



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO,  
PLANEACION Y PRESUPUESTO PARA  
DOS UNIDADES DE 32 M. W. DIESEL  
EN PUERTO SAN CARLOS, B.C.S.**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A :  
SALVADOR CASTILLO-JIMENEZ MANJARREZ

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# INDICE

---

INTRODUCCION.....	1
<b>PARTE I:</b>	
ANTECEDENTES.....	4
<b>PARTE II:</b>	
PLANEACION	
Criterios para la selección del tipo de planta..	9
Criterios para la selección del sitio.....	14
Manifestación de impacto ambiental.....	21
Presupuesto y Programas.....	34
<b>PARTE III:</b>	
PROCESO CONSTRUCTIVO	
Alcance.....	53
Cimentaciones.....	56
Chimenea.....	94
Montaje de Casa de Máquinas.....	124
CONCLUSIONES.....	145
BIBLIOGRAFIA.....	148

# INTRODUCCION

---

Con el objeto de mejorar las características operativas del sistema de Baja California Sur, así como satisfacer la demanda futura de energía eléctrica en la región, la Comisión Federal de Electricidad decidió llevar a cabo la construcción de una Central Termoeléctrica de 60 MW misma que quedaría ubicada en Puerto San Carlos, B.C.S.

Esta planta estará constituida en su primera etapa por dos unidades generadoras de 32.5 MW cada una, operadas por motores diesel.

En la elección de una planta operada por motores diesel, entre las demás que el ramo Termoeléctrico ofrece, fue considerado, entre otros, el hecho de que este tipo de unidad en el rango establecido para la planta presenta características operativas convenientes para los sistemas aislados, como en el caso de Baja California Sur.

Se consideró también el aspecto relativo al costo de operación respecto al cuál se puede decir nuevamente que las unidades diesel en el rango de 25 MW a 30 MW operan con costos por KW-H muy semejantes a los que se obtienen con unidades de vapor. No obstante lo anterior no se debe olvidar que el costo de producción va íntimamente ligado al costo del proyecto en su conjunto.

La determinación del sitio ideal para la construcción de la C.T. fue el resultado de 4 etapas de selección:

- Regionalización de la Central
- Selección de sitios preliminares
- Selección de sitios candidatos
- Selección del sitio definitivo

Puerto San Carlos fue el sitio que mayores ventajas presentó, siendo el proyecto de menor inversión requerida.

Los estudios de impacto ambiental que se realizaron para determinar la factibilidad de la obra consistieron principalmente en la formulación de una matriz de Leopold modificada, a partir de la cual se obtuvieron los impactos ambientales adversos significativos, no significativos y los impactos benéficos. Se concluyó que el efecto del proyecto a nivel regional es favorable.

La contratación de la construcción de la C.T. Sn. Carlos B.C.S. fue el resultado de un concurso de Obra Pública el cual fue ganado por la empresa I.C.A. Industrial.

Se realizaron programas de obra generales y por áreas, los cuales especificaron el inicio y terminación de cada actividad, pudiendo así programar los recursos necesarios, tanto humanos como materiales, así como procedimientos constructivos adecuados para la correcta realización del proyecto.

En lo que se refiere a los trabajos de Obra Civil, éstos consisten básicamente en la construcción de las cimentaciones necesarias para estructuras y equipos, así como en la erección de edificios en los que predomina la estructura metálica del tipo de nave industrial.

Dentro de las actividades propias de concreto destacan por su elevado grado de dificultad las cimentaciones masivas para los grupos Motor-Generador que exigieron colados en varias etapas en volúmenes superiores a 1000 m<sup>3</sup>, en condiciones muy difíciles de colocación tomando en cuenta la amplitud de la superficie de contacto, una gran densidad de acero de refuerzo y elevado número de embebidos.

El concreto aquí utilizado requirió el control de su temperatura al momento de su colocación mediante la utilización de hielo en su elaboración.

El colado del fuste de la chimenea de 70 mts de altura realizado por el sistema de cimbra deslizante, se presenta como una operación compleja que exigió una rigurosa planeación de las operaciones y de los recursos ya que esta actividad debe garantizar su continuidad durante las 24 horas del día hasta el siguiente paro programado. Esta actividad debe coordinar en un área reducida y en altura, el trabajo del personal encargado de la operación de la cimbra, los colocadores de concreto y la instalación simultánea del acero de refuerzo y embebidos.

Es de particular interés la producción de los agregados necesarios. Dado que la planta se encuentra en una zona carente de yacimientos pétreos, se hizo necesaria la explotación de bancos ubicados a distancias de 70 a 100 Km del sitio de los trabajos. Si bien la producción de agregados es simple ya que consiste en el cribado de los mismos para su clasific-

cación según las especificaciones de proyecto, el bajo rendimiento de estos bancos requirió el movimiento de 50,000m<sup>3</sup> de material en greña. Para la producción de concreto se instalaron dos plantas (una de producción y otra de respaldo) con capacidad de 45 m<sup>3</sup> c/u, con silos de almacenamiento de cemento para 300 ton, destinándose al traslado 5 ollas revolventoras sobre camión.

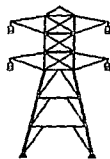
Sin duda, una de las mayores dificultades en la ejecución de este proyecto radica en su lejanía a los centros comerciales o de producción y en las dificultades de acceso.

Así como se mencionó lo relativo a los agregados, igual se puede mencionar la fabricación y traslado de las estructuras metálicas de Monterrey, N.L. que obligó al transporte de las columnas principales por carretera, recorriendo las península. Dificultades semejantes se tuvieron con el traslado de la placa de los tanques, del cemento y del acero de refuerzo y cabe mencionar dificultades serias para el traslado de refacciones, solventes y piezas pequeñas que dificultaron el buen cumplimiento de las actividades.

La misma lejanía obligó a movilizar y encampamentar a la totalidad de los trabajadores especializados y la mayor parte de los ayudantes.

PARTE I

# ANTECEDENTES



# ANTECEDENTES

---

## DATOS GENERALES

### Nombre del Proyecto

Central Termoeléctrica Puerto San Carlos.

### Naturaleza del Proyecto

Generación y Transmisión de energía eléctrica (65 MW), utilizando una mezcla de combustóleo y diésel y radiador como sistema de enfriamiento.

### Ubicación Física del Proyecto

En el Estado de Baja California Sur, en el municipio de Comondú, a 5 Km al norte del Puerto de San Carlos, y a 52 Km de Cd. Constitución (Fig. 1).

Coordenadas: 24°48'48" Latitud Norte  
112°05'07" Longitud Oeste

### Superficie Requerida:

40 ha

### Tenencia y Situación Legal del Predio:

La situación legal del predio estuvo en trámite ante Reforma Agraria por tratarse de terrenos nacionales. Asimismo, se realizaron los procedimientos legales para obtener los derechos de uso del suelo para instalar: la estación de rebombeo, la obra de toma de agua de mar y el combustoleoducto. También se regularizó el tanque de agua dulce adyacente al predio por ser de régimen ejidal. C.F.E. indemnizará a los afectados por la construcción de las líneas de transmisión de San Carlos a Cd. Constitución.

### Vías de Acceso

Marítimo:	Puerto San Carlos
Terrestre:	Carretera estatal No. 22
Aéreo:	Aeropuerto local en Cd. Constitución e Internacional de la Paz y Loreto B.C.S.



FIGURA 1



**OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Esta Central satisfecerá el incremento de demanda y energía del mercado eléctrico de las zonas Villa Constitución y Loreto, del estado de Baja California Sur, a partir de la entrada de su primera unidad en febrero de 1991 y de la segunda unidad en agosto de 1991, quedando así integrada al Sistema de Generación de B.C.S.

El combustible utilizado en esta Central esta inicialmente compuesto de una mezcla combustóleo-diesel.

**JUSTIFICACION DEL PROYECTO****Demanda actual y evolución histórica (Oferta-Demanda)**

La siguiente tabla muestra el incremento en la demanda eléctrica en la zona de Puerto San Carlos, Baja California Sur, para los próximos diez años, previsto por el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico:

**DEMANDA ACTUAL Y EVOLUCION HISTORICA**

	DEM.MAXIMA (MW)	POTENCIA INST. (MW)	POT. INSTALADA P/LA OBRA (MW)
1989	34	43	
1990	58	43	
1991	62	98	65
1992	66	98	65
1993	70	98	65
1994	74	98	65
1995	78	98	65
1996	83	98	65
1997	89	98	65
1998	96	98	65

**Parte de la demanda que la obra cubrirá.**

La C.T. Puerto San Carlos, Unidades 1 y 2, cubrirá básicamente la demanda en energía eléctrica de Villa Constitución y Loreto, B.C.S., y el excedente dentro de los valles de la Curva de Demanda Horária, se enviará a La Paz, B.C.S.

**Cobertura del proyecto.**

El alcance de este proyecto es municipal y estatal, dado que el cien por ciento de su energía se consumirá en el estado de Baja California Sur, principalmente en las Ciudades de Villa Constitución y Loreto.

**Tiempo durante el cual la obra cubrirá la demanda.**

Durante la vida útil de las unidades que nominalmente es de 30 años.

**Participación del proyecto en los planes regionales y/o municipales.**

La participación de esta Central será a nivel estatal y municipal.

**Políticas de Crecimiento**

La C.T. Puerto San Carlos consta de 2 unidades de 32.5 MW, por el momento, no se considera una ampliación futura.

**Proyectos Asociados**

El abastecimiento de combustible a cargo de PEMEX, será el único proyecto asociado.

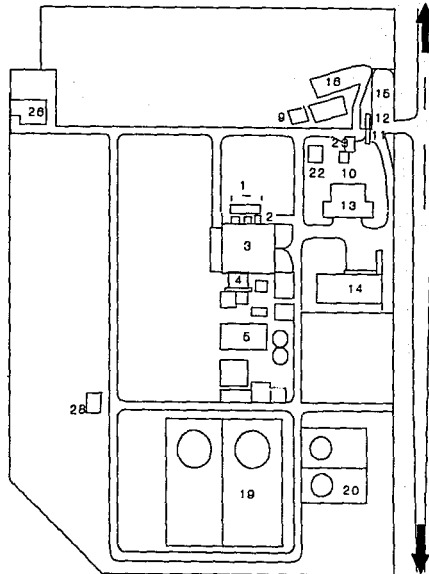
**Etapas de operación**

La C.T. Puerto San Carlos estará operando las 24 hrs; los 365 días del año, durante 20 años. Durante este período se realizarán actividades de mantenimiento, por lo menos dos al año por unidad, provocando una disminución en la capacidad de generación.

# DISPOSICION GENERAL

A CD. CONSTITUCION

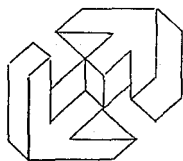
- 1 SUBESTACION ENCAPSULADA
- 2 TRANSFORMADORES
- 3 CASA DE MAQUINAS
- 4 CHIMENEA
- 5 RADIADORES
- 6 TANQUES DE DIA DE COMBUSTOLEO Y DIESEL
- 7 CASETA DE TRATAMIENTO DE DIESEL
- 8 OFICINAS DE OPERACION
- 9 CAPACITACION
- 10 BAÑOS Y VESTIDORES
- 11 CASETA DE ACCESO
- 12 DELEGACION SINDICAL
- 13 TALLER ELECTROMECANICO Y DE INSTRUMENTACION
- 14 ALMACEN GENERAL
- 15 ESTACIONAMIENTO EXTERIOR
- 18 ESTACIONAMIENTO OFICINAS DE OPERACION
- 17 CASETA DE BOMBAS DE COMBUSTOLEO
- 18 CASETA DE BOMBAS DIESEL
- 19 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTOLEO
- 20 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL
- 21 CALDERA AUXILIAR
- 22 COMEDOR
- 23 UNIDAD MEDICA IMSS
- 24 CASETA BOMBAS SERV. GRALS.
- 25 TNOUE AGUA SERV. GRALS.
- 26 ALMACEN DE CHATARRA
- 27 EVAPORADORA
- 28 ALOJAMIENTO MILITAR
- 29 TORRE DE ESTACION METEOROLOGICA
- 30 LABORATORIO



A PTO. SN CARLOS

PARTE II

# PLANEACION



# CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL TIPO DE PLANTA

---

## Análisis Beneficio-Costo

La Gerencia de Proyectos Termoeléctricos (G.P.T.) a través del Anteproyecto López Mateos (ANLP) realizó un estudio<sup>1</sup> para evaluar la instalación en esa central de unidades de generación del tipo Diesel 2 x 34.2 MW. o termoeléctricas convencionales de 2 x 37.5 MW. concluyendo que la opción Diesel es superior económicamente.

Con el fin de realizar comparaciones de los resultados obtenidos en ese estudio con los presentados en COPAR 1985<sup>2</sup> se analizó y adecuó la información que sirvió de respaldo con base en la metodología utilizada en la elaboración del mismo.

La información utilizada por la G.P.T. proviene de diferentes fuentes; en el caso de la central de vapor el costo de inversión tiene como referencia el costo de los equipos principales de la Central Termoeléctrica (C.T.) Punta Prieta ( 2 x 37.5 MW); para los equipos restantes se estimaron con base en datos aportados por el Departamento de Bienes de Capital; los datos de consumo de combustible provienen también de la C.T. Punta Prieta. Los costos de mantenimiento tienen como referencia la C.T. Guaymas I unidades 1 y 2. Los costos de operación fueron obtenidos de la Gerencia de Operación para cuatro unidades de 37.5 MW y ajustándolos para una central de dos unidades.

En el caso de la central Diesel los costos de inversión en equipo de construcción tienen como referencia la propuesta realizada por "Sulzer Hermanos, S.A. México" de fecha 24 de marzo de 1983. El combustible utilizado en la cotización

---

1 "C.T. López Mateos, Estudio Comparativo 2 x 37.5 MW Diesel"; Ing. J. Nessi C., G.P.T. 20 de junio de 1985.

2 COPAR 1985: "Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico, Tomo I: Generación, 1985", Gerencia de Estudios (G.E.). Versión Preliminar.

señalada es de características similares al combustóleo<sup>3</sup> y diesel con el fin de adecuarlas a las especificaciones del combustible propuesto. Las mezclas tienen un contenido de diesel en volumen de 6.848, 11.084 y 19.255% siendo utilizada la última mezcla para esta evaluación por ser una cota superior en costo y la que más se asemeja a la de COPAR 1985. El costo de mantenimiento supuesto por la G.P.T. fue determinado con base en dos fuentes; la parte de refacciones se obtuvo de la "Carta HU/rvj de Siemens" de fecha 25 de agosto de 1983, la parte de mano de obra de la C.T. Nachi-Cocom. El número de horas de operación al año esta respaldado por la cotización realizada por Mitsubishi de México S.A. de C.V. de fecha 1º de febrero de 1984. Adicionalmente este tipo de unidades requieren de lubricantes para el buen funcionamiento de las maquinas; el costo por este concepto se incluye en el costo de operación y mantenimiento.

En el estudio de la G.P.T. los costos fueron actualizados a moneda de 1983, en este trabajo se ajustan a moneda de 1985 con los índices de precios publicado por Diemex-Wharton en febrero de 1985, con el siguiente criterio: en las inversiones realizadas en equipo electromecánico, la parte nacional se actualiza con el índice de productos metálicos, maquinaria y equipo y para la parte importada se utilizan los índices: tipo de cambio controlado y producto nacional bruto en EEUU. En las inversiones realizadas en obra civil se aplica el índice de precios de construcción. El costo de mantenimiento, que involucra materiales, refacciones y mano de obra, se actualiza con el índice industrias metálicas para los dos primeros y con el índice de salario medio anual por trabajador para la última. Al evaluar el costo del combustible se consideraron los precios internacionales del combustóleo, diesel y lubricantes, este último aplicable sólo en el caso de la Central Diesel. La paridad controlada involucrada es de 228.65 pesos por dolar.

En los cuadros 1 y 2 se presenta un resumen del costo del KWh neto generado; el primero de éstos corresponde a la información proporcionada por la G.P.T. actualizada a 1985 mientras que el cuadro 2 contiene los datos de la versión preliminar de COPAR 85, adecuados para ser consistentes con la presentación.

Para realizar la comparación con índices de costos relativos, se considera a la Central Termoeléctrica convencional con vida útil de 30 años como el costo de referencia. En el cuadro 3 se muestran los índices correspondientes a las diferentes opciones, observándose que la unidad diesel conserva, en todos los casos, ventajas sobre la central Termoeléctrica convencional. Así mismo, en el costo de combustible de la unidad diesel se considera la mezcla con mayor contenido de aceite diesel (20%) por lo que el costo total se reduciría, si se suponen las mezclas que involucran desde el 7% de este aceite.

3 El combustóleo considerado proviene de la Refinería de Salina Cruz.

El costo de KWh neto generado en una central de carga variable es superior al obtenido para la térmica convencional, ya que el costo de inversión y la eficiencia de conversión<sup>4</sup> para esta central se encuentran acotados por los de la Termoeléctrica convencional. Por lo anterior, de considerarse una central de carga variable, la ventaja relativa de la unidad diesel se incrementaría.

**CUADRO 1**

**COSTO DEL KWH NETO GENERADO DE ACUERDO CON LOS DATOS  
DE LA GPT  
( en moneda de 1985 )**

**Unidad Diesel 34.2 MW**

Vida Util (años)	20	25	30
Inversión \$/kWh	4.66	4.38	4.21
Op. y Mantenimiento \$/kWh	0.80	0.80	0.80
Combustible \$/kWh	8.60	8.60	8.60
<b>Total \$/kWh</b>	<b>14.06</b>	<b>13.78</b>	<b>13.61</b>

**Central Termoeléctrica 37.5 MW**

Inversión \$/kWh	5.98	5.76
Op. y Mantenimiento \$/kWh	0.69	0.69
Combustible \$/kWh	10.41	10.41
<b>Total \$/kWh</b>	<b>17.08</b>	<b>16.86</b>

<sup>4</sup> Se refiere a la eficiencia en el rango de operación óptimo de la C.T., que es el considerado en este estudio.



CUADRO 2

COSTO DEL kWh NETO GENERADO SEGUN COPAR 85  
( en moneda de 1985 )

Unidad Diesel 30.0 MW

Vida Util (años)	20	25	30
Inversión \$/kWh	6.20	5.81	5.60
Op. y Mantenimiento \$/kWh	1.17	1.17	1.17
Combustible \$/kWh	10.82	10.82	10.82
<b>Total \$/kWh</b>	<b>18.19</b>	<b>17.80</b>	<b>17.59</b>

Central Termoeléctrica 37.5 MW

Inversión \$/kWh		5.52	5.31
Op. y Mantenimiento \$/kWh		1.16	1.16
Combustible \$/kWh		12.80	12.80
<b>Total \$/kWh</b>		<b>19.48</b>	<b>19.27</b>

CUADRO 3

INDICE DE COSTO RELATIVO DEL kWh NETO GENERADO

	Vida Útil (años)	GPT Indice (%)	COPAR Indice (%)
Unidad Diesel 34.2 MW			
	20	83	94
	25	82	92
	30	81	91
Central Termoeléctrica 37.5 MW			
	25	101	101
	30	100	100

# CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL SITIO

---

## **Plan de trabajo**

La selección del sitio se efectuó en 4 etapas:

### **Primera Etapa.**

#### **Regionalización de la Central.**

En esta etapa se delimitó la región por estudiar para seleccionar el sitio de la central. Asimismo se adaptaron a las condiciones de la región considerada, todos aquellos conceptos funcionales de la central, cuyo diseño conceptual son dependientes de dichas condiciones.

De acuerdo con los aspectos funcionales regionalizados, se estableció una lista de las obras y sistemas cuyo costo de construcción y en su caso de operación, es importante y dependiente en gran medida de las condiciones particulares de cada sitio, que llamaremos en conjunto "obras dependientes del sitio". Adicionalmente se determinó el área del terreno necesario para construir la central.

### **Segunda Etapa.**

#### **Selección de sitios preliminares.**

Consistió en determinar, con apoyo en los datos publicados sobre la región por estudiar, disponibles en la C.F.E. y en otras entidades, las áreas (sitios) que se consideraban adecuadas para ubicar la central, considerando como tales, aquellas que mostraban condiciones favorables para construir y operar las obras y sistemas correspondientes a las obras listadas como dependientes del sitio.

### **Tercera Etapa.**

#### **Selección de sitios candidato.**

Este proceso se inicio con una visita a cada una de las áreas preliminares para conocer objetivamente sus condiciones generales, verificar estimativamente la posibilidad de aprovecharla para instalar la Central y comprobar si la lista de obras dependientes del Sitio estaba completa para cada caso.

Adicionalmente, la visita permitió determinar en cada área, la ubicación aproximada del terreno para la Central, de manera de disponer datos reales para estimar los costos de las obras dependientes del Sitio en cada caso, así como obtener información local de interés para el diseño conceptual de las mismas.

Tomando en cuenta los datos ya conocidos y los recopilados en las visitas, se procedió a estimar el grado de importancia del costo para construir y en su caso operar, las obras dependientes del Sitio en las distintas áreas preliminares. Para tal fin se calificó de 1 a 10, el importe estimado de la inversión que requería cada tipo de obra, de acuerdo a las condiciones que ofrecía para su construcción cada uno de los sitios considerados, aplicando el valor 10 a la que requería la mayor inversión, por motivo de ubicarse en el sitio preliminar menos adecuado para construirla.

Con relación a los sitios restantes, los importes de las Obras de un mismo tipo se calificaron estimativamente en proporción al grado de dificultad de ejecución con relación a la de mayor inversión.

La suma de las calificaciones de los importes de todas las Obras pertenecientes a cada sitio se tomo como el índice principal para elegir el sitio candidato entre los preliminares.

Adicionalmente a tal índice, se dió a cada sitio una calificación estimada en puntos, tomando en cuenta otros aspectos que son intangibles o difíciles de valuar monetariamente sin recurrir a un estudio laborioso.

Se eligió como sitio candidato el que mostró el menor índice principal y menor número de puntos adicionales y aquellos cuyos índices no variaron más de un 15% arriba de los pertenecientes al sitio mas atractivo.

#### **Cuarta Etapa.**

##### **Selección del sitio definitivo.**

Se inicio eligiendo dentro del área calificada como sitio candidato, los lugares que se consideraron los más atractivos para ubicar la Central.

Teniendo en cuenta las condiciones particulares de esos sitios, se desarrolló en cada uno de ellos un anteproyecto funcional basado en el arreglo conceptual de la central que se consideró el más adecuado al caso.

El diseño de las Obras dependientes del sitio se elaboró a un nivel de detalle suficiente para obtener volúmenes de obra confiables. Dichos volúmenes se valoraron considerando precios unitarios aplicables a la región en estudio y se obtuvo el importe total de las obras citadas correspondientes a cada sitio candidato.

De estos se seleccionó como definitivo al que mostró requerir la menor inversión.

#### **Desarrollo del trabajo**

##### **Primera etapa.**

##### **Regionalización de la Central.**

La región por estudiar para ubicar la central se delimitó conforme a un círculo de 100 Km de radio, con origen en el centro de gravedad supuesto para las áreas de mayor demanda de energía eléctrica, que serán alimentadas por la futura central. El radio de 100 Km se fijó considerando adecuada esa distancia para la tensión de 115 KV que usará en las líneas de transmisión que enlazarán la Central con el resto del sistema eléctrico de B.C.S.

Las características generales de la región delimitada obligaron a determinar los siguientes aspectos del diseño conceptual de la Central:

- a) Por ser una zona desértica sin ríos permanentes, el sistema de enfriamiento principal empleará agua de mar y el suministro de agua potable se tomará de fuentes subterráneas.
- b) El nivel de desarrollo industrial de la Península de B.C. y su configuración geográfica, obligarán a suministrar los equipos y materiales de construcción por vía marítima hasta puertos existentes en la Península capaces de mane-

jar dicha carga, de donde se transportarán por carretera al sitio de la Central.

El combustible igualmente se suministrará por normas de PEMEX, mediante buques-tanque (30,000 TPM) que necesitarán un atracadero con profundidad de 33' a.BBMI

Las condiciones b) obligarán un sitio bien comunicado por carreteras a un puerto cercano, capaz de recibir la mayor parte del equipo y materiales para construcción y que se pueda adecuar, sin interrumpir dicho movimiento, para atracar los buque-tanque portadores del combustible o bien, cerca del puerto referido y de una costa adecuada para construir económicamente el atracadero para los buques-tanque.

- c) Para evitar la necesidad de un campamento de construcción, el sitio deberá estar cerca de una población que pueda alojar sin problemas socio-económicos a la población flotante que concurrirá al sitio por motivo de la construcción de la Central.
- d) Las dimensiones generales del predio para la Central se estimaron en 500m x 600m, conforme a datos correspondientes a centrales y subestaciones similares (C.T. Punta Prieta) incluyendo las áreas para los tanques para almacenamiento de combustóleo.

Atendiendo a las necesidades expuestas se estableció la lista de obras dependientes del sitio y aspectos adicionales, conforme se indica en la Tabla 1.

#### Segunda etapa.

#### Selección de sitios preliminares.

Con base en la lista de obras dependientes del sitio y las características del área regional determinadas en la Primera Etapa, se seleccionaron las siguientes áreas (sitios) preliminares:

Pto. López Mateos	B.C.S. en Bahía Magdalena, Océano Pacífico
Pto. San Carlos	B.C.S. en Bahía Magdalena, Océano Pacífico
Pto. Escondido	B.C.S. en Costa del Golfo de California.
Pto. Loreto	B.C.S. en Costa del Golfo de California.

**Tercera etapa.**

**Sitios candidatos.**

Los sitios preliminares fueron evaluados conforme a sus índices, que fueron el resultado de sumar, en particular, la calificación estimada de las inversiones requeridas para construir las obras dependientes del sitio y la puntuación asignada a cada sitio con relación a la valoración de los aspectos intangibles.

En la Tabla 1 se muestran los resultados referidos, que indican que el sitio Pto. S. Carlos es el más atractivo y por tanto el elegido como sitio candidato.

**Cuarta etapa.**

**Selección del sitio definitivo.**

Se buscaron en el área de Pto. San Carlos los lugares mas convenientes con relación a lo siguiente:

1. Cercanía al muelle, terrenos situados fuera del área reservada para el desarrollo urbano y portuario.
2. Terreno con elevación y pendiente aceptables.
3. Condiciones favorables para la construcción de la toma de agua para enfriamiento y de la descarga correspondiente.
4. En la figura 2, se muestra la ubicación de los dos sitios, el A y el B que cumplieron en el mejor grado las condiciones expuestas.

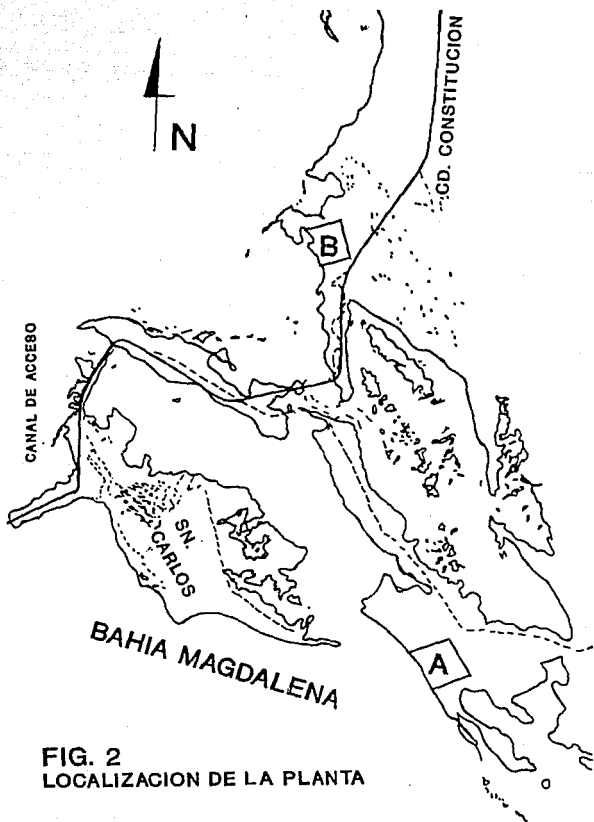


FIG. 2  
LOCALIZACION DE LA PLANTA

TABLA No. 1 CALIFICACION DE OBRAS PENDIENTES DEL SITIO

OBRAS PENDIENTES DEL SITIO	PTO. LORETO	PTO. ESCOND.	PTO. L.MATEOS	PTO. S.CARLOS
1. Sistema de enfriamiento.	6	5	10	7
2. Sis. de agua potable para const.	8	10	7	2
3. Sist. de agua potable para op.	10	10	10	10
4. Descargadero de combustóleo.	7	4	10	2
5. Combustoleoducto	6	3	5	10
6. Camino de acceso	6	3	10	1
7. Líneas de transmisión.	10	8	6	4
8. Terracerías	7	10	3	3
9. Transportación terrestre del equipo	4	2	10	2
10. Dragado en canal de acceso.	0	0	10	1
SUMA	64	55	81	42
‡	152	131	193	100

## CONDICIONES ADICIONALES

1. C. Geotécnicas	1	1	3	3
2. C. Sísmicas	3	3	2	2
3. C. Ecológicas	6	10	1	3
4. C. Turísticas	8	10	1	2
5. Costo del terreno	3	2	1	1
6. Servicios urbanos	1	2	5	4
7. Serv. práctico-portuario para recepción de buques tanque.	2	2	5	1
8. Serv. telefónico	1	1	1	1
SUMA	25	31	19	17
‡	147	182	112	100



# IMPACTOS AMBIENTALES

---

## IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para dar cumplimiento a lo estipulado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente, y con base en la Ley de Obras Públicas, la Comisión Federal de Electricidad realizó la caracterización ambiental de la zona del proyecto termoeléctrico Puerto San Carlos B.C.S.

Mediante la utilización de una matriz de cribado se identifican y describieron los impactos ambientales provocados por las actividades inherentes al Proyecto. Para ello se utiliza una matriz tipo Leopold modificada, colocando parámetros ambientales en el margen izquierdo y como encabezados, las diversas actividades del proyecto, divididas en sus tres etapas: Preliminar, Construcción y Operación.

La matriz de Leopold modificada empleada, pretende identificar los impactos, sin una asignación numérica, calificando cada impacto de la siguiente forma:

- . Efecto desconocido
- . No existe efecto
- . Efecto adverso
- . Efecto adverso significativo
- . Efecto benéfico
- . Efecto benéfico significativo
- . Medida de mitigación

El término "significativo" constituye una calificación cualitativa del grado o importancia que tiene el impacto generado por una acción del Proyecto sobre algún factor ambiental.

La matriz de Leopold modificada para el proyecto C.T. Puerto San Carlos, se presenta al final del tema.

En resumen, se observa que dentro de las acciones del proyecto consideradas para la etapa preliminar, se identifican 20 efectos adversos no significativos para los siguientes

parámetros ambientales: características físicas del suelo; flora ecológicamente importante; fauna terrestre ecológicamente importante y hábitats terrestres. Por otra parte, se identifican 7 efectos benéficos no significativos para los siguientes parámetros ambientales: empleo y comunicaciones. Para la etapa de Construcción se identifican 25 efectos adversos no significativos para los siguientes parámetros ambientales: calidad del aire; flora terrestre ecológicamente importante; fauna terrestre y marina; ecológicamente importante; hábitats terrestres; zonas estéticas y de salud humana. Además en esta etapa se identifican 10 efectos benéficos significativos para el parámetro empleo y economía local; 9 efectos benéficos para el uso del suelo, empleo y economía regional.

En la etapa de Operación, se identifican 8 efectos adversos significativos para los siguientes parámetros ambientales: calidad del agua subterránea; calidad del aire y salud. Se detectan asimismo 19 efectos adversos no significativos para los siguientes parámetros: características físicas y químicas del suelo; calidad del aire; flora y fauna terrestre ecológicamente importante; fauna marina económicamente y ecológicamente importante; especies marinas migratorias; hábitats terrestres y marinos; zonas estéticas y el factor salud.

Por último, en esta etapa preliminar, se requirió la contratación de personal, e indirectamente se iniciaron los empleos secundarios. Por tal motivo, se considera en la Matriz de Impactos que las acciones en esta etapa, tuvieron un impacto benéfico en el parámetro social, y debido a que se repavimentó y amplió la sección de la carretera Cd. Constitución Puerto San Carlos, a la altura del Km 40 aproximadamente, el efecto también es benéfico en el parámetro comunicaciones, aunque de manera no significativa.

En la etapa de Construcción, las acciones de corte, rellenos, nivelación y ejecución de obras civiles, ocasionan cambios permanentes en el suelo, sin modificar su uso potencial; los estudios de uso de suelo determinaron que la vocación del área puede ser industrial, pero la falta de agua frena cualquier establecimiento en este sentido. Anteriormente no se obtenían beneficios del uso del suelo en el área del proyecto. Se consideró que el proyecto en esta etapa tuvo un efecto benéfico a este parámetro. Posteriormente, con la generación de la energía eléctrica, el efecto al uso del suelo se convertiría en benéfico significativo debido al carácter productivo del mismo.

La suspensión de partículas por las acciones de perforaciones, excavaciones, explotación de bancos de material, cortes, rellenos y nivelación, almacenamiento y manejo de materiales, vialidad interna y por último el manejo de residuos sólidos, causan efectos adversos no significativos y de corta duración a la calidad del aire.

En cuanto a la flora y fauna, las acciones de excavaciones, explotación de bancos de material, cortes, relleno y nivelación, y las obras de ingeniería civil, tuvieron un efecto adverso mínimo en la flora, debido principalmente a la remoción permanente de la vegetación de interés desde el punto de vista ecológico. Aunado a lo anterior, la fauna se ve afectada al eliminar algunos hábitats y por la emisión de ruido en la operación de equipo. Estas actividades motivan la migración de las especies hacia zonas aledañas al sitio del proyecto sin originar mayores efectos de consecuencias significativas.

Asimismo las acciones en esta etapa tienen un efecto benéfico significativo porque ofrecen una fuente de trabajo; los requerimientos de mano de obra para el proyecto, son las siguientes:

Funciones	5
Técnicos	60
Empleados	20
Obreros	160

Indirectamente se desarrollaron empleos secundarios, como resultado de incremento en la demanda de servicios asociados a la inmigración de trabajadores para la construcción. De la misma forma, la creación de empleos secundarios y el gasto que realiza el personal, representan un incremento en las actividades comerciales y de servicios en Puerto San Carlos y Ciudad Constitución. El proyecto da empleo a habitantes de la región, por lo que resulta altamente benéfico para la economía local.

Por otra parte, la matriz muestra 7 efectos benéficos significativos para los parámetros; usos del suelo; calidad de vida; producción de alimentos, empleo; economía regional y comunicaciones.

De la matriz de impactos, se desprende que los efectos adversos superan a los beneficios. Aunque, al considerar la magnitud relativa, los efectos benéficos superan a los adversos, sin embargo, esta comparación está restringida por la falta de unidades cuantitativas que permitan hacer confrontaciones. Sin embargo, la situación presentada refleja de cierta manera los objetivos del proyecto: satisfacer necesidades socioeconómicas de la región y del país, por lo que los impactos positivos del mismo se concentran en el medio socioeconómico. Por su parte, los otros parámetros ambientales se ven afectados de manera general de forma no significativa, señalando en algunos casos, la adopción de medidas para mitigar los efectos.

### DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS

A continuación se describen los impactos originados en las etapas preliminares, de construcción y operación.

En la etapa preliminar del proyecto, las principales acciones son las siguientes: apertura de caminos de acceso; desmonte y limpieza del sitio; instalación de bodegas y talleres; estudios de mecánica de suelos, topográficos e hidrológicos. De las acciones antes mencionadas, la apertura de caminos de acceso, el desmonte y limpieza del sitio, ocasionaron la eliminación de la cobertura vegetal, que debido a su escasez, el efecto adverso no fue significativo. Por otra parte, la interacción con el suelo incrementó el riesgo de alterar las características físicas, pero debido a la limitada influencia de estas acciones, el efecto no fue significativo.

En cuanto a los estudios de mecánica de suelos, topográficos e hidrológicos, se realizaron ocasionalmente prespecciones geológicas a través de perforaciones, que debido a lo discontinuo de estas acciones y a lo despoblado de esta región, el efecto adverso no fue significativo. Por otra parte, estas acciones seguramente propiciaron el desplazamiento de la fauna, y en algunos casos, alteración en hábitats terrestres, pero por su limitada magnitud, no fueron de consideración significativa.

Considerando de nuevo las acciones de trazado de caminos de acceso, desmonte y limpieza, y los estudios de mecánica de suelos e hidrológicos, debido al empleo de maquinaria y vehículos, ocasionaron la emisión de gases, suspensión de partículas y generación de ruido, afectando con esto la calidad del aire. Sin embargo, los efectos fueron mínimos y de poca duración, por lo que no tuvieron efectos significativos.

Con respecto a la etapa de operación de la C.T. Puerto San Carlos, la combustión del combustible diesel, originará la emisión de gases y partículas. Los principales gases serán óxidos de nitrógeno y azufre. Esta acción que podría causar efectos adversos significativos a la calidad del aire y a la salud, será minimizada mediante la construcción de una chimenea para aprovechar los mecanismos naturales de difusión y dispersión; así, se garantiza que las concentraciones de los gases emitidos a nivel de piso, no exceda los valores establecidos por la reglamentación oficial. Simultáneamente, la Central originará aguas residuales de tipo industrial y doméstico, que junto a las posibles fugas y derrames accidentales del combustible y debido a un inadecuado manejo, podrían afectar la calidad del agua subterránea y de la Bahía Magdalena. A través de las medidas de mitigación y contingencia que serán implementadas en la Central, se evitará la afectación de hábitats marinos y de las especies presentes, incluyendo las especies comerciales, como la sardina, camarón y

almeja. Es posible que bajo estas circunstancias, se motive la migración de especies comerciales hacia otras áreas en la Bahía, y en el caso de la almeja, se propicien cambios en la distribución espacial de la especie.

Se considera que las fugas y derrames accidentales provenientes de los tanques de almacenamiento y de los conductos de combustible, como posibles fuentes contaminantes importantes para las características físicas y químicas del suelo. En este sentido, la matriz de impactos señala un impacto adverso aunque no significativo; se considera que el abastecimiento de combustible no será continuo y por ello, las probabilidades de fugas del conducto (oleoducto-muelle central) de abastecimiento serán pocas; por otro lado, las fugas y derrames accidentales internos, esto es, de los tanques de almacenamiento de la Central, serán controlados y no representan impactos de índole significativo. Cabe considerar aquí que de presentarse alguna fuga o derrame de combustible, la volatilización de algunos hidrocarburos afectarán de manera no significativa la calidad del aire, el efecto sería mínimo y temporal; la flora y de manera indirecta, la fauna se verían afectadas, como también el aspecto estético del sitio. Sin embargo, la Central contará con medidas de contingencia, y dado el carácter eventual de esta acción, se considera el impacto como no significativo. La salud de los empleados también se vería afectada, aunque solamente por exposiciones prolongadas y directas o ingestiones; la Central también contará con medidas preventivas y de seguridad para evitar efectos adversos; por otra parte, no existen asentamientos humanos próximos que podrían verse afectados por estas eventualidades. Durante la vida útil de la Central que se estima de 20 años, se realizarán actividades de mantenimiento a equipos y maquinaria. Por ello, se considera la posibilidad de efectos adversos no significativos a la salud por el uso de solventes, aunque en pequeña escala. Al mismo tiempo, esta acción representa un beneficio significativo al parámetro empleo, debido a que serán necesarios los servicios especializados en mano de obra y equipo. En relación a los residuos sólidos, se prevee un efecto adverso significativo a la atmósfera, esto debido a que los residuos serán incinerados. Sin embargo, se contarán con dispositivos y sistemas que mitigen el efecto a la calidad del aire. Igualmente el manejo inadecuado de los residuos podría causar efectos adversos significativos a la salud y en menor proporción, al aspecto estético del sitio de disposición.

Las actividades que producirán ruido en la Central, serán las relativas a la generación de energía y al tránsito vehicular; este último será prácticamente inexistente. El ruido generado tendrá un efecto adverso sobre la calidad del aire exclusivamente circundante al área industrial y el efecto será no significativo con motivo al aislamiento de los equipos. No obstante, la fauna terrestre se verá afectada de

manera no significativa, provocando la migración a zonas más alejadas de la Central.

Finalmente, se considera que la generación de energía eléctrica tendrá un efecto benéfico significativo al aspecto socioeconómico; se considera que el proyecto resultará altamente benéfico para la economía local, a través de la generación de empleos, al gasto de los salarios del personal y al pago de impuestos locales. La generación eléctrica también tendrá un beneficio significativo a nivel regional al satisfacer las crecientes necesidades de energía eléctrica. Los ingresos del personal que laborará en la Central, en su mayor parte se distribuirán en la zona donde residen, incrementando la demanda de bienes y servicios y colaborando al desarrollo de nuevas actividades económicas. Asimismo, una proporción de los gastos de operación y mantenimiento de la Central, no relacionados con el pago de salarios, se distribuirán entre proveedores locales o regionales. Como será empleada prioritariamente la mano de obra local, el proyecto no inducirá movimientos migratorios ni afectará las tendencias de crecimiento de la población. Sin embargo, la demanda económica permanente, por efecto de la operación de la Central, propiciará un mejoramiento de los niveles de vida de la población que se reflejará en la demanda de servicios sociales, como: vivienda, servicios médicos, transporte, educación, recreación y servicios urbanos.

#### DESCRIPCION DEL ESCENARIO AMBIENTAL MODIFICADO

Descripción de la conformación resultante del medio sin la implantación del proyecto.

La evaluación de los efectos ambientales que genera el proyecto Puerto San Carlos, requiere considerar la evolución probable que presentará el medio ambiente de no llevarse a cabo el proyecto. Dicha evolución debe partir de las condiciones actuales que presenta el medio ambiente.

Para predecir la evolución de las condiciones ambientales en el área de estudio es necesario determinar las variables más relevantes para su análisis, mismas que, dependiendo de la disponibilidad y características de la información son evaluadas en forma cualitativa.

Con base en el diagnóstico realizado y en las visitas de campo, se seleccionaron las variables del medio ambiente consideradas como más relevantes en el área de estudio. Las variables seleccionadas son:

- \* Climatología
- \* Hidrología

- \* Calidad del Agua
- \* Calidad del Aire
- \* Suelos

**Aspectos Bióticos:**

- \* Flora
- \* Fauna

**Aspectos Socioeconómicos:**

- \* Empleo
- \* Uso de Suelo

Para cada una de estas variables se hace su pronóstico, el cual se basa en la información recopilada. A continuación se presenta la evolución probable de las variables seleccionadas.

**Climatología**

Sólo cambios muy locales y de pequeña escala podría ocurrir en el microclima, dependiendo principalmente de los cambios que ocurran en la cubierta vegetal, la cual se encuentra escasa. De acuerdo con esto se puede asegurar que el clima, en los próximos años, seguirá la tendencia mostrada en el pasado y que se caracteriza por un comportamiento irregular de la precipitación, propia de las zonas áridas.

**Hidrología**

En este aspecto sólo se han considerado las aguas subterráneas, dada la escasa importancia de las corrientes superficiales afectables en el área de estudio. Sin el proyecto se considera que las aguas subterráneas no tendrán una alteración, dado que no se tiene contemplado un aprovechamiento importante de estas aguas.

**Calidad del Agua**

Con motivo de las características marinas en el sitio del proyecto, se evaluó como parte de la caracterización ambiental, la zona marina inmediata al sitio. Actualmente, de acuerdo al análisis fisicoquímico efectuado, se considera que no existen particularidades que diferencien esta zona de otras similares en la costa occidental de la Península. Cabe mencionar que de las observaciones en campo, destaca un azolvamiento gradual en la zona costera y de no presentarse alguna intervención artificial, el proceso continuara.

### **Calidad del Aire**

La principal actividad económica que afecta actualmente la calidad del aire en el Puerto de San Carlos es : la industria pesquera. Sin la implementación del proyecto, se seguirá presentando el procesamiento de productos pesqueros, lo que generará, principalmente la emisión de olores desagradables. Debido al control de las emisiones de la Central, la emisión de gases y partículas producto de la combustión, no afectará la calidad del aire.

### **Suelos**

Los suelos en el área del proyecto son de tipo yermosol, asociado con regosol éutrico y xerosol. El suelo en esta zona se caracteriza por frecuentes inundaciones marinas y escasa vegetación. Se considera que el proyecto hará un uso adecuado del suelo, sin alterar las condiciones naturales.

### **Flora**

La flora natural en el área del proyecto es de matorral espinoso, y hacia la costa, hay manglar. La vegetación terrestre es escasa y no se encuentra perturbada. Sin embargo, hacia Cd. Constitución, a 20 Km. aproximadamente, se encuentran zonas de cultivo. No se prevén cambios sociales importantes o de tipo natural, que pudieran alterar la cobertura vegetal del área. El proyecto tendrá un efecto mínimo, por lo que no se les considera un agente importante que altere la flora.

### **Fauna**

La fauna terrestre se encuentra compuesta básicamente de especies menores, pues los mamíferos de talla mayor han sido desplazados del área de estudio y sus efectos de importancia, si no se dan cambios drásticos en el uso del suelo, lo cual no se contempla en el futuro.

### **Empleo**

No se prevén inversiones para el desarrollo de nuevas fuentes de trabajo importantes en la región que generen una fuerte oferta de empleo.

### **Uso de suelo**

Los estudios de uso del suelo determinan que la vocación del área puede ser industrial, pero la falta de agua ha inducido que su uso sea limitado. Dado que no se cuenta con fuentes potenciales de agua, se considera que en el futuro no habrá cambios significativos en el uso del suelo de la zona de estudio.



## ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

A continuación se describe la conformación resultante del medio ante la implantación del proyecto C.T. Puerto San Carlos, de no tomarse en cuenta medidas de mitigación; Únicamente se describen aquellos factores para los que pueden presentarse efectos significativos:

### Calidad del Agua

En ausencia de acciones de mitigación, se tendrían efectos sobre la calidad de las aguas subterráneas y al agua de Bahía Magdalena, por el vertimiento de aguas residuales ya que la operación del proyecto produce efluentes de agua de diferentes procesos, con alta concentración de aceites; de aguas de servicios sanitarios, con la presencia de materia orgánica y organismos patógenos; y aguas ácidas y alcalinas, de regeneración de desmineralizadores y de limpiezas químicas. El vertido al ambiente de estos efluentes ocasionaría una severa alteración de la calidad de las aguas, con la consiguiente destrucción de la flora y fauna acuáticas y eventualmente pudieran presentarse daños en la salud de las personas. Estos efectos no se darán, ya que se han previsto las medidas de mitigación correspondientes.

### Calidad del Aire

De no tomarse las medidas de control, la operación del proyecto originaría niveles elevados de partículas suspendidas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, sobrepasando las normas nacionales de calidad en el ambiente para estos parámetros. Las fuentes de generación de contaminantes serían las emisiones de gases del quemador y las partículas fugitivas que se suspenderían durante la combustión. Esta situación tendría como efectos la aparición de daños en la vegetación, en la fauna silvestre y doméstica, y el incremento de enfermedades respiratorias en la población de las zonas aledañas a la planta.

### Ruido

Los niveles de ruido máximo permisible en el ambiente, de 68 dB (A) durante el día y 65 dB (B) durante la noche, serán rebasados, durante la etapa de construcción, por el uso de maquinaria pesada y equipos diversos (hasta 84 dB (A) a 120 m de distancia de la fuente de emisión). La generación de ruido se limitará a las horas laborables, y se presentarán sólo durante períodos cortos de tiempo y circunscritos a las áreas de trabajo dentro del predio de la Central. En los límites del predio, el nivel de presión sonora natural se incrementará en no más de 5 dB(A), valor que resulta imperceptible.

### **Salud**

De no tomarse las medidas de mitigación en el manejo de los residuos generados, tanto sólidos como líquidos, se conduciría a la aparición de problemas de salud. Así por ejemplo, una disposición inadecuada del residuo orgánico, tendería a favorecer la proliferación de organismos nocivos para la salud, originándose también la emisión de malos olores; la disposición inadecuada de los residuos líquidos contaminaría el manto freático y el agua costera de la Bahía, perjudicando también la salud. Estos problemas serán evitados con la adopción de las medidas de mitigación.

### **Empleo**

En varias fases de las actividades relacionadas con el proyecto se presentarán efectos benéficos sobre los niveles de empleo en la región. Particularmente durante la construcción y la operación.

### **Economía Regional**

El desarrollo del proyecto representa un incremento en la capacidad de generación de energía eléctrica de la región. Esta capacidad instalada satisfará las crecientes necesidades de energía de las industrias de la transformación que se han desarrollado en el Puerto y de la población en busca de mejores posibilidades de vida. El suministro, seguro de energía eléctrica es, entre otros servicios, un detonador del desarrollo económico de una región.

### **Uso del Suelo**

La instalación de la Central abre las posibilidades del desarrollo industrial regional, lo que ocasionará el uso adecuado del suelo.

## **MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**

### **ACCIONES Y MEDIDAS PARA PREVENIR Y MITIGAR EFECTOS**

#### **SIGNIFICATIVOS**

A continuación se describen las medidas y acciones adoptadas en las distintas etapas del proyecto.

#### **Etapas Preliminar**

Las acciones realizadas afectaron de manera insignificante al medio debido básicamente a la poca interacción con el medio. Por tal motivo, no fue necesario adoptar medidas preventivas o de mitigación de impactos. Aunque cabe mencio-

nar que las acciones de apertura de caminos, desmontes y limpieza, originaron la suspensión de polvos y para mitigar el efecto adverso a la calidad del aire y a la salud del personal laborando, se emplearon camiones cisterna para rociar los sitios con agua y así evitar la suspensión de partículas.

#### **Etapa de Construcción**

A fin de mitigar el efecto adverso a la calidad del aire debido a suspensión de partículas por las acciones de explotación de bancos de material; cortes, rellenos y nivelaciones; velocidad interna y manejo de los residuos sólidos generados, se emplearon camiones cisterna para rociar los sitios con agua y evitar la suspensión de partículas.

En cuanto a los residuos generados, se aplican diferentes medidas de acuerdo al tipo de residuo (orgánico e inorgánico): el residuo orgánico generado de comedores principalmente, se dispone en fosas de estabilización, y posteriormente, serán incinerados y finalmente dispuestos junto con los residuos inorgánicos, como relleno en los bancos de préstamo. De esta forma se evitan: malos olores; efectos sobre la salud del personal; proliferación de fauna nociva y no se altera la estética del sitio.

En relación al incinerador, para mitigar los efectos adversos significativos a la calidad del aire, por la emisión de gases producto de la combustión de los residuos, se instalará un lavador de gases; la incineración por otra parte, será completa y eficiente a través de dos cámaras de combustión. Posteriormente, las cenizas serán depositadas como relleno sanitario en los bancos de préstamo. Cuando los bancos sean saturados, se procederá a la restitución del sitio.

#### **Etapa de Operación**

Los principales contaminantes del aire que serán emitidos durante la operación de la Central, serán el bióxido de azufre, óxido de nitrógeno y partículas suspendidas totales. Estos compuestos serán dispersados a través de una chimenea de 70 metros de altura, asegurando de esta forma una difusión adecuada para no rebasar las normas de calidad del aire.

En relación a los distintos efluentes de aguas residuales que producirá la central, se instalarán tratamientos independientes, tal y como se indica a continuación:

#### **Aguas sanitarias**

Las aguas negras y del comedor, serán conducidas a una fosa séptica, la cual estará construida de concreto impermeable. Aquí se desarrollará la sedimentación de la materia orgánica y su descomposición anaeróbica, el agua posteriormente será clorada y conducida al drenaje general de la Central.

### **Drenaje de grasas y aceite**

El agua con grasas y aceite, proveniente del lavado de equipo y derrames accidentales de combustóleo, se conducirá a una fosa receptora, en donde por diferencias de densidades, el aceite se vierte a un colector. El aceite será extraído por bombeo intermitente y el agua libre de grasas y aceites, se conducirá al drenaje general. La fosa receptora estará constituida básicamente por un canal de aceite, una fosa para el aceite, una sección para el agua y elementos para la regulación de la velocidad del drenaje de la fosa.

### **Drenaje químico**

El drenaje de la planta desmineralizadora se conducirá a la fosa de neutralización en donde recibirá tratamiento químico para obtener un pH neutro.

Con respecto a fugas y derrames accidentales, la Central contará con sistemas de detección y equipo para contrarrestar algún percance y para evitar la dispersión en áreas circundantes a los depósitos de combustible, se construirán barreras de contingencia. Las fugas y derrames serán colectadas por medio del drenaje respectivo. Por otra parte, se realizarán inspecciones periódicas al oleoducto (trayectoria Puerto San Carlos- Central) para detectar fugas, además se realizarán maniobras de mantenimiento como parte de un programa preventivo permanente.

### **Residuos sólidos**

El manejo de los residuos sólidos, se hará de la siguiente forma: recolección y almacenamiento en recipientes y sitios adecuados; transporte mediante vehículos cerrados y disposición según el tipo de desecho. Los residuos metálicos serán almacenados en un área que se ha localizado dentro del predio de la Central. Posteriormente se pondrán a la venta conforme a los procedimientos estipulados por la SHCP.

### **ACCIONES PARA CONSERVAR LOS IMPACTOS BENEFICOS**

Dada la característica propia del proyecto, sus principales efectos son benéficos, ya que se plantea como una instalación indispensable para el desarrollo económico de la región. Algunos de los beneficios, adicionales son los relacionados con el empleo temporal de personal para la construcción de la obra y los empleos permanentes en la operación de la Central. Durante la construcción se capacitará al personal dedicado a la obra, por lo que se dejará un beneficio permanente en la región.

### CONCLUSIONES

Se detectan ocho efectos adversos significativos los cuales requerirán medidas de mitigación. Las acciones que generarán estos impactos son:

- 1) La quema de combustible para la generación de vapor (emisiones atmosféricas).
- 2) Generación de aguas residuales (industriales y domésticas).
- 3) Fugas y derrames accidentales (son consideradas como potenciales y se instalarán medidas preventivas)
- 4) Generación de residuos

Para los impactos adversos no significativos también se considerarán medidas de mitigación (en la etapa de construcción), aunque debido al carácter reversible a corto plazo, no fueron requeridas medidas de mitigación permanentes, aunque sí temporales en ciertos casos, por ejemplo: manejo y disposición de residuos, explotación de bancos de material, apertura de caminos de acceso y vialidad interna.

Con base en el análisis efectuado en los capítulos precedentes y dado que la implementación del proyecto durante sus diversas etapas se lleva a cabo bajo estrictas normas de protección ambiental, se concluye que su efecto a nivel regional será favorable.

# ACCIONES DEL PROYECTO

PARAMETROS AMBIENTALES		PRELIMINARES										CONSTRUCCION										OPERACION									
		APERTURA CAMINOS DE ACCESO	DESPEJE Y LIMPIEZA	INSTALACION DE BOLEGAS Y TALLERES	ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS	ESTUDIOS TOPOGRAFICOS	ESTUDIOS HIDROLOGICOS	EXCAVACIONES	PERFORACIONES	EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES	CORTES, RELLENOS Y NIVELACIONES	ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES	EJECUCION DE OBRAS CIVILES	OPERACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIA DE CONSTRUCCION	VALIDADAD INTERNA	INSTALACIONES DE MAQUINAS, EQUIPOS Y ESTRUCTURAS	RESIDUOS SOLIDOS	EMISIONES ATMOSFERICAS	EMISIONES DE AGUAS RESIDUALES	FIUGAS Y DERRAMES ACCIDENTALES	MANUTENIMIENTO DE EQUIPO Y MAQUINARIA	RESIDUOS SOLIDOS	RUIDO	GENERACION Y TRANSMISION ELECTRICA							
AGUA	NIVEL FREATICO																														
SUBTERRANEA	CALIDAD																	X	X												
	USO DE AGUA																														
SUELO	CARACTERISTICAS FISICAS	a	a		a	a	a												A												
	CARACTERISTICAS QUIMICAS																		A												
	USOS										b		b										B								
ATMOSFERA	CALIDAD DEL AIRE	a	a		a	a	a	a	a	a							X		A		X	a									
FLORA TERRESTRE	ECONOMICAMENTE IMPORTANTE																														
	ECOLOGICAMENTE IMPORTANTE	a	a		a			a	a	a		a	a							a											
FAUNA TERRESTRE	ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCION																														
	ECONOMICAMENTE IMPORTANTE																														
	ECOLOGICAMENTE IMPORTANTE	a	a	a	a			a	a	a		a	a							A			a								
FAUNA MARINA	ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCION																														
	ESPECIES MIGRATORIAS																														
	ECONOMICAMENTE IMPORTANTES																		A	A											
	ECOLOGICAMENTE IMPORTANTES																		A	A											
HABITATS	ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCION																														
	ESPECIES MIGRATORIAS																		A	A											
ZONAS ESTETICAS Y RECREATIVAS	TERRESTRES	a	a	a	a			a	a	a	a		a	a						A											
	MARINOS																			A	A										
SOCIALES	DEMOGRAFIA																														
	CALIDAD DE LA VIDA																						B								
	SALUD																		A	X	X	B	X	A							
	PRODUCCION DE ALIMENTOS																						B								
	EMPLEO	b	b	b	b	b	b	b	B	B	B	B	B	B	B	B				B			B								
ECONOMICOS	ECONOMIA LOCAL							b	b	b	b	B	B		B								B								
	COMUNICACIONES	b																					B								

## SIMBOLOGIA

- b EFECTO BENEFICO
- a EFECTO ADVERSO NO SIGNIFICATIVO
- A EFECTO ADVERSO SIGNIFICATIVO
- B EFECTO BENEFICO SIGNIFICATIVO
- / MEDIDA DE MITIGACION
- ? EFECTO DESCONOCIDO
- NO EXISTE EFECTO

# MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES

## C.T. PUERTO SAN CARLOS

# PROGRAMAS Y PRESUPUESTO

---

La contratación de la construcción de la C.T. Sn. Carlos B.C.S. fue el resultado del concurso de obra pública SDC-GPT-11/88 con fecha 29 de Septiembre de 1988. Comisión Federal de Electricidad entregó, entre otros, dentro del paquete de concurso:

- \* Catálogo de Conceptos con volúmenes de obra;
- \* Especificaciones Generales; y
- \* Programa General de Construcción.

La contratista, tomando como base lo anterior, propuso sus procedimientos constructivos, sus programas de obra particulares y su presupuesto final.

El propósito de este capítulo es mostrar primero, el programa general de construcción propuesto por C.F.E, incluyendo fechas claves; y después los programas y costos directos referentes a la construcción de las principales Obras Civiles de la Central:

- \* Cimentaciones
- \* Cimentación Motor Generador
- \* Chimenea
- \* Montaje Casa de Máquinas
- \* Cimentación de Tanques de Combustible





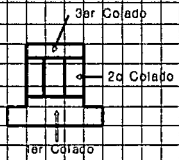




## PROGRAMA CIMENTACION DEL GENERADOR

### UNIDAD 2

DESCRIPCION	1989												1990												1991			
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
<b>PRIMER COLADO</b>																												
Habilitado de Acero				■																								
Colocacion de cimbra				■	■																							
Colado de concreto				■																								
<b>SEGUNDO COLADO</b>																												
Habilitado de Acero					■	■																						
Colocacion de cimbra					■	■																						
Colado de concreto					■																							
<b>TERCER COLADO</b>																												
Habilitado de acero						■	■	■																				
Coloc. de embabidos						■	■	■																				
Colocacion de cimbra						■	■	■																				
Colado de concreto								■																				







## PRESUPUESTO

CONCEPTOS DE OBRA (UNIDAD)	CANTIDAD	IMPORTE
<b>1.0 EXCAVACION. (M3)</b>		
1.1 Hasta 1.5 m de profundidad para cimentación de edificios y equipo en general, para alojar tuberías, ductos, trincheras y registros.	25,116	248'676,800
1.2 Hasta 2.5 m de profundidad para cimentación del edificio de Casa de Maquinas, cimentación del motor generador y chimenea; con acarreo libre de 0.5 Km.	4,756	58'246,256
<b>2.0 BOMBEO (hrs)</b>		
2.1 En diámetro de succión de 51mm	144	2'148,170
<b>3.0 SOBRE ACARREA ( m3- Km )</b>		
3.1 Sobreacarreo de material sobrante de excavación y/o relleno, incluye la transportación del material hasta el sitio requerido a partir del acarreo libre de 0.5 Km.	360	343,587
<b>4.0 PLANTILLA (m3)</b>		
4.1 Plantilla de 5 cm, de espesor incluye suministro y transportación y colocación del concreto de f'c = 100 kg/cm2.	10,542	258'636,584
<b>5.0 RELLENO ( M3 )</b>		
5.1 Relleno en cimentaciones con material producto de la excavación, al 95% Porter en capas de 20 cm de espesor.	20,695	317'500,620

5.2 Relleno con material granular bien graduado tamaño máximo de agregado 3/4", de espesor variable ( con un mínimo de 0.15m en el paño interior del anillo de concreto) compactado al 100% de su peso volumétrico seco máximo, para cimentación en tanques.	643	66'051,468
5.3 Relleno con material granular bien graduado tamaño máximo de agregado de 2", compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo	1,670	171'548,913
<b>7.0 ACERO DE REFUERZO (Kg)</b>		
7.1 Suministro de acero de refuerzo $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en cualquier diámetro según se indique en los planos de diseño para la construcción de todas las estructuras; se incluye suministro, carga, transporte, descarga, selección por diámetros, almacenamiento, maniobras, pruebas, desperdicio de acero de arteificio, etc.	1'384,087	2,696'316,915
7.2 Suministro de acero de refuerzo $f'y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ en diámetro 1/4" (alambreón).	4,578	12'445,796
7.3 Malla electrosoldada 6 x 6 - 6/6 - marca ENSA para losas de piso. ( unidad en m <sup>2</sup> )	5,260	39'746,874
<b>8.0 ACERO DE REFUERZO. (Kg) .</b>		
8.1 En zapatas, contratrabes y elementos de cimentación.	44,083	31'540,504
8.2 En columnas, castillos, trabes y dalas de superestructura.	20,497	14'665,193
8.3 En losas de entrepiso, rampas de escalera, repizones.	15,714	11'243,052
8.4 En losas de paso.	10,675	7'637,749
8.5 En cimentación.	107,140	61'306,579
8.6 En superestructura.	104,860	85'534,302

8.7 En losas de piso.	12,792	7'856,078
8.8 En soportes de tubería.	6,000	3'684,840
8.9 En cimentaciones de equipo principal, secundario y misceláneo.	277,694	158'899283
8.10 En superestructura de equipo principal, secundario y misceláneo.	165,606	131'729,636
8.11 En cimentación de chimenea.	31,180	19'148,885
8.12 En fuste de la chimenea.	45,820	31'804,120
8.13 En cimentación de tanques verticales de tipo atmosféricos.	152,000	93'349,280
8.14 Habilitado y colocación de Acero de refuerzo f'y = 2530 kg/cm <sup>2</sup> en diámetro de 1/4" (alambón par estribos y/o refuerzo complementario.	4,578	4,324470
8.15 Habilitado y colocación de malla electro soldada 6 x 6 6/6 ENSA o similar en losas de piso y otros elementos indicados en planos de diseño.	5,260	42'066,640
<b>9.0 CIMBRA ( M2 )</b>		
9.1 En cimentación de edificios auxiliares.	4,235	212'465,657
9.2 En columnas, castillos, trabes, dalas y cerramientos.	1,644	91'054,123
9.3 En losas de entrepiso o azotea, rampas, faldones y gárgolas.	2,365	142'576,492
9.4 En cimentaciones de los edificios de casa de Maquinas y auxiliares de procesos así como soportes de tubería y ductos de gases.	3,152	133'068,961
9.5 En superestructura de edificio de casa de maquinas y auxiliares de proceso.	3,966	219'754,830



9.6 En losas de piso, banquetas guarniciones y pavimentos de concreto.	3,880	179'717,487
9.7 En cimentación de base del motor-generador.	1,910	115'081,129
9.8 En cimentación de equipo principal y misceláneo.	704	35'335,654
9.9 En cimentación de chimenea.	64	3'418,981
9.10 En cimentación de tanques verticales del tipo atmosférico y muros de contención de derrames.	5,896	248'913,260
9.11 En el Fuste de la chimenea.	2,339	103'407,844
9.12 Elementos de superestructura.	1,072	75'306,306
<b>10.0 ELEMENTOS METALICOS EMBEBIDOS ( M2 )</b>		
10.1 Elementos Metálicos embebidos ASTM-A36 o similar.	66,380	436'805,624
10.2 Colocación de elementos metálicos embebidos en concreto.	39,200	63'017,136
<b>11.0 CONCRETO ( M3 )</b>		
Concreto f'c = 150 kg/cm2 en:		
11.1 En firmes.	146	37'557,374
11.2 En banquetas y guarniciones.	194	75'326,877
11.3 Registros y trincheras.	314	85'845,380
Concreto f'c = 200 kg/cm2 en:		
11.4 Zapatas, contratraves, cadenas y otros elementos estructurales.	882	241'132,560
11.5 Columnas, castillo, cerramientos y dalas de superest.	179	61'598,691

11.6 Losas de entrepiso y azotea rampas de escaleras, faldones, gárgolas, rodapiés, repisones.	248	85'343,439
11.7 En castillos ahogados de muros construidos con block hueco incluye colocación de 1 varilla del # 3 o # 4.	60	2'628,988
11.8 Losas de pisos y pavimentos de concreto de espesor 15 cm.	3,428	204'967,216
11.9 En cimentación de edificio de casa de maquinas.	1,739	969'864,392
11.10 En superestructura de edificio de casa de maquinas.	1,685	455'274,088
11.11 En soportes para tuberías y ductos de gases.	173	46'743,266
11.12 Cimentación de equipo principal y secundario.	618	166'978,835
11.13 Cimentación de tanques verticales de tipo atmosférico.	1,863	503'368,236
11.14 En losas de piso de 25 cm de espesor con endurecedor químico Piso Fort 1390 de Resikon.(M2)	3,000	505'368,236
11.15 Idem al anterior pero sin endurecedor.	655	35'497,915
11.16 En losa de 10 cm de espesor con terminado con llana de acero	956	56'518,969
Concreto fabricado con cemento Puzolánico para una resistencia como se indica:		
11.17 Cimentación del motor-generador $f'c = 225 \text{ kg/cm}^2$ .	1,920	561'489,216
11.18 Pedestal del motor-generador $f'c = 225 \text{ kg/cm}^2$ .	1380	403'570,379
11.19 Cimentación de la chimenea $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	318	66'938,951
11.20 Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en el fuste de la chimenea.	439	163'268,802

## 12.0 BANDA DE PVC ( M )

12.1 P.V.C. de 6" de ancho.	30	2'595,255
-----------------------------	----	-----------

14.0 ESTRUCTURA DE ACERO Y TANQUES  
( Kg )

Suministro de acero-estructural  
ASTM-A-283, ASTM-A-285 y ASTM-A-  
36, en forma de:

14.1 Almacén, pórtico de acceso a la planta y Taller Mecánico Eléctrico.	188,850	323'435,841
--	---------	-------------

14.2 Casa de Maquinas, soportes de tubería, ductos de gases y estructuras misceláneas.	1'137,000	1,947'294,420
--	-----------	---------------

14.3 Para el cuerpo, fondo y techo de los tanques de armado en campo.	863,000	1,419'013,640
--	---------	---------------

14.4 Para la estructura de soporte del techo de los tanques de armado en campo y escaleras de los mismos	45,350	132'893,640
--	--------	-------------

14.5 Tubo de acero al carbón sin costuras A-53 grado B o C par uso en tanques.	1,000	8'140,000
--	-------	-----------

14.6 Acero al carbón A-105 Clase 150 para tanques (bridas).	1,200	9'768,000
--	-------	-----------

14.7 Riel de diferentes calibres y peso para grúas viajeras en e- dificio de proceso.(Excepto Casa de Maquinas).	4,860	26'358,015
---	-------	------------

14.8 Tornillos de alta resistencia ASTM-A-325, con tuercas y rondanas	25,000	149'261,750
--	--------	-------------

14.9 Tornillos ASTM-307 con tuerca y rondana.	5,000	19'968,900
--	-------	------------

14.10 Escalones con nariz protec- tora antiderrapante a base de soleras de acero A-36 de 5 x 32 mm. Con soportes para ser atornillados.	112	14'507,315
--	-----	------------

14.11 Barandal con tubo de acero al carbón ASTM-A-43 grado B.	2,100	25'198,635
14.12 Fabricación y montaje de riel de diferente calibre y peso, para el taller y demás edificios auxiliares.	4,860	1'198,622
14.13 Fabricación y montaje de riel para grúa en casa de maquinas.	9,180	2'264,063
<b>15.0 ESTRUCTURA DE ACERO (FABRICACION)</b>		
15.1 Para el Almacén, pórtico de acceso a la planta y taller Mecánico Eléctrico.	188,850	80'331,124
15.2 Para casa de maquinas, soportes tuberías, soportes de ductos de gases y estructuras misceláneas.	1'137,000	661'017,690
15.3 Para estructura de soporte de techo de tanques y escaleras.	45,350	17'750,897
15.4 Fondo, cuerpo y techo de los tanques de armado en campo tipo atmosféricos.	865,200	232'721,496
15.5 Rejilla de acero electroforjado con soleras cargadoras de acero ASTM-A-36 de 5 x 38 mm.	400	204'306,172
<b>16.0 ESTRUCTURA DE ACERO (MONTAJE)</b>		
16.1 Almacén, pórtico de acceso a la planta y Taller Mecánico Eléctrico.	188,850	111'083,459
16.2 Casa de maquinas, soportes de tubería, ductos de gases y estructuras misceláneas así como traves de carril.	1'142,300	593'504,811
16.3 Estructura soporte del techo de los tanques de armado en campo y escaleras de los mismos.	45,350	24'594,212
16.4 Montaje de fondo, cuerpo y techo de tanques de armado en campo, incluyendo boquillas y accesorios correspondientes.	865,200	610'960,980

16.5 Montaje de rejilla de acero electroforjado ASTM-A-36 con so- leras de carga de 5 x 38 mm.	400	5'106,208
16.6 Montaje de escalones metáli- cos con nariz protectora antide- rrapante.	112	2'194,877
16.7 Montaje de barandal tubular	2,100	1'263,339
<b>17.0 ESTRUCTURA DE ACERO (TRANSPORTE) (Kg)</b>		
17.1 Transporte al sitio de la planta de estructura y tanques de armado en campo.	2'250,000	951'255,000
<b>18.0 ESTRUCTURA DE ACERO Y TAN- QUES (REC. ANTICORROSIVA) (M2)</b>		
18.1 Limpieza y recubrimiento primario en taller.	27,400	397'330,414
18.2 Recubrimiento definitivo.	27,400	305'135,442
18.3 Recubrimiento anticorrosivo mediante galvanizado por inmer- sión en caliente.	133	3'129,756
Preparación de la superficie, sumi- nistro y aplicación de recubrimiento primario y definitivo en el cuerpo, fondo y techo de los tanques de ar- mado en campo.		
18.4 En superficies interiores.	9,700	261'589,891
18.5 En superficies exteriores.	9,700	194'758,055
<b>19.0 TANQUES DE ARMADO EN CAMPO. PRUEBAS. (Lote).</b>		
19.1 Tanque de almacenamiento de combustóleo de 10,000 m3 de capa- cidad de 30 m x 15 m de altura a- proximadamente.	2	5'920,000

Programas y Presupuesto 49

19.2 Tanque de almacenamiento de diesel de 3,000 m3 de 19 x 11.60 m de altura.	2	4'440,000
19.3 Tanque de mezclado de combustóleo de 35 m3 y 4 x 3 m de altura.	2	4'440,000
19.4 Tanque de agua de servicios de 10 m3 2.5 x 2.2 de altura.	2	4'440,000
19.5 Tanque de agua contra incendio de 1,200 m3 15 x 7.40m de altura.	1	2'220,000
19.6 Tanque colector de drenajes de combustóleo de 150 m3, 7 x 4.3 de altura.	1	2'220,000
19.7 Tanque de día de diesel de 140 m3, 7 x 3.90 m de altura.	1	2'220,000
19.8 Tanque diario de combustóleo de 70 m3, 5 x 3.90 de altura.	2	4'440,000
19.9 Tanque de aceite de desecho de 45 m3, 3.8 x 2.6 m de altura.	1	2'220,000
19.10 Tanque separador de agua y lodos de 10 m3, 2.3 x 2.6 m de altura.	1	2'220,000
<b>20.0 LAMINA PARA TECHOS Y MUROS (M2)</b>		
20.1 En muros: Lamina Pintro RL-100 o similar, calibre 24 acabado Poliester siliconizado.	9,344	423'587,908
20.2 En techos o cubiertas: Lamina calibre 18 galvanizada por inmersión en caliente con aislante térmico de Poliuretano de 38 mm de espesor o 25 mm como mínimo y un acabado exterior o interior de Poliester siliconizado.	7,016	1,014'624,032

**21.0 CHIMENEA**

Suministro de acero estructural  
NOM B-254 para Fabricación de:

21.1 Tiros, ceniceros, bridas,  
conductos de conexión con el  
conducto de gases, guías, sopor-  
tes de los tiros, apoyos latera-  
les, atiezadores, plataformas,  
escaleras, barandales, acero em-  
bebido. ( Ton ) 31.85 103'449,055

21.2 Suministro de rejilla de a-  
cero electroforjado con solera  
5 x 25 mm. ( m2 ) 15 57'899,161

Suministro de acero inoxidable  
ASTM-A-240 Tipo 316 para:

21.3 Parte superior de tiros y  
estructura de la plataforma su-  
perior. ( Ton ) 4.9 100'002,179

21.4 Rejilla con soleras cargan-  
dola de 5 x 38 mm. ( M2 ) 30 110'534,761

21.5 Barandal para plataforma su-  
perior, interior y ext. ( M ) 30 21'978,000

Fabricación y montaje con acero  
estructural NOM B-254 , protec-  
ción anticorrosiva en:

21.6 Tiros de acero, ceniceros,  
ductos y bridas de conexión con  
los ductos de gases. ( Ton ) 23.6 77'847,383

21.7 Estructuras para plataformas  
inferiores guías, soportes de los  
tiros, apoyos laterales, atiesado-  
res, escaleras y barandales. 9.23 24'109,187

21.8 Rejilla de acero electrofor-  
jado en solera de 5 x 38 mm. 15 402,783

Fabricación y montaje con acero  
ASTM-A-240 TIPO 316 , de:

21.9 Tramo superior, de los tiros  
de acero y estructura de la pla-  
taforma superior, interior y ex-  
terior. ( Ton ) 4.9 16'547,912

21.10	Rejilla con solera de 5 x 38 mm. para la plataforma superior. ( M2 )	30	1'208,591
21.11	Barandal para la plataforma superior, interior y exterior. ( M )	30	3'279,311
21.12	Escalones Metálicos a base de soleras de 5 x 38 mm, con nariz protectora antiderrapante y ancho de 76 mm. ( Pza )	20	3'901,772
21.14	Acero embebido NOM-B-254 para soporte de plataformas, escaleras, ménsulas. ( Kg )	620	2'043,960
21.15	Juntas de expansión requeridas para los tiros (Lote de 3 juntas por cada tiro) y un lote de repuesto para cualquiera de los tiros. ( Lote )	3	214'452,000
21.16	Elevador de tipo de cremallera con capacidad de 400 kg. ( Pza )	1	354'548,800
21.20	Sistema de controles y alarmas. ( Lote )	1	19'486,702
21.21	Material aislante para los tiros de la chimenea. ( M2 )	502	21'706,319
21.22	Puerta removible con aislamiento igual al tipo en la base del tiro de 75 x 90 cm. (Pza)	2	8'880,000
21.23	Puerta superior de acero inoxidable que resiste las condiciones ambientales a que estará expuesta (viento, corrosión) ( Pza )	1	4'440,000
21.24	Suministro y colocación de loseta antiácida, en la parte exterior de la losa ( tapa del fusete ). ( M2 )	35.4	14'168,603
21.25	Suministro, habilitado y colocación de botaguas continuo de lamina de aluminio anodizado resistente a la intemperie, alrededor del ducto de llegada de gases a la chimenea. ( Pza )	2	2'883,518



21.26 Monorriel en la parte superior y alrededor del fuste de la chimenea.	( Ton )	0.60	3'402,054
--	---------	------	-----------

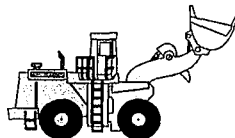
**TOTAL DEL PRESUPUESTO**

---

**22,336'004,340**

PARTE III

# PROCESO CONSTRUCTIVO



# ALCANCE

---

Las principales estructuras y sistemas que requiere una Central Termoeléctrica son las siguientes:

**a) Casa de Máquinas**

Edificio para alojar, como módulo, dos unidades diesel y equipos auxiliares. Es una nave totalmente cubierta con techumbre a dos aguas de estructura de acero formada por marcos rígidos en el sentido corto o transversal y contraventeados en el longitudinal, techo y muros de lámina estructural de acero soportada en largueros.

**b) Edificio eléctrico y de control**

En él se alojan tableros, baterías, cables, gabinetes, computadoras y tableros de control. La estructura de acero esta formada por marcos rígidos en el sentido corto y marcos longitudinales contraventeados con crugias; azotea y entrepisos de concreto reforzado, muros de tabique, cancelería de aluminio y bloques de concreto.

**c) Chimeneas**

Cuenta con una altura mínima determinada por la concentración permisible de contaminantes en el aire, fundamentalmente dióxido de azufre. Su arreglo físico consiste en un fuste de concreto para dos tiros de acero.

**d) Pedestal del motor.**

Estructura de concreto reforzado formando marcos rígidos en los sentidos transversal y longitudinal.

**e) Subestación.**

**f) Edificios Auxiliares.**

Entre los edificios auxiliares se encuentran:

- Edificios de oficinas Técnico-Administrativas.
- Alojamiento Militar
- Unidad Médica.
- Comedor
- Centro de Capacitación
- Baños y Vestidores.
- Laboratorio Químico
- Almacén
- Talleres Mecánico, Eléctrico y de Instrumentación
- Caseta de Control de la Subestación
- Edificio de Compresores y Generadores de Emergencia
- Caseta de Acceso a la Central
- Oficina del Delegado Sindical

**g) Sistemas**

- Sistema de Agua de Circulación
- Sistema de Manejo de Combustóleo
- Sistema de Drenaje
- Terracerías

El alcance del presente capítulo se limita al desarrollo de los procesos constructivos utilizados en la construcción de los siguientes conceptos:

- Cimentaciones de la Casa de Máquinas
- Pedestal del Motor Turbogenerador
- Cimentación de la Chimenea
- Construcción del fuste de la Chimenea
- Montaje de estructura metálica en Casa de Máquinas

# CIMENTACIONES

---

Dentro de los trabajos de Obra Civil de la C.T. San Carlos Baja California Sur, destacan los referentes a la construcción de las cimentaciones necesarias para los equipos propios de la planta ( motor-generador, motores, etc.), así como las cimentaciones de edificios de estructura metálica tipo nave industrial y la cimentación de la chimenea de la planta.

Estas actividades destacan por su elevado grado de dificultad ya que por su amplitud de la superficie de contacto, una gran densidad de acero de refuerzo , elevado número de embebidos y sobre todo por sus grandes volúmenes, requieren de precauciones especiales, propias de cimentaciones masivas.

Dentro de las actividades propias del concreto son importantes por su elevado grado de dificultad las cimentaciones masivas para los grupos Motor-Generador que exigieron colados en varias etapas en volúmenes superiores a 1000 m<sup>3</sup>, en condiciones muy difíciles de colocación. El concreto aquí utilizado requirió el control de su temperatura al momento de su colocación mediante la utilización de hielo en su elaboración.

Resulta también de particular interés la producción de los agregados necesarios. Dado que la planta se encuentra en una zona carente de yacimientos pétreos, se hizo necesaria la explotación de bancos ubicados a distancias de 70 a 100 Km del sitio de los trabajos. Si bien la producción de agregados es simple ya que consiste en el cribado de los mismos para su clasificación según las especificaciones de proyecto, el bajo rendimiento de estos bancos ha requerido el movimiento de 50,000 m<sup>3</sup> de material en greña. Para la producción del concreto se instalaron dos plantas ( una de producción y otra de respaldo) con capacidad de 45 m<sup>3</sup> c/u, con silos de almacenamiento de cemento para 300 ton, destinándose al traslado, 5 ollas revolventoras.

**CONCRETO MASIVO**

La característica principal que distingue al concreto masivo de otros concretos es su comportamiento térmico. Debido a que la reacción agua-cemento es exotérmica por naturaleza, el aumento en la temperatura en una gran masa de concreto, donde el calor no se puede disipar rápidamente, puede ser muy alto. Fuerzas de tensión significativas se pueden desarrollar por el cambio de volumen asociado con el incremento y decremento de temperatura dentro de la masa. De acuerdo a lo anterior podemos definir al concreto masivo como: "Cualquier volumen grande de concreto colocado en la obra, de dimensiones lo suficientemente grandes como para requerir que se tomen medidas para hacer frente a la generación de calor y a los cambios de volumen consiguientes, con el fin de minimizar su agrietamiento. Por lo tanto se deben tomar medidas en donde el agrietamiento debido al comportamiento térmico pueda causar pérdida de la integridad estructural y de la acción monolítica, o pueda causar una disminución en la vida de servicio de la estructura, o pueda ser estéticamente objetable.

El control de temperatura para una estructura pequeña puede no llegar a requerir mas que una medida, como puede ser el restringir las operaciones de colado a horarios nocturnos en climas muy cálidos. Por el contrario, algunos proyectos pueden ser lo suficientemente grandes para justificar una amplia variedad de medidas de control que entre otras pueden incluir las siguientes:

- Selección de un adecuado sistema de cemento de baja generación de calor que incluya puzolanas;
- la cuidadosa producción de agregados y su proporcionamiento eficiente como bajos contenidos de cemento;
- el preenfriamiento de agregados y agua ( colocación de hielo ), para hacer posible una baja temperatura del concreto al ser colado;
- el uso de diversos aditivos que permitan mejorar el endurecimiento y el enfriamiento del concreto,
- coordinación de programas de construcción con los cambios de temporadas;
- el uso de equipo especial de revoltura y colocación del concreto, para su rápida colocación con una mínima absorción de calor ambiental;
- enfriado de superficies mediante curado con agua;
- aislamiento de la superficie para evitar cambios térmicos entre el interior y el exterior del concreto.

Altas resistencias a la compresión no son usualmente requeridas en estructuras de concreto masivo. Las estructuras masivas resisten las cargas primeramente por su peso y de manera secundaria por su resistencia. De mayor importancia son la durabilidad y las propiedades relacionadas con el comportamiento de la temperatura y la tendencia al agrietamiento.

La mejor manera de disminuir la elevación de la temperatura interna de un concreto masivo es el reducir directamente

el contenido de cemento o mediante el uso de una puzolana adecuada. Sin el uso de agentes suplementarios - como puzolanas, inclusión de aire, o mezclas químicas - un proyecto de concreto masivo puede presentar una lucha continua para mantener la trabajabilidad con un contenido bajo de cemento para protegerlo de agrietamientos.

#### Propiedades fundamentales de los concretos masivos

En los concretos masivos se busca en particular un adecuado comportamiento térmico y volumétrico.

La resistencia mecánica es solamente un índice de la calidad del concreto y también sirve de parámetro de control.

En el concreto fresco se debe prever una trabajabilidad de la mezcla que permita su correcta colocación y compactación.

#### Comportamiento Térmico

El cemento Portland, cuando se pone en contacto con el agua, reacciona químicamente transformando parte de sus compuestos anhídridos en compuestos hidratados. Estas reacciones se efectúan con liberación de calor, especialmente durante las primeras 48 horas. Los compuestos que más contribuyen en la liberación de calor son el aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) y el silicato tricálcico ( $C_3S$ ).

El calor liberado en las reacciones produce una elevación de temperatura en el concreto, que depende de la cantidad y velocidad de calor liberado por el cemento al hidratarse y de la finura de éste. Influyen también el contenido de cemento y la velocidad de disipación del calor.

Cuando los volúmenes de concreto son importantes el calor generado por la hidratación del cemento puede alcanzar valores altos, especialmente en los primeros días. Una vez logrado ese valor máximo de temperatura, comienza el período de disipación térmica.

Este proceso esta influenciado por las características y proporciones de los materiales componentes, por el volumen del concreto y por las variaciones locales de temperatura en los distintos puntos de la estructura.

La caída brusca de temperatura durante el proceso de disipación térmica es la que origina los mayores riesgos de fisuración en corto plazo.

La diferencia de temperaturas para el máximo calor generado por la hidratación del cemento y la temperatura de disipación a distintas edades hasta llegar a la de equilibrio, puede alcanzar niveles peligrosos, dando origen a fuerzas de tensión que pueden ser superiores a la resistencia a la tracción del concreto, provocando en consecuencia la aparición de grietas o fisuras. Es de destacar además la importancia que tiene el gradiente de temperatura entre el exterior y el interior de los macizos de concreto, el cual puede llegar a incrementar el estado de tensiones.

### Esfuerzo térmico y agrietamiento

La característica principal de concreto masivo que lo diferencia del concreto estructural es su comportamiento térmico. Generalmente el gran tamaño de las estructuras de concreto masivo crean el potencial para obtener significantes diferenciales de temperatura entre el interior y la parte exterior de la superficie de la estructura. Debido a que el concreto tiene una baja conductividad térmica, la generación de calor dentro de las estructuras masivas puede disiparse muy lentamente a menos que sea alterada artificialmente. En construcciones estructurales ordinarias la mayor parte del calor generado por la hidratación del cemento se disipa rápidamente y solamente moderadas diferencias de temperatura se desarrollan. Por ejemplo, un muro de concreto de 15 cm de espesor requiere de tan solo 1½ hrs para alcanzar su estabilidad térmica. Un muro de 1.5 m de espesor requiere de una semana para lograrlo. Un muro de 15 m de espesor requiere de unos 2 años para lograrlo y un muro de 150 m de espesor requeriría de 200 años para alcanzar el mismo grado de estabilidad térmica. No se presentan diferenciales de temperatura en estructuras delgadas, de ahí que estén libres de agrietamientos. En contraste, mientras mayor sea el espesor, el aumento no controlado de la temperatura interior de las estructuras masivas se convierte casi en un proceso adiabático creando un potencial de grandes cambios de temperatura que pueden llegar afectar la integridad de la estructura.

En concreto masivo, esfuerzos térmicos son desarrollados de dos maneras: de la disipación del calor de la hidratación del cemento y de los ciclos periódicos de temperatura ambiental.

### MATERIALES

Durante la etapa de diseño de un proyecto propuesto, normalmente se establece primero la resistencia a la compresión deseada y especificada, con los factores de seguridad adecuados para las diversas secciones de la estructura. Después, el ingeniero abundará en otras propiedades del concreto que pudieran requerirse.

La proporción adecuada de los componentes para lograr que la mezcla de concreto tenga las propiedades deseadas, requiere una evaluación de los materiales que van a emplearse. Si no se dispone de datos adecuados de proyectos de construcciones recientes en las que se hayan empleado los materiales propuestos, deben hacerse pruebas con muestras representativas de todos los materiales a emplearse en el concreto, a fin de determinar sus propiedades y su conformación con las especificaciones que se van a aplicar.

El concreto puede ser considerado como una mezcla heterogénea de grava, arena, agua y cemento como enlazador aglutinante; además puede estar constituido también por un aditivo ( solo uno en sus diferentes presentaciones) que alteran



las características propias del concreto en beneficio de la calidad del mismo. Pueden emplearse también algunos componentes puzolánicos en el cemento Portland, con el fin de mejorar el desarrollo de la resistencia a edades avanzadas del concreto y/o para incrementar la resistencia a las reacciones alcali-agregados y en cierta manera al ataque de sulfatos.

Las actividades de la producción, transporte y colocación del concreto son consideradas importantes dentro del control de calidad de una obra; esto no solo porque uno de los trabajos finales de un elemento estructural, ni por el interés hacia el acabado aparente o terminado estético de dicho elemento, sino en especial por resolver la problemática de proporcionar al elemento estructural a construir, el concreto específico que una las características de calidad y resistencia determinadas en las especificaciones de obra. Tal problemática se enfoca principalmente al suministro de los componentes constitutivos del concreto y posteriormente a su adecuada dosificación, que lleve finalmente a la producción del concreto deseado.

Dentro de la actual tecnología del concreto se establecen dos criterios generales en cuanto al concreto en obra, esto es, en su estado fresco y en su estado endurecido. El concreto no solo debe ser satisfactorio en su estado endurecido sino también cuando se transporta y coloca fresco, donde sus características sean tales que faciliten la comparación, cohesión y homogeneización al colocarlo. Además del principal requisito común del concreto endurecido, es una resistencia satisfactoria a la compresión, lo que asegura la capacidad para soportar esfuerzos de carga prescritos y al mismo tiempo, garantiza estas propiedades tales como la densidad, durabilidad, resistencia a la tensión, impermeabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia a los ataques de sulfatos y otros que se encuentran en relación estrecha con la alta resistencia del concreto a la compresión.

De ahí entonces, es que se considera importante el determinar y conocer las propiedades del concreto en interés, ya que en especificaciones de obra, tienden a estipular requisitos de características particulares del concreto, en lugar de limitarse a indicar la calidad y cantidad de los materiales componentes. Por ello, se hace posible la selección de una mezcla más adecuada y económica en base a diseños experimentales de antemano en laboratorio.

La problemática a resolver para la producción y colocación de concreto en la C.T. Sn Carlos B.C.S. la constituyó principalmente el deficiente suministro de componentes (cemento y agregados) para la elaboración de los concretos en obra, esto tanto en calidad como en la cantidad operada.

Dadas las características geográficas y locacionales de la obra a construir, C.F.E. determinó el tipo y marca del cemento a utilizar, además de especificar los bancos de extracción de los agregados; sin embargo, el cemento presentó deficiencias en su suministro y transporte desde Ensenada,

B.C. y adicionalmente, problemas con la compañía cementera, caso que fuese necesario cambiar de marca y tipo de cemento.

Del mismo modo, los bancos de agregados locales no tuvieron el rendimiento de explotación esperado, lo que llevó a una continua carencia de agregados pétreos (principalmente) en obra y a la imperiosa necesidad de hacer suministros de otros bancos no autorizados en un principio.

Debido a lo anterior podemos observar en forma clara el porque para una obra relativamente pequeña y con solo cuatro resistencias a la compresión especificadas en los concretos producidos y colocados, hubo necesidad de realizar un gran número de mezclas de concreto en un afán continuo por proporcionar concretos de la calidad requerida en cada una de las estructuras en obra.

Puede considerarse entonces, que a pesar de todas las dificultades en obra, se llenaron todos los requisitos de calidad especificados para la obra en cuestión.

### **Cemento**

El cemento puede ser considerado como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales par formar un todo compacto; por ello en la construcción al cemento se le considera un agente aglutinante de importancia. Los cementos Portland; en especial, pueden clasificarse al menos en 9 tipos distintos; entre ellos el tipo II ( modificado de bajos álcalis ) y el normal tipo I, son de interés para el presente trabajo.

#### **CEMENTO PORTLAND COMUN TIPO I.**

Tal como su nombre lo indica, su empleo es el más generalizado. Adquiere altas resistencias mecánicas, pero simultáneamente genera mucho calor de hidratación; esta segunda característica lo hace inadecuado para trabajos donde se requiere la colocación de concreto en masa.

#### **CEMENTO PORTLAND MODIFICADO TIPO II.**

Su resistencia es similar a la del cemento Portland común, con las ventajas de que genera menos calor de hidratación y es mas resistente al ataque de los sulfatos. En relación a la cantidad de calor que genera, podemos considerar que el cemento Portland tipo II es un cemento intermedio entre tipos I y IV.

#### **CEMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS TIPO V.**

Refiriéndonos a su resistencia mecánica, a edades tempranas el desarrollo de esta es lenta, pero a edades avanzadas puede ser igual o superior a la de los otros cementos. Ademas genera poco calor de hidratación.

Las especificaciones de obra autorizaron en un principio solo dos tipos de cemento para los concretos de la Central

Termoeléctrica: el Tipo II de bajos álcalis proveniente de Ensenada, B.C. ( marca "el gallo" ) y el campana tipo V proveniente de Hermosillo, Sonora.

Aproximadamente los primeros 10,000 m3 de concreto producido en la obra fueron elaborados con cemento Portland gris tipo II de bajos álcalis nacional, procedente de Ensenada, B.C. desde el mes de abril de 1989 hasta mayo de 1990. Después de este periodo se realizó un cambio debido a tres causas principales:

- 1.- Huelga laboral en la cementera de Ensenada, B.C. en diciembre de 1989, lo que hizo deficiente el suministro en los meses siguientes,
- 2.- Dificultad para transportar el cemento a granel desde una distancia de 1,520 Km, aproximadamente, hasta la obra.
- 3.- La cementera de Ensenada, B.C. prefirió surtir pedidos de cemento tipo II al mercado en E.U.A. a un mayor precio.

Dada la anterior situación, se hizo necesario buscar un cemento que substituyera al tipo II B.A. nacional de Ensenada; se hizo un muestreo de cemento tipo I marca centenario proveniente de Hornillos, Sin. el 7 de enero de 1990 envasado en sacos en la Paz, B.C.S. identificado como Campana ( sólo se muestreó un saco ), dicha muestra de cemento fue rechazada por C.F.E. por no cumplir con la norma ASTM C 595 correspondiente al contenido mínimo de puzolana, (esta muestra solo alcanzó el 13 % de puzolana y el mínimo debe ser el 15 %).

Sin embargo el 9 de marzo de 1990 se hizo una visita por parte del laboratorio de C.F.E. a los silos de almacenamiento de cemento Centenario en la Paz y realizó un muestreo representativo de 500 ton; dicha muestra de cemento fue aceptada para su uso en los concretos de la Central Termoeléctrica.

Después de haber recibido oficialmente la aceptación del cemento Centenario tipo I en abril de 1990 y verificar que si cumplía con las especificaciones de calidad requerida, se empezó a utilizar envasado en sacos de 50 Kg. y a partir de mayo de 1990 hasta noviembre del mismo año, se uso a granel en las dosificadoras de la compañía BAL S.A.; esto tuvo la ventaja de transportarlo solo 271 Km. hasta la obra.

#### **Arena**

En las especificaciones de esta Central se estableció el banco el Ihuagil localizado a 98 Km. de la obra; se trató de un banco de arena negra, de río natural, cuyas características granulométricas ( módulo de finura de 25 ), volumétricas, densidad y absorción nos demuestra que fué un material de buena calidad, el único inconveniente que presentó fue una elevada contaminación por sobretamaño consistente en un 14 +/- 2% de material retenido en la malla no. 4, cuando el límite permitido por especificación es el 5% máximo.

Con la finalidad de eliminar la dificultad del sobretamaño, se tuvieron dos actividades, una consistió en recibir todo el material y eliminar la mayor parte del agregado rete-

nido en la malla no. 4; posteriormente se procedía a realizar correcciones de los diseños de las mezclas de concreto, considerando los porcentajes netos de contaminación de sobretamaño con el subtamaño de la grava 3/4".

A lo largo del suministro de arena en toda la obra, solo se presentaron tres interrupciones de una semana aproximadamente cada una, estas debido a que el banco explotado se inundó por las lluvias de temporada en la región y se evitó la extracción del material.

Un problema que fue común en el suministro de agregados ( arena y grava ) y que causó deficiencias en los materiales usados en la producción del concreto, lo constituyó el hecho de que los transportistas se unieran y suspendieran el servicio de acarreo en varias ocasiones.

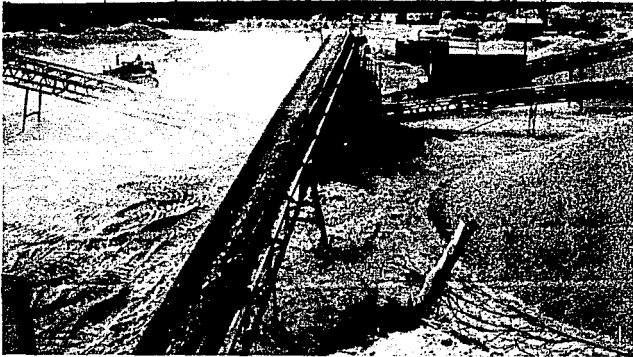
### Gravas

Las especificaciones de obra marcaron el banco "El Cojeño" como el aceptado por C.F.E. para la extracción de los agregados pétreos a usar en los concretos de la obra, éste con base en sus características granulométricas, volumétricas, mineralógicas, entre otras. Dicha grava es natural, de canto rodado, en general de buena calidad y curva granulométrica continua dentro de la especificación ASTM C 33; el banco localizado a 71 Km. de la obra, presentando un suelo areno-limoso, tuvo problemas de explotación, ya que nunca presentó el rendimiento especificado en el contrato; se hizo un mal despalme del terreno, los frentes de ataque se dispusieron en forma errónea y el equipo de cribado fue deficiente.

Debido a lo anterior, se tuvo la necesidad de cambiar de banco de explotación, eligiéndose el más próximo denominado "Ejido 5" a solo 5 Km. del anterior ( 75 Km. de obra); las características del agregado fueron semejantes al anterior ya que se trataba del mismo ramal; se tuvo una explotación eficiente ya que el material se encontró a flor de tierra, teniéndose con ello menos despalme del terreno y un mayor rendimiento.

Una vez iniciada la explotación del banco "Ejido 5" y haber obtenido ya material clasificado en gravas 1 y 2, se tuvieron problemas ejidales ( el banco pertenece a terrenos ejidales) y se evitó con ello el traslado de agregados gruesos a la obra. Estos problemas se presentaron desde el mes de septiembre a noviembre de 1989, por lo que se tomó la iniciativa por parte del contratista de trasladar grava desde la Paz, B.C.S., acumulando en obra 2000 m<sup>3</sup> aproximadamente.

La grava de la Paz resultó de buena calidad y dentro de las especificaciones, con el único inconveniente de presentar un alto contenido de sustancias deletéreas de 2.0 +/- 0.5 % cuando el máximo permitido era de 1 %. Por su origen, este material, usado desde diciembre de 1989 hasta enero de 1990, se encontraba empacado en suelo areno-arcilloso, por lo que se tuvo que dar un tratamiento de lavado con agua hasta tenerlo dentro de las especificaciones de obra de C.F.E.



Criba clarificadora de 5 bandas

En los meses posteriores a enero de 1990 no se presentaron problemas significativos en el suministro de gravas para la obra, ya que se puso en funcionamiento una criba clarificadora de 5 bandas, solucionando así la demanda de agregados. La grava extraída procedía del banco "Ejido 5" y se suministró a la obra durante el periodo comprendido entre febrero de 1990 a Junio de 1990, fechas en que surgen nuevamente problemas ejidales y se interrumpe la producción de agregados, se tuvo la necesidad entonces, de buscar otros bancos para explotación de gravas.

Se solicitó a C.F.E. la autorización de otros bancos de agregados pétreos, de tal manera que se pudieran manejar más alternativas de suministro y evitar las deficiencias del mismo. El laboratorio de C.F.E. realizó una visita al banco denominado "Ejido 1", además de visitar también la trituradora "Balvanera" que obtenía grava triturada a partir de boleos (sobretamaño) del banco "Ejido 5" los agregados de ambos lugares fueron muestreados y determinadas sus características, pudiendo llegar a un acuerdo. La grava del "Ejido 1" (integral mixta con 50% de boleo) sería utilizada en concretos destinados a elementos estructurales importantes y la grava de "Balvanera" (integral triturada) se utilizaría en concretos para elementos de carácter secundario como banquetas, guarniciones y losas de piso.

El suministro de estos dos bancos anteriores cubrió la demanda de gravas en el periodo de junio-diciembre de 1990; a partir de enero de 1991 y hasta finales de obra, se hizo uso de grava integral procedente del banco "El Conejo" para elementos estructurales importantes y, al mismo tiempo, grava integral triturada procedente de la trituradora "Balvanera" para concretos de baja resistencia.

#### **Agua**

El agua utilizada en la producción de los concretos en obra, siempre fue tomada de la red de conducción: Cd. Constitución - Pto. Sn Carlos; se enviaron a C.F.E. muestras representativas y periódicas del agua tomada de esta red, las cuales siempre cumplieron con las normas de calidad establecidas y fueron encontradas adecuadas para producir concreto en obra.

El agua tomada de la red de conducción era almacenada en una cisterna (500 M<sup>3</sup>) y un tanque (250 M<sup>3</sup>) propiedad de C.F.E., de donde posteriormente era conducida hasta tanques menores (13 M<sup>3</sup>) de la compañía dosificadora de concreto. Salvo en ocasiones especiales de concretos masivos de gran volumen en que se verificaba la cantidad de agua almacenada disponible, el suministro de agua para la producción del concreto fue siempre suficiente y solventó las necesidades en obra.

#### **Aditivos**

Hacia principios de obra, la contratista, solicitó a C.F.E. el muestreo y liberación del aditivo reductor de agua denominado RM-250 de la casa REAX de México, donde se representaba un lote de 3,000 litros aproximadamente y que se pretendían utilizar en los concretos de la obra.

Los resultados de las pruebas efectuadas indicaron que el producto ensayado satisfacía los requisitos de calidad aplicables al aditivo reductor de agua ASTM C 494 tipo A, excepto en lo referente al tiempo de fraguado; sin embargo, el aditivo fué aceptado para su uso en agosto de 1989; recomendándose 0.2% en peso de aditivo con respecto al cemento.

Por recomendación de C.F.E. el uso del aditivo RM-250 se interrumpió en los concretos de la C.T. hacia finales de diciembre de 1989; desde entonces y hasta finalizar la producción de concreto en la CT. no volvió a utilizarse ningún tipo de aditivo.

#### **Membrana de curado**

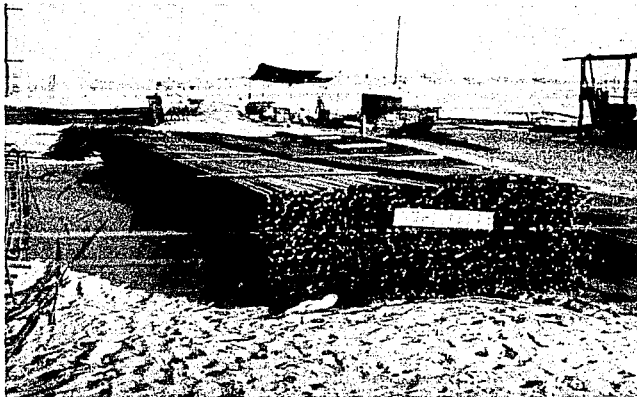
El curado del concreto tiene como finalidad el mantener un contenido de humedad y temperatura en el concreto recién colado, para que puedan así, desarrollarse las propiedades deseadas. Los dos sistemas para mantener un contenido de humedad satisfactorio, son la continua aplicación de agua por diferentes métodos al concreto, y el empleo de materiales

como membranas de curado para evitar la perdida excesiva de agua.

Para el curado de los concretos colocados en las obras de la C.T. se aceptó y autorizó el uso de la membrana de curado denominada "Antisol-blanco" emulsión acuosa, de la casa SIKI MEXICANA, S.A. de C.V. Dicha membrana, fue utilizada para el curado de todos los concretos en obra.

#### Grout (Mortero sin contracción)

Para el anclaje de equipo mecánico y de estructuras metálicas de construcción, se aceptó y autorizó el uso del mortero no metálico sin contracción denominado "Sika-Grout" de la casa Sika Mexicana; tras los estudios y análisis correspondientes, se notificó al laboratorio de C.F.E. en obra, que dicho producto muestreado cumplía con la norma CRD C 621-88 correspondiente al mortero sin contracción; de manera que se encontró adecuado para su uso en obra.



Lote de varilla corrugada rechazada

### **Varilla Corrugada**

Desde los inicios de obra (marzo de 1989), el laboratorio de C.F.E. envió muestras representativas de todo el acero estructural y de refuerzo que se pretendía utilizar en los elementos de la C.T., estas muestras correspondían a todos los tipos y diámetros (calibre) de varilla existentes en obra.

El acero aceptado que cumplía con las especificaciones de calidad se utilizaba en obra; el material que no se aceptaba por no reunir los requisitos de calidad era rechazado desalojándolo del área de almacenamiento.

Cada remesa de acero de refuerzo recibida en la obra fue considerada como un lote y se estibó de manera diferente de aquellos cuya calidad ya había sido verificada y aprobada por C.F.E.

Del material estibado se tomaron las muestras necesarias, para que Comisión efectuara las pruebas correspondientes.

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

Una vez en la obra el acero de refuerzo fue almacenado clasificándolo por diámetro y grados sobre polines y así se protegieron contra oxidaciones y otros deterioros.

### **Suelo**

Antes de iniciar los concretos de esta Central Termoeléctrica se enviaron muestras de suelo a C.F.E. que fueron tomadas a diferentes profundidades del suelo donde se desplantarían las cimentaciones importantes; además se envió una muestra representativa del área donde se almacenarían los agregados (gravas y arenas) para los concretos; se determinó que el suelo es potencialmente agresivo a las estructuras de acero y concreto que están en contacto con él, debido a su alto contenido de cloruros, principalmente cloruros de sodio recomendando emplear cemento Portland-puzolana de buena calidad o cemento tipo II; proteger el acero de la corrosión, especificando 7.5 cms. de recubrimiento en los concretos de cimentación y además ejercer supervisión durante la colocación del concreto para asegurar una buena compactación.

### **Cimbra**

Se utilizó sobre todo el sobre todo, el sistema de cimbra conocido como CIMBRAMEX que se compone de tres elementos base: panel, tirante y cuña.

El panel indeformable reemplaza al cimbrado de madera.

El tirante, prefabricado, es la base del sistema y permite transformar el cimbrado en una operación rápida.

La alineación y el apuntalamiento se requieren en una sola cara del cimbrado, no requiere personal especializado.



**ASPECTOS RELEVANTES RELACIONADOS CON LA PRODUCCION DE CONCRETOS EN LA C.T. SN. CARLOS E.C.S.**

Para la producción de los mas de 23,000 m<sup>3</sup> de concreto colocados en obra, se hizo uso de dos dosificadoras (BAL S.A.) y varias revolvedoras de bajo volumen. Aproximadamente un 80 % del concreto fue producido y transportado por la compañía BAL, S.A. en el periodo de tiempo comprendido entre mayo de 1989 y noviembre de 1990; se contó con dos plantas dosificadoras ( No. 10 y No. 18 ) con capacidad potencial para producir 50 m<sup>3</sup>/hr; además con cinco camiones revolvedoras con capacidad para transportar 6 m<sup>3</sup> cada uno. Este equipo se usó en buenas condiciones de trabajo, con la necesaria actividad de mantenimiento requerida para todo el equipo.

La compañía BAL, S.A. dejó de suministrar concreto a finales de 1990, por lo que hacia los inicios y finales de la obra, la utilización de revolvedoras mecánicas de bajo volumen se hizo común.

Para dicha producción de concreto el equipo de medición de las dosificadoras continuamente se verificaban y calibraban para asegurar dosificaciones de agregados correctos y mezclas de concreto con la calidad requerida. Además todos los agregados eran analizados por el laboratorio para determinar si cumplían con la norma ASTM C 33 respecto a las especificaciones de agregados.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LOS COLADOS MASIVOS****Trazo y Nivelación**

Se puede decir que los trabajos de limpieza y desenraice fueron prácticamente nulos ya que previamente al inicio de la obra se habían realizado.

El trazo del terreno en la zona de casa de máquinas fue llevado a cabo por dos cuadrillas una de la contratista y otra de C.F.E.

Estas cuadrillas colocaron mojoneras en dirección Norte a Sur en tres líneas que cubrieron toda la zona de casa de máquinas. Cada mojonera perfectamente bien ubicada con sus respectivas coordenadas y niveles. Tomando como nivel 0.00 = + 5.20 N.M.M del proyecto.

Una vez colocadas las mojoneras se procedió a colocar cal delimitando todo el perímetro a excavar dejando para esto, una holgura de 0.50 m para cada lado.

**Excavación**

Una vez efectuados el trazo y la nivelación, se seleccionó un primer frente de trabajo para la excavación, de la maquinaria empleada a manera de una rampa.

El volumen de excavación de las cimentaciones de gran tamaño como lo fueron la del Motor-Generador U-1 y U-2 y la de la Chimenea, por ser menor que el 25% del total de las ex-

cavaciones, definió el uso de 2 Traxcavos sobre orugas 955L, propios para cortes en la formación de vialidades. Esto fue determinado mediante un análisis económico, el cual dió como resultado que era mas rentable el uso de los dos traxcavos en las excavaciones, a el transporte o renta de otro equipo mayor.

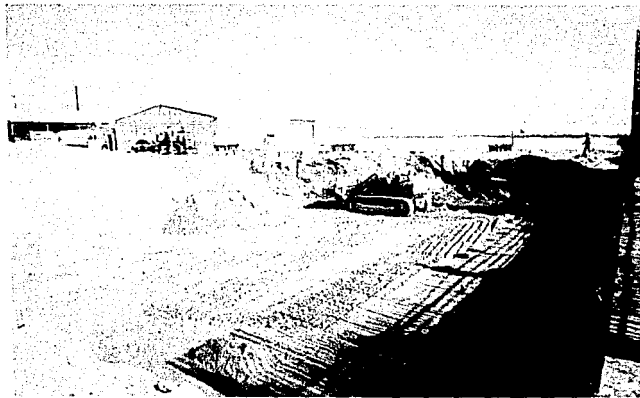
Con el uso de los traxcavos y 6 camiones de volteo, se realizó la excavación necesaria para la construcción de la cimentación del Motor-Generador U1 con 2 turnos de 10 hrs. Para la U-2 se realizó de la misma manera.

El volumen total de excavación de las unidades 1 y 2 fue de 2,050 m3 medidos en banco, dicha cantidad exedió la de proyecto debido a que fue necesaria realizar una sobreexcavación por terreno arenoso.

Para evitar el uso de apuntalamientos durante los trabajos de la cimentación la excavación se realizó dejando taludes de 1:1.5 en las orillas.

#### Afine

Una vez concluidos los trabajos de excavación, la cuadrilla de topógrafos se encargó de sacar niveles del fondo de las excavaciones y mediante escantillones e hilo, se llegó al nivel deseado a pala y carretilla.



Excavación con traxcavo

### Compactación

La compactación se llevo a cabo utilizando 1 compactador auto propulsado y pisones de mano en las orillas, así como bombeo de agua de pozos o con pipa.

La compactación se realizó hasta alcanzar el grado de 95% Proctor. El cual se garantizó mediante pruebas realizadas por el laboratorio de C.F.E. que al cabo de 1½ hrs. daba el resultado, pudiendo con esto seguir el proceso de compactado, o bien finalizarlo.

### Plantilla

Con el terreno ya compactado se procedió a la cimbra de la plantilla por medio de barrotes que dieron el nivel al mismo tiempo, de limitando el perímetro de la zapata y dejando 10 cm de holgura de cada lado para asentar la cimbra para el colado masivo.

Previamente al colado de la plantilla, la superficie del terreno de desplante se humedeció con el objeto de evitar pérdidas del agua de fraguado.

El colado de la plantilla de 5 cm de espesor se llevó a cabo con concreto f'c = 100 kg/cm<sup>2</sup> mediante camiones revolventes y canalones. El colado se realizó por frentes continuos y sus cortes normales al plano del terreno y en línea recta.



Plantilla de Cimentación

### Acero de Refuerzo

Simultáneamente a los trabajos de excavación y compactación el cabo de fierros realizó trabajos previos habilitando acero. El sobrestante al recibir los planos de habilitado de acero previamente elaborados por el Ingeniero de frente, ejecutó por conducto de su personal el habilitado del acero de refuerzo, de tal manera, que una vez colada la planilla llegó únicamente a armar en sitio.

### Cimbrado

De igual forma, el sobrestante, recibió los croquis y modulación de la cimbra y efectuó colocación, alienación, fijación y troquelamiento de la misma. Previamente, se le aplicó un desencofrante de aceite mineral.

Para todo el cimbrado de la obra de San Carlos se utilizó cimbra "Cimbramex".

### Colado

Debido a su importancia haremos únicamente mención de los colados de las zapatas del edificio de casa de maquinas, de la zapata y pedestal de la U-1 y U-2 del Motor-Generador y de la zapata de la chimenea.



Utilización de Cimbramex como cimbra

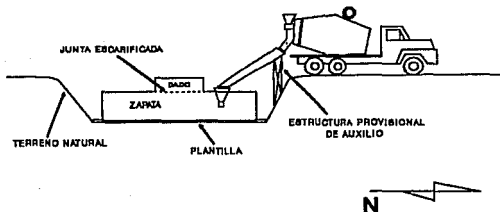
### COLADO DE ZAPATAS DEL EDIFICIO DE CASA DE MAQUINAS

El sistema de cimentación del edificio de casa de máquinas esta formado por un conjunto de zapatas aisladas cuyos dados están unidos entre sí por trabes. Dentro de estas zapatas aisladas son de importancia por su tamaño las Zapatas tipo Z-1, Z-2, Z-3 y Z-4. (Ver figura)

#### Procedimiento

- 1.- Se contó en la obra para los colados con la cantidad suficiente de agregados, con grava integrada de tamaños 4 - 1 ½", que cumpliera con las características granulométricas para la Central Termoeléctrica.
- 2.- Antes de iniciar los colados se verificó que la plantilla de concreto estuviera libre de arena, posteriormente se procedió a mojar la superficie donde se iba a depositar el concreto.

#### PRESENTACION ESQUEMATICA DEL PROCEDIMIENTO DE COLADO DE LAS ZAPATAS F-1 Y F-2 EN CASA DE MAQUINAS

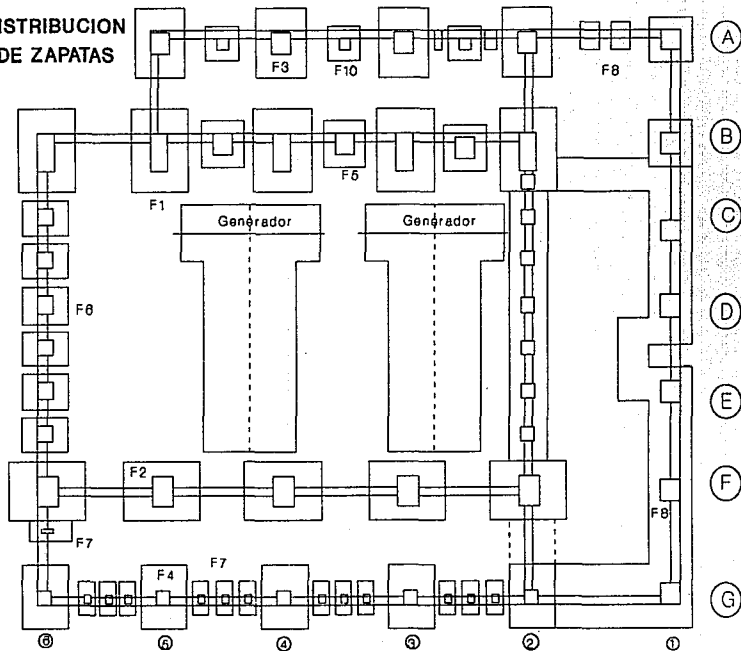


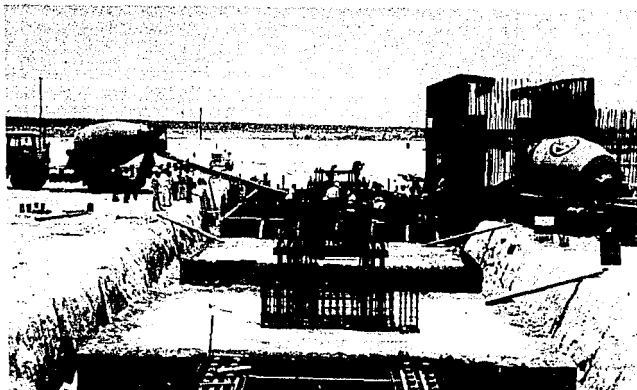
- 3.- Al inicio de cada colado se tuvieron a disposición vibradores y alumbrado, en buen estado y funcionando para cubrir los requisitos de obra en cualquier horario. Para la colocación del concreto se utilizaron canalones metálicos, fabricados a base de lámina, rigidizados con varilla.
- 4.- El movimiento del concreto se efectuó con oficiales, albañiles, vibradoristas y ayudantes. El tiempo necesario para colocar el concreto en las zapatas de mayor volumen no excedió de 4 horas a excepción del colado de la primera zapata tipo Z-1.
- 5.- Para poder colocar el concreto dentro de las formas, se dejaron pendientes algunos amarres del armado, para introducir por un hueco el canalón, teniendo así menor segregación al caer el concreto directamente al emparillado superior. Una vez que se alcanzaba el nivel de 1 m. aproximadamente, se realizaban los amarres que habían quedado pendientes en la parrilla superior.
- 6.- El concreto se colocó de manera continua en depósitos hasta de 50 cm. de peralte para minimizar la presión transmitida a las cimbras, procurando iniciar la colocación de las capas superiores, sobre el concreto mas consolidado, se cuidó que la caída libre del concreto no excediera de 1.50 m.
- 7.- Se coló únicamente las zapatas dejando el dado pendiente ya que todas las zapatas están unidas por una trabe, la cual se desplanta en la parte superior de ellas, ya que su armado estaba anclado a los dados. Había otras trabes de menor peralte que se iban a colocar posteriormente, que también irían ancladas a los dados.
- 8.- Una vez coladas las zapatas y a edad suficiente, se descimbraron y se picaron en el área donde se iba a desplantar el dado, para buscar mayor adherencia del concreto nuevo con el viejo. Se curó la superficie de concreto con aditivo. Antes de efectuar los rellenos se limpió la zona y se relleno hasta alcanzar el nivel de desplante de trabes en algunos casos y zapatas en otros.
- 9.- Se construyeron los elementos de mayor profundidad primero, y posteriormente, los de menor peralte con respecto a los niveles del terreno natural.

**Problemas en el colado de la zapata Z-1 de ejes B y 6:**

Este colado se inició el día 20 de junio de 1989 a las 14:00 horas y se suspendió a las 16:30 horas por falla total de los vibradores. El colado se arrancó con seis vibradores, cuatro eléctricos y dos de gasolina, no había vibradores neumáticos.

**DISTRIBUCION  
DE ZAPATAS**





Colado de las zapatas Z-1

Fueron 20 m<sup>3</sup> de concreto colocados cuando sucedió este imprevisto e inmediatamente después de suspendida esta actividad, se procedió a escarificar toda la superficie con barras y varillas de acero corrugado de 1 1/4" de diámetro con punta cortante en forma de cuña.

Después de tratada la superficie, se sopleteó con aire a presión con un compresor; se humedeció perfectamente el área preparada que a falta de un adhesivo epóxico se colocó fester-grout no metálico y sobre este se inició de nuevo la colocación de concreto en el mismo sentido del primer intento, formándose una cuña con un corte de colocación constante hasta llenar el molde.

Se utilizó grava integral de boleo procedente del banco "El Conejo" y arena del banco "El Ihuajil" y cemento tipo II de bajos álcalis, procedente de Ensenada, B.C., además se empleó la siguiente proporción:

Cemento:	288 kg/m <sup>3</sup>	Grava:	1020 kg/m <sup>3</sup>
Arena:	776 kg/m <sup>3</sup>	Agua:	180 lt/m <sup>3</sup>
		Aditivo:	0.78 lt/m <sup>3</sup>



## PRIMER COLADO DE LA ZAPATA DE LA U-1

## Preparativos de Campo

- a) Limpieza de acero  
La limpieza del acero no presentó mayor problema, debido a que el acero era prácticamente nuevo y no presentaba corrosión.
- b) Limpieza de la superficie de desplante.  
Esta limpieza de plantilla se realizó con un chiflón de aire, sacando toda la basura por una ventana localizada al lado sur de la zapata ( ver fig.).
- c) Ventanas para la colocación de concreto.  
Con el fin de no arrastrar el concreto con el vibrador y evitar con esto, la segregación del mismo, se hicieron ventanas 40 x 40 cms. aproximadamente en todo el lecho del emparrillado superior de la zapata, en sentido longitudinal y transversal.
- d) Caída vertical del concreto.  
Para esto se utilizaron pantalones de tubería P.V.C. rígida de 8" de diámetro de diferente longitud, garantizando una caída libre del concreto no mayor de 1 m además cada pantalón contaba con una tolva de lámina hecha en obra para recibir el concreto de la bomba o el canalón, pasándolo al canalón y dejarlo caer verticalmente sobre la estructura o sobre el concreto mismo.
- e) Estructura provisional de auxilio.  
Esta se construyo con varilla 1 1/4" y 1", contraventeada en todos los sentidos, paralela a lo largo de la zapata, proyectada al centro geométrico de la misma ( croquis A-A) y sobre la cual se desplazaron los canalones de Norte a Sur, según la necesidad e la colocación del concreto.
- f) Bomba estacionaria.  
Se revisó el funcionamiento mecánico de la bomba estacionaria de 5" de diámetro, la que colocó el concreto al centro de la zapata y en las zonas difíciles ( como en las esquinas). Previendo una falla en este equipo, se diseño la llegada del concreto a base de canalón en el área tributaria de la bomba, contando además con una grúa y bache en caso de alguna emergencia.
- g) Equipo de vibración.  
Se utilizaron 8 vibradores neumáticos y dos compresores de aire, empleando además 7 vibradores eléctricos.
- h) Personal  
Se contó con personal suficiente para cubrir los dos turnos que duró el colado.

**Preparativos en la planta dosificadora.**

- a) **Cemento.**  
Se utilizó cemento tipo II de bajos álcalis nacional procedente de Ensenada, B.C. necesario para cubrir el volumen de concreto, ( aproximadamente 240 ton almacenadas en los silos de la planta, cilíndricos verticales y una pipa de 25 ton. sin descargar).
- b) **Arena.**  
Se utilizó arena del banco "El Ihuajil", descontaminada, existiendo bastante volumen almacenado.
- c) **Grava.**  
Se utilizó grava integral procedente del banco "el Co-nejo", saturada con agua 24 hrs. antes de utilizarla, disminuyendo con esto el calor de hidratación del concreto. En el tiempo del colado existía la dificultad de la producción de gravas sin embargo, se tuvo suficiente volumen para cumplir con la dosificación requerida.
- d) **Agua.**  
El agua para el mezclado fue tomada de la cisterna y de un tanque regulador de C.F.E. en la obra.
- e) **Hielo.**  
Se utilizaron 70 barras de hielo para enfriar el agua almacenada en los tanques de las plantas dosificadoras y con esto, disminuir en gran medida el calor de hidratación del concreto.
- f) **Aditivo.**  
Se utilizó un aditivo reductor de agua conocido como RM-250, dosificándose 3 centímetros cúbicos por cada kilogramo de cemento.
- g) **Plantas Dosificadoras.**  
Antes de arrancar el colado masivo, se checó en las 2 plantas su funcionamiento mecánico y eléctrico, así como su calibración:

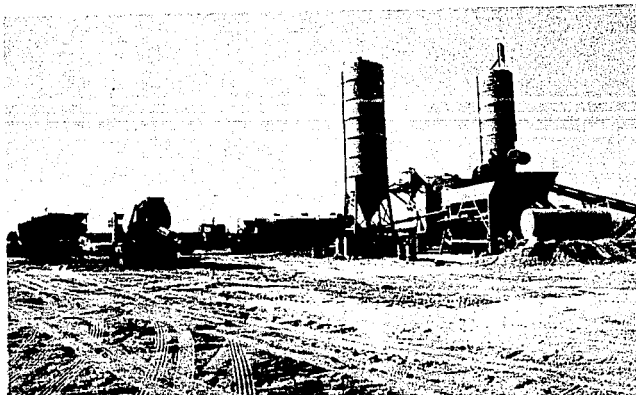
Planta No. 10:

Báscula (%)	Error Registrado (%)	Error Permissible (%)
Agregados (grava-arena)	0.97	2.0
Cemento	1.40	2.0

Planta No. 18:

Báscula (%)	Error Registrado (%)	Error Permissible (%)
Agregados (grava-arena)	1.17	2.0
Cemento	1.00	2.0

- h) Mezclado y transporte.  
Estos se realizaron con 6 camiones mezcladores con 6 m<sup>3</sup> de capacidad, todos ellos en buenas condiciones.
- i) Colocación de elementos metálicos embebidos.  
Toda parte embebida como son: anclas, camisas, placas, tubería, marcos metálicos, etc., se soportaron y sujetaron firmemente para que a la colocación del concreto, no sufrieran algún deterioro o desplazamiento. Para la colocación de las anclas y los demás elementos metálicos embebidos, se utilizaron plantillas o templetas metálicos, los cuales se fijaron a la cimbra de la estructura o al acero de refuerzo sin hacer uso de soldadura, de tal manera que garantizaron la posición en cuanto a la localización y elevación de los embebidos.



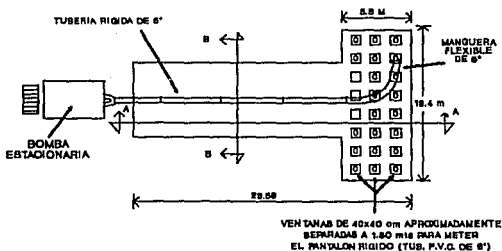
Planta dosificadora

### Colocación del Concreto

Se empezó a colar a canalón por las ventanas adyacentes a la estructura del lado norte, es decir, en el tramo de 13.40 mts (ver croquis de la planta), auxiliándose por el centro de la bomba estacionaria; con el fin de poder formar una cuña de concreto con su ángulo de reposo en todo lo ancho de la estructura ( Ver croquis del corte B-B ), se continuó con la colación de Norte a Sur de la estructura, conservando la cuña en capas de 30-40 cms.

Una vez concluido el colado del concreto, se trató de mantener su humedad y su temperatura bajas por medio de una membrana de curado "antisol blanco base acuosa" en las caras verticales de la zapata y en la superficie horizontal se mantuvo inundada de agua con costales húmedos durante 15 días continuos.

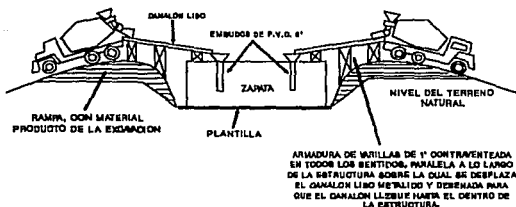
### ZAPATA DE LA U-1 PLANTA



VENTANAS DE 40x60 cm APROXIMADAMENTE  
SEPARADAS A 1.80 mts PARA METER  
EL PANTALON RIGIDO (TUB. P.V.O. DE 6")

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## COLADO DE LA ZAPATA U-1 CORTE B-B



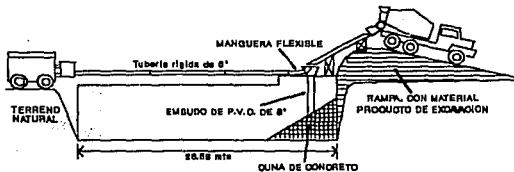
### Defectos y reparaciones

Después del colado se encontró una pequeña área segregada, por vibración deficiente que fue reparada inmediatamente con el método de empaclado en seco ( Dry Pack ) que consiste en:

- Perfilar las grietas siguiendo la trayectoria de las mismas y abrir un canal en forma de V de 2.5 cm. de ancho por 2.0 cm. de profundidad aproximadamente.
- Retirar todo el material suelto a lo largo de la grieta, lavar con agua y cepillo de cerdas de raíz, teniendo la precaución de no dejar agua excedente.
- Con brocha aplicar un adhesivo epóxico tipo "colma-fix" sobre la superficie preparada a reparar, teniendo cuidado de que toda el área este cubierta con una capa delgada del epóxico, de tal forma que no se alcance a secar antes de colocar el mortero seco.
- El mortero seco puede consistir de grout comercial, tipo "Sika-grout", cribado por la malla no. 16, al cual se le añade agua en cantidad suficiente para que el mortero se pueda adherir a si mismo, formando cuerpo con sólo la presión de las manos. También se puede hacer mortero con una parte de cemento y dos de arena (1:2) cribada por la malla no. 16, añadiendo agua en forma similar al grout comercial; no se debe agregar agua en exceso porque se tendrá contrac-

- ción y se desprenderá de la grieta preparada; tampoco debe tener deficiencia de agua , ya que se tendrá una reparación débil.
- Las Capas de mortero deben ser de 1.0 cm. aproximadamente y deben compactarse con una madera dura golpeada con martillo. La superficie de cada capa de mortero, debe escarificarse para lograr una buena adherencia con la siguiente capa. Las capas subsecuentes deben colocarse inmediatamente después de que se compactó y escarificó la anterior.
  - Debe evitarse el uso de barras de acero para compactar el mortero, debido a que ocasionan superficies pulidas que dificultan la adherencia entre las capas.
  - La superficie del área reparada debe encontrarse nivelada con la superficie del concreto del área adyacente a la grieta; esto se puede lograr mejor golpeando ligeramente la superficie del mortero con la parte plana de la tabla de madera.
  - Para evitar colores distintos entre el mortero seco y el concreto, se debe añadir cemento blanco a la mezcla de mortero en una cantidad adecuada par igualar el tono del color gris del concreto.
  - La zona reparada debe curarse inundando con agua durante tres días continuos, o bien se puede colocar arena y mantenerla húmeda los tres días.

## COLADO ZAPATA U-1



CORTE A-A

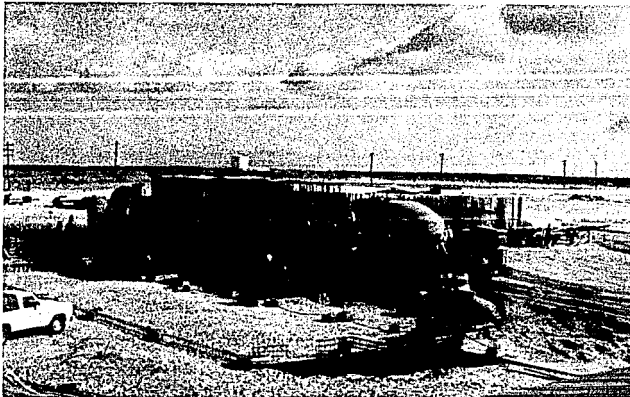
**Resistencia del concreto**

Para este colado se utilizó la siguiente proporción:

Cemento:	260	kg/m <sup>3</sup>
Arena:	770	kg/m <sup>3</sup>
Grava:	1,060	kg/m <sup>3</sup>
Agua:	190	lt/m <sup>3</sup>
Aditivo	1.78	lt/m <sup>3</sup>

Los promedios obtenidos de esta dosificación a 7 días fueron de 180 kg/cm<sup>3</sup> y la resistencia promedio a 28 días , fue de 240 kg/cm<sup>3</sup> y a 90 días alcanzó 285 kg/cm<sup>3</sup>.

El volumen total del colado fue de 978 m<sup>3</sup> en 32 horas, iniciando el día 5 a las 12:15 hrs y terminando a las 16:15 hrs del día 6 de octubre de 1989.



Colado de la Zapata del Motor-Generador U1

**PRIMER COLADO DE LA ZAPATA DE LA UNIDAD U-2**

Este colado se realizó de la misma manera que el de la U-1, se hicieron todos los preparativos de campo y de planta, el procedimiento de colado de concreto fue el mismo con cuatro tiros de canalón, dos del lado oeste y dos del Este, utilizando en el centro geométrico longitudinal de la estructura la bomba estacionaria.

No hubo interrupción de ninguna clase, puesto que se contaba con la experiencia del anterior, previendo así cualquier anomalía que se pudiera presentar.

La duración del colado fue de 29 hrs. colocándose la cantidad de 908m<sup>3</sup>, iniciándose el día 19 de diciembre de 1989 a las 16:50 hrs y terminándose el día 20 a las 21:50 hrs.

La diferencia al primer colado masivo (U-1) fue la procedencia de la grava, ya que se utilizó gravas clasificadas de la Paz, B.C.S. y del banco "el Ejido5", empleándose en la siguiente proporción:

Cemento:	250 kg/m <sup>3</sup>
Arena:	780 kg/m <sup>3</sup>
Grava 1:	583 kg/m <sup>3</sup>
Grava 2:	503 kg/m <sup>3</sup>
Agua:	180 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo:	0.75 kg/m <sup>3</sup>

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio son los siguientes:

a 7 días	170 kg/cm <sup>2</sup>
a 28 días	240 kg/cm <sup>2</sup>



**COLADO DEL PEDESTAL DE LA U-1**

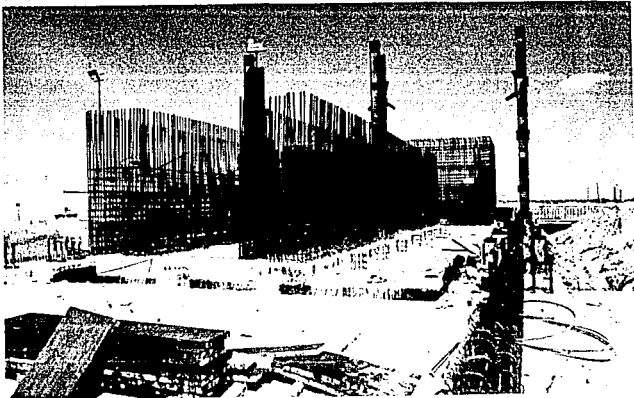
**Preparativos de campo**

- a) Limpieza del acero.  
La limpieza del acero se realizó con chorro de arena a presión (Sand-blast), ya que la corrosión dañó seriamente a todo el acero formando una escama de 1-2 mm de espesor en toda el área perimetral de la varilla.
- b) Limpieza de la superficie para junta.  
Después de haberse escarificado con barras de acero, cincel y martillo toda la superficie del segundo colado, se procedió a hacer la limpieza con aire a presión, desalojando todo el mortero desprendido y arena, producto del Sand-blast hacia los costados antes de colocar la cimbra.
- c) Ventanas para la colocación de concreto.  
Después de la limpieza se colocaron las barras de acero así como también las mangas para los bulones de anclaje y también los metales embebidos. Todos ellos fueron fijados de tal manera que no presentarían movimientos durante el vertido del concreto.  
En el armado de acero de refuerzo se hicieron ventanas de entradas - hombres de 60 x 60 cm y 30 x 30 cm para la entrada de la manguera, (trompas de elefante) de las bombas. La compañía Mitsubishi Corporation no permitió que las ventanas en el acero se hicieran con equipo de cortes, que posteriormente se reemplazarían con varillas del mismo calibre con sus traslapes correspondientes, esto obligó a tener una deficiencia de ventanas en la esbeltez de la estructura.
- d) Caída del concreto.  
Esta caída se garantizó con la trompa de elefante de la motobomba y embudos de tubería P.V.C. de 8" de diámetro para la bomba estacionaria.
- e) Estado Mecánico de las bombas.  
Se revisó el funcionamiento mecánico de las bombas (estacionarias y de pluma), estando en buenas condiciones de trabajo antes de iniciar con la colocación del concreto.

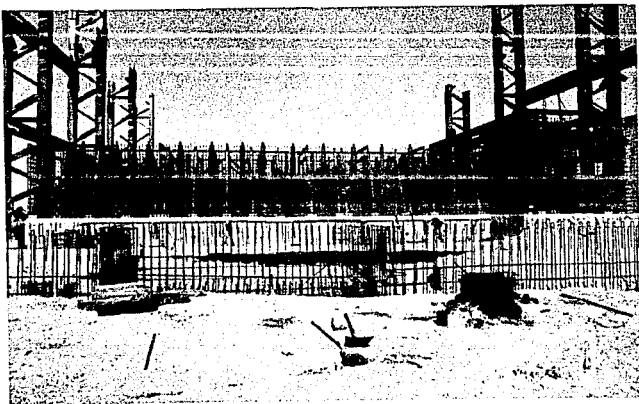
**Preparativos en Planta Dosificadora**

- a) Cemento.  
Para este concreto de 250 kg/cm<sup>2</sup> se utilizó cemento tipo II de bajos álcalis procedente de Ensenada B.C. Se requirieron 180 ton.

- b) Arena.  
Se utilizó arena descontaminada del banco "el Ihuajil", se utilizaron 400 m<sup>3</sup>.
- c) Grava.  
Se empleó grava clasificada en grava 1 (no. 4-3/4") y grava 2 (3/4 - 1½") procedentes del banco del Ejido 5, saturadas con agua 24 horas antes para disminuir el calor de hidratación en el concreto.  
Se utilizaron los siguientes volúmenes:
- |         |                    |
|---------|--------------------|
| Grava 1 | 300 m <sup>3</sup> |
| Grava 2 | 200 m <sup>3</sup> |
- d) Hielo y Agua.  
El agua fué tomada de la cisterna y tanque regulador. Para este colado no fue necesario el uso del hielo debido a la esbeltez de la estructura.
- e) Mezclado y Transporte.  
El mezclado y el transporte se realizó con 5 camiones mezcladores de 6 m<sup>3</sup> de capacidad.
- f) Maquinaria.  
Para la realización de el colado se utilizó la siguiente maquinaria:
- |    |  |
|----|--|
| 2  | Compresores 325 PCM                              |
| 1  | Grúa 75 Ton                                      |
| 1  | Bomba estacionaria ø 5"                          |
| 12 | Vibradores Neumáticos ( 6 en obra y 6 de apoyo ) |
| 2  | Bachas de concreto (4m <sup>3</sup> )            |
| 2  | Plantas para concreto ( 1 en obra y 1 de apoyo ) |
| 5  | Camiones revolvedora                             |
| 1  | Camión Pipa                                      |
| 2  | Camionetas Estacas ( 3 ton )                     |
- g) Personal  
El personal requerido par el colado fue el siguiente:
- |    |   |
|----|---|
| 1  | Sobrestante                                 |
| 4  | Cabos                                       |
| 8  | Colocación con grúa                         |
| 12 | Vibradoristas                               |
| 4  | Oficiales albañiles                         |
| 6  | Rev. Cimbra                                 |
| 6  | Ayudantes                                   |
| 45 | Personas por turno se emplearon dos turnos. |



Habilitado de acero de refuerzo pedestal



Armado del pedestas del Motor-Generador

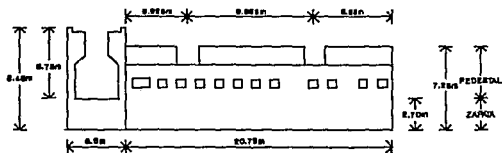
## Colocación del Concreto

La colocación del concreto se inició en la parte sur del pedestal específicamente en las primeras dos ventanas del ancho 7.50 m; donde existe una altura de la estructura de 3.50 m, se buscó que la caída máxima del concreto fuese de 1.0 m y que la compactación del mismo se realizara simultáneamente hasta obtener una cuña de inclinación constante dependiente del revenimiento y del ángulo de reposo de la mezcla, preocupándose por tener toda la superficie fresca y evitar con esto, una posible junta fría.

En este colado se presentaron serios problemas de colocación, debido a la altura del elemento, a la gran densidad de acero que impidió a los vibradores maniobrar con facilidad y llevar a cabo una buena compactación, a la falta de iluminación, al gran número de cajas ahogadas ( de 60 x 60 x 60 cm ) en la forma caprichosa de la estructura (Ver croquis A-A'), tanto en la zona del motor como en la del generador; apareciendo concreto alveolado en las partes adyacentes verticales de las cajas, debido al acero pegado a las mismas, por utilizar grava de tamaño máximo de  $1\frac{1}{2}$ " por falta de vibrado, por la consistencia de la mezcla y además a la velocidad de colocación del concreto de la motobomba.

El curado del concreto se efectuó con membrana de curado antisol blanco base acuosa en toda su superficie.

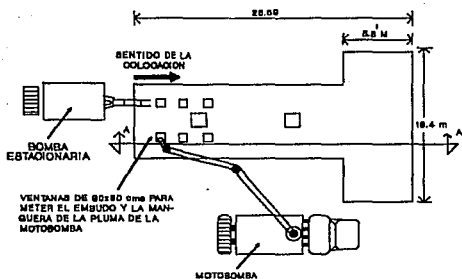
## COLADO DEL PEDESTAL DE LA U-1



N

CORTE A-A

## COLADO DEL PEDESTAL U-1



### Defectos y Reparaciones

Las reparaciones en la zona del generador se realizaron con grout y gravilla que pasa por la malla 3/8" y retenida en el # 4, las del motor se llevaron a cabo por el método de Dry Pack.

### Resistencia del concreto

Los resultados promedios obtenidos de esta dosificación a 28 días fue 240 kg/cm<sup>2</sup> y a los 90 días el esfuerzo obtenido fue de 274 kg/cm<sup>2</sup>.

Este colado se inició el 23 de marzo a las 17:00 horas y terminó a las 11:00 horas del día 24 de marzo de 1990. Se colocaron 555 m<sup>3</sup> en 18 hrs.

### COLADO DEL PEDESTAL DE LA UNIDAD 2 (U-2)

Este colado se realizó de manera similar al del pedestal 1 tomándose en cuenta todos los incidentes presentados en el colado a anterior, esto es, se inició de día y por la zona mas difícil donde se presentaron los peores defectos (zona del generador), se cuidó que todo el acero tuviera el recubrimiento especificado, se hizo necesario el uso del hielo para retardar el fraguado inicial, se mantuvo un revenimiento alto del orden de 16-20 cms; se empleó menos grava 2 y se

tuvo mayor control de la velocidad de colocación del concreto de la motobomba.

El colado se inició el día 14 de marzo a las 14:00 hrs y terminó a las 10 hrs del día 15 de marzo de 1990. Se colocaron un total de 590 m<sup>3</sup> en 20 horas.

La resistencia del concreto de este pedestal estuvo gobernada por la proporción siguiente:

Cemento:	285 kg/m <sup>3</sup>
Arena:	701 kg/m <sup>3</sup>
Grava 1:	813 kg/m <sup>3</sup>
Grava 2:	293 kg/m <sup>3</sup>
Agua:	185 lt/m <sup>3</sup>

Los resultados promedios obtenidos de esta dosificación a 7 días fue de 230 kg/cm<sup>3</sup> y a los 28 días alcanzó un esfuerzo de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

#### COLADO DE LA CIMENTACION DE LA CHIMENEA

##### Preparativos de campo

- a) Limpieza de acero:  
La limpieza del acero se realizó con cepillos de alambre para retirar el óxido que presentaba.
- b) Limpieza de la superficie de desplante:  
Esta limpieza se realizó con chiflón de aire a presión, sacando la basura por una ventana localizada en frente de la bajada de la rampa de acceso (ver dibujo de la Planta).
- c) Recubrimiento:  
Este fue el establecido en las especificaciones del plano de proyecto.
- d) Ventanas para la colocación del concreto:  
Se hicieron ventanas de 40 x 40 cms. aproximadamente en todo el lecho del emparrillado superior de la zapata en todos los sentidos separados 1.50 mts; con el fin de no arrastrar mucho el concreto con el vibrador y evitar con esto la segregación del mismo.
- e) Caída vertical del concreto:  
Para tener una buena colocación se hizo necesario la utilización de embudos de tubería P.V.C. de 8" de diámetro de diferente longitud, garantizando con esto una caída libre del concreto no mayor de 1.0 metros; la tolva de cada embudo (pantalón), fue hecha en obra, de lámina galvanizada.

- f) Estructura provisional de auxilio:  
Se fabricó en el campo una armadura con varillas de 1 1/4" y 1", contaventeados en todos los sentidos y construida perimetralmente desde el borde de la excavación al armado de la zapata, de tal manera que se pudiera colocar el canalones la ventana del emparrillado superior de la estructura y poder desplazarlo según la exigencia de la cuña formada.
- g) Bomba estacionaria:  
Se revisó el funcionamiento mecánico de la bomba estacionaria de 5" de diámetro, con la que se colocó concreto al centro de los anillos del fuste, así como en su área central (ver dibujo de la Planta).
- h) Equipo de vibración:  
La compactación se realizó con 6 vibradores neumáticos: 2 de 3" y 4 de 2 1/2", empleando para estos 2 compresores de aire, no se hizo uso de eléctricos.

#### Preparativos en la planta dosificadora

- a) Cemento:  
Se utilizó cemento tipo II de bajos álcalis nacional, procedente de Ensenada B.C. Para este colado no fue necesario tener cemento almacenado extra, ya que fue suficiente con el existente en los silos de la Planta y los cilíndricos verticales.
- b) Arena:  
Se utilizó arena del banco "El Ihualil", descontaminada con una criba existente en la planta, no hubo problemas de almacenamiento de este material.
- c) Grava:  
Se empleó grava clasificada en grava 1 ( No. 4-3/4" ) y grava 2 ( 2/4" - 1 1/2" ), procedente de "el Ejido 5", saturada con agua 24 horas antes de usarla, para disminuir el calor de hidratación del concreto.
- d) Agua:  
El agua de mezclado fue tomada de la cisterna y del tanque regulador de C.F.E.
- e) Hielo:  
Se utilizaron 60 barras de hielo para enfriar el agua almacenada en los tanques de las plantas dosificadoras y con esto disminuir en gran medida el calor de hidratación del concreto.
- f) Plantas Dosificadoras:  
Antes de arrancar el colado masivo se checó en las plantas dosificadoras su funcionamiento mecánico y eléctrico así como su calibración.

## Planta No. 10

Báscula	Error registrado (%)	Error Permissible (%)
Agregados (grava-arena)	0.90	2.0
Cemento	0.70	2.0

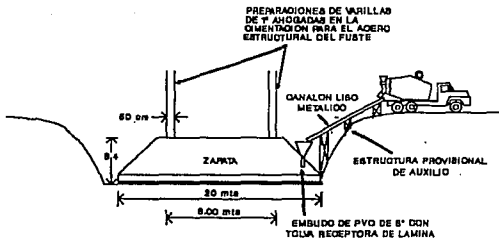
## Planta No. 18

Báscula	Error registrado (%)	Error Permissible (%)
Agregados (grava-arena)	0.5	2.0
Cemento	0.5	2.0

## g) Mezclado y transporte de concreto:

Este se realizó con 5 camiones mezcladores de la compañía BAL, S.A. y uno de C.F.E. de 6 m<sup>3</sup> de capacidad, estando en buenas condiciones de trabajo las seis unidades.

## COLADO DE LA ZAPATA DE LA CHIMENEA

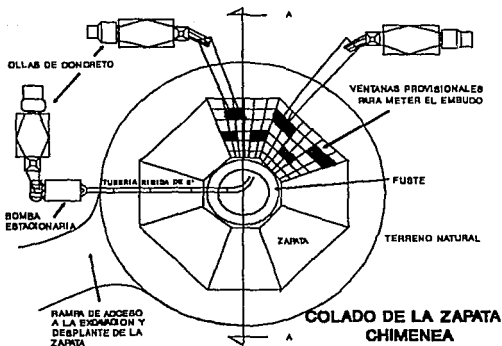


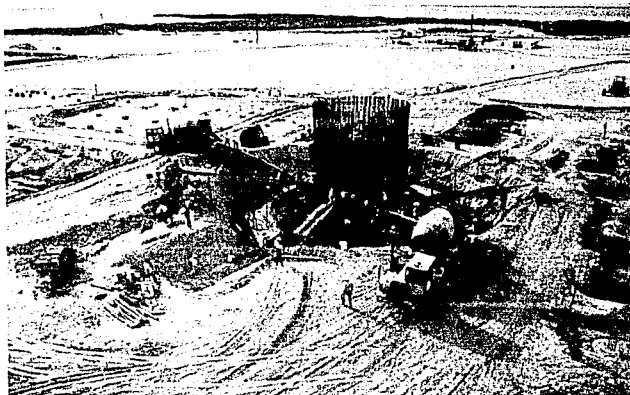


### Colocación del concreto

Se inició a colocar el concreto a canalón en el lado oeste de la estructura, buscando levantar el concreto a la altura de 1 mt. ( altura menor perimetral de la zapata, ver corte A-A' ); cuando se alcanzó este fin buscado, empezaron los problemas de colocación, porque conforme se avanzaba con el tiro en la dirección de Oeste a Este de la cimentación, más se pronunciaba la pendiente del concreto en todas las direcciones extendiéndose a todo lo ancho de la estructura; mucho más problema fue cuando el concreto llegó al perímetro del acero del fuste de la chimenea, ya que la separación de este acero no permitió al concreto continuar con su ángulo de reposo impidiendo su paso; para evitar una junta fría vertical perimetral en la zona de acero del fuste, se empezó a colocar concreto en esa parte del otro lado del acero con la bomba estacionaria y de esta forma solucionar parte de este problema. Se continuó con el sentido de la colocación logrando tener fresca toda la superficie extendida a canalón en los extremos y al centro con la bomba hasta terminar con el llenado, evitando así la formación de una junta fría.

Esta estructura fue la que mas dificultad tuvo para su llenado, en parte por su forma geométrica, método constructivo, falta de equipo de vibración y por problemas inesperados como el apelmazado de concreto en el anillo del fuste.





Colado de la zapata de la chimenea

#### Resistencia del concreto

Para este colado en particular por su volumen significativo se empleó la proporción siguiente:

Cemento:	260 kg/m <sup>3</sup>
Areña:	734 kg/m <sup>3</sup>
Grava 1:	622 kg/m <sup>3</sup>
Grava 2:	622 kg/m <sup>3</sup>
Agua:	182 lt/m <sup>3</sup>

Los resultados promedios obtenidos de esta dosificación a 28 días fue de 260 kg/cm<sup>2</sup>.

# CHIMENEA

---

Las chimeneas además de ser el tipo más numeroso de estructuras altas, presentan diversos tipos de problemas asociados. Los principales problemas resultan ser el proceso constructivo a utilizar y el efecto térmico de los gases que circularán por ellas.

Las chimeneas de concreto reforzado se han construido por mas de 120 años siendo ahora el material mas utilizado ya que resulta económico prácticamente para cualquier altura.

La selección del diámetro en las primeras chimeneas fue realizado sobre todo para satisfacer los requerimientos del tiro. Con el advenimiento de sistemas de tiro reforzado, la dilución de gases tóxicos por dispersión en el aire más turbulento a una mayor altura, se convirtió en la consideración principal. El diámetro es seleccionado de tal manera que sea apropiado para la velocidad de salida del gas en el tiro. Si la velocidad es muy baja existe la posibilidad de acumulación en la parte baja de la chimenea y como consecuencia un enfriamiento del conducto y del gas seguido por la condensación del ácido. Por otro lado, si la velocidad de salida es muy alta entonces existe la posibilidad de la aparición de una presión positiva en la parte baja de la chimenea, resultando como consecuencia la penetración del gas en el recubrimiento y su condensación cuando la temperatura alcance su punto.

En cuanto a la contaminación, el daño varía según el proceso para el cual la chimenea fue construida. En el caso de termoeléctricas el Dióxido de Azufre es el contaminante mas común y es al que se le pone mayor atención.

## FUNCION DE LAS CHIMENEAS EN UNA TERMOELECTRICA

### Clasificación de las chimeneas.

Las chimeneas pueden clasificarse según diversos criterios:

- a) Atendiendo al método utilizado para conseguir una velocidad adecuada de los gases, se les puede clasificar en chimeneas de tiro natural, chimeneas de tiro inducido y

chimeneas de tiro forzado, según que el diferencial de presión necesario para el flujo de los gases se deba exclusivamente a diferencias de temperatura y densidad, que se haya creado por medios artificiales una presión negativa progresivamente decreciente, o que se fuerce al flujo mediante presiones positivas mayores que la atmosférica.

- b) Atendiendo al número de ductos independientes contenidos dentro de una misma envoltura estructural en chimeneas de ducto simple y chimeneas de ductos múltiples.
- c) Según la manera como se resisten las sollicitaciones debidas a fuerzas horizontales, se las puede dividir en dos clases: autoportantes y no autoportantes:
- Autoportantes son aquellas chimeneas que no necesitan de una estructura auxiliar para soportar las sollicitaciones globales debidas a viento o sismo. El propio fuste de la chimenea ha sido diseñado para resistir dichas sollicitaciones.
  - No autoportantes son aquellas chimeneas cuyo ducto(s) de gases no está diseñado para soportar por sí mismo las sollicitaciones globales de viento o sismo y se requiere, por lo tanto, de una estructura auxiliar para resistirlas. Esta clase incluye las chimeneas atirantadas.
- d) Atendiendo al material estructural empleado en la construcción del fuste, las chimeneas se pueden clasificar en: chimeneas de mampostería, chimeneas de concreto reforzado monolítico, chimeneas de acero y chimeneas construidas con elementos prefabricados.

#### Selección de soluciones

Las determinaciones preliminares de las características y requerimientos generales de la chimenea se basan en evaluaciones económicas, límites de contaminación del aire y del terreno, condiciones de operación y condiciones estéticas.

La definición de la velocidad de salida del afluente, del diámetro interior, forma y altura del o de los ductos, así como la determinación de la temperatura de operación, de la temperatura extrema y se duración son cuestiones que no deberían formar parte de un manual de obras civiles. Sin embargo, dada la importancia que tienen para el diseño y buen funcionamiento de la chimenea, se darán a continuación algunos lineamientos generales.

De un dimensionamiento correcto dependerá que la obra cumpla sus funciones satisfactoriamente y que su operación resulte económica. En especial, conviene señalar que las dimensiones del ducto de gases (altura y diámetros interiores) influyen sobre la eficiencia de la combustión, la economía de

combustible, la contaminación atmosférica, la formación de depósitos ácidos en las paredes interiores y, por tanto, sobre la resistencia al flujo de gases y a la corrosión; tienen además, influencia sobre las secciones térmicas y el tiro necesario para mantener velocidades de flujo adecuadas. Por último un dimensionamiento correcto reduce los gastos de mantenimiento y reparación y prolonga la vida útil de la obra.

Cuando se esta en la etapa de selección entre varias soluciones posibles, deben considerarse todas las alternativas que razonablemente se puedan clasificar a priori como técnicamente adecuadas y económicamente competitivas. Esto implica incluir en la comparación factores que tienen mas relación con aspectos básicos del proyecto de la central termoeléctrica que con el diseño de la o las chimeneas necesarias. Los estudios preliminares a que se ha hecho referencia están orientados a decidir sobre cuestiones como localización de la planta, la potencia instalada, número de unidades de potencia, tipo de combustible a usar, ciclo de operación, elección del procedimiento para abatir los niveles de contaminación, etc. En esta etapa del proyecto, las comparaciones económicas entre las soluciones consideradas se pueden hacer sobre la base de estimaciones más o menos gruesas de los costos y no necesitan mayor precisión sobre las características de las chimeneas propuestas en cada alternativa que la que se puede obtener de la información disponible sobre chimeneas de centrales termoeléctricas de capacidad similar ay construcción reciente.

Una vez eliminadas las alternativas menos ventajosas, se necesita hacer una comparación mas fina entre las restantes y es entonces cuando es preciso considerar en forma más detenida las distintas posibilidades de solución en lo que a chimeneas se refiere.

Para alturas pequeñas, las chimeneas de acero son, en general, más económicas que las de concreto reforzado; sin embargo para grandes alturas, el concreto proporciona soluciones económicamente más fáciles de construir.

La comparación económica entre soluciones debe considerar los siguientes puntos:

- a) Costo inicial de la chimenea, incluidos revestimientos, ductos internos, aislamiento y cimentación.
- b) Vida útil de la instalación y posibilidades de cambio en la capacidad instalada, en el régimen de operación o en el combustible empleado.
- c) Vida útil de la chimenea.
- d) Costos de operación, reparación y mantenimiento que no signifiquen interrupción de su funcionamiento.
- e) Efectos económicos de una falla de la chimenea o de la interrupción de su funcionamiento por reparaciones mayores.
- f) Cuando hay varias unidades, posibilidad de servir las mientras una de las chimeneas (o uno de sus ductos, si se

- trata de chimenea de ductos múltiples) es reparada o sometida a operaciones de mantenimiento.
- g) Valor residual y dificultad y costo de dismantelar o demoler la chimenea.
  - h) Costos de reposición.
  - i) Costos financieros (intereses sobre el capital, seguros, depreciación, amortización, fondos de reserva y otros).

En la comparación entre chimeneas de acero y chimeneas de concreto reforzado debe tenerse en cuenta que las primeras se fabrican en segmentos que deben ser unidos en la obra, para lo cual se necesita de equipo de montaje que tenga el alcance apropiado. Este es un factor limitante de la altura para soluciones en acero. Para las chimeneas de concreto reforzado no hay factores técnicos que limiten la altura; en el estado actual de la técnica se pueden construir de 300m de altura o aun más.

**Determinación de la altura y sección interior de los ductos de gases.**

**a) Generalidades.**

El problema principal es determinar la altura de los ductos de gases y el área de su sección interior a la salida, de manera que los niveles de contaminación previstos cumplan las normas de calidad del aire que se hayan adoptado o que la autoridad competente exija.

Los métodos disponibles para la determinación de la altura necesaria de una chimenea, en relación con los problemas de contaminación, se pueden clasificar en analíticos y experimentales. Los primeros varían grandemente en cuanto a su complejidad, desde simples reglas empíricas, a veces de dudosa validez, hasta elaborados cálculos basados en modelos matemáticos que aplican la teoría de la difusión con el objeto de predecir niveles de contaminación esperados y compararlos con la norma de calidad empleada. Los métodos analíticos se basan en numerosas idealizaciones del problema; las condiciones que rigen en un caso real pueden ser en algunos aspectos muy diferentes de las condiciones ideales contempladas en la teoría y, entonces puede ser necesario recurrir a métodos experimentales, ya sea de campo o de laboratorio. Es el caso de los efectos introducidos por obstáculos de flujo del aire, como los debidos a irregularidades topográficas o a edificios próximos.

**b) Contaminantes emitidos por plantas termoeléctricas convencionales.**

Los contaminantes originados por los procesos de combustión en plantas termoeléctricas se pueden clasificar en dos categorías: 1) contaminantes primarios, que son los emitidos directamente por la fuente de contaminación; 2) contaminantes secundarios, formados en la atmósfera como resultado de la interacción de dos o más contaminantes

primarios, o por reacción con los componentes atmosféricos normales, con o sin fotoactivación. Los principales contaminantes primarios producidos por centrales de potencia que utilizan combustibles están formados por partículas, sólidas o líquidas, y gases, como los óxidos de azufre, de nitrógeno y de carbono. En una planta bien diseñada y en buenas condiciones de operación el afluente tiene concentraciones bajas de monóxido de carbono (CO) y muy pocos hidrocarburos sin quemar. El bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no tiene efectos fisiológicos adversos sino en concentraciones relativamente altas, por lo cual, usualmente no se le considera como un contaminante; además, se sabe que los procesos biológicos y geoquímicos proveen un medio natural suficiente de control del contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera por lo menos al nivel actual de las concentraciones observadas a escala planetaria. Por estas razones, los principales contaminantes primarios que deben considerarse al tomar medidas contra la contaminación producida por plantas termoeléctricas convencionales son las partículas y los óxidos de azufre y de nitrógeno.

- c) **Procedimientos para abatir la contaminación atmosférica.** El abatimiento de la contaminación puede efectuarse en la fuente de emisión misma o en el punto en que el afluente es entregado a la atmósfera. Su objetivo es reducir la cantidad de contaminante emitido y su concentración a límites aceptados. El control en la fuente misma se puede realizar ya sea por sustitución o modificación del combustible empleado, por captura y remoción de contaminantes contenidos en el afluente, o bien modificando las técnicas y equipos de combustión. Estos procedimientos de control son los únicos que pueden reducir la contaminación en términos absolutos dado que actúan sobre la fuente emisora. El control en el punto de entrega a la atmósfera se efectúa empleando chimeneas altas que producen la dilución y dispersión del afluente, de manera que, al llegar al receptor, la concentración de contaminantes quede por debajo de los límites aceptados. Este procedimiento reduce el impacto sobre los lugares cercanos a la chimenea, pero aumenta el área expuesta a la contaminación; ciertamente no afecta la cantidad total de contaminante. El grado de dilución y dispersión en la atmósfera de los contaminantes emitidos por una chimenea depende de varios factores: la altura y el diámetro superior del ducto, la temperatura y velocidad de salida del afluente, las condiciones meteorológicas reinantes, (velocidad, dirección y estructura del viento, grado de estabilidad atmosférica, nubosidad, etc.), la topografía del terreno y la localización de la chimenea respecto de otras estructuras o de obstáculos naturales. No existen métodos analíticos que permitan tomar en cuenta el efecto de todos los factores enumerados en el cálculo de la concentración espe-

rada del contaminante. Sin embargo, hay casos en que algunos o la mayoría de esos factores tienen efectos secundarios y es entonces posible obtener resultados aceptables.

Conviene mencionar que la contaminación resultante para una chimenea aislada, o un grupo de chimeneas cercanas entre sí, puede ser muy diferente de la provocada por un número grande de chimeneas distribuidas sobre una superficie extensa. En el caso de una sola chimenea, las concentraciones máximas de contaminante al nivel del terreno bajo condiciones de atmósfera neutra o inestable, se producen en la cercanía de la fuente, generalmente dentro de una distancia igual a veinte veces la altura de la chimenea en la dirección del viento dominante. En el caso de un número grande de chimeneas distribuidas sobre una superficie extensa, la contribución individual de cada una a la contaminación del área puede resultar aceptable, pero no así el efecto del conjunto. Los efectos del viento en los dos casos pueden ser diametralmente opuestos; mientras que en el segundo, el problema de contaminación del área decrece al aumentar la velocidad del viento, una sola chimenea puede producir problemas locales más serios para velocidades de viento relativamente altas.

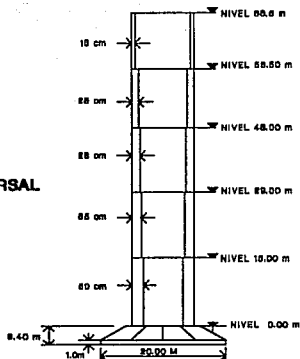
Al evaluar las concentraciones máximas esperadas de contaminantes aportados por una nueva instalación para compararlas con las permitidas, hay que tener en cuenta que dichos contaminantes se encuentran ya presentes en el ambiente receptor en concentraciones que dependen del grado de urbanización e industrialización del área.

En la C.T. de Sn. Carlos B.C.S. se diseñó una chimenea con las siguientes dimensiones:

ALTURA	68.5 Mts.
DIAMETRO EXTERIOR	8 Mts.
NIVEL	ESPESOR
0 + 00000 al 0 + 15000	50 cm
0 + 15000 al 0 + 29000	35 cm
0 + 29000 al 0 + 43000	28 cm
0 + 43000 al 0 + 56500	23 cm
0 + 56500 al 0 + 68500	18 cm



## CHIMENEA SECCION TRANSVERSAL



El colado del fuste de la chimenea de la C.T. Sn. Carlos fue realizado por el sistema de cimbrado deslizante, operación compleja que exige una rigurosa planeación de las operaciones y de los recursos, ya que esta actividad debe garantizar su continuidad durante las 24 hrs. del día hasta el siguiente paro programado. Debe coordinarse la actividad en un área reducida y en altura, del personal encargado de la operación de la cimbra, los colocadores de concreto y la instalación de acero de refuerzo, embebidos y cimbrado para huecos.

### CARACTERISTICAS GENERALES

#### Fuste de Concreto

La construcción se efectuó de acuerdo a la norma ACI-307.

#### Aberturas en el fuste de la chimenea

Las aberturas para los ductos de gases, acceso de personal y otras, se realizaron de acuerdo al plano de diseño de la C.F.E.

Antes de terminar el trabajo las aberturas se taparon y se les dió un acabado en la cara exterior con una capa de 50mm de cemento-arena aplicado sobre una malla de alambre.

Se proporcionó ventilación al espacio de aire anular (entre tiro y fuste) efectuando aberturas en el fuste según norma ACI-307.

Se dejaron también aberturas que permitieran la instalación de las unidades de iluminación para la navegación aeronáutica.

#### **Tiro de acero**

La chimenea cuenta con dos tiros de acero con espesor de 6.3 mm, con su respectivo aislamiento y cenicero en su parte inferior.

Se colocó una puerta removible con aislamiento de 75 x 90 cm en la base de cada tiro para acceso e inspección interior. Dicha puerta es hermética y debe estar equipada con dispositivo de cierre, bisagras y juntas de asbesto.

Se colocó una escalera y plataforma de 60 x 75 cm para alcanzar la puerta de acceso al tiro desde el piso.

Se instalaron ductos siendo estos una extensión del tiro para conectarse a los ductos de llegada que conectan al generador de vapor.

Se colocó un botaguas continuo de aluminio anodizado a prueba de intemperie alrededor del ducto de llegada de gases a la chimenea en la cara exterior del fuste. Este botaguas tiene la capacidad de tolerar los movimientos diferenciales entre el tiro y el fuste.

Se instaló el drenaje para el tiro a través del cenicero y losa del piso. Las líneas de drenaje son accesibles desde la escalera.

El ducto de llegada de gases conectado al tiro es lo suficientemente rígido, de tal modo que los desplazamientos del tiro en cualquier dirección se limitan a un máximo de 6 mm.

#### **Accesorios misceláneos**

Se instalaron plataformas para acceso, inspección y reparación del alumbrado y otros accesorios para la chimenea.

Las plataformas son de acero con pisos de rejilla y están sujetas a la chimenea con pernos e insertos embebidos en el fuste de concreto.

Las plataformas son de 75 cm de ancho, excepto en las zonas de muestreo de gases en donde son de 1.80 x 1.80 m.

Un sistema de escaleras se extiende a través de la altura total de la chimenea. Las escaleras se colocaron en la cara interior del espacio anular y se extienden a una plataforma. El sistema de escaleras consiste en una serie de plataformas descentradas y espaciadas a intervalos de 5 a 9 m conectadas por escaleras con jaulas de seguridad. Las plataformas tienen por lo menos 90 x 75 cm.

Las escaleras tienen 40 cm de ancho con escalones de 19 mm de diámetro espaciados a cada 30 cm. El sistema de escaleras es de construcción de acero y esta asegurada a la chimenea con pernos e insertos embebidos en el fuste del concreto.

En la parte superior del fuste, por el exterior, se instaló un monorriel alrededor de la chimenea, el cual está sujeto a un polipasto y sirve para pintar el fuste periódicamente.

Las rejillas son de construcción soldada consistentes en barras de asiento dentadas de 32 mm galvanizada por inmersión en caliente.

Todos los insertos de fijación para soportar las ménsulas de escaleras y plataformas son de 19 mm de diámetro de acero y tienen un recubrimiento primario inorgánico de cinc autocurante base solvente P11 y un acabado epoxi-poliámida A2.

Todas las puertas de acceso de personal son de acero de lamina calibre No. 18, con marcos de lamina calibre No. 14. Todas las puertas están equipadas con bronce, cerraduras cilíndricas, perillas y obturadores.

La chimenea cuenta con un elevador del tipo de cremallera con capacidad de 400 Kg.

#### **Pararrayos**

Se suministraron barras para la protección contra descargas atmosféricas (pararrayos), las cuales cumplen con lo siguiente:

- Las barras deben ser de acero inoxidable.
- El diámetro de cada barra debe ser de 19 mm,
- Todas las barras deben anclarse firmemente en la parte exterior del tiro de acero.
- Las barras deben montarse con espaciamiento entre ellas de no mas de 240cm, distribuidas uniformemente,
- Las barras deben sobresalir de la tapa o parte superior de la chimenea no menos de 46 cm y no mas de 76 cm,
- Todas las barras deben conectarse entre si por su parte inferior formando un circuito cerrado alrededor de la parte mas alta de la chimenea. Este circuito debe construirse por medio de un conductor de cobre desnudo con cubierta de plomo,
- Se deben suministrar dos conductores de cobre suave trenzado calibre 4/0- AMG, los cuales deben ir desde la parte superior de la chimenea hasta su base, después de haber conectado el circuito cerrado en el tope y deben dejarse 5 m por cada uno en la parte inferior para que la Comisión haga la conexión al sistema de tierras. Estos conductores deben localizarse en lados opuestos uno del otro y deben fijarse al fuste por la parte inferior.
- Adicionalmente se debe bajar un conductor calibre 4/0 AWG a todo lo largo por el lado exterior del tiro con el objeto de aterrizarlo directamente sin que existan otras trayectorias que puedan dificultar el paso de la descarga.
- En la base del tiro, deben dejarse 5 m de cable, con el objeto de que la Comisión conecte el tiro a la red de tierras.

- Todas las plataformas deben ser conectadas a la escalera por medio de un cable de cobre flexible y la escalera a su vez, debe conectarse al sistema de protección contra descargas atmosféricas en la parte superior y en la base de la chimenea.
- El acero de refuerzo debe ser conectado a los conductores de bajada, en la parte superior y en la base de la chimenea.
- Todas las conexiones, abrazaderas, anclas y artículos similares para el sistema de protección contra descargas atmosféricas, deben ser de cobre o de alguna aleación de éste.
- No se aceptan conexiones soldadas,
- En el caso de tener que realizar uniones de conductores con cubierta de plomo, dichas uniones deben llevarse a cabo después de haber removido el plomo, o sea, de cobre a cobre, para después recubrir con soldadura o con plomo de tal manera que el cobre o aleación de este no este expuesto al ambiente corrosivo.
- Todos los conductores, conectores, abrazaderas, anclas y demás artículos similares para el sistema de protección contra descargas atmosféricas que se localicen dentro de 7.6 m de la parte superior del fuste, deben tener una cubierta continua de plomo de espesor de 1.6 mm.

#### **Instalación eléctrica de iluminación**

Cumple lo descrito a continuación:

- a) Luminarias incandescentes del tipo industrial, las cuales deben ser de servicio intemperie, resistentes a la corrosión con sellado hermético y sobrepuestas en la pared. La instalación de las luminarias deben llevarse a cabo sobre la trayectoria vertical del circuito, con espaciamiento de 4.5 m entre ellas.
- b) Tubería conduit tipo industrial de hierro galvanizado rígido el cual debe ser instalado sobre la parte interior del fuste con una trayectoria vertical 0.4 m alejado de la escalera.
- c) Conductores para el alumbrado total del circuito eléctrico, el cual debe ser de cobre con aislamiento.
- d) Abrazaderas para fijar el tubo conduit en su trayectoria ascendente. Las que se encuentren a 7.6 m o menos de la parte superior del fuste, deben estar cubiertas de plomo con un espesor mínimo de 1.6 mm.
- e) Cajas para registro, las cuales deben ser tipo 4 según norma NEMA ECS-6, servicio intemperie a prueba de agua, con sello de neopreno. Estas cajas deben ser para montaje embutido con espaciamiento de 12 m máximo a lo largo de la trayectoria vertical del tubo conduit.

- f) Los condulets, reducciones y contactos necesarios, los cuales deben ser para servicio intemperie. Todas las plataformas interiores y exteriores, así como las escaleras y los pasos del elevador en caso de requerirse, deben tener una iluminación de 50 luxes mínimo, excepto en las plataformas de prueba donde la iluminación debe ser de 300 luxes máximo.
- g) Las lámparas deben controlarse por medio de un tablero de iluminación colocado en la base de la chimenea.

#### Sistema de luces de obstrucción para la aeronavegación

El sistema incluye lo indicado a continuación:

#### Luces de obstrucción

- a) Tanto para las luces de la cúspide como para las intermedias, se debe instalar un juego de tres luces de obstrucción separadas 120° entre sí.
- b) Las luces de obstrucción deben instalarse en las siguientes alturas:
  - Las tres luces de la cúspide deben instalarse de 1.5 a 3 m abajo del tope de las chimeneas, para evitar que se depositen partículas de humo en las luces de la cúspide.
  - Se deben colocar 3 luces intermedias por cada 45 m o fracción para que sean visibles a cualquier ángulo.
- c) Las luces de obstrucción deben ser de fácil acceso para la limpieza y reemplazo de las lámparas.
- d) La intensidad mínima de cada unidad de luces de obstrucción debe ser de 32.5 candelas de la luz roja.
- e) La variación de tensión en el circuito de luces de obstrucción no debe ser mayor de 3 % de la tensión nominal, con objeto de asegurar la intensidad luminosa de la salida.
- f) Con cada unidad de luz de obstrucción debe suministrarse un elevador de transferencia, para cambiar la energía eléctrica de una lámpara quemada a la de repuesto, dando a su vez una señal de alarma. El elevador de transferencia debe seleccionarse para unidades de obstrucción de 120 V 60 Hz y para lámpara incandescente de una capacidad no menor de 100W.
- g) Cada unidad de luz de obstrucción debe constar de un portalámparas de aluminio para dos lámparas, con entrada de tubo conduit de 2.54 cm de diámetro, incluyendo dos globos de vidrio rojo Fresnel; dos lámparas incandescentes, 120 V 60 Hz y de una capacidad adecuada no menor de 100W.
- h) Las luces de obstrucción que se instalen en la cima de las chimeneas deben ser de operación intermitente, para lo cual se debe instalar un destellador por cada unidad.

### Gabinete de fuerza y control

Es de servicio intemperie a prueba de agua, con tapa embisagrada, para el sistema de fuerza y control. El gabinete contiene lo siguiente:

- un interruptor termomagnético general de tres polos, 240 V 60 Hz, de capacidad de corriente.
- un interruptor termomagnético de dos polos, 240 V 60 Hz, para el circuito de cada nivel de luces de obstrucción,
- un sistema de celda fotoeléctrica para energizar en forma automática el sistema de luces de obstrucción en cada chimenea,
- un interruptor selector manual-automático par operar el sistema de obstrucción en forma manual o automática,
- tres destelladores ( uno por cada unidad de luces de obstrucción ) para las unidades de luces de la cúspide.
- señalizaciones de alarma.

### CARACTERISTICAS DE MATERIALES

#### Tiro

El acero para el tiro se recubrió internamente con un acabado anticorrosivo primario aluminio oleoresinoso CFE P12, especificación C.F.E. D8 500-02, de acuerdo al sistema anticorrosivo 19 de la especificación C.F.E. D8 500-01 por la parte exterior del tiro se recubrió con una capa de 37mm de primario cromato de cinc alquidaloóxido C.F.E. P2.

La parte superior del tiro es de acero inoxidable de acuerdo con la norma ASTM-A-240 tipo 316 considerando 1.5 veces el diámetro del tiro desde el tope hacia abajo.

La estructura soporte del tiro, guías, apoyos laterales y atesadores son de acero conforme a las normas NOM-B-254 y NOM-J-151 en donde las longitudes de los perfiles son menores de 9 m. Para longitudes mayores, se recubrió conforme al sistema N° 1 de la especificación C.F.E. D8 500-01 aplicando un recubrimiento primario inorgánico de cinc postcurado C.F.E. P10. Además se le aplicó un acabado epoxi-altos sólidos C.F.E. HA a lo que esta fuera del aislamiento según la especificación C.F.E. D8 500-02.

La junta de expansión es de elastómero de flúor.

#### Acero misceláneo

El material de las jaulas, escaleras, barandales, puertas, monorrieles, soportes, marcos y misceláneos, cumplen con la norma NOM B-254. Estos productos están galvanizados por inmersión en caliente y de acuerdo con la norma NOM J-151.

Sólo se permitió el uso de tanques expansivos galvanizados para fijar los conduits y soportes del elevador.

Los electrodos de soldadura fueron almacenados y mantenidos de acuerdo con la norma AWS D1.1. Los electrodos con humedad o daños en el recubrimiento fueron desechados.

#### DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CIMBRA DESLIZANTE

Las principales características del sistema de Cimbra Deslizante, que hacen ventajoso su empleo, son dos fundamentalmente:

- a) Tiempo (rapidez de ejecución)
  - b) Estructura racional (elementos rígidos y multicelulares)
- La utilización de la cimbra deslizante en la ejecución de las obras de concreto permite lograr dos grandes economías: la velocidad del deslizado de la cimbra (de 3.50 a 7.00 m por día) y una reducción del tiempo crítico del programa, en relación a las actividades de montaje y operación de los equipos de elevación vertical.
- En cuanto al concepto de estructura racional, cabe afirmar que se logra al hacer trabajar a los elementos verticales tan rigidamente como el cálculo lo requiera, a fin de absorber los esfuerzos horizontales, haciendo innecesario el empleo de las trabes, normalmente diseñadas para tal objeto.
- La construcción con cimbra deslizante puede compararse con un proceso de extrusión de concreto, ya que fundamentalmente se efectúa con un molde que se desliza sobre el concreto, en su proceso de fraguado, dejando la estructura colada en forma continua hasta lograr la altura total del elemento. Las cimbras se ensamblian al iniciar el colado y se desmantelan una vez terminada la estructura que, mediante el proceso, queda colada en forma continua y monolítica. El empleo de este sistema es aconsejable en estructuras de concreto a base de muros sin discontinuidades o proyecciones fuera de la vertical.

#### Mecanismos

La cimbra deslizante contiene los siguientes mecanismos básicos: barras de apoyo, gatos hidráulicos, yugos metálicos, plataforma de trabajo, escuadras de soporte, cimbra de contacto, camisas para las barras, largueros, galerías suspendidas, polines de apoyo y caballate elevado, así como bomba o consola de operación, mangueras, bombas de mano, planta generadora de energía eléctrica (emergencia), equipo de elevación y accesos verticales.

Los gatos hidráulicos automáticos son cilíndricos, con un hueco central a través del cual para la barra de apoyo. Dentro del cilindro accionan dos conjuntos de mordazas (dos o tres por conjunto) de acción automática. El conjunto superior de mordazas está fijado a la caja del gato; el conjunto infe-

rior, al pistón hidráulico. Así, cuando un conjunto trepa por la barra, el otro sostiene al gato y, consiguientemente a la cimbra, a las plataformas de trabajo, a las galerías y al conjunto deslizante en general; el movimiento se invierte mediante la presión del aceite y un juego de resortes regresa las mordazas a la posición inicial. (Ver figura)

### Funcionamiento

Una vez colocado el refuerzo de la estructura a una altura mínima igual al tamaño de la cimbra por deslizar (1.20m), se coloca la cimbra para las caras externa e interna del elemento, se arman los accesorios metálicos, se colocan los gatos y plataformas de trabajo y, al terminar todas las preparaciones, se procede al colado, mediante capas uniformes de 15 a 20 cm de espesor, hasta llenar totalmente la cimbra. Si al terminar de colar, el concreto del fondo ha alcanzado su fraguado inicial, se procede al izado de la cimbra mediante la operación de los gatos, al principio muy lentamente con el objeto de observar el despegue de la cimbra y, de no presentarse deformaciones, se acelera el izado hasta alcanzar el ritmo calculado, que puede ser de 3.50 a 7.00 m por cada 24 hrs. de trabajo continuo pues el colado debe efectuarse sin interrupción en ciclos completos de izado, colocación del refuerzo horizontal, colado uniforme en capas de 20 cm y vibrado. El avance mínimo debe ser de 12.50 cm/hr; ya que de ser menor se pegaría la cimbra de contacto y la fricción aumentaría hasta revasar el límite de trabajo de los gatos.

El concreto que ya tiene una edad de 5 a 10 hrs. después del deslizado, únicamente está sujeto a esfuerzos de compresión debidos al peso del concreto fresco vaciado en la cimbra (1.20 m de altura) en total, aproximadamente 0.31 kg/cm<sup>2</sup>, ya que todo el conjunto, más las cargas vivas y un poco de la presión del viento son tomados por las barras de apoyo.

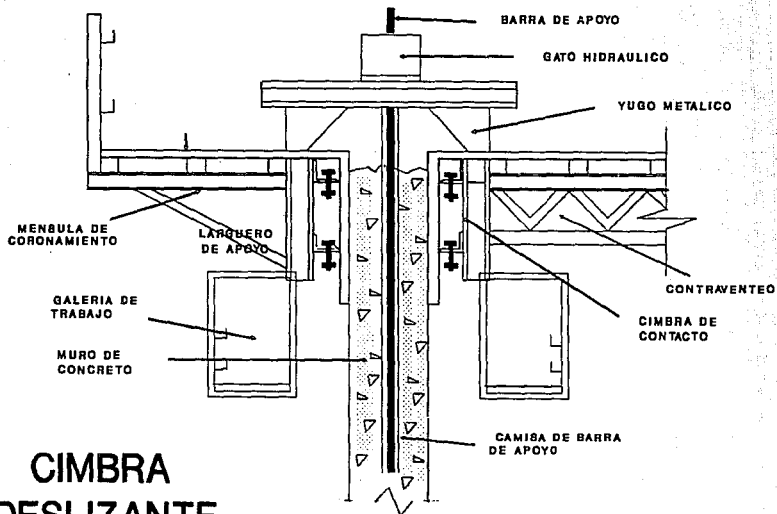
Los gatos normalmente trabajan a su capacidad, los hay de 3 toneladas probados a 6 toneladas y de 5 a 8 toneladas.

La fricción, la presión hidrostática del concreto, las cargas muertas y vivas, etc; determinan la fuerza necesaria para el izado, que al dividirla entre la capacidad de trabajo de los gatos, da por resultado el número necesario de gatos y su distribución. La cimbra se calcula tomando en cuenta las presiones y la separación de los yugos.

La velocidad del deslizado varía de acuerdo a la calidad del concreto y a la temperatura del medio ambiente, que afecta muy considerablemente el proceso de fraguado del concreto en las primeras horas de edad. Debe procederse al izado cuando el concreto fresco de la parte inferior de la cimbra tiene la resistencia suficiente para soportar la carga del concreto fresco de la parte superior.



# CIMBRA DESLIZANTE



---

## VENTAJAS DE CONSTRUCCION POR CIMBRA DESLIZANTE

### **Acortamiento substancial del periodo de construcción**

La velocidad de progreso de la cimbra deslizante, por día, difiere debido a las condiciones climáticas, calidad del cemento y cantidad de acero para refuerzo, pero usualmente es de 2 a 8m. Esto representa un gran avance hacia el incremento de la velocidad del colado comparado con los métodos de construcción convencionales.

### **Costo de construcción económico**

El acortamiento del periodo de construcción y aplicación por medio de un incremento substancial de la velocidad a través de equipos capaces de controlar la construcción automáticamente sin necesidad de operaciones manuales, resulta en una efectiva reducción del costo en lo que se refiere a mano de obra, gastos generales y de herramientas. Así, los variados gastos de la construcción total pueden ser mantenidos en un mínimo facilitando una construcción económica.

### **Alta calidad**

Como los trabajos son ejecutados de forma continua con un concreto de buena calidad, sin hacer juntas de construcción y se realiza un control preciso de ejecución en relación a la resistencia por medio del sistema de Control de Resistencia del Concreto, se puede construir una estructura monolítica de concreto de alta calidad.

### **Sistema de seguridad**

Todas las operaciones son llevadas a cabo sobre piso de operaciones seguro que se eleva conjuntamente con todo el equipo de construcción. También y para prevenir la caída de objetos y accidentes inesperados de los trabajadores, el equipo de construcción esta equipado con barandales de seguridad en la circunferencia exterior, suministrando así un sistema de seguridad infalible.

### **Precisión del equipo**

Se mantiene un alto grado de Precisión en la construcción por medio de dos sistemas de control altamente automatizados con computadoras y varios sensores, el Sistema de control de Precisión Horizontal y el Sistema de Control de la Resistencia del Concreto. Se recolecta y se presentan visualmente en la sala de control varios datos durante la ejecución y cada función de la misma es controlada automáticamente.

- Sistema de Control de Precisión Horizontal.

Es un sistema en el cual todo tipo de información tal como la desviación horizontal, la distorsión, la rotación y la desviación vertical son medidas, computadas y presentadas visualmente, efectuándose así el control y modificación de la ejecución.

- Sistema de Control de la Resistencia del Concreto.

Es un sistema por medio del cual la información sobre la resistencia del concreto es automáticamente medida, computada y presentada visualmente al mismo tiempo que los ajustes y al decisión de elevación de la velocidad son numéricamente controlados.

### PROCESO CONSTRUCTIVO

#### Preparativos de campo

1) Acero:

Se habilitó todo el acero necesario par todo el fuste de la chimenea así como las camisas y placas ahogadas en el mismo, almacenándose cerca del deslizado sin causar estorbos para la maniobra de las ollas mezcladoras que descargarían concreto en los concretos del equipo constructivo.

La limpieza del acero se efectuó paralelamente a la necesidad del deslizado.

El habilitado del acero se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Horizontal en semicírculos de 6 metros.
- Vertical en tramos rectos de 6 metros.
- Refuerzo adicional por huecos.

2) Tratamiento de la Junta:

Fue escarificada toda el área de la base de la chimenea en donde se desplantaría el primer tramo del fuste, para esto se sopleteó toda la superficie escareada con chiflón de aire a presión sacando toda la resaga de concreto suelto por una ventana provisional del molde de acero, humedeciendo perfectamente toda la superficie.

3) Recubrimiento:

Fue el establecido en las especificaciones del plano de proyecto, colocando los apoyos tanto externa como internamente conforme fuera el avance del deslizado.

Para asegurar el espesor del recubrimiento tanto interior como exterior, se construyeron pollos de concreto.

## 4) Cimbra Deslizante:

Es aconsejable que el izado de la cimbra y el proyecto de los moldes se encarguen a especialistas con amplia experiencia en este tipo de trabajos para que quede garantizado el proyecto y la solución acertada a las eventualidades que pueden presentarse. Así mismo resulta conveniente que antes de empezar el trabajo revisen el equipo y los accesorios.

Normalmente el contratista principal realiza las operaciones de elevación, colado, vibrado y curado del concreto así como las del armado del acero de refuerzo y la colocación de las preparaciones en la estructura, tales como vanos par puertas y elementos estructurales, juntas, instalaciones, etc.

Debido a la continuidad del trabajo, deberá prestársele especial atención a la cantidad y a la calidad del equipo, fundamentalmente a aquellos que se utilicen en la fabricación y elevación del concreto.

Los trabajos preliminares para el deslizado de la chimenea fueron de gran importancia, ya que de éstos dependió el éxito en la construcción. Estos trabajos requirieron más tiempo que el deslizado mismo.

El procedimiento de los trabajos preliminares se puede resumir de la siguiente forma:

- a) Fabricación de moldes metálicos sobre el diseño, incluyendo las placas de ajuste, la estructura de contraventeo y los sistemas de cierre para dar los diferentes espesores y diámetros de la chimenea. Todos estos trabajos fueron realizados en los talleres de la compañía que efectuó el deslizado.
- b) Transportación de moldes y equipo para el deslizado al lugar de la obra (Sn. Carlos B.C.S.). La llegada del equipo y el personal de operación del sistema fue simultánea 2 operadores y un sobrestante.
- c) Al llegar el equipo de deslizado junto con los moldes y estructura de contraventeo de la obra, se resguardo en la bodega hasta ser requeridos.
- d) Se revisó el trazo de la chimenea, el espesor del muro, posición del acero de refuerzo y niveles de despiante para el deslizado.
- e) Una vez revisado el trazo y niveles se colocó el molde interior, formado por piezas fijas y placas de ajuste intercaladas entre sí con tornillos de 1/8" par el cierre circunferencial derecho e izquierdo.
- f) Se colocó el molde exterior con sus respectivas piezas fijas intercaladas con placas de ajuste y sus tornillos de 1/8".
- g) Se montaron los yugos que unían el molde interior con el exterior, adaptando en el cabezal de cada uno las bridas de 5/8" para controlar el espesor del muro que iba variando con la altura.

- h) Se realizó el montaje del sistema de contraventeo interior, formado por armaduras a base de PTR de alma abierta.
- i) Se adaptó al molde interior con piezas telescópicas que se prolongaban al sistema de contraventeo junto con tornillos de 1 5/8" de diámetro para el cierre diametral de los moldes.
- j) Para contrarrestar la flecha del sistema de contraventeo se instalaron catenarias de cable de acero de 1/2" de diámetro.
- k) Se colocaron ménsulas metálicas que sirvieron de apoyo a las plataformas de trabajo interiores y exteriores.
- l) Se montaron los gatos hidráulicos sobre los cabezales de los yugos junto con la red hidráulica, al mismo tiempo que se introducían las barras de apoyo de 1 1/8" de diámetro.
- m) Se conectó la red hidráulica al sistema de bombeo del aceite.
- n) Se verificó que la plataforma de trabajo (cimbra de madera) estuviera en buenas condiciones; la instalación eléctrica estuviera perfectamente, contando además con una planta de respaldo de C.F.E. en caso de suspensión en la red.

#### 5) Equipo de vibración:

Se emplearon tres vibradores electricos de 2½", contando con otros tres electricos de 2" y dos neumáticos de respaldo.

#### 6) Maquinaria utilizada:

- 1 Grúa de 45 TON.
- 1 Bacha de 3/4 M3.
- 2 Convertidores de corriente, 1 en obra y otro de respaldo
- 6 Vibradores electricos, 3 en obra y 3 de apoyo
- 2 Plantas de Concreto, 1 en obra y 1 de respaldo
- 4 Unidades revolventoras, dos en obra y 2 de respaldo
- 1 Camioneta
- 4 Malacates de 5 ton. ( 1 de respaldo)
- 1 Pluma giratoria
- 2 Concrete Hoist

## 7) Personal:

1 Jefe de obra (Responsable del deslizado)  
1 Jefe de frente  
2 Subtotal

## Colocación del Concreto

1 Cabo  
2 Vibradoristas  
3 Carretilleros  
2 Ayudantes  
2 Paleros  
2 Guiando ollas a la bacha de concreto.  
12 Subtotal

## Colocación de Acero de Refuerzo

1 Cabo  
5 Of. Fierros  
5 Ayudantes  
11 Subtotal

## Carpintería y Colocación de embebidos

3 Of. Carpinteros  
3 Ayudantes  
6 Subtotal

## Acabado de concreto y curado

6 Albañiles ( 3 exterior y 3 interior )  
6 Ayudantes  
12 Subtotal

## Personal de Apoyo

1 Electricista  
1 Soldador  
1 Topógrafo  
4 Ayudantes  
7 Subtotal

## Personal de Cimbra Deslizante (SlipForm)

1 Jefe de Obra  
2 Técnicos de operación  
3 Subtotal

Total por turno 53

Se realizaron 2 turnos al día, con el siguiente horario:

1er. turno de 8.00 A.M. - 8.00 P.M.

2do. turno de 8.00 P.M. - 8.00 A.M.

Total de personal en los dos turnos 106

**COLADO DEL FUSTE DEL NIVEL 0 + 000 AL 0 + 15000**

**Materiales**

1) Cemento:

El primer tramo del nivel 0 + 000 al 0 + 15000 se utilizó cemento tipo II de bajos álcalis, procedente de Ensenada, B.C. existiendo problemas para su transportación.

2) Arena:

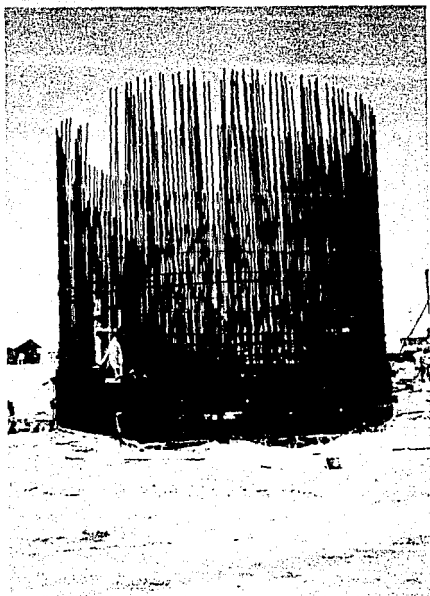
Se empleó arena del Ihuajil, descontaminándose a la par con la producción de concreto ya que fue lento el suministro del mismo.

3) Grava:

Para este colado se empleó grava de tamaño máximo 3/4" procedente del banco el Ejido 5, limpia y saturada con agua.

4) Agua:

El agua de mezclado fue adquirida de la cisterna y del tanque regulador, propiedad de C.F.E.; no fue necesario el uso de hielo ni de aditivo para este colado.



Colocación de cimbra deslizando



## 5) Planta dosificadora:

Para este colado fue necesario únicamente una planta dosificadora, la planta No. 18 de tres tolvas, calibrada antes de iniciar el colado; contando además con la planta No. 10 para una emergencia.

## Calibración de la Planta No. 18

BASCULA	ERROR REGISTRADO (%)	ERROR PERMISIBLE(%)
Agregados		
(grava-arena)	1.02	2.0
Cemento	1.10	2.0

## 6) Mezclado y transporte:

Este se llevó a cabo con dos camiones mezcladores de 6.0 m3 de capacidad, contando con otros dos de respaldo.

## 7) Colocación del Concreto:

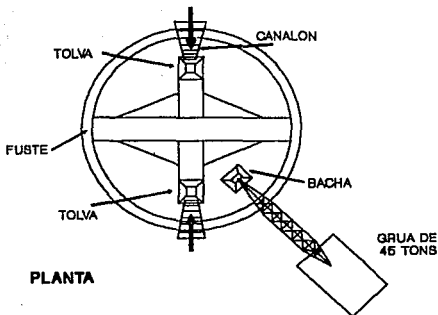
El primer tramo deslizado del fuste del nivel 0 + 000 al 0 + 15000, se realizó con Grúa de 45 toneladas y bacha de 3/4 m3 de capacidad, no se hizo uso de malacates ni del concrete hoist.

Para este colado fue necesario hacer un foso adyacente al fuste, donde se colocó la bacha y se llenó de concreto a tiro directo con la olla mezcladora, posteriormente la grúa levantaba la bacha y depositaba el concreto en uno de los canales que a su vez era transportado por gravedad y almacenado en una tolva de cada canalón, una vez estando el concreto almacenado en cada tolva era vaciado a carretillas y distribuido en todo el anillo del fuste, depositando aproximadamente en capas de 10 cms. cada una con su respectivo vibrado; la colocación del concreto se llevó a cabo conforme avanzaba el deslizado, evitando de esta manera la formación de una posible junta fría.

El suministro y la colocación del acero de refuerzo se efectuó paralelamente a la Colocación de concreto, esto es, se suspendía el suministro de concreto de la grúa de 10 a 15 minutos para levantar los paquetes de varillas de diferente diámetro ya preparados en la base del fuste, para depositarlos en el anden superior perimetral externo a la estructura deslizante, donde era formada por los fierros y distribuida en el armado de los anillos del elemento mencionado, habiendo realizado esta actividad se continuó con el suministro de concreto y así sucesivamente hasta concluir con el nivel proyectado.

El deslizado se ejecutó con 16 gatos de izaje que eran activados todos a la vez, mediante una bomba central que controlaba la presión de todos y cada uno de los gatos, ascendiendo una pulgada aproximadamente en cada aplicación de presión de la bomba central.

### COLADO DEL FUSTE DE LA CHIMENEA DEL NIVEL 0+000 AL 0+15000



La verticalidad del fuste fue verificada con equipo topográfico, ubicado con centro en la plataforma de trabajo, tomando como referencia el diámetro interno del elemento estructural, y a su vez los topógrafos fueron los encargados de indicar en el acero a que nivel se colocarían las placas y camisas ahogadas en el concreto.

Se tuvo un paro de 4 horas en el nivel 0 + 6000 para colocación de 6 placas para la plataforma requerida en ese nivel y posteriormente se tuvo otro paro de 4 horas para la Colocación de 6 placas para plataforma en el nivel 0 + 11000.

#### 8) Elementos metálicos embebidos:

Las placas que van embebidas en el fuste de concreto, se encontraban fabricadas al pie de la chimenea, listas para ser izadas y colocadas en el punto y nivel de proyecto, estas se instalaron por medio de soldadura cuya maquina de soldar iba en la plataforma de deslizado.

#### 9) Huecos, Ventanas y Puertas:

Los huecos marcados en proyecto se fueron dejando conforme se realizo el deslizado, utilizando cimbra convencional para dichos bloques.

## 10) Curado del concreto:

El curado total del fuste se realizó con membrana de curado, conocida como Antisol Blanco base acuosa de la casa comercial Sika Mexicana, para la aplicación se necesitó de rodillos para pintura y cubetas de plástico; esta membrana era suministrada por medio de malacate a los albañiles que se contraban en los andadores colgantes internos y externos.

## 11) Defectos y Reparaciones:

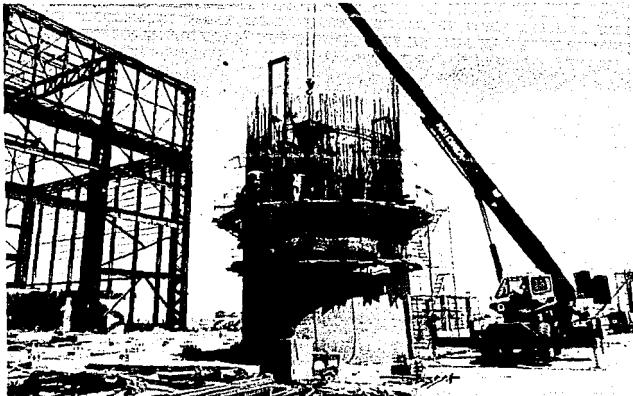
No apareció ningún defecto en todo el deslizado excepto pequeñas rasgaduras provocadas por la cimbra metálica, mismas que los albañiles desaparecieron con flota y mortero cemento-arena en la misma proporción que se utilizó para el concreto.

## 12) Resistencia del Concreto:

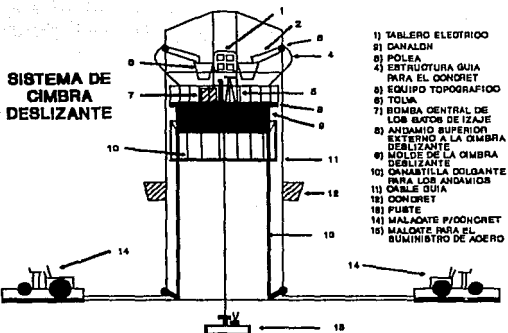
Se empleó la siguiente proporción de concreto:

Cemento	290 kg/m <sup>3</sup>	Grava 1	1028 kg/m <sup>3</sup>
Arena:	745 kg/m <sup>3</sup>	Agua	180 lt/m <sup>3</sup>
f'c = 275 kg/cm <sup>2</sup> a 28 días.			

Este colado se dió inicio el día 03 de abril a las 9:45 horas y se terminó el día 06 de abril de 1990 a las 5:00 horas, con una duración de 67 horas con 15 minutos, colocándose 180 m<sup>3</sup> de concreto, obteniéndose de esto, que la velocidad promedio de deslizado fue de 22.30 cm/hora.



Colado de la 1ª sección del fuste



**COLADO DEL FUSTE DEL NIVEL 0 + 15000 al 0 + 29000  
(SEGUNDO TRAMO)**

El procedimiento de Colocación de concreto fue el mismo que el primer tramo, la diferencia consistió en que se dejó de utilizar la grúa para el suministro del concreto y acero, reemplazados por el procedimiento habitual, el de los malacates; dos para los concretos hoist colocados uno de cada lado del fuste en una misma dirección diametral y otro malacate perpendicular a los dos mencionados, utilizado para subir el acero, alimentos, agua y además membrana de curado para el exterior. Se aseguró que los concretos hoist quedaran totalmente a plomo, mediante el plomeo de la estructura guía y el tirón y se tomaron las medidas suficientes para mantenerlos así durante todo el deslizado evitando así, posibles dificultades.

Los problemas que se presentaron en todo lo largo del colado fueron por interrupciones de la energía eléctrica, registrándose cinco paros del orden de 15 a 25 minutos cada uno, sin ocasionar la formación de una junta fría.

Se tuvo un paro de 4 horas para colocar 6 placas para plataforma del nivel 0 + 20000.

**Resistencia del concreto**

La resistencia del concreto estuvo regida por el siguiente proporcionamiento y su resistencia promedio obtenida a los 90 días fue de 272 kg/cm<sup>2</sup>.

Cemento:	310 kg/m <sup>3</sup>	Grava:	995 kg/m <sup>3</sup>
Arena:	720 kg/m <sup>3</sup>	Agua:	185 lt/m <sup>3</sup>

Esta dosificación difiere al proporcionamiento del primer deslizado, la explicación es que se cambió el tipo de cemento, del tipo II empleado en el primero al Centenario utilizado en el segundo.

Este colado se inició el día 2 de Mayo a las 14:00 horas, terminando el día 4 de Mayo de 1990 a las 8:00 horas, con una duración de 54 horas y con una cantidad de concreto colocado de 113.50 m<sup>3</sup>; la velocidad del deslizado fue de 26 cm/hora.

**COLADO DEL FUSTE DE LA CHIMENEA DEL NIVEL 0 + 29000 AL  
0 + 43000**

En el nivel 0 + 29000 se colocaron 18 placas para plataforma.

Este tramo de fuste así como los dos restantes se realizaron de manera similar al segundo colado, tanto de producción, suministro y Colocación de concreto.

Se tuvo un paro de 4 horas en el nivel 0 + 38000 para la colocación de 18 placas para la plataforma.

Se inició el de 9 de mayo a las 18:15 horas, terminando el día 13 de mayo de 1990 a las 1:00 horas de la mañana; con una duración de 55 horas 45 minutos, colocándose la cantidad de 101.50 m<sup>3</sup> de concreto a una velocidad promedio de deslizado de 25 cm/hora.

La resistencia promedio obtenida para este tramo a una edad de ensaye de 90 días fue la siguiente: 291 kg/cm<sup>2</sup>.

**COLADO DEL FUSTE DE LA CHIMENEA DEL NIVEL 0 + 43000  
AL 0 + 56500**

Se tuvo un paro con duración de 4 horas aproximadamente para la Colocación de 18 placas para la plataforma y después un segundo paro en el nivel 0 + 56000 para la Colocación de otras 18 placas para la plataforma.

Se inició el día 16 de mayo de 1990 a las 13:40 horas, terminando el día 18 a las 18:10 horas; con una duración de 52 horas y 30 minutos, colocándose la cantidad de 81.50 m<sup>3</sup> de concreto a una velocidad promedio de deslizado de 25.70 cm/hora.

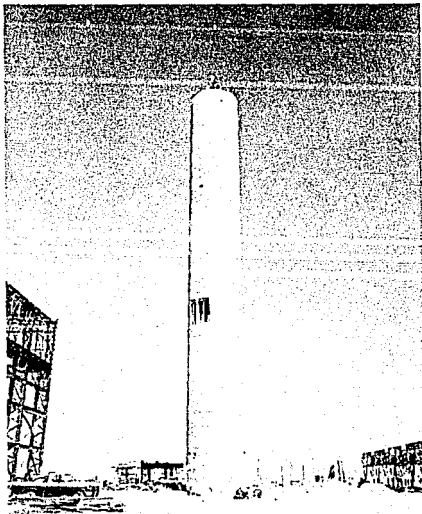
La resistencia promedio obtenida para este tramo a una edad de ensaye de 90 días fue la siguiente: 278 kg/cm<sup>2</sup>.

**COLADO DEL FUSTE DE LA CHIMENEA DEL NIVEL 0 + 56500  
AL 0 + 68500**

Se realizó un único paro de unas 4 horas para la colocación de 8 placas de la plataforma.

Se inició el día 22 de mayo de 1990 a las 11:35 horas, terminando el día 25 a las 19:30 horas, con una duración de 79 horas y 55 minutos, colocándose la cantidad de 65 m<sup>3</sup> de concreto a una velocidad promedio de deslizado de 15 cm, hora, debido al espesor reducido (18 cms) de la sección del fuste.

La resistencia promedio obtenida para este tramo a una edad de ensaye de 90 días fue la siguiente: 277 kg/cm<sup>2</sup>.



Finalización del deslizado del fuste

**PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACION Y COLOCACION DE TIROS EN EL FUSTE DE LA CHIMENEA.**

- a) Se colocaron los dos tramos de tubos prefabricados y se introdujeron por la parte superior para formar los tiros de 7 metros esto es en el nivel 0 + 6000 donde se encuentra la plataforma.
- b) Se trabajó en la plataforma y se colocó el siguiente tramo de tubo hasta que la plataforma estuviera en condiciones de que se trabajara y se hicieran maniobras, el tramo de tubo fue de 5 metros y llegó hasta el nivel 0 + 11000.
- c) Se trabajo en la plataforma y se colocó el siguiente tramo de tubo hasta que la plataforma estuviera en condiciones de que se trabajara y se hicieran maniobras, el tramo de tubo fue de 9 metros y llegó al nivel 0 + 20000.
- d) Idem al anterior y llego al nivel 0 + 19000
- f) Idem al anterior y llego al nivel 0 + 38000
- g) Idem al anterior y llego al nivel 0 + 47000
- h) Idem al anterior y llego al nivel 0 + 56000
- i) Idem al anterior y llego al nivel 0 + 65 000
- j) Los tramos por colocar fueron los siguientes:
- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Un tramo de tubo de 7   | mts.             |
| Un tramo de tubo de 5   | mts.             |
| 6 tramos de tubo de 9   | mts.             |
| Un tramo de tubo de 3.5 | mts.             |
| <b>Total</b>            | <b>69.5 mts.</b> |
- k) La terminación de las plataformas también se trabajó en forma ascendente al igual que los equipos indicados en el interior.

**AISLAMIENTO DE DUCTOS**

El aislamiento de ductos se instaló en el lado exterior del tiro de acuerdo con las recomendaciones escritas para el tipo de material.

La fijación del aislamiento se realizó por medio de pernos con arandelas o tuercas, y pernos que se soldaron a las placas de acero y se protegieron contra la corrosión con una capa de cromato de cinc-alquidial P2 de acuerdo a la especificación C.F.E.-D8500-01.

Estos se instalaron a una separación de 45 cm centro a centro y a no más de 15 cm desde el borde del aislamiento.

El aislamiento quedó atravesado por los pernos o tornillos. Las uniones quedaron a tope o selladas, las uniones verticales se sellaron en cada unión horizontal.

El aislamiento instalado fue cubierto por tela de gallinero galvanizado de calibre No. 20 de abertura hexagonal. La orilla de la malla se sobrepuso por lo menos 15 cm. El borde sobrepuesto se aseguró atándolo con alambre galvanizado de calibre No. 16.

Cuando el aislamiento quedó fuera del fuste se cubrió con lamina de aluminio calibre No. 30.

Un anillo de retención se instaló en la orilla, terminal interior de cada sección de aislamiento.

Los atiesadores para el tiro quedaron completamente cubiertos con secciones unidades de aislamiento siguiendo su configuración.



# MONTAJE CASA DE MAQUINAS

---

## VISITA AL LUGAR DE LA OBRA

Para determinar las condiciones relacionadas con el método de montaje y el trabajo y alcance de que se trataba, una vez revisadas a fondo las especificaciones, dibujos y forma de contratación; se realizó una visita a el lugar de la obra en Sn. Carlos, B.C.S.

Esta visita sirvió para determinar el tipo de equipo y el método de montaje a utilizar, así como para determinar las restricciones en cuanto a mano de obra, tales como el tipo requerido de esta y su disponibilidad.

En la visita de obra no sólo se investigaron los datos particulares de las especificaciones y dibujos, sino también de las posibles obstrucciones y obstáculos para la entrega, descarga, montaje y uso del equipo. También se revisaron los caminos de acceso a la obra, se determinó el punto donde el fabricante debería entregar el material y las instalaciones de descarga.

En esta etapa se determinó el patio a usar como almacenamiento, se examinaron las condiciones del terreno, las posibles interferencias causadas por otros conceptos de trabajo, así como también las que el montaje pudiera llegar a provocar.

## ESTRUCTURA DE ACERO

### Datos Generales

La descripción, pesos y áreas de elementos de estructura metálica, así como recubrimientos de techo y fachada fueron los siguientes:

### DESCRIPCION

### UNIDAD CANTIDAD

Suministro de Acero Estructural ASTM. A-238  
ASTM.A-285 y ASTM.A-36 en forma de perfiles  
laminados como APS, TPR, CPS, IPR, redondos  
lisos; perfiles formados por tres placas.

Así como su empleo en la fabricación de estructura de acero, incluyendo atezadores y elementos de conexión conforme a los planos de taller correspondientes para la construcción de la Casa de Máquinas.	ton	1,137
Suministro de Tornillos de alta resistencia ASTM. A325 incluyendo tuercas y rondanas de acuerdo a lo indicado en las especificaciones.	ton	25
Suministro de Tornillos ASTM.A-307 incluyendo tuercas y rondanas.	ton	5
Recubrimiento primario.	m2	27,400
Recubrimiento definitivo.	m2	27,400
MULTY-PANEL RL-100 con poliuretano de 1" de espesor y cubiertas de lámina PINTRO calibre 22, acabado poliéster por los dos lados. Para techo.	m2	125,212
Lámina PINTRO tipo RN-100/35, calibre # 24, acabado aparente.	m2	9,344

#### **Fabricación de Estructura Metálica**

Todo el trabajo de fabricación de la estructura de acero se efectuó en el taller tratando de producir los elementos estructurales de manera que se redujeran y simplificaran los trabajos de mano de obra en el campo, debiendo fabricarse en el taller la mayor cantidad de conexiones y empalmes de los elementos estructurales, solo restringiéndose por dimensiones máximas por razones de transporte o capacidad del equipo de montaje.

La fabricación de la estructura de acero se realizó con las dimensiones y requerimientos que indicaron los planos de diseño y especificaciones correspondientes.

El taller de fabricación produjo los planos de taller con los despieces necesarios que permitieran verificar las características del material empleado.

Las soldadura utilizada para el acero A-36 fue a base de electrodos de la Serie E-70, de acuerdo con la especificación ASTM A-233 y para perfiles ligeros doblados en frío o perfiles tubulares rectangulares se emplearon electrodos de la Serie E-60 según la especificación ASTM.A-233.

Cuando el material por emplear en la fabricación no cumplió con las tolerancias indicadas en la especificación ASTM.A-6, se requirió la aprobación del supervisor de control de calidad para poder corregirlo.

El corte de acero se realizó con cizalla o soplete pero de acuerdo a lo siguiente:

- A) Todas las superficies del corte debieron ser esmeriladas para evitar rebabas, protuberancias o grietas.
- B) El soplete se debió usar con una guía mecánica que aseguró cortes en línea recta.
- C) Los agujeros para tornillos se hicieron de un diámetro igual al del tornillo mas 1.6 mm.
- D) No se permitió el uso del soplete para hacer agujeros, ni del botador para agrandarlos.

Los tornillos que se emplearon en las juntas atornilladas debían tener el agarre suficiente, tomando en cuenta los espesores de las partes conectadas.

A todos los tornillos se les colocó rondanas, ya sea por donde va la tuerca o la cabeza, de acuerdo con la especificación para juntas estructurales, usando tornillos ASTM-A-235 o A-490 del AISC.

El trabajo de soldadura se efectuó por soldadores calificados de acuerdo con la última revisión del código AWS D1.1 "Structural Welding Code".

Las superficies por soldar se mantuvieron libres de escoria, costra, herrumbre, grasa, pintura, rebabas y cualquier otra partícula extraña.

La soldadura de taller se aplicó en posición plana.

En las soldaduras que requirieron varios pasos del electrodo para dar el espesor total, se quitó la escoria después de cada paso. El siguiente paso se realizó hasta que el anterior obtuvo una temperatura admisible.

Los elementos estructurales para ser considerados como terminados debieron tener las bases, ménsulas, placas de conexión, clips, atizadores, diafragmas, etc. ya conectados y los agujeros completos.

El suministro de la estructura metálica siempre fue acompañado de los planos de erección y la lista de embarques correspondientes.

#### **Aplicación de Primario: Minio Alquídalico o Cromato de Zinc**

Una vez terminada la fabricación y la limpieza de la estructura, y después de haber sido inspeccionadas y aceptadas por el supervisor de control de calidad, se aplicó la protección.

#### **- Preparación de la superficie.**

Antes de iniciarse los trabajos de pintura, la superficie de la estructura se preparó mediante una limpieza con herramienta mecánica, eliminando la escama suelta de la laminación y el óxido suelto existente en la estructura.

#### **- Preparación del Primario Anticorrosivo.**

Al efectuarse la Preparación del primario este se mezcló de tal manera que aseguró la eliminación de grumos y la dispersión completa del pigmento.

Cuando el mezclado se realizó a mano, parte del vehículo se colocó momentáneamente en otro recipiente limpio. El pigmento se colocó por medio de una paleta y se mezcló con el vehículo. El vehículo separado anteriormente se volvió a integrar a la mezcla agitando continuamente para lograr una completa uniformidad en dicha mezcla.

- **Aplicación.**

La aplicación del primario anticorrosivo se realizó dentro de las 4 horas siguientes a la limpieza, debido a la rápida oxidación del acero limpio.

Se aplicó por lo menos dos manos del primario especificado. La Aplicación se realizó por medio de brocha, rodillo o aspersión, siguiendo las recomendaciones del fabricante. El espesor mínimo de la película fue de 1.5 milésimas de pulgada.

Una vez aplicado el primario se le dejó secar por lo menos 36 horas antes de la Aplicación de la pintura de acabado.

**Marcado de Montaje**

De conformidad a los planos de montaje, cada una de las piezas de la estructura de acero se marcó con un número de golpe, de tamaño no menor de 15mm; en un extremo (circulado de pintura). Inmediatamente después de que se le aplicó el primario se marcó con pintura en el extremo opuesto y lado contrario. Las marcas se colocaron de tal manera que facilitarían la identificación de las piezas durante el montaje en el sitio.

Cada una de las piezas pequeñas llevaba una etiqueta indestructible unida a la pieza por medio de alambre metálico, con la marca de la misma.

Adicionalmente antes del embarque, todas las piezas debían contener las siglas que identificaban a la obra. Todas las piezas estuvieron marcadas con claridad.

**Transporte**

Debido a la localización de la C.T. San Carlos, B.C.S. los medios de transporte utilizados para los elementos de acero estructural fueron los siguientes:

- a) Carreteros
- b) Marítimos

Para llevar a cabo dicho transporte, se consideraron aspectos importantes, de entre los que sobresalieron "los legales" ya que fueron los que marcaron las limitaciones en aspectos como:

- a) Longitud del flete.
- b) Carga máxima permisible
- c) Altura máxima.

Es el gobierno federal el que crea limitaciones sobre los puntos anteriores basados en estudios que se hacen tanto en instituciones públicas como privadas.

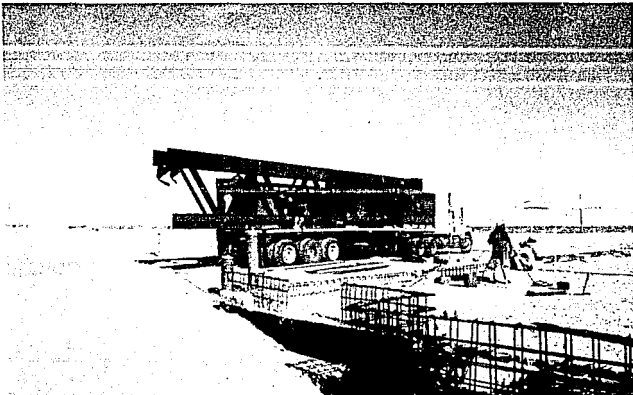
En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la encargada de llevar a cabo un control sobre los tres puntos anteriormente señalados.

Una vez obtenidos los permisos de transporte correspondientes y según las restricciones mencionadas durante el proceso de transporte de la estructura metálica de la obra, se siguieron las siguientes rutas:

PROCEDENCIA	DESTINO	VIA
Monterrey N.L.	Pto. Topolobambo, Sin.	Terrestre
Pto. Topolobambo, Sin.	Pto. Pichilingue, B.C.S.	Marítimo
Pto. Pichilingue, B.C.S.	C.T. San Carlos, B.C.S.	Terrestre
Monterrey, N.L.	C.T. San Carlos, B.C.S.	Terrestre

La longitud de algunas estructuras, fue lo que obligó en algunas ocasiones a realizar el transporte por vía terrestre. Por vía marina se utilizaron los transbordadores.

El tiempo de entrega del acero estructural vario de 8 a 12 días durante el transcurso de todo el montaje.



Entrega de columna para Casa de Máquinas

### Almacenamiento

En la construcción de la C.T. San Carlos, C.F.E., prestó una área considerable para ser utilizada como patio de almacenamiento y montaje.

Todo el material conforme llegó a la obra se almacenó sobre polines de madera para evitar el contacto directo con el terreno quedando así protegido de tierra, lodo, agua, aceite, etc; que pudiera afectar la integridad del acero.

Durante la obra se emplearon grúas de 40 y 65 toneladas para la recepción del acero estructural, mismas que también se utilizaron durante el montaje, ahorrándose así el costo de renta de equipo adicional para la descarga de la estructura.

El ingeniero residente siempre estuvo presente en el momento de la entrega del material para poder así indicar el sitio donde se localizaban los diferentes miembros estructurales y en el momento del montaje para poder ubicarlos de manera rápida y eficiente, esto es:

- 1) Las columnas se distribuyeron de tal manera que las primeras que se iban a montar se encontraran al principio de la bodega en hileras para poder así llevar un orden en el montaje.
- 2) Las vigas se colocaron en paquetes separándose por medio de polines unos de otros para poder así cargarse los paquetes comunes.

El superintendente de la obra se encargo de ordenar con suficiente tiempo el transporte al sitio de almacenamiento de donde a su vez, transportaría a la estructura al sitio del montaje según lo pidiera el ingeniero de montaje para evitar así problemas en el momento que se requiriera el miembro.

## LAMINA PINTRO

## Datos generales

En techos y muros se utilizó lámina de acero acanalada que cumplió la norma ASTM-A-446 Grado A, galvanizada por inmersión en caliente, con una capa regular G-90 equivalente a 275 g/m<sup>2</sup> 0.90 onzas / pie<sup>2</sup>, en ambas caras conforme a la norma ASTM-A-525.

Adicionalmente al galvanizado las láminas se recubrieron con una capa de primario cromato de zinc epóxico C.F.E.P3-82 y una de acabado de poliuretano C.F.E. A12-82, ambos recubrimientos cumplieron con la especificación C.F.E.-D8500-01 así como con la C.F.E.-D850-08 de "Asignación de colores en obras civiles".

La construcción de techos se realizó tomando en cuenta las características aislantes que se obtuvieron por medio de la unión de dos láminas con características como las antes indicadas, con un núcleo de espuma rígida de poliuretano, el cual garantizó su integridad con las láminas. La espuma de poliuretano contó con las siguientes características:

Densidad	40kg/cm <sup>3</sup>
Conductividad térmica	0.132BTU pulg/hr ft <sup>2</sup> °F a 75°F.
Absorción de agua	0.0014 kg/cm <sup>2</sup> .
Esfuerzo de compresión	1.0 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de tensión	1.4 kg/cm <sup>2</sup> .

## Manejo y Almacenamiento

- 1) Este material se empaquetó en paneles perfectamente flejados con madera como protección y se transportaron en camiones de redila y plataforma. La descarga en obra se realizó mediante grúa y manualmente.
- 2) El desfleje se realizó bajando los paquetes individualmente, panel por panel, de esta forma fue necesario utilizar las personas necesarias, tanto arriba del camión como abajo del mismo para evitar que se tallaran o se rasparan con las partes estructurales del carro o con los otros elementos. Se colocaron barrotes sobre el piso para apoyar los paneles, se tuvo cuidado que los barrotes estuvieran libres de clavos y astillas y se cubrieron con el cartón que venía en los paquetes. Los paneles se apilaron perfectamente cuidando que no fueran golpeados al momento de estibarse, no debiendo deslizarse uno sobre otro, evitando así abolladuras o raspaduras, por tal motivo se llevaron por alto y de canto. Los paneles se estibarón con las crestas encontradas y utilizando para ello los tacones de madera de los mismos paquetes.

## HERRAMIENTA DE MONTAJE

### Almacén

En la obra se contó con un almacén bien organizado el cual contó con espacio suficiente para reparar y almacenar a cubierto las herramientas pequeñas y equipos tales como compresores, maquinas de soldar y malacates. Para grúas, camiones y equipo similar no existe una manera económica de protección contra los elementos físicos, pero en la construcción de la C.T. San Carlos, se contó con una área cerrada como protección contra robo y actos de vandalismo.

### Herramienta en obra.

La selección de las herramientas para la obra se basaron en el proyecto de montaje; en las cantidades de piezas, su peso, cantidades de tornillos, remaches y soldaduras; en las dimensiones y pesos de piezas grandes y pesadas en el número de cuadrillas de izaje, de ajuste de atornillado, remachado, soldadura, plomeo y las que ejecutaron operaciones de movimiento, así como en el número de trabajadores que se tuvo en el equipo de trabajo.

A continuación se mencionan algunas de las herramientas principales que se utilizaron durante la obra:

- 1) Anclas de concreto. Son colocadas en la cimbra antes de ser colocado el miembro.
- 2) Viga equilibradora. Se utilizó para levantar un elemento estructural que pudiera haber presentado problemas de flexión o inestabilidad cuando fue montado por el centro.
- 3) Funzón. Se utilizó para sacar tornillos y como guía de taladros.
- 4) Tornillos de alta resistencia.
- 5) Taladro.
- 6) Bolsa para tornillos.
- 7) Garruchas.
- 8) Lijas. Fueron utilizadas para la limpieza de óxidos.
- 9) Sopletes. Utilizados en soldadura.
- 10) Compresores. De diesel, gasolina y eléctricos.
- 11) Malacates mecánicos.
- 12) Cortadoras de mano y punta de diamante.
- 13) Ganchos para vigas y columnas.
- 14) Remachadoras de presión y neumáticas.
- 15) Rodillos de madera y de acero.
- 16) Gatos hidráulicos.
- 17) Contrapesos usados en grúas.
- 18) Eslingas de cable según su diámetro, longitud y tipo.
- 19) Madera. Polines, tablones, duelas, tarimas sin pintar.



## MAQUINARIA Y EQUIPO

### Preliminar

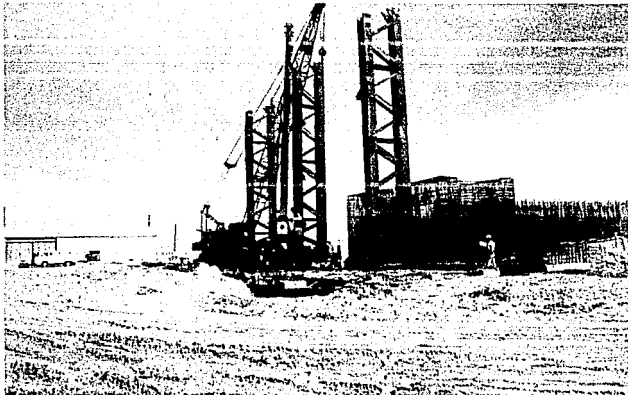
Una vez obtenido el contrato en el concurso, y después de haber comparado los documentos, especificaciones y dibujos del contrato, se realizaron los trabajos para preparar un plan de montaje seguro, eficiente y económico.

En un principio se pensó en la utilización de una Grúa Torre, pero debido a su costo y pudiendo sustituirla por otros equipos igualmente eficientes se descartó esa posibilidad. Después de un análisis de tiempo, costo, seguridad y eficiencia se llegó a la conclusión de que el montaje se podría llevar a cabo con malacates y tres grúas, una de 40 toneladas, una de 65 toneladas y otra de 35 toneladas.

### Selección del método de montaje

El método de montaje utilizado fue el resultado del estudio del contrato y de una revisión de las condiciones del lugar. De ahí que el método elegido quedo determinado por la rapidez requerida y otros factores como son las áreas disponibles para operar los equipos y los riesgos de un método con respecto a otro.

Un factor muy importante para la elección del método de trabajo, fue la posible utilización de la maquinaria y equipo en el montaje electromecánico de la Casa de Máquinas.



Montaje simultaneo de columna

### Montaje con grúa

El montaje con grúa fue elegido ya que el lugar de la obra presentaba un terreno con condiciones adecuadas para la operación a través del área. Su utilización fue posible también debido a que la altura de la estructura no sobrepasaba el alcance de los mástiles de las grúas disponibles aunado a que el peso de las piezas por izar no sobrepasaron sus límites de capacidad.

El empleo de las tres grúas móviles permitió una velocidad de montaje mayor, así como su utilización simultánea para el montaje de algunas piezas muy pesadas. Sin embargo esto provocó un mayor costo en el traslado.

La grúa sobre camión presenta entre sus grandes ventajas, su movilidad. Se compone de chasis con cabina en la parte frontal que opera el mecanismo de manejo, el cual es independiente del cuerpo de la grúa se encuentra en la parte posterior pudiendo así girar hasta 360°.

La grúa sobre orugas utilizada cuenta con motor de combustión interna que hace funcionar a los tambores para las líneas principales de carga y el mástil de carga. El mismo motor hace girar a la grúa hasta 360° e impulsa las orugas. El mástil se encuentra en la parte anterior del cuerpo de la grúa y al igual que otros equipos el mástil de carga se fija a la grúa por medio de pasadores que hacen posible el desmontaje para el momento de transportarla. Para aumentar su capacidad de carga se le colocó un malacate de mayor capacidad asegurando el mástil de carga por medio de elementos que se aseguran de líneas de carga con el mástil del mismo. El cuerpo de la grúa sobre orugas gira sobre un pasador central o por medio de rodillos colocados sobre un anillo de soporte fundido. Los rodillos de la parte central son los que resisten el esfuerzo del contrapeso al encontrarse la grúa sin carga y así mismo los rodillos de la parte posterior resisten los esfuerzos de la grúa cargada.

### MANO DE OBRA

Una vez especificados la descarga, clasificación, distribución y el izaje en sí de la estructura mediante grúas y malacates, así como la producción de tornillos, remaches y soldaduras que debían instalarse por día, así como una estimación del tonelaje y la cantidad de piezas que incluía la estructura se procedió a decidir la mano de obra y el personal a utilizar. Los conceptos por cubrir fueron los siguientes:

- Descarga del equipo (grúas, malacates, compresores, máquinas para soldar, herramienta pequeña, casetas, oficinas).
- Preparación del equipo (grúas, compresores, máquinas para soldar, etc, oficinas, almacenes, casetas, etc.).
- Desmantelamiento del equipo y carga de éste y de las herramientas.
- Movimientos de la grúa.
- Colocación de pernos de anclaje, ángulos base, laines, formas para relleno, aplicación de mortero, estudios de ingeniería y topografía.
- Descarga y colocación de emparrillados, placas base, losas, placas de colocación o nivelación, placas de apoyo.
- Distribución del acero estructural (seleccionar, posible uso de malacate, acarreo).
- Ensamble de armaduras, trabes, subensambles.
- Montaje (con grúa, manual, etc; calcular por separado las piezas pesadas, las armaduras en una pieza o desarmadas, las trabes pesadas, las piezas voluminosas o especiales, relevo, balance del acero estructural).
- Montaje manual ( piezas por día-hombre o por día-cuadrilla; revisar contra las toneladas, kilogramos por día-hombre; equipo especial necesario).
- Entarimado.
- Plomeo, alineamiento (de columnas, largueros, piezas de relleno, etc; alineamiento y venteo excesivo; revisar si las columnas pueden ser auto-alineables o se necesitara retenerlas.
- Ajuste (para el montaje, atornillado, remachado, soldadura; calcular el porcentaje probable de tornillos de ajuste necesarios en comparación con el total de agujeros).
- Dinteles (descarga, selección, distribución, montaje, alineamiento, ajuste; almacenamiento de dinteles sueltos).
- Barandales ( montaje, alienación, fijación).
- Apuntalamiento.
- Limpieza.

Debido a la ubicación de la obra fue necesario que todo el personal utilizado para el montaje fuera traído de Monterey N.L:

Supervisor	1
Aux. de Supervisor	1
Operadores Grúa	4
Maniobristas	3
Montadores	9
Ayudantes	36

## OBRA EN PROCESO

### MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA

#### Lugar de la obra

Una vez que se organizaron las actividades del patio se comenzó con los trabajos en el lugar de la obra. El superintendente de la contratista fue el encargado de estar al tanto de las condiciones previas del lugar para estar listo en la fecha programada.

Se previeron puntales en la excavación, para asegurar que no intervinieran con el montaje y el movimiento de las grúas.

El superintendente civil programo la entrega de las herramientas y el equipo de montaje, así como estructura de acero, de manera que una vez terminados los trabajos de cimentación, estuviera todo listo para el montaje.

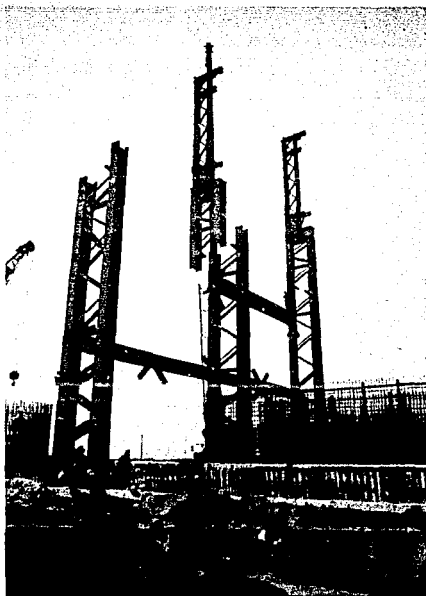
Las áreas en que se trabajó, dispusieron del espacio requerido para la descarga de la estructura, para ensamblar armaduras y trabes. La entrega de las piezas de la estructura se realizó tan cerca de las grúas como fue posible, evitando así pérdida de tiempo al moverse para adelante y para atrás.

#### Iniciación del montaje

Antes de iniciar el montaje de las columnas se verificó la posición y los niveles de las anclas para evitar problemas posteriores.

La estructura de Casa de Máquinas se montó con una grúa de orugas y dos grúas sobre camión. Se comenzó con la entrega de las columnas de uno de los lados de la Casa de Máquinas, el de mayor prioridad, para después continuar con sus trabes y ya una vez terminado se realizó lo mismo con el lado opuesto. Siguiendo esta secuencia el terreno se mantuvo libre y las grúas pudieron operar con facilidad; a continuación se recibieron piezas de la parte central del edificio, descargandolas cerca de su posición final, pero dejando espacios para el movimiento de las grúas.

El uso de 3 grúas fue ideal, ya que mientras una montaba un lado y la mitad del edificio, la otra mitad fue montada por la otra grúa y la tercera efectuó descargas. De esta manera se pudo utilizar toda el área para descarga ya que la grúa que se utilizó para esto podía retroceder sobre el área no utilizada al ir descargando mientras las otras fueron dejando espacio libre al ir colocando las piezas de la estructura en su sitio.



Montaje de estructuras en casa de máquinas

## Procedimiento

Toda la estructura metálica antes de montarse se limpió perfectamente y se pintó de acuerdo a los procedimientos de C.F.E.

Antes de iniciar el montaje de la estructura metálica se realizó un chequeo físico de la localización y elevación de las anclas ahogadas en concreto (dados), para determinar y corregir cualquier discrepancia que hubiera con los planos de diseño.

La estructura se montó con estricto apego a los niveles, alineamientos, elevaciones y ejes mostrados en los planos de diseño; se conectaron los miembros estructurales temporalmente, con el número necesario de tornillos de montaje, con el fin de asegurarlos firmemente, hasta que se realizaron las conexiones finales.

Las columnas se colocaron sobre los dados de concreto y se nivelaron a su elevación exacta por medio de calzas de acero (solera).

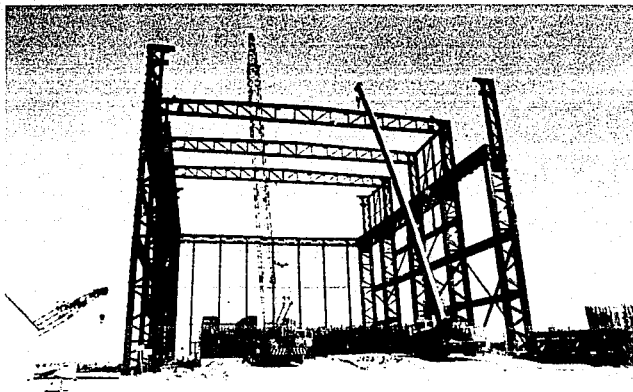
Cuando por pequeños errores de fabricación no fue posible lograr que las piezas ensamblaran correctamente, se limaron e hicieron pequeños cortes para lograr el ajuste de las piezas, pero a condición de que el diámetro del agujero limado no fuese mayor de 3 mm. que el tornillo especificado en los planos de diseño.

En los elementos estructurales diseñado para soportar equipo, la posición relativa de los agujeros para su anclaje tuvo una tolerancia de 1.6 mm.

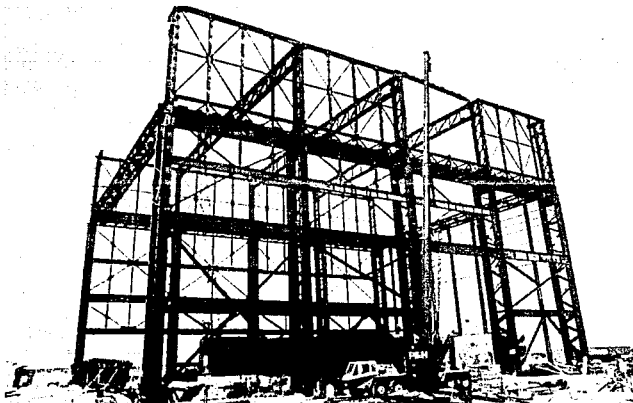
Toda substancia o partícula extraña, fue removida de las superficies que quedaban en contacto antes del ensamble.

Las traveses quedaron dentro de la tolerancia de 10mm. tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con la posición establecida por las dimensiones de los planos de diseño.

Los extremos de las vigas, canales, ángulos, tubos y otros elementos que no se encontraban en contacto con otros miembros estructurales se cortaron en frío hasta adaptarse a las longitudes exactas y a la forma indicada en los planos de diseño. Los cortes efectuados, así como las dimensiones de las piezas tuvieron que cumplir con las tolerancias establecidas en el Code of Standard Practice.



montaje de vigas en forma simultanea



Estructura metalica en Casa de Máquinas

**Plomeo**

Una vez montado el primer panel de la estructura una cuadrilla se encargó de instalar tirantes para el plomeo; los montadores tomaron los rollos de cable, de 5/8 plg, 7/8 plg o 1 plg de diámetro, dependiendo de los requisitos, lo cortaron a la longitud necesaria, haciéndolo un lazo en un extremo alrededor de un gancho especial e instalaron clips para mantenerlo bien formado. En uno de los extremos de templadores con dos ojos, de tamaño adecuado a los tirantes de cable de alambre, insertaron ganchos similares.

El gancho consiste en una varilla doblada a 180°, con sus lados juntos y doblados después en sus puntas a un ángulo ligeramente menor a 90° con respecto al plano del gancho. El doblez es tal que se puede deslizar sobre el borde del patín de una viga, o sobre el mismo tirante, manteniéndolo en su sitio con el tirón del templador.

El gancho del tirante se coloca sobre el patín de una viga de un piso superior, o se enrolla el tirante alrededor de una columna del piso superior y se coloca el extremo doblado del gancho sobre el tirante; el gancho del templador se coloca sobre el patín de una viga de un piso inferior, casi siempre un nivel por debajo o en el piso de trabajo, uno o dos paneles mas lejos. Con el templador abierto casi por completo, el extremo libre del tirante se desliza a través del ojo libre del templador, se jala a mano dicho tirante y se colocan pernos para mantenerlo dentro del ojo del templador. Después se instalan, con sus lados juntos y doblados después en sus puntas a un ángulo ligeramente menor a 90° con respecto al plano del gancho. El doblez es tal que se puede deslizar sobre el borde del patín de una viga, o sobre el mismo tirante, manteniéndolo en su sitio con el tirón del templador.

El gancho del tirante se coloca sobre el patín de una viga de un piso superior, o se enrolla el tirante alrededor de una columna del piso superior y se coloca el extremo doblado del gancho sobre el tirante; el gancho del templador se coloca sobre el patín de una viga de un piso inferior, casi siempre un nivel por debajo o en el piso de trabajo, uno o dos paneles mas lejos. Con el templador abierto casi por completo, el extremo libre del tirante se desliza a través del ojo libre del templador, se jala a mano dicho tirante y se colocan pernos para mantenerlo dentro del ojo del templador. Después se instala un segundo tirante de manera similar, pero en dirección opuesta, para formar una cruz diagonal. Con el extremo superior del segundo tirante colocado en una columna adyacente, al mismo nivel superior y directamente encima del extremo inferior del primer tirante. El segundo templador se engancha en el nivel inferior, directamente por debajo del extremo superior del primer tirante.

Apretando uno de los templadores y aflojando el otro, las columnas pueden moverse de un lado a otro, después de haber colocado pasadores y los tornillos de montaje.



Para confirmar la verticalidad de las columnas se baja una plomada ligera colgada de un cordel, o una plomada pesada colgada de un alambre, del nivel superior al nivel inferior; esta plomada se coloca a una distancia determinada de la cara o del alma de la columna, por medio de una regla marcada y el montador que esta en el nivel inferior mide la distancia que hay del cordel a la misma cara de la columna.

Cuando hace viento, el cordel de la plomada se balancea demasiado, entonces puede usarse un balde de agua para sumergir ahí la plomada y amortiguar el balanceo. En algunos casos es más fácil colocar el tránsito en la calle y mandar una visual hacia una regla colocada contra la columna; si la regla se coloca contra el frente de dicha columna, debe tomarse en cuenta la distancia que hay al centro de esta y, si la regla se coloca en el alma, debe agregarse una dimensión igual a la mitad de su espesor. La lectura directa del tránsito, en caso de que todas las columnas que se estén plomeando tengan el mismo peralte, o el alma del mismo espesor, respectivamente.

El tránsito debe colocarse a una distancia definida del lindero del edificio y después, con base en esta distancia se calcula la lectura que debe tenerse en la regla para confirmar la posición correcta de las columnas, con este método es necesario revisar las columnas de esquina en dos direcciones, usando después una cinta metálica para las columnas intermedias, ya que con el tránsito solo puede revisarse el plomeo en una sola dirección, hacia el lindero o fuera de este y en ángulos rectos con la dirección de la visual del tránsito. Como las dimensiones del rolado de las secciones de las columnas tienen una tolerancia y como también la mayor parte de las especificaciones permite al taller otras tolerancias adicionales, puede ser imposible localizar las columnas en el lugar exacto donde deben estar. De manera semejante, el montador debe tener una cierta tolerancia para plomear las columnas. Por lo general, las tolerancias permisibles en las laminadoras, en la fabricación y en el montaje no son acumulativas, sino que se eliminan una con otra.

Los tirantes de plomeo se quitan tan pronto se han conectado en forma permanente la estructura de piso y los empalmes de las columnas. Debido a que algunas estructuras son tan ligeras, o a que pueden afrontar vientos fuertes, la estructura puede perder el plomeo logrado con los tirantes, si estos se quitan antes de que se hayan instalado los pisos permanentes.

#### **Tornillos**

Las cuadrillas de atornillado realizaron las labores de ajuste como parte de su trabajo normal, utilizando para ello una llave de impacto neumático. Para que las caras de las diferentes piezas entraran en contacto se seleccionó una cierta distribución de agujeros, comenzando cerca del centro si se tenían muchos; se trabajó hacia los bordes, apretando suficientes tornillos; a continuación colocaban pasadores en los

agujeros abiertos restantes y en ellos instalaron tornillos permanentes.

Para apretar los tornillos se utilizó un procedimiento aprobado por C.F.E. (método de tensión controlada).

#### **Operaciones conjuntas**

Cuando fue necesario la utilización de dos grúas para el izaje de una trabe o armadura se definió cual de los dos ayudantes sería el encargado de dar las señales a los operadores de las grúas, de modo que ambas trabajaran juntas izando, bajando o girando según se requiriera.

Este tipo de piezas pesadas se entregó siempre tan cerca de su localización final como fue posible de modo que las grúas no tuvieran que trasladarse sino únicamente girar. Las cuadrillas de izaje siempre estuvieron bien informadas sobre las operaciones a realizar, de modo que cada uno de los hombres supiera que debía hacer y que no existiese ningún tropiezo ni confusión en un momento crítico de la operación.

## MONTAJE DE LAMINA PINTRO

### Secuencia de montaje en techos y fachadas

- a) Instalación del canalón recolector de agua pluvial.
- b) Instalación de Multypanel tipo RL-100 y lámina acrílica tipo 27 en techos.
- c) Instalación de bajadas de agua pluvial.
- d) Instalación de láminas en fachadas.
- e) Instalación de botaguas y remates.
- f) Detallado y sellado en general.

### Instalación del canalón recolector de agua pluvial

Fue la primera parte en instalarse, ya que sobre el, remata en forma de volado el Multypanel del techo. Fue fabricado con lámina metálica PINTRO Ca. 18. con un traslape mínimo de 5 cm. entre sección y sección, con un material sellador a base de silicón. En dicha junta, la pendiente mínima del canalón fue de 0.05% hacia los bajantes de agua pluvial.

### Instalación de láminas en techos

Se instaló MULTYPANEL tipo RL-100 con poliuretano de 1" de espesor y cubiertas de Lámina PINTRO calibre # 22.

El MULTY-PANEL RL-100 se instaló de tal manera que los empalmes quedaran sobre área soportada, con un traslape de 10 cm. como mínimo, por cada una, en dirección de la pendiente, así mismo en el volado de los remates sobre los canalones recolectores de agua pluvial.

### Instalación del bajante de agua pluvial

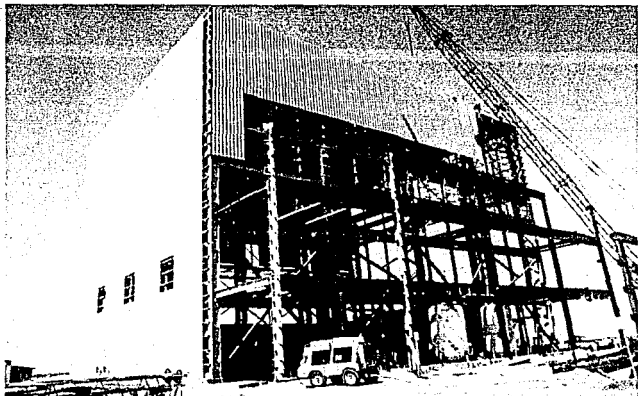
El bajante de agua pluvial se fabricó de lamina PINTRO Cal. 24, en forma rectangular, de 8 x 12 cm; el cual, mediante codos y tramos rectos se interconectó con el registro pluvial en el piso de la nave.

El bajante fue fijado con cinchos metálicos y fijado a la estructura o soporte seguro requerido.

### Instalación de láminas de fachadas

Se instaló lámina PINTRO tipo RN-100/35, calibre # 24, en forma ascendente, dejando el traslape por la parte interior y fijada a la estructura con pija autorroscante con arandela plana metálica.

Los traslapes se hicieron de acuerdo con la modulación para ser fijados sobre la estructura con una longitud mínima de 10 cm. cada una.



Casa de Máquinas recubierta con lámina Pintro

#### **Instalación de botaguas y remates**

La función fundamental de estos accesorios es cubrir las esquinas, juntas o traslapes, conduciendo el líquido pluvial hacia los bajantes o botaguas para un rápido desague.

#### **Detallado y sellado en general**

Se revisó perfectamente que todos los remates, tapagote-ros y tapajuntas estuviesen perfectamente colocados de acuerdo con su función y que las uniones tuvieran sellador tipo Sikatlex 1-A color blanco.

### SEGURIDAD

Uno de los aspectos de mayor importancia durante el montaje de estructuras metálicas fue la seguridad, tanto para los obreros, como para las instalaciones.

Fue importante dar a lo trabajadores la capacitación adecuada, de tal manera que valoraran el riesgo, supieran que equipo de seguridad era el más adecuado según el trabajo que fuesen a realizar, así como también que hacer en caso de emergencia.

Equipo de seguridad fue proporcionado al personal y su uso fue obligatorio durante todo el montaje.

En el montaje de estructuras de acero es muy común que el personal es decir, los montadores, sean gentes habituadas al riesgo ya que necesitan trabajar en las alturas, y con frecuencia su confianza es excesiva, por lo que fue necesario que los supervisores hicieran tomar conciencia en estas personas.

Durante la ejecución de maniobras riesgosas, se empleó el personal más capacitado, asegurándose de tomar todas las medidas de seguridad posible. Siempre se checó que el equipo estuviera en condiciones de trabajo adecuadas, que los cables de las grúas no presentaran vicios o deformaciones que las pudieran hacer fallar, se revisó en cada maniobra, cables, estrobos, perros, grilletes, tilfors, malacates, poleas, etc.

Al hacer cada maniobra se revisaron los siguientes elementos:

- a) Que el elemento a montar encajara en su sitio final mediante el chequeo de medidas y conexiones correspondientes.
- b) Que el equipo a emplear fuese el adecuado, que diera la altura y capacidad, y que funcionara en perfectas condiciones.
- c) Tener un solo director de maniobras suficientemente capacitado.
- d) Se proporcionó los medios para subirse al sitio de conexión quedando en posición segura.
- e) Que los elementos de amarre o sujeción de la pieza durante la maniobra estuviesen en perfectas condiciones y guardaran la proporción adecuada en cuanto a capacidad.

# CONCLUSIONES

---

El desarrollo del proyecto de la C.T. Sn. Carlos B.C.S representa un incremento en la capacidad de energía eléctrica de la región. Esta capacidad instalada satisface las crecientes necesidades de energía de las industrias de la transformación que se han desarrollado en el Puerto y de la población en busca de mejores posibilidades de vida. El suministro seguro de energía eléctrica es, entre otros servicios, un detonador del desarrollo económico de una región.

La instalación de la Central abre las posibilidades del desarrollo industrial regional, lo que ocasionará una mejora considerable en el uso del suelo. Algunos beneficios adicionales fueron los relacionados con el empleo temporal de personal para la construcción de la obra y los empleos permanentes en la operación de la Central.

La construcción de una termoeléctrica siempre se presenta como una necesidad, producto de una demanda siempre creciente, de energía eléctrica, cuya planeación es indispensable para su correcto desarrollo y funcionamiento.

Cuando se evalúa un proyecto de infraestructura como la C.T. Sn. Carlos, es de gran importancia tomar en cuenta no sólo los aspectos de tipo social, como lo son las proyecciones de la demanda futura, sino también hacer una evaluación técnica detallada del proyecto.

La evaluación técnica del proyecto debe incluir principalmente la selección del tipo de planta, así como su mejor localización dentro de la zona de consumo para hacer el proyecto lo más económico posible, tomando en cuenta para esto, los recursos que la planta necesita en su etapa de construcción y por su puesto durante su operación.

En la actualidad, dentro de la evaluación de un proyecto no podemos dejar a un lado los estudios necesarios de impacto ambiental, ya que éstos además de ser indispensables por ley, debido a los efectos negativos en el medio ambiente, representan un incremento importante en el costo total del proyecto, sobre todo si se trata de uno de tipo industrial.

Con respecto al Manifiesto de Impacto Ambiental, cabe mencionar que para el proyecto de la Termoeléctrica Sn. Carlos, no fue presentado sino hasta ya comenzados los trabajos de construcción y montaje de la central, por lo que los impactos y modificaciones al escenario ambiental ya se habían dado, sin embargo, éstos no fueron de gran significación, ya que las medidas de prevención y mitigación de impacto fueron tomadas desde el diseño del proyecto y a lo largo de toda su construcción.

Es importante que situaciones como ésta sean evitadas, ya que los estudios de impacto ambiental pueden arrojar consideraciones no tomadas en cuenta en el proyecto, las cuales además de resultar muy costosas una vez iniciados los trabajos, pueden traer como resultado efectos de carácter permanente en el medio ambiente; por otro lado, la mayor parte de las empresas no cuentan con una experiencia de tantos años como la de C.F.E. en estudios de ingeniería ambiental.

En cuanto a los procedimientos constructivos resulta indispensable una adecuada planeación de los recursos necesarios y disponibles, sobre todo en conceptos como el colado de las cimentaciones masivas del Motor-Generador de las unidades U1 y U2, que requirieron de grandes volúmenes de materiales así como una adecuada supervisión en la colocación del concreto tomando en cuenta la amplitud de la superficie de contacto, elevado número de embebidos, una gran densidad de acero de refuerzo y sus cuidados para controlar el elevado calor de hidratación generado en su fraguado.

El empleo de cimbra deslizante, en el colado del fuste de la chimenea, se presenta como una opción importante por las ventajas constructivas que presenta como son la rapidez, la economía, la seguridad y la calidad.

Una de las mayores dificultades en la ejecución de la obra fue indudablemente la lejanía a los centros comerciales o de producción, debido a ésto, el procedimiento constructivo del montaje de la Casa de Máquinas adquirió mucha importancia para poder coordinar la producción de la estructura metálica, en Monterrey N.L., con el montaje continuo en obra.

La U1 y la U2 fueron puestas en marcha comercialmente conforme a lo planeado, sin embargo en el transcurso de la obra existieron retrasos importantes debido principalmente a los siguientes factores:

- Necesidad de otra bomba de concreto.
- Falta de materiales (grava y cemento principalmente).
- Incompatibilidad de procedimientos constructivos.
- Falta oportuna de Ingeniería de Diseño.
- Exceso de volúmenes extraordinarios de obra.
- Conceptos de obra no especificados.

Los problemas de suministro de grava pudieron ser disminuidos desde el inicio de la obra de varias formas:

- a) Selección de los bancos a explotar por parte de la contratista.
- b) Utilización de equipo de cribado adecuado desde el inicio de la obra.
- c) Almacenamiento de una gran cantidad de agregados que permitieran abastecer las continuas necesidades de la planta.

En cuanto al cemento, se debieron haber tenido varios proveedores con cementos aprobados por C.F.E., o en su defecto, un contrato establecido con algún proveedor, de tal manera que se garantizara el suministro continuo de cemento.

Diversos procedimientos constructivos empleados en la construcción de la planta impidieron seguir los programas de obra tal y como estaban proyectados, tal fue el caso de las zapatas de cimentación de la Casa de Máquinas, ejes 1 y 6, las cuales no se pudieron ejecutar hasta terminados los trabajos del colado del pedestal del motor-generador U2.

C.F.E. debería de tener lista, para fines de concurso, toda la ingeniería de diseño básica, así como volúmenes cuantificados de obra más precisos, que permitieran a la contratista presentar programas de obra más reales.

De la misma manera la contratista debería realizar sus programas de obra basados en los procedimientos constructivos a emplear, haciéndolos más apegados a la realidad, facilitando así un mejor control de los trabajos y una mejor asignación de los recursos.

Es notable que durante el transcurso de la obra no se presentó ningún accidente de gravedad, sin embargo, debería ponerse mayor atención a este aspecto, tan descuidado en la construcción, mediante la implantación de normas de seguridad, obligatorias de seguir por parte de la empresa contratista y como parte de los trabajos de la empresa supervisora de la obra.



# BIBLIOGRAFIA

---

- M. Fujigaki, E. Ruiz, F. Tapia, D. Urdaibay. *CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL TIPO DE PLANTA*. Julio de 1985. Análisis Beneficio-Costo.
- Ing. J. Nessi C., G.P.T. "C.T. López Mateos, estudios Comparativos 2 x 37.5 MW Vapor vs. 2 x 34.2 MW Diesel". Junio de 1985.
- COPAR 1985: "Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico, Tomo I: Generación, 1985", Gerencia de Estudios (G.E.). Versión Preliminar.
- F. Lara, J. Padilla. *ANALISIS DE LA OPERACION DE LA CENTRAL ADOLFO LOPEZ MATEOS*. Informe N° AJBEO 850. Julio de 1985.
- SIMPOSIUM. La ingeniería en Baja California Sur para el año 2000. Colegio de Ingenieros Civiles de Baja California Sur. Planta termoeléctrica Sn. Carlos. Junio 27 de 1990.
- Especificaciones de Obra Civil. C.F.E-ALM 1 y 2 M-002
- Procedimientos Constructivos y Programas Generales de Obra de I.C.A. Industrial.
- Pinfold, Geoffrey. *CONSTRUCCION DE CHIMENEAS*. E.U. 1982. Chapter 11: Chimney and tower construction. pp 149-153.
- ACI 307-88. *Standard Practice for the Design and Construction of Cast-in-Place Reinforced Concrete Chimneys*. pp 1-6
- C.F.E. *Resumen de los Aspectos Relevantes Relacionados con la Paroducción de los Concretos en la C.T. y el Muelle en Puerto San Carlos, Baja California Sur*. Mayo de 1991.

- Donald L. Houghton, Roy W. Carlson. *Control del Agrietamiento de Estructuras de Concreto ACI 224*. Capítulo 7 Control del agrietamiento en concreto masivo.
- ACI 207 *Effect of Restraint, Volumen Change and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete*. pp 2-32.
- ACI 208 *Práctica Recomendable para el curado del concreto*. IMCYC 1977.
- ACI 305 *Colocación del Concreto en Climas Calurosos*. 1977
- Rapp, L. *Montaje de estructuras de acero en la construcción de edificios*. Editorial Limusa, México 1978.
- Manifestación de Impacto Ambiental-Intermedia*. Proyecto C.T. Puerto San Carlos. C.F.E. Marzo 1990
- Lorenzo Toussaint, Carlos. *Procedimiento constructivo de una chimenea de diámetro variable en una planta termoeléctrica, con el sist. de cimbra deslizante*.