



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES Y SEGUIMIENTO A  
PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS EN LA COMISIÓN  
FEDERAL DE ELECTRICIDAD

REPORTE DE ACTIVIDAD Y DESEMPEÑO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO  
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA  
VÍCTOR ALEJANDRO RUEDA LÓPEZ

ASESOR DE REPORTE PROFESIONAL  
DR. ELISA ESPINOSA JUÁREZ

MORELIA, MICHOACÁN, JUNIO DE 2011

# Agradecimientos

Agradezco:

A mis padres por todo lo brindado durante mi vida.

A mi esposa, mi hija y mi niño por su apoyo.

A la familia Pérez López por su gran apoyo.

A mi Escuela la Facultad de Ingeniería Eléctrica

A mis amigos.

A la Comisión Federal de Electricidad por las facilidades otorgadas en mi formación profesional.

¡Muchas gracias!...

## **Dedicatoria**

Esta dedicatoria es para mi mamá y mi papá, mis hermanos por su gran apoyo durante mi desarrollo profesional, y a mi esposa e hijos que son mi motivación para seguir adelante.

# Resumen

Las actividades que he llevado a cabo durante 8 años de trabajo en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad, son:

- Elaboración de especificaciones técnicas.
- Seguimiento y apoyo durante en el proceso de Licitación.
- Evaluación de propuestas.
- Supervisión de obra eléctrica.
- Entrega-recepción de la Central.

En mi primera encomienda en la Residencia de Supervisión del proyecto Los Azufres II Fase A, efectúe la supervisión de la obra y administración del Contrato, apoyo en la puesta en servicio y la entrega de la Central a personal de Operación.

En la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) en Morelia, los proyectos en los que participe son: Los Azufres II Fase A, Cerro Prieto V, Los Húmeros II Fase A y Fase B y Los Azufres III Fase I.

# Contenido

<i>Agradecimientos</i>	<i>i</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>ii</i>
<i>Resumen</i>	<i>iii</i>
<i>Lista de Figuras</i>	<i>v</i>
<i>Lista de Tablas</i>	<i>v</i>
<i>Lista de Símbolos y Abreviaturas</i>	<i>v</i>
<i>Capítulo 1 Introducción</i>	<i>1</i>
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Justificación	2
1.4 Metodología	2
1.5 Contenido del reporte	2
<i>Capítulo 2 Estructura de Comisión Federal de Electricidad</i>	<i>4</i>
2.1 Misión	4
2.2 Objetivos	4
2.3 Infraestructura	4
2.4 Gerencia De Proyectos Geotermoeléctricos	10
2.5 Subgerencia de Proyectos de Energía Renovable	14
2.6 Departamento De Diseño De Centrales	15
2.7 Oficina de Ingeniería Eléctrica	16
2.8 Actividades del DDC	17
<i>Capítulo 3 Proyectos Geotérmicos</i>	<i>18</i>
3.1 Actividades en la CFE	19
3.2 Proyecto Azufres II 4X25 MW. (2002-2004)	20
3.3 Proyectos Cerro Prieto V, Los Humeros II y Los Azufres III.	22
<i>Capítulo 4 Conclusiones</i>	<i>26</i>
Bibliografía	27

## Lista de Figuras

Figura 2.1 Organigrama de la CFE _____	6
Figura 2.2 Capacidad efectiva instalada de la CFE y PEE. _____	8
Figura 2.3 Organigrama de la GPG _____	13
Figura 4.1 Localización del Proyecto Los Humeros II _____	24
Figura 4. 2 Arreglo General de la Central Los Humeros II _____	25

## Lista de Tablas

Tabla 2. 1 Centrales por tipo de generación de la CFE y PEE _____	7
Tabla 2.2 Capacidad efectiva instalada por tipo de generación. _____	8
Tabla 2.3 Tensión y longitud de Líneas. _____	9
Tabla 2.4 Clientes _____	9
Tabla 2.5 Sectores de venta _____	10
Tabla 3. 1 Estructura de las Especificaciones Técnicas _____	23

## Lista de Símbolos y Abreviaturas

K	kilo
M	mega
G	giga
<i>m</i>	metros
W	watts
<i>Hz</i>	hertz
<i>W-h</i>	watt-hora
CFE	Comisión Federal de Electricidad
GPG	Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
SPER	Subgerencia de Proyectos de Energía Renovable
DDC	Departamento de Diseño de Centrales
POISE	Programa de Obras del Sector Eléctrico
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
PEE	Productor Externo de Energía

# **Capítulo 1 Introducción**

El presente reporte de experiencia profesional tiene la finalidad de mostrar a mis compañeros de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y personas interesadas, el campo y la diversificación de actividades que pueden realizar en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) de la Comisión Federal de Electricidad.

En la GPG estuve a cargo de la supervisión de la obra eléctrica del proyecto Azufres II Fase A 4X25 MW, posteriormente en la Oficina Eléctrica del Departamento de Diseño de Centrales en Morelia, participe en la elaboración de las especificaciones del área eléctrica de los proyectos Cerro Prieto V, los Humeros II Fase A y B, y Los Azufres III Fase I, en particular participe en la elaboración de las especificaciones del área eléctrica, seguimiento y atención al proceso de licitación.

## **1.1 Antecedentes**

Para atender la creciente demanda de electricidad, la CFE realiza el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE). Este programa identifica aquellos proyectos que permitirán satisfacer la demanda eléctrica proyectada al menor costo de suministro.

## **1.2 Objetivo**

El objeto de este reporte es mostrar el campo de trabajo y la diversificación de actividades que pueden realizar en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE.

Se reporta la experiencia adquirida al realizar los diferentes trabajos en la CFE, como son la supervisión y administración de contratos de obra pública financiada, la elaboración de especificaciones, atención durante el proceso de licitación y seguimiento del proceso de construcción como Jefe de Proyecto de centrales de generación geotérmica.

### **1.3 Justificación**

Las centrales de generación geotermoeléctrica por su bajo costo de generación y factor de carga de 90% son carga base, que permite incrementar la confiabilidad y el margen de reserva del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

El proceso de generación de electricidad se lleva a cabo sin la utilización de combustibles fósiles, ya que se aprovecha el calor contenido en el interior de la tierra para generar la electricidad, y la cantidad de contaminantes emitidos por este tipo de central es mínima.

Otra de las ventajas es el hecho de que no consume agua de alguna fuente externa al proceso de generación, como es el caso de las plantas térmicas convencionales, que requieren agua de mar o de lagunas para realizar el proceso de enfriamiento requerido para la condensación del vapor que ya ha realizado trabajo en las turbinas. El agua utilizada para el sistema de enfriamiento proviene del condensado del vapor geotérmico.

Por estas razones contribuye al cuidado del medio ambiente.

### **1.4 Metodología**

Este reporte de actividades y desempeño profesional fue realizado mediante un resumen de las principales actividades que he realizado desde el año de 2002 a la fecha en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, de la CFE.

### **1.5 Contenido del reporte**

En el capítulo 1 se da una breve introducción de este reporte, donde se indican las actividades de manera general que he llevado a cabo en la CFE, en la elaboración de especificaciones para proyectos de plantas de generación geotermoeléctrica y administración de los contratos, siendo estas las actividades principales del Departamento de Diseño de Centrales.

En el capítulo 2 se da una descripción de la CFE que es una empresa de gobierno encargada de generar, transmitir y distribuir la generación de energía eléctrica: y de la planeación del SIN, la cual es plasmada en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico cumpliendo con la demanda de energía eléctrica en el país.

Se da una breve reseña de lo que es la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos la cual pertenece a la Dirección de Operación, Subdirección de Generación; esta se encarga de suministrar el vapor a las centrales de generación, elaborar los estudios dentro de los campos para evaluar su potencial y desarrollo, programando nuevos pozos y centrales. Dentro de la GPG se encuentra la Subgerencia de Proyectos de Energía Renovable, la encargada de elaborar las especificaciones para proyectos de centrales de generación geotermoeléctrica, eólica y solar.

Se describen las actividades del Departamento de Diseño de Centrales que se encarga de la ingeniería de detalle, las especificaciones técnicas, la licitación de las nuevas centrales e instalaciones superficiales de los campos geotérmicos, con el fin de aprovechar de manera económica y eficiente los fluidos geotérmicos y los recursos energéticos identificados en el campo o área de que se trate.

En el capítulo 3 se muestra el proceso que se sigue para la supervisión de obra pública, la elaboración de las especificaciones y de la ingeniería básica de proyectos Geotermoeléctricos y la evaluación de propuestas, así como el seguimiento de la construcción de Centrales Geotérmicas, en particular los proyectos Azufres II Fase A, Los Humeros II fase A y B, Cerro Prieto V y Los Azufres III Fase I.

En el Capítulo 4 se presentan las conclusiones.

## **Capítulo 2 Estructura de Comisión Federal de Electricidad**

La Comisión Federal de Electricidad es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Tiene como objeto transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica en México

### **2.1 Misión**

- Asegurar, dentro de un marco de competencia y actualizado tecnológicamente, el servicio de energía eléctrica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada diversificación de fuentes de energía.
- Optimizar la utilización de su infraestructura física, comercial y de recursos humanos.
- Proporcionar una atención de excelencia a sus clientes.
- Proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social y
- respetar los valores de las poblaciones donde se ubican las obras de electrificación.

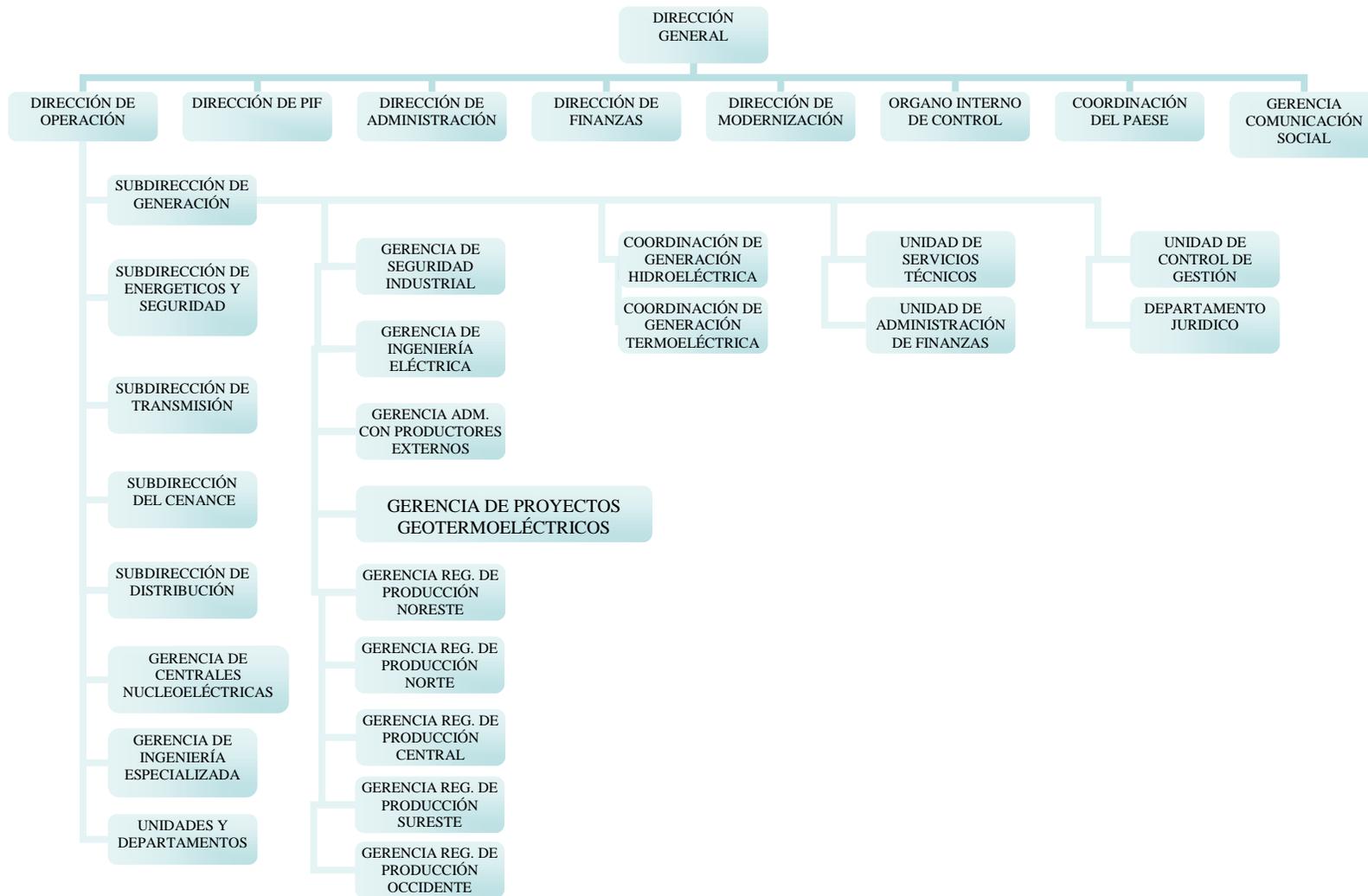
### **2.2 Objetivos**

- Mantenerse como la empresa de energía eléctrica más importante a nivel nacional.
- Operar sobre las bases de indicadores internacionales en materia de productividad, competitividad y tecnología.
- Ser reconocida por sus usuarios como una empresa de excelencia que se preocupa por el medio ambiente, y está orientada al servicio al cliente.
- Elevar la productividad y optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores.

### **2.3 Infraestructura**

Para cumplir con la Misión y Objetivos que se fijó la CFE, tiene la estructura que se indica en la figura 2.1, la cual en su conjunto se encarga de:

- Mantener la vigilancia y supervisión de los procesos de producción de electricidad de las obras de generación o transmisión de energía cuando entran en operación, asegurando el cumplimiento cabal de las medidas propuestas para evitar o disminuir los daños al ambiente. Procurando un cuidado especial en conservar y proteger a los organismos vivos, a los ecosistemas y al patrimonio cultural, para cumplir su compromiso con la sociedad, generar proyectos sustentables que aseguren el uso y disfrute de las herencias naturales y culturales para las generaciones posteriores
- Planeación para el logro de sus objetivos y metas de corto, mediano y largo plazos, en correspondencia con las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno, aprovechando las mejores opciones de inversión y producción de energía que permitan satisfacer la demanda presente y futura de electricidad a costo global mínimo y con un nivel adecuado de confiabilidad y calidad.
- Contar con la energía eléctrica necesaria para el crecimiento y desarrollo del país, la CFE construye centrales generadoras, líneas y subestaciones que producen, transmiten, transforman y distribuyen la energía eléctrica a lo largo del país.
- Para conducir la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales, CFE cuenta con redes eléctricas de transmisión y de distribución de alta, media y baja tensión.
- A través del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) se optimiza la infraestructura física, equilibrando la demanda que requieren los consumidores finales en condiciones de cantidad, calidad y precio.
- Para que la luz llegue a los hogares y sectores de la economía, CFE cuenta con una red de líneas y subestaciones de distribución lo que, aunado a diferentes medios de atención electrónica altamente eficientes, permite ofrecer una atención orientada a la satisfacción del cliente, con criterios de competitividad y sustentabilidad.



**Figura 2.1 Organigrama de la CFE**

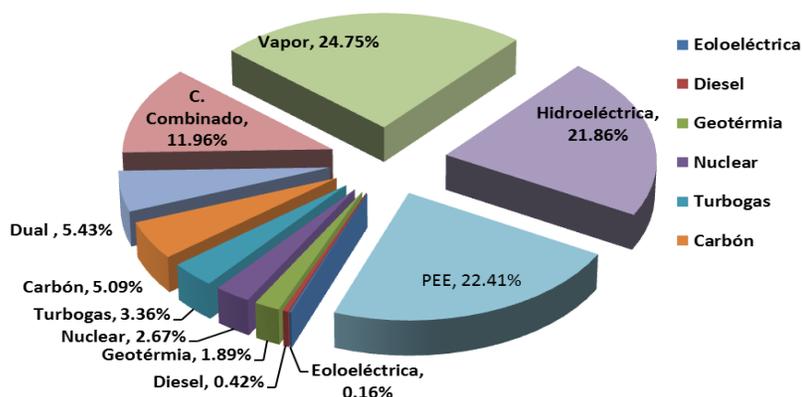
Con el objeto de responder a la creciente demanda de energía eléctrica en el país, la CFE es la encargada de la planeación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), la cual es plasmada en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), que describe la evolución del mercado eléctrico, así como la expansión de la capacidad de generación y transmisión para satisfacer la demanda en los próximos diez años, éste se actualiza anualmente.

La capacidad instalada es de 51121 megawatts (MW), de los cuales el 78 %, 39664.1 MW son de CFE y el 22%, 11456.9 MW por los Productores Externos de Energía (PEE) de capital privado, en la tabla 2.1 se indican las centrales por tipo de generación de la CFE y PEE.

**Tabla 2. 1 Centrales por tipo de generación de la CFE y PEE**

<b>Tipo de Generación</b>	<b>Centrales</b>	<b>Unidades</b>
<b>CFE</b>		
Vapor convencional	26	87
Dual	1	7
Carboeléctrica	2	8
Ciclo Combinado	13	59
Turbogás	31	68
Combustión interna	9	56
Móvil		30
Geotermoeléctrica	7	38
Hidroeléctrica	64	181
Eoloeléctrica	2	105
Nucleoeléctrica	1	2
<b>PEE</b>		
Termoeléctrica	21	71
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>712</b>

Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoeleéctrica, en la figura 2.2 se ilustra el tipo de generación así como el porcentaje de la capacidad instalada de cada tipo de central y la capacidad de los PEE y en la Tabla 2.2 la capacidad efectiva instalada por tipo de generación (junio 2010). [www.cfemex.gob.mx]



**Figura 2.2 Capacidad efectiva instalada de la CFE y PEE.**

**Tabla 2.2 Capacidad efectiva instalada por tipo de generación.**

Tipo de Generación	Capacidad efectiva (MW)	Porcentaje
Eoloeléctrica	85.25	0.16%
Diesel	214.11	0.42%
Geotermia	964.50	1.89%
Nuclear	1364.88	2.67%
Turbogas	1714.71	3.36%
Carbón	2600.00	5.09%
Dual	2778.36	5.43%
C. Combinado	6115.38	11.96%
Vapor	12652.10	24.75%
Hidroeléctrica	11174.89	21.86%
PEE	11456.90	22.41%
<b>Total</b>	<b>51 121.09</b>	<b>100%</b>

La CFE cuenta a lo largo del país con 740 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución, en la Tabla 2.3 se puede observar el nivel de tensión y longitud de las líneas de transmisión, de subtransmisión, distribución y baja tensión.

**Tabla 2.3 Tensión y longitud de Líneas.**

Transmisión (kV)	Miles de km	Subtransmisión kV	Miles de km	Distribución (kV)	Miles de km
400	20.9	138	1.5	34.5	72.2
230	27.801	115	42.3	23	30.8
161	0.549	85	0.1	13.8	290.2
150	0.0	69	3.0	6.6; 4.16; 2.4	0.2
<b>Total (LT)</b>	<b>49.250</b>	<b>Subtotal (LST)</b>	<b>46.8</b>	<b>Subtotal (LD)</b>	<b>393.4</b>
<b>Baja tensión (LBT)</b>					251.3
<b>Subtotal (LD + LBT)</b>					<b>644.8</b>
Total de líneas (LST + LD + LBT)					691.6
<b>Total CFE (LT+ LST + LD + LBT)</b>					<b>740.8</b>

Con esta infraestructura la CFE proporciona servicio de energía eléctrica a 27.9 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento medio anual de casi 4.4%, durante los últimos seis años. En la Tabla 2.4 se muestran el porcentaje de clientes por sector.

**Tabla 2.4 Clientes**

Sector	Porcentaje
Doméstico	88.25%
Agrícola	0.42%
Industrial	0.82%
Comercial	9.88%
Servicios	0.63%

En cuanto al volumen de ventas totales, 83.5% lo constituyen las ventas directas al público; 15.6% se suministraba a la extinta Luz y Fuerza del Centro, y 1.0% restante se exporta. Si bien el sector doméstico agrupa 88.16% de los clientes, sus ventas representan 24.63% de las ventas directas al público. Una situación inversa ocurre en el sector industrial, donde menos de 1% de los clientes representa más de la mitad de las ventas. En la Tabla 2.5 se muestran las ventas directas al público, por sector (%).

**Tabla 2.5 Sectores de venta**

Sector	Porcentaje
Doméstico	26.94%
Agrícola	5.46%
Industrial	57.82%
Comercial	6.02%
Servicios	3.76%

## 2.4 Gerencia De Proyectos Geotermoeléctricos

La GPG pertenece a la Subdirección de Generación, se encarga de evaluar las zonas más promisorias con recurso renovable, eólico, solar y geotérmico; lleva a cabo la tarea de efectuar el estudio, desarrollo y administración de los campos geotérmicos, así como investigar sobre nuevas zonas de explotación, para cumplir con el suministro del vapor a las centrales geotérmicas y la planeación de nuevos proyectos. Para cumplir con estas actividades la GPG cuenta con la estructura que se observa en la figura 2.3.

Las actividades principales de la GPG son:

- Dirigir la exploración y el desarrollo de los campos y zonas geotérmicas del país y los estudios necesarios para ello, a fin de aprovechar los recursos geotérmicos del país en la generación de energía eléctrica.

- Planear el suministro de vapor endógeno en la cantidad y calidad suficientes para garantizar la operación de las centrales geotermoeléctricas instaladas en los campos geotérmicos mexicanos.
- Administrar el recurso energético de los yacimientos geotérmicos mediante los estudios y análisis de información que permitan mantener actualizada una estrategia para explotar los que se encuentren en producción, a fin de decidir los programas óptimos de explotación.
- Dirigir las actividades de ingeniería y diseño de todo nuevo proyecto geotérmico, de acuerdo con los esquemas de contratación definidos por las autoridades superiores de la CFE, para garantizar su ejecución en tiempo y forma.
- Verificar la construcción de las obras y la perforación y reparación de pozos necesarios para asegurar el suministro de vapor a las centrales geotérmicas en operación.
- Planear la exploración y monitoreo de las zonas del país con recursos eólicos, solares y de otras nuevas fuentes de energía con el objetivo de evaluar su aprovechamiento para generar energía eléctrica.
- Programar el diseño, especificación y supervisión de la construcción y puesta en servicio de todo nuevo proyecto eólico y de otras nuevas fuentes de energía, para asegurar su funcionamiento adecuado.
- Designar al residente de supervisión de la construcción de nuevos proyectos que se ejecuten bajo contrato en las modalidades de Obra Pública Financiada (OPF), Construcción, Arrendamiento y Transferencia (CAT), o cualquier otra que se utilice para la construcción de obras mayores tales como centrales generadoras.
- Verificar la ejecución de Manifestaciones de Impacto Ambiental y demás estudios y evaluaciones requeridos por las autoridades ambientales, tanto para nuevos proyectos como para los que se encuentren en operación, llevando a cabo las obras necesarias, a fin de prevenir o mitigar los impactos y promover la conservación del ambiente.
- Desarrollar el estudio, evaluación y promoción de proyectos para el aprovechamiento integral de los subproductos de la generación geotermoeléctrica.

- Promover el aprovechamiento de los usos no eléctricos de la geotermia, así como los servicios de consultoría e ingeniería relacionados con sus funciones, tanto dentro como fuera del país, con objeto de contribuir a diversificar los ingresos de la institución.  
[Manual GO-GPG06]



**Figura 2.3 Organigramma della GPG**

## 2.5 Subgerencia de Proyectos de Energía Renovable

La Subgerencia de Proyectos de Energía Renovable (SPER) se encarga de efectuar los estudios de los recursos renovables, proyectos de plantas de generación eólica, geotérmica y solar.

Las actividades sustantivas de la SPER son entre otras las siguientes:

- Planear la evaluación de las zonas más promisorias de México con recursos energéticos renovables no convencionales (recursos eólicos, solares, de la biomasa y otros), para determinar la factibilidad de utilizarlos en la generación de energía eléctrica.
- Programar, verificar que se ejecute y/o supervisar el desarrollo y alcance de la ingeniería básica, especificaciones técnicas y en general el paquete de bases de licitación de las obras de equipamiento superficial que requieran los campos geotérmicos, así como de nuevos proyectos geotermoeléctricos y de proyectos basados en nuevas fuentes de energía renovable, tomando en cuenta los avances tecnológicos del mercado, para garantizar las opciones técnicas más eficientes y económicas para la CFE.
- Evaluar las ofertas recibidas en la licitación de las obras de equipamiento superficial y de los nuevos proyectos geotermoeléctricos y de nuevas fuentes de energía, con objeto de preparar el dictamen técnico respectivo con apego a la normatividad vigente y a las bases de licitación.
- Planear y verificar que se lleve a cabo la supervisión de la ingeniería durante el proceso de construcción, montaje y puesta en servicio de los nuevos proyectos geotermoeléctricos y de nuevas fuentes de energía, a fin de asegurar el cumplimiento de los aspectos técnicos del contrato y de la normatividad aplicable. Supervisar la ingeniería de las obras que requieran los campos geotérmicos para apoyar su desarrollo.
- Programar y organizar la documentación técnica de sustento (*libro blanco* o su equivalente) de los nuevos proyectos de generación diseñados por la Gerencia, a fin de asegurar su conservación y guarda en archivos físicos y/o electrónicos.

- Planear el estudio del calor residual de la generación geotermoeléctrica en los campos geotérmicos en explotación para promover su aprovechamiento en usos eléctricos y no eléctricos, de acuerdo con la legislación y normatividad vigentes.
- Coordinar con las residencias de la GPG la supervisión de la ingeniería para el desarrollo de proyectos de usos directos, con objeto de verificar el cumplimiento de las especificaciones del contrato respectivo y de la normatividad vigente.
- Elaborar y dar seguimiento a convenios con institutos nacionales o extranjeros, para el desarrollo de la ingeniería de proyectos específicos.
- Divulgar y promover los proyectos de energías renovables a través de publicaciones especializadas y foros de difusión nacionales o internacionales. [Manual GO-GPG06]

## **2.6 Departamento De Diseño De Centrales**

El Departamento de Diseño de Centrales (DDC) realiza y/o supervisa la ingeniería de detalle, el diseño, las especificaciones técnicas y los paquetes de licitación de las nuevas centrales e instalaciones superficiales de los campos geotérmicos, con el fin de aprovechar de manera económica y eficiente los fluidos geotérmicos y los recursos energéticos identificados en el campo o área de que se trate.

El DDC evalúa las ofertas técnicas recibidas en la licitación de obras de equipamiento superficial, y de nuevos proyectos geotermoeléctricos y de nuevas fuentes de energía, con objeto de emitir las observaciones, recomendaciones y dictámenes a que haya lugar.

Realiza la supervisión técnica del desarrollo de la ingeniería de detalle durante el proceso de construcción, montaje y puesta en servicio de nuevos proyectos geotermoeléctricos o de nuevas fuentes de energía, para verificar que se cumple lo establecido en el contrato y en la normatividad aplicable.

Proporciona apoyo técnico a los grupos de construcción y operación de las residencias para atender sus necesidades de ingeniería en nuevos proyectos y/o modificaciones.

Participa en eventos técnicos relacionados con la ingeniería civil, mecánica, eléctrica y con la instrumentación y control, con el fin de promover la actualización de su personal en los avances y desarrollos de su especialidad.

Compila y preserva el archivo técnico, impreso y/o electrónico, relativo a los proyectos realizados por el departamento, así como la información técnica de desarrollos tecnológicos relacionados con los proyectos de la Subgerencia, a fin de asegurar su conservación, disponibilidad y actualización.

Mantiene la actualización de normas de CFE que aplican en el desarrollo de los diferentes proyectos

## **2.7 Oficina de Ingeniería Eléctrica**

La Oficina de Ingeniería Eléctrica se encarga de elaborar el diseño y la especificación de los sistemas eléctricos y la instrumentación, control y automatización asociadas a esta disciplina que formen parte de nuevos proyectos de la Gerencia o de proyectos de ampliación y rehabilitación, con el fin de que resulten más eficientes, seguros y económicos para la CFE.

Proporcionar las especificaciones de ingeniería eléctrica y de instrumentación, control y automatización relacionados con esta disciplina, para integrar los paquetes de licitación de nuevos proyectos de la GPG, y en su caso de sus instalaciones superficiales.

Evaluar la porción relativa a la ingeniería eléctrica de las ofertas técnicas recibidas en la licitación de nuevos proyectos, para expedir el dictamen correspondiente a su disciplina.

Realizar la supervisión técnica de la ingeniería eléctrica durante el proceso de construcción, montaje y puesta en servicio de nuevos proyectos y obras de equipamiento superficial, para verificar que se cumple lo establecido en el contrato y en la normatividad aplicable.

Analizar la ingeniería eléctrica de proyectos prototipo de generación con nuevas fuentes de energía renovable a fin de evaluarlos y proporcionar las recomendaciones pertinentes, atendiendo las instrucciones de la Jefatura del Departamento.

Proporcionar apoyo técnico en su especialidad a los grupos de construcción y operación de las residencias para cumplir instrucciones de la Jefatura del Departamento.

Compilar y conservar el archivo técnico, físico o electrónico, relativo a la ingeniería eléctrica de los proyectos desarrollados en la Oficina de Ingeniería Eléctrica, a fin de asegurar su disponibilidad y actualización.

## **2.8 Actividades del DDC**

La GPG a lo largo 30 años desde su integración ha estudiado, desarrollado y administrado los campos geotermoeléctricos de Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros, Las Tres Vírgenes y Cerritos Colorados asegurando el suministro de vapor geotérmico a las centrales de generación. Integrando proyectos de centrales de generación de energía renovable.

El DDC perteneciente a la SPER ha desarrollado los siguientes proyectos:

Proyectos Cerro Prieto IV, Tres Vírgenes y Los Azufres II Fase A.

Realizó el anteproyecto, las especificaciones técnicas, evaluación de propuestas e integración del contrato, supervisión técnica del desarrollo de la ingeniería de detalle del contratista durante el proceso de construcción, montaje y puesta en servicio, proporcionando el apoyo técnico a la residencia de obra durante la construcción, verificando que se cumpla lo establecido en el contrato y en la normatividad aplicable.

Proyecto Los Humeros II Fase A y Fase B

Se encargó del anteproyecto, las especificaciones técnicas, evaluación de propuestas e integración del contrato, firma del acuerdo de supervisión de la construcción, montaje y puesta en servicio con la Coordinadora de Proyectos Termoeléctricos.

## Capítulo 3 Proyectos Geotérmicos

El desarrollo de un proyecto geotermoeléctrico, comprende las siguientes etapas:

- I. Estudios de valoración del yacimiento.
- II. Elaboración del anteproyecto.
- III. Estudio de factibilidad técnica y económica del proyecto.
- IV. Evaluación por parte de la Dirección de Programación de CFE.
- V. Programación del proyecto en el POISE.
- VI. Financiamiento.
- VII. Elaboración de los estudios de impacto ambiental su mitigación.
- VIII. Obtención de permisos legales y ambientales.
- IX. Elaboración de especificaciones.
- X. Licitación.
- XI. Construcción.
- XII. Puesta en Servicio.

Con objeto de producir energía eléctrica a través de la geotermia, se da inicio al desarrollo de un proyecto geotérmico, desde la evaluación del potencial geotérmico de zonas nuevas mediante los estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos, se procede a la perforación de pozos exploratorios para determinar la temperatura, presión, permeabilidad, y productividad del yacimiento, en base a esta información se determina si se tiene el recurso para la implementación de una central geotérmica. Actualmente el yacimiento del campo Geotérmica de Los Azufres tiene la capacidad de alimentar por 30 años una generación de 225 MW, sin embargo, no es conveniente aumentar la extracción en la zona actualmente en explotación, se requiere de ubicar nuevos sitios para su explotación.

Se hace una selección preliminar de tipo de turbina, equipos auxiliares, líneas de distribución y transmisión, sistema de reinyección y vaporductos. Se realiza el estudio

económico y financiero del proyecto de inversión, a fin de determinar su factibilidad. De acuerdo al resultado del estudio de factibilidad la Dirección de Programación inscribe el proyecto al POISE, y realiza las gestiones para su incorporación en el Programa de Egresos de la Federación.

Se integra la Manifestaciones de Impacto Ambiental para el nuevo proyecto y obras del campo que lo ameriten, para cumplir con las disposiciones en la materia. Planeando los estudios y actividades de diagnóstico, prevención y mitigación de los impactos ambientales causados por todas las obras en la zona, para garantizar que se realizan de acuerdo con la legislación y normatividad en materia ambiental y que cuentan con los permisos y licencias necesarios.

Una vez recabados los estudios, permisos y licencias necesarios, se procede a integrar las especificaciones técnicas, con los requerimientos de interconexión al SEN, necesidades del cliente y demás disposiciones que se indiquen en los estudios de la paramétrica, estas especificaciones técnicas se envían a la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada para su integración a la Convocatoria e iniciar el proceso de licitación.

Se evalúan las ofertas recibidas en la licitación del nuevo proyecto geotermoeléctrico, con objeto de preparar el dictamen técnico respectivo con apego a la normatividad vigente y a las convocatoria.

Planear y verificar que se lleve a cabo la supervisión de la ingeniería durante el proceso de construcción, montaje y puesta en servicio del nuevo proyecto geotermoeléctrico, a fin de asegurar el cumplimiento de los aspectos técnicos del contrato y de la normatividad aplicable.

### **3.1 Actividades en la CFE**

Mis primeros trabajos dentro de la CFE en el Campo geotérmico de los Azufres fueron la supervisión de obra de una Central bajo la modalidad de obra pública financiada (OPF) el objetivo principal de esta supervisión es la de vigilar, revisar y llevar el control de la obra, como función preventiva y cuando se requiera correctiva, teniendo como sustento los siguientes documentos: Ley de Obra pública y servicios relacionados con las mismas, el

Reglamento de la Ley de Obra Pública, Contrato del proyecto, Especificaciones, Oferta, Normas aplicables y el procedimiento de supervisión, siendo estos la base para el correcto desempeño de mis funciones.

Posteriormente ya en la GPG, Morelia, me encargué de elaborar el diseño eléctrico del edificio nuevo de la GPG, bajo la modalidad de contrato con recursos propios. Así mismo, fui encargado de la elaboración de las especificaciones técnicas y seguimiento del proceso de licitación de los proyectos Geotermoeléctricos Los Humeros II Fase A y B, Cerro Prieto V y Los Azufres III Fase I.

Actualmente, bajo el cargo de Jefe de Proyecto doy seguimiento a la construcción de los proyectos Humeros II Fase A y B, bajo la modalidad de OPF.

### **3.2 Proyecto Azufres II 4X25 MW. (2002-2004)**

En este proyecto fungí como coordinador de obra eléctrica, mis responsabilidades fueron coordinar los trabajos de supervisión de la obra eléctrica.

Al inicio del contrato, se realizó la revisión detallada de la información, bases de licitación y Contrato con el objeto de conocer las condiciones del sitio y características del proyecto.

Dentro de las actividades de campo se supervisó que la construcción de los siguientes sistemas y montaje de equipos estuvieran de acuerdo a los planos del Proyecto y su ejecución bajo los procedimientos de calidad:

- Sistema de tierras.
- Bancos de ductos y canalizaciones.
- Tendido de cable de control y fuerza.
- Construcción de líneas de 115 kV y 13,2 kV.
- Montaje de estructuras mayores y menores de la subestación.
- Montaje de equipos de la subestación.
- Montaje del generador y bus ducto.
- Montaje de equipos tableros de baja y media tensión, control protección y medición.
- Construcción de talleres y laboratorios.

En la recepción del equipo eléctrico en la obra se verificó que cumpliera con las especificaciones, normas y lo ofertado, inspeccionando datos de placa y solicitando a la empresa Contratista los documentos de calidad correspondientes, destacando los siguientes equipos generador; transformadores; tableros de media y baja tensión; subestaciones unitarias, centros de control de motores; tableros de protección, control y medición; planta de emergencia; motores; cableado...

Dentro de este proyecto las actividades administrativas que lleve a cabo fueron: elaboración de reportes semanales y mensuales de las actividades más relevantes de la obra, avance de obra, problemas presentados durante su ejecución. Elaboración y seguimiento de las No conformidades, de acuerdo al procedimiento de calidad. Llenado de la bitácora con las actividades más relevantes de la obra, asentando en ella, fechas críticas, avance de obra, llegada de equipo primario, número y categoría del personal laborando, maquinaria en servicio, etc. Integración y mantenimiento actualizado del archivo de los documentos del área, planos eléctricos, reportes, bitácora.

En la etapa de pruebas y puesta en servicio, se me dio la instrucción de apoyar a personal del Laboratorio de Pruebas Eléctricas y Mecánicas (LAPEM); supervise las pruebas pre operativas y de puesta en servicio de los siguientes equipos de la subestación: interruptor de línea, cuchillas, transformadores de corriente y potencial, apartarrayos, transformador principal y auxiliares; equipos de media y baja tensión, pruebas al cableado, pruebas al esquema de protecciones, etc.

En la culminación del proyecto participe en la entrega de la Central a personal de operación de Los Azufres. Conformé la elaboración de los libros blancos, que muestra el historial del desarrollo de la obra hasta su culminación.

### **3.3 Proyectos Cerro Prieto V, Los Humeros II y Los Azufres III.**

Dentro de la oficina eléctrica me encargue de efectuar las especificaciones técnicas del equipo eléctrico, la ingeniería de detalle y seguimiento dentro del proceso de licitación de los proyectos, considerando condiciones del sitio (altitud, clima, nivel de contaminación, nivel ceanurico, zona sísmica), interconexión al SEN, arreglo de la subestación de acuerdo a la confiabilidad y flexibilidad requerida, etc. En la tabla 3.1 se indica la estructura de las especificaciones técnicas.

Para la elaboración de las especificaciones se llevaron a cabo reuniones con personal de CFE de otras áreas involucradas, para incluir sus necesidades y consideraciones particulares para estos proyectos, alimentación de respaldo, características del equipo principal, protecciones, comunicación con el CENACE, en el caso del proyecto Cerro Prieto V se consideró los requerimientos para la venta de energía a los Estados Unidos (Western Electricity Coordinating Council WECC).

Durante el proceso de licitación atendí las preguntas del área eléctrica por parte de los licitantes, dando respuesta a estas y en su caso modificar las especificaciones.

Participo en la evaluación de las ofertas técnicas recibidas en la licitación, emitiendo mis observaciones, recomendaciones y dictámenes.

**Tabla 3. 1 Estructura de las Especificaciones Técnicas**

<b>7.0.</b>	<b>Especificaciones técnicas</b>
7.1.	Particularidades del proyecto
7.2.	Alcance del suministro
7.2.1	General
7.2.2	Ingeniería
7.2.3	Equipo y materiales
7.2.4	Construcción y montaje de equipos
7.2.5	Pruebas
7.2.6	Capacitación para el personal de la comisión
7.2.7	Partes de repuesto, herramientas y equipos especiales
7.2.8	Otros suministros y servicios
7.2.9	Límites de suministro y puntos de medición
7.2.10	Sistema de identificación de componentes (sic)
7.2.11	Libro de anteproyecto
7.2.12	Desviaciones y/o sustituciones menores
7.2.13	Información técnica requerida después de la firma del contrato
7.3.	Criterios de diseño
7.3.1	Generalidades
7.3.2	Criterios de diseño de ingeniería mecánica
7.3.3	Criterios de diseño de ingeniería eléctrica
7.3.4	Criterios de diseño de instrumentación, control y automatización
7.3.5	Criterios de diseño de planta
7.3.6	Criterios de diseño de ingeniería civil
7.3.7	Sistema de gestión ambiental
7.3.8	Sistema de gestión de la calidad
7.3.9	Sistema integral de seguridad física y sistema de administración de seguridad y salud en el trabajo
7.4.	Especificaciones de equipos y materiales
7.4.1	Requerimientos generales
7.4.2	Especificaciones de equipos mecánicos
7.4.3	Especificación de equipos eléctricos
7.4.4	Especificaciones de instrumentación y control
7.4.5	Especificaciones de diseño de planta
7.4.6	Requerimientos para la construcción de obras civiles
7.4.7	Procedimientos para el montaje de equipos, componentes mecánicos, eléctricos e instrumentación
7.5.	Oficinas de supervisión del contratista
7.6.	Normas y códigos aplicables
7.7.	Anexos técnicos

## SUPERVISIÓN

Actualmente los Proyectos Los Humeros II Fase A y B, se encuentran en construcción, mi trabajo es dar seguimiento a la construcción proporcionando apoyo a la Residencia de Supervisión de la Coordinadora de Proyectos Geotermoeléctricos, reportar a la SPER el avance de obra, las problemáticas presentadas, y la revisión de los reportes mensuales del Contratista.

El Proyecto 227 CG Los Humeros II se encuentra localizado en el campo geotérmico “Los Humeros” a 2800 msnm, el cual está situado en la Región Oriental del Estado de Puebla y Occidental del Estado de Veracruz a 35 km al noroeste de la Ciudad de Perote, Veracruz. En la Figura 4.1 se indica la localización del Proyecto Los Humeros II.

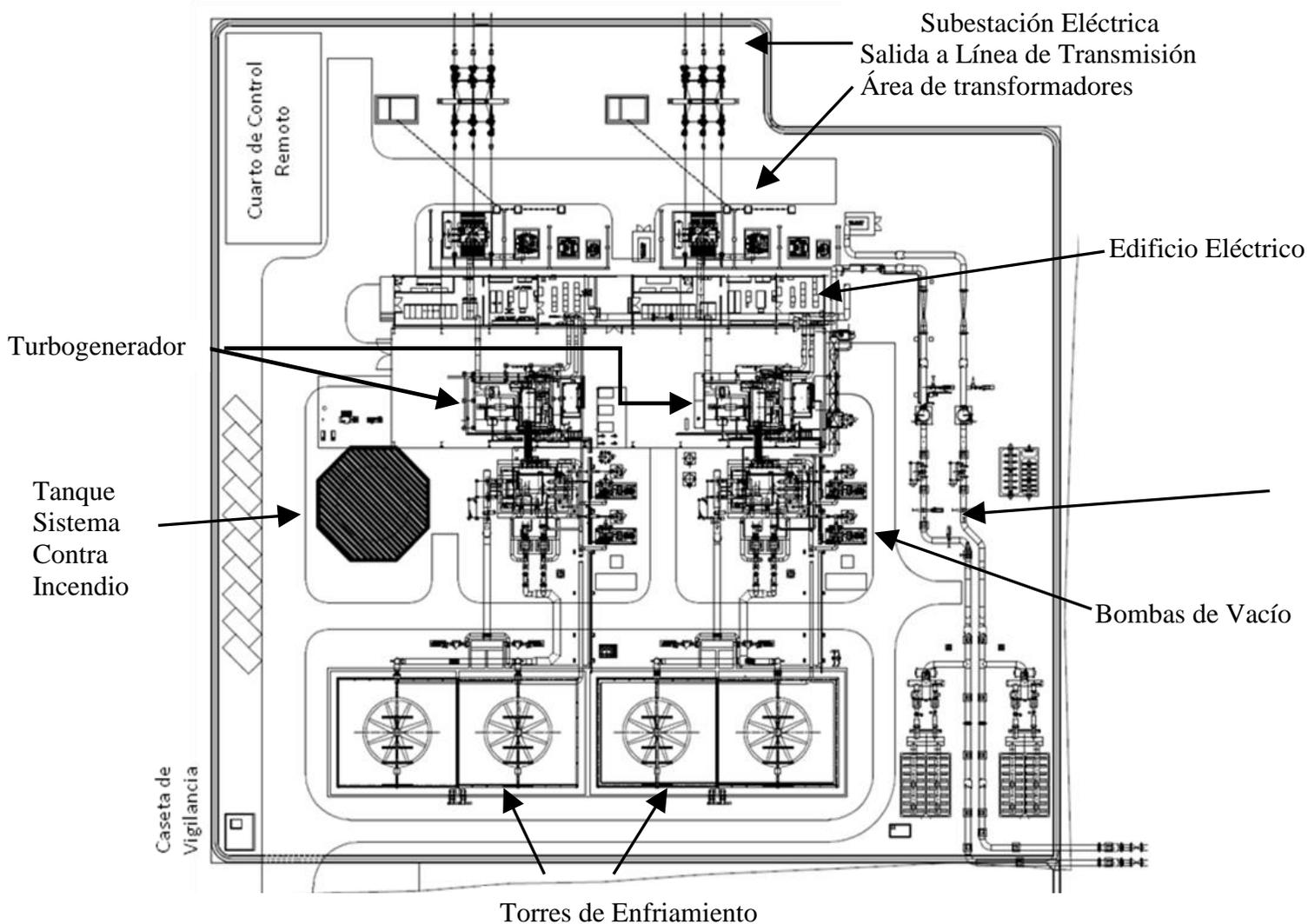


**Figura 4.1 Localización del Proyecto Los Humeros II**

Cada proyecto contempla una unidad Geotermoeléctrica de 25 MW integrada por los siguientes equipos principales: una turbina de vapor, generador eléctrico, un condensador, torre de enfriamiento, sistema de vacío, subestación eléctrica (transformador principal y auxiliares, interruptor, cuchillas, transformadores de instrumento, etc.) Sistemas principales y auxiliares, en l Figura 4.1 se indican los equipos y sistemas principales.

Incluyendo dentro del alcance del proyecto: la ingeniería de detalle, el suministro de equipos y de materiales, partes de repuesto, herramientas y equipos especiales, obra civil (camino de acceso, terracerías, vialidades interiores, excavaciones, estructuras de acero y de concreto, cimentaciones, plataformas, materiales, etc.); apoyo técnico, obras electromecánicas, todas las pruebas de puesta en

servicio hasta su operación comercial, pruebas en fábrica, planeación, dirección y supervisión; sistema de gestión de la calidad, sistema de administración de seguridad y salud en el trabajo, sistema de gestión ambiental; documentación y capacitación. Incluye también las obras tanto de la Central en sí como de la interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional.



**Figura 4. 2 Arreglo General de la Central Los Humeros II**

## Capítulo 4 Conclusiones

La CFE programa proyectos que le permitirán satisfacer la demanda eléctrica proyectada al menor costo de suministro. Los proyectos geotermoeléctricos Los Humeros II Fase A y Fase B y Los Azufres III son identificados como proyectos necesarios para cubrir el incremento de la demanda esperada.

Las centrales de generación geotermoeléctrica por ser una fuente confiable de carga base permiten incrementar la confiabilidad y el margen de reserva del Sistema Eléctrico Nacional, ya que opera con factores de planta del 90%.

El proceso de generación de electricidad de las centrales geotérmicas se lleva a cabo sin la utilización de combustibles fósiles, ya que aprovecha el calor contenido en el interior de la tierra para generar la electricidad. Puesto que no hay ningún tipo de combustión, no emiten a la atmósfera óxidos de azufre ni de nitrógeno, y la cantidad de bióxido de carbono emitida es una quinta parte de la cantidad de una planta termoeléctrica convencional de la misma capacidad.

Otra de las ventajas es que no consume agua de alguna fuente externa al proceso de generación, como es el caso de las plantas térmicas convencionales, que requieren agua de mar o de lagunas para realizar el proceso de enfriamiento requerido para la condensación del vapor que ya ha realizado trabajo en las turbinas, utiliza agua para su sistema de enfriamiento proveniente del propio vapor geotérmico condensado.

Por los beneficios y características de las Centrales Geotermoeléctricas, se consideran que estas obras representan una contribución al desarrollo sustentable de la Nación.

## **Bibliografía**

Internet

[CFE 2010]

Comisión Federal de Electricidad.

[www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

Institución

[CFE 2006]

Comisión Federal de Electricidad. Manual de organización de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. México, 2006.

[CFE 2007]

Comisión Federal de Electricidad. Manual de organización General. México, 2007.