

32  
2 eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANEACION Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE  
UNA PLANTA HIDRODESULFURADORA  
EN TULA, HGO.

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL  
P r e s e n t a  
José de Jesús Cruz Manzano

DIRECTOR: ING. LUIS ZARATE ROCHA



México, D. F.

1994

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



## **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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-040/94

Señor  
JOSE DE JESUS CRUZ MANZANO  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. LUIS ZARATE ROCHA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PLANEACION Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA PLANTA  
HIDRODESULFURADORA EN TULA, HIDALGO"**

- I. INTRODUCCION
- II. PLANEACION
- III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- IV. PROGRAMA Y PRESUPUESTO
- V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 25 de marzo de 1994.  
EL DIRECTOR.

  
ING./JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\*nl1

**PLANEACIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO  
DE UNA  
PLANTA HIDRODESULFURADORA  
EN TULA, HGO.**

**José de Jesús Cruz Manzano**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Ing. Luis Zárate Rocha,  
por su apoyo y acertada dirección.*

*Al Ing. Jorge Servín Córdova,  
por su valiosa colaboración y ayuda en Tula, Hgo.*

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	
	Localización	Página: 3
	Descripción del Proyecto	4
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>PLANEACIÓN</b>	
	Organización del Proyecto	9
	Descripción del Personal	13
	Coordinación del Consorcio	22
	Coordinación del Proyecto	26
	Plan de Transportación de los Reactores	29
	Programas de Transportación de los Reactores	34
	Plan de Transportación para otros Equipos	36
	Características de Puentes y Alcantarillas de la Ruta Veracruz-Tula	41
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>PROCESO CONSTRUCTIVO</b>	
	Instalaciones Temporales	55
	Condiciones del Sitio	57
	Estratigrafía	58
	Laboratorio de Suelos	59
	Construcción de Edificios	60
	Cimentación de los Reactores	63
	Drenaje	68
	Plan de Prefabricación	69
	Montaje de los Reactores	70
	Consumo de Agua y de Energía Eléctrica	74
	Trabajos de Unión e Interconexión	76
	Procedimientos de Higiene y Seguridad	79
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>PROGRAMA Y PRESUPUESTO</b>	
	Programa Maestro	82
	Programa por Paquetes	85
	Programa Encadenado	86
	Programa de Personal	87
	Programa del Equipo de Construcción	91
	Presupuesto	93
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	96

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

## *INTRODUCCIÓN.*

---

El problema de la contaminación ha obligado a tomar medidas a todos los sectores de la sociedad; PEMEX bajará el contenido de azufre a varios de sus productos y ayudará así a combatir este problema.

Para ello se construirá una Planta Hidrodesulfuradora (Complejo HDR) de residuos de aceites combustibles para lograr que el contenido de azufre en ellos sea del 0.8 %.

La planta será construída dentro de la Refinería Miguel Hidalgo localizada en Tula, Hidalgo; a 90 km de la Ciudad de México.

Tendrá una capacidad de 50,000 barriles por día y contará con ocho unidades de proceso e instalaciones auxiliares, incluyendo la interconexión y la unión con la Refinería.

Habrá un estricto apego a las normas de control de la contaminación.

El complejo contará con diferentes tipos de alcantarillado, debido a la diversidad de fluidos que se generarán, que no se deben mezclar y que recibirán diferente tipo de tratamiento.

Se realizará una preparación del terreno (compactación) y una pavimentación por casi la totalidad de la planta que constará de 120,000 m<sup>2</sup>.

Se montarán cuatro reactores con un peso de 1,200 toneladas cada uno, que se montarán sobre cimentaciones especiales, lo cual implica realizar una gran cantidad de pruebas de campo como de laboratorio, así como verificar la calidad de los bancos de materiales que serán usados en los trabajos civiles.

Se instalarán varios edificios temporales que se utilizarán durante el tiempo de construcción de la planta como oficinas, talleres y almacenes.



Se construirán edificios permanentes, cuyas estructuras son de concreto principalmente, para varios fines entre los que destacan, la protección de los equipos de control de la planta, oficinas y para usos del personal que laborará en ella.

Cabe mencionar las dificultades para el transporte del equipo que se montará en la planta, el cuál tiene gran tamaño y peso. Éste llegará al Puerto de Veracruz y se trasladará por carretera hasta Tula, teniéndose que reforzar algunos puentes y alcantarillas. Algunos puentes peatonales se deberán modificar ya que su altura no es la requerida para el libre paso.

Fueron elaborados programas de obra generales y por áreas, los cuáles especifican el inicio y terminación de cada actividad, para poder programar los recursos necesarios, tanto humanos como materiales, así como los procedimientos constructivos adecuados para la correcta ejecución del proyecto.

Para hacer realidad la Planta Hidrodesulfuradora, se formó un consorcio de cuatro integrantes: Technip (TP), que tiene a su cargo la Dirección General del Proyecto; Monenco (MON), responsable de la Dirección Técnica; el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), encargado de dirigir la Ingeniería de Detalle y por último, el Grupo ICA Industrial, encargado de la Construcción del Complejo HDR.

### *División del Trabajo entre los Integrantes del Consorcio.*

Las cuatro partes que integran el consorcio, cuentan con las cualidades y experiencia requeridas. Estas compañías transferirán el personal adecuado de sus oficinas centrales para integrar los equipos del consorcio.

- **TECHNIP** es un grupo de ingeniería internacional, que ha dirigido por todo el mundo muchos proyectos relacionados a refinerías, petroquímicas y complejos de gas.
- **IMP** (Instituto Mexicano del Petróleo) es uno de los grupos de ingeniería más importantes de México, localizado en la capital del país y pertenece al dueño del Proyecto (PEMEX).
- **MONENCO** es una compañía canadiense muy familiarizada con la ingeniería y adquisición de materiales de las unidades por realizar.
- **ICA** es un grupo mexicano con experiencia en construcción y montaje de estructuras, familiarizado con el contexto local.

# LOCALIZACIÓN



**DESCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO**

La Planta Hidrodesulfuradora estará formada por ocho unidades de proceso y varias instalaciones auxiliares como a continuación se verá.

<i>ÁREA:</i>	<i>DESCRIPCIÓN:</i>
3100	PRIMERA SECCIÓN DE REACCIÓN.
3200	SEGUNDA SECCIÓN DE REACCIÓN.
3300	SISTEMA DE MANEJO DEL CATALIZADOR.
3400	PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO.
3500	FRACCIONAMIENTO Y ALIGERAMIENTO.
3600	SUAVIZAMIENTO DE GASES.
3700	RECUPERACIÓN DE AZUFRE.
3900	PROCESOS AUXILIARES.

Las instalaciones del área 3800 fueron canceladas.

**INSTALACIONES Y PROCESOS AUXILIARES:**

Se contará principalmente con:

- Un sistema para proporcionar aire a la Planta, ubicado en el área 3900, por medio de un compresor.
- Instalaciones de almacenamiento, distribución y bombeo de aceite combustible en el área 3900; incluirá un tanque con capacidad de cinco días de consumo de los equipos de la planta.
- Un sistema de gas (Nitrógeno), también en el área 3900.
- Instalación para la descarga de catalizadores en el área 3300.
- Sistema para la recuperación de Hidrógeno y purificación de gas de la Refinería en las áreas 3100 y 3200.
- Almacenamiento con capacidad de siete días de producción y transporte del azufre líquido, esto último se realizará en camiones tanque de 30 toneladas.

- Instalaciones de mantenimiento de equipo.
- Drenaje para el escurrimiento de aceite que se derrame dentro de la Refinería y su posterior tratamiento.
- Construcción de un edificio en el área 3900.
- Detección y alarma para gas inflamable y H<sub>2</sub>S.
- Recepción y almacenamiento de químicos y solventes.
- Sistema eléctrico de emergencia en el área 3900 con un transformador con capacidad de 13.8 KV.

#### ***INSTALACIONES TEMPORALES:***

Serán hechas con el fin de servir durante el período de construcción y montaje de las estructuras de la Planta. Éstas serán:

1. Oficinas y sanitarios.
2. Primeros auxilios.
3. Servicios médicos.
4. Almacenes.
5. Laboratorio para los trabajos civiles.
6. Una planta de concreto.
7. Un sistema de drenaje y bombeo.
8. Calles y estacionamientos.

#### ***REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN:***

Serán requisitos indispensables para la construcción y montaje de las estructuras de la Planta los siguientes elementos:

- Energía Eléctrica.
- Agua para trabajos civiles.
- Agua potable.
- Compresores de aire.

**REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO:**

El proyecto deberá contar con ciertos requisitos para cumplir con las normas de seguridad y de control de la contaminación:

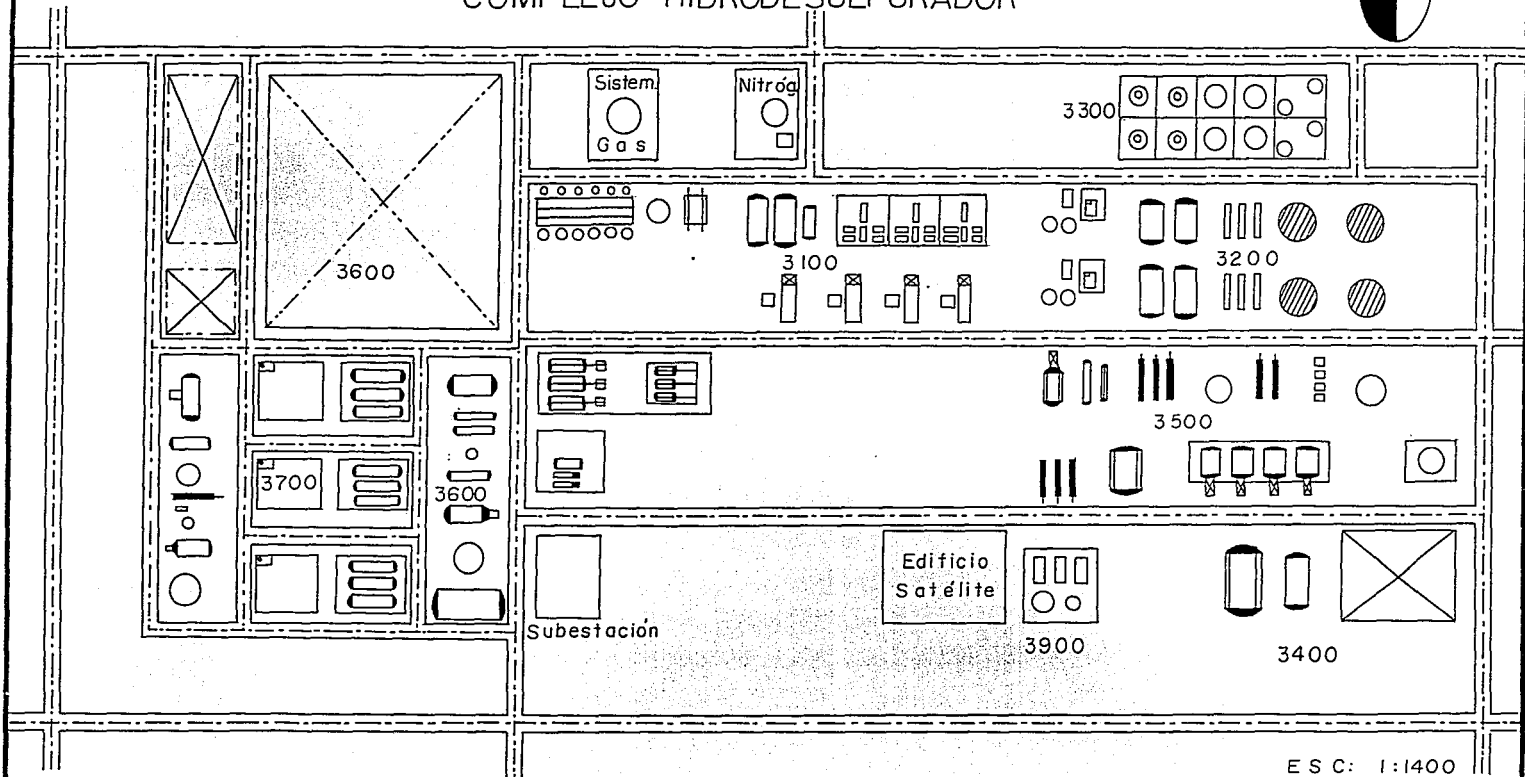
- Un control en la emisión de ruidos y sonidos para no dañar al medio ambiente.
- Sistema de protección y medidas de seguridad contra fuego:
  - Hidrantes y monitores.
  - Mecanismos de espuma.
  - Instalación de equipo de gases contra incendios.
  - Alarma en caso de fuego.
  - Detección y alarma de gases inflamables así como de H<sub>2</sub>S.
- La Planta HDR deberá reunir las condiciones que permitan una buena operación y el rendimiento esperado:
  - Trabajabilidad, accesibilidad y medidas de seguridad para su construcción.
  - Medidas de seguridad para su operación y mantenimiento.
  - Economía.
  - Una vista agradable.

**CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN:**

Las medidas para el control de la contaminación atmosférica y el alcantarillado de fluidos será en acordancia con:

1. La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente.
2. El Reglamento para la Prevención y Contaminación del Agua
3. Las Normas Técnicas y Ecológicas del Gobierno Federal.
4. Las Normas U.S.A. EPA.

# COMPLEJO HIDRODESULFURADOR



PLANTA

ESC: 1:1400

Habr  un alcantarillado diferente para los siguientes fluidos, para evitar hacer combinaciones que sean difíciles de tratar y peligrosas para el medio y para la seguridad del personal que labore en la planta:

- Aceite.
- Agua con aceite.
- Agua sanitaria.
- Agua de lluvia.
- Sustancias químicas.

Estos fluidos recibirán diferente tratamiento, ya que las sustancias que contienen son distintas.

El aceite será recolectado en un tanque especial.

El agua de lluvia escurrirá por el área pavimentada hacia el drenaje pluvial.

Los fluidos sanitarios serán tratados así como también las sustancias químicas generadas en el complejo.

El material tóxico deberá ser incinerado bajo estricto control.

## CAPÍTULO II

## PLANEACIÓN



---

**ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.**

A continuación se presenta un panorama general de la organización del proyecto, así como los principales organigramas que cubren todos los aspectos de la organización, incluyendo la localización de los equipos de trabajo.

**GENERAL:**

Hay cuatro participantes principales que forman el consorcio para hacer realidad el Complejo HDR. En seguida se enlistan y se mencionarán sus respectivas funciones:

**1. Technip (TP).**

Tendrá a su cargo la Dirección General del Proyecto.  
Definirá la Tecnología para la Unidad de Hidrógeno.  
Dará soporte al Equipo de Ingeniería en México.  
Auxiliará al Grupo ICA en las actividades de ingeniería.  
Controlará el avance de la obra.  
Responsable de la Dirección General de la Adquisición.  
Participación en la inspección de actividades.

**2. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).**

Dirección de la Ingeniería de Detalle en la Cd. de México.  
Participación en el Proceso y Tecnología en Calgary.  
Soporte a ICA en las actividades de ingeniería.  
Inspección de actividades.

**3. Monenco (MON).**

Dirección técnica.  
Auxiliar al Equipo de Ingeniería en la Cd. de México.  
Auxiliar a ICA en actividades de ingeniería.  
Participar en la inspección de actividades.

**4. ICA Industrial (ICA).**

Dirección General de Construcción.  
La coordinación de la construcción.  
Participación en la inspección de actividades.

Las cuatro partes tienen acuerdos en los siguientes principios, guiados por la Organización del Proyecto y la ejecución de los trabajos:

- El consorcio será dirigido y administrado por el Equipo de Dirección, encabezado por el Director del Proyecto, posición designada por TP.
- El Director del Proyecto reportará al Comité de Dirección del Consorcio que estará integrado por los Directores Ejecutivos de cada una de las cuatro partes.
- El Director del Proyecto será el principal responsable del Complejo HDR, representará en la ejecución de los trabajos a PEMEX y mantendrá comunicación con éste y con cada una de las otras partes del consorcio.
- Integrados los Equipos del Proyecto en Calgary (oficinas de Monenco) y en la Cd. de México (oficinas del IMP), se llevará a cabo toda la Ingeniería de Detalle. Es importante una nota en ésta consideración, todas las partes transferirán personal con experiencia de sus oficinas centrales para ser integrados en los Equipos del Consorcio.
- El sitio de construcción en Tula será organizado por ICA, que contratará a personal capacitado para la ejecución de los trabajos.

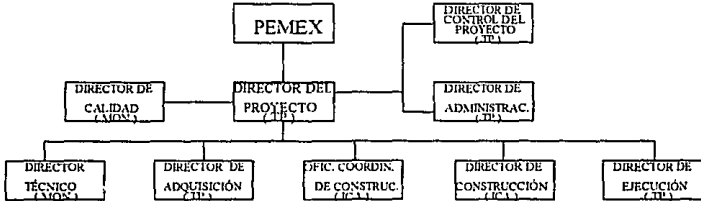
### **ORGANIGRAMAS:**

Son ocho los principales organigramas:

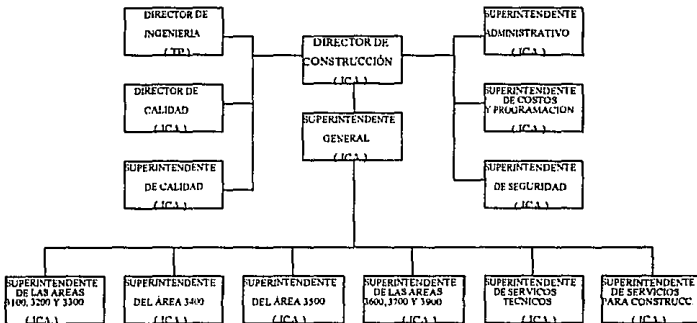
- Organigrama General
- De Proceso y Tecnología.
- De Ingeniería (General).
- De Ingeniería (de Detalle para la Unidad de Hidrógeno).
- De Adquisición de Materiales.
- De Construcción.
- De Miembros y Funciones.
- De Principios de Calidad, Seguridad y Ejecución del Proyecto.

A continuación se podrán observar los organigramas que más interesan a nuestro objetivo.

### ORGANIGRAMA GENERAL



### ORGANIGRAMA PARA LA CONSTRUCCIÓN



***LOCALIZACIÓN DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO.***

Para los cinco primeros meses posteriores a la fecha efectiva de inicio, los equipos de trabajo se localizarán:

- La oficina central del proyecto se ubicará en Calgary (oficinas de Monenco) con los siguientes grupos de trabajo:  
Equipo de Dirección del Proyecto.  
Equipo de Proceso y Tecnología (ingenieros de MON, TP y del IMP).  
Equipo de Adquisición.
- Al mismo tiempo en la Cd. de México (oficinas del IMP), la Ingeniería de Detalle comenzará y se desarrollará dirigida por el Director de Ingeniería, con el soporte de los equipos de MON y de TP.
- Una fuerte y permanente coordinación se establecerá entre Calgary y la Cd. de México mediante un equipo de coordinación compuesto por:

En Calgary:

- La Dirección Técnica (MON); y
- Un Jefe de Ingeniería de Proyecto (IMP).

En la Cd. de México:

- Un Jefe de Ingeniería de Proyecto (TP);
- Un Coordinador de Ingeniería (TP); y
- Un Jefe de Ingeniería de Proceso.

- El Equipo Planeador de la Construcción (de ICA), estará en Calgary para formular la ingeniería global, la adquisición y la ejecución, mantendrá relación con la Oficina de Coordinación de Construcción ubicada en la Cd. de México.
- Una parte del Equipo de Dirección de la Construcción se moverá a Tula para encabezar la ejecución de las Instalaciones Temporales y el comienzo de los trabajos civiles.

Después de los primeros cinco meses de la fecha efectiva de inicio hasta la terminación del Complejo HDR los equipos de trabajo se ubicarán según se describe a continuación:

- Las oficinas centrales del proyecto se moverán a la Cd. de México (oficinas del IMP) con los siguientes grupos:
  - Equipo de Dirección del Proyecto, incluyendo los directores de Proceso y Tecnología.
  - Equipo de Adquisición.
- El Equipo de Construcción (ICA) se ubicará en Tula.
- La oficina de enlace se ubicará en la Cd. de México (oficinas del IMP).

### DESCRIPCIONES DEL PERSONAL DE TRABAJO.

#### DIRECTOR DEL PROYECTO.

El Director del Proyecto conduce el Equipo de Dirección y tiene la responsabilidad general hasta el final. El define y presenta todas las opciones fundamentales que puedan tener influencia en la ejecución del proyecto.

Esta responsabilidad cubre todos los aspectos que puedan afectar la calidad y los costos.

El es la interface con PEMEX. Mantiene contacto directo y coordina toda correspondencia con éste y sus representantes.

Es responsable de toda acción técnica y administrativa.

Participa en la preparación del Plan de Ejecución y Control del Proyecto.

El Director del Proyecto delega al Director Técnico la responsabilidad para coordinar el Proceso y la Tecnología y los servicios de Ingeniería necesarios para la Ejecución.

Deja al Director de Construcción la responsabilidad para la calidad, seguridad y costo de construcción. Ellos dos asegurarán que se cumplan las especificaciones del proyecto.

### DIRECTOR DE CALIDAD.

El Director de Calidad reportará al Director del Proyecto y será el responsable de que se cumplan los objetivos definidos en el Plan de Calidad, además de detectar deficiencias y reportarlas. Como tal asegurará:

- La organización del Equipo de Calidad.
- Asistencia al Director del Proyecto en la preparación del Plan de Calidad.

### DIRECTOR DE CONTROL DEL PROYECTO (DCP).

El DCP dirige el Equipo de Control y reportará al Director del Proyecto. Realizará las siguientes actividades:

#### *Control de Costos:*

Es responsable de establecer un costo estimado que servirá de base para llevar a cabo un control del proyecto. Las actividades de los ingenieros de costos consistirán en:

- Hacer un presupuesto de acuerdo con las instrucciones del Director del Proyecto.
- Mantendrán el costo del proyecto por comparación constante de precios con el presupuesto estimado.
- Preparar estimaciones para modificaciones del proyecto, y evaluarán diversas variables.

#### *Planeación, Programación y Control de Avance:*

Hasta el final de la ejecución del proyecto, el programa de planeación y avance dependerá de:

- Mantener y desarrollar el Programa Maestro del Proyecto.
- Desarrollar procedimientos para controlar el avance.
- Mantener el Programa de Adquisición.
- Organizar y supervisar la preparación del Programa de Detalle de Construcción.

### DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN.

El Director de Administración, bajo la autoridad del Director del Proyecto, llevará la contabilidad y facturación, además de ser el responsable directo de los pagos puntuales al personal.

### DIRECTOR TÉCNICO.

El Director Técnico es responsable de toda actividad de ingeniería que incluyan:

- Proceso y tecnología ejecutadas en Calgary (oficinas de MON).
- Ingeniería de Detalle realizada en la Cd. de México (oficinas del IMP).

Hasta el final de todas las fases del proyecto será asistido por:

En Calgary:

- Un Director de Transferencia de Tecnología (MON).
- Un Jefe de Ingeniería de Proyecto.

En la Cd. de México (oficinas del IMP):

- Un Director de Transferencia de Tecnología (MON).
- Un Jefe de Ingeniería de Proyecto (TP).
- Un Coordinador de Ingeniería.

El Director Técnico advertirá y reportará algún requerimiento que pueda afectar el costo o el programa.

### DIRECTOR DE PROCESO Y TECNOLOGÍA.

Reporta al Director Técnico. Sus responsabilidades son:

- Observación de los requerimientos técnicos.
- Dar soporte en adquisición de materiales y construcción.

### JEFE DE INGENIERÍA DE PROYECTO.

Reportará al Director de Proceso y Tecnología y es responsable de la supervisión general del proyecto, especialmente del equipo de interconexión (área 3900).

### DIRECTOR DE INGENIERÍA.

Se encontrará en la Cd. de México y mantendrá informado al Director Técnico. Su principal responsabilidad es la del desarrollo de la Ingeniería de Detalle, así como la de supervisar equipo y materiales.

### DIRECTOR DE ADQUISICIÓN.

Mantendrá informado al Director del Proyecto. Es el responsable de la calidad y precios de los materiales que se adquirirán.

Coordinará las actividades de todos los compradores e inspectores, además seleccionará a los proveedores.

### ***OFICINA COORDINADORA DE CONSTRUCCIÓN.***

Tiene por objeto los siguientes puntos:

- Coordinación con el Director del Proyecto antes de comenzar los trabajos civiles.
- Dar asistencia al Director del Proyecto en materia de construcción y montaje de estructuras.
- Participación en el análisis técnico de licitación.
- Realizar el Plan de Construcción junto con los Directores de Proyecto y Construcción.
- Definir el organigrama que existirá en el lugar de los trabajos (Tula) y las descripciones de trabajo, además de asegurar un suficiente número de personal para supervisar y garantizar el control de la construcción.
- Definir el Manual de Procedimientos que gobernará los trabajos de construcción.



- Revisar y aprobar las propuestas de procedimientos de construcción.
- Participación en el Programa General de Construcción.
- Ayudar en la estimación de costos.

*Equipo de Dirección de la Construcción.*

Este equipo estará formado por un grupo de personas que tendrán diversos objetivos para llegar a una misma finalidad, la construcción del Complejo HDR y son:

Director de Construcción.  
Superintendente General.  
Director de Ingeniería de la Construcción  
Director de Control de Calidad.  
Superintendente de Control de Calidad.  
Superintendente de Administración.  
Superintendente de Programación y Costos.  
Superintendente de Seguridad.  
Área de Superintendentes.  
Superintendente de Servicios Técnicos.  
Superintendente de Servicios de Construcción.

DIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN.

Tiene la responsabilidad general de la construcción del Complejo HDR, dentro del programa y presupuesto establecido, así como de garantizar seguridad al personal que laborará en los trabajos civiles y que las instalaciones satisfagan los requerimientos establecidos.

Las obligaciones del Director de Construcción son:

- Reportar al Director del Proyecto cualquier movimiento que crea de importancia.
- Dar asistencia al Director del Proyecto y establecer los requerimientos para la labor del personal y de los equipos.

- Mantendrá una comunicación con PEMEX.
- Implementará el área de trabajo con elementos de seguridad (policías) y cerrará el terreno de construcción para evitar posibles accidentes a personas ajenas a la ejecución de los trabajos.
- Representará al Director del Proyecto en la obra.
- Aprobará órdenes de compra así como los subcontratos.
- Estará atento a la contratación del personal requerido, para que este cumpla con la experiencia y aptitudes necesarias.
- Asegurará que el Complejo HDR sea construido en acordancia con las instrucciones, especificaciones, planos aprobados, Regulaciones Federales y Locales.
- Controlar el avance de los trabajos de construcción.
- Mantener un control del equipo y de la entrega del material al lugar de trabajo y reportar al Director del Proyecto de alguna posible afectación al avance de la construcción y las necesarias acciones para corregirlas.

#### SUPERINTENDENTE GENERAL.

Reportará al Director de Construcción y es el responsable de planear, organizar, administrar y controlar los recursos humanos, materiales y equipos requeridos para la construcción y montaje de las estructuras.

#### DIRECTOR DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Informará al Director de Construcción y es responsable de la coordinación de ingeniería en el sitio de los trabajos civiles. Tendrá como objetivos principales los siguientes:

- Recibir y distribuir los documentos de ingeniería, instrucciones, procedimientos, especificaciones y planos para que sean conocidos por todos los interesados y se desarrolle el proyecto según lo estipulado.

- Resolverá los problemas de ingeniería, dimensiones erróneas, fallas de construcción.
- Asistirá al Director de Construcción en materia técnica.

#### DIRECTOR DE CONTROL DE CALIDAD.

Reportará al Director de Construcción y será responsable de:

- Dirigir la implementación y revisión periódica de los procedimientos de control de calidad.
- Participar en la determinación de soluciones.

#### SUPERINTENDENTE DE CONTROL DE CALIDAD.

Es el responsable de la implementación del Plan de Control de Calidad y sus objetivos serán:

- Revisar y aprobar los procedimientos de construcción, para que satisfagan el Plan de Control de Calidad.
- Participar en los procesos de inspección y supervisión.
- Reportar los resultados de las inspecciones.

#### SUPERINTENDENTE DE ADMINISTRACIÓN.

Informará al Director de Construcción y estará pendiente de:

- Los servicios generales de administración.
- Del control de la contabilidad, de nóminas y facturas.
- Control de proveedores y subcontratos.
- Administrar los servicios de oficina en el lugar de los trabajos civiles, como son teléfono, telex, fa, radio, reproducción de documentos y servicio secretaria.

- Recepción y distribución de herramientas, materiales y equipo.
- Mantener relaciones con las autoridades federales y locales.

#### SUPERINTENDENTE DE PROGRAMACIÓN Y COSTOS.

Mantendrá informado al Director de Construcción y será el responsable de la coordinación e implementación del Control de Costos así como de la planeación y programación, sus objetivos primordiales serán:

- Programar y controlar el presupuesto.
- Determinar el tipo de reportes de costos.
- Analizar y reportar la tendencia de los costos y dar recomendaciones.

#### SUPERINTENDENTE DE SEGURIDAD.

Es el responsable de la planeación, dirección y control de los servicios de seguridad e higiene, en acornada con las leyes mexicanas. Pondrá atención en las siguientes consideraciones:

- En determinar los recursos humanos y técnicos para los diferentes servicios de seguridad e higiene.
- Participar en la organización de la "Comisión de Seguridad e Higiene" para el Complejo HDR, incluyendo la realización de la "Regulación Interna de Seguridad e Higiene", que será publicada y distribuida a los participantes de la construcción.
- Reportará los accidentes ocurridos.

#### ÁREA DE SUPERINTENDENTES.

Los objetivos de éste grupo serán:

- Dirigir, administrar y controlar los recursos humanos, técnicos y materiales requeridos en la construcción.

- Verificar que haya el número suficiente de personas con las aptitudes necesarias para desarrollar sus actividades conforme a lo estipulado.
- Vigilar que la organización y los recursos de las compañías subcontratadas sean las requeridas.
- Observar los procedimientos de construcción.
- Aprobar los reportes de avances.

#### SUPERINTENDENTE DE SERVICIOS TÉCNICOS.

Informará de las actividades al Superintendente General y será el responsable de planear, dirigir y controlar los procesos y las operaciones especiales, tal como soldaduras, pruebas, anti-corrosivos, pinturas, aislantes, etc., requeridos.

#### SUPERINTENDENTE DE SERVICIOS DE CONSTRUCCIÓN.

Mantendrá informado al Superintendente General y será el responsable de planear, dirigir y controlar aquéllos servicios que son de aplicación general a todas las áreas de la construcción del proyecto, tal como la topografía, operación y mantenimiento de equipo y producción de concreto.

#### SUBCONTRATOS.

Debido a la diversidad de trabajos especiales que se realizarán en el Complejo HDR, fueron subcontratadas varias compañías especializadas en diversas áreas de la construcción como las siguientes:

Aire Acondicionado.  
Cristales y Aluminios.  
Casetas Metálicas.  
Estructuras Metálicas.  
Topografía.  
Pinturas y Anti-corrosivos.  
Electricidad.  
Sistemas de Computación.

Estas compañías cuentan con años de experiencia en su ramo además de reconocida calidad.

## COORDINACIÓN DEL CONSORCIO.

### GENERAL:

La coordinación entre los miembros del Consorcio será similar a la existente entre las diferentes disciplinas de una compañía de ingeniería; esta asociación tendrá dos locaciones de trabajo (en Calgary y en la Cd. de México), y un sitio donde se ejecutarán los trabajos civiles (Tula). La mayor parte de la ingeniería y de la adquisición de equipos y materiales serán realizadas en la Cd. de México.

Trabajando en equipos integrados en Calgary (oficinas de Monenco) y en la Cd. de México (oficinas del IMP), la coordinación entre los miembros del Contratista será basada en:

- Reuniones semanales para revisión del Proyecto con el Equipo de Dirección del mismo.
- Reuniones para peticiones técnicas cada vez que sea necesario.
- Reuniones semanales para adquisición de materiales.
- Realización de reportes de avance mensual.

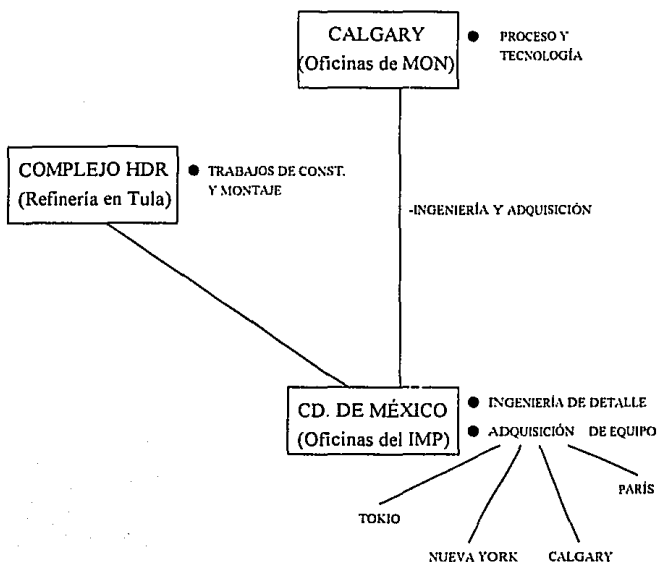
### *Ingeniería:*

Una Coordinación de Procedimientos será establecida para las diversas labores de Ingeniería ejecutadas simultáneamente en Calgary y en la Cd. de México. Estará integrada de la siguiente manera:

- En Calgary:
  - Un Director Técnico (MON).
  - Un Jefe de Ingeniería del Proyecto (IMP).
- En la Cd. de México:
  - Un Jefe de Ingeniería de Proyecto (TP).
  - Un Coordinador de Ingeniería (TP).
  - Un Jefe de Ingeniería de Proceso (MON).

El Director de Construcción, como miembro del Equipo de Dirección del Proyecto, participará en una reunión semanal de revisión en la Cd. de México (oficinas del IMP).

En la siguiente figura se muestra la coordinación existente y las operaciones realizadas en las diversas ciudades involucradas en la realización del Complejo HDR.



---

***COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE EL CONTRATISTA Y LAS EMPRESAS  
SUBCONTRATADAS:***

**SUBCONTRATO REALIZADO POR MONENCO:**

Monenco subcontrató en materia de ingeniería a PCL-Braun-Simons Ltd (PBS).

PBS se eligió para trabajar en el equipo de ingeniería por su reciente experiencia en un Complejo similar en Lloydminster, Canadá. Esta empresa trae a este proyecto la implementación del más reciente desarrollo en este tipo de trabajos, incluyendo el uso del 3 % de cromo en la metalurgia para los reactores. PBS complementará la experiencia de Monenco.

**SUPERVISIÓN A LOS TRABAJOS SUBCONTRATADOS DURANTE LA  
CONSTRUCCIÓN DEL COMPLEJO HDR:**

El Contratista revisará y supervisará los trabajos ejecutados por las empresas subcontratadas, en concordancia con el siguiente procedimiento:

**Organización:**

Toda subcontratista se sometió a un organigrama, incluyendo todo su personal asignado al trabajo perteneciente al subcontrato, respetando las líneas de autoridad y comunicación entre ellos.

**Comunicación:**

Toda comunicación con el Contratista, que concierna algún aspecto relacionado a las empresas subcontratadas para determinados trabajos, se dirigirá al Director de Construcción.

**Programa:**

La empresa subcontratada será sometida a la aprobación del Contratista. El programa será revisado semanalmente por el contratista y el subcontratado determinará los avances obtenidos en dichas actividades.



**Supervisión:**

El Contratista designará personal de supervisión requerido para vigilar los avances y la calidad de los trabajos ejecutados por el Subcontratado, incluyendo:

- La conveniencia del personal asignado en los trabajos en relación a cantidad y calidad.
- La calidad de los servicios suministrados por el subcontratado.
- La productividad del personal asignado por el subcontratado.

Si la empresa subcontratada falla a los compromisos en términos del programa, productividad o calidad, el Contratista tomará medidas inmediatas para corregir la desviación observada, o si es necesario, cancelar el subcontrato.

***Lugares de Contratación de la Fuerza Laboral para los Trabajos de Construcción:***

Los lugares usados para la contratación de personal son:

- Las oficinas de personal en el lugar de trabajo (Tula).
- Departamento de personal en la oficina central en la Cd. de México.
- En varios centros industriales de la República Mexicana, cuyo trabajo calificado de dicho personal, sea similar al requerido para el Complejo.

## **COORDINACIÓN DEL PROYECTO.**

### **GENERAL:**

En esta parte se hablará sobre el control y coordinación del trabajo de Ingeniería, adquisición, construcción y ejecución del Complejo HDR.

#### ***Procedimientos para Correspondencia o Enlace:***

Toda comunicación con el Contratista o el Dueño del Proyecto (PEMEX), concerniente a algunos aspectos de ingeniería, adquisición de materiales, puntos financieros o contractuales, se dirigirá al Director del Proyecto.

Los representantes del Dueño (PEMEX), darán toda noticia, instrucción o información perteneciente a los trabajos de ejecución al Director de Construcción.

#### ***Control del Proyecto y Reportes de Procedimiento:***

El Contratista enviará un reporte mensual a PEMEX relativo al estado actual de:

- Ingeniería.
- Equipo y adquisición de materiales.
- El sitio de construcción y montaje de estructuras.
- Ejecución.

Además, enviará por separado los reportes siguientes:

- De Programación.
- De Materiales.
- De Seguridad.
- Otras especificaciones.

**PROCEDIMIENTOS PARA PROGRAMACIÓN:**

Existen los siguientes programas para poder ejecutar convenientemente los trabajos del Complejo HDR:

1. Un Programa Maestro, desarrollado por el Equipo de Dirección del Proyecto.
2. Un Programa General de Dirección Computarizado, que cubre todas las fases del Proyecto.
3. Programas de Detalle, que abarquen el ámbito de trabajo que se ejecutará para cada sección (Ingeniería, Adquisición y Construcción).

**PROCEDIMIENTOS PARA CAMBIOS EN EL PROYECTO:**

Alguna modificación a la terminación o un trabajo adicional, causados por cambios o revisiones al proyecto, será considerado por el Contrato.

Todo trabajo que no se especifique en el contrato, no será ejecutado por el Contratista sin autorización escrita o por instrucciones específicas provenientes de PEMEX.

Los requerimientos de algún trabajo adicional o modificación del tiempo de finalización podrá originarse por las causas siguientes:

- Solicitado por PEMEX.
- Revisión a los documentos expuestos a PEMEX para aprobación o revisión.
- Sugerencias hechas por el Contratista.

Estos procedimientos tratan de los cambios de trabajo relacionados a los servicios de ingeniería, al suministro de equipo o de materiales, y a las fases de construcción del Proyecto.

**Petición para Cambios en el Proyecto:**

El personal del Contratista informará al Director del Proyecto de alguna desviación contemplada. Éste transmitirá la petición para el cambio del proyecto a PEMEX para su aprobación.

En caso de alguna variación hecha por PEMEX a la petición, para lo cual se considere un incremento en el contrato o un cambio en tiempo del programa, el Director del Proyecto advertirá en los próximos siete días a PEMEX de algún impacto en costo o en programa.

PEMEX informará al Contratista si está autorizado o no a estimar el costo o el efecto en el programa de dicho cambio.

***INSPECCIONES:***

Estos procedimientos esbozan los requerimientos generales de las supervisiones ejecutadas por los inspectores del Contratista a equipos o a materiales, suministrados para el Complejo HDR, también de la coordinación de trabajo entre el Contratista y PEMEX.

Los inspectores nominados por PEMEX trabajarán en conjunto con el Contratista, para llevar a cabo los servicios de supervisión y poner a prueba a los proveedores de equipos y materiales.

***Criterios de Inspección:***

Las inspecciones se aplican principalmente al listado siguiente de equipo y materiales:

- Equipos de presión, tanques de almacenamiento y otros equipos.
- Compresores, bombas, turbinas y otras maquinarias.
- Tuberías, válvulas, etc.
- Suministro eléctrico e instrumentación.

## PLAN DE TRANSPORTACIÓN Y RESTRICCIONES.

### TRANSPORTACIÓN POR EL OCÉANO DE LOS REACTORES:

El equipo pesado no fue fabricado en México, tal es el caso de los cuatro reactores que se montarán en el Complejo HDR.

Los reactores serán preparados para su embarque (las superficies de estos equipos serán limpiadas y pintadas con una capa de cromato de zinc).

TMM (una línea nacional mexicana) tendrá un buque especial para trasladar el equipo pesado (en secciones) por el océano.

Hay barcos disponibles con grúas a bordo, con las especificaciones requeridas para cargas pesadas. Estos barcos pueden levantar y colocar en los puertos (hacer todas las operaciones de carga y descarga) sin la necesidad de grúas adicionales en los muelles.

En orden de asegurar la disponibilidad del barco más conveniente, habrá que reservar el espacio que será requerido. Esta reserva de carga pesada permitirá maximizar el control de selección del barco con el mejor plan de almacenaje, programa, velocidad de navegación y ruta óptima.

Anticipado el tiempo de salida y el de llegada de 40 ó 50 días de Japón, saliendo directo hacia el Sur de Corea y posteriormente al Canal de Panamá; o 15 ó 20 días de Europa a través del Océano Atlántico con alguna posible parada en algún puerto de los Estados Unidos.

Para consideraciones del transporte de este equipo en el interior de la República Mexicana, es planeado para su uso el Puerto de Veracruz. Este puerto está situado en el Golfo de México. Consta de 12 atracaderos muy bien protegidos, los cuales cuentan con 3,200 metros de amarre. Sus muelles varían de 180 a 407 metros de longitud y tienen una profundidad promedio de 10 metros.

Como previamente se mencionó, los barcos por sí mismos manejarán con sus grúas los componentes de los reactores.

## TRANSPORTACIÓN TERRESTRE DE LOS REACTORES:

Las siguientes tres rutas fueron analizadas para el transporte de los cuatro reactores que serán montados en Tula, Hgo.:

1. Manzanillo - Tula.
2. Tampico - Tula.
3. Veracruz - Tula.

En ellas fueron estudiadas tanto el ferrocarril como las carreteras. Uno de los análisis consiste en saber las opiniones y comentarios de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) y de FNM (Ferrocarriles Nacionales de México), sobre el posible uso de éstas rutas de comunicación, supervisadas por dichas agencias gubernamentales.

Todas las posibles rutas fueron estudiadas, tomando en cuenta la capacidad de carga de las carreteras, de los puentes, de las alcantarillas, etc.

La ruta más conveniente (la que resulta más económica, por los cambios y refuerzos que se tendrán que realizar), encontrada para la transportación terrestre en la República Mexicana, fue la de *Veracruz - Tula*.

### **PROCEDIMIENTO DE DESCARGA DE LOS REACTORES EN EL PUERTO DE VERACRUZ:**

#### *Dimensiones de los Reactores:*

Un reactor tiene las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 5.5 m.
- Altura: 45.0 m.

Estas medidas obligaron a que cada reactor fuera fabricado en cuatro secciones, cada una con un peso máximo de 360 toneladas. El barco arribará al Puerto de Veracruz donde la descarga se ejecutará en el muelle No. 4, cuya capacidad de carga es de  $4.5 \text{ ton/m}^2$  (dato suministrado por la Gerencia de Obras Portuarias de la SCT en el Puerto de Veracruz). Por lo tanto, será necesario extender la carga de las secciones en un área aproximada de  $80 \text{ m}^2$ , así como evitar sobrecargas al muelle.

El procedimiento de descarga será el siguiente:

- Los reactores llegarán en dos barcos, cada uno transportará dos reactores (ocho piezas).
- Las operaciones de descarga del barco a los vehículos de transporte serán ejecutadas por las grúas del mismo. Estos movimientos se tendrán que hacer con el mayor cuidado posible.

#### **LA RUTA VERACRUZ - TULA:**

La ruta Veracruz - Tula sugerida por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) como la mejor opción es la siguiente:

- Veracruz - Cardel - Tamarindo - Jalapa - Perote - Zacatepec - Huamantla - Apizaco - Calcuálpán - Cd. Sahagún - Pachuca - Actopan - El Tephe - Progreso - Tula.

Durante la transportación de las piezas de los reactores, los requerimientos, especificaciones y normas técnicas se encontrarán en el Reglamento Técnico y en la Ley de Vías Generales de Comunicación y se pondrán en vigor.

#### ***Equipo de Transportación que será incluido:***

- Se necesitarán dos conjuntos de equipos para transportar las secciones de los reactores de Veracruz a Tula. Cada uno consistirá en dos tractores, uno jalando y otro empujando - conectados a un sistema de dos módulos ensamblados con suspensión hidráulica y eje direccional, uno en el frente y otro en la parte posterior -. Cada unidad tendrá diez filas de ruedas.
- Un tractor - trailer con capacidad de 500 toneladas, que moverá las secciones de los reactores en el muelle. El trailer está equipado con un gato hidráulico, así la carga se podrá levantar.
- Se usarán dos puentes móviles durante el trayecto por carretera, uno de 120' (36.58 m) y otro de 40' (12.19 m) de longitud.

---

***Detalles de la Ruta Veracruz - Tula:***

Viajes de severa inspección se harán para desarrollar un reporte completo de toda posible interferencia en las operaciones de transportación y las posibles soluciones.

La ruta Veracruz - Tula tiene:

- 38 puentes.
- 2 cruces elevados de ferrocarril.
- 21 puentes peatonales.
- 97 alcantarillas.
- 891 cruces de líneas de electricidad y teléfono.
- 1 barrera de peaje entre Veracruz y Cardel.

**Puentes:**

Los siguientes análisis fueron realizados para los 38 puentes:

- Los puentes móviles de 40' y 120' serán usados para 34 de los puentes donde trabajos adicionales no serán necesarios.
- Se construirán libramientos en los puentes Río Grande, Plan del Río I y San Benito, ya que tienen una capacidad máxima de carga de 310 toneladas y exceden en longitud a los puentes móviles. Para estos casos, los desvíos que se construirán tendrán aproximadamente 500 metros de longitud cada uno, lo que implica un total de 1500 metros en libramientos.
- La estructura del puente La Antigua tendrá un reforzamiento en las tres pilas con que cuenta, para poder soportar la carga adicional.

**Puentes Petonales:**

Todos estos puentes son de estructuras metálicas. La operación de montaje y desmantelación se tendrá que hacer un mínimo de ocho veces, ya que existen ocho puentes en los cuáles la altura no es suficiente para el libre paso.



### Cruces Elevados de Ferrocarril:

En la ruta a utilizar, existen dos cruces elevados de ferrocarril localizados en la entrada y salida de Jalapa. La altura libre de estos puentes es de 5.50 metros, por lo que será necesario hacer desviaciones a la ruta ya que no se podrá pasar por debajo de estos cruces, por el tamaño de las secciones a transportar. Cada una de estas desviaciones son de aproximadamente 3 km de longitud.

Hay otros dos cruces elevados de ferrocarril, pero cuentan ya con libramientos para casos especiales como este. Estos son el desvío San Julián en el camino Veracruz - Cardel y el del cruce Acelotla, entre Cd. Sahagún y Pachuca.

### Alcantarillas:

Estas estructuras son de dimensiones pequeñas (de 0.60 a 1.00 m), ellas sólo se inspeccionarán durante las operaciones de transportación, para asegurarse que no sufran daños estructurales. Si alguna es encontrada dañada antes de transportar las piezas, tendrán que ser reparadas bajo la autorización y supervisión de la SCT.

### Líneas de Electricidad y de Teléfono:

Debido a las dimensiones de los equipos a transportar, será necesario levantar las líneas de electricidad y de teléfonos que se crucen por el camino, a un mínimo de 7.10 m, esto será realizado con extensiones metálicas.

La altura de las extensiones será de 3 m y el trabajo estructural de los polos será ejecutado con la autorización de CFE (Comisión Federal de Electricidad) y de TELMEX (Teléfonos de México). Personal de estas dos últimas compañías ayudarán a la ejecución de los trabajos, cortando la energía eléctrica y haciendo las conexiones necesarias.

Si CFE y TELMEX así lo requieren, una vez concluidas las actividades de transportación del equipo, las extensiones serán removidas, llevando todos los cables a su altura original.

A continuación se muestran los Programas de Transportación de los cuatro reactores, del Puerto de Veracruz al Complejo HDR, en Tula, Hgo.

# PROGRAMA DE TRANSPORTACIÓN PARA LOS REACTORES

DC-3202 & 3201

CONCEPTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
DC-3202 & 3201							
TRANSP. VER.-TULA:							
DC-3202 1ª pieza	■						
2ª pieza	■						
Transp.1 Tula-Ver.	●						
Transp.2 Tula-Ver.	●						
3ª pieza		■					
4ª pieza		■					
Transp.1 Tula-Ver.			●				
Transp.2 Tula-Ver.			●				
TRANSP. VER.-TULA:							
DC-3201 1ª pieza			■				
2ª pieza			■				
3ª pieza				■			
4ª pieza				■			

# PROGRAMA DE TRANSPORTACIÓN PARA LOS REACTORES

DC-3102 & 3101

CONCEPTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
DC-3102 & 3101							
TRANSP. VER.-TULA:							
DC-3102 1ª pieza				■			
2ª pieza				■			
Transp. 1 Tula-Ver.				■			
Transp. 2 Tula-Ver.				■			
3ª pieza					■		
4ª pieza					■		
Transp. 1 Tula-Ver.					■		
Transp. 2 Tula-Ver.					■		
TRANSP. VER.-TULA:							
DC-3101 1ª pieza					■	■	
2ª pieza					■	■	
3ª pieza							■
4ª pieza							■

**PLAN DE TRANSPORTACIÓN PARA OTROS EQUIPOS:**

Los siguientes equipos también son de un gran tamaño y peso, por lo que también se requirió de un análisis para su transportación, al igual que se hizo para los reactores. A continuación se mencionan sus claves correspondientes:

<i>Clave:</i>	<i>Nombre:</i>
DA-3505	Torre de Vacío.
FA-3101/3203	Separador de Alta Presión (alta temperatura).
FA-3104/3204	Separador de Alta Presión (baja temperatura).
DA-3501	Torre de Fraccionamiento.

En seguida se enumerarán algunas características importantes de este equipo, para considerarlas en la planeación de la transportación del Puerto de Veracruz al Complejo HDR en Tula, Hgo.

**Torre de Vacío DA - 3505:**

- Peso total estimado para transportación:
 

-253 ton.	de la Torre.
- 54 ton.	de Accesorios.
- La torre de vacío será fabricada en dos secciones, que tienen las mismas características y son las siguientes:

**Sección 1 ó 2:**

- Dimensiones:
 

- 8.20 m	diámetro mayor.
-19.00 m	de longitud.
- La sección tiene un peso aproximado de 126.5 ton.
- El equipo de transportación consiste en un módulo formado por 12 vigas balanceadas y ocho ejes de ruedas; su capacidad total de carga será de 300 ton. Este módulo será jalado por un tractor de 200 ton.

- La torre de vacío cuenta además con accesorios como: mallas, placas, y que junto con el equipo principal serán montados en el Complejo; estos materiales serán transportados en un camión de 40 toneladas.

*Separador de Alta Presión (alta temperatura):*  
*FA - 3103 y FA - 3203.*

- Peso total estimado para transportación: 37 toneladas.
- Este equipo será movido en una sola pieza.
- Será transportado en una plataforma de seis ejes de ruedas, y capacidad de 60 ton.

*Separador de Alta Presión (baja temperatura):*  
*FA - 3104 y FA - 3204.*

- Peso total para transportación: 200 ton.
- Este equipo será manejado en una sola pieza.
- Se transportará en dos módulos de cinco vigas balanceadas cada uno, doce ejes de ruedas, 4.50 m de ancho y una capacidad de carga de 300 ton. Se usará un tractor de 200 ton para jalar y uno de 100 ton para empujar.

*Torre de Fraccionamiento:*  
*DA - 3501.*

- Peso total estimado para transportación:
  - 211.7 ton. de la torre.
  - 25.0 ton. de accesorios.
- La torre de fraccionamiento será fabricada en tres secciones.

*Sección 1:*

- Tiene las siguientes dimensiones:
  - 3.96 m de diámetro.
  - 26.20 m de longitud.
- Su peso es de aproximadamente 95.8 ton.
- El equipo con el que se transportará está compuesto de dos módulos de cinco vigas balanceadas, doce ejes de ruedas, 4.50 m de ancho y una capacidad de carga de 300 ton. Un tractor de 200 ton será usado para jalar este sistema.

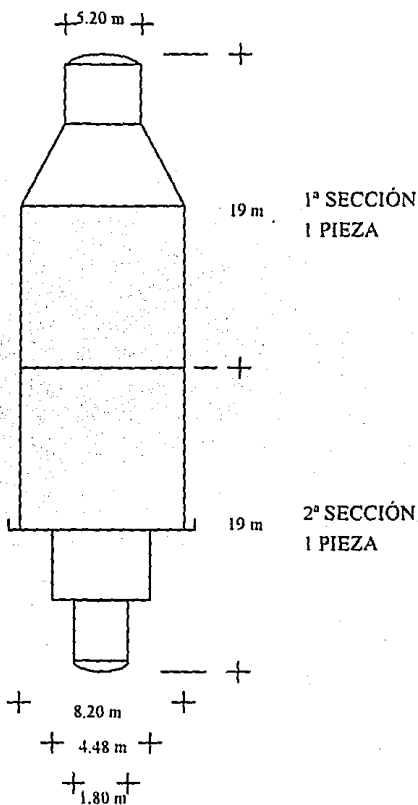
*Sección 2:*

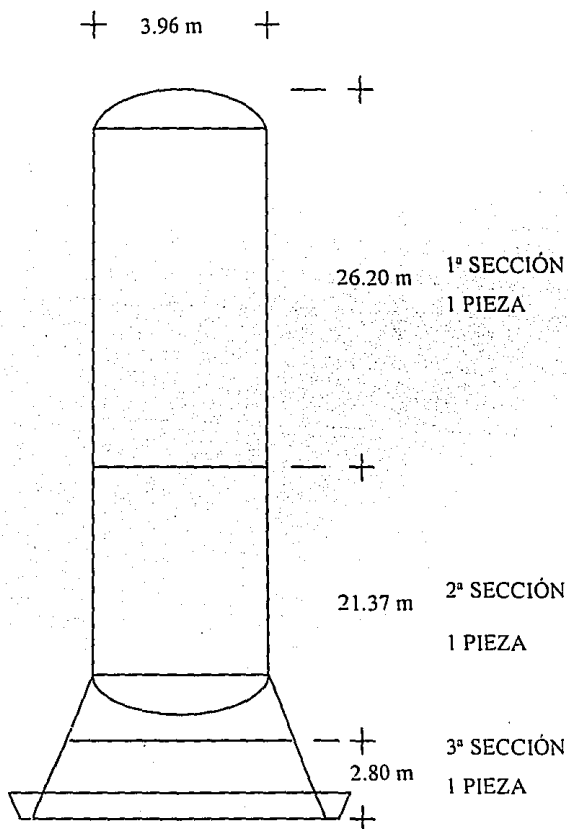
- Sus dimensiones son:
  - 3.96 m de diámetro.
  - 21.37 m de longitud.
- Su peso es de aproximadamente 99.80 ton.
- Se transportará en dos módulos de cinco vigas balanceadas, doce ejes de ruedas, 4.50 m de ancho y una capacidad de carga de 300 ton. Se usará un tractor de 200 ton para jalar.

*Sección 3:*

- Tiene la siguientes dimensiones:
  - 4.20 m de diámetro.
  - 2.80 m de longitud.
- Su peso aproximado es de 16.1 ton.
- Se moverá en un camión de 40 ton.

En los dibujos que se presentan a continuación, se podrán observar las dimensiones y formas de dos de estos equipos, además de las secciones en que están divididas.

**TORRE DE VACÍO DA-3505**

**TORRE DE FRACCIONAMIENTO DA-3501**



**REPORTE DE LAS CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS DE PUENTES  
Y ALCANTARILLAS DE LA RUTA VERACRUZ - TULA, HGO.**

En el recorrido del Puerto de Veracruz a Tula, se encontró con la necesidad de hacer diferentes modificaciones y reparaciones a puentes como a alcantarillas, para su buen funcionamiento estructural durante el paso de los equipos y sus transportes. A continuación se mencionan algunas características y requerimientos que se consideraron de importancia.

<b><u>Localización:</u></b>	<b><u>Estructura:</u></b>	<b><u>Requerimientos:</u></b>
1. Puente Río Medio. Km 239+300 Veracruz-Cardel.	Dos columnas de 15.50 m de altura. Longitud: 31 m. Ancho: 8 m. Losa de concreto reforzado con dos camas de acero.	Colocación de puntales inferiores.  Puente móvil de 120'.
2. Puente Río Grande. Km 236+400 Veracruz-Cardel.	Tres columnas de 15.50 m de altura. Longitud: 46.50 m. Ancho: 8.90 m. Losa de concreto reforzado.	Colocación de puntales inferiores. Habrá necesidad de reforzar la estructura. Existe un libramiento y hay la posibilidad de usarlo.
3. Puente San Julián. Km 233+200 Veracruz-Cardel.	Tres columnas de 12.2 m de altura. Ancho: 7.75 m. Losa de concreto reforzado.	Hay la posibilidad de usar un desvío.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
4. Puente La Antigua. Km 223+200 Veracruz-Cardel.	Cuatro secciones de 39 m de altura. Longitud: 156 m. Ancho: 9.3 m. Losa de concreto reforzado. Cuenta con cuatro varillas pretensadas.	Reforzar la estructura del puente. Hay la alternativa de cruzar el río por otro lado. Se pondrá una malla de refuerzo permanente o temporal, si es temporal, podrá ser reusada.
5. Puente Unamed. Veracruz-Cardel.	Una sección de 4 m de altura. Ancho: 7.45 m. Losa de concreto reforzado de 40 cm de espesor.	Apuntalamiento temporal en el centro. Refuerzo de la losa.  Puente móvil de 40'.
6. 1º Puente Peatonal. En Chichicaxtle. Cardel-Jalapa.	Altura libre: 6 m. Estructura metálica y columnas de concreto reforzado.	La estructura se levantará con una grúa cada vez que sea requerido.
7. Puente Plan del Río I. Cardel-Jalapa.	Tres arcos de mampostería. Longitud: 56.40 m. Ancho: 9.69 m. Los arcos tienen 5 m de radio y 1.6 m de elevación.	Hacer reparaciones menores a los arcos.  Se puede usar un desvío.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
8. Puente Plan del Río II. Cardel-Jalapa.	Un arco de mampostería. Longitud: 29.47 m. Ancho: 9.40 m. El radio del arco es de 8.80 m y una elevación de 1.60 m.	Reparaciones al arco. Un desvío es imposible.  Puente móvil de 120'.
9. 2º Puente Peatonal. Cardel-Jalapa.	Altura libre: 5.50 m.	Similar al inciso 6.
10. Puente Dos Ríos. Cardel-Jalapa.	Son dos puentes separados. Uno es de mampostería y el otro de concreto reforzado. Puente de Concreto: Longitud: 18.45 m. Ancho: 10 m. Puente de mampostería: Longitud: 18.30 m. Ancho: 10 m.	Apuntalamiento. Imposible tomar un desvío.  Puente móvil de 120'.
11. 3º Puente Peatonal. Cardel-Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
12.4º Puente Peatonal. Las Trancas. Cardel-Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
13.5º Puente Peatonal. Antes de la Torre Animas. Cardel-Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
14.6º Puente Peatonal. Junto a INMECAFE. Cardel-Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
15.7º Puente Peatonal. Cardel-Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
16.8º Puente Peatonal. Cardel-Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
17.9º Puente Peatonal. De Plaza Cristal. En Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
18.10° Puente Peatonal. Salida de Jalapa.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
19. Puente Unamed. Salida de Jalapa.	Longitud: 18.65 m. Ancho: 8.40 m. Soportado por un arco de mampostería de radio 3.63 m y 1 m de elevación.	Hacer reparaciones al arco. Apuntalar la parte central del arco.
20. Puente de Cruce de ferrocarril. Jalapa-Perote.	Puente formado por 10 vigas de acero de (20" * 26").	Puente móvil de 120'.
21.11° Puente Peatonal. Calle M. Ocampo. Jalapa-Perote.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
22.12° y 13° Puentes Peatonales. Jalapa-Perote.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
23. Puente El Venado. Jalapa-Perote.	Ancho libre: 9.70 m. Puente de un arco de mampostería, radio aproximado de 4.10 m y 1.38 m de elevación.	Hacer reparaciones al arco. Apuntalar el puente.  Puente Portable de 40'.
24. 14º Puente Peatonal. Jalapa-Perote.	Similar al inciso 9.	Similar al inciso 9.
25. 1ª Alcantarilla.	Claro: 2.50 m. Losa de concreto reforzado con 30 cm de espesor.	No se necesitará reforzar.
26. 2ª Alcantarilla.	Claro de 1.51 m. Arco de mampostería.	No se necesitará reforzar.
27. Puente Xonecuilita.	Claro de 11.83 m. Ancho: 9.60 m. Losa de concreto reforzado.	Apuntalar la estructura. Reforzarlo con acero. Puente móvil de 40'.
28. 3ª Alcantarilla.	Losa de concreto reforzado y base de mampostería.	No se necesitará reforzar.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
29. Puente Unamed.	Claro de 11 m. Losa de concreto reforzado.	Se podrá usar un libramiento.
30. Puente Unamed.	Claro de 5.90 m. Ancho: 10 m.	Puente móvil de 40'.
31. Puente Huamantla.	Puente de cuatro claros. Long. de cada claro: 5.80 m. Long. total: 23.2 m. Ancho: 10.48 m. Losa de concreto reforzado de 40 cm de espesor.	Apuntalamiento en los claros.  Puente móvil de 120'.
32.4 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Claro de 3.80 m. Ancho: 10.65 m. Losa de concreto reforzado de 30 cm de espesor.	Apuntalamiento dentro de la alcantarilla.
33. Puente Unamed.	Dos claros de 4.62 m de long. cada uno. Ancho: 10.65 m. Altura: 1.95 m. Losa de concreto reforzado de 30 cm de espesor.	Apuntalar la estructura.  Puente móvil de 40'.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
34. Puente Unnamed.	Tiene cuatro claros de 6.50, 6.10, 7.60 y 10.60 m de longitud. Altura: 1.95 m. Losas de 20 cm de espesor, con 13 vigas de acero de 16" * 81/6" y 1" de espesor.	Apuntalar la estructura.  Puente móvil de 120'.
35. Puente Unnamed.	Cuenta con cuatro claros de 3.83, 4.15, 4.10 y 3.75 m de longitud. Ancho: 10.60 m. Altura: 1.90 m. Espesor de losa: 35 cm, soportada por columnas de mampostería.	Apuntalamiento de la losa.  Puente móvil de 120'.
36. Puente Unnamed.	Tiene cuatro claros de 4.30, 4.70, 4.60 y 4.65 m de longitud. Ancho: 11 m. Altura: 1.70 m. Espesor de losa: 28 cm.	Apuntalamiento de la losa.  Puente móvil de 120'.
37. Puente Unnamed.	Similar al puente anterior.	Apuntalamiento de la losa.  Puente móvil de 120'.



<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
38. Puente Unnamed.	Tiene dos claros. Altura: 3.55 m.	Apuntalamiento de la losa. Puente móvil de 40'.
39. Puente Unnamed.	Tiene tres claros de 4.80, 5.25 y 4.85 m de longitud.	Apuntalamiento de la losa. Puente móvil de 120'.
40.5 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Claro de 1.50 m.	Sin problema estructural.
41. Puente Unnamed.	Claro de 4 m. Altura: 1.45 m. Losas de concreto reforzado de 30 cm de espesor.	Apuntalamiento de la estructura.  Puente móvil de 40'.
42. Puente Unnamed.	Consta de dos claros de 4.65 y 4.20 m de longitud. Altura: 2.05 m.	Similar al inciso 38.
43. Puente Unnamed.	Un claro de 4.20 m de longitud. Altura: 2.05 m.	Similar al inciso 41.
44. Puente Unnamed.	Dos claros de 3.47 y 3.55 m de longitud. Altura: 2.60 m.	Similar al inciso 38.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
45. Puente Unamed.	Dos claros de 5.78 y 5.55 m de longitud. Altura: 3.35 m. Ancho: 10.7 m. Losa de concreto reforzado y pilas de mampostería.	Apuntalamiento de la estructura.  Puente móvil de 120'.
46.6 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Claro de 3.03 m. Altura: 1 m. Losa de 25 cm de espesor.	Puente móvil de 40'.
47.7 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Claro de 2.15 m. Altura: 1.10 m.	Sin problema estructural.
48. Puente Acocotla. Cruce elevado de ferrocarril.	Altura: 6.75 m. Ancho: 9.68 m.	Sin problema estructural.
49.8 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Losa de 30 cm de espesor.	Previa inspección visual. Puente móvil de 40'.
50.9 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Arco de mampostería.	No habrá necesidad de reforzar.
51.10 <sup>a</sup> Alcantarilla.	Losa de 18 cm de espesor.	No habrá necesidad de reforzar.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
52. Puente Unamed. En Apizaco.	Longitud: 17.51 m. Altura: 5.63 m. Ancho: 10.37 m. Losas de 20 cm de espesor apoyada en 16 vigas de acero de 12.5" * 4".	Puente móvil de 120'.
53. De la 11ª a la 13ª Alcantarillas.		Sin problemas estructurales.
54. Puente San Benito.	Tres claros de 8.97, 8.81 y 8.82 m de longitud. Ancho: 10.63 m.	Puente móvil de 120'.
55. Puente Unamed. Salida de Apizaco.	Puente de dos arcos de 3.65 m de radio. Altura: 4 m. Ancho: 8.13 m.	Cada claro se reforzará con tres vigas de concreto reforzado.
56. 14ª Alcantarilla.		Sin problema estructural.
57. 15º y 16º Puentes Peatonales.		Sin problemas.
58. 18ª Alcantarilla.		Sin problema estructural.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
59.17º Puente Peatonal.		Sin problemas.
60.18º Puente Peatonal.		Será construído un libramiento.
61.19º Puente Peatonal.		Sin problemas.
62. De la 19ª a la 34ª Alcantarillas.		No tienen problemas estructurales.
63. Puente Unamed. Cd. Sahagún.	Dos claros de 9.70 y 9.77 m de longitud. Ancho: 17.40 m. Altura: 7.45 m. Puente soportado por 6 vigas de acero. Losa de concreto reforzado.	Puente móvil de 120'.
64. De la 35ª a la 58ª Alcantarillas.		No tienen problemas estructurales.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
65. Puente Las Bombas.	Dos claros de 10.10 y 10.70 m de longitud. Ancho: 9.90 m. Altura: 4.50 m. Compuesto de 7 vigas prefabricadas. Tiene una pila.	No tiene problema estructural.
66. De la 59ª a la 86ª Alcantarillas.		Sin problemas estructurales.
67. Puente Unamed. En Tlaxcoapan.	Un claro de 9.30 m. Ancho: 8.75 m. Losa de 80 cm de espesor.	Puente móvil de 40'.
68. De la 87ª a la 95ª Alcantarillas.		Sin problemas estructurales.
69. Puente Unamed. Atitlaquia- Tlaxcoapan.	Un claro de 7.60 m. Ancho: 7.45 m. Losa de concreto reforzado de 50 cm de espesor.	Puente móvil de 40'.

<u>Localización:</u>	<u>Estructura:</u>	<u>Requerimientos:</u>
70. Puente Atitalaquia.	Cuatro claros. Long. total:33.5 m. Ancho: 8.30 m. Altura mín.:2.60 m. Está formado por 5 vigas de concreto reforzado de 30 * 45 cm, que cargan a la losa de 20 cm de espesor.	Puente móvil de 120'.
71.96 <sup>a</sup> Alcantarilla.		Sin problema estructural.
72. Puente Unamed.	Un claro de 6.85. Ancho: 6.65 m. Altura: 7 m.	Puente móvil de 40'.
73.97 <sup>a</sup> Alcantarilla.		Sin problema estructural.
74. Cruce de Ferrocarril. Fenoquimia.	Longitud: 10 m. Ancho: 37 m.	Se usará un libramiento.
75. Puente de Tula.	Ancho: 7.50 m.	Sin problema estructural.

## **CAPÍTULO III**

### **PROCESO CONSTRUCTIVO**

**INSTALACIONES TEMPORALES**

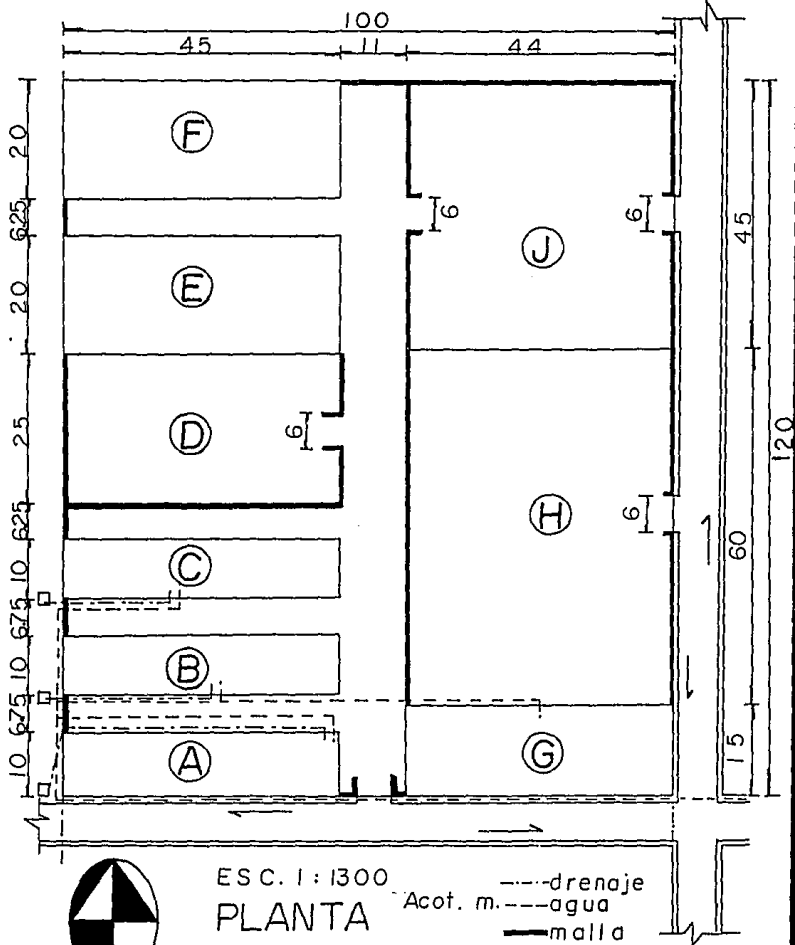
Se instaló un campamento para que sirva durante el período de construcción del Complejo HDR como oficinas de las compañías involucradas, así como para talleres, sanitarios y almacenes.

En la siguiente hoja se ilustra la distribución de estas instalaciones. A continuación se mencionan sus usos:

- A Oficinas Técnicas.
- B Oficinas Administrativas.
- C Oficinas Técnica-Administrativas.
- D Área de materiales y equipo a cielo abierto.
- E Almacén de Materiales.
- F Almacén de Equipo.
- G Taller Mecánico y de Mantenimiento.
- H Área de Prefabricación.
- J Área para Equipo a cielo abierto.



# INSTALACIONES TEMPORALES



ESC. 1:1300  
PLANTA

--- drenaje  
-.-.- agua  
— malla

**CONDICIONES DEL SITIO:**

Para conocer más sobre las condiciones en el sitio de construcción del Complejo HDR se realizarán estudios que se apoyarán en normas mexicanas:

- Estudios de los parámetros de la interacción suelo-estructura.
- Se usará el Factor Sísmico obtenido de la publicación "Riesgo Sísmico y Espectros de Diseño en la República Mexicana", por el Dr. Luis Esteva M., y el Dr. Mario Ordaz del Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- Se considera una capacidad del suelo de  $15 \text{ ton/m}^2$ , esto deberá ser verificado con los estudios de mecánica de suelos.
- Serán colocados cuatro bancos de nivel para conocer los hundimientos y expansiones reales durante la construcción.

**TRABAJO CIVIL.**

Habrá una pavimentación por casi la totalidad de la Planta que consta de  $51,000 \text{ m}^2$ , que contará con una pendiente no mayor del 1 %; en algunos casos se usará sólo grava y en la mayor parte del área se usará concreto con una  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ ; a continuación se menciona el uso de diversos espacios, el tipo de pavimentación y su respectiva pendiente.

<b>USO DEL ÁREA:</b>	<b>MATERIAL DE PAV.:</b>	<b>PEND.:</b>
Áreas generales.	Grava.	1 %
Procesos internos.	Concreto.	1 %
Estructuras menores.	Concreto.	1 %
Tuberías menores.	Concreto.	1 %
Área de bombas.	Concreto.	1 %
Áreas libres.	Concreto.	1 %
Rodamientos.	Concreto.	1 %

---

***ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO.***

Las siguientes pruebas y trabajos serán ejecutados para determinar la estratigrafía del sitio:

1. Diez pruebas mixtas a 25 metros de profundidad, extrayendo muestras alteradas y no alteradas con el Tubo Shelby.
2. En suelos compactos no se permitirá el uso del Tubo Shelby, sino que se usará el Barril de Denison.
3. Si son depósitos de roca, se usarán los barriles NXL, con puntas de diamante o Tungsteno y a una profundidad mínima de 3 m.
4. Se realizarán 8 pozos a cielo abierto de 3 m de profundidad y otros 7 de 1.5 m de profundidad.

***TRABAJOS DE LABORATORIO.***

Se montará un laboratorio donde se hagan los ensayos necesarios para determinar índices y propiedades mecánicas del suelo, así como de establecer las características y las reacciones transmitidas por las estructuras al mismo.

Se harán pruebas para determinar:

- Contenido de agua.
- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- Peso volumétrico.
- Densidad de sólidos.
- Resistencia al corte y a la compresión.

Las propiedades mecánicas serán obtenidas mediante los siguientes ensayos:

- Determinación de la resistencia por compresión simple.
- Obtención de la resistencia por medio de la prueba triaxial consolidada.
- Determinación de la deformación unitaria por la prueba triaxial.
- Obtención de la consolidación unidimensional.
- El módulo de corte dinámico por el péndulo de torsión.
- El valor relativo de soporte estándar.

PRUEBAS QUE SE REALIZARÁN A BANCOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN PARA CONOCER SU:

- Contenido de agua natural.
- Granulometría.
- Porcentaje de finos.
- Límite líquido y plástico e índice plástico.
- Contracción lineal.
- Máximo peso volumétrico seco.
- Valor relativo de soporte.
- Arena equivalente.
- Valor cementante.
- Densidad y absorción.
- Abrasión utilizando la prueba de Los Ángeles.
- Desgaste.

- Índice de laminación.
- Afinidad a asfaltos.
- Designación de mixtura de asfalto con el Método Marshall.

Se realizará un análisis con la información obtenida de las pruebas y ensayos ejecutados en el sitio y en el laboratorio de la estratigrafía del sitio, estudiando las propiedades de los diferentes estratos y externar requerimientos del terreno existente, las medidas requeridas, la presión admisible de contacto, la profundidad del subsuelo, el hundimiento que deberá ser compatible con las estructuras; el procedimiento general del control del nivel freático si es necesario, y el procedimiento de construcción general de cimientos, la posibilidad de usar materiales encontrados en la zona para la construcción del pavimento; la calidad de los bancos de material; la designación de espesores de pavimentos y procedimientos generales de construcción.

### **EDIFICIOS.**

Se construirán tres edificios para oficinas, albergue de personal, almacenes, resguardar equipos, etc., como a continuación se verá.

#### **EDIFICIO SATÉLITE:**

- Este edificio es la interface entre la planta y el edificio de control principal.
- DESCRIPCIÓN: Será de una planta, con una área construida de  $945 \text{ m}^2$ . Sus dimensiones son:

Largo:	35	m.
Ancho:	27	m.
Altura:	5.41	m.

- El nivel del piso será de aproximadamente 50 cm arriba del nivel de la acera.
- En la siguiente tabla se mencionan las divisiones y su área ocupada dentro del edificio con sus áreas respectivas:

<u>USO:</u>	<u>ÁREA [M<sup>2</sup>]:</u>
Salón de computadoras.	47
Cuarto de equipo eléctrico.	49
Gabinete de interface.	7.7
Salón de control central.	529
Cuarto de operadores.	63
Oficina de supervisores.	18
Sanitarios.	17
Área de casilleros.	18
Acceso.	31
Equipo de aire acondicionado.	96

- La estructura será erigida con concreto colado en sitio.

#### **EDIFICIO DEL MOTOR PRINCIPAL:**

- Su finalidad es la protección del motor principal.
- Contará con dos niveles y sus dimensiones serán:

Largo:	50	m
Ancho:	14	m
Altura:	5.15	m

- La estructura principal (columnas, vigas y losas) serán de concreto reforzado y con paredes de mampostería (ladrillo).
- Tendrá un sistema de ventilación especial.

**EDIFICIO PARA EL MANEJO DE CATALIZADORES:**

- Su objetivo es para poder realizar el manejo de catalizadores.
- Es de un nivel y sus dimensiones son:

Largo:	20	m
Ancho:	11	m
Altura:	5.3	m

- Su estructura principal será de concreto reforzado.
- Contará con una instalación de aire acondicionado.

**TRABAJOS PARA LA CIMENTACIÓN DE LOS REACTORES.****MÉTODO CONSTRUCTIVO:**

Las actividades que se realizarán para los trabajos de cimentación incluyen:

**1. TRAZO Y NIVELACIÓN:**

Esta actividad incluye la localización de las coordenadas de la cimentación, definir niveles de excavación, y finalmente, definir los niveles de concreto para montar las estructuras.

**2. EXCAVACIÓN:**

En este concepto se incluye la excavación al nivel de desplante del cimiento y acarreo del material extraído.

Los trabajos de excavación para los cimientos de los reactores 3101 y 3102 serán realizados simultáneamente. La excavación para la cimentación de los reactores 3201 y 3202 serán realizados después de haber terminado con los primeros.

Debido a las características del suelo, los trabajos serán realizados con un tractor oruga D-6 y un CAT-235 (trench hoe).

Los últimos 15 cm de excavación se realizarán manualmente para evitar dañar la resistencia del subsuelo. Una vez terminado lo anterior, se usará un rodillo para la nivelación y compactación del terreno.

**3. BASE:**

En esta etapa se procede con la preparación y colocación de concreto con una  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  al nivel del terreno, su espesor será de 5 cm.

**4. REFUERZO DE ACERO:**

Esta actividad comprende el transporte al lugar de trabajo del acero, preparación del refuerzo de acuerdo a los planos y especificaciones del proyecto; finalmente, montando según la posición indicada.



El refuerzo de acero será montado con el mismo personal que armará y fijará el acero para la cimentación de todos los reactores.

#### **5. CIMBRADO:**

Consiste en preparar la madera, transportarla al sitio de trabajo, engrasarla, hacer los moldes, colocarlos en las posiciones especificadas en el proyecto y removiendo para otro uso o almacenamiento.

#### **6. CONCRETO:**

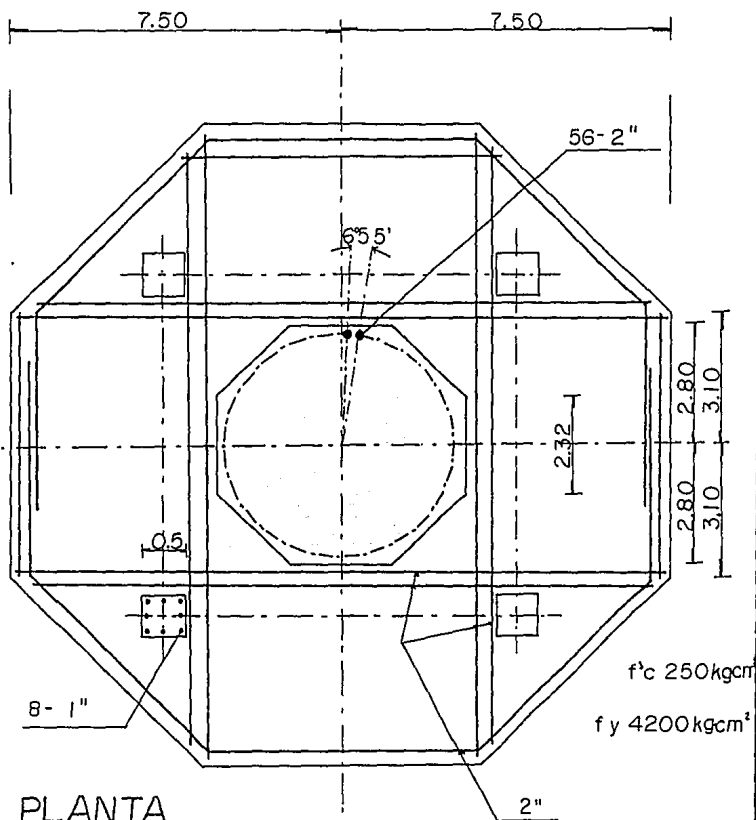
Incluye la preparación del concreto con los factores de resistencia pedidos, colocarlo en las cimbras y curarlo. Aquí entra la transportación de los materiales de los bancos designados.

Habrà en esta etapa un mínimo de tres mezcladoras provistas cada una con el equipo necesario.

#### **MAQUINARIA Y EQUIPO NECESARIO PARA LA CIMENTACIÓN DE LOS REACTORES:**

- Un Trench Hoe CAT-235.
- Un tractor Modelo CAT-D-6.
- Un rodillo DYNAPAC 2100.
- Tres mezcladoras de concreto.
- Tres Dump Truck.
- Tres vibradores eléctricos para concreto.
- Una planta transportable de energía eléctrica de 75 KW.

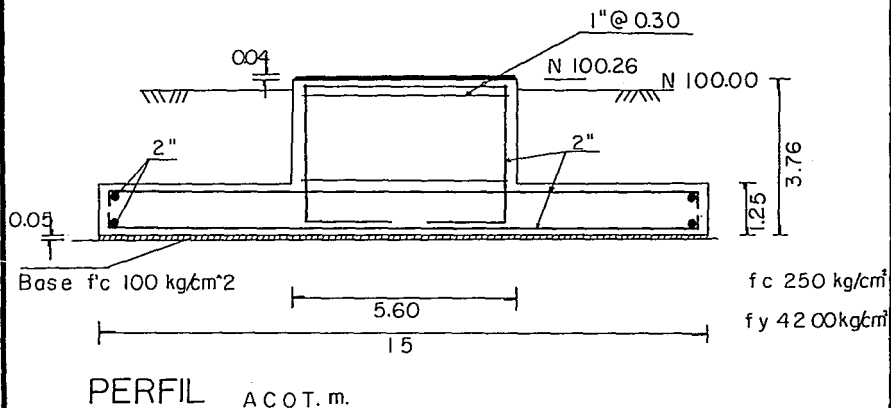
# CIMENTACION DE LOS REACTORES



PLANTA

ACOT. m.

# CIMENTACION DE LOS REACTORES



### PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CIMENTACIÓN DE LOS REACTORES:

ACTIVIDAD:	1ª SEM	2ª SEM	3ª SEM	4ª SEM	5ª SEM	6ª SEM
TRAZO Y NIV.	■					
EXCAVACIÓN.		■				
BASE.		■				
REFUERZO.			■			
CIMBRA.			■			
CONCRETO.				■		
CARGA.					■	
LIMPIEZA.						■

En la tabla siguiente se muestran los conceptos EJE, es decir, aquéllos que ocupan el 80 % en volumen y costo del total de la obra.

CONCEPTO:	UNIDAD:	VOLUMEN:
<b>1. Tuberías:</b>		
Acero inoxidable.	TON	1,375
Baja aleación.	TON	600
Alto contenido carbón.	TON	6,430
<b>2. Cables Eléctricos:</b>		
Alto voltaje.	M	63,000
Voltaje medio.	M	94,000
Bajo voltaje.	M	282,000
<b>3. Civil:</b>		
Concreto.	M <sup>3</sup>	21,000
<b>4. Estructura:</b>		
De acero.	TON	2,851
<b>5. Aislantes:</b>		
Para tuberías.	M <sup>2</sup>	141,000
Para equipo.	M <sup>2</sup>	31,000
<b>6. Pintura:</b>		
Para tuberías.	M <sup>2</sup>	56,000
Para equipo.	M <sup>2</sup>	53,000

**DISPOSICIONES PARA EL SISTEMA DE DRENAJE:****ESCURRIMIENTO PARA ACEITE:**

El aceite proveniente de equipos y tuberías se enviará por un oleoducto al tanque FA-3907 y bombeado para afuera de la Planta por medio de la bomba GA-3907.

**DRENAJE CERRADO PARA AGUA ACEITOSA:**

El agua proveniente del lavado de equipos, contiene tóxicos y compuestos inflamables, será acumulada en el tanque FA-3906.

**DRENAJE ABIERTO PARA AGUA ACEITOSA:**

El agua que sea usada en la limpieza de equipos y que no contenga tóxicos y sustancias inflamables será dirigida al oleoducto del sistema de drenaje.

En las unidades de proceso e instalaciones auxiliares, el agua aceitosa será recogida en pequeños canales sobre el piso localizados cerca del equipo principal o en distancias no mayores a 50 m.

Los fluidos recolectados serán enviados al colector principal localizado al norte del complejo.

## **PLAN DE PREFABRICACIÓN**

Durante la etapa de construcción del Complejo HDR, se desarrollarán múltiples trabajos de prefabricación, es decir, actividades que consistirán en soldar o unir secciones para formar las diferentes estructuras y equipos (como los reactores), que posteriormente se trasladarán a su posición final, y esto requiere de grandes espacios de almacenamiento que no interfieran con las operaciones que se realizarán en el lugar de la construcción y montaje.

Los equipos del proyecto tienen las siguientes consideraciones:

1. Equipo tal como torres, filtros, bombas de capacidad normal, compresores y tanques serán fabricados en México.
2. Boilers de calentamiento, torres de fraccionamiento y bombas de capacidad inusual, serán manufacturados en el extranjero.
3. Las tuberías y estructuras prefabricadas serán hechas por compañías nacionales subcontratadas.

Dos lugares para los trabajos de prefabricación serán establecidos; el primero será en el lugar de construcción del Complejo HDR, para ensamble de equipos ligeros y tuberías de diámetros pequeños; el otro sitio de trabajo será en las instalaciones de la Industria del Hierro en Querétaro, a 150 km de la Refinería, donde se ensamblará equipo pesado y tuberías de diámetros grandes, en este último, se requerirán grandes espacios de almacenamiento.

## **PLAN DE MONTAJE DE LOS REACTORES:**

El montaje de los reactores se desarrollará como sigue:

### **1. Plataforma de Trabajo:**

Una plataforma de trabajo será construída en el área de ensamble, utilizada como una superficie de rodamiento y de maniobras de montaje.

La compactación del suelo en la plataforma de trabajo será del 100%, para dar seguridad en el tráfico y en las maniobras, considerando la combinación del peso de los reactores y del equipo de transporte.

La elevación de esta plataforma será de 30 cm por abajo de la elevación del suelo natural de la planta, para permitir una adecuada instalación del equipo rodante, utilizado para transportar cada reactor de su área de ensamble a su posición final.

### **2. *Transportación del Reactor ya Ensamblado:***

Después de la prueba hidrostática hecha al reactor y antes de la instalación del equipo de levantamiento, el reactor deberá ser preparado para ser transportado del lugar de ensamble a su posición final.

### **Colocación del Reactor Ensamblado en Plataformas Rodantes:**

El reactor ensamblado se colocará en una plataforma rodante motorizada, por medio de un sistema de gatos hidráulicos. Estas plataformas llevarán cada reactor a su posición final.

### **3. *Instalación del Equipo de Levantamiento:***

Una vez que está lista la plataforma de trabajo, se procede con la instalación del equipo de levantamiento de los reactores como a continuación se menciona:

La propia estructura del reactor será utilizada para soportar al equipo de levantamiento. Los pesos combinados del reactor y del equipo de levantamiento hace necesario designar e instalar una estructura adicional y temporal para reforzar la estructura de la plataforma de operaciones del reactor.

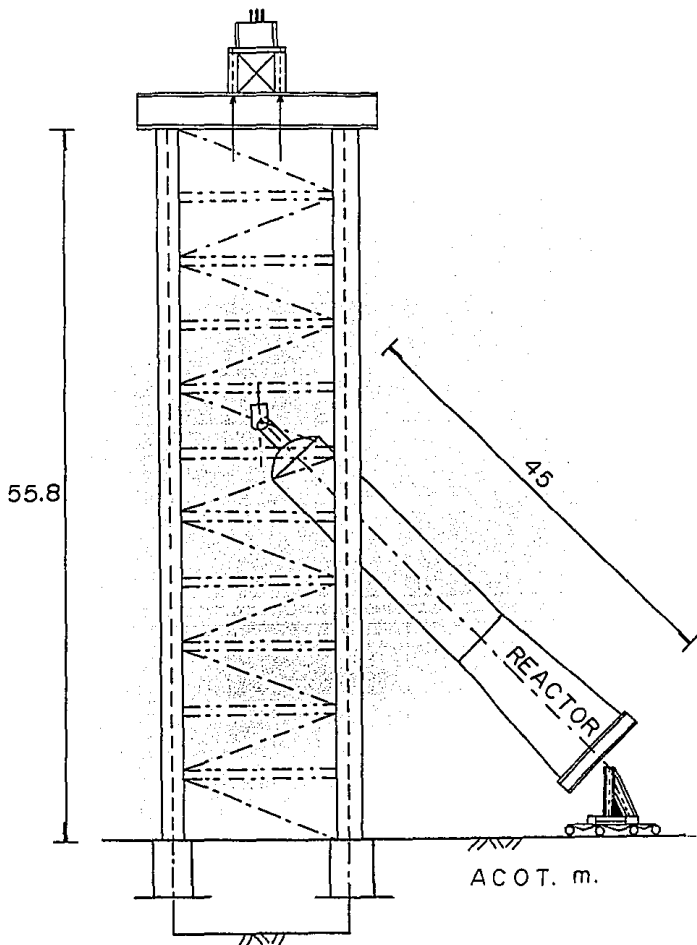
Finalmente la estructura del reactor será instalada en sus cimentaciones correspondientes y después se realizará un apropiado alineamiento y nivelación del reactor también por medio del equipo de levantamiento.

### **4. *El Equipo de Levantamiento:***

El equipo de levantamiento puede levantar unas 1,500 ton, tiene una estructura de acero, soportada por un marco hecho de dos vigas principales de 3.14 \* 9 m. Este equipo será probado antes de cada operación.

El equipo de levantamiento y la estructura de refuerzo temporal serán usadas para el montaje de los cuatro reactores.

# MONTAJE DE UN REACTOR





**5. Trabajos Finales:**

La estructura de refuerzo temporal y el equipo de levantamiento serán movidos después del primer montaje, y utilizados con los siguientes tres reactores según lo estipula el programa.

**SECUENCIA DE MONTAJE:**

La secuencia de montaje de los cuatro reactores será el siguiente:

1° DC-3202.

2° DC-3201.

3° DC-3102.

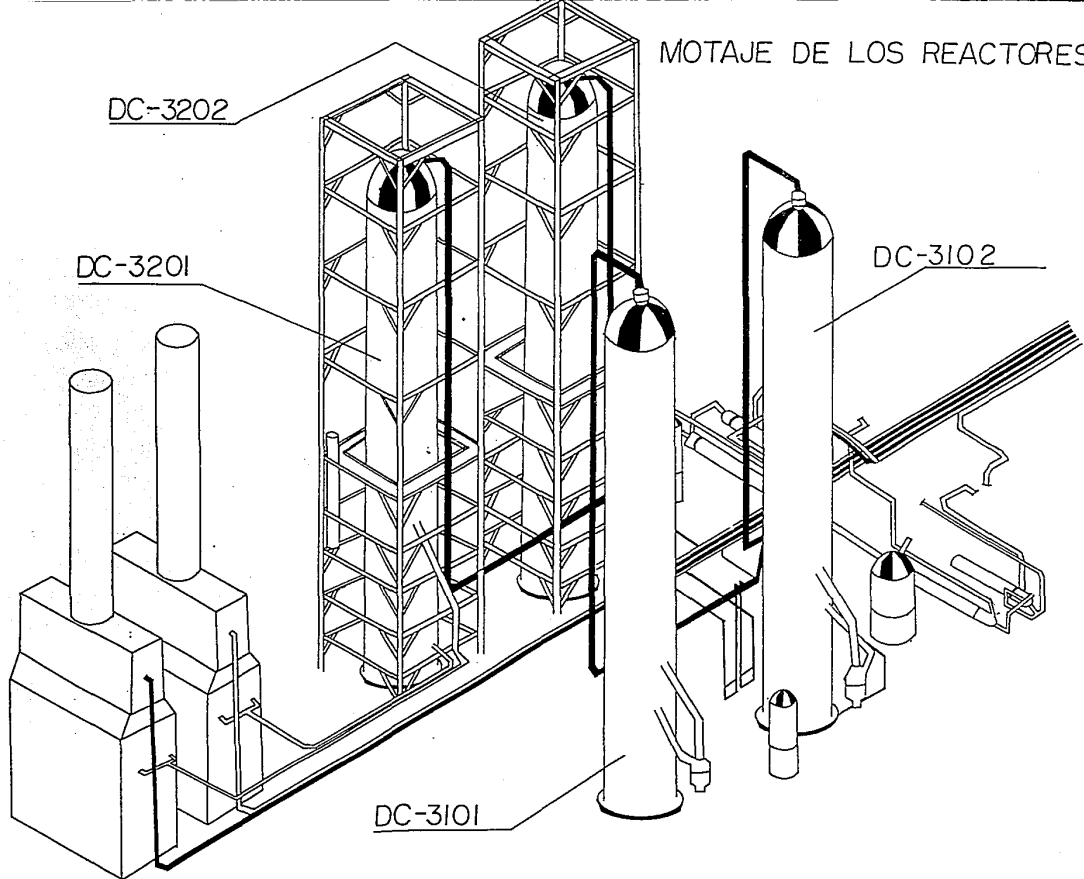
4° DC-3101.

**EQUIPO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE:**

El equipo utilizado para la fabricación y montaje de los reactores es el siguiente:

- 1 marco de acero para soporte.
- 1 sistema de levantamiento de 1,500 ton de capacidad.
- 2 plataformas motorizadas de 800 ton de capacidad cada una.
- 1 marco con sistema de levantamiento hidráulico de 150 ton de capacidad.
- 4 marcos con sistema de levantamiento hidráulico de 500 ton de capacidad cada uno.

# MOTAJE DE LOS REACTORES



DC-3202

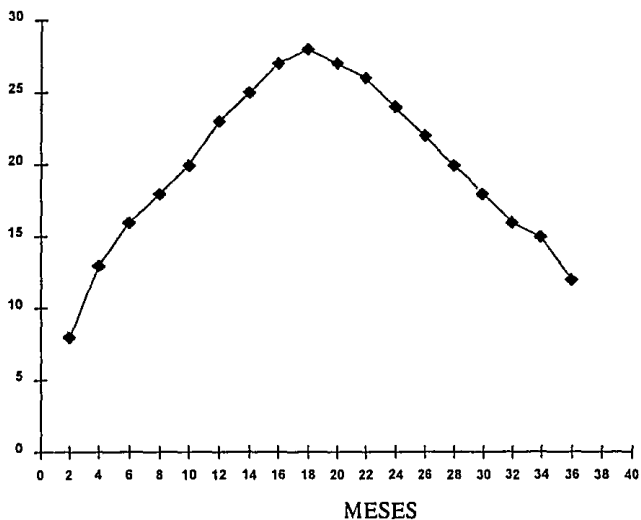
DC-3201

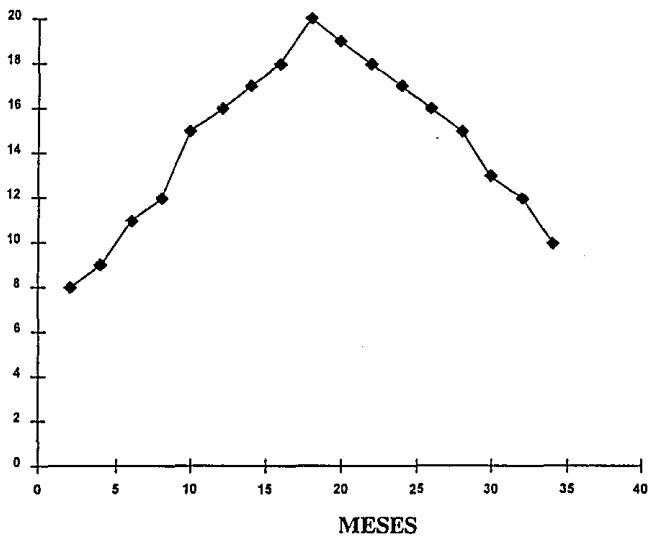
DC-3102

DC-3101

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DURANTE EL PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN.

WATTS (Miles)



CONSUMO DE AGUA DURANTE EL PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN.M<sup>3</sup> (Miles)

**TRABAJOS DE UNIÓN DEL COMPLEJO HDR CON LA REFINERÍA  
MIGUEL HIDALGO.**

Los trabajos de unión de tuberías en los límites del Complejo HDR y la Refinería Miguel Hidalgo, se darán como a continuación se indica:

1. El Contratista dará al Dueño (PEMEX), una lista de puntos de interconexión. La siguiente información tendrá que ser incluida:
  - El número de interconexiones que se realizarán entre el Complejo HDR y la existente Refinería.
  - El número de línea de unión, indicando el tamaño y la especificación.
  - El tipo de tubería y el diagrama de instrumentación de la línea que será interconectada.
2. La lista de puntos de interconexión, incluirán un programa de unión.
3. El programa de unión indicará a PEMEX los trabajos requeridos que tendrán que hacer para cada punto en particular, así como las fechas de inicio y terminación de los mismos.
4. Las fechas de inicio se darán a PEMEX en orden al programa.
5. Los trabajos de construcción de las interconexiones se realizarán dentro del tiempo programado, para asegurar el servicio de las líneas de la Refinería.
6. Al final de estos trabajos de construcción, se realizarán pruebas según las especificaciones para cada uno de los puntos de unión.

Son 35 los principales puntos de interconexión que se ejecutarán entre el Complejo HDR y la Refinería Miguel Hidalgo.

Estas tuberías que se unirán conducirán principalmente agua, aceite combustible, Hidrógeno, gas natural y Nitrógeno.

### **PRUEBAS QUE SE REALIZARÁN AL EQUIPO DE LA PLANTA.**

Se ejecutarán los procedimientos siguientes:

- Procedimientos de pruebas de presión en tuberías y equipos.
- Procedimientos de limpieza en tuberías y equipos.

#### **1. Procedimientos de Pruebas de Presión en Tuberías y Equipos:**

Pruebas de presión en tuberías y algunos equipos después de su instalación, serán requeridas para asegurarse que la resistencia de los materiales que los componen cumplan con las normas y especificaciones. La prueba que más se realiza es la *hidrostática*, es decir, llenar completamente el sistema con agua, asegurándose que todo el aire sea excluido, e incrementar la presión durante un período de tiempo. Esta prueba se realizará en las tuberías en el curso de su montaje y antes de su aislamiento o pintura.

La *prueba neumática* se realizará en algunos sistemas, ya que se maneja una presión menor debido al incremento de peligro o de algún daño de personal o equipo. Se realiza donde:

- Agua u otros líquidos no se puedan usar en procesos o condiciones especiales.
- Sea impráctico soportar el peso extra de un líquido.
- Sistemas donde baja presión sea usada.

## 2. Limpieza en tuberías y equipos:

Los conductos y equipos serán limpiados para eliminar escorias de soldadura, polvo de abrasivos, óxidos y en general otras sustancias que puedan impedir la operación normal o dañen al equipo (válvulas, bombas, compresores, turbinas, etc.).

Los procedimientos para limpiar pueden ser: lanzando aire o agua a grandes presiones, o por algún método químico.

Al igual se limpiarán los componentes de las estructuras como columnas, vigas, tanques de acero, antes de pintarlas o recubrirlas con algún tipo de aislante.

---

## PROCEDIMIENTOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.

Se llevarán a cabo dos procedimientos para la higiene y seguridad de los trabajadores durante la construcción del Complejo HDR.

### *Procedimiento A: Planeación y Control de Higiene y Servicios Médicos:*

El propósito de este procedimiento es establecer un plan y un control de la higiene y de los servicios médicos durante la etapa de construcción del Complejo HDR. Se contará con:

- Higiene: Limpieza diaria de todas las áreas de trabajo.
- Seguridad: prevenir accidentes por fuego durante maniobras de trabajo.
- Servicios Médicos: instalaciones donde se de atención al personal en condiciones de higiene adecuadas.

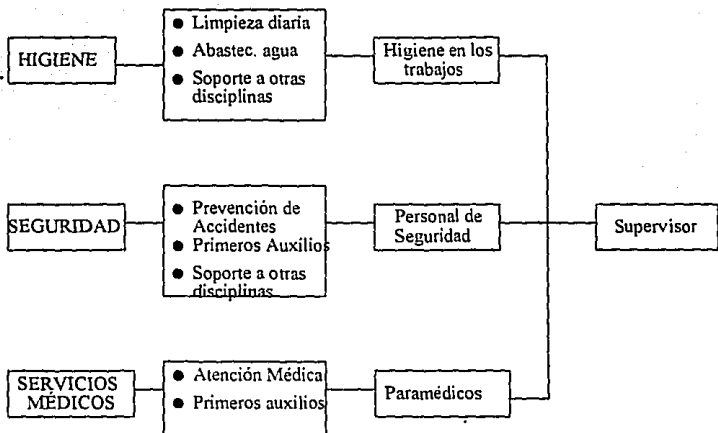
### *Procedimiento B: Seguridad y Vigilancia:*

El propósito de este procedimiento es el de establecer una seguridad y vigilancia policiaca y ciertas regulaciones que tendrán que ser cumplidas durante la construcción del Complejo HDR.

El Director de Construcción es el responsable para la implementación de este procedimiento.



En la siguiente figura se muestran las partes que forman el cuidado de la higiene, seguridad y servicios médicos:



A continuación se ilustra un tipo de reporte de inspección que se manejará en los recorridos del personal de seguridad por el Complejo:

INSPECCIONES						
DIA	AREAS					
	1	2	3	4	5	6
LUNES	X	X	X	X	X	X
MARTES	X	X	X	X	X	X
MIÉRCOLES	X	X	X	X	X	X
JUEVES	X	X	X	X	X	X
VIERNES	X	X	X	X	X	X
SÁBADO	X	X	X	X	X	X

NOTAS:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



- 1.- LIMPIEZA.
- 2.- SEÑALES DE PROTECCIÓN.
- 3.- EXTINGUIDORES.
- 4.- SEGURIDAD.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROGRAMA Y PRESUPUESTO**

## PROGRAMACIÓN

### PROGRAMA MAESTRO DEL PROYECTO.

El Programa Maestro identifica la duración de todas las fases principales del Proyecto, desde el inicio hasta finalizar la ejecución de los trabajos.

En concordancia con los requerimientos de PEMEX, las suposiciones principales que definen al Programa Maestro es el del inicio inmediato en la fecha efectiva, de la designación mecánica y de la adquisición de equipo para el proyecto.

Las condiciones para llevar a cabo los objetivos del Programa Maestro son:

- Todas las órdenes de adquisición serán realizadas dentro del primer mes de la fecha efectiva. Para los cuatro reactores, deberá realizarse dentro del primer mes, para asegurarse que el montaje sea completo a los 25 meses de iniciado el Proyecto.
- La adquisición del equipo, se cubrirá en aproximadamente un 50% de la lista total, antes de los primeros cuatro meses.
- El primer volumen de tubería se deberá adquirir antes de los primeros tres meses y tendrá que ser suficiente para poder iniciar su instalación.
- El sitio de construcción estará listo en los primeros cuatro meses.
- Los trabajos de cimentación se finalizarán en el séptimo mes y las actividades subterráneas se concluirán en el octavo mes.

A continuación se presenta una lista con algunas de las actividades principales y el mes en que deberá estar terminada.

<u>Actividad:</u>	<u>Mes:</u>
Fecha de inicio	0
Adquisición de los reactores	1°
1ª Adquisición de tubería	3°
1º Volumen de tubería	3°
Lugar listo para construcción	4°
Adquisición de equipo	1°
Trabajos subterráneos	7°
Adquisic. del equipo principal	5°
Cimentaciones	6°
Montaje de equipo	13°
2º Volumen de tubería	13°
Tubería prefabricada	14°
Instalación de la tubería	11°
95% de la Ing. de detalle	18°
Instalación eléctrica	18°
Montaje de reactores	25°
1ª Unidad mecánica	34°
Todas las unidades mecánicas	36°

# PROGRAMA MAESTRO DEL PROYECTO

ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FECHA EFECTIVA DE INICIO												
	<b>INGENIERÍA</b>											
INICIO DE INGENIERÍA												
PREPARACIÓN DE EQUIPO												
PLAN DE INGENIERÍA												
DESIGNACIÓN MEC. Y E.C. INSTRUM.												
PRIMEROS METROS DE TUBERÍAS												
PLAN PARA TUBERÍAS												
MODELO DE TUBERÍAS												
ÚLTIMOS METROS DE TUBERÍAS												
TRABAJOS SUBTERRÁNEOS												
TRABAJO CIVIL Y ESTRUCTURAL												
PLANOS												
	<b>ADQUISICIÓN</b>											
ADQUISICIÓN DE EQUIPO INICIAL												
ENTREGA DE EQUIPO INICIAL												
ADQUISICIÓN TOTAL DEL EQUIPO												
ENTREGA TOTAL DEL EQUIPO												
ADQUISICIÓN DE TUBERÍA												
ENTREGA DE LA TUBERÍA												
	<b>CONSTRUCCIÓN</b>											
PREPARACIÓN DEL SITO												
INSTALACIONES TEMPORALES												
INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS												
CIMENTACIONES												
MONTAJE DE EQUIPO												
MONTAJE DE TUBERÍAS												
INSTALACIÓN ELÉCTRICA E INSTRUM.												
FINALIZACIÓN												
	<b>INSPECCIÓN</b>											
INSPECCIÓN Y PRUEBAS												



## PROGRAMA ENCADENADO

El Programa Encadenado del Proyecto fue desarrollado por medio del uso del método CPM en orden a:

- Confirmar la viabilidad de los 36 meses de duración.
- Identificar la ruta crítica.
- Comprobar la flexibilidad del programa.

Las principales actividades de la ruta crítica son:

1. Designación de tuberías.
2. Adquisición de tuberías.
3. Prefabricación de tuberías.
4. Montaje de tuberías.

Los cuatro reactores serán ensamblados y soldados en áreas dedicadas sólo a esos trabajos. El área dedicada para el ensamblado, localizada al Norte de la posición final de los reactores, será usada para dos de ellos (DC 3201/3202 primero y DC 3101/3102 posteriormente). Este espacio será designado con estructuras permanentes y las cimentaciones necesarias para el ensamblado.

Un período de 15 meses será suficiente para completar los trabajos de los sistemas de tuberías, de electricidad y de instrumentación.







PROGRAMA DE PERSONAL

CATEGORÍA	TOTAL MESES	TOTAL ELEMETS	MESES ASIGNADOS EN EL SITIO																																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41						
<b>CONTROL DE CALIDAD</b>																																																	
Jefe de Prod. de Concreto y Laboratorio	33	33				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Jefe de Concreto	28	28																																															
Supervisor de Prod. de Concreto	28	28																																															
Supervisor de Laboratorio	33	33				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Técnico Laboratorio	33	115				1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Jefe de Calidad de Trabs. Civiles	33	33				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Inspector de Calidad	33	103				1	1	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Jefe de Calidad de Mat. Eléctrico	31	31				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Inspector de Calidad de mat. Eléctrico	31	102				1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Jefe de Calidad de Instrumentación	25	25																																															
Insp. de Calidad de Instrumentación	25	144										2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
Jefe de Calidad Mecánica	27	27																																															
Insp. de Calidad Mecánica	27	96										1	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Jefe de Calidad de Tuberias	25	25																																															
Insp. de Calidad de Tuberias	25	150																																															
Jefe de Calidad de Procesos	28	38																																															
Inspector de Soldaduras	28	150																																															
Inspector de Materiales	33	33				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<b>SERVICIOS ADMINISTRATIVOS</b>																																																	
Jefe del Depto. de personal	36	36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Jefe de Almacenamiento	38	124				1	1	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Cocineros	38	99				1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Asistente de Cocinero	38	258				1	1	2	4	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Coordinador de Transporte	24	24																																															
<b>SEGURIDAD E HIGIENE</b>																																																	
Jefe de Higiene	31	31																																															
Asistente de Seguridad	32	117																																															
Jefe de Servicios Médicos	38	38																																															
Paramédicos	38	119				1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Asistentes de Higiene	33	248				2	2	2	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

## PERSONAL REQUERIDO POR CATEGORÍAS

CATEGORÍA	MESES																																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41							
JEFES		1	1	1	5	7	15	15	15	9	9	17	17	33	33	33	33	33	38	38	37	37	37	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	26	26	14	6	6	6									
ESPECIALISTAS																																																
(MECÁNICA,		5	5	5	38	46	46	46	46	6	8	99	99	256	256	256	256	256	200	200	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	137	137	24	24	24	24	78	78	78	78							
INTRUMENT.)																																																
PERSONAL																																																
DE TRABS.		6	6	6	44	44	138	138	138	94	94	94	97	97	106	106	106	106	106	157	157	150	150	63	63	63	63	63	63	63	146	146	146	99	12	12	12	12										
CIVILES																																																
SOLDADORES												72	72	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	118	118	12	12	12	12										
AYUDANTES		5	5	5	37	49	140	143	140	103	103	263	263	594	594	594	594	594	652	652	649	649	649	549	549	549	549	549	549	549	13	422	422	148	48	48	48											
TRABAJADORES		4	4	4	29	75	204	204	204	175	175	175	176	176	176	176	176	176	176	176	176	130	130	130	1	1	1	1	1	1	1	130	130	130														
EN GENERAL																																																
TOTALES		21	21	21	153	212	543	543	543	389	389	723	723	1385	1385	1385	1385	1385	1504	1504	1439	1439	1352	1115	1115	1115	1115	1115	1115	1180	992	979	439	110	102	102	84	78	78	78	78							



PROGRAMA DEL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN

DESCRIPCIÓN	MESES																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41					
Bomba de Concreto													1	1	1																															
Vibrador de Concreto de Gasolina							7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3												
Vibrador de Concreto Eléctrico							3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3																								
Vibrador de Concreto con Ruedas							3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3																									
Transformador 150 KVA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Grúa de Plataforma HIAB de 6 ton							1	1	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1							
Soldador Eléctrico 400 AMP												5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Soldador de Combustión 400 AMP												5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bomba Sumergible Eléctrica					3	3	3	3	3																																					
Bomba de Gasolina					5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5																									
Carros VW	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Autobus para 40 Pasajeros				1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1		
Tanque de Agua 9000 lts					3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Rayos X 12 MEV												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Sistema de Levantamiento 1500 ton																					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Marco de 600 ton																					4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
Grúa de Orugas 150 ton																				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Puentes Portátiles												2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		

**PRESUPUESTO  
COMPLEJO HDR**

	CONCEPTOS	POR ÁREAS	SUBTOTALES	TOTALES
		Us Dls x 1000	Us Dls x 1000	Us Dls x 1000
<b>1</b>	<b>Ingeniería de Detalle</b>			<b>86,244</b>
1.1	Ingeniería de Detalle, incluyendo Coordinación, Dirección del Proyecto y lo relativo a Servicios.		80,436	
	Del Area 3100 a la 3300	35,465		
	Area 3400	10,727		
	Area 3500	15,728		
	Area 3600 y 3700	14,552		
	Area 3900	3,964		
1.2	Capacitación		5,808	
	Simulación	3,934		
	Todas las áreas	1,874		
<b>2</b>	<b>Equipo y Materiales</b>			<b>331,310</b>
2.1	Equipo Inicial (cable, tubería).		207,264	
	Del Area 3100 a la 3300	125,028		
	Area 3400	28,669		
	Area 3500	19,843		
	Area 3600 y 3700	19,210		
	Area 3900	5,190		
	Transporte	7,854		
	Seguros	1,469		
2.2	Equipo Pesado		124,046	
	Del Area 3100 a la 3300	83,008		
	Area 3400	6,465		
	Area 3500	8,159		
	Area 3600 y 3700	10,540		
	Area 3900	4,454		
	Combustibles	6,255		
	Fletes	3,709		
	Seguros	827		
	Repuestos para 2 años	629		
<b>3</b>	<b>Trabajo Civil</b>			<b>44,851</b>
3.1	Instalaciones Temporales		12,878	

**PRESUPUESTO  
COMPLEJO HDR**

	<b>CONCEPTOS</b>	<b>POR ÁREAS</b>	<b>SUBTOTALES</b>	<b>TOTALES</b>
		Us Dls x 1000	Us Dls x 1000	Us Dls x 1000
3.2	Trabajo Civil (concreto, acero)		22,059	
	Del Area 3100 a la 3300	8,384		
	Area 3400	1,766		
	Area 3500	2,644		
	Area 3600 y 3700	5,295		
	Area 3900	3,969		
3.3	Estructuras		9,914	
	Del Area 3100 a la 3300	5,843		
	Area 3400	498		
	Area 3500	1,586		
	Area 3600 y 3700	1,986		
	Area 3900			
4	Montaje			115,614
4.1	Seguros		4,012	
4.2	Transportación Interna		2,243	
4.3	Instalación de Equipo		31,028	
	Del Area 3100 a la 3300	14,096		
	Area 3400	8,855		
	Area 3500	3,908		
	Area 3600 y 3700	3,907		
	Area 3900	262		
4.4	Montaje de Tubería		48,826	
	Del Area 3100 a la 3300	23,449		
	Area 3400	2,928		
	Area 3500	5,368		
	Area 3600 y 3700	5,854		
	Area 3900	11,226		
4.5	Trabajos Eléctricos		3,086	
	Del Area 3100 a la 3300	1,145		
	Area 3400	515		
	Area 3500	57		
	Area 3600 y 3700	1,143		
	Area 3900	227		



PRESUPUESTO  
COMPLEJO HDR

	CONCEPTOS	POR ÁREAS	SUBTTOTALES	TOTALES
		Us Dls x 1000	Us Dls x 1000	Us Dls x 1000
4.6	Trabajos de Instrumentación		2,174	
	Del Area 3100 a la 3300	1,375		
	Area 3400	172		
	Area 3500	343		
	Area 3600 y 3700	247		
	Area 3900	38		
4.7	Aislantes y Pintum		24,246	
	Del Area 3100 a la 3300	9,941		
	Area 3400	1,210		
	Area 3500	3,639		
	Area 3600 y 3700	5,576		
	Area 3900	3,879		
5	Pruebas y Puesta en Marcha			6,498
	Area 3600 y 3700	1,404		
	Las otras Areas	5,094		
6	Refacciones y Partes			17,736
6.1	Refacciones para 2 años	16,423		
	Servicio a Equipo	1,314		
7	Impuestos y Contribuciones			42,158
7.1	Impuestos Extranjeros			
7.2	Impuestos en México			
	<b>TOTAL</b>			<b>644,410</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han descrito las principales actividades que se desarrollan para la construcción del Complejo HDR.

El tiempo de planeación de este proyecto fue de dos años; el de la ingeniería de detalle también de dos años; el mes de inicio de la construcción fue Junio de este mismo año.

Las partes involucradas en el proyecto tienen una amplia experiencia en estos trabajos. El personal escogido para estas actividades fue analizado y escogido rigurosamente, tomando en cuenta sus aptitudes.

Se hizo un estudio detallado en el Puerto de Veracruz, al cual arribará el equipo que será montado en el Complejo, para evitar problemas de sobrecarga en el muelle.

La ruta Veracruz-Tula escogida, fue la recomendada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en virtud del tamaño y peso del equipo (principalmente de los cuatro reactores). En lo referente al transporte, este consiste en plataformas con ruedas, jaladas y empujadas por tractores.

Se elaboró un reporte en el cual se mencionaron las características y requerimientos de puentes carreteros y peatonales, y alcantarillas, para saber si se corrían riesgos de sobrecarga o de libre paso durante el transporte del equipo. Se estudiaron líneas de electricidad y de teléfonos para que no interfirieran, para lo cual se llamó a colaborar a personal de CFE y TELMEX.

Ya en Tula, se montaron estructuras que sirvieran como instalaciones temporales, es decir, durante el tiempo de construcción, que sirvieran como oficinas, talleres y almacenes.

Se instaló un laboratorio, en el que se verifiquen los concretos usados, la compactación del suelo y la calidad de los materiales.

Las obras subterráneas realizadas para servir como drenaje del Complejo, en su colector principal llegan a tener hasta dos metros de diámetro.

El equipo crítico por su tamaño y peso, son los cuatro reactores, para los cuáles se realiza una cimentación que repartiera adecuadamente la carga en el terreno. El procedimiento de montaje implica contar con un equipo de levantamiento y estructuras espaciales para poder moverlos y colocarlos en su posición final.

Cabe mencionar que se instalarán un total de 300,000 metros de tuberías de diferente diámetro.

Los trabajos de unión con las instalaciones ya existentes de la Refinería Miguel Hidalgo se tendrán que realizar sin que se paren los trabajos de producción de ésta.

Se elaboraron programas muy detallados de personal y equipo, lo que se presenta en éste trabajo es sólo la parte más representativa y lo que más interesa a nuestro estudio.

Los trabajos civiles durarán aproximadamente 30 meses, enlazándose con las actividades mecánicas y de instrumentación, haciendo un total de 41 meses.

Es muy importante que se sigan realizando obras que como ésta, cuyo fin es el de evitar que se siga dañando el medio ambiente como se ha venido haciendo.

Technical Proposal.  
Submitted by Technip, IMP, MON, ICA.  
1992.

*Plantas de Procesos de Refinación y Petroquímica de PEMEX.*  
Instituto Mexicano del Petróleo.  
1988.

*Refinería Miguel Hidalgo.*  
Instituto Mexicano del Petróleo.  
1988.

*Mecánica de Suelos.*  
Eulalio Juárez Badillo.  
A. Rico Rodríguez.

*Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.*  
Karl Terzaghi.  
Ralph B. Peck.

*Estructuras de Concreto.*  
Alberto J., Flores.  
Escuela Nacional de Ingenieros.

*Colocación del Concreto por Métodos de Bombeo.*  
ACI-304.  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

*Manual of Concrete Inspection.*  
American Concrete Institute ACI.  
Joseph J. Chairman.

*Manual del Montador y Soldador de Tuberías.*  
Tomas W., Frankland.

*Estructuración de Vías Terrestres.*  
Fernando Olivera Bustamante.

*Economía.*  
Fischer S., Dornbusch R., Schmalensee R.  
MACGRAW-HILL.  
1988.