1994. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

- NOM-007-SCT2-1994. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

3.6 El retiro de los residuos peligrosos de la zona, será con la mayor frecuencia posible. El manejo y disposición de los residuos peligrosos se apegará a la normatividad ambiental vigente.

3.7 El almacenamiento de combustibles se hará bajo techo y con las previsiones para evitar la contaminación de suelo y agua en caso de fuga o derrame, cualquier área de almacén contará con los servicios de prevención y combate de incendios.

3.8 El material de relleno y compactación debe estar libre de residuos peligrosos y no peligrosos.

- Durante la operación de la Central se generarán residuos.

3.9 Se debe proporcionar un almacén para residuos peligrosos que cumpla con la normativa aplicable y lo indicado en las bases de licitación.

- Para la operación de la Central se contará con productos químicos.

3.10 Se proporcionarán áreas de almacén adecuadas para cada producto químico, de acuerdo a los requisitos de seguridad que marque el Proveedor.

- Como combustible de respaldo se tendrá almacenado diesel.

3.11 El tanque de almacenamiento de diesel debe contar con un muro de contención con capacidad para contener el derrame en su totalidad.

3.12 El tanque de diesel debe contar con los dispositivos de control y prevención de incendio según los códigos, normas aplicables y lo indicado en las bases de licitación.

4) Flora.

Los trabajos de despalme removerán la cubierta vegetal.

- 4.1 Los árboles que tengan que ser derribados deben estar marcados por la autoridad competente.
- 4.2 No se permitirá acumular vegetación cortada fuera de los límites del predio. La vegetación cortada será dispuesta en donde lo indique la autoridad competente.
- 4.3 Queda estrictamente prohibido coleccionar, dañar ó comercializar las especies de flora.
- 4.4 Para las actividades correspondientes al retiro de la vegetación, está prohibido quemar maleza, usar herbicidas y productos químicos en las actividades de desmonte y despalme.
- 4.5 Después de concluida la construcción debe procederse al desarrollo de áreas verdes dentro del predio, utilizando especies de la región.

5) Agua.

Durante la construcción se requerirá agua para la compactación de rellenos y preparación del concreto, así como agua potable para los servicios y consumos de los trabajadores.

- 5.1 Toda el agua que se requiera durante la etapa de construcción y pruebas de la Central debe ser obtenida de una fuente autorizada por la Comisión Nacional del Agua (CNA).
 - En esta etapa se generarán aguas residuales sanitarias.
- 5.2 Las aguas residuales sanitarias generadas deben ser recolectadas en receptáculos portátiles y enviados a una planta de tratamiento de aguas residuales. Se prohíbe el vertimiento de este tipo de aguas en áreas no autorizadas.
 - Para la operación de la Central se requerirá agua.
- 5.3 El agua requerida por el proceso operativo de la Central así como para servicios, se tomará de los pozos de agua que actualmente se encuentran en la C.C.C. de Huinalá.
 - Cuando la Central opere con el combustible de respaldo (diesel) se requerirá agua desmineralizada para el control del óxido de nitrógeno (Nox).
- 5.4 Se debe contar con un tanque de agua desmineralizada con un volumen útil de almacenamiento suficiente para suministrar el agua necesaria para el abatimiento de Nox durante siete (7) días.

- La planta de tratamiento de agua de repuesto al ciclo, debe tener una capacidad de producción, para llenar el tanque antes mencionado en treinta (30) días; adicional al 2% del agua de alimentación al recuperador de calor.

- Durante la etapa operativa de la Central se generarán aguas residuales de tipo industrial y sanitario.

5.5 Las aguas residuales industriales que se generen deben ser tratadas para reutilizarse en el proceso de generación de energía eléctrica.

5.6 Las aguas residuales sanitarias que se generen en la Central se enviarán para su tratamiento a la planta de aguas residuales existente en la C.C.C. Huinalá.

-De acuerdo a lo establecido en los puntos 5.5 y 5.6 No habrá descarga de ningún tipo de agua residual durante la etapa operativa de la Central.

6) Paisaje.

La construcción de la C.C.C. Monterrey modificará el paisaje.

6.1 Al término de la construcción de la Central, debe colocarse en los límites Sur, Este y Oeste del predio una franja de la vegetación con especies de la zona, aprovechando lo existente.

7) Socioeconómico.

Los trabajos de construcción y operación requerirán de mano de obra y servicios.

7.1 En lo posible se debe contratar mano de obra y servicios de los poblados cercanos.

8) Riesgo.

El riesgo principal que se presenta es el derivado por el manejo del gas natural.

8.1 Se debe cumplir con las normas de seguridad para el manejo del gas natural, así como emplear tecnología de punta para minimizar riesgos en las instalaciones, al personal y al medio ambiente.

9) Generales.

9.1 Se deben suspender las actividades de desmonte y nivelación en caso de encontrar vestigios de valor histórico (construcciones, cimientos, vasijas, flechas, tepalcates, etc.), y se dará aviso al Centro Regional del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Lo anterior de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas.

9.2 Se prohíbe estrictamente derramar líquidos como aceites, grasa fundidas, solventes, sustancias tóxicas, etc., generados durante las diferentes etapas de construcción y operación de la Central, en el suelo y cuerpos de agua, así como descargarlos al drenaje municipal. Todos los residuos generados durante la construcción deben ser reutilizados ó se dispondrán en los sitios que las autoridades municipales ó federales, determinen para este fin.

- Los residuos generados durante la operación de la Central deben ser debidamente clasificados, los residuos catalogados como no peligrosos serán rehusados, reciclados, incinerados o depositados en el sitio que aprueben las autoridades municipales.

- Los residuos generados durante la operación que sean catalogados como peligrosos deben ser retirados de la Central por una Compañía autorizada para este servicio, y se manejarán de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

9.3 Está estrictamente prohibido cazar, capturar, dañar y comercializar con las especies de flora y fauna silvestre.

6.2. Resolución Técnica.

Analizada y evaluada la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, el Estudio de Riesgo, modalidad Análisis de Riesgo, el Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres y la información Adicional, relativos a los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá", con pretendida ubicación en el municipio de Pesquería, Nuevo León, promovido por la Comisión Federal de Electricidad y considerando:

1. Que el 11 de septiembre de 1996, la Comisión Federal de Electricidad realizó en las oficinas de esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, la presentación del proyecto denominado "Central de Ciclo Combinado Monterrey", el cual consistirá en la construcción de uno o dos módulos con dos turbinas de gas y una turbina de vapor, con capacidad total aproximada de 450 MW, con la finalidad de que se le indicará el nivel de estudios de Impacto y Riesgo Ambiental que debería presentar para la evaluación de esta obra.

- II. Que el 1 de noviembre de 1996, a través del oficio D.O.O.DGOEIA.-5346, esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental solicitó a la Comisión Federal de Electricidad, para la evaluación del proyecto "Central de Ciclo Combinado Monterrey", la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, y de un Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres.
- III. Que el 7 de mayo de 1997, se recibió en esta Dirección General el oficio No. K5000/VAB/97-000927, mediante el cual la Gerencia de Protección Ambiental de la Comisión Federal de Electricidad informó lo siguiente:
- a) Con objeto de satisfacer la demanda de energía en la región donde se ubicará el proyecto, es necesario aumentar la capacidad de generación proyectada para el mismo a 675 MW, en lugar de los 450 MW que fueron originalmente planteados.
 - b) Se contempla también la instalación, dentro del predio de la futura central, de una unidad turbogás con capacidad de 150 MW, que funcionará únicamente durante las horas pico.
- IV. Que el 22 de agosto de 1997 se recibió en esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, el oficio No. K5000/VAB/97 001659, mediante el cual la Comisión Federal de Electricidad ingresó la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, el Estudio de Riesgo, modalidad Análisis de Riesgo, el Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres, para los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá".
- V. Que el 1 de septiembre de 1997; mediante oficio No. D.O.O.DGOEIA.-05278 esta Dirección General solicitó a la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, su opinión técnica acerca del desarrollo de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá".
- VI. Que el 14 de octubre de 1997, mediante oficio No. D.O.O.DGOEIA.-06718, esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental solicitó a la Comisión Federal de Electricidad Información Adicional a la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central TurboGás Huinalá", en virtud de que el contenido de dicho documento no permitía concluir con la evaluación de las obras.
- VII. Que el 15 de octubre de 1997 se recibió en esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, la Atenta Nota SRA.-711/97, mediante la cual la Dirección de Residuos Peligrosos y Riesgo señaló:

- a) Los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá" se encuentran en etapa de licitación pública, a través de la cual se definirá al encargado del diseño, construcción y puesta en servicio de los mismos.

La "Central Turbogás Huinalá" no se encuentra dentro o cerca de algún Área Natural Protegida de interés federal o estatal.

VIII. Que durante el desarrollo de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá" no se prevén impactos ambientales adversos significativos, debido a que tal y como se describió en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General:

- a) Los predios considerados para la construcción del proyecto "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" son de propiedad privada y la Comisión Federal de Electricidad actualmente realiza el trámite para su adquisición; asimismo, el predio donde se pretende instalar la "Central Turbogás Huinalá" es propiedad de la Comisión Federal de Electricidad.
- b) Se cuenta con vías de acceso a los sitios de los proyectos, lo que hace innecesaria la apertura de nuevos caminos.
- c) El área destinada para los proyectos no posee atractivos turísticos ni cuenta con centros culturales e históricos.
- d) En la zona donde se desarrollarán los proyectos existen áreas de cultivo, líneas de transmisión, vías de ferrocarril y carreteras, lo que indica que se trata de un área perturbada por actividades antropogénicas.
- e) La operación y mantenimiento de los proyectos, en especial las del "Ramal del Gasoducto", no afectarán la dinámica natural de las comunidades de flora y fauna. Las probables afectaciones a estos componentes ambientales ocurrirán durante la etapa de construcción de las obras; sin embargo, al terminar éstas, se restablecerán de manera natural tanto la vegetación como su fauna asociada.

IX. Que los proyectos denominados "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá" son viables de desarrollarse en las áreas y sitios propuestos, siempre y cuando la Comisión Federal de Electricidad se sujete al cumplimiento de las medidas de mitigación señaladas en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, de referencia y al de los Términos del presente oficio resolutivo, instrumentados para minimizar los impactos ambientales adversos que se ocasionarán sobre los componentes ambientales del lugar, durante las diferentes etapas de su desarrollo.

Con fundamento en lo dispuesto en los Artículos 28 y 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 5 y 20 fracción II del Reglamento en materia de Impacto Ambiental de la Ley antes mencionada; 32 bis, fracción XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y Artículo 60 del Reglamento Interior de la SEMARNAP, esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental considera que los proyectos señalados SON PROCEDENTES y por tanto ha resuelto AUTORIZAR DE MANERA CONDICIONADA su desarrollo, sujeto a los siguientes términos:

PRIMERO.- La presente resolución en materia de Impacto Ambiental, otorga a la Comisión Federal de Electricidad el derecho de realizar las obras y actividades para la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y Central Turbogás Huinalá", los cuales tendrán las siguientes características físicas y técnicas:

Central de Ciclo Combinado Monterrey: tendrá una capacidad de generación de 675 MW, estará diseñada para quemar gas natural como combustible principal y diesel como combustible de respaldo; este último será suministrado a través de autotanques desde las instalaciones de Pemex en Cadereyta, Nuevo León, localizadas a una distancia 30 km aproximadamente del predio de la central. Esta central estará constituida por los siguientes sistemas:

- a) Sistema de generación de energía eléctrica, conformado por turbinas de gas, recuperadores de calor-generadores de vapor, turbinas de vapor, generadores eléctricos y sistema de enfriamiento de tipo seco. Este sistema podrá estar formado por uno, dos o tres módulos, compuestos cada uno por una, dos o tres turbinas de gas y una turbina de vapor para cumplir con la generación de 675 MW, dependiendo de la propuesta ganadora de la licitación.

- b) Sistema de suministro de agua, que consta de bombas para el suministro del agua a la planta de tratamiento y tubería para su conducción. La planta de tratamiento consta de un sistema de filtración, un equipo de ósmosis inversa y un sistema de desmineralización.
- c) Sistema de tratamiento de agua residual, que estará dividido en dos: el sistema para tratamiento de agua residual industrial, la cual será reutilizada en el proceso, y está constituido por una fosa de neutralización de afluentes y un equipo de evaporación del cual se usará el destilado, y el sistema para el tratamiento de aguas residuales sanitarias, compuesto por la misma planta de tratamiento de la Central Ciclo Combinado Huinalá; esta central aprovecha el agua residual tratada para enfriamiento.
- d) Sistema de combustible, constituido principalmente por el ramal del gasoducto. Para el combustible de respaldo, se contará con un tanque de almacenamiento con capacidad para proporcionar el combustible durante siete días de operación continua de la central, al 100% de carga.

- Se instalarán dentro del predio de la central oficinas provisionales para el personal técnico y administrativo, así como almacenes para el equipo y materiales, enfermería, comedores, planta de concreto y patio de chatarra. Dichas instalaciones serán de carácter temporal y se utilizarán también para el personal que laborará en las obras del gasoducto.

- La superficie total del predio donde se instalará esta central de ciclo combinado es de 36-06-35 ha. y se localiza en el Km 12 de la carretera Monterrey-Dulces Nombres, municipio de Pesquería, a 25 Km al Noreste de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León.

- Ramal del Gasoducto: Tendrá una longitud aproximada de 45 Km, con un derecho de vía de 15 m y 16 pulgadas de diámetro, estará interconectado al gasoducto de Pemex Reynosa-Escobedo, en el tramo que va de Apodaca a los Pomones y que se localiza aproximadamente a 6 Km al norte del predio de la central de ciclo combinado.

- Central Turbogás Huinalá: se pretende la instalación de una unidad turbogás, con una capacidad de 150 MW, la cual utilizará como combustible gas natural, mismo que se abastecerá por el gasoducto de la actual central de Ciclo Combinado Huinalá o por el ramal del gasoducto que se construirá para la "Central Ciclo Combinado Monterrey", con un consumo estimado de 1.22 Mm³/día. Se estima que la operación de la central será durante un máximo de 12 horas diarias durante el verano y estará constituida por una o dos turbinas, para cumplir con una generación total de 150 MW.

- Los equipos de esta central turbogás se encuentran casi completamente integrados, por lo que las obras de construcción y montaje son mínimas, ya que prácticamente lo único que requieren es la cimentación para montar los equipos, así como la realización de interconexiones entre los mismos y para el suministro de combustible.

- Dicha central se instalará sobre una superficie aproximada de 0.16 ha, en el predio donde se encuentra ubicada la Central de Cielo Combinado Huinalá en el Km 12 de la carretera Monterrey-Dulces Nombres, municipio de Pesquería, a 25 Km al este de la ciudad de Monterrey, Nuevo León.

- Las actividades que se realizarán durante las diferentes etapas de construcción de la "Central de Cielo Combinado Monterrey", se enuncian a continuación:

- a) Preparación del sitio.
- b) Canalizaciones subterráneas.
- c) Cimentaciones de la casa de máquinas.
- d) Construcción del edificio de la casa máquinas.
- e) Instalación de equipos.
- f) Instalación de equipos auxiliares.
- g) Arranque y pruebas.
- h) Edificaciones.

- Las actividades que se llevarán a cabo durante la construcción del "Ramal del Gasoducto", son las siguientes:

- a) Trazo y nivelación del derecho de vía.
- b) Apertura del derecho de vía.
- c) Excavación de la zanja.
- d) Tendido de tubería.
- e) Doblado, alineado y soldado de tubería.
- f) Inspección radiográfica.
- g) Pruebas.
- h) Señalización.

- Las actividades por desarrollar para la construcción de la "Central Turbogás Huinalá" se describen a continuación:

- a) Excavaciones.
- b) Construcción de la cimentación para los equipos.
- c) Instalación de equipos.
- d) Arranque y pruebas.

- Para los tres proyectos se considera una vida útil de por lo menos 25 años, por lo cual se prevé que la etapa de abandono de los sitios tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Características del entorno ambiental.
- b) Planes y programas federales, estatales y municipales sobre uso del suelo.
- c) Legislación aplicable a usos y destinos del suelo.
- d) Legislación ambiental vigente.

SEGUNDO.- La presente autorización tendrá una vigencia de 10 años para la operación de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá"; las obras de preparación del sitio y construcción deberán concluirse en un plazo de 30 meses e iniciar las pruebas preoperatorias del proyecto. Dichos plazos comenzarán a partir de la fecha en que se de aviso del inicio de la construcción de la obra, la cual será notificada oportunamente a esta dependencia por la Comisión Federal de Electricidad y serán prorrogables a juicio de esta Secretaría, siempre y cuando lo solicite por escrito a esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, con 30 días naturales de antelación a la fecha de su vencimiento.

TERCERO.- La Comisión Federal de Electricidad queda sujeta a cumplir con las obligaciones contenidas en el Artículo 21, fracción II, del Reglamento de la ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, en caso de que desista de realizar las obras motivo de la presente resolución, para que esta Dirección General determine las medidas que deban adoptarse, a efecto de que no se produzcan alteraciones nocivas al ambiente.

CUARTO.- La Comisión Federal de Electricidad deberá hacer del conocimiento de esta Dirección General, de manera previa, cualquier eventual modificación a lo descrito en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, al Estudio de Riesgo, modalidad Análisis de Riesgo, al Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres, y en la Información Adicional presentada, para que con toda oportunidad se determine lo procedente, de acuerdo con la legislación ambiental vigente. Queda estrictamente prohibido desarrollar obras de preparación y construcción distintas a las señaladas en la presente autorización.

QUINTO.- De conformidad con el Artículo 35 de la ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la presente autorización sólo se refiere a los aspectos ambientales de las obras y actividades descritas en el Término Primero para los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá", por lo que es obligación de la Comisión Federal de Electricidad

tramitar, y en su caso, obtener, las autorizaciones, concesiones, licencias, permisos y similares que sean requisito para la realización de las obras y su operación, de la presente. Queda bajo su más estricta responsabilidad la validez de los contratos civiles, mercantiles o laborales que se hayan firmado para la legal operación de esta autorización, así como su cumplimiento y consecuencias legales, que corresponda aplicar a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca o a otras autoridades federales, estatales o municipales.

SEXTO.- La construcción, operación y mantenimiento del proyecto, deberán sujetarse a las descripciones contenidas en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, en el Estudio de Riesgo, modalidad Análisis de Riesgo, en el Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres y en la Información Adicional presentada, en los planos incluidos en dichos documentos, así como en lo dispuesto en la presente resolución, conforme a las siguientes condicionantes:

Generales. La Comisión Federal de Electricidad deberá:

1. Acatar lo dispuesto en el acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos CEOESE-002/88, que deben observarse en la selección y preparación de sitios destinados a la instalación de centrales termoeléctricas convencionales, así como para la construcción de las mismas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1988.
2. Ocupan, para la construcción de los proyectos, las superficies que a continuación se describen, tal y como fue manifestado en los documentos presentados para evaluación:
 - "Central de Ciclo Combinado Monterrey", 36-06-35 ha.
 - "Ramal del Gasoducto", 6075 ha.
 - "Central Turbogás Huinalá", 0.16 ha.
3. Establecer reglamentaciones internas que eviten cualquier afectación a las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, presentes en las áreas aledañas a los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá". La Comisión Federal de Electricidad será responsable de cualquier ilícito en el que incurran sus trabajadores o los de las empresas contratistas que emplee, y se la sujetará a las disposiciones jurídicas que establezcan las leyes en la materia, por lo que deberá promover programas de concientización ecológica para los trabajadores, en todos los niveles, previamente y durante la ejecución del proyecto.

4. Establecer, en caso de detectar en el área de los proyectos "Central de Cielo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" la presencia de especies faunísticas, nidos y madrigueras, un Programa de Manejo para su rescate, conservación y protección principalmente para aquellas consideradas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de 1994.

5. Respetar, durante la ejecución de las diferentes etapas del proyecto, lo establecido en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:
 - NOM-001-ECOL-1996. Que establece los niveles máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997.

 - NOM-041-ECOL-1995. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes, provenientes de los escapes de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de febrero de 1997.

 - NOM-043-ECOL-1993. Que establece los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

 - NOM-045-ECOL-1995. Que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación, que usan diesel como combustible, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de enero de 1996.

 - NOM-052-ECOL-93. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

 - NOM-059-ECOL-1994. Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de 1994.

 - NOM-080-ECOL-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1995.

- NOM-081-ECOL-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1995.

- NOM-085-ECOL-1994. Contaminación atmosférica de fuentes fijas.- Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre de los equipos de calentamiento directo por combustión, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de 1994.

- NOM-086-ECOL-1994. Contaminación atmosférica.- Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de 1994.

6. Manejar los residuos sólidos que se generen durante las diferentes etapas de los proyectos de acuerdo con lo propuesto en la Manifestación de Impacto Ambiental presentada y depositarlos en los sitios que designen las autoridades competentes, observando para aquellos que tenga características de peligrosidad, por sus propiedades físicas, químicas o biológicas, lo previsto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente, en Materia de Residuos Peligrosos y demás normativa aplicable.
 7. Cubrir los requerimientos de mano de obra no especializada que se presenten durante el desarrollo de las obras, con gente de la localidad, con el fin de propiciar beneficios a la población por concepto de ingresos.
 8. Instalar letrinas portátiles dentro de los límites del derecho de vía del gasoducto, así como dentro de los límites del predio destinado a la central Ciclo Combinado, para el servicio del personal que labore durante las diferentes etapas de construcción de las obras, otorgándoles el mantenimiento que sea necesario con la frecuencia requerida.
- Queda estrictamente prohibido que la Comisión Federal de Electricidad:
9. Cacc, capture, dañe y/o comercie con especies de flora y fauna silvestres, presentes en las zonas alcañanas al predio de las centrales y el trayecto del gasoducto.
 10. Abra bancos de material en cualquier etapa de los proyectos. Los materiales que se requieran durante la construcción de los proyectos deberán adquirirse en casas o bancos de material autorizados para su explotación comercial.
 11. Construya caminos de acceso para cualquiera de los proyectos. Para llegar a los sitios de construcción se utilizarán los caminos y brechas existentes.

12. Instale campamentos y almacenes dentro del derecho de vía del gasoducto o en áreas circunvecinas.

Preparación del Sitio y Construcción.

La Comisión Federal de Electricidad deberá:

13. Suspender las obras de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá", si al realizar las actividades de excavación se encontraran vestigios arqueológicos y dar aviso al Centro Regional del Instituto Nacional de Antropología e Historia en Nuevo León para que determine lo procedente. Lo anterior, de acuerdo con lo estipulado en la Ley Federal sobre Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos.
14. Tramitar y obtener los permisos, autorizaciones y/o anuencias federales y municipales para la construcción y operación de los proyectos por parte de las instancias competentes, tales como la autorización para el aprovechamiento del agua, la Licencia de Funcionamiento y las Condiciones Particulares de Descarga.
15. Efectuar actividades de riesgo en las zonas de trabajo, con el fin de reducir la emisión de partículas durante la etapa de construcción de los proyectos.
16. Transportar los materiales de construcción a los sitios de trabajo, en camiones de carga apropiados para cada tipo de material y cubiertos con lonas o costales húmedos, con el fin de evitar al máximo la dispersión de polvo y partículas. Una vez trasladados los materiales, se deberá limpiar cuidadosamente la caja de los vehículos para evitar que conserve residuos que puedan tirarse durante el recorrido de las unidades de regreso a su base.
17. Tal como fue descrito en la documentación presentada, abastecerse de un volumen no mayor de 15000 m³ de agua cruda para las actividades de construcción de los proyectos, mediante el uso de un equipo de bombeo y una red líneas de tubería para conducirla desde los pozos ubicados dentro de la Central de Ciclo Combinado Huinalá. Asimismo, los 378000 litros de agua requeridos para la prueba hidrostática del gasoducto, deberán abastecerse de la misma fuente.

Para las Centrales.

18. Realizar las actividades de excavación, nivelación, compactación y relleno necesarias durante la preparación de los terrenos, considerando obras de drenaje pluvial que eviten la acumulación de agua y el riesgo de que contamine con los restos de lubricantes o combustibles que pudieran dejar el equipo y maquinaria utilizados. Estas actividades se deberán realizar en las bajs las condiciones señaladas en la documentación presentada.

19. Realizar las actividades de relleno utilizando el material producto de las excavaciones; el material sobrante deberá colectarse, transportarse y depositarse en los sitios que las autoridades municipales designen para ese fin.
20. Efectuar todos los trabajos y actividades necesarios para la preparación de los sitios y construcción de las centrales, principalmente aquellas que impliquen movimientos de tierra, dentro de los predios considerados para cada una de ellas, instrumentando las medidas adecuadas para evitar la desestabilización de terrenos adyacentes.

Para el Gasoducto.

21. El gasoducto deberá apagarse a la normatividad vigente que utiliza Petróleos Mexicanos, sobre los requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte de combustible.
22. Con el fin de evitar impactos ambientales adversos al ecosistema por fugas, fallas o accidentes, llevar a cabo las más estrictas medidas de supervisión para las especificaciones de materiales, diseño, programas de mantenimiento, inspección y vigilancia de todas aquellas actividades que se lleven a cabo relacionadas con el gasoducto.
23. Realizar todas las actividades para el tendido del gasoducto dentro del derecho de vía, instrumentando las medidas necesarias para evitar la desestabilización de los terrenos adyacentes.
24. Depositar de manera temporal y en sitios específicos, dentro del derecho de vía del gasoducto, el material producto de los trabajos de excavación, con la finalidad de evitar afectaciones al suelo adyacente a esa superficie, la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna y/o la formación de bordos que modifiquen la topografía de los terrenos.
25. Realizar las actividades de relleno, compactación y restauración del derecho de vía del gasoducto, utilizando el material producto de la excavación y de manera inmediata, conforme al avance de la obra, con el fin de restablecer, en el menor tiempo posible, el patrón de drenaje y las características físicas del suelo; el material sobrante deberá colectarse, transportarse y depositarse en los sitios que las autoridades municipales designen para ese fin.
26. Construir las obras civiles de drenaje necesarias para evitar la formación de embalses y la interferencia de las escorrentías naturales del área.
27. Al concluir la instalación y tendido de tuberías, verificar que todas las zanjas se encuentren perfectamente cubiertas y realizar la dispersión del material excedente que no haya sido utilizado para el tapado de las zanjas con el fin de evitar la formación de bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de los terrenos.

28. Reintegrar a sus condiciones naturales los terrenos aledaños al derecho de vía del gasoducto que hayan sufrido modificaciones en sus condiciones originales durante su desarrollo, considerando para ello la reforestación de las especies alteradas, la limpieza de la zona y la construcción de obras especiales para restituir los patrones de escurrimiento naturales.
 29. Dejar sin compactar, en aquellos sitios donde sea posible, los últimos 30 cm de profundidad de la superficie afectada por las obras de excavación del gasoducto, con objeto de permitir la restauración de la vegetación a lo largo de la trayectoria del mismo.
 30. Presentar a esta Dirección General, previamente a la entrada en operación del gasoducto, un informe de cada prueba hidrostática realizada a la tubería, avalada por la autoridad local o federal competente en la materia; en dicho informe se deberán describir, como mínimo, además de las medidas implementadas de acuerdo con los resultados obtenidos en dichas pruebas, los siguientes aspectos:
 - a) Cantidad de agua ocupada en cada prueba hidrostática.
 - b) Tratamiento, manejo y ubicación exacta del sitio seleccionado para la disposición final del agua utilizada en las pruebas hidrostáticas.
- Para éste último punto deberá obtener la autorización por parte de las autoridades competentes. Queda estrictamente prohibido arrojar a cielo abierto el agua utilizada en las pruebas hidrostáticas.
31. Maximizar el rehuso de agua entre secciones durante la prueba hidrostática, con el fin de lograr un ahorro en el consumo de dicho recurso.
 32. Colocar señalamientos indicando la existencia del gasoducto, desde el inicio hasta el destino final, con el fin de evitar posibles daños en la estructura del ducto por la realización de actividades no previstas.
 33. Una vez concluidos los proyectos, deberá presentar a esta Dirección General un reporte en el que se manifiesten las condiciones finales de las obras, acompañado de su respectivo anexo fotográfico.

Operación y Mantenimiento.

La Comisión Federal de Electricidad deberá:

34. Presentar en la Ventanilla de Recepción de esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, en un plazo no menor a ocho meses antes de la entrada en operación de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá", los Estudios de Riesgo, en sus modalidades Análisis de Riesgo y Ductos Terrestres, con las características físicas, técnicas e ingeniería de detalle definitivas de dichos proyectos.

Para determinar los riesgos de las instalaciones de los proyectos "Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto" y "Central Turbogás Huinalá", deberán utilizarse metodologías reconocidas bien desarrolladas, que permitan una identificación específica y detallada de los riesgos potenciales de las instalaciones; asimismo, deberán realizar una jerarquización de los riesgos, debidamente sustentada, y la evaluación de ellos a través de modelos matemáticos de simulación aplicables, que tengan como base las condiciones críticas de operación y un posible encadenamiento de eventos, reevaluando las interacciones de riesgo de las instalaciones de riesgo de las instalaciones que conformen los proyectos.

35. Cubrir el consumo de agua requerido durante la etapa de operación de la "Central de Ciclo Combinado Monterrey", de los pozos ubicados dentro de la Central de Ciclo Combinado Huinalá, el cual no podrá exceder los 18 litros/segundo, cuando se utilice gas natural como combustible. En caso de presentarse algún tipo de contingencia y por ello se tenga que trabajar con diesel, el consumo máximo de agua será de 70 litros/segundo.
 36. Elaborar un Programa de Monitoreo de la calidad de las aguas residuales, drenajes acitosos, del lavado químico, sanitario y agua de enfriamiento) en sus parámetros físicoquímicos y de contaminación de hidrocarburos, y presentar a esta Dirección General, en un plazo de 60 días hábiles contados a partir de la entrada en operación comercial de las centrales, un informe de los resultados obtenidos antes y después de que las aguas residuales pasen por la planta de tratamiento y sean vertidas al cuerpo receptor. Posteriormente, los resultados de los monitoreos deberán presentarse en forma semestral.
 37. En la operación de las centrales, mantener un control estricto sobre las concentraciones de emisiones atmosféricas del óxido de Nitrógeno (Nox). de tal forma que siempre estén por debajo del límite de 0.21 ppm que establece la normativa ambiental vigente. Para efecto de lo anterior deberá aplicar las siguientes medidas:
 - a) Utilizar quemadores de baja producción de Nox.
 - b) Aplicar sistemas de inyección de agua en los casos de contingencia, cuando se utilice diesel como combustible.
 - c) Instalar una red de monitoreo continuo de la calidad del aire en área de influencia.
- En lo que respecta a este último punto, presentar a esta Dirección General, en un plazo de 60 días hábiles contados a partir de la recepción del presente oficio resolutivo, la memoria técnica descriptiva de la instalación de la red, indicando la localización en un plano de los puntos donde se localizarán las estaciones de muestreo y la técnica utilizada.
38. Instrumentar un programa calendarizado para efectuar medición continua perimetral de la calidad del aire de la planta y de su área de influencia. Para efecto de lo anterior, deberá presentar a esta Dirección General y a la procuraduría de Protección al Ambiente, de manera semestral, a partir de que entren en operación los proyectos

“Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto” y “Central Turbogás Huinalá”, y durante toda su vida útil, un informe de los resultados obtenidos en las mediciones de los siguientes contaminantes atmosféricos: Nox (Óxidos de Nitrógeno), SO₂ (Acido Sulfúrico), CO (Monóxido de Carbono), CO₂ (Dióxido de Carbono) y partículas suspendidas, e indicar las técnicas utilizadas para el muestreo de hidrocarburos y calibración de equipos; Para la medición de los contaminantes restantes deberá observar lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas vigentes en la materia. (NOM-043 y 045-ECOL-1995).

39. Establecer dentro de las instalaciones de la planta áreas verdes con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas nativas de la región. Para efecto de lo anterior, deberá presentar a esta Dirección General y a la Procuraduría de Protección al Ambiente, en un plazo de 60 días hábiles contados a partir del siguiente a la fecha de recepción de la presente autorización una memoria descriptiva que indique la superficie que se destinará para este fin, con su respectiva localización en un Plano de Distribución de la Planta, así como la relación de especies y número de individuos que serán considerados y el cronograma de acciones de mantenimiento que se llevarán a cabo para garantizar el éxito de estas actividades. No se podrán utilizar especies introducidas, tales como *Eucalyptus* sp. Y *Cassuarina* sp.

La Comisión Federal de Electricidad no podrá:

40. Iniciar la operación de los proyectos “Central de Ciclo Combinado Monterrey y Ramal del Gasoducto” y “Central Turbogás Hualá”, hasta que obtenga la resolución procedente por parte de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.

Abandono Del Sitio.

La Comisión Federal de Electricidad deberá:

41. Desmantelar la infraestructura construida cuando las instalaciones de las obras rebasen su vida útil y no existan posibilidades de renovarlas, destinando las áreas al uso de suelo que prevalezca en el momento de la rehabilitación.

SEPTIMO.- La Comisión Federal de Electricidad deberá elaborar y presentar a esta Dirección General y a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, en un plazo de 30 días naturales contados a partir de la recepción del presente oficio, un Programa General Calendarizado para dar cumplimiento a los Términos y Condicionantes en él contenidos.

Una vez avalado el Programa General Calendarizado y para aquellos Términos y Condicionantes que así lo ameriten, se deberá presentar trimestralmente un informe del cumplimiento de cada uno de ellos. Los informes deberán complementarse con anexos fotográficos o videos.

Los informes deberán presentarse en original a esta Dirección General y a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y enviar copias a las Delegaciones de la SEMARNAP y la PROFEPA correspondientes.

OCTAVO.- La Comisión Federal de Electricidad deberá comunicar por escrito a esta Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, la fecha de inicio de los trabajos para la realización de las obras autorizadas, dentro de los 15 días siguientes a que hayan dado principio. De la misma manera, comunicará la fecha de terminación de dichas obras, dentro de los 15 días posteriores a que esto ocurra.

NOVENO.- La presente autorización a favor de la Comisión Federal de Electricidad es personal. En el caso de pretender transferir los derechos y obligaciones contenidos en este documento, la Comisión Federal de Electricidad deberá solicitarlo por escrito a esta autoridad, que determinará lo procedente y, en su caso, acordará la transferencia.

DÉCIMO.- Serán nulos de pleno derecho todos los actos que se efectúen en contravención a lo dispuesto en la presente autorización.

DÉCIMOPRIMERO.- La Comisión Federal de Electricidad será la única responsable de realizar las obras y gestiones necesarias para mitigar, restaurar y controlar todos aquellos impactos ambientales adversos, atribuibles a la realización y operación de las obras autorizadas, que no hayan sido considerados en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, en el Estudio de Riesgo, modalidad Análisis de Riesgo, en el Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres y en la Información Adicional, presentados. Por lo tanto, la Comisión Federal de Electricidad será la responsable ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, de cualquier ilícito, en materia de impacto Ambiental, en el que incurran las compañías o el personal que se contrate para efectuar la construcción del

proyecto. Por tal motivo, la Comisión Federal Electricidad deberá vigilar, dentro del ámbito de su competencia, que las compañías o el personal que se contrate para construir la infraestructura mencionada en el Término Primero, acaten los Términos y Condicionantes a los cuales queda sujeta la presente autorización.

En caso de que las obras, durante sus diferentes etapas, ocasionaran afectaciones que llegasen a alterar el equilibrio ecológico, se podrá exigir la suspensión de las mismas y la instrumentación de programas de compensación.

DÉCIMOSEGUNDO.- La secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca podrá evaluar nuevamente la Manifestación de Impacto Ambiental o solicitar Información Adicional, de considerarlo necesario, en los términos previstos en el Artículo 23 del Reglamento de la Ley en la materia, con el fin de revalidar la autorización otorgada, modificarla, suspenderla o revocarla si estuviera en riesgo el equilibrio ecológico o se produjeran afectaciones nocivas imprevistas en el ambiente.

DÉCIMOTERCERO.- La Comisión Federal de Electricidad deberá mantener en el sitio del proyecto copia del expediente, de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad General, del Estudio de Riesgo, modalidad Análisis de Riesgo, del Estudio de Riesgo, modalidad Ductos Terrestres, de la Información Adicional y de los planos incluidos en ellos, así como de la presente resolución, para efecto de mostrarlas a la autoridad competente que así lo requiera. Asimismo, para la autorización de futuras obras de la Comisión Federal Electricidad dentro del municipio de Pesquería, Nuevo León; deberá hacer referencia a esta resolución, con el objeto de que se consideren los impactos sinérgicos que se pudieran presentar.

DECIMOCUARTO.- El incumplimiento de cualquiera de los Términos resolutivos o la modificación del proyecto en las condiciones en que fue expresado en la documentación presentada, podrá invalidar la presente autorización, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos que resulten aplicables.

DÉCIMOQUINTO.- La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, vigilará el cumplimiento de los términos establecidos en el presente instrumento, así como los ordenamientos aplicables en Materia de Impacto Ambiental. Para ello ejercerá, entre otras, las facultades que le confiere el Artículo 20 del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

6.3 Tratamiento de Aguas Residuales.

Sistema de Aguas Residuales.

Se definen tres categorías de aguas residuales que serán tratadas en forma independiente:

- Aguas de sanitarios.
- Aguas de precipitación pluvial.
- Aguas residuales de la operación.

El agua residual de sanitarios es llevada a la correspondiente planta de tratamiento existente en la C.C.C. Huinalá. El agua de precipitación contaminada es llevada a la fosa de agua residual equipada con un separador de aceite. Los drenajes durante el arranque y las purgas de las calderas son llevados al proceso de clarificación para ser utilizadas nuevamente en el proceso de generación de energía. Otras aguas residuales no contaminadas de operación son llevadas a la fosa de aguas residuales de la cual son alimentadas al proceso de evaporación /

cristalización regresa al proceso. Los residuos y sales tóxicas serán depositados fuera del área.



Planta de Tratamiento

Funciones del Sistema de Aguas Residuales.

El sistema de aguas residuales consta de tres sistemas separados:

- a) Agua residual operacional: Sus componentes principales, la planta evaporadora y el separador de aceite.
- b) Agua residual sanitaria: El agua residual sanitaria es recolectada por un sistema de desagüe separado y es conducida a una planta ya existente de tratamiento de desechos sanitarios. El punto de interfase es definido de acuerdo al contrato.
- c) Agua pluvial: El agua pluvial no es tratada por el sistema, pero se le permite disiparse (como es el caso en la planta existente).

Descripción del Sistema.

- Todas las aguas operacionales que estén fuera del rango de pH 5.5 a 9 (Medida que indica la acidez y la alcalinidad del agua), son conducidas a la planta de neutralización. El agua neutralizada, es bombeada a la fosa de aguas residuales.
- El agua que pudiera contener aceite de cualquier origen, es tratada por un separador de aceite y luego es liberada a la fosa de aguas residuales.

- El agua de la fosa es evaporada por medio de un evaporador de compresión de vapor, con un cristalizador integrado con una capacidad máxima de 3 m³/h. Los sólidos disueltos son cristalizados en una matriz de sal de Gláuber y se puede disponer de ellos como un desecho sólido.

Guía de Diseño del Sistema / Componentes.

El diseño del sistema de aguas residuales y sus componentes es realizado de acuerdo con los códigos Nacionales e Internacionales aplicables, las normas especificadas de CFE, así como códigos y requerimientos del lugar.

Relación con otros Sistemas

El sistema de aguas residuales está conectado con casi todas las partes de la planta. Las fuentes principales son las plantas de tratamiento de agua. La purga de la caldera puede ser regresada al sistema de suministro de agua por lo que no requiere de capacidad dentro del sistema de aguas residuales.



Estanque de almacenamiento

Modos de Operación.

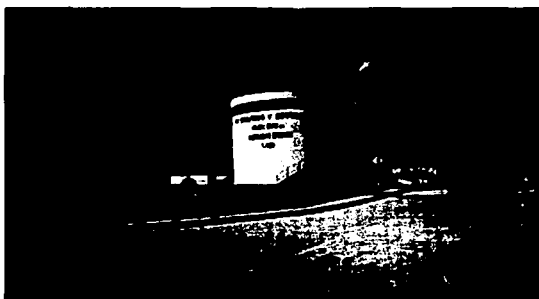
Si es posible, el condensado del vapor es reutilizado para la planta de tratamiento de agua. De otra manera, el agua estará disponible para la irrigación.

Propósito de Aguas Residuales Aceitosas.

Esta sección describe el tratamiento de las aguas residuales aceitosas. También se incluye una descripción del evaporador de aguas residuales.

Guía de Diseño del Sistema / Componentes.

El diseño del sistema de aguas residuales y sus componentes es realizado de acuerdo a los códigos nacionales e internacionales aplicables, las normas de CFE y los requerimientos específicos del lugar.



Tanque de tratamiento de aguas residuales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Evaporador de Aguas Residuales.

- El evaporador de compresión de vapor con su cristizador integrado, tiene una capacidad máxima de 3 m³/h. Los sólidos disueltos son cristalizados en una matriz de sal de Gláuber y después depositados como desechos sólidos. El tamaño del evaporador será determinado junto con el concepto del agua del sitio, en una etapa posterior.
- Dependiendo de la composición de las aguas residuales (a ser verificada con análisis de agua cruda adicionales), serán pretratadas adicionando cal o sosa para favorecer la cristalización dentro del proceso de evaporación.
- El cristizador está integrado en el evaporador de circulación forzada. Los sólidos excedentes son removidos por un hidrociclón para formar una suspensión que cristaliza a una matriz de sal de Gláuber cuando es enfriada.

Diseño del Separador de Aceite.

- Separación de aceite
- La operación de los separadores de aceite está en general, basada en la diferencia entre las gravedades específicas del aceite y su medio acarreador (agua).
- El flujo de agua aceitosa es finalmente distribuido sobre un paquete de placas paralelas inclinadas. En lo alto de cada placa, la película de aceite es concentrada (unida) por los dedos especiales y deja en la placa, como "en la yema de los dedos" una corriente espesa o una cadena creciente de glóbulos grandes. Pueden utilizarse otros componentes de unión.

Recolección del Aceite.

- El agua tratada pasa a través de las aberturas entre los dedos. Así no existe interferencia entre el aceite separado y el agua limpia.
- El aceite separado se recolecta como una capa en lo alto de la superficie líquida en el tanque separador y puede ser removido constantemente, por medio de un tubo colector con ranura.

Remoción de los Sólidos Suspendidos.

Los sólidos suspendidos que pueden estar contenidos en el líquido, se sedimentarán en la parte superior de las placas y serán recolectados por debajo de las mismas. Desde ahí, los sólidos pueden ser removidos constantemente durante el proceso por medio de un dispositivo de succión de sedimentos.

Lista de Materiales.

Como se indicó antes, se proporciona un (1) separador de sólidos / aceite, en el sistema de aguas residuales. El separador de placas consiste en las siguientes partes:

- Cubierta de concreto (parte civil).
- Paquetes de placas de fibra de vidrio, reforzados con poliéster (GRP) o equivalente.

CONCLUSIONES:

Las exigencias de crecimiento de la economía mexicana repercuten en un mejor desarrollo de infraestructura en la generación de energía eléctrica en el país. México promueve un desarrollo progresivo de la industria eléctrica para satisfacer las necesidades de la población, industria, comercio etc.

El propósito de la construcción de la planta de generación de energía eléctrica por ciclo combinado Monterrey II, es suministrar electricidad y capacidad al menor costo.

La participación privada responde a la falta de recursos propios del país, por lo tanto éste ha recurrido al artículo 36 de la Ley Del Servicio Publico que permite otorgar permisos de autoabastecimiento de cogeneracion de producción independiente para generar energía eléctrica destinada a su venta a Comisión Federal de Electricidad, quedando esta obligada a adquirirla en los términos y condiciones que se convengan.

Con esto se ha logrado que empresas líderes en el ramo aporten la tecnología de vanguardia para satisfacer los objetivos primordiales de factibilidad económica, técnica y ambiental.

La construcción de la Planta de Generación de Energía Eléctrica reporta grandes ventajas, como lo es el desarrollo de la industria y de infraestructura por lo que se generan empleos eventuales y de planta de obreros y profesionistas que quedan altamente capacitados en cuanto a conocimientos y tecnología impartidos por los líderes en el ramo.

La economía del país se logra reactivar reflejándose en el crecimiento del mismo.

En cuanto a impacto ambiental la planta tiene una mayor eficiencia que las termoeléctricas convencionales, ya que al trabajar con gas que produce la combustión y el movimiento en las turbinas de gas, producen el vapor que se desprende, el cual es

aprovechado para generar energía adicional, y por lo tanto se reduce al máximo la emisión de partículas contaminantes estando muy por debajo de la norma.

Otras ventajas de este tipo de plantas es que se construyen en un período de tiempo relativamente corto por lo que inmediatamente entran en operación.

- Se logra satisfacer la demanda de energía eléctrica a un menor costo para el país.
- Se reducen las fallas en el sistema.
- Se produce un intercambio de tecnología de vanguardia.
- Se liberan recursos que pueden ser asignadas a otras áreas de desarrollo del país.

Y lo más importante es que durante la construcción de la planta Comisión Federal de Electricidad no asume ningún tipo de riesgo o pago si la obra no se completa o si la capacidad de la central no está disponible y el productor asume el riesgo total de fallas o ineficiencias en el equipo.

Es por ello que se prevé que se construyan más de éste tipo de plantas en los próximos años en el país por todos los beneficios antes mencionados.

BIBLIOGRAFÍA:

Revista Ingeniería Civil. AHORRO DE ENERGÍA. Junio 1999, tomo 363.

Revista Ingeniería Civil. ENERGÍAS ALTERNATIVAS. Mayo 1995, tomo 313.

Revista Ingeniería Civil. INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL Y ENERGETICA.
Febrero 1998. TOMO 346.

Comisión Federal de Electricidad Rev. PROSPECTIVA DEL SECTOR ELETRICO titulo
1999-2006.

Varas Hernandes. ENERGÍA Y SUS TRANSFORMACIONES. Madrid 1972, edit. Dosat.

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos CIMIENTOS PROFUNDOS COLADOS EN
SITIO México 1976 edit. Limusa

Pablo Padilla CIMIENTOS Y ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO España 1980
edit. Barcelona Técnicos Asociados

Eduardo Colangelo EL ACERO EN LAS CONSTRUCCIONES MODERNAS edit. Victor
Leru.

Wionczek Miguel. ENERGÍA EN MÉXICO. México 1982, edit Limusa.

Seminario sobre estrategias alternativas de energía. ENERGÍA PRESPECTIVAS
INDUSTRIALES, México, E.U. 1985-2000.

Rosello Corona. ENERGÍA Y MAQUINAS TERMICAS. México 1983, edit. Limusa.

Arthur Nachtergal ESTRUCTURAS METALICAS EUA 1980 edit. Boome

Juárez Badillo MECANICAS DE SUELOS TOMO 1 edit. Limusa.

Donald H. Marter MOTORES TÉCNICOS edit. Ispanomexicana.

Donald C. Smith. PRINCIPLES AND. PRACTICES OF HEAVY CONSTRUTION edit.
Preticol Hall.

Reynolds William TERMODINAMICA Madrid 1980 edit. Limusa

Richard Balzhiser TERMODINAMICA QUÍMICA PARA INGENIEROS edit. Buenos
Aires.

Benjamin Austin TOPOGRAFÍA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN México 1980 edit. Limusa.

Miguel Angel Saad TRATADO DE CONSTRUCCION edit. Continental México 1990

Pagina Internet www.cfc.gob.com.mx.

Pagina de Internet www.inegi.gob.mx

Pagina de Internet www.cleogas.com

Ing. Rafael Aburto Valdés. DIPLOMADO EN CONSTRUCCION PESADA
www.mineria.unam.mx/construcción

NORMAS Y REGLAMENTOS.

Normas Aplicables de la Comisión Federal de Electricidad.

Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento.

Manual de Diseño de Obras Civiles por sismo.

Normas y Reglamentos de los E.U.A.

American Association of State Higway and Transportation Officials (AASHTO)

American Concrete Institute (ACI)

American Institute of Steel Construction (AISC)

American Iron and Steel Institute (AISI)

American Petroleum Institute (API)

American National Standards Institute (ANSI)

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

American Society for Testing and Materials (ASTM)

GLOSARIO:

Siglas Utilizadas.

- (DOF) Diario Oficial de la Federación.
- (SLPEE) Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- (CRE) Comisión Reguladora de Energía.
- (LFC) Luz y Fuerza del Centro.
- (CFE) Comisión Federal de Electricidad.
- (SEN) Sistema Eléctrico Nacional.
- (OCDE) Organización de Cooperación y Desarrollo Económico.
- (IGCC) Integrated Gasification Combined Cycle.
- (SMD) Servicio Meteorológico Nacional.
- (SIMSA) Servicio de Informática y Meteorología.
- (CNA) Comisión Nacional del Agua.
- (SENEAM) Servicio a la Navegación en el Espacio Aéreo Nacional.
- (SCT) Secretaría de Comunicación y Transporte.

Tipos de Potencia pag. 11:

Potencia Real. Indicado en (W) es la parte de la potencia que gasta el consumidor y transforma en otra forma de energía. Produce trabajo.

Potencia Aparente. Es el producto de la tensión y la intensidad, se indica en VA. La potencia aparente es igual o mayor que la potencia real o que la potencia reactiva. La potencia aparente es una potencia medible.

Potencia Reactiva. Potencia que es necesaria (en corriente alterna mono o trifásica) para la formación del campo electromagnético, por ejem. motores eléctricos y transformadores. Esta es necesaria para el servicio de todos los consumidores, pero al contrario que la potencia real, no puede ser transformada en ninguna forma de energía utilizable.